

**УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ**  
**ФАКУЛТЕТ: ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ**



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ  
 FACULTY OF TECHNOLOGY

07.07.2016.

15/1. 1422/16

## ИЗВЈЕШТАЈ

*о оијени подобности теме и кандидата за израду докторске тезе*

### ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

Odlukom Nastavno-naučnog vijeća Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci broj 15/3.1294-5/16 od 23.06.2016. godine imenovana je Komisija za ocjenu podobnosti teme „Karakterizacija i primjena letećeg pepela u građevinarstvu i za dobijanje adsorbenta zeolita“ kandidatkinje mr Dijane Drljača, dipl. ing. hemijske tehnologije, za izradu doktorske teze (u daljem tekstu: Komisija) u sastavu:

1. Dr Ljiljana Vukić, redovni profesor, Tehnološki fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, uža naučna oblast Ekološko inženjerstvo, predsjednik,
2. Dr Božo Dalmacija, redovni profesor, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu, uža naučna oblast Hemijska tehnologija i Zaštita životne sredine, član,
3. Dr Snežana Maletić, vanredni profesor, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu, uža naučna oblast Zaštita životne sredine, član,
4. Dr Dragica Lazić, redovni profesor, Tehnološki fakultet u Zvorniku Univerzitet u Istočnom Sarajevu, uža naučna oblast Hemijske tehnologije, član,
5. Dr Rada Petrović, vanredni profesor, uža naučna oblast Fizička hemija, nauka o polimerima, elektrohemija (suve ćelije, baterije, gorive ćelije, korozija metala, elektroliza), član.

Nakon što je pregledala i proučila Prijavu teme za izradu doktorske disertacije, biografiju i bibliografiju kandidatkinje mr Dijane Drljača, dipl. ing. hemijske tehnologije, Komisija podnosi Nastavno-naučnom vijeću Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci i Senatu Univerziteta u Banjoj Luci sljedeći:

### ИЗВЈЕШТАЈ О ОЦЈЕНИ ПОДОБНОСТИ ТЕМЕ И КАНДИДАТА ЗА ИЗРАДУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

## **1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ, НАУЧНА И СТРУЧНА ДЈЕЛАТНОСТ КАНДИДАТА**

Prije razmatranja svih elemenata Prijave, Komisija predlaže modifikaciju predloženog naslova u sljedeći:

**„Karakterizacija i primjena letećeg pepela u građevinarstvu i za sintezu zeolita za adsorpciju amonijum jona iz vode“**

### **BIOGRAFIJA**

Mr Dijana Drljača rođena je 19.01.1972. godine u Bihaću. Osnovnu i srednju školu - gimnaziju završila je u Bosanskoj Krupi. Tehnološki fakultet, Hemijsko-tehnološki odsjek diplomirala je ocjenom 10 u julu 1999. godine i stekla zvanje diplomirani inženjer hemijske tehnologije. Osnovni studij završila je sa prosječnom ocjenom osam (8). Još kao student bila je angažovana na poslovima demonstratora i laboranta u Laboratoriji za organsku i neorgansku hemijsku tehnologiju (Ugovor o djelu), a od 2001. godine zasniva radni odnos na mjestu stručnog saradnika. Školske 2000/2001. godine upisuje postdiplomski studij na Tehnološkom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci smjer Hemijsko inženjerstvo i hemijska tehnologije. U toku studija položila je sve ispite predviđene nastavnim planom i programom sa prosječnom ocjenom 9,38. Kandidatkinja je magistarski rad pod nazivom „Primjena fizičko-hemijskih postupaka kod uklanjanja lindana i amonijaka iz vode u slučaju akcidentnih zagađenja“ uspješno odbranila pod mentorstvom prof. dr Bože Dalmacije 26.12. 2011. godine i stekla zvanje Magistar tehničkih nauka iz oblasti hemijskih tehnologija. Od 26.10. 2004. godine angažovana je u saradničkom zvanju – asistent na Tehnološkom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci na užu naučnu oblast Neorganska hemijska tehnologija, a od 01.03.2012. godine angažovana je u saradničkom zvanju – viši asistent za užu naučnu oblast Neorganska hemijska tehnologija.

Izvodi nastavu na više predmeta: *Neorganska hemijska tehnologija I, Neorganska hemijska tehnologija II, Tehnologija keramičkih proizvoda, Kontrola kvaliteta otpadnih voda na Tehnološkom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci; Industrijska hemija, Hemija vode i otpadnih voda* na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci; *Kvalitet vode* na Arhitektonsko-građevinskom fakultetu, smjer hidrotehnički Univerziteta u Banjoj Luci. Autor i koautor je više naučnih radova u časopisima međunarodnog i nacionalnog značaja, kao i naučnih radova na skupu međunarodnog značaja štampanih u cjelini.

Poznaje engleski i njemački jezik.

### **BIBLIOGRAFIJA**

**Originalni naučni radovi u časopisu međunarodnog značaja:**

1. Botić T., Ilišković N., Drljača D. (2004) Proučavanje dehromiranja kože, *Hemitska industrija* **58** (2) 64-68.

6. Kukobat R., Vukić Lj., Drljača D., Papuga S. (2014) Uticaj temperature vode i doze koagulanta na proces bistrenja površinske vode uz modelovanje procesa, *Zaštita materijala* **55** (3) 304-312.

**Originalni naučni radovi u časopisu nacionalnog značaja:**

1. Krnetić D., Popović Z., Vukić Lj. (2002) Primjena mjenjača jona sa neutralnom izmjenom kod pripreme napojne vode, *Glasnik hemičara i tehnologa RS* **43**, (47-51).
2. Botić T., Ilišković, N., Kukrić Z., Drljača D. (2003) Kiselinska hidroliza štavljenih kožnih otpadaka, *Glasnik hemičara i tehnologa RS* **44**, 228-236.
3. Dunović S., Popović Z., Drljača D. (2007) Ocjena rada energetskog postrojenja u fabrici papira „ENERGOBLOK SHP CELEKS“ Banja Luka, *Glasnik hemičara i tehnologa RS* **46**, 59-66.
4. Vukić Lj., Drljača D. (2007) Uticaj taložnog sredstva na efekte incineracije kod rekuperacije hroma iz štavnih otpadnih voda, *Glasnik hemičara i tehnologa RS* **46**, 39-45.
5. Vukić Lj., Maksimović M., Gvero P., Drljača D. (2009) Uticaj primjesa na uklanjanje hroma iz štavnih otpadnih voda postupkom jonske izmjene, *Glasnik hemičara, tehnologa i ekologa RS* **1**, 189-194.

**Naučni radovi na skupu međunarodnog značaja štampani u cjelini:**

1. Botić T., Ilišković N., Drljača D. (2004) Alkalna hidroliza štavljenih kožnih otpadaka, XLII Savjetovanje Srpskog hemijskog društva, 22 i 23 januar, Beograd.
2. Vukić Lj., Maksimović M., Gvero P., Drljača D. (2008) Jonska izmjena – efikasan postupak izdvajanja hroma iz štavnih otpadnih voda, VII Naučno/stručni simpozij sa međunarodnim učešćem „Metalni i nemetalni materijali“ Zenica, BiH, 22-23 maj.
3. Vukić Lj., Maksimović M., Gvero P., Drljača D. (2008) Uticaj primjesa na uklanjanje hroma iz štavnih otpadnih voda postupkom jonske izmjene, VIII Savjetovanje hemičara i tehnologa RS, 27. i 28. novembar, Banja Luka.
4. Drljača D., Dalmacija B., Vukić Lj., Kragulj M., Zorić S. (2013) Primjena fizičko - hemijskih postupaka kod uklanjanja lindana tokom pripreme vode za piće, IX Savjetovanje hemičara i tehnologa i ekologa RS, 15. i 16. novembar, Banja Luka.
5. Vujčić S., Pavlović A., Vukić Lj., Drljača D., Simeunović J., Matavulj M. (2013) Kvalitet vode akumulacije bočac na osnovu mikrobioloških, hidrobioloških i fizičko-hemijskih parametara, IX Savjetovanje hemičara i tehnologa i ekologa RS, 15. i 16. novembar, Banja Luka.
6. Drljača D., Vukić Lj., Šinik A., Papuga S., Maletić S. (2015) Izluživanje teških metala iz uzoraka elektrofilterskog pepela termoelektrana, IV međunarodni kongres „Inženjerstvo, ekologija i materijali u procesnoj industriji“, 04.-06. mart, Jahorina.

**Učešće u realizaciji projekta:**

- 2009. godine saradnik na projektu: „Mogućnost kondicioniranja kvaliteta sirove vode sa povećanim sadržajem nekih organskih i neorganskih polutanata, u vodu za piće primjenom odabranih tehnika“ sufinansiranim od strane Ministarstva nauke i tehnologije broj 06/0-020/961-188/09.

**Stručna djelatnost kandidata (dostavljeni certifikati):**

- 2009. godine učesnik Škole za zaštitu životne sredine Water Workshop „Savremene metode u pripremi vode za piće“ u organizaciji Katedre za hemijsku tehnologiju i zaštitu životne sredine na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu,
- 2012. godine učesnik Škole za zaštitu životne sredine Water Workshop „Kvalitet vode“ u organizaciji Katedre za hemijsku tehnologiju i zaštitu životne sredine na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu,
- 2013. godine učesnik Škole za zaštitu životne sredine Water Workshop „Kvalitet površinskih voda i sedimenta – procjena i upravljanje rizikom“ u organizaciji Katedre za hemijsku tehnologiju i zaštitu životne sredine na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu,
- 2013. godine završena obuka na Parr kalorimetru model 6400,
- 2014. godine završena obuka na Perkin Elmer Optima 8000 ICP-OES,
- 2014. godine učesnik obuke „Uzorkovanje polutanata u površinskim vodama i sedimentu“ u okviru TEMPUS projekta (530554-TEMPUS-1-2012-1-SK-JPHES) na Prirodno-matematičkom fakultetu 20-24.10.2014. u Banjoj Luci.
- 2016. godine učesnik obuke „Određivanje pesticida i polifenolnih jedinjenja u površinskim vodama primjenom GC-MS“ u okviru TEMPUS projekta (530554-TEMPUS-1-2012-1-SK-JPHES) na Prirodno-matematičkom fakultetu 25-29. 01.2016. u Banjoj Luci.

**Zahvalnice:**

- Ministarstva nauke i tehnologije na ličnom doprinosu i učešću na prvom Festivalu Nauke i tehnologije 2011. godine,
- Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci za izvanredan doprinos u radu i razvoju 2013. godine.

**2. ЗНАЧАЈ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА****a) Značaj istraživanja**

Karakterizacija letećeg pepela koju bi kandidatkinja izvodila kroz testove izluživanja i sekvencijalne ekstrakcije odnosi se na leteći pepeo termoelektrna Ugljevik, Gacko i Stanari.

Elektrofilterski pepeo je najsitnija frakcija pepela, nastao sagorijevanjem uglja, koja se izdvaja iz struje dimnih gasova elektrostatičkom separacijom u elektrofilterima.

Čestice elektrofilterskog pepela se definišu kao prah finih zrna koji se uglavnom sastoji od sferičnih staklastih čestica dimenzija 90 – 200 µm. Zbog toga što je lagan, elektrofilterski pepeo poznat je još i pod nazivom leteći ili lebdeći pepeo (engleski: fly ash).

Leteći pepeo načelno se sastoji od nesagorljivih supstanci koje se nalaze u uglju. Osim "bezopasnih" materija, pepeo može da sadrži i neke veoma toksične materije poput: arsena, berilijuma, bora, kadmijuma, hroma, kobalta, olova, mangana, žive, molibdena, selena i drugih teških metala, kao i dioksine, te policiklične aromatske ugljovodonike. Mnogi makro- i mikroelementi predstavljaju opasnost ne samo za zemljište nego i za podzemne vode i površinske tokove. Zbog toga je neophodno izvršiti procjenu i predviđanje oslobođanja sastojaka iz pepela tokom različitih faza njegove ekspozicije u životnoj sredini.

Različiti testovi izluživanja (DIN test, TCLP test, MWLP test, SPLP test, WET test) predstavljaju standardne metode, kojima se utvrđuje mobilnost polutanata prisutnih u otpadu bilo koje vrste i porijekla.

Pored standardnih testova izluživanja sve više se koriste i sekvensijalne metode ekstrakcije polutanata. Prednost ovog analitičkog postupka je u tome što omogućava istovremeno sagledavanje različitih oblika postojanja teških metala u uzorku, što se ne može postići primjenom pojedinačnih ekstrakcionih metoda.

Pepeo se u vidu sekundarne sirovine sve više upotrebljava kao jeftin materijal koji može poslužiti u svrhu zamjene drugih materijala. Na ovaj način se čuva okolina i smanjuje eksploatacija materijala. Opseg primjene letećeg pepela u građevinarstvu i industriji građevinskog materijala je veoma širok. Često se koristi kao dodatak u proizvodnji cementa, betona, kao agregat ili vezivo u izgradnji puteva, izgradnji nasipa i brana, kao mineralni punioci i sl. Međutim, naročitu pažnju treba posvetiti betonskim malterima koje u sebi sadrže leteći pepeo, a koji se koristi kao barijerni materijal (izgradnja nasipa i brana), prije svega zbog izluživanja makro- i mikroelemenata iz maltera. S obzirom da je voda medijum kojem se posvećuje konstantna pažnja, i da propisi koji se odnose na vodu sadrže jako mnogo ograničavajućih faktora, mora se voditi računa i o kvalitetu ove vrste barijernog materijala.

Konverzijom letećeg pepela u zeolite ne rješava se samo problem odlaganja, već se otpadni materijal prevodi u jedan novi proizvod koji ima izuzetnu vrijednost. Za sintezu zeolita od letećeg pepela, koji bi se koristili za uklanjanje amonijum jona iz vode, neophodno je sprovesti alkalni hidrotermalni tretman, ili izvršiti kalcinaciju, a potom hidrotermalni tretman. U zavisnosti od koncentracije dodanog NaOH, temperature reakcije, kao i vremena izvođenja reakcije, mogu se sintetizovati različiti tipovi zeolita.

## b) Pregled istraživanja

Prisustvo mikro- i makroelemenata u pepelu, privlači pažnju naučnika zbog njihovog uticaja na životnu sredinu. Definisanje mikroelemenata je označeno terminom elemenata u tragovima koji se javljaju u veoma niskoj koncentraciji. Pri sagorijevanju uglja u termoelektranama dio elemenata se oslobađa u vidu gasova, čadi i dima (naročito Cr, Ni, Mn, Hg, As, Cd), dio se rastvara pri hidrotransportu i gubi u drenažnim vodama (posebno Fe, Mn, As), dok dio zaostaje u deponovanom pepelu. Mnogi makroelementi i mikroelementi predstavljaju opasnost ne samo za zemljište, nego i za podzemne vode i površinske tokove.

Zbog toga je neophodno izvršiti procjenu i predviđanje oslobođanja sastojaka iz pepela tokom različitih faza njegovog boravka u životnoj sredini. Smatra se da je glavni mehanizam oslobođanja opasnih sastojaka iz pepela, a koji predstavlja i najveći potencijalni rizik, upravo izluživanje u kontaktu sa vodom. Ovakva razmatranja stvaraju potrebu za provođenjem testova izluživanja, te interpretaciju rezultata, kako bi se uspješno procijenio rizik po ljudsko zdravlje i životnu sredinu (*Anastasiadou, 2012*).

Širok spektar standardizovanih testova izluživanja međusobno se razlikuje prema odnosu čvrste i tečne faze (L/S); sastavu rastvora za izluživanje; kontaktnom vremenu i sl. Međutim, zajedničko za sve standardne testove izluživanja (DIN test, TCLP test, MWLP test, SPLP test, WET test i mnogi drugi) jeste da koriste jedno ekstrakciono sredstvo (najčešće ligand, razblaženu kiselinu ili so) prilikom tretiranja tačno određene mase uzorka (*Kim i Hesbach, 2009; Jones i sar., 2012; Drljača i sar, 2015*). Dobijeni rezultati se često ne mogu direktno porediti, ali su važni za prikazivanje mobilnosti teških metala (*Dalmacija i Rončević, 2013*). Takođe, neophodno je napomenuti i to, da testovi izluživanja u laboratoriji ne mogu u potpunosti oponašati realne uslove (*Schuwirth i Hofmann, 2003*), te su vrijednosti dobijene ovim ispitivanjima često veće od realnih. Ipak, testovi izluživanja su omogućili sagledavanje činjenice da li je neki otpad, u ovom slučaju leteći pepeo, opasan ili neopasan sa stanovišta sadržaja teških metala (*Jones i sar., 2012*). Testovi izluživanja postali su sastavni dio zakonske regulative za upravljenje otpadom, naročito TCLP i DIN test (*Sl. Gl. Republike Srbije, br. 56/2010*).

Pored standardnih testova izluživanja sve više se koriste i sekvenčalne metode ekstrakcije. Prednost ovog analitičkog postupka je u tome što omogućava istovremeno sagledavanje različitih oblika postojanja teških metala u uzorku, što se ne može postići primjenom pojedinačnih ekstrakcionih metoda. Sekvenčalna ili frakcionala ekstrakcija je metoda kojom se selektivno rastvaraju specifično vezane frakcije teških metala iz istog uzorka primjenom različitih ekstrakcionih sredstava rastuće ekstrakcione moći. Princip sekvenčalne ekstrakcije teških metala zasniva se na činjenici da metali sa čvrstom fazom formiraju veze različite jačine, i da te veze mogu biti postepeno raskinute djelovanjem reagensa rastuće jačine.

Upotreba sekvencijalne ekstrakcije za analizu uglja, pepela i šljake je počela relativno nedavno, ali se široko koristi na uzorcima iz cijelog svijeta (*Nyaleet i sar., 2014; Xiong i sar., 2014; Izquierdo i sar., 2012; Jones i sar., 2012*) pa i kod nas (*Krgović, 2015; Terzić i sar., 2012; Đorđević i sar., 2004; Popović i sar., 2005*). Sekvencijalno ekstraktionski postupak koji je predložio *Tessier i sar. (1979)* je najprezentativniji, i izvorno je primijenjen za analizu zemljišta. Ovaj metod sastoji se od pet različitih frakcija, a to su: izmjenljiva, karbonatna, Fe i Mn frakcija, frakcija vezana na organsku materiju i sulfide i rezidualna frakcija.

Međutim, različite sekvencijalno ekstraktionske procedure imaju i ograničenja i nedostatke, koji se ogledaju, prije svega, u selektivnosti primijenjenih hemijskih reagenasa na ispitivanu materijal. Brzina ekstrakcije zavisi od više faktora, ali prije svega od toga da li je elemenat prisutan na površini ili u unutrašnjosti čestice, što je posljedica isparavanja ili neisparavanja prilikom sagorijevanja uglja, jer se neki elementi brzo ispiraju, a neki veoma sporo i sa konstantnom brzinom. Faktori koji utiču na ispiranje mikroelemenata iz pepela su: promjene pH-vrijednosti, promjene jonske sile, promjene redoks-potencijala, prisustvo kompleksirajućih agenasa.

#### Upotreba elektrofilterskog pepela

Pepeo se kao sekundarna sirovina sve više upotrebljava kao jeftin materijal koji može poslužiti kao zamjena drugim materijalima. Na ovaj način se čuva okolina i smanjuje eksploracija materijala.

Jedna od mogućnosti je i korišćenje elektrofilterskog pepela u poljoprivredne svrhe, koje se pokazalo jako korisno, jer pepeo može da modifikuje pH zemljišta (*Komonweeraket i sar., 2015*), poboljša zemljišnu teksturu i pruži bitne hranljive komponente biljci za njen razvoj i povećanje prinosa. Ovaj metod primjene kao i količina letećeg pepela koji se dodaje na zemljišta, zavisi od tipa zemljišta, uzbudnih biljaka, ali i od karakteristika elektrofilterskog pepela (*Krgović, 2015; Ram i Masto, 2014; Shaheen i sar., 2014*).

Određene vrste pepela, zbog izraženih pucolanskih karakteristika mogu se koristiti za proizvodnju cementa i betona (*Bušatlić, 2009; Glinicki i sar., 2016; Zhu i sar., 2013; Menéndez i sar., 2014; Životić i sar., 2014; Sobiecka, 2013*), opekarskih proizvoda, u izgradnji puteva. Iskorištenje letećeg pepela u građevinarstvu i industriji građevinskog materijala unutar EU trenutno iznosi 50%, grubog pepela oko 39%, dok je iskorištenje kotlovske šljake 100% (*Miletić i Ilić, 2007*). Razlog korišćenja letećeg pepela nije samo ekonomski prirode (smanjenje troškova), već se ogleda i u činjenici da se upotrebom letećeg pepela poboljšavaju osobine gotovih proizvoda. Npr. ako se koristi za proizvodnju cementa, smanjuje se toplota koja se oslobađa tokom hidratacije cementa, poboljšava se konzistencija i povećava se čvrstoća. Ukoliko se miješa sa krečom dobija se materijal koji se lakše obrađuje, postaje jak relativno brzo, ima visoku čvrstoću na pritisak, i manje je podložan dejstvu erozije i mraza. Upotreba krečnih pepela može biti korisna prilikom

izgradnje puteva, nasipa i trotoara (*Kostović, 2013*).

Iako svaki pepel ima svoje specifičnosti, dugogodišnjim istraživanjima mogućnosti iskorišćenja letećeg pepela kako u građevinarstvu tako i u druge svrhe, nađeno je da pristup problemu treba uvijek da bude skoro isti. Sve negativne posljedice neadekvatne primjene letećeg pepela mogu se izbjegći, ako se prati sljedeća šema:

- karakterizacija pepela u vezi sa identifikovanjem mogućih pravaca primjene;
- ispitivanje sadržaja štetnih i opasnih materija (npr. teški metali) čije je prisustvo više puta ustanovljeno;
- praćenje pojedinih parametara pepela u funkciji vremena;
- laboratorijska, poluindustrijska i industrijska ispitivanja u vezi sa konkretnom upotrebom pepela;
- karakterizacija gotovog proizvoda.

Za svaku značajniju primjenu letećeg pepela, potrebno je ispitati fizičko-hemiske karakteristike pojedinih vrsta letećeg pepela i njihov uticaj na kvalitet cementnih pasti, te na bazi toga izvršiti optimizaciju njegovog procentualnog masenog učešća u cementnim smješama.

Međutim, naročitu pažnju treba posvetiti betonskim malterima koji u sebi sadrže leteći pepel, a koji se koristi kao barijerni materijal (izgradnja nasipa i brana). Stoga je neophodno izvesti testove izluživanja, kako bi se ustanovilo koji elementi i u kojoj količini se izluživanjem oslobođaju i dospijevaju u vodotoke, kao i kakav uticaj imaju na proces vezivanja i zadržavanja u gotovom proizvodu (*Menendez i sar. 2014*).

Značajan broj istraživanja je sproveden, u kojima se leteći pepel može koristiti za adsorpciju NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, organskih jedinjenja, žive u vazduhu, boja (*Jarusiripot, 2014*) i drugih organskih i neorganskih jedinjenja (ksilen, benzen, amonijaka, teških metala). Konverzija letećeg pepela u zeolite, zbog svojih neobičnih strukturnih karakteristika, ima brojne mogućnosti primjene kao što je:

- jonska izmjena (izmjena Na<sup>+</sup> ili K<sup>+</sup> jona iz zeolita sa drugim katjonima);
- adsorpcija gasa (selektivna adsorpcija gasova);
- vodena adsorpcija ili promjena u matrici zeolita.

Na ovaj način se ne rješava samo problem odlaganja otpadnog letećeg pepela, već se otpadni materijal pretvara u jedan trajni korisni proizvod.

Jedna od mogućnosti korišćenja letećeg pepela kao zeolita jeste i uklanjanje amonijum jona. Prisustvo amonijum jona izaziva konstantnu pažnju istraživača širom svijeta jer izaziva brojne probleme u vodotocima. Akumulacija amonijum jona dovodi do eutrofikacije u jezerima, barama, rezervoarima i povećava potrošnju kiseonika u procesu nitrifikacije. Poznajući sve štetne efekte povećanja koncentracije amonijum jona, zakonska regulativa ograničava njegovu koncentraciju, kako u vodi za piće, tako i u otpadnim vodama koje se ispuštaju u recipijent. U našoj zakonskoj regulativi dozvoljena koncentracija amonijum jona u industrijskim otpadnim vodama koje se smiju ispuštati

direktno u vodotok je 10 mg NH<sub>4</sub>-N/L (*Sl. Glasnik RS br.44 str. 913*). Različite metode uklanjanja amonijum jona su i ispitivane i primjenjivane, npr.: stripovanje vazduhom, biološki tretman – nitrifikacija (*Qin i sar. 2016., Drljača, 2011; Kubare i sar., 2010, Delatolla i sar., 2009*), izmjena jona na klinoptilolitu (*Penavin i sar., 2013; Gaćeša i Klašnja 1994*).

O upotrebi zeolita, sintetizovanih od letećeg pepela nastalog sagorijevanjem uglja, govori i izvjestan broj autora (*Zhang i sar., 2011; Franus, 2012; Cheng i sar., 2014, Shaila i sar., 2015*). Za sintezu zeolita od letećeg pepela neophodno je sprovesti alkalni hidrotermalni tretman, ili izvršiti kalcinaciju, a potom hidrotermalni tretman. U zavisnosti od koncentracije dodanog NaOH ili KOH, temperature reakcije, kao i vremena izvođenja reakcije, može se sintetizovati 13 različitih tipova zeolita na bazi letećeg pepela (*Querol i sar. 2002*).

Kinetika, a samim tim i efikasnost posmatranog adsorpcionog procesa determinisani su brzinom i stepenom transfera, odnosno akumulacije adsorbata na površini datog adsorbenta. Proučavanjem kinetike određenog adsorpcionog procesa stiče se uvid u moguće mehanizme i reakcione puteve posredstvom kojih se razmatrani proces odvija. Adsorpcija na površini čvrstih materija, prema opšte prihvaćenom mišljenju, obuhvata tri koraka:

1. transport adsorbata iz posmatranog sistema na spoljašnju površinu adsorbenta,
2. prolazak adsorbata kroz tečni film koji je vezan za spoljašnju površinu adsorbenta i
3. uspostavljanje interakcija između adsorbata i atoma na površini adsorbenta.

U slučaju adsorbenata porozne strukture, nakon prolaska kroz tečni film vezan za spoljašnju površinu adsorbenta, adsorbat postepeno difunduje unutar pora adsorbenta, gdje biva zarobljen, tj. adsorbovan.

Studije kinetike različitih hemijskih procesa sprovode se u cilju boljeg razumijevanja faktora koji utiču na brzinu odvijanja datih procesa. Informacije koje se dobijaju sprovodenjem studija kinetike adsorpcionih procesa, osnova su razvoja prikladnih matematičkih modela, namijenjenih za opisivanje različitih adsorpcionih mehanizama i interakcija. Pored boljeg razumijevanja kompleksne dinamike adsorpcionih procesa, poznavanje brzine kojom se date reakcije i procesi odigravaju, kao i određenih faktora zavisnosti, omogućava razvoj adsorbenata specifičnih osobina koje ih čine pogodnim za primjenu u različitim granama industrije. Primjenjeni bi bili sljedeći kinetički modeli: Lagergren-ov model pseudo-prvog reda, model pseudo-drugog reda, Elovich-ev model, Weber-Morris model.

Za mnoge adsorpcione procese, Lagergren-ov pseudo-prvi model smatra se pogodnim, samo kada se posmatra inicijalnih 20-30 min kontaktnog vremena između adsorbenta i adsorbata. Pseudo-drugi, kao i pseudo-prvi kinetički model prepostavljaju da interakcije koje se odvijaju između adsorbata i površine adsorbenta (tranzicija iz slobodnog u adsorbovani oblik) predstavljaju kontrolišući mehanizam brzine posmatranog adsorpcionog procesa, sa razlikom u pogledu broja adsorpcionih mesta koje prilikom

adsorpcije zauzima jedan molekul datog adsorbata (*Ruthven 1984., Plazinski i sar. 2009.*)

Elovich-ev model prepostavlja da se površine čvrstih adsorbenata odlikuju energetski heterogenom prirodom, kao i da desorpcija ili interakcije između adsorbovanih vrsta ne mogu značajno uticati na kinetiku posmatranog adsorpcionog procesa, kada je zastupljenost adsorbata na površini adsorbenta niska (*Chien i sar. 1980.*)

Modelovanje kinetike adsorpcionih procesa u kojima učestvuju adsorbenti porozne strukture zahtijeva, pored svega do sada navedenog, i razmatranje difuzije adsorbata unutar njihovih pora. Model intra-čestične difuzije, porna difuzija definisana je Weber-Morris-ovim modelom. Prema Weber-Morris-ovom modelu, mehanizam vezivanja adsorbata može biti podjeljen u dva koraka, koji obuhvataju: fazu brze eksterne i intra-čestične difuzije, koja je praćena fazom spore intra-čestične difuzije.

Za modelovanje adsorpcionih izotermi u vodenim medijumima najčešće se primjenjuju Langmuir-ova i Freundlich-ova izoterma, a mogu se primjenjivati i Redlich-Peterson-ova izoterma, Temkin-ova izoterma. Prema Langmuir-ovom modelu adsorpcioni proces podrazumijeva formiranje monosloja adsorbata na uniformnoj i homogenoj površini adsorbenta, koja se karakteriše tačno definisanim i ograničenim brojem dostupnih adsorpcionih mesta. Freundlich-ova izoterma predstavlja jedan od prvih matematičkih modela koji opisuju neidealnu, reverzibilnu adsorpciju, koja nije ograničena na formiranje monosloja adsorbata na površini adsorbenta, već se može primijeniti za opisivanje višeslojne adsorpcije (*Rudzinski i sar. 2009.*)

#### **Pregled dosadašnjih publikacija relevantnih za predloženu temu disertacije:**

1. Anastasiadou K., Christopoulos K., Mousios E., Gidarakos E. (2012) Solidification/stabilization of fly and bottom ash from medical waste incineration Facility, *Journal of Hazardous Materials*, **207–208**, 165–170.
2. Bušatlić,I., (2009) Ispitivanje kvaliteta elektrofilterskog pepela TE Kakanj u funkciji njegove upotrebe u industriji cementa, 6. *Naučno-stručni skup sa sa međunarodnim učešćem "KVALITET 2009"*, Neum, B&H, 04.- 7.juni 2009.
3. Cheng H., Song H., Xue F., Chen X., Cheng F. (2014) Influence of Modified Coal Fly Ash on Its Cation Exchange Capacities, *Pol. J. Environ. Stud.* **23**(4), 1307-1312.
4. Chien, S. H., Clayton, W. R. (1980) Application of Elovich equation to the kinetics of phosphate release and sorption in soils, *Soil Science Society of America Journal* **44**, 265-268.
5. Dalmacija B., Rončević S., *Kvalitet površinskih voda i sedimenta – procena i upravljanje rizikom*, Univerzitet u Novom Sadu, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu sredine, Novi Sad, 2013, str. 113-142.
6. Delatolla, R., Tufenkji, N., Comeau, Y., Gadbois, D., Lamarre, D., Berk, D., (2009) Kinetic analysis of attached growth nitrification in cold climates, *Water Science and Technology*, **60.5**, 1173-1184.

7. Drljača D., Vukić LJ., Šinik A., Papuga S., Maletić S. (2015) Izluživanje teških metala iz uzoraka elektrofilterskog pepela termoelektrana, *IV međunarodni kongres "Inženjerstvo, ekologija i materijali u procesnoj industriji"*, 04.-06. mart, Jahorina.
8. Drljača Dijana (2011), *Primjena fizičko-hemijskih postupaka kod uklanjanja lindana i amonijaka iz vode u slučaju akcidentnih zagađenja*, Magistarski rad, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci.
9. Đorđević D., Radmanović D., Mihajlidi-Zelić A., Ilić M., Pfendt P., Vukmirović Z., Polić P. (2004) Associations of trace elements in aerosol at the south Adriatic coast *Environmental Chemistry Letters*, 147-150.
10. Franus W. (2012) Characterization of X-type Zeolite Prepared from Coal Fly Ash, *Pol. J. Environ. Stud.* **21** (2), 337-343.
11. Gaćeša, S., Klašnja, M., (1994) *Tehnologija vode i otpadnih voda*, Jugoslovensko udruženje pivara, Beograd.
12. Glinicki M. A., Józwiak-Niedzwiedzka D., Gibas K., Dabrowski M, (2016) Influence of Blended Cements with Calcareous Fly Ash on Chloride Ion Migration and Carbonation Resistance of Concrete for Durable Structures, *Materials* **9**, 18, 1-15.
13. Izquierdo M., Querol X., (2012) Leaching behavior of elements from coal combustion fly ash: An overview, *International Journal of Coal Geology*, **94**, 54-66.
14. Jarusiripot, Ch., (2014) Removal of Reactive Dye by Adsorption over Chemical Pretreatment Coal Based Bottom Ash, *Procedia Chemistry* **9**, 121 – 130.
15. Jones K.B., Ruppert L.F., Swanson Sh.M., (2012) Leaching of elements from bottom ash, economizer fly ash, and fly ash from two coal-fired power plants, *International Journal of Coal Geology* **94**, 337–348.
16. Jones,K.B., Ruppert, L.F., Swanson, S.M., (2012) Leaching of elements from bottom ash, economizer fly ash, and fly ash from two coal-fired power plants, *International Journal of Coal Geology*, **94**, 337–348.
17. Kim, A.G., Hesbach, P. (2009) Comparison of fly ash leaching methods, *Fuel*, **88**, 926-937.
18. Komonweeraket,K, Cetin,B., Aydilek,A.H., Benson,C.H., Edil,T.B. (2015) Effects of pH on the leaching mechanisms of elements from fly ash mixed soils, *Fuel* **140**, 788–802.
19. Kostović M. (2013) Industrial waste utilization in building material industry - Review paper, *Underground Mining Engineering* **23** 77-87.
20. Krgović R.M. (2015) Mobilizacija i biodostupnost makro i mikro elemenata iz pepela termoelektrane „Kolubara“, Doktorska disertacija, Hemski Fakultet, Univerzitet u Beogradu.
21. Kubare, M., Haarhoff, J., (2010) Rational design of domestic biosand filters, *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, **59.1**, 1-15.
22. Menéndez E., Álvaro A.M., Hernández M.T., Parra J.L. (2014) New methodology for assessing the environmental burden of cement mortars with partial replacement of coal bottom ash and fly ash, *Journal of Environmental Management* **133**, 275-

23. Miletić, S., Ilić, M. *Korišćenje letećeg pepela u građenju i građevinskim materijalima*, Savez Gradeninskih inženjera i tehničara Srbije, Beograd, 2007.
24. Nyale S.M., Eze Ch.P., Akinyeye R.O., Gitari W.M., Akinyemi S.A., Fatoba O.O., Petrik L.F., (2014) The leaching behaviour and geochemical fractionation of trace elements in hydraulically disposed weathered coal fly ash, *Journal of Environmental Science and Health, Part A* **49**, 233–242.
25. Penavin Škundrić J., Petrović R., Škundrić B., Levi Z., Vasić B., Bodroža D., (2013) Ammonium Ion Adsorption on Natural Zeolite Tuff and on Faujasite, Described by Dubinin Theory. *Six International Scientific Conference Contemporary Materials 2013*, Program and the Book of Abstracts, Banja Luka, July 2013, 68.
26. Plazinski, W., Rudzinski, W., Plazinska, A. (2009) Theoretical models of sorption kinetics including a surface reaction mechanism: A review, *Advances in Colloid and Interface Science* **152**, 2-13.
27. Popović, A., Đorđević, D. (2005) Speciation of selected trace and major elements in lignite used in Nikola Tesla A power plant Obrenovac, *Journal. Serb. Chem. Soc* **70** (12), 1497–1513.
28. Pravilnik o ispuštanju otpadnih voda u površinske vode, *Službeni Glasnik Republike Srpske* br.**44**. str 911-919.
29. Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada, Sl. Glasnik Republike Srbije, br. 56/2010.
30. Qin W., Li W-G., Zhang D-Y., Huang X-F., Song Y. (2016) Ammonium removal of drinking water at low temperature by activated carbon filter biologically enhanced with heterotrophic nitrifying bacteria, *Environ. Sci. Pollut. Res.* **23**, 4650–4659.
31. Querol X, Moreno N., Umana J.C., Alastuey A., Hernandez E., Lopez-Soler A., Plana F. (2002) Synthesis of zeolites from coal fly ash: an overview, *International Journal of Coal Geology* **50**, 413– 423.
32. Ram L.C., Masto R.E. (2014) Fly ash for soil amelioration: A review on the influence of ash blending with inorganic and organic amendments, *Earth-Science Reviews* **128** 52–74.
33. Rudzinski, W., Plazinski, W. (2009) On the applicability of the pseudo-second order equation to represent the kinetics of adsorption at solid/solution interfaces: a theoretical analysis based on the statistical rate theory, *Adsorption* **15**, 181-192.
34. Ruthven, D. M. (1984) Principal of adsorption and adsorption processes. New York: Wiley-Interscience.
35. Schuwirth, N., Hofmann, T.. (2006) Comparability of and alternatives to leaching test for the assessment of the emission of inorganic soil contamination, *Journal of Soil and Sediments*, **6**, 102-112.
36. Shaheen S.M., Hooda P.S., Tsadilas Ch.D.(2014) Opportunities and challenges in the use of coal fly ash for soil improvements– A review, *Journal of Environmental Management* **145**, 249-267.
37. Shaila K., Nisha D., Pralhad P., Deepa P. (2015) Zeolite Synthesis Strategies from

- Coal Fly Ash: A Comprehensive Review of Literature – Review Paper, *International Research Journal of Environment Sciences* **4**(3), 93-99.
38. Sobiecka E. (2013) Investigating the chemical stabilization of hazardous waste material (fly ash) encapsulated in Portland cement, *Int. J. Environ. Sci. Technol.* **10**, 1219–1224.
  39. Terzić A., Radojević Z., Miličić Lj., Pavlović Lj., Aćimović Z., (2012) Leaching Of The Potentially Toxic Pollutants From Composites Based On Waste Raw Material, *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly* **18** (3) 373–383.
  40. Tessier A., Campbell P.G.C., Bisson M., (1979) Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals, *Analytical chemistry*, **51**(7), 844-851.
  41. Xiong Y., Zhu F., Zhao L., Jiang H., Zhang Z., (2014) Heavy metal speciation in various types of fly ash from municipal solid waste incinerator, *J. Mater Cycles Waste Manag* **16** 608–615.
  42. Zhang M., Zhang H., Xu D., Han L., Niu D., Tian B., Zhang J., Zhang L., Wu W., (2011) Removal of ammonium from aqueous solutions using zeolite synthesized from fly ash by a fusion method, *Desalination* **271**, 111-121.
  43. Zhu Zh., Wang X., Dai Sh., Huang, B., ASCE M., He Q. (2013) Fractional Characteristics of Coal Fly Ash for Beneficial Use, *Journal Of Materials In Civil Engineering* , January, 63-69.
  44. Životić M.M., Stojiljković D.D., Jovović A.M., Čudić V.V. (2012) Mogućnost korišćenja pepela i šljake sa deponije termoelektrane „Nikola Tesla“ kao otpada sa upotrebnom vrednošću, *Hem. Ind.* **66** (3) 403–412.

#### a) Radna hipoteza sa ciljem istraživanja

U prijavljenoj doktorskoj tezi, kandidatkinja je postavila nekoliko polaznih hipoteza:

- ◆ Primjenom standardnih testova izluživanja, kao i sekvencijalnih ekstrakcionih testova može se ustanoviti koja količina mikroelemenata je prisutna u uzorcima letećeg pepela i pod kakvim uslovima može doći do izluživanja, tj. njihovog oslobođanja;
- ◆ Sastav i struktura letećeg pepela determiniše njegovu primjenu kao sekundarne sirovine;
- ◆ Pripremom cementnih mješavina na bazi letećeg pepela, te sproveđenjem odgovarajućih testova izluživanja, može se procijeniti koliko je sigurna upotreba takvog materijala sa stanovišta izluživanja u vodotoke, ukoliko se on koristi kao barijerni materijal (izgradnja nasipa, brana i sl.);
- ◆ Odgovarajućom obradom letećeg pepela mogu se dobiti zeoliti, koji imaju sposobnost adsorpcije amonijum jona iz vode.

Kandidatkinja je kao cilj istraživanja jasno postavila:

- Provesti izluživanje i detekciju teških metala iz elektrofilterskog pepela termoelektrana Gacko, Ugljevik i Stanari primjenom standardnih testova, radi mogućeg sagledavanja njihovog uticaja na životnu sredinu. Takođe, ispitivanja navedenih uzoraka sekvensijalnim ekstrakcijama omogućila bi sagledavanje mogućnosti migracije teških metala kao i uslova koji su neophodni za njihovo oslobođanje i dospajevanje u životnu sredinu (prvi cilj istraživanja);
- Izvršiti testove izluživanja mješavina cementa i letećeg pepela, kako bi se ustanovilo koji elementi i u kojoj količini se izluživanjem oslobođaju i dospajevaju u vodotoke, kao i kakav uticaj imaju na proces vezivanja i zadržavanja u gotovom proizvodu (drugi cilj istraživanja);
- Istražiti adsorpciju amonijačnog jona na zeolitima sintetizovanim od letećeg pepela, a što bi podrazumijevalo dređivanje efikasnosti procesa optimalnih uslova za izvođenje procesa adsorpcije, kao i primjena modela za opisivanje kinetike adsorpcije i adsorpcionih izotermi (treći cilj istraživanja).

#### b) Materijal i metode rada

Osnovni materijali, koji su predmet istraživanja, jesu uzorci letećeg pepela koji nastaju sagorijevnjem uglja različite starosti u termoenerganama Ugljevik, Stanari i Gacko.

##### *Hemijska i mneraloška analiza letećeg pepela*

Hemijska analiza pepela podrazumijeva određivanje sljedećih komponenata u dostavljenim uzorcima: gubitak žarenjem;  $\text{SiO}_2$  i nerastvorni ostatak;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{CaO}$ ;  $\text{MgO}$  i  $\text{SO}_3$ , što će kandidatkinja odrediti gravimetrijskom analizom i rendgenskom fluorescentnom spektroskopijom (XRF).

Mineraloški sastav različitih uzoraka pepela namjerava odrediti metodom rendgenske difraktometrije (XRD).

##### *Izluživanje i detekcija mikroelemenata iz uzorka letećeg pepela*

Za izluživanje mikroelemenata iz uzorka pepela kandidatkinja će primijeniti sljedeće testove: Standardni njemački test izluživanja (DIN 38414-4), TCLP test (Toxicity Characteristic Leaching Procedure, USEPA metod 1311, 2003), MWLP test (The Mine Water Leaching Procedure), SPLP test (Synthetic Precipitation Leaching Procedure, 2003), WET test (California Waste Extraction Test, Townsend, 2003).

U skladu sa procedurom testova izluživanja, koristiće različite ekstrakcione fluide, a to su: dejonizovana voda (DIN test); acetatna kiselina, pH=4,93 i pH=2,88 (TCLP test); smjesa  $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HNO}_3 = 60 : 40$  w/w (SPLP test); limunska kiselina, pH=5,0 (WET test); rastvor sulfatne kiseline (MWLP test).

Detekciju teških metala iz uzorka pepela, nakon njihovog izdvajanja metodama izluživanja, provodiće emisionom spektroskopijom sa induktivno kuplovanom plazmom (ICP/OES).

### *Sekvencijalne ekstrakcije*

Za izvođenje sekvencijalnih ekstrakcija kandidatkinja će koristiti Tessier-ove ekstrakcije koje podrazumijevaju ekstrakcije u više stepeni sa različitim ekstrakcionim sredstvima. Nakon svakog ekstrakcionog koraka uzorka će podvrgavati centrifugisanju, a potom membranskoj filtraciji kroz  $0,45\text{ }\mu\text{m}$  filter papir. Čvrsti ostatak, nakon centrifugiranja, će isprati sa ultra čistom vodom, centrifugirati, filtrirati, i čuvati zatvoren u frižideru do sljedećeg ekstrakcionog koraka, a filtrate objedinjavati. Dobijene filtrate zakiseljavati pomoću  $\text{HNO}_3$  (1:1) do  $\text{pH} = 2$ , i čuvati u frižideru do određivanja tragova metala na ICP-OEC.

Ekstrakcije će izvoditi sljedećim redoslijedom:

- dejonizovana voda, miješanje 2 h na  $T=25^\circ\text{C}$  - izmjenljiva frakcija,
- $\text{NaOAc}$  (1mol/L), miješanje 5 h na  $T=25^\circ\text{C}$  - karbonatna frakcija,
- $\text{NH}_2\text{OH HCl}$  (0.04 mol/L) u  $\text{HOAc}$ , 25%, w/w , miješanje 5 h na  $T=95^\circ\text{C}$  - Fe i Mn frakcija,
- $\text{HNO}_3$  (0,02 mol/L) +  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 30%, w/w, miješanje 5 h na  $T=85^\circ\text{C}$  - organska frakcija,
- $\text{HNO}_3 : \text{HCl}=3:1$ , miješanje 4 h, kupatilo sa povratnim hladnjakom - ukupni sadržaj metala.

Pored Tessier-ovih ekstrakcija izvodiće i modifikovane sekvencionalno ekstrakcione procedure sa miješanjem od 1 h na sobnoj temperaturi prema šemi:

- dejonizovana voda - vodena ekstrakcija,
- $\text{NH}_4\text{Ac}$  (1mol/L),  $\text{pH}=7,01$  - izmjenljiva frakcija,
- $\text{NH}_4\text{Ac}$  (1mol/L),  $\text{pH}=5,00$ , - karbonatna frakcija,
- $\text{NH}_2\text{OH.HCl}$  (1mol/L) u  $\text{HNO}_3$  (0,025mol/L),  $\text{pH}=2.00$  - Fe i Mn frakcija,
- $\text{HNO}_3:\text{HCl}=3:1$ , miješanje 4h, - ukupni sadržaj metala.
- 

### *Izluživanja iz mješavina sa cementom*

Za izvođenje eksperimenta kod mogućnosti korištenja letećeg pepela kao komponente u barijernom materijalu, kandidatkinja će koristiti modele mješavine cementa i letećeg pepela u različitom masenom procentu (90C-10LP; 75C-25LP; 65C-35LP) uz dodatak vode i kvarenog pijeska. Dobijene mješavine će izlijevati u kalupe i sušiti na sobnoj temperaturi. Analiza na teške metale testovima izluživanja na sobnoj i povišenoj temperaturi, izvodiće u različitim vremenskim intervalima, uz detekciju teških metala metodom ICP-EOS. Takođe, na pripremljenim modelima pratiće čvrstoću na pritisak i savijanje, kao i mineralošku analizu metodom XRD.

### *Konverzija u zeolite*

Konverziju u zeolite kandidatkinja će provoditi na dva načina.

Prvi način podrazumijeva alkalnu aktivaciju sa NaOH ( $c=2$  mol/L i  $c=5$  mol/L) pri omjeru letećeg pepela i rastvora NaOH 1:10 (S:L) na temperaturi  $85^{\circ}\text{C}$  i trajanju od 8 h na kupatilu sa tresilicom.

Drugi način dobijanja zeolita je fuzioni tretman. Ovaj postupak obuhvata žarenje 2,5 h na  $600^{\circ}\text{C}$  mješavine letećeg pepela i čvrstog NaOH u masenom omjeru 1:1,3. Nakon žarenja slijedi alkalna aktivacija dodatkom destilovane vode u omjeru 1:5, miješanje na magnetnoj mješalici 1,5 h na  $70\text{-}80^{\circ}\text{C}$ , a potom 5 h na  $100^{\circ}\text{C}$  pod pritiskom.

Nakon provedene alkalne aktivacije po oba postupka slijedi ispiranje sa destilovanom vodom do  $\text{pH} = 8\text{-}9$  i sušenje dobijenog produkta.

### *Analiza dobijenih zeolita:*

Karakterizacija dobijenih zeolita podrazumijevaće mineralošku analizu na XRD, određivanje specifične površine, karakteristika pora, kao i tačke nultog nanelektrisanja.

Specifičnu površinu i zapreminu pora mjeriće primjenom adsorpcije azota na  $77\text{ K}$  upotrebom analizatora za određivanje specifične površine i veličine pora. Tačka nultog nanelektrisanja određivaće metodom titracije mase.

### *Primjena zeolita za uklanjanje amonijum jona iz voda*

Ispitivanje primjene sintetisanih zeolita iz letećeg pepela će obuhvatiti:

1. Kinetička ispitivanja, radi sticanja uvida u efikasnost adsorbenta, u pogledu brzine uklanjanja amonijaka: odabir kinetičkih modela, izračunavanje kinetičkih parametara, kao i opisivanje mehanizma i reakcionih puteva prema kojem se proces adsorpcije odigrava.
2. Adsorpione eksperimente u ravnotežnim uslovima sa ciljem određivanja afiniteta i kapaciteta za adsorpciju zeolita za amonijak: odabir modela adsorpcije, izračunavanje adsorpcionih parametara i korelacionu analizu sa osobinama amonijaka i adsorbenta.
3. Izvođenje kinetičkih i adsorpcionih eksperimenata u ravnotežnim uslovima na pripremljenim zeolitima pri različitim pH vrijednostima: određivanje parametara adsorpcije i predlaganje mehanizma adsorpcije.

Koncentracija amonijačnog jona biće određena spektrofotometrijskom Nessler metodom.

Kandidatkinja je planirala da se istraživanja i izrada disertacije obave u pet faza:

**I faza:**

Opsežni pregled literature, razrada metoda, kao i planiranje eksperimenta čini pripremu za provođenje eksperimentalnog dijela rada definisanog temom predmetnog istraživanja.

**II faza:**

Druga faza treba da obuhvati provođenje hemijske analize uzoraka letećeg pepela iz termoelektrana Ugljevik, Gacko i Stanari, prema opisanim metodama. Potom slijedi provođenje testova izluživanja teških metala i sekvencijalnih ekstrakcija na nativnim uzorcima pepela sa ciljem utvrđivanja potencijalne štete po okolinu, ukoliko bi se pepeo odlagao ili slučajno dospio u medije životne sredine.

**III faza:**

Treća faza istraživanja obuhvata istraživanje moguće primjene letećeg pepela kao sekundarne sirovine, što podrazumijeva:

- primjenu i ponašanje letećeg pepela u gradevinskom materijalu;
- pripremu zeolita na bazi letećeg pepela sa ciljem dobijanja adsorbenta, koji bi se koristio za prečišćavanje otpadnih voda (tačnije za uklanjanje amonijum jona iz vode).

**IV faza:**

U ovoj fazi kandidatkinja će vršiti analizu dobijenih rezultata i njihovu matematičku obradu u nekom od poznatih softvera kao što su MS Excel, Origin, SPSS i sl. Dobijene podatke će obraditi različitim proračunima koji mogu obuhvatati izračunavanje srednje vrijednosti i procjenu greške.

**V faza:**

Pisanje doktorske teze, odnosno predstavljanje i diskutovanje rezultata poredeći ih sa raspoloživim aktuelnim literaturnim izvorima, te izvođenje odgovarajućih zaključaka i preporuka.

**c) Naučni doprinos istraživanja**

Doprinos ove disertacije bi se sastojao u tome da se naučnim metodama ispita i definiše ponašanje letećeg pepela kao otpadnog materijala i mogućnost njegove primjene kao sekundarne sirovine, s obzirom na specifičnost sastava i porijekla, odnosno vrstu i sastav ugljeva iz ove regije, čijim je sagorijevanjem i nastao. Time bi se smanjio negativan uticaj ovog otpadnog materijala na sve medije životne sredine i dobio koristan materijal za višenamjensku upotrebu.

### **Biografski podaci, naučna i stručna djelatnost predloženog mentora:**

Dr Božo Dalmacija, redovni profesor na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Novom Sadu, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, uža naučna oblast: *Hemijska tehnologija i Zaštita životne sredine*.

Dr Božo Dalmacija, redovni profesor, rođen je 09.10.1951. godine u Česteregu. Diplomirao je 1975. na Grupi za hemiju Prirodno-matematičkog fakulteta u Beogradu i stekao zvanje diplomirani hemičar. 1978. godine zapošljava se na mjesu stručnog saradnika na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu, Institut za hemiju. Magistarski rad odbranio je 1981. godine na PMF-u u Novom Sadu, i iste godine prelazi u zvanje asistenta. 1984. godine stiče zvanje Doktor hemijskih nauka na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu odbranivši doktorsku disertaciju. 1986. godine izabran je u zvanje docenta, 1991. godine u vanrednog profesora, a 1996. godine u zvanje redovnog profesora za uže naučne oblasti *Hemijska tehnologija i Zaštita životne sredine*, na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Novom Sadu.

Angažovan je na predmetima: *Hemijska tehnologija, Kvalitet vode za piće, Zaštita voda, Osnovne metode tehnologije zaštite životne sredine, Prečišćavanje industrijskih otpadnih voda, Industrijski procesi, Zagadenje voda, Projekti-analiza uticaja na životnu sredinu, Ekoinženjerинг*.

U periodu od 1993-1998 bio je prodekan za hemiju Departmana za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, a od 1998. godine je direktor Departmana za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine. Osnivač je Škole za zaštitu životne sredine, koja se tradicionalno održava od 1997. godine. Jedan je od osnivača Udruženja za unapređenje i zaštitu životne sredine. Rukovodilac je Centra izvrsnosti za hemiju okoline i procenu rizika. Član je Srpskog hemijskog društva, Srpskog društva za zaštitu voda, Društva za zaštitu voda i sanitarno inženjerstvo, Jugoslovenskog udruženja za vodno pravo, Međunarodnog udruženje za vode.

Bavi se naučno-istraživačkim radom u oblasti hemije, hemijske tehnologije i zaštite životne sredine. Rukovodilac je više od 60 nacionalnih i međunarodnih naučnih projekata – uključujući i FP5, FP6 i CECRA projekte, kao i preko osamdeset projekata za potrebe privrede. Autor je i koautor više od 97 radova u međunarodnim časopisima – ukupan broj radova sa SCI (SSCI) liste 26, više od 400 radova saopštenih na domaćim i međunarodnim konferencijama, 61 poglavља u knjigama nacionalnog značaja, 73 rada u časopisima nacionalnog značaja i 6 tehničkih rešenja. Dobro poznavanje propise EU i nacionalno zakonodavstvo životne sredine (WDF, REACH, IPPC, EIA, SEA), iskustvo u uvođenju EU WFD i IPPC u Srbiji.

### **Biografski podaci, naučna i stručna djelatnost komentora:**

Dr Snežana Maletić, vanredni profesor na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Novom Sadu, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, uža naučna oblast: *Zaštita životne sredine.*

Dr Snežana Maletić, vanredni profesor, rođena je 20.09.1980. godine u Indiji. Diplomirala je 2003. godine na Departmanu za hemiju PMF-a u Novom Sadu, gde se iste godine i zaposlila. Dobitnik je nagrade Srpskog hemijskog društva za postignut uspeh tokom studiranja. 2005. godine upisala je doktorske studije hemije. Doktorirala je 2010. godine odbranivši doktorsku disertaciju pod nazivom „Karakterizacija biodegradabilnosti naftnih ugljovodonika u zemljištu i bioremedijacionih procesa u toku tretmana biogomilama i površinskom obradom“. U zvanje docenta izabrana je 2011. godine, a u zvanje vanrednog profesora u januaru 2016. godine.

Član je stručnih asocijacija: IWA – International Water Association, Srpsko hemijsko društvo, Srpsko društvo za zaštitu voda, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo. Tokom 2008. godine u okviru FP6 projekta boravila je na stručnom usavršavanju na Unverzitetu u Aberdinu (Škotska, Velika Britanija), na Institutu za biološke nauke i nauke o životnoj sredini ( University of Aberdeen, Institute of Biological and Environmental Sciences).

Koautor je više od 100 publikacija, od čega je četrnaest radova u časopisima međunarodnog značaja. Od 2012. godine šef je akreditovane Laboratorije za hemijska ispitivanja životne sredine „Dr Milena Dalmacija“.

Učestvovala je u više od 40 projekata i studija vezanih za istraživanja u oblasti zaštite životne sredine. Takođe je učesnik 6 međunarodnih i 6 nacionalnih projekata.

### **3. ОЦЈЕНА И ПРИЈЕДЛОГ**

Na osnovu uvida u priloženu dokumentaciju, rad i biografiju kandidatkinje sa priloženim kompletnim radovima, Komisija za ocjenu podobnosti teme i kandidata za izradu doktorske disertacije pod nazivom „**Karakterizacija i primjena letećeg pepela u građevinarstvu i za sintezu zeolita za adsorpciju amonijum jona iz vode**“ konstatiše:

- 1) Kandidatkinja Dijana Drljača ima naučni stepen magistar tehničkih nauka iz oblasti hemijskih tehnologija. Kandidatkinja ima izbor kao viši asistent na Tehnološkom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci na užu naučnu oblast Neorganske hemijske tehnologije i ima 12 naučnih radova iz ove oblasti. Kandidatkinja se u svom magistarskom radu bavila mogućnostima uklanjanja amonijum jona iz vode, što jednim dijelom nastavlja i kroz doktorsku disertaciju, u kojoj bi vršila sintezu novog materijala koji će služiti za adsorpciju amonijum jona. Kandidatkinja je učesnik jednog projekta iz uže naučne oblasti Neorganske hemijske tehnologije, i ispunjava propisane akademske uslove za izradu doktorske disertacije iz ove oblasti;
- 2) Komisija je konstatovala da je predložena tema aktuelna i veoma korisna, kako sa naučnog stanovišta, tako i sa stanovišta mogućnosti primjene. Kandidatkinja bi mogla dati značajan doprinos u karakterizaciji i izluživanju elektrofilterskog pepela, kao i u mogućnosti njegove primjene kao barijernog materijala, i kod sinteze zeolita za adsorpciju amonijum jona. Time bi se smanjio negativan uticaj ovog otpadnog materijala na životnu sredinu i dobio koristan materijal za višenamjensku upotrebu.
- 3) Komisija konstatiše da je kao podloga prijavljene teme predložena aktuelna i relevantna literatura, navedene metode istraživanja predstavljaju zadovoljavajuće, pouzdane i naučno zasnovane tehnike istraživanja, pomoću kojih je moguće dobiti pouzdane i primjenljive rezultate.

Na osnovu navedenog, Komisija za ocjenu podobnosti teme pod nazivom „**Karakterizacija i primjena letećeg pepela u građevinarstvu i za sintezu zeolita za adsorpciju amonijum jona iz vode**“ kandidatkinje mr Dijane Drljača, daje pozitivno mišljenje o kandidatkinji i prijavljenoj temi i smatra da kandidatkinja Dijana Drljača ispunjava sve formalne uslove za odobrenje teme za izradu doktorske disertacije u skladu sa važećim propisima, a posebno sa članom 58. Zakona o Univerzitetu i Statutom Univerziteta u Banjoj Luci. Komisija smatra da je predložena tema doktorske disertacije naučno zasnovana i aktuelna i da kandidatkinja u svom istraživanju može uspešno da realizuje sve postavljene zahtjeve vezane za izradu doktorske teze i da dobije značajne originalne rezultate.

Komisija predlaže Senatu Univerziteta, a putem Nastavno – naučnog vijeća Tehnološkog fakulteta u Banjoj Luci, da kandidatkinji mr Dijani Drljača odobri izradu doktorske disertacije pod nazivom

„Karakterizacija i primjena letećeg pepela u građevinarstvu i za sintezu zeolita za adsorpciju amonijum jona iz vode“.

Za mentora predložene doktorske disertacije Komisija predlaže dr Božu Dalmaciju, redovnog profesora sa Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu, a za komentara dr Snežanu Maletić, vanrednog profesora sa Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu.

Banja Luka, 06.07.2016. godine

#### POTPIS ČLANOVA KOMISIJE

Dr Ljiljana Vukić, redovni profesor,  
predsjednik



Dr Božo Dalmacija, redovni profesor,  
član



Dr Snežana Maletić, vanredni profesor,  
član



Dr Dragica Lazić, redovni profesor,  
član



Dr Rada Petrović, vanredni profesor,  
član

