

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/328
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

24.06. 2016.
(Датум)

З А Х Т Е В

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Утицај термодинамичких параметара на синтезу порозних силикатних материјала и њихова функционална примена“
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

МАРИЈА (Михајло) ИВАНОВИЋ, мастер. инж.

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

3. Година дипломирања: 2012.

4. Назив и седиште факултета на коме је стекао мастер образовање: Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

5. Година дипломирања: 2013.

6. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена: /

Година одбране магистарске тезе: /

Студент је уписан на докторске академске студије шк. 2013/2014. године.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће,
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 23.06.2016. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ДП

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 32. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 23.06.2016. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације МАРИЈЕ ИВАНОВИЋ, мастер инж., под називом: „Утицај термодинамичких параметара на синтезу порозних силикатних материјала и њихова функционална примена“.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За менторе се одређују: др Ивона Радовић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Снежана Ненадовић, научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду на сагласност, кандидату, менторима, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Марију Ивановић, дипл. инг.-мастер

Име и презиме ментора: Др Ивона Радовић, ван. проф.

Звање: Ванредни професор Технолошко-металуршки факултет, Универзитета у Београду

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. G. R. Ivaniš, **I. R. Radović**, V. B. Veljković, M. Lj. Kijevčanin, Biodiesel density and derived thermodynamic properties at high pressures and moderate temperatures, Fuel 165 (2016) 244-251, (IF (2014)=3.520; ISSN: 0016-2361), DOI:10.1016/j.fuel.2015.10.050.
2. Vuksanović, J.M.; **Radović, I.R.**; Šerbanović, S.P.; Kijevčanin, M.Lj., Experimental Investigation of Interactions and Thermodynamic Properties of Poly(Ethylene Glycol) 200/400 + Dimethyl Adipate / Dimethyl Phthalate Binary Mixtures, Journal of Chemical & Engineering Data (2015), 60, 1910-1925, (IF (2014) = 2.037; ISSN 0021-9568).
3. E.M. Živković, D.M. Bajić, **I.R. Radović**, S.P. Šerbanović, M.Lj. Kijevčanin, Volumetric and viscometric behavior of the binary systems ethyl lactate + 1,2-propanediol, +1,3-propanediol, +tetrahydrofuran and +tetraethylene glycol dimethyl ether. New UNIFAC-VISCO and ASOG-VISCO parameters determination, Fluid Phase Equilibria, 373 (2014) 1-19 (**IF = 2.379, ISSN: 0378-3812**)
4. A. Torres Trueba, **I.R. Radović**, J.F. Zevenbergen, M.C. Kroon, C.J. Peters, Kinetic Measurements and In situ Raman Spectroscopy Study of the Formation of TBAF Semi-Hydrates with Hydrogen and Carbon Dioxide, International Journal of Hydrogen Energy, International Journal of Hydrogen Energy, 38 (2013) 7326-7334 (IF (2011) = 4.054; ISSN: 0360-3199).
5. A. Torres Trueba, **I.R. Radović**, J.F. Zevenbergen, M.C. Kroon, C.J. Peters, Kinetics Measurements and In situ Raman Spectroscopy of Formation of Hydrogen-Tetrabutylammonium Bromide Semi-Hydrates, International Journal of Hydrogen Energy, 37 (2012) 5790-5797 (IF (2011) = 4.054; ISSN: 0360-3199).
6. **Radović, I.R.**, Šerbanović, S.P., Djordjević, B.D., Kijevčanin, M.Lj., Experimental Determination of Densities and Refractive Indices of the Ternary Mixture 2-Methyl-2-propanol + Cyclohexylamine + n-Heptane at T = (303.15 to 323.15) K, Journal of Chemical & Engineering Data (2011), 56, 344-349 (IF (2011) = 1.693; ISSN: 0021-9568).

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 10.6.2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Марију Ивановић, дипл. инг.-мастер

Име и презиме ментора: Др Снежана Ненадовић, научни сарадник

Звање: Научни сарадник Института за нуклеарне науке Винча

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Љиљана Кљајевић, Александар Шапоњић, Светлана Илић, **Снежана Ненадовић**, Маја Кокунешовски, Адела Едеља, Александар Девечерски, Fabrication of non-oxide ceramic powders by carbothermal-reduction from industrial minerals, *Ceramics International* 42 (2016) 8128–8135 (ISSN: 0272-8842, IF 2.086 (3/25))
2. Љиљана Кљајевић, **Снежана Ненадовић**, Милош Ненадовић, Devendrapraksah Gautam, Татјана Волков-Хусовић, Александар Девечерски и Бранко Матовић, Spark plasma sintering of ZrC-SiC ceramics njith LiYO2 additive, *Ceramics International* 39 (2013) 5457-5476 doi: 10.1016/j.ceramint.2012.12.058 (ISSN: 0272-8842, IF 2.086 (3/25))
3. А.С. Радосављевић-Михајловић, М.Д. Прекајски, Ј.Загорац, А.М. Дошен, **С.С.Ненадовић**, Б. Матовић, Preparation, structural and microstructural properties of Ba(0.64)Ca(0.32)Al(2)Si(2)O(8) ceramics phase, *Ceramics International* (2012) Vol. 38 No 3, pp. 2347-2354. (ISSN: 0272-8842, IF: 1.789 (3/27))
4. **Снежана С. Ненадовић**, Љиљана М. Кљајевић, Бојан Ж. Шешлак, Нина Н. Обрадовић, Ивана С. Вуканац, Владимир Б. Павловић, Cesium removal from aqueous solution by natural mineral clinoptilolite, *Nuclear Technology and Radiation Protection*, (2014), Vol. 29, No2, pp. 135-141 doi:10.2298/NTRP1402135N (ISSN: 1451-3994, IF: 1.000 (14/34))
5. **Снежана С. Ненадовић**, Љиљана М. Кљајевић, Милош Т. Ненадовић, Миљана М. Мирковић, Смиља Б. Марковић, Златко Љ. Ракочевић, Mechanochemical treatment and structural properties of lead adsorption on kaolinite (Rudovci, Serbia), *Environ Earth Sci* (2015) doi 10.1007/s12665-014-3941-y Vol.73 No11 pp. 7669-7677 (ISSN: 1866-6280, IF: 1.765 (26/83))
6. **Снежана Ненадовић**, Љиљана Кљајевић, Смиља Марковић, Миа Омерашевић, Урош Јовановић, Велибор Андрић, Ивана Вуканац, Natural diatomite (Rudovci, Serbia) as adsorbent for removal Cs from radioactive waste liquids, *Science of Sintering* 47 (2015) pp. 299-309 doi: 10.2298/SOS1503299N (ISSN: 0350-820X, IF: 0.575 (14/26))

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

☒ **А)** У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука

ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 10.6.2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Predmet: Podobnosti teme i kandidata Marije Ivanović, master inženjera tehnologije, za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, br. 35/167 od 14.04.2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Marije Ivanović, master inženjera tehnologije, za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „Uticaj termodinamičkih parametara na sintezu poroznih silikatnih materijala i njihova funkcionalna primena”.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći:

REFERAT

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Marija Ivanović, master inženjera tehnologije, rođena je 25.08.1987. godine u Smederevskoj Palanci. Osnovnu školu i Palanačku gimnaziju, prirodno-matematički smer završila je u Smederevskoj Palanci. Osnovne studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu završila je 2012. godine sa prosečnom ocenom 7,70 na Odseku za Biohemijско inženjerstvo i Biotehnologiju. Završni rad pod nazivom „Svojstva i primena antimikrobnih pakovanja u prehrambenoj industriji” odbranila je sa ocenom 10. Master studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu završila je 2013. godine sa prosečnom ocenom 9,75 na Odseku za Hemijско Inženjerstvo. Master rad pod nazivom „Proračun sušnica u fluidizovanom sloju namenjenih dobijanju bakar (II)-sulfat-monohidrata iz bakar (II)-sulfat-pentahidrata” odbranila je sa ocenom 10 na studijskom programu Hemijско Inženjerstvo. Školske 2013/2014. upisala je doktorske studije na matičnom fakultetu, na studijskom programu Hemijско Inženjerstvo. Položila je sve predviđene ispite na doktorskim studijama, kao i završni ispit, sa prosečnom ocenom 9,92.

1.2. Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Kandidatkinja je u okviru studijskog programa doktorskih studija Hemijско inženjerstvo položila sve ispite predviđene studijskim programom, sa prosečnom ocenom 9,92 i školske 2014/2015. godine odbranila je završni ispit pod nazivom "Primena vodenih dvofaznih sistema na bazi jonskih tečnosti i polimera u ekstrakciji tečno-tečno" sa ocenom 10, pred komisijom u sastavu van. prof. dr Ivona Radović, prof. dr Mirjana Kijevčanin i docent dr Tatjana Kaluđerovic-Radojičić.

Spisak položenih ispita na doktorskim studijama:

Predmet	Broj ESPB	Ocena
1. Specijalna poglavlja prenosa mase	4	9
2. Analogije fenomena prenosa	5	10
3. Odabrana poglavlja matematičke analize	5	10
4. Engleski jezik		10
5. Elektrokataliza	5	10
6. Elektroodni materijali	5	10
7. Elektrohemijski i alternativni izvori električne energije	5	10
8. Viši kurs termodinamike	5	10
9. Prenos toplote i energetska integracija	5	10
10. Višefazni sistemi	5	10
11. Specijalna poglavlja prenosa toplote	4	10
12. Odabrana poglavlja biohemije – vitamini	5	10
12. Završni ispit	30	10
Ukupno	83	9.92

Marija Ivanović je tokom 2012. i 2013. godine bila angažovana/zaposlena u Institutu za povrtarstvo u Smederevskoj Palanci, kao istraživač-pripravnik u Laboratoriji za agrohemijsku analizu i u Laboratoriji za zaštitu bilja.

Spisak objavljenih naučnih radova i saopštenja kandidata

Radovi objavljeni u međunarodnim časopisima – M23

1. Kaluđerović-Radoičić Tatjana, Radović Ivona, Ivanović Marija, Rajić Nevenka, Grbavčić Željko, Calculation and optimization of the copper (II) sulphate monohydrate from copper (II) sulphate pentahydrate production process in a fluidized bed dryer, Hemijska industrija 69 (3)(2015) 275-286. (IF= 0.364; ISSN 0367-598X)

Rad objavljen u časopisu nacionalnog značaja – M52

1. Mladen Đorđević, Nenad Dolovac, Marija Ivanović, Jelena Damnjanović, Bogoljub Zečević, Effectiveness of essential oils in control of *Verticillium Dahliae* in vitro, Zaštita bilja 64 (3)(2013) 162-168. (ISSN 0372-7866)

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i postignutih rezultata tokom doktorskih studija kandidat Marija Ivanović pokazala je sklonost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Do sada je koautor na jednom radu u međunarodnom časopisu (M23) i jednom radu objavljenom u nacionalnom časopisu (M52). Komisija smatra da kandidat Marija Ivanović ispunjava uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Predmet doktorske disertacije je fizičko-hemijska analiza poroznih silikatnih materijala i ispitivanje parametara (gustina i viskoznosti) u početnoj fazi sinteze polazeći od alumosilikatnih prekursora (glini kaolinskog tipa), natrijumsilikata i NaOH različitih molariteta, kao alkalnog aktivatora, koji su odgovorni i utiču na poroznost dobijenih silikatnih materijala.

Tokom doktorske disertacije biće ispitivan uticaj procesnih parametara (temperatura polimerizacije, reakcionog vremena, vremena starenja) na mehanička svojstva poroznih silikatnih materijala. Osim toga, pri optimalnim procesnim uslovima i dodavanjem u proces

etilen glikola, polivinilalkohola i polivinil hlorida biće sintetisan porozan silikatni materijal koji bi po sastavu bio organsko-neorganski polimer. Pratiće se u kojoj meri etilen glikol, polivinilalkohol i polivinil hlorid utiču na proces polimerizacije, kao i koliko se menja poroznost novonastalog organsko-neorganskog hibrida u odnosu na prvobitni neorganski polimer.

Poznavanje termodinamičkih veličina je od velikog značaja za sintezu poroznih materijala koji bi se koristili za adsorpciju (radionuklida, teških metala) [1-6]. Na sintezu poroznog silikatnog materijala utiče sastav binarne smeše alkalnog aktivatora, njegova viskoznost, kao i temperatura. Poznavanjem promena u gustini i viskoznosti u pomenutim binarnim smešama dobila bi se jasna slika o tome kako će se ponašati navedeni sistem pri različitim procesnim uslovima i uolikoj meri ispitivani sistem (reakcija polimerizacije polaznih prethodno termički tretiranih, amorfizovanih alumosilikatnih prekursora sa alkalnim aktivatorom) odstupa od idealnog stanja (alkalni aktivator). Dobijeni podaci mogu imati značaj i sa aspekta ispitivanja efekta mešljivosti koji se javljaju prilikom formiranja višekomponentnih sistema.

Viskoznost i gustina predstavljaju termofizička svojstva fluida koje karakterišu svaku čistu supstancu u tečnom stanju, kao i njihove smeše. Ove veličine su značajne za razumevanje materije na mikroskopskom nivou, ali i za ponašanja sistema kao posledice složene strukture molekula i međumolekulskih interakcija koje su prisutne u svakoj realnoj smeši. Poznavanje ovih parametara na više temperatura, odnosno u temperaturnom opsegu, daje nam bolji uvid u strukturu same smeše.

Struktura i sastav alumosilikatnih prekursora se može modifikovati zagrevanjem na određenim temperaturama, koje zavise od vrste minerala, veličine čestica i režima zagrevanja. Mogu razlikovati četiri temperaturne oblasti na kojima dolazi do značajnih promena u strukturi [7, 8]. Jedna od temperaturnih oblasti je temperatura iznad dehidratacije i ispod dehidroksilacije. Zagrevanjem alumosilikata od sobne temperature do temperature na kojoj počinje dehidroksilacija se dešava uklanjanje adsorbovane i hidratacione vode. Kao rezultat se javlja urušavanje međuslojnog prostora, poroznost se menja, kao i kiselo-bazna svojstva površine i međuslojeva. Ispitivanjem promena koje nastaju u strukturi alumosilikatnog prekursora u funkciji mogućeg predtretmana, temperature, brzine zagrevanja, hlađenja, zadržavanja na određenoj temperaturi su takođe parametri koji direktno utiču na fizičko hemijska, mehanička svojstva, a samim tim i na primenu poroznog silikatnog materijala [9-17]. Definisanjem ovih parametara i direktnim korelisanjem sa nekom od pomenutih osobina materijala, kao i sa poroznošću materijala bi se napravio značajan pomak kada je u pitanju ovo istraživanje. Pronalaženje adekvatnog modela koji bi mogao da dovede u vezu parametre procesa termičkog tretmana alumosilikatnog prekursora sa poroznošću dobijenog materijala bi bio jedan od ciljeva ove doktorske disertacije.

Porozni silikatni materijali kontrolisani termodinamičkim parametrima imali bi primenu kao materijali za imobilizaciju teških metala u zavisnosti od odnosa Al/Si koji je u funkciji sastava alumosilikatnih prekursora kao i alkalnog aktivatora, kao i kinetike reakcije polimerizacije koji dovode do određenog umrežavanja i nastajanja trodimenzionalne strukture [18-22]. Silikatni i alumosilikatni materijali su tradicionalno veoma važni materijali za primenu u adsorpciji, katalizi, građevinarstvu zbog svojih mehaničkih, termo/hidrotermičkih svojstava i jonoizmenjivačkih sposobnosti. Upotrebom punila, neorganski polimeri, silikatnog i alumosilikatnog porekla povećali su svoj opseg primene u inovativnim oblastima, kao što su medicina, farmacija, membranske filtracije, energetska efikasnost i skladištenje vodonika. Uvođenjem novih punila i matrica povećava se primena i ostvarenje novih tehnologija u bliskoj budućnosti. Primenom poroznih silikatnih materijala za skladištenje vodonika bili bi novi izazov u bliskoj budućnosti [23-25]. Kao eko-materijali našli bi svoju primenu ne samo u istraživanjima, već i u privredi.

S obzirom da mehanizam reakcije geopolimerizacije još uvek nije do kraja rasvetljen, iako su brojna istraživanja na tom polju u poslednjih tridesetak godina rezultirala važnim saznanjima [26, 27], rezultati istraživanja ovom doktorskom disertacijom bi mogli da daju doprinos i u ovom segmentu.

Literatura

- [1] Ge, Y., Cui, X., Kong, Y., Li, Z., He, Y., Zhou, Q., Porous geopolymeric spheres for removal of Cu(II) from aqueous solution: Synthesis and evaluation. *Journal of Hazardous Materials*, 283 (2015) 244–251.
- [2] Salem, A., Akbari Sene, R., Removal of lead from solution by combination of natural zeolite–kaolin–bentonite as a new low-cost adsorbent. *Chemical Engineering Journal* 174 (2011) 619– 628.
- [3] Chen, H., Zhao, J., Dai, G., Wu, J., Yan, H., Adsorption characteristics of Pb(II) from aqueous solution onto a natural biosorbent, fallen *Cinnamomum camphor* leaves. *Desalination*, 262 (2010) 174–182.
- [4] Inglezakis, V.J., Stylianou, M.A., Gkantou, D., Loizidou, M.D. Removal of Pb(II) from aqueous solutions by using clinoptilolite and bentonite as adsorbents. *Desalination*, 210 (2007) 248–256.
- [5] Nenadović, S., Kljajević, Lj., Šešlak, B., Obradović, N., Vukanac, I., Pavlović, V., Cesium removal from aqueous solution by natural mineral clinoptilolite. *Nuclear Technology and Radiation Protection*, 29 (2014) 135-141.
- [6] Nenadović, S., Kljajević, Lj., Marković, S., Omerašević, M., Jovanović, U., Andrić, V., Vukanac, I., Natural Diatomite (Rudovci, Serbia) as Adsorbent for Removal Cs from Radioactive Waste Liquids. *Science of Sintering*, 47 (3) (2015) 299-309.
- [7] Bergaya, F., Theng, B. K. G., Lagaly, G. Chapter “Modified Clays and Clay Minerals” in *Handbook of clay science*, 1st Ed. Elsevier (2006) pp. 261-423.
- [8] Gersten, J. I., Smith F. W. *The Physics and Chemistry of Materials*, Wiley & Sons, (2001) New York.
- [9] Ashton Acton, Q., *Aluminum Silicates-Advances in Research and Application*, Scholarly Editions, (2012), USA
- [10] Alatham, Z.A., A Review: Fundamental Aspects of Silicate Mesoporous Materials, *Materials*, 5 (2012) 2874-2902.
- [11] Schulz-Ekloff G., Wohrel, D., van Duffel, B., Schoonheydt, R.A., Chromophores in porous silicas and minerals: preparation and optical properties. *Microporous and Mesoporous Materials*, 51 (2002) 91–138.
- [12] Lowell, S., Shields, J.E., Thomas, M. A., Thommes, M., *Characterization of Porous Solids and Powders: Surface Area, Pore Size and Density*, Ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht Netherlands, (2004), pp. 44.
- [13] Vakalova, T. V., Pogrebenkov V. M., Kulikovskaya N. A., Rudina N. A., Porous Filtering Ceramics based on Silicate Materials from Serbia. *Glass and Ceramics*, 60 (2003) 146-149.
- [14] Ferone, C., Colangelo, F., Roviello, G., Asprone, D., Menna, C., Balsamo, A., Prota, A., Cioffi, R., Manfredi, G., Application-Oriented Chemical Optimization of a Metakaolin Based Geopolymer. *Materials*, 6 (2013) 1920-1939.
- [15] Kakali, G., Perraki, T., Tsivilis, S., Badogiannis, E., Thermal treatment of kaolin: the effect of mineralogy on the pozzolanic activity. *Applied Clay Science*, 20 (2001) 73–80.
- [16] Shvarzman, K. Kovler, G.S. Grader, G.E. Shter, The effect of dehydroxylation/ amorphization degree on pozzolanic activity of kaolinite. *Cement and Concrete Research*, 33 (2003) 405–416.

- [17] Murat, M., Driouche M., Chemical reactivity of thermally activated clay minerals. *Cement and Concrete Research*, 18 (1988) 221–228.
- [18] Gharzouni, A., Joussein, E., Samet, B., Baklouti, S., Rossignol, S., Effect of the reactivity of alkaline solution and metakaolin on geopolymer formation. *Journal of Non-Crystal Solids*, 410 (2015) 127–134.
- [19] Lizcano, M., Gonzalez, A., Basu, S., Lozano, K., Radovic, M., Effects of Water Content and Chemical Composition on Structural Properties of Alkaline Activated Metakaolin-Based Geopolymers. *Journal of the American Ceramic Society*, 95 (2012) 2169–2177.
- [20] Granizo, M. L., Blanco, M. T. J., Alkaline activation of metakaolin – An isothermal conduction calorimetry study. *Journal of Thermal Analysis*, 52 (1998) 957–965.
- [21] Granizo, M. L., Blanco, Varela, M. T., Martínez-Ramírez, S., Alkali activation of metakaolins: Parameters affecting mechanical, structural and microstructural properties. *Journal of Materials Science*, 42 (2007) 2934–2943.
- [22] Zheng, L., Wang, W., Shi, Y., The effects of alkaline dosage and Si/Al ratio on the immobilization of heavy metals in municipal solid waste in cineration fly ash-based geopolymer. *Chemosphere*, 79 (2010) 665–671.
- [23] Grzech, A., Hydrogen Storage in Porous Materials and Magnesium Hydrides. PhD thesis, Poznan University of Technology, Czarnekow, Poland 2013
- [24] Trueba, A.T., Radović, I.R., Zevenbergen, J.F., Kroon, M.C., Peters, C.J., Kinetic Measurements and In situ Raman Spectroscopy Study of the Formation of TBAF Semi- Hydrates with Hydrogen and Carbon Dioxide. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38 (2013) 7326-7334
- [25] Trueba, A.T., Radović, I.R., Zevenbergen, J.F., Kroon, M.C., Peters, C.J., Kinetics Measurements and In situ Raman Spectroscopy of Formation of Hydrogen-Tetrabutylammonium Bromide Semi-Hydrates. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37 (2012) 5790-5797.
- [26] Khale, D., Chaudhary R., Mechanism of geopolymerization and factors influencing its development: a review, *Journal of Material Science*, 42 (2007) 729–746.
- [27] Provis, J.L., Modelling the Formation of Geopolymers. Ph.D. Thesis, University of Melbourne, 2006.

3. Polazne hipoteze

Osnovna hipoteza je da je uvidom u literature uočena potreba za sintezom poroznog silikatnog materijala koji bi našao primenu u oblasti zaštite životne sredine, s obzirom da su ovi materijali ekološki prihvatljivi zbog male potrošnje energije tokom sinteze, kao i limitirane proizvodnje gasova sa efektom staklene bašte. Zbog svega navedenog, u ovoj doktorskoj disertaciji biće ispitane termodinamičke karakteristike homogenih rastvora alkalnih aktivatora na osnovu kojih se mogu tumačiti molekulske interakcije unutar rastvora. Takođe, ispitaće se termodinamičke karakteristike organske faze koje će se uvoditi u sistem tokom procesa sinteze.

Različitim metodama (rendgenska difrakciona analiza, infracrvena spektroskopija, skenirajuća elektronska mikroskopija) biće praćene promene strukture sintetisanog materijala i morfologije čestica prahova prekursora kao i mikrostrukture sintetisanih uzoraka. Pretpostavlja se da će sa povećanjem molariteta rastvora NaOH koji ulazi u sastav alkalnog aktivatora, proces polimerizacije brže odvijati. U ovoj doktorskoj disertaciji sintetisaće se porozni silikatni materijal polazeći od alkalnog aktivatora u čiji sastav ulazi rastvor NaOH različitih koncentracija (2M-16M NaOH). Takođe, ispitaće se uticaj viskoznosti alkalnih aktivatora na proces polimerizacije. Osim toga biće urađena merenja kontaktnog ugla

sintetisanog materijala i dobijeni rezultati biće dovedeni u korelaciju sa termodinamičkim parametrima alkalnog aktivatora različitih molariteta rastvora NaOH. Takođe, očekuje se da sa dodavanjem organske faze dođe do promene parametara procesa tokom sinteze poroznog silikatnog materijala. Dodatak organske faze bi trebao da utiče na promenu veličine pora, kao i orijentaciju zrna, ukoliko dođe do kristalizacije pri čime se očekuje bolje pakovanje zrna samim tim i promena gustine materijala. U toku rada, istraživanja će biti usmerena i na ispitivanje adsorpcionih karakteristika poroznih silikatnih materijala. Sa druge strane, formiraće se kompoziti hidrid/polimer i ispitati mogućnost primene materijala za skladištenje vodonika. Diferencijalnom skenirajućom kalorimetrijom pratiće se količina oslobođenog vodonika u funkciji vremena, temperature. Morfologija i mikrostruktura uzorka pratiće se SEM i XRD metodom. Cikliranje odnosno uzastopna adsorpcija i desorpcija pratiće se Sivertovom volumetrijskom metodom.

4. Naučne metode istraživanja

Eksperimentalna merenja biće izvršena u Laboratoriji za materijale, Instituta za nuklearne nauke "Vinča", kao i u Laboratoriji za hemijsko-inženjerske parametre na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu.

Planiranim istraživanjima biće obuhvaćena sinteza poroznih silikatnih materijala polazeći od različitih prekursora takođe aluminosilikatnog porekla i alkalnih aktivatora različitih molariteta NaOH. Viskoznost čistih komponenta i njihovih smeša meriće se na viskozimetru Anton Paar SVM 3000. Vrednosti za gustinu i brzinu zvuka meriće se pomoću uređaja Anton Paar DSA 5000 i Anton Paar DMA HP, a vrednosti za indeks refrakcije pomoću refraktometra Anton Paar RXA 156. Merenja će se vršiti na atmosferskom i povišenom pritisku i u širem opsegu temperature.

Fizičko-hemijska karakterizacija prekursora i sintetisanih poroznih silikatnih materijala će se obaviti korišćenjem rendgenske difrakcije (XRD), infracrvene spektroskopije sa Furijeovom transformacijom (FTIR), skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM). Pored pomenutih metoda karakterizacije odrediće se raspodela čestica, poroznost dobijenog materijala, kao i njegove adsorpcione karakteristike u odnosu na određene teške metale, kao i u odnosu na skladištenje vodonika.

Rendgenskom difrakcionom analizom (XRD) izvršiće se identifikacija faza i praćenje veličina kristalita i udela amorfne faze u sintetisanom poroznom silikatnom materijalu.

Skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM) biće ispitana morfologija čestica prahova prekursora, veličina i oblik porasintetisanih poroznih materijala, a metodom energetske disperzione spektroskopije (EDS) utvrdiće se sastav čestica prahova i faza kako prekursora, tako i sintetisanih materijala.

Infracrvenom spektroskopijom (IR) biće analizirane funkcionalne grupe u prekursor materijalima kao i obrazovanje određenih funkcionalnih grupa tokom proces sinteze poroznih neorganskih polimera.

Veličina čestica sintetisanih materijala pratiće se laserskom metodom za određivanje veličine čestica.

Diferencijalan skenirajuća kalorimetrija i Sivertova volumetrijska analiza biće iskorišćene u cilju praćenja materijala za skladištenje vodonika.

5. Očekivani naučni doprinos

Rezultati proistekli iz ove disertacije dali bi veliki doprinos u primeni u oblasti zaštite životne sredine i energetici. Očekuje se da će rezultati istraživanja u okviru ove doktorske disertacije doprineti novim saznanjima o:

- termodinamičkim karakteristikama ispitivanih sistema u širokom temperaturnom i opsegu koncentracija binarne smeše alkalnog aktivatora,
- uticaju viskoznosti i gustine alkalnog aktivatora na svojstva odgovarajućeg poroznog silikatnog materijala i organsko/neorganskog hibrida,
- uticaju uslova sinteze na mikrostrukturu sintetisanih poroznih silikatnih materijala,
- optimizaciji parametara sinteze (temperature polimerizacije, reakcionog vremena, vremena starenja) poroznog silikatnog materijala i organsko/neorganskog hibrida,
- mehanizmu polimerizacije polazeći od različitih alumosilikatnih prekursora,
- uticaju alkalnog aktivatora na strukturne, mikrostrukturne i fizičko-mehaničke karakteristike sintetisanog poroznog silikatnog materijala,
- kinetici adsorpcije teških metala na poroznom silikatnom materijalu i organsko/neorganskom hibridu,
- poboljšanju performansi sintetisanog materijala u cilju funkcionalnosti: površinske karakteristike, poroznost materijala, adsorpcione karakteristike,
- potencijalnoj primeni sintetisanog poroznog silikatnog materijala kao adsorbenta za adsorpciju teških metala i vodonika.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predviđa se da će doktorska disertacija biti sačinjena od sledećih poglavlja: *Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i Diskusija, Zaključak i Literatura*.

U poglavlju *Uvod* biće definisani glavni ciljevi disertacije, predmet istraživanja i očekivani doprinos disertacije.

Poglavljje *Teorijski deo* sadržaće relevantne podatke koji se odnose na:

- strukturu i svojstva neorganskog polimera, sa posebnim osvrtom na proces alkalne aktivacije,
- hemijske postupke sinteze i
- metode karakterizacije materijala.

U *Eksperimentalnom delu* biće navedeni materijali i metode korišćene u eksperimentalnom radu:

- priprema i termički tretman alumosilikatnih prekursora
- priprema alkalnih aktivatora alumosilikatnih prekursora,
- materijali i hemikalije korišćene u postupku sinteze poroznih silikatnih materijala,
- instrumentalne metode karakterizacije materijala dobijenog od termički tretiranih prekursora kao i samih prekursora, i
- ispitivanje fizičko-hemijskih i adsorpcionih karakteristika poroznih silikatnih materijala.

Poglavljje *Rezultati i Diskusija* sadržaće detaljan prikaz dobijenih rezultata i njihovu diskusiju. Detaljno će biti analizirana viskoznost, gustina korišćenih alkalnih aktivatora u procesu polimerizacije (geopolimerizacije) alumosilikatnih prekursora. Osim toga detaljno će biti analizirana i strukturna i morfološka svojstva termički tretiranih alumosilikatnih prekursora, kao i samih polaznih prahova. Takođe, biće analizirane strukturne i fizičko-hemijske

karakteristike sintetisanih poroznih silikatnih materijala u funkciji različitih odnosa alkalnih aktivatora i različitih prekursora. U okviru ovog poglavlja biće ispitivana i mogućnost primene sintetisanih poroznih silikatnih materijala kao adsorbenta teških metala, kao i potencijalna primena u skladištenju vodonika.

U *Zaključku* će biti sumirani dobijeni rezultati i izvedeni zaključci na osnovu izvedenih istraživanja.

Litertura će obuhvatiti navode citirane u radu, kao i publikacije koje su nastale kao rezultat istraživačkog rada vezanog za ovu doktorsku disertaciju.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu izloženog, Komisija smatra da kandidat Marija Ivanović, master inženjer tehnologije, ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije. Na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da je tema doktorske disertacije pod naslovom: „Uticaj termodinamičkih parametara na sintezu poroznih silikatnih materijala i njihova funkcionalna primena”, naučno zasnovana i da će rezultati ovog rada predstavljati značajan naučni doprinos naučnoj oblasti hemijskog inženjerstva. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo, uža naučna oblast Hemijsko inženjerstvo, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Komisija predlaže Nastavno - naučnom veću Tehnološko - metalurškog fakulteta da kandidatu odobri izradu doktorske disertacije pod navedenim naslovom. Za mentore se predlažu dva mentora: dr Ivona Radović, vanredni profesor Tehnološko - metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu i dr Snežana Nenadović, naučni saradnik Instituta za nuklearne nauke „Vinča“ Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 10.6.2016. godine

Članovi Komisije

Dr Ivona Radović, vanredni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko - metalurški fakultet

Dr Snežana Nenadović, naučni saradnik
Univerziteta u Beogradu, Institut za nuklearne nauke “Vinča”

Dr Ljiljana Kljajević, naučni saradnik
Univerziteta u Beogradu, Institut za nuklearne nauke “Vinča”

Dr Mirjana Kijevčanin, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko - metalurški fakultet

Dr Jasmina Grbović-Novaković, naučni savetnik
Univerziteta u Beogradu, Institut za nuklearne nauke “Vinča”