

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/332
(Број захтева)

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

24.06. 2016.
(Датум)

ЗАХТЕВ

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:

„Синтеза, функционализација и примена активних угљеничних микро и нано материјала“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

САЊА (Славољуб) КРСТИЋ, дипл. инж.

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

3. Година дипломирања: 2010.

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

Година одбране магистарске тезе: /

Студент је уписан на докторске академске студије шк. 2010/2011. 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 САЊЕ КРСТИЋ, дипл. инж., под називом: „Синтеза, функционализација и примена активних угљеничних микро и нано материјала“.

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

За менторе се одређују: др Александар Маринковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Бранка Калуђеровић, виши 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: Сања Крстић

Име и презиме ментора: Александар Маринковић

Звање: доцент

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. G. D. Vuković, S. Z. Tomić, **A.D. Marinković**, V. Radmilović, P.S. Uskoković, M. Čolić, "The response of peritoneal macrophages to dapsone covalently attached on the surface of carbon nanotubes", *Carbon*, Vol. 48, 2010, pp. 3066-3078,; ISSN: 0008-6223; IF (2010) = 4.896), [doi:10.1016/j.carbon.2010.04.043](https://doi.org/10.1016/j.carbon.2010.04.043);
2. G. D. Vuković, **A. D. Marinković**, M. Čolić, M. D. Ristić, R. Aleksić, A. A. Perić-Grujić, P. S. Uskoković, "Removal of cadmium from aqueous solutions by oxidized and ethylenediamine-functionalized multi-walled carbon nanotubes", *Chemical Engineering Journal*, Vol. 157, 2010, pp. 238-248; ISSN: 1385-8947; IF (2010) = 3.074; [doi:10.1016/j.cej.2009.11.026](https://doi.org/10.1016/j.cej.2009.11.026);
3. G. D. Vuković, **A.D. Marinković**, S. D. Škapin, M. Đ. Ristić, R. Aleksić, A. A. Perić-Grujić, P. S. Uskoković, "Removal of lead from water by amino modified multi-walled carbon nanotubes", *Chemical Engineering Journal*, Vol. 173, 2011, pp. 855–865 ISSN: 1385-8947; IF (2011) = 3.461, [doi:10.1016/j.cej.2011.08.036](https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.08.036);
4. Z. Veličković, G. D. Vuković, **A. D. Marinković**, M.-S. Moldovan, A. A. Perić-Grujić, P. S. Uskoković, M. Đ. Ristić, "Adsorption of arsenate on iron(III) oxide coated ethylenediamine functionalized multiwall carbon nanotubes", *Chemical Engineering Journal*, Vol. 181-182, 2012, 174–181, ISSN: 1385-8947; IF (2012) = 3.473); [doi:10.1016/j.cej.2011.11.052](https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.11.052);
5. G. D. Vuković, S. Z. Tomić, **A.D. Marinković**, V. Radmilović, P.S. Uskoković, M. Čolić, "The response of peritoneal macrophages to dapsone covalently attached on the surface of carbon nanotubes", *Carbon*, Vol. 48, 2010, pp. 3066-3078,; ISSN: 0008-6223; IF (2010) = 4.896) ([doi:10.1016/j.carbon.2010.04.043](https://doi.org/10.1016/j.carbon.2010.04.043)).

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 односно 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: 13.06.2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Сању Крстић

Име и презиме ментора: др Бранка Калуђеровић

Звање: виши научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Branka Kaluđerović, Nanoporous Carbon Fibrous Materials, in Carbon Nanomaterials Sourcebook: Nanoparticles, Nanocapsules, Nanofibers, Nanoporous Structures, and Nanocomposites, Volume II, K. Sattler Ed, CRC Press Taylor&Francis Group, Boca Raton, USA, 2016, 487-504
2. B. V. Kaludjerović, V. Mandusic, DJ. Cokesa, V. Dodevski, Sanja Krstić, Nanoporous carbonaceous material obtained by hydrothermal carbonization process, predavanje po pozivu, Proceedings Book of 2nd International Symposium on Nanoparticles/Nanomaterials and Applications, Caparica, Portugal, O39A, p. 96. 2016
3. B.V. Kaludjerović, V. M. Jovanović, S. I. Stevanović and Ž. D. Bogdanov, Characterization of nanoporous carbon fibrous materials obtained by chemical activation of plane tree seed under ultrasonic irradiation, Ultrason. Sonochem., 2014; 21:782–789, ISSN:1350-4177, IF (4.556)
4. B. V. Kaludjerović, V. M. Jovanović, B. M. Babić, S. Terzić, Ž. Bogdanov, Characterization of platinum deposited on carbon hollow fibers / carbon cryogel composites, J. Opt. Adv. Mater., Vol. 10, No. 10, October 2008, 2708-2712, ISSN:1454-4164, IF (0.383)
5. M.Polovina, B.Babić, B.Kaluđerović, A.Dekanski, Surface characterization of oxidized activated carbon cloth, Carbon, 35 (1997) 1047-1052, ISSN:0008-6223, IF (6.198)

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

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничкотехнолошких, 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: 13.06.2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

UNIVERZITET U BEOGRADU
Tehnološko – metalurški fakultet

NASTAVNO – NAUČNOM VEĆU

Predmet: Podobnosti teme i kandidata Sanje Krstić, dipl. ing. tehnologije, za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu održanog 22.05.2016.godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Sanje Krstić, diplomirani inženjer tehnologije, za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „*Sinteza, funkcionalizacija i primena aktivnih ugljeničnih mikro i nano materijala*”.

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

I Z V E Š T A J

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Krstić (Slavoljub) Sanja rođena je 12.07.1982. godine u Smederevskoj Palanci. Posle završene osnovne škole u Smederevskoj Palanci upisuje XIV Beogradsku Gimnaziju, smer prirodno-matematički, koju završava 2003. godine kada upisuje Tehnološko–metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu. Diplomirala je 2010. godine na smeru Hemijsko inženjerstvo sa ocenom 10, odbranivši diplomski rad sa temom „Projektovanje trofaznog separatora u cilju razdvajanja prirodnog gasa od pratećeg kondenzata i vode u rafinerijskom postrojenju“.

Godine 2010, upisuje doktorske studije na smeru Inženjerstvo materijala, gde je u oktobru 2012. godine odbranila završni rad pod nazivom „Sinteza i funkcionalizacija ugljeničnih nano materijala hidrotermalnom metodom“ sa ocenom 10 pred komisijom u sastavu: mentor – dr Radoslav Aleksić, red. prof. i ko-mentori: dr Aleksandar Marinković, docent. i dr Petar Uskoković, red. prof. U okviru doktorskih studija položila je sve ispite predviđene studijskim programom, sa prosečnom ocenom 9,83.

1.2. Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Sanja Krstić, diplomirani inženjer tehnologije - master, od februara 2011. godine zaposlena je u Institutu za nuklearne nauke „Vinča“ u Laboratoriji za materijale. Angažovana

je na projektu integralnih i interdisciplinarnih istraživanja: „Funkcionalni, funkcionalizovani i usavršeni nano materijali“, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (broj projekta III 45005), gde je uključena na istraživanjima vezanim za dobijanje aktivnih ugljenika od saharida(glukoza, fruktoza i saharoza) primenom hidrotermalne metode. Publikovala je do sada kao autor ili koautor 1 rad u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21), 1 rad u međunarodnom časopisu (M23), 3 rada u časopisu međunarodnog značaja verifikovanog posebnom odlukom (M24) i 14 saopštenja na međunarodnim konferencijama štampana u izvodu. Zvanje istraživač saradnik stekla je 26.04.2012. godine.

Kandidat je u okviru studijskog programa doktorskih studija Inženjerstvo materijala položio sve ispite predviđene studijskim programom, sa prosečnom ocenom 9,83. Položeni ispiti i ostvareni bodovi u okviru doktorskih studija su dati u tabeli:

Redni broj	Naziv predmeta	Ocena	ESPB
1.	Odabrana poglavlja matematičke analize	10	5
2.	Nauka o materijalima i inženjerstvo materijala	10	6
3.	Hemijska kinetika	8	5
4.	Termodinamika čvrstog stanja	8	5
5.	Biokompozitni materijali	10	4
6.	Fizičko-mehanička ispitivanja materijala (viši kurs)	10	4
7.	Svetlosnoosetljivi slojevi	10	4
8.	Ambalaža za specijalne namene	10	4
9.	Procesiranje i rast monokristala materijala za elektroniku	10	4
10.	Struktura i svojstva kompozitnih materijala	10	5
11.	Mehanička ispitivanja laminarnih ploča i ljuski	10	3
12.	Kvantifikacija vizuelnih informacija u ispitivanju materijala	10	4
13.	Završni ispit	10	30
	Srednja ocena/ukupno	9,83	83

Spisak objavljenih naučnih radova i saopštenja

M21 - Rad u vrhunskom časopisu međunarodnog značaja

1. B. V. Kaludjerović, M.S. Trtica, B.B. Radak, J. M. Stašić, S. S. Krstić Mušović, V.M. Dodevski, ANALYSIS OF THE INTERACTION OF PULSED LASER WITH NANOPOROUS ACTIVATED CARBON CLOTH, J. Mater. Sci. Techn. 27 (11), 2011, 979-984.

M23 - Rad u međunarodnom časopisu

1. M. M. Milosavljević , I. M. Vukićević , S. Ž. Drmanić, J. B. Nikolić , A. D. Marinković , S. S. Krstić and S. D. Petrović, SIMPLE ONE-POT SYNTHESIS OF THIOUREAS FROM AMINE, CARBON DISULFIDE AND OXIDANTS IN WATER, J. Serb. Chem. Soc. 80 (0) 1–14 (2015) UDCJSCS–1092

M24 - Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком

1. Branka V. Kaluđerović, Sanja Krstić Mušović, Vladimir Dodevski, Radoslav Aleksić, Anđelika Pantelić, UTICAJ PARAMETARA PROCESA NA KARBONSKE MIKROSFERE SINTETIZOVANE HIDROTERMALNOM KARBONIZACIJOM, Zaštita materijala, Vol. LIV, No.4, 2013: 377 – 380
2. Sanja Krstić, Branka Kaluđerović, Vladimir Dodevski, Anđelka Z. Bjelajac, STRUCTURAL PROPERTIES OF CARBON MICROSPHERES OBTAINED BY HYDROTHERMAL TREATMENT OF FRUCTOSE, Zaštita materijala, Vol. LVI, No.2, 2015: 155-159.
3. Branka V. Kaluđerović, Djuro Čokeša, Vladimir Dodevski, Sanja Krstić, Vladislava M. Jovanović, DIRECT SYNTHESIS OF NOBLE METAL NANOSTRUCTURES ON CARBON SUPPORT BY HYDROTHERMAL PROCESS, Zaštita materijala, Vol. 56, No.4, 2015: 409-412.

M34 - Saopštenja na međunarodnim konferencijama štampana u izvodu

1. S.S. Krstić Mušović, B.V. Kaluđerović, V.M. Dodevski, INFLUENCE OF THE pH ON THE FORMATION OF POROUS CARBONS PREPARED FROM HYDROCHARS, ibid, p.53.
2. V.M. Dodevski, B.V. Kaluđerović, S.S. Krstić Mušović, INFLUENCE OF THE pH ON THE FORMATION OF POROUS CARBON PREPARED FROM TREE WASTE, Program & Book of Abstracts of the PreCarb-12, Surface Chemistry and Performance of Carbon Materials, The Pre-Symposium of the 2012 World Carbon Conference, Budapest, Hungary, 15-16 June 2012, p.51.
3. Branka V. Kaluđerović, Sanja Krstić Mušović, Vladimir Dodevski, Radoslav Aleksić, EFFECT OF PROCESS PARAMETERS ON THE CARBON MICROSPHERE SYNTHESIZED BY HYDROTHERMAL CARBONIZATION, III International Congress “Engineering, Environment and Materials in Processing Industry“ March 4th-6th 2013 Jahorina, Bosnia and Herzegovina, Book of abstracts: p.361-362.
4. Branka Kaluđerović, Sanja Krstić Mušović, Vladimir Dodevski, Radoslav Aleksić, STRUCTURE AND MORPHOLOGY OF SILVER IN AG/C HYBRID OBTAINED BY HYDROTHERMAL ROUTE, The Second Conference of the Serbian Ceramic Society, Belgrade, Serbia, June 5-7, 2013; Book of abstracts: p. 75.

5. Sanja Krstić Mušović, Branka Kaludjerović, Vladimir Dodevski, Radoslav Aleksić, Anđelika Bjelajac, STRUCTURAL PROPERTIES OF HYDROCHAR OBTAINED BY HYDROTHERMAL TREATMENT OF FRUCTOSE, Ibid, Book of abstracts: p. 80; ISBN 978-86-80109-18-3.
6. Vladimir Dodevski, Branka Kaludjerović, Sanja Krstić Mušović, Radoslav Aleksić, Anđelika Bjelajac, HYDROTHERMAL CARBONIZATION OF PLANE TREE SEED, Ibid, Book of abstracts: p. 80; ISBN 978-86-80109-18-3.
7. Vladimir Dodevski, Branka Kaludjerović, Sanja Krstić Mušović, Radoslav Aleksić, SURFACE CHARACTERIZATION OF ACTIVE CARBON MATERIAL PREPARED FROM TREE WASTE BY HYDROTHERMAL CARBONIZATION PROCESS, YUCOMAT 2013, September 2-6, 2013, Herceg Novi, Montenegro, Book of abstracts: p. 67.
8. Branka V. Kaluđerović, Djuro Čokeša, Vladimir Dodevski, Sanja Krstić, Vladislava M. Jovanović, DIRECT SYNTHESIS OF NOBLE METAL NANOSTRUCTURES ON CARBON SUPPORT BY HYDROTHERMAL PROCESS, IV International Congress "Engineering, Environment and Materials in Processing Industry" March 4th-6th 2015 Jahorina, Bosnia and Herzegovina, Book of abstracts: p. 911-916.
9. Sanja Krstić, Branka Kaluđerović, Vladimir Dodevski, Đuro Čokeša, Danijela Brković, PREPARATION OF ACTIVE CARBON MICROSPHERES BY HYDROTHERMAL TREATMENT OF FRUCTOSE AND METHYLENE BLUE ADSORPTION KINETICS, IV International Congress "Engineering, Environment and Materials in Processing Industry" March 4th-6th 2015 Jahorina, Bosnia and Herzegovina, Book of abstracts: p. 1187-1193.
10. Vladimir Dodevski, Branka Kaludjerović, Sanja Krstić, Danijela Brković, PREPARATION OF ACTIVE CARBON BY HYDROTHERMAL CARBONIZATION ACTIVATED WITH PHOSPHORIC ACID AND INFLUENCE CHEMICAL AGENTS ON FUNCTIONAL GROUPS, IV International Congress "Engineering, Environment and Materials in Processing Industry" March 4th-6th 2015 Jahorina, Bosnia and Herzegovina, Book of abstracts: p. 1216-1220.
11. Vladimir Dodevski, Branka Kaludjerović, Sanja Krstić, Đuro Čokeša, Danijela Brković, ADSORPTION OF METHYLENE BLUE DYE ON ACTIVATED CARBON OBTAINED FROM THE FRUIT OF PLANE TREE, IV International Congress "Engineering, Environment and Materials in Processing Industry" March 4th-6th 2015 Jahorina, Bosnia and Herzegovina, Book of abstracts: p. 1221-1225.
12. Sanja Krstić, Branka Kaluđerović, Vladimir Dodevski, Anđelika Bjelajac, PREPARATION OF CARBONACEOUS MICROSPHERES BY HYDROTHERMAL TREATMENT OF FRUCTOSE WITH PHOSPHORIC ACID AND DIAMETER SIZE COMPARISON, The Third Conference of The Serbian Society for Ceramic Materials, Belgrade, Serbia, June 15-17, 2015; Book of abstracts: p. 89. ; ISBN 978-86-80109-19-0.
13. Vladimir Dodevski, Branka Kaluđerović, Sanja Krstić, PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF ACTIVE CARBON FROM BIOWASTE PLANE TREE SEED FRUIT USING H_3PO_4 , ibid: p. 91.
14. B. V. Kaludjerović, V. Mandusic, DJ. Cokesa, V. Dodevski, Sanja Krstić, NANOPOROUS CARBONACEOUS MATERIAL OBTAINED BY

HYDROTHERMAL CARBONIZATION PROCESS, 2nd International Symposium on Nanoparticles/Nanomaterials and Applications, Caparica, Portugal, 18th-21st January 2016, Proceedings Book, O39A, p. 96.

1.3 Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i postignutih rezultata tokom doktorskih studija kandidat Sanja Krstić, diplomirani inženjer tehnologije, pokazala je izrazitu sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Kandidat samostalno obavlja istraživačke zadatke i aktivno je uključen u istraživanja tima u okviru projekta. Do sada je objavila 6 saopštenja u zbornicima sa međunarodnih skupova (M34) iz oblasti istraživanja predložene teme doktorske disertacije. Takođe, kandidat je koautor 1 rada objavljenog u časopisima od međunarodnog značaja (M21), 1 rad u međunarodnom časopisu (M23) i 3 u međunarodnom časopisu verifikovanog posebnom odlukom (M24).

Na osnovu uvida u istraživački rad i objavljene rezultate, Komisija smatra da kandidat Sanja Krstić, diplomirani inženjer tehnologije, u potpunosti ispunjava uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Glavni cilj ovog rada je sinteza, karakterizacija i primena aktivnih ugljeničnih nano i mikro materijala dobijenih od mono- i disaharida (fruktoze, glukoze i saharoze). Ono što je već poznato je, da uslovi sinteze utiču na morfologiju i karakteristike materijala, te stoga ćemo te varijacije parametara sinteze primeniti i videti kako utiču na strukturu željenih ugljeničnih materijala. Ugljenični materijali se mogu sintetisati velikim brojem metoda i od velikog broja različitih polaznih materijala. U zavisnosti od načina i prekursora dobijaju se materijali različitih struktura, morfologije, površinskih osobina, aktivnih svojstava, što dalje određuje njihovu primenu. Svaki materijal koji ima određen sadržaj ugljenika može se koristiti za proizvodnju ugljeničnih materijala. Mono- i disaharidi, koji spadaju u izvor ugljenika sa njegovim sadržajem od oko 40%, i koji su jeftini prekursori, određuju razlog njihovog odabira kao prekursora. Pored toga, sa druge strane tema se svodi i na blage uslove sinteze, jeftine prekursore i uslove sinteze koji ne štete životnom okruženju. Ovo su samo neki od razloga zbog kojih su odabrani mono- i disaharidi kao prekursori za dobijanje ugljeničnog materijala. Za prevođenje saharida u ugljenični materijal korišćena je hidrotermalna metoda na blagim temperaturama, gde je ispitivana najniža moguća temperatura na kojoj može doći do sinteze kvalitetnog materijala sa željenim karakteristikama. Najvažniji subjekat kada je u pitanju tehnologija u 21. veku je svakako balans između očuvanja životne sredine i resursa i/ili energetskih problema. Ova potreba je dovela do novog koncepta koji je u vezi sa procesom obrade. Kada je u pitanju *in situ* proizvodnja materijala pod blagim uslovima, radi se o direktnom dobijanju čestica kontrolisanog oblika, veličine, orijentacije i mesta nastanka u jednom koraku, sa minimalnim utroškom energije koji rezultuje željenim oblikom

i veličinom. Vrlo je važno kontrolisati veličinu i oblik nano čestica/kristala u cilju dobijanja željenih fizičkih osobina. Iz tog razloga, polje funkcionalizacije je gotovo bezgranično i predstavlja ogroman prostor za istraživanje. Najveći izazov u nauci i nano materijalima je precizna kontrola veličine i oblika, što je direktno povezano sa načinom procesiranja nano materijala.

Aktiviranje dobijenih ugljeničnih materijala se postiže različitim metodama kao što su fizički i hemijski ka aktivacija, upokušavanje dobije aktivni ugljenični materijal sa visokim stepenom poroznosti u cilju mogućnosti adsorpcije za određenu primenu. Kao sredstva za aktivaciju, hidroksid i sudaliveno mogu dobiti rezultate dobijenih ugljeničnih materijala sa jakim specifičnim površinama. Primena aktivnih ugljeničnih materijala je širokog spektra u prehrambenoj, farmaceutskoj, hemijskoj, automobilskoj, nuklearnoj industriji, itd. Najpogodniji primeri su sisteme za adsorpcije su razni filteri, prečišćivači, nosači katalizatora, sistemi za skladištenje energije, kao i elektrodo materijali u elektrohemiji i raznim drugim granama industrije.

Postoji veliki broj metoda za obradu naprednih materijala kao što su fizički kotloženje iz parne faze, pristup koloidne hemije, mehaničko mlevenje, mehaničke tehnike legiranja, sol-gel metoda, mehaničko brušenje, laserska ablacija, hidrotermalna metoda, piroliza, ultrazvučne tehnike, elektrohemijski procesi, tehnika plazmasinteze, mikrotalasne tehnike i drugi procesi taloženja. Cilj svakodnevne metode sinteze različitih formi ugljeničnih materijala sa razvijenom odgovarajućom specifičnom površinom i razvijenom poroznošću, u cilju primene kako za adsorpcije teških metala (Pb i Cd) i katjonske boje metilenplavo (MP), tako i za bolje skladištenje i analizu.

Morfologija i površinske osobine dobijenih materijala biće okarakterisane skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM), infracrvenom spektrometrijom sa Furijeovom transformacijom (FTIR), Ramanskim spektroskopijom, elementarnom analizom, McBaingravimetrijskom analizom. U cilju određivanja sastava faza i strukturne uređenosti dobijeno materijala biće korišćena Rendgenska strukturna analiza (XRPD). Cilj je da se parametri aktivacije kao što su vreme i temperatura kontoliše specifičnom površinom ugljeničnog materijala, kao i raspodela pora. Priroda dvojnog električnog sloja ispitivanih aktivnih ugljenika, sa različitim raspodelom mikro/mezopora, biće ispitivana cikličnom voltametrijom (CV) u kiselj sredini (H_2SO_4). Planirano je da se dođe do zaključka, da li materijal ima potencijal da se koristi sa jedne strane za adsorpciju teških metala (Pb i Cd) i katjonske boje metilenplavo (MP), a sa druge strane u elektrohemijim kondenzatorima.

Dakle, sobzirom da imaju široku primenu u prečišćavanju zagađenih površinskih, podzemnih i industrijskih voda, dobijeni aktivni ugljenični materijali biće primenjeni za adsorpciju teških metala (Pb i Cd) i katjonske boje metilenplavo (MP), kao zagađivača životne sredine. Zahvaljujući dobrim rezultatima specifične površine, raspodele pora, kao i sposobnost da selektivno uznačajno meri adsorbujumne štetne sastojke iz zagađene vode, glavni cilj ovog rada je njihova primena za adsorpciju nevedenih zagađivača.

Pored toga, iako pojedina autoridobijajurastkapacitetas specifičnom površinom materijala, dok drugidobijajusuprotno, cilj dobijanjematerijalaštovećespecifičnepovršine. Postojivelikibroj naučnihistraživanjaugljeničnihnanomikromaterijala (nanotube, nanovlakna, aktivniugljenici, grafeni), ispitivanihupoljuelektrohemijskihkondenzatora, naročitoposlednjihgodina. U ovom doktorskom radu će bitiprikazanirezultati ispitivanja i korelacija specifičnepovršinesaelektrohemijskim svojstvima dobijenog materijala. Izgled cikličnih voltamogramaradacabitakodekorelisanisaraspodelom mikroimezopora, saciljem dase izvedu dodatnizaključikojibipomogli rasvetljavanjumehanizmaskladištenjanaelektrisanjanafaznoj granicielektroda/elektrolit.

REFERENCE:

- [1] P.W. Chung, A. Charmot, T. Click, Y. Lin, Y. Bae, J.W. Chu, A. Katz, Importance of Internal Porosity for Glucan Adsorption in Mesoporous Carbon Materials, *Langmuir*, 2015, 31 (26) 7288-95.
- [2] J. Shi, W. Li, D. Li, Synthesis, Nickel Decoration, and Hydrogen Adsorption of Silica-Templated Mesoporous Carbon Material with High Surface Area, *J. Phys. Chem. C*, 2015, 119 (41) 23430–23435
- [3] Carlos Moreno-Castilla, Adsorption of organic molecules from aqueous solutions on carbon materials, *Carbon*, 2004, 42 (1), 83–94.
- [4] M. Sevilla, C. Sanchis, T. Valdes-Solis, E. Morallon, A. B. Fuertes, Highly dispersed platinum nanoparticles on carbon nanocoils and their electrocatalytic performance for fuel cell reactions, *Electrochem. Acta*, 2009, 54 (8) 2234-2238.
- [5] A. Matilainen, M. Vieno, T. Tuhkanen, Efficiency of the activated carbon filtration in the natural organic matter removal, *Environ. Int.* 2006, 32 (3) 324-331.
- [6] J. Wu, F. Hu, X. Hu, Z. Wei, P.K. Shen, Improved kinetics of methanol oxidation on Pt/hollow carbon sphere catalysts, *Electrochim. Acta*, 2008, 53 (28) 8341-45.
- [7] J. Zhang, Y. Zhang, S. Lian, Y. Liu, Z. Kang, S.T. Lee, Highly ordered macroporous carbon spheres and their catalytic application for methanol oxidation, *J. Colloid Interface Sci.*, 2011, 361 (2) 503-8.
- [8] Y. Piao, K. An, J. Kim, T. Yu, T. Hyeon, Sea urchin shaped carbon nanostructured materials: Carbon nanotubes immobilized on hollow carbon spheres, *J. Mater. Chem.*, 2006, 16, 2984-89.
- [9] X. Chen, Y. Zhang, X.P. Gao, G.L. Pan, X.Y. Jiang, J.Q. Qu, Xi Chen, Electrochemical hydrogen storage of carbon nanotubes and carbon nanofibers, *Int J Hydrogen Energ.* 2009, 29 (7) 743-748.
- [10] N. Rajalakshmi, K.S. Dhathathreyan, A. Govindaraj, B. C. Satishkumar, Electrochemical investigation of single walled carbon nanotubes for hydrogen storage, *Electrochim Acta*, 2000, 45, 4511-55.

- [11] N. Venkatesan, J. Yoshimitsu, Y. Ito, N. Shibata, K. Takada, Liquid Field Nanoparticles as Drug Delivery Tool for Protein Therapeutics. *Biomaterials*, 2005, 26, 7154 -63.
- [12] H. Zhu, M. M. J. MC. ShanE, Loading of Hydrophobic Materials into Polymer Particles: Implications for Fluorescent Nanosensors and Drug Delivery. *J. Am. Chem. Soc.*, 2005, 127, 13448-49.
- [13] M. B. Shiflett, H. C. Foley, Ultrasonic Deposition of High-Selectivity Nanoporous Carbon Membranes. *Science*, 1999, 285, 1902-05.
- [14] T. Kyotani, Control of Pore Structure in Carbon. *Carbon*, 2000, 38, 269-86.
- [15] S. Flandrois, B. Simon, Carbon materials for lithium-ion rechargeable batteries, *Carbon*, 1999, 37 (2) 165-180.
- [16] R. Alcantara, F.J. Fernandez-Madrigal, P. Lavela, J.L. Tirado, J.M. Jimenez-Mateos, C. Gomez De Salazar, R. Stoyanova, E. Zhecheva, Characterization of mesocarbonmicrobeads (MCMB) as active electrode material in lithium and sodium cells, *Carbon*, 2000, 38, (2000) 1031-41.
- [17] K. Tang, R.J. White, X. Mu, M.M. Titirici, P.A. Van Aken, J. Maier, Hollow carbon nanospheres with a high rate capability for lithium-based batteries, *ChemSus Chem*, 2012, 5 (2) 400-3.
- [18] L.R. Radovic (Ed.), Carbon materials in environmental applications Chemistry and physics of carbon, Vol. 27 New York, Marcel Dekker (2001), pp. 1-66
- [19] P. Guo, Y. Gu, Z. Lei, Y. Cui, X.S. Zhao, Preparation of sucrose-based microporous carbons and their application as electrode materials for supercapacitors, *Micropor. Mesopor. Mater.*, 2012, 156, 176-180.
- [20] C. Scherdel, G. Reichenauer, Microstructure and morphology of porous carbons derived from sucrose, *Carbon*, 2009, 47, 1102-11.
- [21] M. Armandi, B. Bonelli, F. Geobaldo, E. Garrone, Nanoporous carbon materials obtained by sucrose carbonization in the presence of KOH, *Micropor. Mesopor. Mater.*, 2010, 132, 414-420.
- [22] Z. H. Hu, M. P. Srinivasan, Y. M. Ni, Preparation of mesoporous high-surface-area activated carbon, *Adv. Mater.* 2000, 12 (1) 62-65.
- [23] T. Kyotani, Control of pore structure in carbon, *Carbon* 2000, 38 (2) 269-86.
- [24] J. Ozaki, N. Endo, W. Ohizumi, K. Igarashi, M. Nakahara, A. Oya, S. Yoshida, T. Iizuka, Novel preparation method for the production of mesoporous carbon fiber from a polymer blend, *Carbon*, 1997, 35 (7) 1031-33.
- [25] T. Kowalewski, N. V. Tsarevsky, K. Matyjaszewski, Nanostructured carbon arrays from block copolymers of polyacrylonitrile, *J. Am. Chem. Soc.* 2002, 124 (36) 10632-3.

- [26] S. Yenisoy-Karakas, A. Aygun, M. Gunes, E. Tahtasakal, Physical and chemical characteristics of polymer-based spherical activated carbon and its ability to adsorb organics. Carbon, 2004, 42, 477–84.
- [27] D. Yuan, J. Chen, J. Zeng, S. Tan, Preparation of monodisperse carbon nanosphere electrochemical capacitors, Electrochem. Commun., 2008, 10 (7) 1067-70.
- [28] Q. Wang, H. Li, L. Chen, X. Huang, Monodispersed hard carbon spherules with uniform nanopores, Carbon, 2011 39 (14) 2211-14.
- [29] A. Demirbas, Carbonization ranking of selected biomass for charcoal, liquid and gaseous products, Energy Conversion and Management, 2001, 42, 1229-38.
- [30] E. N. Chidumayo, Woody biomass structure and utilization for charcoal production in a Zambian Miombo woodland, Bioresource Technology, 1991, 37, 43-52.

3. Polazne hipoteze

Osnovna hipoteza sa kojom se ulazi u istraživanje je nalaženje najboljeg mogućeg načina za prevođenje prekursora, u našem slučaju mono- i di-saharida, u ugljenični materijal, a zatim ga određenom metodom aktivirati, i kao takvog ga okarakterizirati i naći mu određenu primenu. U ovoj tezi akcenat će biti na ispitivanju parametara procesa za optimizaciju uslova sinteze, zatim aktivaciju istih materijala. Nakon toga, ispitivanje dobijenih materijala kao adsorbenata za uklanjanje teških metala (Pb i Cd) i katjonske boje metiljenplavo (MP), i analiza elektrohemijskih osobina biće urađena sa ciljem procene njihove potencijalne primene u navedenim oblastima.

Naučne metode istraživanja

Planiranim istraživanjem biće obuhvaćena karakterizacija polaznog prekursora (mono- i di-saharida glukoze, fruktoze i saharoze), zatim aktiviranih uzoraka određenoj temperature i u određenoj atmosferi. Karakterizacija prekursora, karbonizovanih uzoraka dobijenih hidrotermalnom metodom i/ili dobijenih aktivnih ugljenika biće izvršena sledećim metodama:

1. Rendgenskom difrakcionom analizom (XRD) će biti dokazana amorfna struktura aktiviranih ugljenika, kao i eventualno prisustvo nekih drugih elemenata ili jedinjenja u strukturi, nečistoća itd.
2. Ramanska spektroskopija kao metoda vibracijske spektroskopije biće primenjena u cilju određivanja vibracijskih svojstava dobijenih aktivnih ugljenika. Budući da su vibracije kristalne rešetke veoma osetljive na interakcije najbližih suseda, merenjem Raman

spektara mogu se detektovati lokalno atomsko uređenje i kratkodometno uređenje u nanosistemima.

3. Određivanje specifične površine i poroznosti će biti omogućeno primenom BET metode. Specifična površina dobijenih ugljenika, definisana kao površina jedinice mase materijala, biće određivana na osnovu količine adsorbovanog gasa (adsorbata - N_2) po jedinici mase adsorbensa (praha) u zavisnosti od relativnog pritiska adsorbata. Iz određenih izoterma dobijenih ugljenika biće izračunate vrednosti specifičnih površina uzoraka (S_{BET}), raspodela veličina pora, mezoporoznost uključujući spoljašnju površinu (S_{mezo}) i zapremina mikropora (V_{mikro}). Raspodela veličina pora biće određena primenom BJH metode, dok će mezoporozna površina (zajedno sa spoljašnjom površinom) i mikroporozna površina biti određene α_s metodom. Mikroporozna površina S_{mikro} biće izračunata oduzimanjem mezoporožne površine S_{mezo} od ukupne specifične površine S_{BET} koja je izračunata primenom BET jednačine.
4. Skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM) i energetske disperzione spektroskopije (EDS) biće omogućeno upoznavanje finijih detalja strukture na mikroskopskom nivou i elementarna analiza sastava mikrokonstituenata prekursora (ploda platana), kalcinisanog platana i dobijenih aktiviranih ugljenika. Primenjena će biti u cilju ispitivanja morfologije i mikrostrukture nevedenih uzoraka.
5. Elementarnom analizom (CNOH metoda) biće kod prekursora i aktiviranog ugljenika pokazati sadržaj, odnosno količinu (%) C, H, N, S elemenata, a iz razlike ćemo izračunati O.
6. Infracrvenom spektroskopijom sa Furijeovom transformacijom (FTIR) biće analiziran proces formiranja aktivnog ugljenika od polaznog prekursora, kao i promena funkcionalnih grupa.
7. Cikličnom Voltametrijom (CV) biće ispitana priroda dvojnog električnog sloja dobijenih aktivnih ugljenika, sa različitim raspodelom mikro/mezopora, u različitim vodenim elektrolitima (KOH, H_2SO_4 i Na_2SO_4), sa akcentom na kulonski kapacitet materijala. Pored kapaciteta, CV biće pokazano kako izbor elektrolita utiče na skladištenje vodonika u aktivnom ugljeniku i na jačinu C-H veze prilikom skladištenja.
8. UV/VIS spektroskopija će biti korišćena za ispitivanje sorpcije boje metilenskog plavog kod aktiviranog ugljenika dobijenog od ploda platana.

4. Očekivani naučni doprinos

Očekuje se da će rezultati istraživanja u okviru ove doktorske disertacije omogućiti:

- optimizaciju parametra procesa za dobijanje aktivnih ugljenika željene strukture i poroznosti,
- uspešno predstaviti aktivne ugljenične materijale kao adsorbente za uklanjanje boja,
- uspešno predstaviti aktivne ugljenične materijale kao adsorbente za uklanjanje određenih teških metala iz životne sredine, kao što su olovo i kadmijum,

-uspešno predstaviti zavisnost i korelaciju mikro/mezo poroznosti aktiviranih ugljeničnih materijala prilikom njihove primene u elektrohemijskim sistemima.

5. 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.

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

- sintezu i ispitivanje parametara procesa u dobijanju ugljeničnih materijala,
- fizičke, hemijske i površinske osobine dobijenih ugljeničnih materijala,
- fizička i hemijska aktivacija ugljeničnog materijala,
- metode karakterizacije i primena aktivnog ugljeničnog materijala.

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

- materijali i hemikalije korišćene u postupku sinteze (mono- i disaharidi),
- sinteza i metoda dobijanja karbonizovanog i aktivnih ugljeničnih materijala,
- metode karakterizacije materijala dobijenog od sintetisanog prekursora (mono- i disaharida),
- ispitivanje fizičko-hemijskih karakteristika i primena dobijenih aktivnih ugljeničnih materijala.

Poglavlje *Rezultati i Diskusija* sadržaće detaljan prikaz dobijenih rezultata i njihovu diskusiju. Detaljno će biti analizirana strukturna i morfološka svojstva uzoraka dobijenih hidrotermalnom obradom mono i disaharida, zatim karbonizovanih, kao i aktivnih ugljeničnih materijala. Takođe, biće analizirani različiti parametri procesa u hidrotermalnoj obradi, kao i zavisnosti uticaja temperature i vremena zadržavanja prilikom aktivacije ugljeničnog materijala, kao i uticaj rastvora (KOH, NaOH i LiOH) na morfologiju, strukturu i poroznost ugljeničnog materijala dobijenih hidrotermalnim procesom. Pored toga, detaljno će biti definisane osobine dobijenih materijala kao adsorbenata za uklanjanje Pb i Cd iz životne sredine, kao katjonske boje metilen plavo. Takođe, detaljno će biti opisani i rezultati elektrohemijskih osobina ugljeničnih materijala cikličnom voltametrijom cilju primene u različitim elektrohemijskim sistemima.

U *Zaključku* biće sumirani dobijeni rezultati i izvedeni relevantni zaključci na osnovu izvršenih ispitivanja.

Literatura će sadržati navode citirane u radu i publikacije proistekle iz istraživačkog rada ove doktorske disertacije.

6. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da je tema doktorske disertacije "***Sinteza, funkcionalizacija i primena aktivnih ugljeničnih mikro i nano materijala***", koju je predložila Sanja Krstić, dipl. ing. tehnologije, naučno zasnovana i pruža mogućnost za ostvarivanje značajnih naučnih i praktičnih rezultata. Komisijatakođe smatra da je Sanja Krstić, dipl. ing. tehnologije, podoban kandidat za rad na predloženoj temi i stogapredlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da prihvati predloženu temu i odobri Sanji Krstić njegovu izradu pod mentorstvom dr Aleksandra Marinkovića, docenta Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu i dr Branke Kaluđerović, višeg naučnog saradnika Instituta za nuklearne nauke „Vinča“ Univerziteta u Beogradu.

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološkog Inženjerstva (uža naučna oblast - Inženjerstvo materijala) za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 14.04.2016.

Članovi komisije,

1. _____

Dr Aleksandar Marinković, docent,
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-
metalurški fakultet

2. _____

Dr Branka Kaluđerović, viši naučni
saradnik, Univerziteta u Beogradu, Institut
za nuklearne nauke "Vinča"

3. _____

Prof. dr Petar Uskoković, red. prof.
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-
metalurški fakultet

4. _____

Prof. dr Vesna Radojević, red. prof.
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-
metalurški fakultet