

## **NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU**

**Predmet:** Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata **Marije Lj. Lučić Škorić**

Odlukom 35/277 br. od 26.05.2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Marije Lj. Lučić Škorić, dipl. inž. tehnologije, pod naslovom: **Uklanjanje boja za tekstil iz vode fotokatalitičkom degradacijom u prisustvu nanočestica titan-dioksida imobilisanih na hidrogelove hitozana i alginata**

Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa Kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

### **R E F E R A T**

#### **1. UVOD**

##### 1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- 01.10.2009. Marija Lj. Lučić Škorić, dipl. inž. tehnologije, upisuje doktorske studije na Katedri za organsku hemijsku tehnologiju Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, pod mentorstvom dr Meline Kalagasidis Krušić.
- 15.01.2015. Marija Lj. Lučić Škorić je Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta predložila temu za izradu doktorske disertacije pod nazivom „Uklanjanje boja za tekstil iz vode fotokatalitičkom degradacijom u prisustvu nanočestica titan-dioksida imobilisanih na hidrogelove hitozana i alginata“.
- 22.01.2015. Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, odlukom br. 35/17, imenovana je Komisija za ocenu podobnosti teme i kandidata za izradu doktorske disertacije u sastavu dr Melina Kalagasidis Krušić, dr Marija Nikolić i dr Maja Radetić, sa Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, dr Zoran Šaponjić i dr Marija Radoičić iz Instituta za nuklearne nauke, „Vinča“ Univerziteta u Beogradu.
- 04.04.2015. Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, odlukom br. 35/92, usvojen je izveštaj Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata za izradu doktorske disertacije, a za mentora je imenovana dr Melina Kalagasidis Krušić, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.
- 11.05.2015. Odlukom br. 61206-1808/2-15, Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu daje saglasnost na predlog teme kandidata Marije Lj. Lučić Škorić pod nazivom: „Uklanjanje boja za tekstil iz vode fotokatalitičkom degradacijom u prisustvu nanočestica titan-dioksida imobilisanih na hidrogelove hitozana i alginata“.
- 09.07.2015. Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, odlukom br. 35/270, odobreno je produženje statusa studenta doktorskih studija u trajanju od dva semestra.
- 26.05.2016. Odlukom br. 35/277, na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta imenovana je Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije Marije Lj. Lučić Škorić, dipl. inž. tehnologije, pod naslovom „Uklanjanje boja za tekstil iz vode fotokatalitičkom degradacijom u prisustvu nanočestica titan-dioksida imobilisanih na hidrogelove hitozana i alginata“ u sastavu dr Melina Kalagasidis Krušić, dr Marija Nikolić i

dr Maja Radetić, sa Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, dr Zoran Šaponjić i dr Marija Radoičić, iz Instituta za nuklearne nauke, „Vinča“ Univerziteta u Beogradu.

### 1.2. Naučna oblast disertacije

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. Mentor ove doktorske disertacije, dr Melina Kalagasidis Krušić, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na osnovu objavljenih publikacija i iskustva je kompetentna za vođenje doktorske disertacije. Iz ove oblasti je do sada objavila 35 radova u časopisima sa SCI liste, rukovodila je izradom 2 doktorske disertacije i bila je član Komisije za ocenu i odbranu 5 doktorata.

### 1.3. Biografski podaci o kandidatu

Marija Lj. Lučić Škorić rođena je 25.08.1986. godine u Beogradu, gde je završila osnovnu i srednju školu. Studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, smer Organska hemijska tehnologija i polimerno inženjerstvo, upisala je školske 2005/06. godine, a završila u septembru 2009. godine sa prosečnom ocenom 8,89. Završni rad „Ispitivanje mešljivosti polistirena sa cikloolefinskim kopolimerom“ odbranila je sa ocenom 10 pod rukovodstvom dr Katarine Jeremić.

Školske 2009/2010. godine upisala je doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu, studijski program Hemijsko inženjerstvo. Ispite predviđene planom i programom doktorskih studija položila je sa prosečnom ocenom 9,92. Završni ispit na doktorskim studijama pod nazivom „Ispitivanje mogućnosti primene hidrogelova hitozana modifikovanih titan-dioksidom za uklanjanje i fotodegradaciju tekstilnih boja“ položila je u septembru 2011. godine.

Marija Lj. Lučić Škorić je od januara 2010. godine bila angažovana kao stipendista Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja na projektima TR 19047 i TR 34011. Od aprila 2012. godine angažovana je sa 12 istraživačkih meseci na projektu osnovnih istraživanja iz hemije „Sinteza i karakterisanje novih funkcionalnih polimera i nanokompozita“ (OI 172062) Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, na Katedri za organsku hemijsku tehnologiju Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu. U zvanje istraživač-pripravnik izabrana je u julu 2012. godine, a u zvanje istraživač-saradnik u februaru 2014. godine. Marija Lj. Lučić Škorić je učestvovala i u izradi eksperimentalnog dela dvadeset završnih, master i diplomskih radova u periodu od 2010. godine do danas.

Tokom 2012. godine bila je na stručnoj praksi u trajanju od 8 nedelja u Institutu za polimerna istraživanja, Teltov, Nemačka. Završila je obuku „How to Write a World Class Paper“ (2013) koju je organizovao ELSEVIER i „Međunarodnu letnju školu transfera tehnologije i znanja“ (2014) u organizaciji Centra za transfer tehnologije Univerziteta u Beogradu, Zajedničkog istraživačkog centra evropske komisije (European Commission Joint Center) i Zavoda za intelektualnu svojinu Republike Srbije. Trenutno učestvuje u realizaciji bilateralnog projekta između Srbije i Italije „Development and improvement of polysaccharide-based films for potential application in food packaging“.

Tečno govori engleski, a služi se nemačkim jezikom.

## **2. OPIS DISERTACIJE**

### 2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija Marije Lj. Lučić Škorić pod nazivom „Uklanjanje boja za tekstil iz vode fotokatalitičkom degradacijom u prisustvu nanočestica titan-dioksida imobilisanih na hidrogelove hitozana i alginata“ napisana je na 196 strana (od čega 15 nije numerisano), u okviru kojih se nalazi 5 poglavlja, 77 slika, 9 tabela i 310 literaturnih navoda. Doktorska disertacija sadrži poglavlja: Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultate i diskusiju, Zaključak i Literaturu. Na početku disertacije dat je Rezime na srpskom i engleskom jeziku, kao i spisak korišćenih

simbola, spisak slika i spisak tabela. Kandidat je, uz tekst disertacije priložio i Biografiju sa spisakom objavljenih radova i dodatke propisane pravilima Univerziteta o podnošenju doktorskih teza na odobravanje. Po formi i sadržaju, napisana disertacija zadovoljava sve standarde Univerziteta u Beogradu za doktorsku disertaciju.

## 2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U **Uvodu** disertacije je u kratkim crtama dat prikaz problematike koja je obrađena u disertaciji. Ukazano je na osnovne globalne probleme sve veće zagađenosti otpadnih voda iz tekstilne industrije. Dat je osvrt na novu grupu postupaka - napredne oksidacione procese, koji se mogu primeniti za njihovo efikasno prečišćavanje. Takođe su navedene prednosti primene nanočestica titan(IV)-oksida ( $\text{TiO}_2$ ) kao fotokatalizatora za uklanjanje boja iz vodenih rastvora. Ukazano je da se imobilizacijom fotokatalizatora na čvrste nosače može pojednostaviti proces prečišćavanja otpadnih voda. U isto vreme ovaj proces postaje dosta jeftiniji, pošto se tako izbegava skup postupak separacije praha nanočestica  $\text{TiO}_2$  iz vode. Na kraju ovog poglavlja su navedeni predmet istraživanja i ciljevi rada doktorske disertacije.

**Teorijski deo** se sastoji iz četiri potpoglavlja. U prvom potpoglavlju skrenuta je pažnja na probleme vezane za otpadne vode iz tekstilne industrije, kao jednog od najvećih zagađivača vodenih ekosistema. Zatim su detaljnije opisani napredni oksidacioni procesi kao novi postupci koji se primenjuju za njihovo uklanjanje. Posebno je istaknuta fotokatalitička degradacija boja pomoću nanočestica  $\text{TiO}_2$ , što je i tema doktorske disertacije. Objasnjena su osnovna svojstva  $\text{TiO}_2$  kao fotokatalizatora, sinteza nanočestica  $\text{TiO}_2$ , metode imobilizacije na čvrste nosače i mehanizam heterogene katalize pomoću nanočestica  $\text{TiO}_2$ . Dat je detaljan pregled literature posvećene fotodegradaciji organskih boja pomoću nanočestica  $\text{TiO}_2$ . U fokusu drugog potpoglavlja su hidrogelovi, odnosno umreženi polimeri koji su korišćeni kao nosači za imobilizaciju nanočestica  $\text{TiO}_2$ . U okviru ovog potpoglavlja definisani su hidrogelovi i objašnjena su njihova osnovna svojstva. Takođe su opisane metode sinteze i klasifikacija hidrogelova. Treće potpoglavlje je posvećeno polisaharidima, hitozanu i natrijum-alginatu, koji su korišćeni za sintezu hidrogelova. Za svaki od pomenutih polisaharida su opisana njihova fizičko-hemijska svojstva i polje primene. U četvrtom potpoglavlju je dat presek dosadašnjih istraživanja u oblasti imobilizacije nanočestica  $\text{TiO}_2$  na hidrogelove kao nosače.

U **Eksperimentalnom delu** su navedeni materijali korišćeni u tezi. Detaljno je opisana sinteza hidrogelova (polimerizacija u rastvoru preko slobodnih radikala i inverzna suspenziona polimerizacija preko slobodnih radikala), zatim sinteza nanočestica  $\text{TiO}_2$  kiselim hidrolizom titan-tetrahlorida i metode njihove imobilizacije. Potom su navedene i objašnjene metode koje su korišćene za karakterizaciju dobijenih  $\text{TiO}_2$ /hidrogel nanokompozita. Opisan je postupak uklanjanja boja za tekstil iz rastvora tokom eksperimenta u mraku i prilikom osvetljavanja lampom koja simulira sunčevo zračenje, kao i ponovna upotreba sintetisanih nanokompozita.

**Deo Rezultati i diskusija** se sastoji iz tri potpoglavlja. U prvom potpoglavlju su prikazani rezultati koji se odnose na imobilizaciju nanočestica  $\text{TiO}_2$  na hidrogelove hitozana, metakrilne i itakonske kiseline, karakterizaciju referentnog hidrogela i  $\text{TiO}_2$ /hidrogel nanokompozita (FE-SEM/EDX i FTIR analize, bubrenje, termička i mehanička svojstva) i određivanje njihove fotokatalitičke aktivnosti. Pokazano je da je moguće uspešno izvesti imobilizaciju nanočestica  $\text{TiO}_2$  (sintetisanih i komercijalnih) i tako dobiti nanokompozite sa dobrom fotokatalitičkom aktivnošću. Takođe, pokazano je da nanokompoziti sa sintetisanim nanočesticama poseduju bolju fotokatalitičku efikasnost u poređenju sa komercijalnim. U drugom potpoglavlju su okarakterisane mikročestice na bazi hitozana i poli(metakrilne kiseline), sa i bez nanočestica  $\text{TiO}_2$ , pri čemu ovakvi sistemi do sada nisu objavljeni u literaturi. Pokazano je da je uspešno izvedena imobilizacija nanočestica  $\text{TiO}_2$  i da je očuvana njihova fotokatalitička aktivnost nakon imobilizacije. Takođe je utvrđeno da mikročestice pokazuju bolju fotokatalitičku aktivnost u poređenju sa nanokompozitima dobijenim imobilizacijom nanočestica  $\text{TiO}_2$  na hidrogel hitozana, itakonske i metakrilne kiseline. Da bi se ispitao uticaj nosača i prirode grupa koje su prisutne u nosaču na efikasnost uklanjanja boja, sintetisane su interpenetrirajuće mreže natrijum-alginata i delimično neutralisane

poli(metakrilne kiseline), što je diskutovano u trećem potpoglavlju. Kako se uvođenjem natrijum-alginata menja naelektrisanje polimernog nosača, ovi sistemi su iskorišćeni za efikasno uklanjanje baznih boja.

U poglavlju **Zaključak** taksativno su prikazani najvažniji zaključci izvedeni na osnovu ispitivanja izloženih u prethodnim poglavljima.

U delu **Literatura** navedene su sve reference citirane u doktorskoj disertaciji.

### 3. OCENA DISERTACIJE

#### 3.1. Savremenost i originalnost

Doktorska disertacija Marije Lj. Lučić Škorić ima savremenu temu istraživanja sa akcentom na uklanjanje boja za tekstil iz vodenih rastvora. Tokom izrade disertacije korišćeni su napredni oksidacioni procesi kao metoda koja je sve više u žiži naučnog interesovanja. Primenom ove metode ne dolazi samo do prenosa zagađujućih organskih materija (boja za tekstil) u drugu fazu, odnosno na sorbente, već dolazi do njihove oksidacije do bezopasnih proizvoda (voda, ugljenik(IV)-oksid i mineralne soli). Fotokatalitička degradacija je izvedena u prisustvu fotokatalizatora: a) sintetisanih nanočestica  $\text{TiO}_2$  dobijenih kiselom hidrolizom titan-tetrahlorida i b) komercijalnih nanočestica  $\text{TiO}_2$  (u cilju poređenja fotokatalitičke aktivnosti). Sam izbor nanočestica  $\text{TiO}_2$  naučno je dobro utemeljen, kao i sa stanovišta praktične primene, imajući u vidu da one poseduju odlična fotokatalitička svojstva, a pored toga su netoksične, jeftine i komercijalno dostupne i mogu se višekratno koristiti.

Glavni nedostatak njihove primene je u tome što je neophodna separacija nakon procesa prečišćavanja otpadnih voda (posebno komercijalnog praha), što je jedan od problema kojim se ova disertacija bavi. Ovaj nedostatak je prevaziđen imobilizacijom fotokatalizatora na čvrste nosače. Kao nosači su predloženi aktuelni hidrogelovi hitozana i natrijum-alginata, jer se dobijaju iz obnovljivih izvora, biorazgradivi su, biokompatibilni i imaju široku primenu u oblastima gde je potrebno da nosači budu netoksični. Takođe, njihova prednost u odnosu na ostale nosače (staklo, silika gel, metali, keramika, zeoliti, gline, aktivni ugalj) ogleda se u veoma dobroj sposobnosti sorpcije boja iz vode čime se olakšava i ubrzava prečišćavanje otpadne vode. Još jedan značajan aspekt proučavan u okviru disertacije je uticaj oblika i veličine nosača na efikasnost imobilizacije i očuvanje fotokatalitičke aktivnosti nanočestica  $\text{TiO}_2$ . Stoga je izvedena sinteza nosača u obliku diskova polimerizacijom preko slobodnih radikala i sinteza nosača u vidu mikročestica inverznom suspenzionom polimerizacijom čime se dobijaju nosači manjih dimenzija i veće specifične površine. Do sada se ova metoda nije pominjala u literaturi. Na osnovu opsežnog pregleda literature, može se zaključiti da se istraživanja u okviru ove doktorske disertacije uklapaju u svetske trendove i ukazuju na značaj i aktuelnost proučavane problematike.

#### 3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U doktorskoj disertaciji citirano je 310 literaturnih navoda, od čega je najveći broj navoda objavljen u prethodnih 5-10 godina. Ovo potvrđuje izuzetnu aktuelnost izučavane problematike u svetu. Literatura obuhvata objavljene radove vezane za: (a) problematiku otpadnih voda iz tekstilne industrije i metode koje se koriste za njihovo prečišćavanje sa posebnim akcentom na fotokatalitičku degradaciju boja; (b) svojstva, način sinteze i aktivnost nanočestica  $\text{TiO}_2$ ; (c) odabrane polimerne nosače i metode dobijanja hidrogelova i (d) primenjene metode analize dobijenih nanokompozita. Iz spiska korišćene literature i radova koje je kandidat objavio kao deo istraživanja ove doktorske disertacije, može se zaključiti da kandidat prati aktuelnosti u svetu i poznaje rezultate objavljene u oblastima koje pokriva ova doktorska disertacija.

#### 3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U doktorskoj disertaciji su korišćene savremene i standardne metode sinteze hidrogelova, imobilizacije nanočestica  $\text{TiO}_2$ , karakterizacije referentnih hidrogelova i  $\text{TiO}_2$ /hidrogel nanokompozita, kao i uklanjanja boja za tekstil iz vodenih rastvora u prisustvu  $\text{TiO}_2$ /hidrogel

nanokompozita. Tokom sinteze hidrogelova hitozana, itakonske kiseline i metakrilne kiseline i interpenetrirajućih mreža na bazi natrijum-alginata i delimično neutralisane poli(metakrilne kiseline) primenjene su metode objavljene u naučnoj literaturi novijeg datuma (polimerizacija preko slobodnih radikala), dok su mikročestice na bazi hitozana i poli(metakrilne kiseline) po prvi put sintetisane inverznom suspenzionom polimerizacijom. Ispitivani TiO<sub>2</sub>/hidrogel nanokompoziti su dobijeni imobilizacijom nanočestica TiO<sub>2</sub> različitim metodama: (a) metodom potapanja u koloidni rastvor ili suspenziju komercijalnih nanočestica TiO<sub>2</sub>, (b) dodatkom fotokatalizatora tokom sinteze hidrogelova i (c) dodatkom fotokatalizatora tokom sinteze, a zatim i potapanjem u koloidni rastvor sintetisanih ili suspenziju komercijalnih nanočestica TiO<sub>2</sub>. Za karakterizaciju hidrogelova pre i nakon imobilizacije nanočestica TiO<sub>2</sub> korišćene su infracrvena spektroskopija sa Furijevom transformacijom, skenirajuća elektronska mikroskopija u sprezi sa energetsom disperzionom spektroskopijom, optička mikroskopija, BET adsorpciona izoterma, dinamičko-mehanička analiza, diferencijalna skenirajuća kalorimetrija i termogravimetrijska analiza, a takođe je ispitana i kinetika bubrenja dobijenih nanokompozita. U radu je ispitana fotodegradacija više boja za tekstil iz različitih klasa. Za fotoaktivaciju TiO<sub>2</sub>/hidrogel nanokompozita u procesu fotodegradacije boja korišćena je lampa koja simulira sunčevu svetlost. Promena koncentracije boje u rastvoru praćena je UV/Vis spektrofotometrijom. Tokom istraživanja ispitan je uticaj različitih faktora na fotokatalitičku aktivnost nanočestica TiO<sub>2</sub> imobilisanih na hidrogelove: a) koncentracija fotokatalizatora, b) sastav, oblik i dimenzije hidrogelova, c) struktura i veličina molekula boje, d) pH vrednost rastvora boje i e) mogućnost višekratne upotrebe TiO<sub>2</sub>/hidrogel nanokompozita u svežim rastvorima boja. Primenjene metode istraživanja su adekvatne oblastima obuhvaćenim doktorskom disertacijom.

#### 3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Nakon poređenja rezultata prikazanih u ovoj doktorskoj disertaciji sa do sada objavljenim rezultatima drugih istraživačkih grupa, može se zaključiti da je ostvaren značajan doprinos na polju uklanjanja boja za tekstil iz vodenih rastvora fotokatalitičkom degradacijom pomoću nanočestica TiO<sub>2</sub>, koje su bile imobilisane na hidrogelove hitozana i natrijum-alginata, itakonske i metakrilne kiseline. TiO<sub>2</sub>/hidrogel nanokompoziti koji su dobijeni u okviru ove teze imaju veliki potencijal za prečišćavanje otpadnih voda iz tekstilne industrije, a posebno nanokompoziti na koje su imobilisane sintetisane nanočestice TiO<sub>2</sub>, dobijene kiselom hidrolizom titan-tetrahlorida. Promenom oblika i veličine nosača (od diska do mikročestice) obezbeđuje se veća specifična površina za vezivanje nanočestica TiO<sub>2</sub>, pa samim tim i bolja fotokatalitička efikasnost tokom uklanjanja boja iz rastvora. Rezultati dobijeni u istraživanjima iz ove doktorske disertacije verifikovani su objavljivanjem tri rada u vrhunskim časopisima međunarodnog značaja, kao i prezentovanjem dobijenih rezultata na međunarodnim i nacionalnim konferencijama.

#### 3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

U svom dosadašnjem istraživačkom radu kandidat Marija Lj. Lučić Škorić, dipl. inž. tehnologije, pokazala je stručnost i samostalnost u pretraživanju i korišćenju naučne literature, planiranju i realizaciji eksperimenata, obradi i analizi dobijenih podataka, diskusiji rezultata i pripremi publikacija. Komisija je na osnovu dosadašnjeg zalaganja i postignutih rezultata, kao i na osnovu podnete doktorske disertacije, utvrdila da kandidat poseduje sve kvalitete neophodne za samostalni naučno-istraživački rad.

### **4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS**

#### 4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Naučni doprinosi rezultata istraživanja ostvarenih u okviru ove doktorske disertacije, a u oblasti uklanjanja boja za tekstil iz vodenih rastvora fotokatalitičkom degradacijom pomoću nanočestica TiO<sub>2</sub> imobilisanih na hidrogelove hitozana, natrijum-alginata, itakonske i metakrilne kiseline, ogledaju se u sledećem:

- Pokazano je da se sintetisani hidrogelovi mogu uspešno koristiti za imobilizaciju nanočestica TiO<sub>2</sub>.
- Za sintezu hidrogelova su korišćene i nove i do sada objavljenije metode. Hidrogelovi hitozana, itakonske kiseline i metakrilne kiseline i interpenetrirajuće mreže natrijum-alginata i delimično neutralisane poli(metakrilne kiseline) dobijeni su polimerizacijom u rastvoru preko slobodnih radikala. Za sintezu mikročestica na bazi hitozana po prvi put je korišćena inverzna suspenzionna polimerizacija.
- Bolja fotokatalitička aktivnost je postignuta sa sintetisanim nanočesticama TiO<sub>2</sub> u poređenju sa komercijalno dostupnim nanočesticama, imobilisanim na hidrogelove hitozana, itakonske i metakrilne kiseline.
- Sastav, oblik i dimenzije hidrogela utiču na fotokatalitičku aktivnost imobilisanih nanočestica TiO<sub>2</sub>. Smanjenjem veličine nosača (od diska prečnika 5 mm do mikročestica prečnika 350 μm) može se postići brža fotodegradacija boja za tekstil i očuvanje fotokatalitičke aktivnosti u dužem vremenskom periodu.
- Moguća je višekratna upotreba TiO<sub>2</sub>/hidrogel nanokompozita uz dobro očuvanje fotokatalitičke aktivnosti.
- Definisani su uslovi za uspešno uklanjanje boja za tekstil iz vodenih rastvora pomoću TiO<sub>2</sub>/hidrogel nanokompozita.
- Dobijeni rezultati doprineli su razvoju primene heterogene fotokatalitičke oksidacije za prečišćavanje otpadnih voda i zaštiti životne sredine.

#### 4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja u okviru ove doktorske teze su pružila dragocene rezultate i informacije o mogućnosti imobilizacije nanočestica TiO<sub>2</sub> kao snažnog fotokatalizatora na hidrogelove hitozana, natrijum-alginata, itakonske i metakrilne kiseline, a u cilju očuvanja njihove fotodegradacione efikasnosti. S obzirom da skoro 20% od ukupnog svetskog zagađenja otpadnih voda potiče iz tekstilne industrije, izvedena istraživanja prate aktuelne trendove. Tokom istraživanja u okviru ove doktorske disertacije razvijeni su novi polimerni nosači za imobilizaciju nanočestica TiO<sub>2</sub>. Pri tome je ispitano uklanjanje boja za tekstil primenom TiO<sub>2</sub>/hidrogel nanokompozita, kao i uticaj različitih faktora: prirode nosača, oblika i dimenzije nosača, koncentracije fotokatalizatora i tipa fotokatalizatora (sintetisane i komercijalne nanočestice TiO<sub>2</sub>). Poseban doprinos leži u primeni polimera za sintezu nosača koji se dobijaju iz obnovljivih izvora. Rezultati su pokazali da se TiO<sub>2</sub>/hidrogel nanokompoziti mogu veoma uspešno koristiti za uklanjanje širokog opsega boja za tekstil.

#### 4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat Marija Lj. Lučić Škorić je rezultate svog istraživanja tokom izrade ove disertacije potvrdila objavljivanjem radova u časopisima međunarodnog značaja i saopštavanjem radova na međunarodnim i nacionalnim skupovima. Rezultati dosadašnjeg naučno-istraživačkog rada kandidata u ovoj oblasti prikazani su u 3 (tri) rada objavljena u naučnim časopisima međunarodnog značaja (oznaka grupe M20: vrsta rezultata M21-2 rada; M22-1 rad), 5 (pet) radova objavljenih u zbornicima skupova međunarodnog značaja štampanih u izvodu (oznaka grupe M30: vrsta rezultata M34-5 radova), 1 radu objavljenom u zborniku skupa nacionalnog značaja štampanom u izvodu (oznaka grupe M60: vrsta rezultata M64-1 rad).

#### **Radovi u vrhunskim međunarodnim časopisima M21:**

1. **Lučić M.**, Milosavljević N., Radetić M., Šaponjić Z., Radoičić M., Kalagasidis Krušić M.: The potential application of TiO<sub>2</sub>/hydrogel nanocomposite for removal of various textile azo dyes, *Separation and Purification Technology*, vol. 122, pp. 206-216, 2014 (**IF=3,065**) (ISSN: 1383-5866).

2. **Lučić M.**, Milosavljević N., Radetić M., Šaponjić Z., Radoičić M., Kalagasidis Krušić M.: Photocatalytic degradation of C.I. Acid Orange 7 by TiO<sub>2</sub> nanoparticles immobilized onto/into chitosan-based hydrogel, *Polymer Composites*, vol. 35, pp. 806-815, 2014 (IF=1,455) (ISSN: 0272-8397).

#### **Rad u istaknutom međunarodnom časopisu M22:**

1. **Lučić Škorić M.**, Milosavljević N., Radetić M., Šaponjić Z., Radoičić M., Kalagasidis Krušić M.: Synthesis and characterization of interpenetrating polymer network based on sodium alginate and methacrylic acid and potential application for immobilization of TiO<sub>2</sub> nanoparticles, *Polymer Engineering and Science*, vol. 55, pp. 2511-2518, 2015 (IF=1,520) (ISSN: 0032-3888).

#### **Saopštenja sa međunarodnih skupova štampana u izvodu M34:**

1. **Lučić Škorić M.**, Milosavljević N., Radoičić M., Šaponjić Z., Radetić M., Milašinović N., Kalagasidis Krušić M.: Immobilization of TiO<sub>2</sub> nanoparticles onto chitosan-based microparticles for photodegradation of C.I. Acid Orange 7, *International Symposium on Amphiphilic Polymers, Networks, Gels and Membranes*, Budapest, Hungary 2015, pp. 70.
2. **Lučić Škorić M.**, Milosavljević N., Radetić M., Šaponjić Z., Radoičić M., Kalagasidis Krušić M.: TiO<sub>2</sub>/alginate based hydrogel nanocomposite for photocatalytic degradation of methylene blue, *15th International Conference Polymers and Organic Chemistry*, Timisoara, Romania 2014, pp. 105.
3. **Lučić M.**, Milosavljević N., Milašinović N., Filipović J., Kalagasidis Krušić M., Superporous Hydrogels of Chitosan, Itaconic Acid and Methacrylic Acid, *YUCOMAT 2012*, Herceg Novi, Montenegro 2012), pp. 98.
4. **Lučić M.**, Milosavljević N., Radetić M., Šaponjić Z., Radoičić M., Kalagasidis Krušić M.: Photocatalytic degradation of C.I. Acid Orange 7 by TiO<sub>2</sub>/hydrogel nanocomposite, *First International Conference on Processing, characterization and application of nanostructured materials and nanotechnology NanoBelgrade*, Belgrade, Serbia 2012, pp. 114.
5. **Lučić M.**, Milosavljević N., Milašinović N., Filipović J., Kalagasidis Krušić M.: Synthesis of superabsorbent hydrogels based on chitosan, *First International Conference of Young Chemists of Serbia*, Belgrade, Serbia 2012, pp. 75.

#### **Saopštenja sa skupa nacionalnog značaja štampana u izvodu M64:**

1. **Lučić M.**, Milosavljević N., Radetić M., Šaponjić Z., Radoičić M., Kalagasidis Krušić M., Uklanjanje i degradacija kisele boje C.I. Acid Orange 7 iz vodenog rastvora, *50. Savetovanje srpskog hemijskog društva*, Beograd, Srbija 2012, pp. 141.

## **5. ZAKLJUČAK I PREDLOG**

Na osnovu svega navedenog Komisija smatra da doktorska disertacija kandidata **Marije Lj. Lučić Škorić**, dipl. inž. tehnologije, pod naslovom „**Uklanjanje boja za tekstil iz vode fotokatalitičkom degradacijom u prisustvu nanočestica titan-dioksida imobilisanih na hidrogelove hitozana i alginata**“ predstavlja značajan i originalan naučni doprinos u datoj oblasti, što je i potvrđeno objavljivanjem radova u časopisima međunarodnog značaja. Predmet i ciljevi koji su postavljeni su jasno navedeni i u potpunosti ostvareni. Komisija je mišljenja da ova doktorska

disertacija ispunjava sve zahtevane kriterijume kao i da je kandidat tokom izrade disertacije pokazao naučno istraživačku sposobnost u svim fazama izrade disertacije.

Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos postignutih i prikazanih rezultata, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakuleta, Univerziteta u Beogradu, da prihvati ovaj Referat, pruži na uvid javnosti podnetu doktorsku disertaciju pod nazivom „**Uklanjanje boja za tekstil iz vode fotokatalitičkom degradacijom u prisustvu nanočestica titan-dioksida imobilisanih na hidrogelove hitozana i alginata**“ kandidata **Marije Lj. Lučić Škorić**, dipl. inž. tehnologije, u zakonom predviđenom roku, kao i da Referat uputi Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu i da nakon završetka procedure pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

**U Beogradu, 2016. godine**

#### **ČLANOVI KOMISIJE**

---

Dr Melina Kalagasidis Krušić, van. prof. Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

---

Dr Marija Nikolić, van. prof. Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

---

Dr Maja Radetić, red. prof. Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

---

Dr Zoran Šaponjić, naučni savetnik Univerziteta u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“

---

Dr Marija Radoičić, naučni saradnik Univerziteta u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“