

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

**Predmet:** Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Branislava Todića, master inženjera tehnologije

Odlukom br. 35/73 od 26.02.2015. godine, određeni smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Branislava Todića, master inženjera tehnologije, pod naslovom:

**Modelovanje hemijske kinetike i optimizacija reaktora sa pakovanim slojem za Fischer-Tropsch sintezu (eng. Kinetic modeling and optimization of fixed-bed reactor for Fischer-Tropsch synthesis)**

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**

14.10.2011. Branislav Todić, master inženjer tehnologije, upisao je doktorske studije na Katedri za Hemijsko inženjerstvo Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu, pod mentorstvom van. prof. Dr Nikole Nikačevića.

16.6.2014. Kandidat Branislav Todić je Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta predložio temu za izradu doktorske disertacije pod nazivom „Modelovanje hemijske kinetike i optimizacija reaktora sa pakovanim slojem za Fischer-Tropsch sintezu (eng. Kinetic modeling and optimization of fixed-bed reactor for Fischer-Tropsch synthesis)“.

26.06.2014. Na sednici Nastavno-naučnog veća imenovana je Komisija za ocenu naučne zasnovanosti teme i podobnosti kandidata za izradu doktorske disertacije u sastavu: Dr Nikola Nikačević (van. prof. TMF), Dr Dragomir Bukur (red. prof. Texas A&M Univerzitet, SAD), Dr Aleksandar Orlović (red. prof. TMF), Dr Branko Bugarski (red. prof. TMF).

11.09.2014. Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta usvojen je izveštaj Komisije za ocenu naučne zasnovanosti i podobnosti kandidata za izradu doktorske disertacije.

20.10.2014. Na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu data je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije kandidata Branislava Todića, master inženjer tehnologije, pod nazivom „Modelovanje hemijske kinetike i optimizacija reaktora sa pakovanim slojem za Fischer-Tropsch sintezu (eng. Kinetic modeling and optimization of fixed-bed reactor for Fischer-Tropsch synthesis)“.

26.02.2015. Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta imenuje se Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije, u sastavu: Dr Nikola Nikačević (van. prof. TMF), Dr Dragomir Bukur (red. prof. Texas A&M Univerzitet, SAD), Dr Aleksandar Orlović (red. prof. TMF).

## **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 dr Nikola Nikačević, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu, je na osnovu objavljenih publikacija i iskustva kompetentan da rukovodi izradom ove doktorske disertacije.

## **1.3 Biografski podaci o kandidatu**

Branislav S. Todić je rođen 21.10.1987. godine u Sremskoj Mitrovici, gde je završio osnovnu i srednju školu. Na Tehnološko-metalurški fakultet (TMF) upisao se školske 2006/2007. godine, odsek za Hemijsko inženjerstvo. Osnovne studije je završio u septembru 2010. godine sa prosečnom ocenom 9,34. Master studije TMF-a (smer Hemijsko procesno inženjerstvo) završio je u avgustu 2011. godine sa prosečnom ocenom 9,50 i master radom na temu „Analiza GTL – Fišer-Tropšovog (Fischer-Tropsch) procesa dobijanja tečnih ugljovodonika iz prirodnog gasa” pod mentorstvom prof. dr Dejana Skale.

Školske 2011/12. upisao je doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu, studijski program Hemijsko inženjerstvo, pod rukovodstvom mentora dr Nikole Nikačevića. Branislav Todić je položilo sve ispite predviđene planom i programom doktorskih studija Tehnološko metalurškog fakulteta sa prosečnom ocenom 9,67. Odbranio je završni ispit pod nazivom „Modelovanje hemijske kinetike i optimizacija reaktora sa pakovanim slojem za Fischer-Tropsch sintezu (eng. Kinetic modeling and optimization of fixed-bed reactor for Fischer-Tropsch synthesis)“, pred komisijom u sastavu dr Nikola Nikačević, van. prof., dr Aleksandar Orlović, red. prof i dr Branko Bugarski, red. prof.

Od septembra 2011. do marta 2014. bio je istraživač na međunarodnom projektu “Kinetics of Slurry Phase Fischer-Tropsch Synthesis on a Cobalt Catalyst” u okviru Texas A&M Univerziteta u Kataru, pod rukovodstvom prof. dr. Dragomira Bukura. Učestvovao je u izradi predloga međunarodnog istraživačkog projekta “Modeling, optimization and dynamic analysis of fixed bed and milli-structured reactors for Fischer-Tropsch synthesis”, u saradnji između

Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu i Texas A&M Univerziteta u Kataru, koji je nagrađen od strane Katarskog nacionalnog istraživačkog fonda (Qatar National Research Fund) u maju 2014. Branislav Todić je trenutno zaposlen kao Viši istraživač saradnik (*eng. Senior Research Associate*) na Katedri za hemijsko inženjerstvo Texas A&M Univerziteta u Kataru.

Branislav Todić je autor i koautor 8 radova publikovanih u naučnim časopisima (prvi autor na 5 radova) i 13 saopštenja na naučnim skupovima. Od toga 7 radova je publikovano u vrhunskim naučnim časopisima međunarodnog značaja (M21). Svi radovi pripadaju oblasti iz koje je predložena tema doktorske disertacije.

## 2. OPIS DISERTACIJE

Doktorska disertacija Branislava Todića, pod nazivom „Modelovanje hemijske kinetike i optimizacija reaktora sa pakovanim slojem za Fischer-Tropsch sintezu“ (*eng. Kinetic modeling and optimization of fixed-bed reactor for Fischer-Tropsch synthesis*), napisana je na ukupno 219 strana i sadrži 7 poglavlja, 12 tabela i 66 slika. Doktorska disertacija je napisana na engleskom jeziku i sastoji se od sledećih poglavlja: Uvod, Pregled dosadašnjih istraživanja, Analiza efekata procesnih uslova na raspodelu proizvoda Fischer-Tropsch sinteze (FTS), Modelovanje kinetike FTS, Modelovanje i optimizacija FTS reaktora sa pakovanim slojem katalizatora, Zaključak i Literatura.

U poglavlju *Uvod* je predstavljen značaj procesa za konverziju prirodnog gasa u tečnu sintetičku naftu (*eng. Gas-to-Liquid – GTL*) i pozicija FTS reaktora u njemu. Definisani su osnovni ciljevi i predmet istraživanja, kao i naučni i praktični doprinos rada.

Poglavljje *Pregled dosadašnjih istraživanja* predstavlja pregled dostupne literature vezane za teme:

- Osnove FTS reakcije - stehiometrija, potencijalni mehanizmi, katalizatori, raspodela FTS proizvoda i studija uticaja procesnih uslova na FTS selektivnost,
- Kinetiku FTS reakcije - kinetički modeli nestanja reaktanata, modeli selektivnosti i detaljnii mehanističkih modeli FTS,
- Reaktora korišćenih za FTS - različiti tipovi reaktora, njihove mane i prednosti, kao i objavljeni modeli reaktora sa nasutim slojem katalizatora,

Na kraju poglavlja dat je pregled primera primene savremenih intenzifikovanih FTS reaktora, kao i budućih mogućnosti koje primena takvih sistema donosi.

U poglavlju *Analiza efekata procesnih uslova na raspodelu FTS proizvoda* je predstavljen uticaj promene temperature, pritiska, odnosa reaktanata i nivoa konverzije na selektivnost FTS proizvoda sa kobaltnim i gvozdenim katalizatorom. Analizirana je veza između selektivnosti i verovatnoće rasta ugljovodoničnih lanaca različitih dužina. Utvrđeno je da

korelacija između pomenutih verovatnoća i selektivnosti postoji za oba katalizatora, a u slučaju kobaltnog katalizatora je takođe pokazano da na selektivnost najviše utiče reakcija formiranja metana, čiji je mehanizam različit od mehanizma formiranja drugih FTS proizvoda, te predstavlja sekundarni reakcioni mehanizam.

U poglavlju *Modelovanje kinetike FTS* predstavljena je metodologija razvoja detaljnog kinetičkog modela za FTS, koja uključuje:

- Izvodjenje jednačina detaljnog modela kinetike FTS za više različitih mehanizama,
- Određivanje parametara modela,
- Diskriminaciju između različitih modela na osnovu fiziko-hemijskih testova i odabir najboljeg,
- Poređenje rezultata detaljnog modela FTS kinetike sa eksperimentalnim rezultatima, dobijenim sa kobaltnim katalizatorom i pod različitim procesnim uslovima.

U poglavlju *Modelovanje i optimizacija reaktora sa pakovanim slojem katalizatora* predstavljena je primena detaljnog modela kinetike FTS u modelovanju i optimizaciji reaktora sa pakovanim slojem. Poglavlje sadrži:

- Razvoj jednodimenzionog pseudo-homogenog modela reaktora sa nasutim slojem katalizatora koji uključuje detaljnu FTS kinetiku,
- Simulacije referentnog reaktorskog sistema (realni industrijski podaci) i simulacije rada reaktora pod različitim radnim uslovima ulaznih parametara,
- Rigorozna optimizacija ulaznih veličina u reaktor u cilju dobijanja maksimalne produktivnosti željenih proizvoda, za šta je korišćen model reaktora razvijen u predhodnom delu. Rezultati su analizirani i upoređeni sa podacima o postojećim industrijskim reaktorima dostupnim u literaturi.

U *Zaključaku* su sumirani rezultati dobijeni u toku istraživanja uz stavljanje akcenta na glavne naučne doprinose, dalji tok istraživanja i planove za budući rad.

*Literatura* sadrži navode citirane u doktorskoj disertaciji.

### **3. OCENA DISERTACIJE**

#### **3.1 Savremenost i originalnost**

Sintetička ugljovodonična goriva, koja ne sadrže aromatična, sumporna i azotna jedinjenja, predstavljaju čistiju alternativu klasičnim naftnim derivatima koja je u današnje vreme sve popularnija. Tehnologija Fischer-Tropsch sinteze predstavlja ključni deo procesa konverzije raznih prirodnih resursa, kao što su prirodni gas, ugalj i biomasa, u tečne ugljovodonike, koji se dalje mogu koristiti kao tečna sintetička goriva visoke čistoće ili kao sirovine za hemijsku industriju (parafinski voskovi, alkeni itd.). Primeri upotrebe ovog procesa

na industrijskom nivou su pristuni u velikom broju zemalja, uključujući: Katar, Južnu Afriku, Kinu, Sjedinjene Američke Države, Turkmenistan, Maleziju itd. Troškovi izgradnje postrojenja za FTS, kao i operativni troškovi takvih postrojenja, su veoma visoki (u redu veličine nekoliko milijardi dolara), što znači da se velika sredstva izdvajaju za istraživanje FTS tehnologije u cilju njenog dodatnog razumevanja, unapređenja i optimizacije. Istraživanja u oblasti ispitivanja mehanizma FTS i razvoja detaljnih modela kinetike reakcije spadaju u veoma aktivno polje u ovoj oblasti, što je potvrđeno i publikacijama u prestižnim međunarodnim časopisima objavljenim u okviru rada na predloženoj disertaciji. Rezultati prezentovani u okviru disertacije unapređuju postojeći nivo znanja u oblasti FTS tehnologije.

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

U doktorskoj disertaciji citirano je 387 literaturnih izvora. Sa obzirom na dugu istoriju istraživanja FTS tehnologije, disertacija uključuje radove objavljene od 1903. do 2015. godine, ali je akcenat na novijoj literaturi objavljenoj u poslednjih dvadeset godina. Literatura obuhvata objavljene radove vezane za FTS katalizatore, potencijalne mehanizme FTS, eksperimentalne studije uticaja procesnih uslova na aktivnost i selektivnost FTS, predložene kinetičke modele različite kompleksnosti, različite tipove FTS reaktora i njihove matematičke modele, kao i studije vezane za intenzifikaciju FTS procesa. Iz spiska korišćene literature i radova koje je kandidat objavio kao deo istraživanja ove doktorske disertacije, može se zaključiti da kandidat adekvatno poznaje oblasti istraživanja kao i da prati aktuelnost istraživanja u svetu.

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

U ispitivanju uticaja procesnih uslova na kinetiku i raspodelu proizvoda FTS korišćeni su podaci dobijeni iz eksperimentalnih studija u reaktoru sa suspendovanim katalizatorom i sa dva tipična FTS katalizatora: promovisanim kobaltnim katalizatorom sa alumina ( $Al_2O_3$ ) nosačem i promovisanim gvozdanim katalizatorom. Bitno je pomenuti da izvođenje eksperimenata nije bilo deo ove disertacije, nego da opisane metode i rezultati uključuju samo teorijsku analizu podataka dobijenih u saradnji sa međunarodnim univerzitetima (Centar za primenjeno istraživanje energije, Univerziteta u Kentakiju, SAD, za kobaltni katalizator; Texas A&M Univerzitet, SAD, za gvozdeni katalizator). Ispitivan je uticaj procesnih uslova na selektivnost različitih proizvoda, kao i na verovatnoće rasta lanca ugljovodonika u FTS i odnos primarnih proizvoda (n-alkana i 1-alkena). Promena selektivnosti ka različitim ugljovodoničnim proizvodima prikazana je na osnovu korelacija sa verovatnoćama rasta ugljovodoničnih lanaca. Na osnovu promena vrednosti ovih verovatnoća, kao i promena odnosa 1-alkena i n-alkana, na različitim procesnim uslovima, izvedeni su zaključci o relativnim odnosima brzina različitih primarnih i sekundarnih reakcija u FTS, kao i njihovim mehanizmima.

Različiti modeli kinetike FTS su izvedeni na osnovu većeg broja potencijalnih mehanizama predstavljenih u literaturi, uključujući forme karbidnog mehanizma i mehanizam CO-umetanja. Izvođenje modela kinetike je izvršeno upotrebom Langmuir-Hinshelwood-

Hougen-Watson (LHHW) pristupa, sa pretpostavkama pseudo-stacionarnog stanja i najsporije (limitirajuće) elementarne reakcije. Parametri izvedenih modela su određeni upotrebom genetskog algoritma (GA) i Levenberg–Marquardt (LM) metode, za pronalaženje globalnog i lokalnog optimuma, respektivno. U određivanju parametara korišćeni su podaci o raspodeli proizvoda dobijeni iz eksperimenata sa kobaltnim katalizatorom. Modeli su diskriminisani na osnovu rigoroznih statističkih i fizičko-hemijskih testova. Izvedeni detaljni model FTS kinetike je upotrebljen u razvoju jednodimenzionog modela reaktora sa nasutim slojem katalizatora (eng. fixed-bed reactor – FBR). Jednodimenzioni pseudohomogeni model FBR je iskorišćen u određivanju optimalnih procesnih parametara.

Komisija smatra da su primenjene metode istraživanja adekvatne oblastima koje su obuhvaćene u doktorskoj disertaciji.

### **3.4 Primenjivost ostvarenih rezultata**

Na osnovu predstavljenih eksperimentalnih rezultata i rezultata modelovanja kinetike i optimizacije FTS reaktora, može se zaključiti da je ostvaren veliki doprinos u unapređenju fundamentalnih znanja iz oblasti FTS tehnologije. Rad na analizi procesnih uslova na selektivnost kobaltnog katalizatorima pokazuje potencijal za unapredjenje selektivnosti FTS boljim razumevanjem procesnih uslova koji izazivaju veću selektivnost ka formiranju neželjenog metana, kao i unapređenjem katalizatora na način koji bi smanjio formiranje metana (npr. upotrebom različitih promotera katalizatora ili promenom količine metalnog punjenja katalizatora). Kod analize procesnih uslova na aktivnost i selektivnost gvođenog katalizatora, posebno je bitno istaći identifikaciju uslova pri kojima je ukupna konverzija rektanata visoka, pri niskom parcijalnom pritisku vode. Pošto se FTS reakcija sa gvođenim katalizator izvodi pri sniženim konverzijama da bi se izbegla deaktivacija katalizatora vodom, usled sinterovanja i oksidacije, identifikacija uslova pri kojima se ostvaruje visoka konverzija sa niskom koncentracijom vode je veoma bitna sa aspekta projektovanja FTS procesa. Razvijeni detaljni model FTS kinetike je pokazan kao izuzetno dobar za predskazivanje brzine nastajanja različitih proizvoda reakcije, kao i brzina nestajanja proizvoda, pri različitim uslovima. Kao takav, dati model je pokazan kao veoma koristan za razvoj modela FTS reaktora i njihovu optimizaciju.

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

Branislav Todić, master inženjer tehnologije, je tokom izrade doktorske disertacije ispoljio veliku samostalnost i stručnost u pretraživanju literature, analiziranju teorijskih koncepata i eksperimentalnih podata, razvoju matematičkih modela kinetike kompleksnih reakcija i modela višefaznih hemijskih reaktora. Kandidat je pokazao visok nivo kvaliteta predstavljanja rezultata naučno-istraživačkog rada. Na osnovu dosadašnjeg zalaganja i pokazane stručnosti, Komisija je mišljenja da Kandidat poseduje sve kvalitete koji su neophodni za samostalni naučno-istraživački rad.

## 4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

### 4.1 Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

U prvom delu ove disertacije (Poglavlje 3) analiziran je uticaj različitih procesnih parametara, kao što su temperatura, pritisak, odnos reaktanata i nivo konverzije, na selektivnost proizvoda, kao i parametre vezane za kinetiku reakcije, verovatnoću rasta ugljovodoničnih lanaca i odnos glavnih proizvoda reakcije. Od naučnih doprinosa u ovom delu izdvajamo:

- Objašnjenje promena selektivnosti FTS proizvoda pri različitim procesnim uslovima sa kobaltnim katalizatorom na osnovu promena verovatnoća rasta ugljovodoničnih lanaca.
- Istaknut je značaj formiranja metana u FTS, i potencijalnih sekundarnih mehanizama formiranja ovog neželjenog jedinjenja, u određivanju ukupne selektivnosti FTS sa kobaltnim katalizatorom.
- Rezultati su pokazali da readsorpcija 1-alkena ima zanemarljivo mali uticaj na vrednost verovatnoća rasta ugljovodoničnih lanaca u FTS, a time i na selektivnost, te da se odstupanja raspodele proizvoda od tzv. Anderson-Schulz-Flory raspodele ne mogu objasniti ovim reakcijama.
- Slično kao za kobaltni katalizator, korelacije između promena verovatnoća rasta ugljovodoničnih lanaca i selektivnosti, pri različitim procesnim uslovima, pokazane su i na slučaju gvozdеног katalizatora. Međutim, u slučaju ovog katalizatora, formiranje metana se ne razlikuje značajno od mehanizma formiranja ostalih proizvoda.
- Za gvozdeni katalizator su identifikovani uslovi, sa niskim  $H_2/CO$  odnosom reaktanata u ulaznoj smeši, pri kojima se postiže visoka konverzija sa niskim parcijalnim pritiskom vode. Ovi rezultati su veoma bitni sa stanovišta deaktivacije katalizatora i naročito mogu doprineti značajnom unapređenju procesa konverzije uglja u tečne ugljovodonike.

U drugom delu disertacije (Poglavlja 4 i 5) predložen je detaljni model kinetike FTS i iskorišćen za modelovanje i optimizaciju cevnog reaktora sa pakovanim slojem katalizatora. Predloženi model kinetike predstavlja jedan od prvih detaljnih modela kinetike za kobaltni katalizator. Naučni doprinosi u ovom delu su:

- Objašnjenje razloga za odstupanja raspodele proizvoda od Anderson-Schulz-Flory raspodele izvođenjem i primenom novog koncepta, koji uzima u obzir zavisnost brzine desorpcije 1-alkena od dužine ugljovodoničnog lanca. Na isti način objašnjeno je i eksponencionalno opadanje odnosa 1-alkeni/n-alkani sa dužinom ugljovodoničnog lanca.
- Rezultati fizičko-hemijskih testova više modela FTS kinetike, izvedenih na osnovu različitih potencijalnih mehanizama FTS, pokazali su da kinetički model izveden na osnovu mehanizma CO-umetanja daje najbolji opis brzina formiranja FTS proizvoda.

- Razvijeni detaljni model FTS kinetike je uspešno primenjen u modelovanju cevnog reaktora sa pakovanim slojem katalizatora. Jednodimenzioni model reaktora je iskorišćen za optimizaciju operativnih parametara reaktora, što je prvi slučaj upotrebe detaljnog modela FTS kinetike za optimizaciju takvog reaktorskog sistema, pri čemu su prethodni primeri koristili empirijske modele kinetike.

#### 4.2 Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja u okviru disertacije koncipirana su u cilju boljeg razumevanja formiranja FTS proizvoda, razvoja detaljnog modela FTS kinetike, zasnovanog na fundamentalnim principima, kao i primene takve kinetike u modelovanju reaktorskih sistema. Iako su u okviru disertacije ostvareni značajni doprinosi razumevanju FTS kinetike, prvenstveno načinu na koji se proizvodi formiraju u toku FTS, dodatna poboljšanja su moguća u oblasti sekundarnih puteva za formiranje metana, kao i sekundarnih reakcija prethodno formiranih 1-alkena. Izvođenje kinetičkih jednačina koje opisuju ove reakcije bi kompletiralo sliku celokupne kinetike FTS reakcije. Detaljni model kinetike FTS je u disertaciji primenjen u razvoju jednodimenzionog modela reaktora sa pakovanim slojem katalizatora. Iako je predstavljeni model jedan od najkompleksnijih modela FTS reaktora do sada prikazanih u literaturi, nivo detalja modela reaktora i pouzdanost datog modela se može dodatno unaprediti uvođenjem opisa raspodele komponentata sistema između tečne i gasne faze, dvodimenzionalnog strujanja i detaljnijih opisa prenosa mase i toplote unutar čestica katalizatora i unutar reaktora.

Komisija veruje da je na osnovu prikazanih rezultata Kandidat značajno doprineo razumevanju kinetike Fischer-Tropsch reakcije i modelovanja i optimizacije reaktora sa pakovanim slojem katalizatora za FTS.

#### 4.3 Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat Branislav Todić je veći deo istraživanja iz ove doktorske disertacije verifikovao objavljivanjem u međunarodnim časopisima. Rezultati istraživanja u okviru teze objavljeni su do sada u okviru 4 rada u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21). Rezultati kandidatovog istraživanja su predstavljeni i na nizu naučnih skupova u vidu saopštenja.

Naučni radovi objavljeni u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21) koji su deo disertacije:

1. **Branislav Todic**, Vitaly V. Ordonsky, Nikola M. Nikacevic, Andrei Y. Khodakov, Dragomir B. Bukur, "Opportunities for intensification of Fischer-Tropsch synthesis through reduced formation of methane over cobalt catalysts in microreactors", *Catalysis Science & Technology*, **2015**, 5, 1400-1411, (IF = **4.760**) (ISSN: 2044-4753)
2. **Branislav Todic**, Wenping Ma, Gary Jacobs, Burtron H. Davis, Dragomir B. Bukur, "Effect of process conditions on the product distribution of Fischer-Tropsch synthesis



over a Re-promoted cobalt-alumina catalyst using a stirred tank slurry reactor”, *Journal of Catalysis*, **2014**, 311, 325-338. (IF = **6.073**) (ISSN: 0021-9517)

3. **Branislav Todic**, Wenping Ma, Gary Jacobs, Burtron H. Davis, Dragomir B. Bukur, “CO-insertion mechanism based kinetic model of the Fischer–Tropsch synthesis reaction over Re-promoted Co catalyst”, *Catalysis Today*, **2014**, 228, 32-39. (IF = **2.980**) (ISSN: 0920-5861)
4. **Branislav Todic**, Tejas Bhatelia, Wenping Ma, Gary Jacobs, Burtron H. Davis, Dragomir B. Bukur, “Kinetic Model of Fischer–Tropsch Synthesis in a Slurry Reactor on Co–Re/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst”, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, **2013**, 52, 669-679. (IF = **2.206**) (ISSN: 0888-5885)

Naučni radovi objavljeni u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21) koji su nisu deo disertacije:

1. Tomasz Olewski, **Branislav Todic**, Lech Nowicki, Nikola Nikacevic and Dragomir B. Bukur, “Hydrocarbon selectivity models for iron-based Fischer–Tropsch catalyst”, *Chemical Engineering Research and Design*, **2015**, 95, 1. (IF = **2.281**) (ISSN: 0263-8762)
2. Gary Jacobs, Wenping Ma, Pei Gao, **Branislav Todic**, Tejas Bhatelia, Dragomir B. Bukur, Syed Khalid, Burtron H. Davis, “The application of synchrotron methods in characterizing iron and cobalt Fischer–Tropsch synthesis catalysts”, *Catalysis Today*, **2013**, 214, 100. (IF = **2.980**) (ISSN: 0920-5861)
3. Gary Jacobs, Wenping Ma, Pei Gao, **Branislav Todic**, Tejas Bhatelia, Dragomir B. Bukur, Syed Khalid, Burtron H. Davis, “Fischer-Tropsch synthesis: differences observed in local atomic structure and selectivity with Pd compared to typical promoters (Pt, Re, Ru) of Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts”, *Topics in Catalysis*, **2012**, 55, 811. (IF = **2.608**) (ISSN: 1022-5528)

Vodeći časopis nacionalnog značaja – M51:

1. **Branislav Todic**, Tomasz Olewski, Nikola Nikacevic, Dragomir B. Bukur, “Modeling of Fischer-Tropsch product distribution over Fe-based catalyst”, *Chemical Engineering Transactions*, **2013**, 32, 793-798. (IF = N/A) (ISSN: 19749791)

Saopštenja na međunarodnim skupovima štampana u izvodu – M34:

1. **Branislav Todic**, Wenping Ma, Gary Jacobs, Burtron H. Davis, Dragomir B. Bukur, “Importance of methane formation in determining overall selectivity of Fischer-Tropsch synthesis over cobalt-based catalyst”, 249th American Chemical Society National Meeting, March 22-26, 2015, Denver, US.

2. **Branislav Todic**, Tomasz Olewski, Nikola Nikacevic, Dragomir B. Bukur, “Modeling of Fischer-Tropsch product distribution over Fe-based catalyst”, 11th International Conference on Chemical & Process Engineering, June 2-5, 2013, Milan, Italy
3. Wenping Ma, Gary Jacobs, **Branislav Todic**, Dragomir B. Bukur and Burtron H. Davis, “Fischer-Tropsch synthesis: Influence of process conditions on deactivation of Ru and Re promoted 25%Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts”, 23rd North American Catalysis Society Meeting, June 2-7, 2013, Louisville, US.
4. **Branislav Todic**, Nikola Nikacevic, Dragomir B. Bukur, “Application of detailed kinetics in a fixed bed reactor model for the Fischer-Tropsch synthesis”, 9th European Congress of Chemical Engineering, April 21–25, 2013, The Hague, Nederland.
5. **Branislav Todic**, Wenping Ma, Gary Jacobs, Burtron H. Davis and Dragomir B. Bukur, “Detailed kinetic model of Fischer-Tropsch synthesis over a cobalt-based catalyst”, 9th European Congress of Chemical Engineering, April 21–25, 2013, The Hague, Nederland.
6. Gary Jacobs, Wenping Ma, **Branislav Todic**, Dragomir B. Bukur and Burtron H. Davis, “Fischer-Tropsch synthesis: linking cobalt catalyst promoter performance parameters to catalyst structure: an EXAFS investigation”, NGCS 10, March 2–7, 2013, Doha, Qatar.
7. **Branislav Todic**, Wenping Ma, Gary Jacobs, Burtron H. Davis and Dragomir B. Bukur, “CO-insertion mechanism based comprehensive kinetic model of Fischer-Tropsch Synthesis over Re-promoted Co catalyst”, NGCS 10, March 2–7, 2013, Doha, Qatar.
8. Wenping Ma, Gary Jacobs, **Branislav Todic**, Dragomir B. Bukur and Burtron H. Davis, “Fischer-Tropsch synthesis: Activity and selectivity of 0.48% Re-25%Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst in a 1L slurry-phase reactor”, AIChE Annual Meeting, October 28 – November 2, 2012., Pittsburg, US.
9. **Branislav Todic**, Tejas Bhatelia, Wenping Ma, Gary Jacobs, Burtron H. Davis and Dragomir B. Bukur, “Comprehensive kinetic model of Fischer-Tropsch synthesis in a slurry reactor”, SynFuel2012 Symposium, June 29-30, 2012, Munich, Germany.
10. **Branislav Todic**, Tejas Bhatelia, Wenping Ma, Gary Jacobs, Burtron H. Davis and Dragomir B. Bukur, “Kinetic modeling of GTL product distribution on Co catalyst”, Research Poster, Research-Industry Partnership Showcase, May 21, 2012, Doha, Qatar.
11. Jacobs, G., Ma, W., Davis, B.H., **Todic, B.**, Bhatelia, T., Bukur, D.B, “The application of synchrotron methods in characterizing iron and cobalt Fischer-Tropsch synthesis catalysts,” Keynote Lecture, Syngas Convention 2012, April 1-4, 2012, Cape Town, South Africa.
12. **Branislav Todic**, Tejas Bhatelia, Wenping Ma, Gary Jacobs, Burtron H. Davis and Dragomir B. Bukur, “Comprehensive kinetic model for Fischer-Tropsch synthesis over a Re promoted Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst”, AIChE Spring National Meeting, April 1-5, 2012., Houston, US.
13. Tejas Bhatelia, **Branislav Todic**, Dragomir Bukur, Wenping Ma, Burtron Davis and Gary Jacobs, “Detailed kinetics of the Fischer-Tropsch reaction over a Ru-promoted

Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst”, Qatar Foundation Annual Research Forum, November 20-22, 2011, Doha, Qatar.

## 5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu svega navedenog, Komisija smatra da doktorska disertacija Branislava Todića, master inženjera tehnologije, pod nazivom: „Modelovanje hemijske kinetike i optimizacija reaktora sa pakovanim slojem za Fischer-Tropsch sintezu“ (eng. Kinetic modeling and optimization of fixed-bed reactor for Fischer-Tropsch synthesis), predstavlja značajan i originalan naučni doprinos u oblasti Tehnološko inženjerstvo (uža oblast Hemijsko inženjerstvo), što je potvrđeno objavljivanjem radova u vrhunskim naučnim časopisima međunarodnog značaja i saopštavanjem rezultata na međunarodnim skupovima.

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da se doktorska disertacija pod nazivom: „Modelovanje hemijske kinetike i optimizacija reaktora sa pakovanim slojem za Fischer-Tropsch sintezu“ (eng. Kinetic modeling and optimization of fixed-bed reactor for Fischer-Tropsch synthesis) kandidata Branislava Todića, master inženjera tehnologije, prihvati, izloži na uvid javnosti i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, te da se nakon završetka ove procedure kandidat pozove na usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 22.04.2015. godine

### ČLANOVI KOMISIJE:

---

Dr Nikola Nikačević, vanredni profesor Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

---

Dr Dragomir Bukur, redovni profesor Texas A&M Univerzitet, SAD

---

Dr Aleksandar Orlović, redovni profesor Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet