

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ  
ФАКУЛТЕТ  
35/4  
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

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

29.01.2016.  
(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:

**„Одређивање равнотежних и термодинамичких параметара нове генерације зелених растварача у циљу индустријске примене“**  
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

**ЈЕЛЕНА (Мило) ВУКСАНОВИЋ, мастер инж.**

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

3. Година дипломирања: 2009.

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

Година одбране: 2010.

5. Назив магистарске тезе кандидата: /

**Студент је уписан на докторске академске студије шк. 2010/2011. године.**

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

Година одбране магистарске тезе: /

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

на седници одржаној **28.01.2016. године** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

---

Проф. др Ђорђе Јанаковић

ДП

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 76. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 29. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 28.01.2016. 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 **ЈЕЛЕНЕ ВУКСАНОВИЋ**, мастер инж., под називом: **„Одређивање равнотежних и термодинамичких параметара нове генерације зелених растварача у циљу индустријске примене“**

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

За ментора се одређује **др Ивона Радовић**, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

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

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

## ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Јелену Вуксановић, дипл. инг.-мастер

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

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

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Vuksanović, J.M.; **Radović, I.R.**; Šerbanović, S.P.; Kijevčanin, M.Lj., Experimental Investigation of Interactions and Thermodynamic Properties of Poly(Ethylene Glycol) 200/400 + Dimethyl Adipate / Dimethyl Phthalate Binary Mixtures, Journal of Chemical & Engineering Data (2015), 60, 1910-1925, (IF (2014) = 2.037; ISSN 0021-9568).
2. E.M. Živković, D.M. Bajić, **I.R. Radović**, S.P. Šerbanović, M.Lj. Kijevčanin, Volumetric and viscometric behavior of the binary systems ethyl lactate + 1,2-propanediol, +1,3-propanediol, +tetrahydrofuran and +tetraethylene glycol dimethyl ether. New UNIFAC-VISCO and ASOG-VISCO parameters determination, Fluid Phase Equilibria, 373 (2014) 1-19 (**IF = 2.379, ISSN: 0378-3812**)
3. Vuksanović, J.M.; Živković, E.M.; **Radović, I.R.**; Đorđević, B.D.; Šerbanović, S.P.; Kijevčanin, M.Lj., Experimental study and modelling of volumetric properties, viscosities and refractive indices of binary liquid mixtures containing PEG 200 or PEG 400, Fluid Phase Equilibria (2013), 345, 28-44, (IF (2013) = 2.241; ISSN: 0378-3812).
4. **Radović, I.R.**, Šerbanović, S.P., Djordjević, B.D., Kijevčanin, M.Lj., Experimental Determination of Densities and Refractive Indices of the Ternary Mixture 2-Methyl-2-propanol + Cyclohexylamine + n-Heptane at T = (303.15 to 323.15) K, Journal of Chemical & Engineering Data(2011), 56, 344-349 (IF (2011) = 1.693; ISSN: 0021-9568).
5. **Radović, I.R.**, Kijevčanin, M.Lj., Šerbanović, S.P., Djordjević, B.D., 1-Butanol + hexylamine + n-heptane at temperature range (288.15-323.15) K: experimental density data, excess molar volumes determination. Modeling by cubic EOS mixing rules, Fluid Phase Equilibria (2010), 298, 117-130 (IF (2010) = 2.253; ISSN: 0378-3812).

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

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

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

се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

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

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

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 22.1.2016.

М.П.

\_\_\_\_\_  
Проф. др Ђорђе Јанаћковић

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

**Predmet:** Podobnost teme i kandidata Jelene Vuksanović, diplomiranog inženjera tehnologije-master, za izradu doktorske disertacije.

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta br. 35/543 od 04.12.2015. godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Jelene Vuksanović za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme pod nazivom "Određivanje ravnotežnih i termodinamičkih parametara nove generacije zelenih rastvarača u cilju industrijske primene".

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

**REFERAT**

**1. Podaci o kandidatu**

1.1 Biografski podaci

Jelena Vuksanović, dipl. inž. tehnologije-master, rođena je 01.03.1987. godine u Baru. Osnovnu školu "Filip Višnjić" završila je u Beogradu. Školske 2001/2002. godine upisala je Treću beogradsku gimnaziju, prirodno-matematički smer, u Beogradu i završila je 2005. godine. Osnovne studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu započela je 2005/2006. školske godine, a završila u oktobru 2009. godine sa prosečnom ocenom 8,13 na Odseku za Hemijsko Inženjerstvo. Završni rad pod nazivom „Energetska integracija i optimizacija rada destilacionih kolona“ odbranila je sa ocenom 10. Master studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu započela je 2009/2010. školske godine, a završila u oktobru 2010. godine sa prosečnom ocenom 10 na Odseku za Hemijsko Inženjerstvo. Master rad pod nazivom „Energetska analiza i integracija procesa industrijske površinske obrade metala“ odbranila je sa ocenom 10 na studijskom programu Hemijsko Inženjerstvo. Školske 2010/2011. upisala je doktorske studije na matičnom fakultetu, na studijskom programu Hemijsko Inženjerstvo. Položila je sve predviđene ispite na doktorskim studijama, kao i završni ispit, sa prosečnom ocenom 10.

1.2 Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Od februara 2011. godine angažovana je u svojstvu istraživača-pripravnika, a zatim i istraživača-saradnika, u realizaciji projekta osnovnih istraživanja koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja OI 172063 "Novi industrijski i ekološki aspekti primene hemijske termodinamike na unapređenje hemijskih procesa sa višefaznim i višekomponentnim sistemima", kojim rukovodi prof. dr Mirjana Kijevčanin.

Od školske 2011/2012. godine angažovana je u izvođenju računskih vežbi iz predmeta Programiranje, a od školske 2015/2016. godine angažovana je u izvođenju vežbi iz predmeta Hemijsko-inženjerska termodinamika i Energetska integracija procesa.

Oblast naučno-istraživačkog rada Jelene Vuksanović obuhvata eksperimentalno merenje i modelovanje termofizičkih svojstava organskih rastvarača, kao i eksperimentalno određivanje ravnotežnih čvrsto-tečno i tečno-tečno podataka dvokomponentnih i višekomponentnih sistema.

U okviru doktorskih studija položila je 11/11 ispita predviđenih studijskim programom Hemijsko inženjerstvo sa prosečnom ocenom 10 i školske 2011/2012. godine odbranila je završni ispit pod nazivom "Ispitivanje ravnoteže faza i određivanje termodinamičkih svojstava binarnih smeša" sa ocenom 10, pred komisijom u sastavu van. prof. dr Ivona Radović, prof. dr Mirjana Kijevčanin i van. prof. dr Emila Živković.

Spisak položenih ispita na doktorskim studijama:

| Predmet                                              | Broj ESPB | Ocena |
|------------------------------------------------------|-----------|-------|
| 1. Hemijska kinetika                                 | 5         | 10    |
| 2. Viši kurs termodinamike                           | 5         | 10    |
| 3. Matematička obrada eksperimentalnih podataka      | 5         | 10    |
| 4. Analogije fenomena prenosa                        | 5         | 10    |
| 5. Specijalna poglavlja prenosa mase                 | 4         | 10    |
| 6. Biomasa kao izvor energije                        | 4         | 10    |
| 7. Analiza i razvoj nestacionarnih procesa i tehnika | 5         | 10    |
| 8. Prenos toplote i energetska integracija           | 5         | 10    |
| 9. Specijalna poglavlja prenosa toplote              | 4         | 10    |
| 10. Višefazni sistemi                                | 5         | 10    |
| 11. Numeričke metode u hemijskom inženjerstvu        | 4         | 10    |
| 12. Završni ispit                                    | 30        | 10    |
| Ukupno                                               | 81        | 10,00 |

Spisak objavljenih naučnih i stručnih radova

#### **Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu, M21**

1. Ivaniš, G. R.; **Vuksanović, J. M.**; Calado, M. S.; Kijevčanin, M. Lj.; Šerbanović, S. P.; Višak, Z. P., Liquid-liquid and solid-liquid equilibria in the solutions of poly(ethylene glycol) with several organic solvents, Fluid Phase Equilibria (2012), 316, 74-84, (IF (2012) = 2.379; ISSN: 0378-3812).
2. Calado, M. S.; Ivaniš, G. R.; **Vuksanović J. M.**; Kijevčanin, M. Lj.; Šerbanović, S. P.; Višak, Z. P., "Green Meets Green" - Sustainable Solutions of Imidazolium and Phosphonium Ionic Liquids with Poly(ethylene glycol): Solubility and Phase Behavior, Fluid Phase Equilibria (2013), 344, 6-12, (IF (2013) = 2.241; ISSN: 0378-3812).
3. **Vuksanović, J. M.**; Živković, E. M.; Radović, I. R.; Đorđević, B. D.; Šerbanović, S. P.; Kijevčanin, M. Lj., Experimental study and modelling of volumetric properties, viscosities and refractive indices of binary liquid mixtures containing PEG 200 or PEG 400, Fluid Phase Equilibria (2013), 345, 28-44, (IF (2013) = 2.241; ISSN: 0378-3812).

4. **Vuksanović, J. M.**; Calado, M. S.; Ivaniš, G. R.; Kijevčanin, M. Lj.; Šerbanović, S. P.; Višak, Z. P., Environmentally friendly solutions of liquid poly(ethylene glycol) and imidazolium based ionic liquids with bistriflamide and triflate anions: Volumetric and viscosity studies, *Fluid Phase Equilibria* (2013), 352, 100-109, (IF (2013) = 2.241; ISSN: 0378-3812).
5. Višak, Z. P.; Calado, M. S.; **Vuksanović, J. M.**; Ivaniš, G. R.; Branco, A. S. H.; Grozdanić, N. D.; Kijevčanin, M. Lj.; Šerbanović, S. P., Solutions of ionic liquids with diverse aliphatic and aromatic solutes – Phase behavior and potentials for applications: A review article, *Arabian journal of Chemistry* (2014), (IF (2014) = 3,725; ISSN 1878-5352), article in press.

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

1. **Vuksanović, J. M.**; Radović, I. R.; Šerbanović, S. P.; Kijevčanin, M. Lj., Experimental Investigation of Interactions and Thermodynamic Properties of Poly(Ethylene Glycol) 200/400 + Dimethyl Adipate / Dimethyl Phthalate Binary Mixtures, *Journal of Chemical & Engineering Data* (2015), 60, 1910-1925, (IF (2014) = 2.037; ISSN 0021-9568).

#### **Rad u međunarodnom časopisu, M23**

1. **Vuksanović, J. M.**; Bajić, D. M.; Ivaniš, G. R.; Živković, E. M.; Radović, I. R.; Šerbanović, S. P.; Kijevčanin, M. Lj., Prediction of excess molar volumes of selected binary mixtures from refractive index data, *Journal of the Serbian Chemical Society* (2014), 79, 707-718, (IF (2014) = 0.871; ISSN 1820-7421).
2. **Vuksanović, J. M.**; Radović, I. R.; Šerbanović, S. P.; Kijevčanin, M. Lj., Experimental study of thermodynamic and transport properties of binary mixtures of poly(ethylene glycol) diacrylate and alcohols at different temperatures, *Journal of the Serbian Chemical Society* (2015), 80, 933-946, (IF (2014) = 0.871; ISSN 1820-7421).

#### **Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu, M34**

1. Ivaniš, G. R.; **Vuksanović, J. M.**; Calado, M. S., Kijevčanin, M. Lj.; Šerbanović, S. P.; Višak, Z. P., Poly(ethylene glycol) as a Potential Medium (Solvent) for Several Toxic Organic Compounds, in *Proceedings of 4th International IUPAC Conference on Green Chemistry, 2012, Brazil*, str. 95.
2. **Vuksanović, J.**; Bajić, D.; Kijevčanin, M., Thermodynamic study of binary mixture dimethyl adipate + PEG 400 at  $T = (288.15 - 323.15) \text{ K}$ , 8<sup>th</sup> International Conference of the Chemical Societies of the South-East European Countries, Belgrade, Serbia, June 27-29, 2013.

### **Saopštenje sa nacionalnog skupa štampano u celosti, M63**

1. Ivaniš, G. R.; **Vuksanović, J. M.**; Višak, Z. P.; Živković, E. M.; Grozdanić, N. D.; Kijevčanin, M. Lj., Ravnoteža tečnost-tečnost u vodenim rastvorima tečnih polietilen glikola sa toluenom, 49. savetovanje srpskog hemijskog društva, Kragujevac, 2011., str. 74-84.
2. Drašković, L.; Tasić, A.; **Vuksanović, J.**; Radović, I.; Kijevčanin, M., Forced Path Mechanical Calibration method establishment for high pressure density measurements, 50. savetovanje srpskog hemijskog društva, Beograd, 2012., str. 65-69.
3. **Vuksanović, J. M.**, Ispitivanje ravnoteže faza čvrsto-tečno binarnih smeša sa polietilen glikolom, Prvi kongres mladih hemičara Srbije, Beograd, 2012., str. 125-128.
4. Soldatović, D.; Grozdanić, N.; **Vuksanović, J.**; Radović, I.; Šerbanović, S.; Kijevčanin, M., Investigation of the Solid-liquid Equilibrium of PEG 2000 and PEG 35000 with Aniline and N,N-dimethylaniline, Rad izdat u Zborniku radova sa 51. savetovanje Srpskog hemijskog društva, Niš, 2014., str. 24-27.
5. **Vuksanović, J. M.**; Todorović, N. M; Kijevčanin, M. Lj.; Šerbanović, S. P.; Radović, I. R., Separation of heptane + methanol azeotrope using choline chloride + dl-malic acid deep eutectic solvent, 52. savetovanje Srpskog hemijskog društva, Novi Sad, 2015., str. 23-26.

### **Saopštenje sa nacionalnog skupa štampano u izvodu, M64**

1. Soldatović, D.; **Vuksanović, J.**; Radović, I.; Kijevčanin, M., Termodinamička i spektroskopska analiza molekulskih interakcija binarnih smeša nikotin+1,2-propandiol i nikotin+1,3-propandiol, Treća konferencija mladih hemičara Srbije, Beograd, 2015.

#### 1.3 Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Dosadašnji rad i ostvareni rezultati tokom doktorskih studija i u okviru naučno-istraživačkog rada na projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije OI 172063, ukazuju da je Jelena Vuksanović, dipl. inž. tehnologije-master pokazala izrazitu sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Takođe, iz oblasti predložene doktorske disertacije do sada je objavljen jedan rad u istaknutom međunarodnom časopisu M21 i dva rada u međunarodnom časopisu M23 čime kandidat ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

#### **2. Predmet i cilj istraživanja**

Nagli industrijski razvoj za posledicu ima trošenje fosilnih sirovina i velike količine toksičnog industrijskog otpada. Održiva alternativa za postojeće industrijske procese treba da obezbedi dugoročnu produktivnost i efikasnost i pre svega da bude ekološki prihvatljiva. U oblasti zelene hemije netoksični organski rastvarači su privukli veliku pažnju. Cilj je kreiranje rastvarača niske toksičnosti i isparljivosti, koji se mogu

dobiti iz obnovljivih sirovina. Traganje za novim rastvaračima koji će ispuniti navedene kriterijume, kao i nalaženje njihove potencijalne primene u industriji, je izuzetno atraktivna tema.

Procesi separacije su jedan od najvažnijih stupnjeva svakog industrijskog procesa, jer služe za prečišćavanje krajnjih proizvoda ili izdvajanje pojedinih komponenata tokom procesa, kao i za prečišćavanje otpadnih industrijskih tokova. Zato je neophodno poznavanje ravnotežnih podataka raznih smeša. Ekstrakcija tečno-tečno je energetski efikasan proces koji nalazi široku primenu u industriji. Glavni zahtev ovog separacionog procesa jeste nalaženje odgovarajućeg ekstrakcionog sredstva koje će pokazati dobru selektivnost prema željenoj supstanci.

Cilj istraživanja ove doktorske disertacije jeste ispitivanje potencijalne industrijske primene novih netoksičnih ("zelenih") rastvarača kroz termodinamičku analizu i ispitivanje ravnotežnog ponašanja odabranih rastvarača u smeši sa različitim industrijskim zagađivačima, kao i njihove sposobnosti za razdvajanje smeša azeotropa.

Jedan od ciljeva ove disertacije jeste ispitivanje selektivnosti različitih netoksičnih i slabo isparljivih rastvarača, kao i njihova karakterizacija. Za ispitivanja su odabrani rastvarači različite prirode: polimeri različitih molarnih masa (poli(etilen glikol) i poli(etilen glikol) diakrilat), jonske tečnosti (npr. holin hlorid, 1-etil-3-metilimidazolijum bis{trifluorometil(sulfonil)}amid i 1-etil-3-metilimidazolijum trifluorometansulfonat), kao i eutektičke smeše na bazi holin hlorida koje predstavljaju novu generaciju jonskih tečnosti (korišćene su smeše holin hlorida sa jabučnom kiselinom i propandiolima). Neki od ovih rastvarača su već ispitivani u literaturi, ali nalaženje njihove dalje primene i detaljna karakterizacija su neophodni. Naime, jonske tečnosti i eutektičke smeše su privukle veliku pažnju naučne javnosti. Njihova glavna prednost je u tome što se biranjem odgovarajućih katjona i anjona u slučaju jonskih tečnosti, kao i konstituenata eutektičkih smeša može uticati na njihova svojstva kao što su viskoznost i selektivnost, što je od velike važnosti pre odabiru sistema za eksperimentalno određivanje ravnotežnih podataka. Primena eutektičkih smeša je veoma široka: razdvajanje azeotropa zasnovanih na razlici u polarnosti, za rastvaranje celuloze iz biomase, kao rastvarači u organskoj sintezi i između ostalog, pored vode, predstavljaju alternativni medijum u živim organizmima. Jonske tečnosti takođe imaju široku primenu kao rastvarači za različite vrste molekula, upravo zbog svojih podesivih karakteristika kojima se upravlja odabirom odgovarajućih jona-konstituenata. Kao alternativa za jonske tečnosti i eutektike, u zelenoj hemiji tzv. dvofazni vodeni sistemi su privukli veliku pažnju naročito u oblasti biotehnologije. Rekuperacija i prečišćavanje biomolekula iz bioreakcionog medijuma je od krucijalnog značaja usled povećanih zahteva za pogodnim komponentama proizvedenim biotehnološkim postupkom. S obzirom da se većina biomolekula proizvodi u vodenom medijumu, organski rastvarači su široko primenjivani u prečišćavanju biomolekula usled njihove nemišljivosti sa vodom. Međutim ti rastvarači mogu da promovišu denaturaciju biomolekula, i imajući u vidu da su dosadašnji rastvarači uglavnom toksični i isparljivi, traženje odgovarajuće zamene je od esencijalnog značaja. Uglavnom su konstituenti koji grade dvofazne vodene sisteme polimeri i jonske tečnosti koji su niske isparljivosti i toksičnosti. Osim u biotehnološkoj proizvodnji hemikalija, ovi dvofazni sistemi se mogu koristiti i u valorizaciji prehrambenog otpada koji sadrži brojna jedinjenja dodate vrednosti koja se ponovo mogu koristiti kao sirovina u industriji. U ovoj disertaciji će se ispitati polimer

poli(etilen glikol) diakrilat kao konstituent dvofaznih sistema u kombinaciji sa brojnim neorganskim i organskim solima kao agensima za ispoljavanje koji zapravo dovode do formiranja dve faze u rastvaraču. Pregledom literature zaključeno je da ovaj polimer do sada nije ispitivan, a preliminarna merenja su pokazala da pokazuje dobra svojstva neophodna za formiranje dvofaznih sistema (sa različitim solima gradi dvofazne oblasti, niske je isparljivost, biokompatibilan što ga čini odgovarajućim rastvaračem u biotehnologiji). Ovi rastvarači će biti ispitivani pojedinačno ali i kao smeše, jer mešanjem dva rastvarača može da se utiče na željene karakteristike krajnje smeše kao što su viskoznost i mešljivost.

U ovoj disertaciji smeše različitih jonskih tečnosti i poli(etilen glikola) će biti termodinamički okarakterisane u cilju primene kao hibridnog materijala podesivih osobina. Takođe, ispitivaće se i primena eutektičkih smeša za razdvajanje azetropa. Azeotropi koji će biti analizirani su smeše zasnovane na razlici u polarnosti: heptan/heksan + etanol/metanol koje su prethodno ispitivane u literature ali ova disertacija podrazumeva upotrebu novog tipa eutektika na bazi holin hlorida i jabučne kiseline ili propandiola za njihovo razdvajanje i dosadašnja analiza je pokazala odličnu sposobnost razdvajanja azeotropa. Takođe, pokazalo se da ovi eutektici veoma uspešno razdvajaju azeotrope tipa alkan+aromat procesom ekstrakcije tečno-tečno, što dosad nije analizirano u literaturi. Cilj istraživanja je da se eksperimentalnim određivanjem termodinamičkih i ravnotežnih podataka stekne uvid u prirodu molekulskih interakcija između komponenata smeša kojima se kasnije može objasniti njihova međusobna mešljivost kao i pojava razdvajanja smeše u dve faze kod pojedinih sistema. Na osnovu eksperimentalnih podataka biće primenjena i dva korelativna modela, NRTL i UNIQUAC.

Po završetku predloženih istraživanja očekuje se da će rezultati koji proisteknu iz ove doktorske disertacije otvoriti mogućnost za uvođenje novih rastvarača u procese ekstrakcije tečno-tečno kod onih sistema za koje su predloženi rastvarači pokazali najveću selektivnost tokom eksperimentalnog određivanja ravnoteže tečno-tečno. Takođe, eksperimentalni ravnotežni i termodinamički podaci doprineće proširenju postojeće baze podataka koja je od fundamentalnog značaja za tumačenje različitih procesnih fenomena.

## Literatura

- [1] E. Cardozo de Souza; R. S. Diniz; J. S. R. Coimbra; M. O. Leite; G. Rocha dos Santos; A. M. C. Rodrigues; L. H. Meller da Silva, *Journal of Chemical & Engineering Data* (2013), 58, 2008-2017.
- [2] M. Perumalsamy; T. Murugesan, *Physics and Chemistry of Liquids* (2014), 52, 26-36.
- [3] I. Regupathi; C. K. Srikanth; N. Sindhu, *Journal of Chemical & Engineering Data* (2011), 56, 3643-3650.
- [4] J. P. Martins; J. S. dos Reis Coimbra; F. Cristina de Oliveira; G. Sanaiotti; C. A. S. da Silva; L. H. Mendes da Silva; M. C. H. da Silva, *Journal of Chemical & Engineering Data* (2010), 55, 1247-1251.
- [5] A. P. Abbott, G. Capper, D. L. Davies, R. K. Rasheed, and V. Tambyrajah, *Chem. Commun. (Camb)*.70–71, 2003.
- [6] E. L. Smith, A. P. Abbott, and K. S. Ryder, *Chem. Rev.*, 114, 11060–82, 2014.

- [7] M. Francisco, A. van den Bruinhorst, L. F. Zubeir, C. J. Peters, and M. C. Kroon, *Fluid Phase Equilib.*, 340, 77–84, 2013.
- [8] Y. Dai, J. van Spronsen, G. J. Witkamp, R. Verpoorte, and Y. H. Choi, *Anal. Chim. Acta*, 766, 61–68, 2013.
- [9] Y. Dai, G. J. Witkamp, R. Verpoorte, and Y. H. Choi, *Anal. Chem.*, 85, 6272–6278, 2013.
- [10] M. Hayyan, F. S. Mjalli, M. A. Hashim, and I. M. AlNashef, *Fuel Process. Technol.*, 91, 116–120, 2010.
- [11] M. A. Kareem, F. S. Mjalli, M. A. Hashim, M. K. O. Hadj-Kali, F. S. G. Bagh, and I. M. Alnashef, *Fluid Phase Equilib.*, 333, 47–54, 2012.
- [12] M. A. Kareem, F. S. Mjalli, M. A. Hashim, and I. M. AlNashef, *Fluid Phase Equilib.*, 314, 52–59, 2012.
- [13] A. S. B. Gonzalez, M. Francisco, G. Jimeno, S. L. G. De Dios, and M. C. Kroon, *Fluid Phase Equilib.*, 360, 54–62, 2013.
- [14] F. S. Oliveira, A. B. Pereiro, L. P. N. Rebelo, and I. M. Marrucho, *Green Chem.*, 15, 1326–1330, 2013.
- [15] Y. Yuan, Y. Leng, H. Shao, C. Huang, and K. Shan, *Fluid Phase Equilib.*, 377, 27–32, 2014.
- [16] M. Francisco, A. van den Bruinhorst, and M. C. Kroon, *Green Chem.*, 14, 2153–2157, 2012.
- [17] M. Wlazło and A. Marciniak, *Fluid Phase Equilib.*, 361, 54–59, 2014.
- [18] S. Mandal and V. G. Pangarkar, *J. Memb. Sci.*, 201, 175–190, 2002.
- [19] J. Zhang, C. Huang, B. Chen, P. Ren, and Z. Lei, *Energy & Fuels*, 21, 1724–1730, 2007.
- [20] A. Marciniak; M. Wlazło; J. Gawkowska, *Journal of Chemical Thermodynamics* 2015.
- [21] A. E. Andreatta, M. P. Charnley, J. F. Brennecke, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 2015.
- [22] S. Corderi, E. Gomez, A. Dominguez, N. Calvar, *Journal of Chemical Thermodynamics* 2015.
- [23] B. S. Gupta, M-Y. Fang, M-J. Lee, *Fluid Phase Equilibria* 2015.
- [24] K. Zhang, J. Yang, X. Yu, J. Zhang, X. Wei, *J. Chem. Eng. Data*, 2011, 56, 3083–3088.
- [25] Q. Cao, X. Lu, X. Wu, Y. Guo, L. Xu, W. Fang, *J. Chem. Eng. Data*, 2015, 60, 455–463.
- [26] Z.P. McAtee, M.P. Heitz, *Journal of Chemical Thermodynamics* 93, 34–44.
- [27] I. J. Warke, K. J. Patil, S. S. Terdale, *J. Chem. Thermodynamics* 93 (2016) 101–114.
- [28] M. T. Zafarani-Moattar, H. Shekaari, E. Mazaher, *J. Chem. Thermodynamics* 93 (2016) 60–69.
- [29] H. Passos, A. R. Ferreira, A. F. M. Cláudio, J. A. P. Coutinho, M. G. Freire, *Biochem. Eng. J.* 67, 68–76, 2012.

### 3. Polazne hipoteze

Prvi deo ove doktorske disertacije biće vezan za ispitivanje termodinamičkih karakteristika homogenih rastvora na osnovu kojih se mogu tumačiti molekulske interakcije unutar rastvora. Takođe, biće ispitivana i ravnoteža tečno-tečno binarnih i ternernih sistema u cilju uvođenja novih industrijskih rastvarača u procese ekstrakcije tečno-tečno. Svi eksperimentalni podaci biće korelisani različitim modelima.

### 4. Naučne metode istraživanja

Eksperimentalna merenja biće izvršena u laboratoriji za termofizičke parametre na Tehnološko-metalurškom fakultetu. Koristiće se sledeća aparatura: viskozimetar Anton Paar SVM 3000, gutinomer Anton Paar DMA 5000, refraktometar Anton Paar RXA 156. Za određivanje ravnotežnih podataka primeniće se vizuelni metod određivanja tačke zamućenja titracijom. Merenja će se vršiti na atmosferskom pritisku i u širokom temperaturnom opsegu.

Metode istraživanja obuhvataju eksperimentalna merenja ravnoteže čvrsto-tečno organskih rastvarača sa polietilen glikolima različitih molarnih masa; ravnoteže tečno-tečno jonskih tečnosti, polimera i eutektičkih smeša sa različitim toksičnim industrijskim komponentama; gustina, indeksa refrakcije i viskoznosti binarnih smeša. Ovi eksperimentalni podaci daju uvid u: međumolekulske interakcije komponenata ispitivanih sistema, oblast mešljivosti delimično mešljivih sistema, kao i selektivnost rastvarača i njegovu efikasnost za razdvajanje azeotropnih smeša. Iz eksperimentalnih termodinamičkih podataka računaće se dopunske veličine: promena viskoznosti  $\Delta\eta$ , dopunska molarna zapremina  $V^E$ , dopunska molarna Gibsova energija viskoznog toka  $\Delta G^{*E}$  i promena indeksa refrakcije  $\Delta n_D$  na osnovu kojih će se tumačiti struktura supstanci i međumolekulske interakcije u smešama. Da bi se potvrdile interakcije radiće se FT-IR analiza svih čistih supstanci i smeša. Za analizu strukture eutektičkih smeša radiće se NMR i GC-MS analiza. Eksperimentalni termodinamički podaci će se modelovati različitim prediktivnim i korelativnim modelima. Za modelovanje ravnotežnih podataka primeniće se UNIQUAC i NRTL modeli. Modelovanjem podataka stiće se uvid u efikasnost primenjenih modela na ispitivane sisteme i izračunavaju se novi binarni interakcioni parametri što daje mogućnost upotrebe modele kao prediktivnih.

### 5. Očekivani naučni doprinos

Rezultati ove doktorske disertacije predstavljaju značajan naučni doprinos na polju ispitivanja termodinamičke ravnoteže čvrsto-tečno i tečno-tečno i njene primene kod razdvajanja komponenata u procesu ekstrakcije i u drugim separacionim procesima. Doprinos se sastoji i u termodinamičkoj analizi binarnih homogenih smeša prisutnih u industrijskim procesima. U okviru istraživanja očekuje se nekoliko naučnih doprinosa:

- Proširivanje fundamentalnog znanja i baze podataka iz oblasti termodinamičke ravnoteže čvrsto-tečno i tečno-tečno i drugih termodinamičkih podataka kao što su gustina, viskoznost i indeks refrakcije;
- Definisanje novih netoksičnih rastvarača i ispitivanju njihove prirode i strukture;
- Uspostavljanje bolje i ekološki prihvatljivije alternative za postojeće industrijske rastvarače;
- Predlaganje novih niskotoksičnih rastvarača za razdvajanje azeotropa procesom ekstrakcije tečno-tečno;
- Verifikacija različitih korelativnih i prediktivnih modela za primenu na ispitivane sisteme.

## 6. Plan istraživanja i struktura rada

Očekuje se da će doktorska disertacija imati sledeća poglavlja: *Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Modelovanje, Rezultati i diskusija, Zaključak, Literatura*.

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

*Teorijski deo* doktorske disertacije obuhvatiće pregled, u literaturi prikazanih istraživanja, vezanih za eksperimentalne metoda korišćene pri određivanju termodinamičke ravnoteže tečno-tečno i čvrsto-tečno binarnih i ternarnih smeša, kao i za efikasnost do sada primenjenih rastvarača u razdvajanju smeša azeotropa.

U *Eksperimentalnom delu* biće navedeni:

- Izbor sistema za analizu;
- Plan eksperimenata;
- Korišćene hemikalije;
- Eksperimentalne metode za određivanje ravnoteže čvrsto-tečno i tečno-tečno, gustine, viskoznosti i indeksa refrakcije;
- Osnovni principi i način rada aparatura korišćenjih za eksperimentalna merenja;
- Postupak pravljenja smeša.

Poglavljje *Modelovanje* sadržaće prikaz modela primenjenih na eksperimentalne podatke.

U poglavlju *Rezultati i diskusija* biće prikazani svi rezultati merenja kao i njihova diskusija. Detaljno će biti prikazani rezultati određivanja tačaka zamućenja višekomponentnih sistema pri određivanju ravnotežnih podataka, kao i rezultati termodinamičke karakterizacije homogenih binarnih smeša. Takođe, biće diskutovani i rezultati primenjenih modela pri obradi eksperimentalnih podataka.

Na osnovu izvršenih eksperimentalnih merenja i modelovanja, u poglavlju *Zaključak* biće sumirani svi najvažniji zaključci do kojih je kandidat došao tokom izrade ove doktorske disertacije.

Svi citirani navodi, kao i radovi koji su nastali u toku istraživanja i rada na ovoj doktorskoj disertaciji, nalaziće se u poglavlju *Literatura*.

## 7. Zaključak i predlog

Na osnovu izloženog Komisija smatra da kandidat **Jelena Vuksanović** ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije. Takođe, na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije pod naslovom: "Određivanje ravnotežnih i termodinamičkih parametara nove generacije zelenih rastvarača u cilju industrijske primene " naučno utemeljena i da će rezultati ovog rada predstavljati značajan naučni doprinos naučnoj oblasti hemijskog inženjerstva. Komisija predlaže Nastavno - naučnom veću Tehnološko - metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da kandidatu Jeleni Vuksanović odobri izradu doktorske disertacije pod navedenim naslovom. Za mentora se predlaže dr. Ivona Radović, vanredni profesor Tehnološko - metalurškog fakulteta u Beogradu.

U Beogradu, 18.1.2016.

### ČLANOVI KOMISIJE

1. Dr Ivona Radović, vanredni profesor  
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko - metalurški fakultet
2. Dr Mirjana Kijevčanin, redovni profesor  
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko - metalurški fakultet
3. Dr Emila Živković, vanredni profesor  
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko - metalurški fakultet
4. Dr Slobodan Šerbanović, redovni profesor u penziji  
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko - metalurški fakultet