

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06),
дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

Мр СЛОБОДАНА (Милосав) ЦВЕТКОВИЋА, дипл. инж.,
(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ: **Мр СЛОБОДАН (Милосав) ЦВЕТКОВИЋ, дипл. инж.,**

пријавио је докторску дисертацију под називом:

„Моделовање и оптимизација процеса коришћења биогаса у производњи зелене енергије“

Из научне области: **ХЕМИЈА И ХЕМИЈСКА ТЕХНОЛОГИЈА**

Универзитет је дана **20.10.2014.** године, својим актом **02 број: 61206-4608/2-14** дао сагласност
на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„Моделовање и оптимизација процеса коришћења биогаса у производњи зелене енергије“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

Мр СЛОБОДАНА (Милосав) ЦВЕТКОВИЋА, дипл. инж.,
(име, име једног од родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној **03.03.2016.** године Одлуком Факултета под бр. **35/83,** у
саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1. Др Мирјана Кијевчанин	Редовни професор	Хемијско инжењерство
2. Др Татјана Калуђеровић Радоичић	Доцент	Хемијско инжењерство
3. Др Александар Јововић	Редовни професор	Процесна техника

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске
дисертације на седници одржаној дана **26.05.2016. године.**

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаковић

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и чл. 129. Статута ТМФ-а, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 26.05.2016. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Мирјана Кијевчанин, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Татјана Калуђеровић Радоичић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Александар Јововић, редовни професор Универзитета у Београду, Машински факултет, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: „Моделовање и оптимизација процеса коришћења биогаса у производњи зелене енергије“ коју је поднео мр Слободан Цветковић и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Слободана Цветковића под називом „Моделовање и оптимизација процеса коришћења биогаса у производњи зелене енергије“ Одлуком 02 број: 61206-4608/2-14 од 20.10.2014. године.

Верификација научних доприноса:

Kategorija M21:

1. S. Cvetković, T. Kaludjerović Radoičić, B. Vukadinović, M. Kijevčanin, Potentials and Status of Biogas as Energy Source in the Republic of Serbia, Renewable and Sustainable Energy Reviews 31 (2014) 407-416 (IF (2014) = 5.901; ISSN: 1364-0321)

Kategorija M22:

1. S. Cvetković, T. Kaludjerović Radoičić, R. Kragić, M. Kijevčanin, Electricity production from biogas in Serbia-assessment of emissions reduction, Thermal Science (2015) doi: [10.2298/TSCI150812189C](https://doi.org/10.2298/TSCI150812189C) (IF (2014) = 1.222; ISSN:0354-9836)

Kategorija M23:

1. S. Cvetković, T. Kaludjerović Radoičić, M. Kijevčanin, Perspective of using biogas in Serbia in European context, Energy Sources Part B: Economics, Planning and Policy (2015); in press. (IF (2014) = 0.708; ISSN: 1556-7249 doi 10.1080/15567249.2015.1136973).
2. S. Cvetković, T. Kaludjerović Radoičić, B. Vukadinović, M. Kijevčanin, A life cycle energy assessment for biogas energy in Serbia, Energy Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects (2015); in press. (IF (2014) = 0.386; ISSN: 1556-7036 doi 10.1080/15567036.2015.1135207).

Kategorija M33:

1. S. Cvetković, T. Kaludjerović Radoičić, R. Kragić, M. Kijevčanin, Potential of environmental benefits from electricity production from biogas in Serbia, V Regional Conference: Industrial Energy and Environmental Protection in South Eastern European Countries IEEP, June 24-27, Zlatibor, Serbia, 2015, ISBN 978-86-7877-025-8.
2. S. Cvetković, T. Kaludjerović Radoičić, M. Kijevčanin, Perspective of biogas sector in Serbia in European context, The Eleventh Regional Conference EnE15- ENV.net Conference „Environment to Europe“, conference proceedings, 5 June 2015, Belgrade Serbia, 76-79.

Докторска дисертација и Реферат о оцени докторске дисертације достављају се на увид јавности, а по истеку рока од 30 дана, на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, докторанду, ментору, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Мр Слободана Цветковића**, дипл. инж. технологије.

Одлуком бр. 35/83 од 3.3.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Мр Слободана Цветковића**, дипл. инж. технологије под насловом:

„Моделовање и оптимизација процеса коришћења биогаса у производњи зелене енергије“.

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

16.6.2014. Кандидат **Мр Слободан Цветковић**, дипл. инж. технологије пријавио је тему докторске дисертације под називом **„Моделовање и оптимизација процеса коришћења биогаса у производњи зелене енергије“**. Наставно-научно веће Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду је дана 26.6.2014. године, усвојило састав Комисије за оцену научне заснованости предложене теме.

11.9.2014. На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, на основу извештаја Комисије, донета је Одлука о прихватању предлога теме докторске дисертације, **Мр Слободана Цветковића**, дипл. инж. технологије, под називом **„Моделовање и оптимизација процеса коришћења биогаса у производњи зелене енергије“**. За ментора ове докторске дисертације именована је Др Мирјана Кијевчанин, редовни професор ТМФ-а.

20.10.2014. На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације **Мр Слободана Цветковића**, дипл. инж. технологије, под називом **„Моделовање и оптимизација процеса коришћења биогаса у производњи зелене енергије“**.

3.3.2016. На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, донета је одлука о именовању чланова комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације, **Мр Слободана Цветковића** под називом **„Моделовање и оптимизација процеса коришћења биогаса у производњи зелене енергије“**.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Хемија и хемијска технологија за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа.

Ментор ове докторске дисертације, др Мирјана Кијевчанин, редовни професор ТМФ-а, објавила је преко 70 радова у часописима на SCI листи.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Слободан Цветковић рођен је 3.2.1970. године у селу Дарковце, општина Црна Трава, Република Србија. Основну школу и гимназију завршио је у Смедереву. Након одслужења војног рока 1990. године, започиње студије на Технолошко-металуршком факултету у Београду. Звање дипломираног инжењера технологије стиче 1996. године на смеру Хемијско инжењерство, одбраном дипломског рада са оценом 10 и средњом оценом 8,44 у оквиру основних студија. Магистарски рад под називом одбранио је 2007. године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду.

Радну каријеру започео је 1996. године у Индустрији скроба „Јабука“ у Панчеву, где је радио на пословима инжењера приправника, инжењера и руководиоца у погону, инжењера у развојном сектору, као и председника Надзорног одбора компаније. Од 2008. године, каријеру је наставио у Министарству животне средине, на пословима унапређења и примене обновљивих извора енергије где је и данас ангажован као руководилац Групе за одрживо коришћење природних ресурса. Током рада у државној администрацији био је ангажован на изради стратешких и законских докумената из области обновљивих извора енергије и заштите животне средине у Републици Србији.

У досадашњој пракси руководио је и учествовао у реализацији домаћих и међународних пројеката из области обновљивих извора енергије. Мр Слободан Цветковић је сертификовани УНИДО експерт за чистију производњу. Током 2010. године, усавршавао се из области обновљивих извора енергије на Институту за биогаз (Ченгду, НР Кина) у трајању од два месеца, а 2013. године провео је три недеље на студијском боравку на Институту за енергетику и природне ресурсе „Тери“ у Њу Делхију. Члан је Инжењерске коморе Србије као одговорни пројектант технолошких процеса. Говори енглески језик.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата, **Мр Слободана Цветковића**, дипл. инж. технологије, написана је на 129 страна, укључује 30 табела, 37 слика, као и 186 литературна навода. Докторска дисертација садржи осам поглавља: Увод, Анализа процеса анаеробне дигестије, коришћења биогаза и концепта животног циклуса, Анализа стања коришћења биогаза у Републици Србији, Одређивање потенцијала за производњу биогаза и његово коришћење у енергетске сврхе у Републици Србији, Анализа животног и енергетског циклуса биогазних постројења и њиховог утицаја на животну средину, Резултати и дискусија резултата, Закључак и Литература.

Докторска дисертација садржи и изводе на српском и енглеском језику.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У оквиру ове дисертације проучавани су потенцијали појединих значајних привредних/индустријских сектора у Републици Србији, даље коришћење прорачунатих

потенцијала за производњу биогаса, енергетски токови у животном циклусу производње и примене биогаса у производњи топлотне енергије, когенерацији, саобраћају и производњи биоводоника, као и оцена емисија у животну средину при производњи електричне енергије из биогаса у односу на референтне фосилне изворе енергије (колубарски лигнит и природни гас).

Уводно поглавље даје сажет приказ анализиране проблематике ове докторске дисертације. У првом делу овог поглавља дат је осврт на глобалне трендове коришћење биогаса као обновљивог извора енергије у функцији енергетике и заштите животне средине. У другом делу уводног поглавља дат је приказ претходних истраживања из теме дисертације који се односе на истраживање потенцијала за производњу биогаса из различитих сировина за анаеробну дигестију, анализу енергетских токова у животном циклусу биогаса, као и оцену емисија у животну средину из биогасних постројења. У овом поглављу дати су и циљеви докторске дисертације.

Утицај процесних параметара (температуре, рН вредности, концентрације амонијака, присуство хранљивих материја, микроелемената, хидрауличног времена задржавања) на процес анаеробне дигестије и производње биогаса, анализиран је другом поглављу. У овом поглављу дат је осврт и на сировине које се могу користити за производњу биогаса, као и на могућности коришћења биогаса у производњи топлотне енергије, когенерацији, тригенерацији, саобраћају и производњи биоводоника реформингом воденом паром. Ово поглавље садржи и приказ могућности коришћења насталог дигестата после анаеробне дигестије, као ђубрива или потенцијалног енергента. На крају поглавља дате су основе за коришћење концепта животног циклуса (LCA концепт) у анализи процеса производње и употребе биогаса као енергента.

Статистичка анализа најзначајнијих сировина за производњу биогаса у Републици Србији (пољопривредних усева произведених на земљишту намењеном у енергетске сврхе, отпадних токова из сточарства, комуналног отпада, отпадних токова из индустрије прераде меса и отпадних вода индустрије млека), са оценом њихове доступности за процес анаеробне дигестије дата је у трећем поглављу. У овом поглављу анализиран је и статус производње енергије из биогаса у Републици Србији кроз разматрање државних подстицајних мера за производњу енергије из биогаса, приказ постојећих биогасних постројења у Србији, њихових техничких карактеристика и сировина које се користе за производњу биогаса. Дат је и осврт на ограничавајуће факторе који спречавају ширу употребу биогаса за производњу енергије у Републици Србији.

У четвртном поглављу приказана је методологија за прорачун потенцијала за производњу биогаса из најзначајних извора (пољопривредних усева произведених на земљишту намењеном у енергетске сврхе, отпадних токова из сточарства, комуналног отпада, отпадних токова из индустрије прераде меса и отпадних вода индустрије млека), на основу њиховог биланса из статистичке анализе и процене доступности за коришћење у производњи биогаса. На крају поглавља дата је и методологија за процену могућности даљег коришћења прорачуног потенцијала за производњу биогаса. Том приликом је претпостављено достизање следећег циља у енергетском сектору Републике Србије: 2% финалне електричне енергије произведене из биогаса, 1% финалне енергије у саобраћају добијене коришћењем биогаса као горива и 1% финалне топлотне енергије произведене из биогаса.

Методологија за оцену енергетских токова у производњи и коришћењу биогаса кроз животно циклус (LCEA анализа), дата је у петом поглављу. Методологија је развијена кроз четири претпостављена сценарија: коришћење биогаса у производњи топлотне енергије, когенерацији, саобраћају и производњи биоводоника реформингом воденом паром. За анализу су коришћени материјални и енергетски биланси, направљени на основу извршеног индустријског експеримента у биогасном постројењу Миротин у Врбасу. Изабрана су четири индикатора за оцену енергетске ефикасности у животном циклусу у претпостављеним сценаријима: енергетски биланс, енергетска ефикасност, однос излазне енергије из система и укупне електричне и топлотне енергије која је обезбеђена ван границе анализираног система,

и однос енергетског биланса и укупне суве материје сировина за анаеробну дигестију. За сваки од претпостављених сценарија приказан је модел материјалног и енергетског биланса. На крају овог поглавља приказана је методологија за оцену емисије у животну средину и процену уштеде емисије гасова са ефектом стаклене баште приликом производње исте количине електричне енергије из биогасних постројења снаге 80 MW у односу на постројења која користе колубарски лигнит и природни гас. У овој методологији размотрена је емисија следећих загађујућих материја: угљен диоксида, азотних оксида, сумпор диоксида, емисија честица и метана.

У шестом поглављу приказани су резултати прорачуна потенцијала за производњу биогаса из сваке појединачне сировине за анаеробну дигестију (пољопривредних усева произведених на земљишту намењеном у енергетске сврхе, отпадних токова из сточарства, комуналног отпада, отпадних токова из индустрије прераде меса и отпадних вода индустрије млека), као и њихов укупан биланс. Извршена је и дискусија резултата у циљу реалног коришћења ових потенцијала за производњу енергије. У овом поглављу приказани су и резултати даљег коришћења прорачунатог потенцијала за производњу биогаса у енергетском сектору Републике Србије. Даље, у овом поглављу дати су и резултати материјалног и енергетског биланса, као и резултати за четири коришћена индикатора у LCEA анализи претпостављених сценарија употребе биогаса (у производњи топлотне енергије, когенерацији, саобраћају и производњи биоводоника реформингом воденом паром). Ови резултати су дискутовани и упоређени су са резултатима других савремених научних радова, који су разматрали сличну проблематику. На крају овог поглавља дати су резултати и дискусија резултата спроведене методологије за процену емисија и уштеду емисије гасова са ефектом стаклене баште насталих у производњи електричне енергије из постројења која би користила биогас, укупне снаге од 80 MW, у односу на емисије у сценаријима где је произведена иста количина електричне енергије у постројењима која користе колубарски лигнит и природни гас.

У поглављу Закључак сумирани су најзначајнији резултати проистекли из ове докторске дисертације.

На крају дисертације у поглављу Литература наведене су све референце цитиране у докторској дисертацији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

У циљу очувања животног простора на планети, међународна заједница је у обавези да смањи емисије гасова са ефектом стаклене баште, као обавезу која произилази из Оквирне конвенције о климатским променама УН, где обновљиви извори енергије играју једну од кључних улога. У процесу придруживања Европској Унији, пред Републиком Србијом стоји и преузета обавеза о повећању учешћа обновљивих извора енергије у финалној потрошњи енергије са 21.2% у 2009. години на 27% у 2020. години. Један од обновљивих извора енергије који може допринети испуњењу ове обавезе је и биогас. Пољопривреда, прехранбена индустрија и комунални системи који генеришу отпадне токове погодне за процес анаеробне дигестије, представљају области са великим потенцијалом за производњу биогаса. Биогас произведен из ових извора може се искористити као енергент у различитим секторима за производњу топлотне и електричне енергије, саобраћају, као замена коришћења природног гаса или за производњу других енергената. Примарни значај одређивања потенцијала за производњу биогаса је ефикасно планирање употребе биогаса у енергетском сектору у циљу супституције фосилних извора енергије. Познавање овог потенцијала битно је и за сагледавање ефеката који се могу остварити у сегменту унапређења животне средине, приликом могућег коришћења отпадних токова за производњу биогаса.

У овој докторској дисертацији развијена је методологија за одређивање потенцијала за производњу биогаза у Републици Србији из пољопривредних усева произведених на земљишту намењеном у енергетске сврхе, отпадних токова из сточарства, комуналног отпада, отпада из индустрије прераде меса и индустрије млека.

Посебан значај ове докторске дисертације је одређивање потенцијала за производњу биогаза у Републици Србији из пољопривредних усева произведених на земљишту намењеном у енергетске сврхе, где је претпостављено да се 5% обрадивог земљишта у Републици Србији, може користи за производњу биљних култура из којих се даље производи биогаз. Овај приступ је у потпуности уважио аспекте очувања биодиверзитета приликом коришћења обрадивог земљишта као природног ресурса. Такође, допринос ове тезе је и у развоју методологије за одређивање потенцијала за производњу биогаза из индустрије прераде млека, која спада у индустрије са највећом количином отпадних вода у прехранбеном сектору, и чија би употреба у производњи биогаза смањила загађење водотокова у Републици Србији.

За анализу биогазних процеса и примењених технологија у овој дисертацији коришћени су савремени приступи уведени у литератури: примена концепта оцене животног циклуса (Life Cycle Analysis) и енергетска анализа биогазних процеса на основу студије случаја реалног биогазног постројења у Републици Србији, размотрена на примени биогаза у процесима добијања топлоте, когенерацији, саобраћају и производњи биоводоника. Спроведене анализе су извршене на основу разматрања материјалних и енергетских токова, а у циљу смањења потрошње енергије, моделовања и оптимизације биогазних енергетских система, примене нових решења за коришћење биогаза и унапређења заштите животне средине.

Савременост и оригиналност истраживања приказаних у овој докторској дисертацији потврђени су и публикавањем више радова из тезе у водећим и истакнутим међународним часописима, међународним часописима и саопштењима на скуповима од међународног значаја.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде докторске дисертације кандидат је извршио преглед научне и стручне литературе из релевантних научних области везаних за проблематику докторске тезе. Већина прегледане научне литературе састојала се од научних радова публикованих у водећим међународним часописима од стране еминентних стручњака из области и проблематике предметне докторске тезе. Тиме је кандидат стекао потпун увид у до сада објављене резултате одређивања потенцијала за производњу биогаза из различитих сировина, примену биогаза као енергента у производњи топлоте, когенерацији, саобраћају и производњи биоводоника из биогаза, енергетске анализе биогазних енергетских система у животном циклусу, као и компаративне анализе емисија из биогазних постројења у односу на референтне фосилне изворе. Након стицања комплетног увида у досадашње објављене резултате, кандидат је извршио одабир адекватних модела, метода и референтних вредности на основу којих је извршио моделовање и оптимизацију биогазних енергетских система. Верификацију резултата садржаних у овој тези, кандидат је извршио публикавањем више радова у водећем међународном часопису, истакнутом међународном часопису и међународним часописима, чиме је дао свој научни допринос на пољу предметне проблематике и проширењу базе података о примени биогаза као енергента.

Коришћене референце у овој докторској дисертацији обухватају области хемијског инжењерства, термодинамике, хемије, енергетске анализе, заштите животне средине, законске регулативе везане за примену обновљивих извора енергије и статистичких извештаја о најзначајнијим сировинама за производњу биогаза у Републици Србији.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методе истраживања у овој дисертацији обухватиле су анализу постојећих података и модела за енергетску анализу процеса коришћења енергије из биогаса, статистичка истраживања најзначајнијих ресурса за производњу биогаса (пољопривредних усева произведених на земљишту намењеном у енергетске сврхе, остатака из сточарске производње, комуналног отпада, отпада из прераде меса и отпадних вода из индустрије млека), као и моделовање ових резултата у циљу одређивања потенцијала за производњу биогаса из ових ресурса. Методе истраживања обухватиле су и индустријски експеримент (утврђивање стања материјалног и енергетског биланса у индустријском комплексу), енергетску анализу процеса производње и примене биогаса (примена биогаса у добијању топлоте, когенеративном процесу, саобраћају и производњи биоводоника). Примењен је концепт анализе животног циклуса (Life Cycle Analysis) и извршено моделовање система у циљу унапређења енергетске ефикасности биогасних постројења.

3.4. Применљивост остварених резултата

Остварени резултати приказани у овој докторској дисертацији имају вишеструку примену. Примарни допринос и применљивост остварени резултати имају на пољу енергетике и заштите животне средине. Замена фосилних извора енергије, диверзификација енергетских ресурса и смањење загађења животне средине од изузетног су значаја за Републику Србију, где емисије из сектора енергетике и саобраћаја представљају најзначајније загађујуће материје. Значајан допринос и применљивост остварених резултата ове докторске дисертације представља развијен модел и прорачун потенцијала за производњу биогаса у Републици Србији, као и даље коришћење прорачунатих потенцијала у енергетском систему Србије.

Приказани резултати анализе енергетских токова у животном циклусу биогасних процеса представљају могућу полазну основу за пројектовање енергетски ефикасних биогасних постројења, као и за планирање коришћења одговарајућих сировина за процес анаеробне дигестије.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

У току израде докторске дисертације, кандидат је потпуно оспособљен да самостално и критички направи литературни преглед, поставку проблема, примену одговарајућих нумеричких метода, да анализира добијене резултате, као и да извуче неопходне закључке. Током израде дисертације под називом **„Моделовање и оптимизација процеса коришћења биогаса у производњи зелене енергије“**, кандидат је исказао стручност и самосталност у свим фазама израде тезе, пружајући допринос у областима примене биогаса као обновљивог извора енергије и енергетска анализе биогасних постројења.

На основу изнетог, Комисија је мишљења да кандидат поседује све квалитете који су неопходни за научно-истраживачки рад и самосталну презентацију добијених резултата.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Докторска дисертација кандидата **Мр Слободана Цветковића**, дипл. инж. технологије, под називом **„Моделовање и оптимизација процеса коришћења биогаса у производњи зелене енергије“** пружа значајан научни допринос на пољу примене биогаса као обновљивог извора енергије и енергетске анализе биогасних енергетских система. Истраживања остварена у

оквиру ове докторске дисертације дала су више значајних научних доприноса, при чему се може издвојити следеће:

- развијена је методологија за одређивање потенцијала за производњу биогаса у Републици Србији из најзначајнијих ресурса (пољопривредних усева произведених на земљишту намењеном у енергетске сврхе, отпадних токова из сточарства, комуналног отпада, отпада из индустрије прераде меса и отпадних вода индустрије млека),
- успостављена је методологија за даље коришћење прорачунатих потенцијала за производњу биогаса у енергетском систему Републике Србије на основу приказаних биланса,
- развијен је модел анализе енергетских токова и одређивања енергетске ефикасности у животном циклусу биогасног постројења, приликом примене биогаса у производњи топлотне енергије, когенеративном процесу, саобраћају и производњи биоводоника, и
- развијен је модел за оцену емисије у животну средину и за процену уштеде емисија гасова са ефектом стаклене баште приликом примене биогаса у добијању електричне енергије у односу на емисију из референтних фосилних система (на пр. природни гас).

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Примарни допринос предметне докторске дисертације је у проширењу базе података на пољу примене биогаса као обновљивог извора енергије, и енергетске анализе биогасних енергетских система. У оквиру ове тезе анализирани су потенцијали за производњу биогаса из најзначајних сировина у Републици Србији (пољопривредних усева произведених на земљишту намењеном у енергетске сврхе, отпадних токова из сточарства, комуналног отпада, отпада из индустрије прераде меса и отпадних вода индустрије млека), као и даља употреба прорачунатих потенцијала за производњу биогаса у енергетском систему Републике Србије. Резултати примењене методологије у овој докторској дисертацији, показали су да је укупни годишњи потенцијал за производњу биогаса у Републици Србији 1,937.6 милиона m^3_{N} . Даље спроведена анализа коришћења прорачунатих потенцијала за производњу биогаса у енергетском систему Републике Србије, показала је да би се приликом достизања циља у енергетском сектору Србије (да се 2% финалне електричне енергије произведе из биогаса, да се 1% финалне енергије у саобраћају добије коришћењем биогаса као горива и да се 1% финалне топлотне енергије произведе из биогаса), утрошило између 14.48 % и 16.5 % од укупно прорачунатог потенцијала за производњу биогаса у Републици Србији. Добијени резултати могу послужити за планирање коришћења биогаса као енергента у енергетском систему Републике Србије са аспекта реалног искоришћења доступних сировина за анаеробну дигестију.

Извршена анализа енергетских токова у животном циклусу биогаса током примене у производњи топлоте, когенеративном процесу, саобраћају и производњи биоводоника, на примеру студије случаја реалног биогасног постројења (Миротин Врбас), показала је да примена биогаса у сценаријима производње топлоте, когенеративном процесу и саобраћају, има позитиван енергетски биланс, што ове процесе чини одрживим са енергетског аспекта. Резултати сценарија у коме се биогас користи у производњи биоводоника реформингом воденом паром, показују да овај сценарио има негативан енергетски биланс, узрокован великом потрошњом енергије за остваривање температуре хемијске реакције реформинга воденом паром. Овом анализом дат је увид у енергетске токове сваке фазе животног циклуса ових енергетских система, почев од обезбеђења сировина за анаеробну дигестију, преко коришћења енергије и коришћења дигестата као ђубрива, што може послужити као полазана основа у пројектовању енергетских параметара будућих биогасних постројења.

У дисертацији је развијена и методологија за оцену емисије у животну средину при примени биогаса у производњи електричне енергије у односу на емисију из референтних фосилних извора (природни гас и колубарски лигнит). Методологија је развијена кроз компаративну

анализу емисија насталих у производњи електричне енергије из постројења која би користила биогаз, укупне снаге 80 MW, са емисијама у сценаријима где је произведена иста количина електричне енергије у постројењима која користе колубарски лигнит и природни гас.

Имплементацијом успостављених модела и предложених решења из ове дисертације у процесу коришћења енергије из биогаза очекује се смањење потрошње енергије посматраних енергетских система, побољшање енергетске ефикасности, повећање коришћења обновљивих извора енергије, као и смањење емисија загађујућих материја у животну средину.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат **Мр Слободан Цветковић** је публикувао шест радова из докторске дисертације и то: један рад у водећем међународном часопису (M21), један рад у истакнутом међународном часопису (M22), два рада у међународном часопису (M23), два рада са међународних скупова штампаних у целини (M33), чиме је верификовао научни допринос своје докторске тезе.

Радови у водећим међународним часописима (M21):

1. **S. Cvetković**, T. Kaludjerović Radoičić, B. Vukadinović, M. Kijevčanin, Potentials and Status of Biogas as Energy Source in the Republic of Serbia, Renewable and Sustainable Energy Reviews 31 (2014) 407-416 (IF (2014) = 5.901; ISSN: 1364-0321)

Радови у истакнутим међународним часописима (M22):

1. **S. Cvetković**, T. Kaludjerović Radoičić, R. Kragić, M. Kijevčanin, Electricity production from biogas in Serbia-assessment of emissions reduction, Thermal Science (2015) doi: [10.2298/TSCI150812189C](https://doi.org/10.2298/TSCI150812189C) (IF (2014) = 1.222; ISSN:0354-9836)

Радови у међународним часописима (M23):

1. **S. Cvetković**, T. Kaludjerović Radoičić, M. Kijevčanin, Perspective of using biogas in Serbia in European context, Energy Sources Part B: Economics, Planning and Policy (2015); in press. (IF (2014) = 0.708; ISSN: 1556-7249 doi 10.1080/15567249.2015.1136973).
2. **S. Cvetković**, T. Kaludjerović Radoičić, B. Vukadinović, M. Kijevčanin, A life cycle energy assessment for biogas energy in Serbia, Energy Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects (2015); in press. (IF (2014) = 0.386; ISSN: 1556-7036 doi 10.1080/15567036.2015.1135207).

Радови са међународних скупова штампани у целини (M33):

1. **S. Cvetković**, T. Kaludjerović Radoičić, R. Kragić, M. Kijevčanin, Potential of environmental benefits from electricity production from biogas in Serbia, V Regional Conference: Industrial Energy and Environmental Protection in South Eastern European Countries IEEP, June 24-27, Zlatibor, Serbia, 2015, ISBN 978-86-7877-025-8.
2. **S. Cvetković**, T. Kaludjerović Radoičić, M. Kijevčanin, Perspective of biogas sector in Serbia in European context, The Eleventh Regional Conference EnE15- ENV.net

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу претходно наведеног, мишљење Комисије је да докторска дисертација кандидата **Мр Слободана Цветковића**, дипл. инж. технологије, под називом **„Моделовање и оптимизација процеса коришћења биогаса у производњи зелене енергије“** представља оригиналан научни допринос предметне области истраживања. Оригиналност докторске дисертације кандидата је потврђена објављивањем више радова у часописима међународног значаја. Постављени предмет и циљеви докторске дисертације су остварени, на основу чега Комисија износи своје мишљење да докторска дисертација под називом **„Моделовање и оптимизација процеса коришћења биогаса у производњи зелене енергије“** у потпуности испуњава све захтеване критеријуме као и да је кандидат током израде дисертације показао научно истраживачку способност у свим фазама ове дисертације.

Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос постигнутих и приказаних резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, да прихвати овај Реферат, пружи на увид јавности поднету докторску дисертацију кандидата **Мр Слободана Цветковића**, дипл. инж. технологије, у законом предвиђеном року, као и да Реферат упути Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и да након завршетка процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 16.05.2016.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Мирјана Кијевчанин, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Татјана Калуђеровић Радоичић, доцент
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Александар Јововић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет