

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

251/5
(Број захтева)

05.05.2013.године
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

РАДМИЛА (АРСЕН) САВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **РАДМИЛО (АРСЕН) САВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ ПЕЛЕТА И БРИКЕТА ОД БИОМАСЕ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ТОПЛОТНЕ ЕНЕРГИЈЕ У СИСТЕМИМА ДАЉИНСКОГ ГРЕЈАЊА БЕОГРАДА

Универзитет је дана 22.05.2009. год. својим актом под бр. 612-25/98/09 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ ПЕЛЕТА И БРИКЕТА ОД БИОМАСЕ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ТОПЛОТНЕ ЕНЕРГИЈЕ У СИСТЕМИМА ДАЉИНСКОГ ГРЕЈАЊА БЕОГРАДА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **РАДМИЛА (АРСЕН) САВИЋА**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 07.02.2013. године, одлуком факултета под бр. 251/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Мирољуб Ацић	Проф. емеритус	Технологија материјала	Машински факултет Београд
2. Др Александар Седмак	Редовни професор	Технологија материјала	Машински факултет Београд
3. Др Маја Тодоровић	Ванредни професор	Термотехника	Машински факултет Београд
4. Др Драган Туцаковић	Ванредни професор	Термотехника	Машински факултет Београд
5. Др Марија Живковић	Доцент	Нафтно рударство, Механизација и аутоматизација у рударству	РГФ Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 04.04.2013. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 251/4
Датум: 04.04.2013. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: др Мирољуб Аџић, професор емеритус, проф.др Александар Седмак, проф.др Маја Тодоровић, проф.др Драган Туцаковић и доц.др Марија Живковић, РГФ Београд о оцени докторске дисертације „Могућност примене пелета и брикета од биомасе за производњу топлотне енергије у системима даљинског грејања Београда“ докторанта мр Радмила Савића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 04.04.2013. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ ПЕЛЕТА И БРИКЕТА ОД БИОМАСЕ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ТОПЛОТНЕ ЕНЕРГИЈЕ У СИСТЕМИМА ДАЉИНСКОГ ГРЕЈАЊА БЕОГРАДА“** докторанта **МР РАДМИЛА САВИЋА**, дипл.инж.маш.

Извештај о оцени и одбрани докторске дисертације, по истеку рока од 30 дана увида јавности, доставља се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, докторанту, ментору и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

**Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Мр Радмила
А. Савића, дипл.инж.**

Одлуком бр. 251/2 од 7.02.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Мр Радмила А. Савића, дипл.инж. под насловом

„Могућност примене пелета и брикета од биомасе за производњу топлотне енергије у системима даљинског грејања Београда“

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:

- Мр. инж. Р. Савић је предложио тему докторске дисертације под насловом „Могућност примене пелета и брикета од биомасе за производњу топлотне енергије у системима даљинског грејања Београда“ 17.12.2008. године. Магистарски рад је одбранио 1999 године на Машинском факултету Универзитета у Београду.
- Прихватање предлога о испуњености услова и научној заснованости теме: Одлука бр.416/2 од 27.04.2009.
- Одобравање рада на теми докторске дисертације: Одлука бр. 665/1 од 10.06.2009.
- Завршетак дисертације и обавештење за Катедру за технологију материјала: допис од 1.02.2013.
- Именовање комисије за оцену и одбрану: Одлука бр. 251/2 од 7.02.2013.

1.2 Научна област дисертације

Научна област коју третира дисертација је сагоревање за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду. Ова научна област свакако спада у групу важних јер се данас преко 90% све светске енергије добија процесом сагоревања.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Мр. инж. Радмило Савић је рођен 1.06.1965. године у Београду, СР Србија. Дипломирао је на Машинском факултету у Београду 1992 године смер за Термотехнику, специјализирао у области „Горива и сагоревање“, а магистрирао 1999 године са темом „Итраживање ефеката распршивања течних горива на емисију NO_x лабораторијских горионика“, такође у области „Горива и сагоревање“ на Машинском факултету у Београду. Лиценце бр. 330 9229 04 и 430 6790 04 одговорног пројектанта и одговорног извођача радова из области термотехничких и гасних инсталација при Инжењерској комори Србије, је стекао 2004. године. Од 1992. до 1997. ради као асистент на Машинском факултету у Београду Лабораторија за горива и сагоревање, од 1997. до 2003. ради у Београдским електранама као главни инжењер за инспекцију котлова, 2003-2004. је директор маркетинга „Унион фрига“, 2004. до 2005. ради као саветник министра у Министарству Рударства и енергетике Србије, у 2005. ради у Агенцији за енергетску ефикасност Србије као саветник, а од 2006. до данас ради као извршни директор ЈКП Београдске електране. Објавио је око 50 радова из области грејања, сагоревања, горива, горионика, биомасе и даљинског грејања. Био је учесник или је водио више домаћих и страних истраживачко-развојних пројеката.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Садржај дисертације

Дисертација је подељена у 6 поглавља:

1. Увод
2. Опис проблема
3. Чврста биомаса.
4. Припреме за испитивања у систему даљинског грејања Београда.
5. Резултати испитивања и анализа.
6. Закључци.

Обим дисертације је 170 страна, са 106 дијаграма и слика, и 42 табеле.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У уводном поглављу аутор објашњава значај проблематике производње енергије, могућности коришћења домаћих ресурса, смањење емисије штетних продуката сагоревања, повећање енергетске ефикасности, увођење обновљивих енергетских извора, односно биомасе и конкретну примену у пракси.

У другом поглављу које се односи на опис и анализу проблема аутор анализира примарне изворе а посебно обновљиве изворе енергије. Основу анализе чини ситуација примене обновљивих енергетских извора у земљама и карактеристике системе даљинског грејања у земљама ЕУ. Затим аутор детаљно анализира енергетску ситуацију, проблематику заштите животне средине као и системе даљинског грејања у нашој земљи.

У следећем поглављу аутор детаљно анализира чврсту биомасу као обновљиви енергетски извор, а затим анализира потенцијале Србије у вези са биомасом. Разматра физичко хемијска својства и карактеристике сагоревања биомасе са посебним акцентом на еколошке аспекте. У наставку аутор даје карактеристике производње и примене брикета и пелета од дрвне биомасе. Посебно анализира проблеме производње и дистрибуције дрвних брикета и пелета. На крају приказује савремене уређаје за сагоревање биомасе.

У поглављу четири аутор је детаљно анализирао проблематику система даљинског грејања Београда и у вези са тим образложио разлоге, значај, приступ, план као и очекиване резултате истраживања. Урађена је детаљна анализа свих котларница и топлана које су у саставу ЈКП „Београдске електране”, а као погонско гориво користе угаљ. Анализирани су сви утицајни параметри: тип, врста и снага котла, начин транспорта и дозирања горива у ложиште, начин увођења ваздуха у ложиште, радни медијум, складишни простор и приступни путеви за велика транспортна возила и претходни налази еколошке инспекције. Као посебан фактор је анализирана близина објеката, њихов број, величина и намена (стамбени, резиденцијални и пословни простори). Сачињен је план и програм испитивања са динамиком појединих активности, који је усаглашен на састанцима стручног тима формираног за потребе овог испитивања. Као објекте у којима је вршио истраживања, аутор је изабрао топлане Барајево, Сремчица и котларнице Сењак, Богословија и Миријевски булевар. Планом је било предвиђено да основне податке представљају параметри уобичајеног рада са угљем а наредног дана, на истом објекту, на истом котлу, понављају се све активности, идентично као да се ради са угљем, али се као гориво користи дрвни пелет односно брикет. Где је било могуће вршена су и испитивања ко-сагоревања угља и биомасе. Вршена су сва стандардна мерења, од количина потрошње горива, праћења свих радних параметара котлова, до мерења емисије од стране акредитоване лабораторије.

Резултати испитивања и анализа дати су у поглављу пет. Аутор приказује врсте мерења, методе и опрему, резултате техничке анализе брикета и пелета, мерења састава продуката сагоревања, мерења потрошње горива и количине пепела. Затим аутор даје детаљне резултате упоредних испитивања у топланама Барајево, Сремчица као и у котларницама Сењак, Богословија и Миријевски булевар. Након систематизације добијених резултата аутор анализира резултате са аспекта перформанси постројења и емисије CO, NO и SO₂. Аутор истражује и налази

корелације емисије CO, коефицијента вишка ваздуха и карактеристичног време боравка у ложишту. Што се тиче емисије NO, нема јасне корелације емисија NO у зависности од коефицијента вишка ваздуха. Како је емисија сумпордиоксида директна функција садржаја горивог сумпора у гориву, примена биомасе је битно смањује емисију сумпор диоксида. Овом анализом резултата и нађеним корелацијама, аутор је поставио општији модел емисије загађујућих продуката сагоревања при коришћењу дрвних брикета и пелета, која обухвата различите конструкције котлова на којима су вршена истраживања.

У закључку аутор указује да спроведена испитивања у реалним условима доказују да је директна замена угља са чврстом биомасом могућа и без реконструкције ложишта и котлова, затим да се резултати могу применити и на велики број котларница и топлана у Србији у даљинским системима грејања која као гориво користе угљ, чиме би се значајно допринело смањењу локалног загађења, као и смањењу емисије CO₂ на глобалном нивоу. Пре евентуалне замене угља чврстом биомасом потребно је урадити претходна испитивања по моделу који је описан у овом раду. Такође, аутор указује на чињеницу да је овим истраживањима поставио модел емисије загађујућих продуката сагоревања при коришћењу дрвних брикета и пелета

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост и оригиналност

Имајући у виду енергетску ситуацију уопште, а посебно у нашој земљи, потребу увођења обновљивих, локалних енергетских извора, ова докторска дисертација третира врло савремену проблематику. Истраживања су оригинална јер обухватају комплексна експериментална истраживања увођења биомасе као основног горива на више котловских постројења различитих конструкција у системима даљинског грејања, без измена на ложиштима и самим котловским постројењима. Аутор је оригиналним приступом показао како добијене резултате искористити за анализу и формирања модела емисије загађујућих продуката сагоревања при коришћењу дрвних брикета и пелета у ложиштима која су иначе наменски конструисана за сагоревање угљева.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

На основу приложеног списка литературе аутор је користио обимну савремену литературу коју је користио на адекватан начин, чиме је осигурао квалитетан и савремен методолошки приступ истраживањима, анализи добијених резултата и формирању сопственог модела сагоревања пелета и брикета.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Концепт аутора је био да уведе биомасу у котловима наменски конструисаним за сагоревање угља у системима даљинског грејања, да на више различитих конструкција котлова изврши систематска испитивања која би обухватала праћење свих кључних перформанси котлова, укључујући и састав продуката сагоревања, и да постави модел сагоревања односно ко-сагоревања угља и биомасе.

Р. Савић је у том свом приступу применио савремен и адекватан научни прилаз: *Анализирао* је проблем генерално и конкретно на бази огромног искуства током вишегодишњег праћења рада више десетина котловских постројења у систему даљинског грејања и извукао одговарајуће закључке. На бази тих сазнања и анализа *поставио је хипотезу* да је могуће у котловима наменски конструисаним за сагоревање угља успешно сагоревати и дрвне брикете и пелете. На бази пажљиво анализираног концепта извршио је серију *експерименталних истраживања* перформанси на више котлова различитих конструкција. Добијене резултате је анализирао и у потпуности *потврдио своју хипотезу*. Као посебно важан резултат ове анализе аутор је *поставио општи полумпиријски модел* којим предвиђа емисију угљен монооксида за котлове мањих и средњих снага са непокретном решетком.

3.4 Применљивост остварених резултата

Применљивост остварених резултата потпуно је потврђена је у пракси. Наиме, имајући у виду комплексност проблематике, ангажовање људских ресурса и опреме, потребна финансијска средства, уобичајено је да се оваква истраживања обављају на једном котловском постројењу. У случају ове дисертације аутор је истраживања обавио на више реалних котловских постројења различитих снага и конструкција, у дужем временском периоду, што му је омогућило да уопшти анализу и формира општи модел примене дрвних брикета и пелета у постојећим котловима наменски конструисаним за сагоревање угља. На тај начин показао је да се добијени резултати могу применити на велики број котларница и топлана у Србији у асистемама даљинског грејања, чиме би се значајно допринело енергетске одрживости, увођењу обновљивих извора енергије, смањењу загађења, као и смањењу емисије CO₂ на глобалном нивоу.

3.5 Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Чланови комисије сматрају да је кандидат овим, и уопште својим досадашњим радом, показао смисао, знање и способности да у потпуности самостално дефинише и решава комплексне инжењерске и научно-истраживачке проблеме примењујући савремене теоријске и експерименталне научне методе.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Нови резултати

Формирање базе података о упоредном сагоревању угља и дрвних брикета и пелета на бази дуготрајних експериментална истраживања у више постојећих котловских постројења различитих конструкција која су наменски развијана за сагоревање угља.

Унапређење методе

Директна замена угља чврстом биомасом без реконструкција и финансијских улагања, уз избор одговарајуће геометрије прерађене отпадне дрвне биомасе и уз прилагођавање основних радних параметара – количине дозираног горива и распореда ваздуха у ложишту котлова.

Нови модел

На бази сопствених истраживања аутор је развио оригинални полуемпиријски модел предвиђања емисије угљен монооксида за котлове мањих и средњих снага са непокретном решетком.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Резултати истраживања ова дисертације су потврдили исправност концепције аутора чиме су у потпуности остварени циљеви тезе. Аутор је извршио дуготрајна и обимна експериментална истраживања сагоревања биомасе у више котловских постројења чиме је значајно превазишао уобичајен концепт коришћења једног котла. На тај начин формирао је веома обимну базу података који су нови резултат у међународним размерама. На бази анализе ових истраживања аутор је унапредио методу сагоревања биомасе омогућивши директну замену угља биомасом без реконструкција котлова а уз прилагођавање основних радних параметара – количине дозираног горива и распореда ваздуха у ложишту. Такође, аутор је развио сопствени модел предвиђања емисије угљен монооксида за котлове мањих и средњих снага

4.3 Верификација научних доприноса

Доприноси ове докторске дисертације су верификовани публикованим радовима, конференцијама и симпозијумима, као и у оквиру европског Оквирног програма FP7.

Категорија M23

Adžić Miroljub M., Savić Radmilo A., „Cooling of wood briquettes“, *Thermal Science*, 2013 OnLine-First (00): DOI:10.2298/TSCI121106009A UPDATE: According to Thomson Scientific Citation Index list, current citation impact factor of Thermal Science journal is 1.18.

Категорија M33

R. Savić, P. Vasiljević, M.Adžić: „Possible Utilization of Briquettes and Pellets for District Heating Systems“, *Proceedings, Conference on District Energy*, pp 132-36, (2009) Portoroz, Slovenija.

Категорија.M34

R. Savić, P. Vasiljević, M.Adžić: „Results of replacement of coal with wood Briquettes and Pellets in District Heating System of Belgrade“, *World Sustainable Energy Day*, 02.-05.03.2010. Wels-Linz, Austria.

Категорија M52

R. Savić, P. Vasiljević, M.Adžić: Mogućnost primene briketa i peleta u sistemima daljinskog grejanja; *Klimatizacija, grejanje, hladjenje*, Vol. 39, br. 3, str. 31-36 (2010)

Категорија ОП7

FP7 пројект: „Balanced European Conservation Approach – ICT services for resource saving in social housing BECA“, Grant Agreement No 27098, (2011-2013); учесник.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Дисертација је вредан допринос у области сагоревања биомасе у котловима система даљинског грејања. На основу спроведених испитивања у реалним условима аутор је показао да је директна замена угља са чврстом биомасом могућа без реконструкције ложишта и котлова, а да се резултати могу применити на велики број котларница и топлана у Србији у даљинским системима грејања која као гориво користе угаљ, чиме би се значајно допринело смањењу локалног загађења као и смањењу емисије CO₂ на глобалном нивоу. Анализом резултата и изведеним корелацијама, аутор је поставио општији модел емисије загађујућих продуката сагоревања при коришћењу дрвних брикета и пелета. Резултати ове дисертације се већ неколико година успешно примењују у реалним котловским постројењима „Београдских електрана“. Кандидат је овим, и уопште својим досадашњим радом, показао смисао, знање и способности да у потпуности самостално дефинише и решава комплексне инжењерске и научно-истраживачке проблеме примењујући савремене теоријске и експерименталне научне методе.

Предлог Комисије наставно-научном већу:

На основу изложеног, чланови комисије су једногласно закључили да докторска дисертација „Могућност примене пелета и брикета од биомасе за производњу топлотне енергије у системима даљинског грејања Београда“, кандидата мр Радмила Савића, дипл.маш.инж. испуњава све формалне (законске) и стварне (научне) услове предвиђене за докторску дисертацију и предлаже Научно-наставном већу да овај извештај усвоји у целости и у складу са Законом о Универзитету и Статутом Машинског факултета предузме потребне активности ради стицања неопходних услова за заказивање јавне одбране.

6. ПОТПИСНИЦИ ИЗВЕШТАЈА

Чланови Комисије:

Проф. емеритус, др Мирољуб Ацић
Машински факултет Универзитета у Београду

Проф. др Александар Седмак,
Машински факултет Универзитета у Београду

Проф. др Маја Тодоровић
Машински факултет Универзитета у Београду

Проф. др Драган Туцаковић,
Машински факултет Универзитета у Београду

Доц. др Марија Живковић
Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 251/5
Датум: 04.04.2013. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 128. Закона о високом образовању и члана 12.2 Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 04.04.2013. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео мр РАДМИЛО САВИЋ и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: „МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ ПЕЛЕТА И БРИКЕТА ОД БИОМАСЕ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ТОПЛОТНЕ ЕНЕРГИЈЕ У СИСТЕМИМА ДАЉИНСКОГ ГРЕЈАЊА БЕОГРАДА“

II Универзитет је дана 22.05.2009. године, својим актом број 612-25/98/09 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

1. Adžić Miroljub M., Savić Radmilo A., „Cooling of wood briquettes“, *Thermal Science*, 2013 OnLine-First (00): DOI:10.2298/TSCI121106009A UPDATE: According to Thomson Scientific Citation Index list, current citation impact factor of Thermal Science journal is 1.18.

Одлуку доставити: кандидату, ментору, Катедри за Технологију материјала и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић