

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА  
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

ПРИМЉЕНО	Број	Прилог	Вредност
23.02.2015			
011558			

**НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ**

**Предмет:** Извештај Комисије за оцену писаног дела и усмену јавну одбрану докторске дисертације кандидата Драгана Цветковића, дипл. маш. инж.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, број 01-1/475-7 од 19.02.2015 године именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Драгана Цветковића, дипл. маш. инж. и теме докторске дисертације под насловом:

**„УНАПРЕЂЕЊЕ ЕНЕРГЕТСКО-ЕКСЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ  
ПРИМЕНОМ ПАНЕЛНИХ СИСТЕМА ЗА ГРЕЈАЊЕ КУЋА СА НЕТО-НУЛТОМ  
ПОТРОШЊОМ ЕНЕРГИЈЕ“**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја о подобности кандидата и теме за докторску дисертацију, која је одобрена за израду одлуком Факултета инжењерских наука у Крагујевцу бр. 01-1/2269-8 од 20.09. 2012. године, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области**

Докторска дисертација кандидата Драгана Цветковића, дипломираног машинског инжењера, под насловом „Унапређење енергетско-ексергетске ефикасности применом панелних система за грејање кућа са нето-нултом потрошњом енергије“, представља резултат научно-истраживачког рада кандидата у актуелној научној области која се односи на теоријско и експериментално испитивање панелних система грејања. Са аспекта предмета истраживања и добијених резултата, ова дисертација представља јединствен научни рад.

Кандидат је извршио критичку анализу и систематизацију постојећих знања, искустава и научних резултата компетентних истраживача из области истраживања ове докторске дисертације. На основу спроведене анализе предности и недостатака до сада коришћених приступа у овој области, метода и модела, кандидат је дефинисао предмет и циљ сопствених истраживања.

Значај и допринос ове докторске дисертације везани су испитивање могућности унапређења панелних система грејања са енергетско-ексергетског аспекта. Првобитно спроведена нумеричка истраживања довела су до развоја новог концепта „подно-плафонско“ грејање. Подно-плафонско грејање се путем нумеричких метода показало као систем са најбољим карактеристикама у поређењу са познатим принципима

панелног грејања (подно, зидно и плафонско). Нумеричким истраживањима се дошло до граничних вредности трансформације примарне енергије, након којих панелни системи повезани на геотермалну топлотну пумпу троше мање енергије него панелни системи повезани на гасне котлове. Такође, нумеричким истраживањима се дошло до оптималних дебљина термоизолације код самих панела, а и код кућа које користе панелне система грејања. У циљу верификације нумеричких истраживања спроведено је и експериментално испитивање панелних система у лабораторијским условима на тест моделу. Такође, у дисертацији је развијен и математички модел „подно-плафонског“ панела. На основу анализираних нумеричких и експерименталних резултата истраживања, закључено је да постоји оправданост коришћења предложеног „подно-плафонског“ панела за грејање кућа. Такође, успостављене су релације у циљу унапређења постојећих панелних система грејања.

## **2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области**

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Драгана Цветковића, дипломираног машинског инжењера, под насловом „**Унапређење енергетско-ексергетске ефикасности применом панелних система за грејање кућа са нето-нултом потрошњом енергије**“, представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је веома актуелна и значајна за развој науке у области нумеричких и експерименталних испитивања панелних система грејања. Кандидат је тему обрадио студиозно и детаљно, користећи при томе теоријске основе научних дисциплина релевантних за ову проблематику. Критички је анализирао и вредновао бројне научне радове који се односе на проблематику разматрану у оквиру ове дисертације.

Оригиналност научног рада, истраживања и резултата остварених у оквиру ове дисертације огледа се, између осталог, у следећим елементима:

- Анализом релевантних радова из области панелних система грејања, кандидат је закључио да не постоји поређење између постојећих врсти панелног грејања. Првобитно спроведеном нумеричком анализом направио је међусобно поређење између познатих панелних система и дошао је до новог концепта „подно-плафонско грејање“, које се показало као грејање се најбољим карактеристикама. У наставку нумеричких истраживања кроз постојеће панелне систем грејања и кроз новоразвијани концепт „подно-плафонског“ грејања анализирани су и други параметри. Тако се дошло до оптималних дебљина термоизолације код самих панела, а и код кућа које користе панелне системе грејања. Ово је важно, јер тренутно важеће домаће и европске регулативе нису узеле у обзир механизме преноса топлоте који постоје код панелних система грејања. Такође, у оквиру нумеричких истраживања урађена је анализа топлотних извора код панелних система, и дошло се до граничних вредности коефицијената трансформације примарне енергије.
- У оквиру ове дисертације поред спроведених нумеричких испитивања спроведено је и експериментално испитивања панелних система грејања. Испитивање је спроведено у лабораторијским условима на тест моделу. Експериментално спроведена испитивања су потврдила нумерички добијене резултате, односно да новоразвијани концепт „подно-плафонског“ грејања има најбоље карактеристике. Такође, спроведено је и мерење топлотног флукса панелних система грејања.

- Поред спроведених нумеричких и експерименталних истраживања, у оквиру ове дисертације, кандидат је развио математички модел „подно-плафонског“ панела. Такође, математички модел је симулиран у програму MatLab и добијене симулације су показале подударање са експериментално добијеним резултатима.

### 3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

Драган Цветковић је рођен 04. јула 1983. године у Смедереву. Основну школу "Бранислав Нушић" завршио 1998 године у Смедереву. Четврти степен стручне спреме, образовног профила машински техничар, стекао је у "Техничкој школи" у Смедереву, 2002. године.

На студије машинства уписао се школске 2002/03 год., на Машинском факултету у Краљеву, на смеру „Топлотна техника и заштита животне средине“. У новембру 2007 године завршава студије у року (5 година) са просечном оценом 8.40 (осам и 40/100). Дипломски рад је радио из предмета Климатизација, грејање и хлађење под називом "Пројектовање система климатизације пословног објекта“ и одбранио га са оценом 10 (десет).

У фебруару 2008 године по основу одлично урађеног дипломског рада награђен је наградом за промоцију науке у Србији а од стране Савеза инжењера и техничара Србије.

Од 2008 до 2011. године био је запослен у индустрији где је радио на пословима пројектовања и извођења термотехничких, процесних и гасних инсталација. Урадио је велики број пројеката из ових области и учествовао у извођењу истих.

На докторске студије уписује се школске 2008/2009. године на Машинском факултету у Крагујевцу, област Енергетика и процесна техника, под менторством проф. др Милорада Бојића, ред. проф. Од 2011. године запослен је на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу као истраживач-сарадник, а кроз ангажовање на пројекту Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије под називом „Истраживање и развој Српске нето-нулте енергетске куће“ (ТР-33015). Активно је изводио или изводи аудиторне и лабораторијске вежбе на матичном факултету из следећих предмета: Термодинамика; Грејање, климатизација и соларна енергија; Уређаји и постројења за грејање и климатизацију; Соларна техника; Истраживачки рад у машинству; Електротехника са електроником и Машински материјали.

Као аутор или коаутор објавио је 58 научна рада (7 радова у врхунском међународном часопису, 2 рада у међународним часописима, 3 рад у водећем часопису националног значаја, 3 рада у часопису националног значаја, 42 саопштења на међународним скуповима штампаних у целини, учествовао је у реализацији 1 техничког решења, и то:

#### Рад у врхунском међународном часопису [M<sub>21</sub>]

1. Bojic Milorad, Miletic Marko, Malesevic Jovan, Djordjevic Slobodan, Cvetkovic Dragan, Influence of additional storey construction to space heating of a residential building, Energy and Buildings, (2012), Vol.54, pp. 511-518, ISSN 0378-7788, Doi 10.1016/j.enbuild.2012.02.056

2. Bojic Milorad, Djordjevic Slobodan, Malesevic Jovan, Miletic Marko, Cvetkovic Dragan, A simulation appraisal of a switch of district to electric heating due to increased heat efficiency in an office building, *Energy and Buildings*, (2012), Vol.50, pp. 324-330, ISSN 0378-7788, Doi 10.1016/j.enbuild.2012.04.004
3. Bojic Milorad, Djordjevic Slobodan, Stefanovic Andreja, Miletic Marko, Cvetkovic Dragan, Decreasing energy consumption in thermally non-insulated old house via refurbishment, *Energy and Buildings*, (2012), Vol.54, pp. 503-510, ISSN 0378-7788, Doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.03.045>
4. Bojić Milorad, Cvetković Dragan, Miletić Marko, Malešević Jovan, Boyer Harry, Energy, cost, and CO2 emission comparison between radiant wall panel systems and radiator systems, *Energy and Buildings*, (2012), Vol.54, pp. 496-502, ISSN 0378-7788, Doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.04.024>,
5. Bojic Milorad, Cvetkovic Dragan, Marjanovic Vesna, Blagojevic Mirko, Djordjevic Zorica, Performances of Low Temperature Radiant Heating Systems, *Energy and buildings*, (2013), Vol.61, pp. 233-238, ISSN 0378-7788, Doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.02.033>
6. Cvetkovic Dragan, Bojic Milorad, Optimization of thermal insulation of a house heated by using radiant panels, *Energy and Buildings*, (2014), Vol.85, pp. 329-336, ISSN 0378-7788, Doi 10.1016/j.enbuild.2014.09.043,
7. Bojic Milorad, Cvetkovic Dragan, Bojic Ljubiša, Decreasing energy use and influence to environment by radiant panel heating using different energy sources, *Applied Energy*, (2015), Vol.138, pp. 404-413, ISSN 0306-2619, Doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.10.063>

#### **Рад у међународном часопису [M<sub>23</sub>]**

1. Bojic Milorad, Parvedy Alexander Patou, Miranville Frederic, Bigot Dimitri, Cvetkovic Dragan, Djordjević Slobodan and Nikolić Danijela, Photovoltaic electricity production in a residential house on Reunion, *Journal of Energy in Southern Africa*, (2013), Vol.24, No.2, pp. 50-56, ISSN 1021-447x
2. Cvetkovic Dragan, Susterstic Vanja, Gordic Dusan, Bojic Milorad, Stosic Srdjan, Performance of single-stage rotating biological contactor with supplemental aeration, *Environmental Engineering and Management Journal*, (2014), Vol.13, No.3, pp. 681-688, ISSN 1582-9596

#### **Саопштење са међународног скупа штампано у целини [M<sub>33</sub>]**

1. Dragan Cvetkovic, Milorad Bojic, Poređenje panelnih sistema i radijatorskih sistema grejanja u pogledu potrošnje energije i ekonomije primene, 41. Međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, Beograd, 2010, 03.Decembar.2010, pp. 359-69, ISBN 978-86-81505-55-7
2. Danijela Nikolić, Jasmina Skerlić, Marko Miletic, Dragan Cvetkovic i Milorad Bojic, Modelling of mechanical ventilation systems in buildings using energyplus software, 42. International Congress on Heating, Refrigerating and Air - Conditioning, Beograd, 2011, 01.12, pp. 427-435, ISBN 978-86-81505-61-8
3. Dragan Cvetković, Marko Miletic, Jasmina Skerlić, Danijela Nikolić, Milorad Bojic, Comparison of performance of low temperature panel heating systems, 42.

- International Congress on Heating, Refrigerating and Air - Conditioning, Beograd, 2011, 01.12, pp. 335-345, ISBN 978-86-81505-61-8
4. Dragan Cvetković, Milorad Bojić, Energy, Exergy, CO<sub>2</sub> Emission, and Economic Comparison Between Low Temperature Radiant Panel Systems and Radiator Systems, 24th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems (ECOS 2011), Novi Sad, 2011, July, 4-7, pp. 2137-2148, ISBN 978-86-6055-016-5
  5. Dragan Cvetković, Milorad Bojić, Novak Nikolić, Comparison of panel-heating systems and radiator-heating systems regarding energy consumption and economy, 20th International conference: Building services and ambiental comfort, Timisoara, Romania,, 2011, 7-8.APRIL, pp. 393-407, ISBN 1842-9491
  6. Jasmina Skerlić, Danijela Nikolić, Dragan Cvetković, Marko Miletić, Novak Nikolić, Modelling of natural ventilation systems in buildings using energyplus software, 42. International Congress on Heating, Refrigerating and Air - Conditioning, Beograd, 2011, 01.12, pp. 418-426, ISBN 978-86-81505-61-8
  7. Novak Nikolić, Nebojša Lukić, Dragan Cvetković, Determinig of the instantaneous irradiated are of the lower absorber surface of the double exposure flat-plate solar collector, International Conference Building services and ambiental comfot, 20-th Edition, Timisoara-Romania, 2011, 7-8.April, pp. 271-91, ISBN 1842-9491
  8. Danijela Nikolic , Milorad Bojic, Jasna Radulovic, Jasmina Skerlic, Dragan Cvetkovic, Heat recovery mechanical ventilation system and indoor air quality in buildings in energyplus environment, 43rd International congress & exhibition on heating, refrigeration and air conditioning, Belgrade, 2012, 6.December 2012, pp. 299-308, ISBN 978-86-81505-64-9
  9. Danijela Nikolić, Milorad Bojić, Jasmina Skerlić, Jasna Radulović, Dragan Cvetković, Estimating the indoor air quality in buildings with heat recovery mechanical ventilation systems, 6th International Quality Conference, Kragujevac, 2012, June 08th 2012, pp. 809-816, ISBN 978 - 86 - 86663 - 82 - 5
  10. Dragan Cvetković, Milorad Bojić, Jasmina Skerlić, Danijela Nikolić, Marko Miletić, The impact of the timestep on the overhang lengths optimisation, 43rd International congress & exhibition on heating, refrigeration and air conditioning, Belgrade, 2012, 6.12.2012, pp. 339-346, ISBN 978-86-81505-64-9
  11. Dragan Cvetković, Milorad Bojić, Marko Miletić, Danijela Nikolić, Jasmina Skerlić, Influence of the timestep on results of overhang optimization, 6th International Quality Conference, Kragujevac, 2012, June 08th 2012, pp. 511-516, ISBN 978 - 86 - 86663 - 82 - 5
  12. Jasmina Skerlic, Milorad Bojic, Danijela Nikolić, Dragan Cvetković, Jasna Radulović, Optimal slope of a solar collector using particle swarm optimization algorithm, 43rd International congress & exhibition on heating, refrigeration and air conditioning, Belgrade, 2012, 6.December .2012, pp. 153-162, ISBN 978-86-81505-64-9
  13. Jasmina Skerlić, Milorad Bojić, Danijela Nikolić, Dragan Cvetković, Vesna Marjanović, Optimal slope for installation of a solar collector, 6th International Quality Conference, Kragujevac, 2012, June 08th 2012, pp. 823-830, ISBN 978 - 86 - 86663 - 82 - 5
  14. M.Bojic, J.Skerlic, D.Nikolic, D.Cvetkovic, M.Miletic, Toward Future: Positive Net-Energy Buildings, 4th International Symposium on Explotation of Renewable Energy Sources, Subotica, 2012, March 9-10, pp. 49-54, ISBN 978-86-85409-70-7

15. Marko Miletic, Milorad Bojic, Ivan Miletic, Nenad Kostic, Dragan Cvetkovic, Influence of solar distribution models to energyplus prediction, 6th International Quality Conference, Kragujevac, 2012, June 08th 2012, pp. 837-844, ISBN 978 - 86 - 86663 - 82 - 5
16. Milorad Bojic, Dragan Cvetkovic, Jasmina Skerlic, Danijela Nikolic, Performances of Low Temperature Radiant Heating Systems, The Second International Conference on Building Energy and Environment (COBEE2012), Boulder, Colorado, US, 2012, August 1-4, pp. 1299-1306, ISBN 978-0-9816881-9-0
17. Milorad Bojic, Jasmina Skerlic, Dragan Cvetkovic, Danijela Nikolic, Marko Miletic, Positive net buildings: simulations and optimization, International Conference Building services and ambiental comfort, 21-th Edition, Timisoara, 2012, 18-20 April, pp. 250-259, ISBN 1842-9491
18. V. Rankovic, M. Bojic, M. Miletic, D. Cvetkovic, I. Nikolic, Prediction of energy consumption in residential house using neuro fuzzy system, 43rd International congress & exhibition on heating, refrigeration and air conditioning, Belgrade, 2012, 6.December 2012, pp. 193-200, ISBN 978-86-81505-64-9
19. Vesna Rankovic, Milorad Bojic, Dragan Cvetkovic, Marko Miletic, Ilija Nikolic, Forecasting energy consumption in residential house during heating period using feedforward neural networks, 6th International Quality Conference, Kragujevac, 2012, June 08th 2012, pp. 853-860, ISBN 978 - 86 - 86663 - 82 - 5
20. Djordjevic Zorica, Jovanovic Sasa, Bojic Milorad, Cvetkovic Dragan, Adamovic Dragan, The influence of electrical appliances on spending energy in households, International conference on accomplishments in electrical and Mechanical Engineering and Information Technology, Banja Luka, BiH, 2013, 30th May - 1th June, pp. 779 - 784, ISBN 978-99938-39-46-0
21. Dragan Cvetkovic, Milorad Bojic, Verimir Stefanovic, Dragan Taranovic, Marko Miletic, Sasa Pavlovic, Development of experimental procedure for investigation low-temperature heating systems, 7th International Quality Conference, Kragujevac, 2013, May 24th 2013, pp. 79-84, ISBN 978-86-86663-94-8
22. Dragan Cvetkovic, Milorad Bojic, Vesna Rankovic, Danijela Nikolic, Jasmina Skerlic, Improving energy efficiency of panel heating systems using GSHP and PV panels, The second international conference on renewable electrical power sources, Belgrade, 2013, 16th-18th October, pp. 45, ISBN 978-86-81505-68-7
23. Dragan Cvetkovic, Milorad Bojic, Vesna Rankovic, Marko Miletic, A. P. Parvedy, Optimization of the thermal insulation of the radiant panels, International conference on accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology, Banja Luka, BiH, 2013, 30th May - 1th June, pp. 755 - 764, ISBN 978-99938-39-46-0
24. Dragan Cvetkovic, Milorad Bojic, Vesna Rankovic, Danijela Nikolic, Jasmina Skerlic, Exergy efficiency of panel heating systems at different heat source, 44th International congress & exhibition on heating, refrigeration and air conditioning, Belgrade, 2013, 4-6.XII, pp. 251-258, ISBN 978-86-81505-69-4
25. Dragan Taranovic, Dragan Cvetkovic, Marko Miletic, Milorad Bojic, Measurement installation in the model house for measuring energy efficiency with different heating panels and thermal insulation and thickness, 44th International congress & exhibition on heating, refrigeration and air conditioning, Belgrade, 2013, 4-6. XII, pp. 189-194, ISBN 978-86-81505-69-4

26. J. Skerlić, M. Bojić, D. Nikolić, J. Radulović, D. Cvetković, A key review on exergetic analysis and assessment of solar energy systems for a sustainable future, The second international conference on renewable electrical power sources, Belgrade, 2013, 16th-18th October, pp. 44, ISBN 978-86-81505-68-7
27. M. Bojic, A. Patou-Parvedy, J. Skerlic, D. Cvetkovic, M. Miletic, Envelope design support to thermal comfort in house without use of electricity, Sth International Symposium on Exploitation of Renewable Energy Sources (EXPRES 2013), Subotica, Serbia, 2013, 21-23, March, pp. 42-45, ISBN 978-86-85409-82-0
28. Marko Miletic, Ivan Miletic, Dragan Cvetkovic, Nenad Kostic, Milorad Bojic, Comparison of building envelope types depending on the thermal insulation layer position, International conference on accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology, Banja Luka, BiH, 2013, 30th May - 1th June, pp. 605-612, ISBN 978-99938-39-46-0
29. Milorad Bojić, Dragan Cvetković, Marko Miletić, Slobodan Đorđević, Danijela Nikolić, Optimisation of the depths of horizontal roof overhangs during a cooling season, International Conference Building Services And Ambiental Comfort, 22-th Edition, Timisoara, Romania, 2013, 11.04.2013.-12.04.2013, pp. 267-278, ISBN 1842-9491
30. Milorad Bojić, Marko Miletić, Dragan Cvetković, Optimization of size of overhangs with and without solar collectors, 26 th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, Guilin, Guangxi, China, 2013, 16-19 July
31. Nenad Miloradovic, Ivan Miletic, Marko Miletic, Dragan Cvetkovic, Milorad Bojic, Influence of proper window selection on energy consumption during a year, International conference on accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology, Banja Luka, BiH, 2013, 30th May - 1th June, pp. 679 - 686, ISBN 978-99938-39-46-0
32. Slobodan Djordjevic, Milorad Bojic, Dragan Cvetkovic, Jovan Malesevic, Marko Miletic, Influence of house shadowing to the consumption of primary energy for heating, cooling, and lighting, 7th International Quality Conference, Kragujevac, 2013, May 24th 2013, pp. 291-302, ISBN 978-86-86663-94-8
33. Vesna Rankovic, Milorad Bojic, Aleksandar Novakovic, Dragan Cvetkovic, Marko Miletic, Fuzzy controller synthesis for building shading control, 7th International Quality Conference, Kragujevac, 2013, May 24th 2013, pp. 517-522, ISBN 978-86-86663-94-8
34. Danijela Nikolic, Milorad Bojic, Jasmina Skerlic, Zorica Djordjevic, Dragan Cvetkovic, Optimization of energy consumption of serbian positive-net energy building, 8th International Quality Conference, Kragujevac, 2014, 23rd May, pp. 887-892, ISBN 978-86-6335-004-5
35. Dragan Cvetković, Milorad Bojić, Dragan Taranović, Experimental investigation of performances of panel heating systems, 45th International congress & exhibition on heating, refrigeration and air conditioning, Belgrade, 2014, 3-5.XII, pp. on CD, ISBN 978-86-81505-75-5
36. Dragan Cvetkovic, Milorad Bojic, Vesna Rankovic, Nenad Kostic, Jasmina Skerlic, Danijela Nikolic, Experimental procedure for investigation of electric panel heating systems, 8th International Quality Conference, Kragujevac, 2014, 23rd May, pp. 693-698, ISBN 978-86-6335-004-5

37. Jasmina Skerlic, Milorad Bojic, Danijela Nikolic, Jasna Radulovic, Dragan Cvetkovic, Optimal position of solar collectors: a review, 8th International Quality Conference, Kragujevac, 2014, 23 May, pp. 655-660, ISBN 978-86-6335-004-5
38. Jasmina Skerlić, Milorad Bojić, Danijela Nikolić, Jasna Radulović, Dragan Cvetković, Maximizing performances of a solar domestic hot water system through optimum solar collector slope and azimuth angles using the hooke jeeves algorithm, 45th International congress & exhibition on heating, refrigeration and air conditioning, Belgrade, 2014, 3-5.XII, pp. on CD, ISBN 978-86-81505-75-5
39. M. Bojic, Lj . Bojic and D. Cvetkovic, Rebound Effects in Reduction of Energy Consumption in Buildings, 6th International Symposium on Exploitation of Renewable Energy Sources and Efficiency, Subotica, 2014, March 27-29, pp. 50-53, ISBN 978-86-85409-96-7
40. Milos Matejic, Mirko Blagojevic, Nenad Petrovic, Dragan Cvetkovic, Milorad Bojic, Influence of the means, intensity and possibilities of exploiting low-rise buildings on energy savings and results of their optimization, 8th International Quality Conference, Kragujevac, 2014, 23rd May, pp. 761-766, ISBN 978-86-6335-004-5
41. Nenad Kostic, Milos Matejic, Gordana Bogdanovic, Dragan Cvetkovic, Milorad Bojic, Determining geometrical parameters of external walls on low-rise residential buildings with gable and pitched roofs and optimization of its ecological parameters, 8th International Quality Conference, Kragujevac, 2014, 23rd May, pp. 755-760, ISBN 978-86-6335-004-5
42. Vesna Rankovic, Milorad Bojic, Dragan Cvetkovic, Computational intelligence model for the heat dynamics of buildings, 8th International Quality Conference, Kragujevac, 2014, 23rd May, pp. 797-802, ISBN 978-86-6335-004-5

#### **Рад у водећем часопису националног значаја [M<sub>51</sub>]**

1. Marko Miletić, Dragan Cvetković, Jasmina Skerlić, Danijela Nikolić, Milorad Bojić, Optimizacija toplotne izolacije radi uštede energije, Klimatizacija grejanje hlađenje KGH, Vol.41, No.3, pp. 67-70, ISSN 0350-1426, 2012
2. Milorad Bojić, Jasmina Skerlić, Dragan Cvetković, Danijela Nikolić, Marko Miletić, Positive net buildings:simulations and optimization, Instalatorul, Vol.5, No.1, pp. 38-41, ISSN 1223-7418, 2012
3. Dragan Cvetković, Milorad Bojić, Srđan Stošić, Organic removal in single-stage rotating biological contactor with supplemental aeration, Magazine of the association for water technology and sanitary engineering, , Vol.1, No.4-5, pp. 37-44, ISSN 0350-5049, 2013

#### **Рад у часопису националног значаја [M<sub>52</sub>]**

1. Dragan Cvetković, Milan Despotović, Primena sbr sistema u precišćavanju komunalnih otpadnih voda sa parametarskim modelom postrojenja, Vodoprivreda, Vol.43, No.1-3, pp. 79-87, ISSN 0350-0519, 2011
2. Dragan Cvetković, Vanja Šušteršič, Uperedni pregled karakteristika rotacionih biodiskova i sekvencijalnih faznih reaktora za tretman komunalnih otpadnih voda, Vodoprivreda, Vol.43, No.4-6, pp. 249-257, ISSN 0350-0519, 2011



3. Dragan Cvetković, Milan Despotović, Milorad Bojić, The possibility application of biogas plant, Journal on processing and energy in agriculture, Vol.16, No.3, pp. 123-127, ISSN 1821-4487, 2012

**Прототип, нова метода, софтвер, стандардизован или атестиран инструмент, нова генска проба, микроорганизми [M<sub>85</sub>]**

1. Milan Despotovic, Milorad Bojic, Nebojisa Lukic, Dragan Adamovic, Dragan Taranovic, Dragan Cvetkovic, Softver za podršku razvoju kuće neto nulte energetske potrošnje, TR-62/2012, Ministarstvo za prosvetu i nauku RS, Kragujevac, 2012

**4. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему**

Докторска дисертација кандидата Драгана Цветковића, дипломираног машинског инжењера под насловом „Унапређење енергетско-ексергетске ефикасности применом панелних система за грејање кућа са нето-нултом потрошњом енергије“, одговара по обиму и садржају прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука и Стручног већа Универзитета у Крагујевцу. По квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација.

Резултати истраживања су у писаном делу докторске дисертације изложени на укупно 129 стране. У раду је приказано 96 графичких илустрација и цитирано је 59 библиографских података. Излагање је сврстано у 13 поглавља:

1. Увод
2. Преглед литературе
3. Алати нумеричке анализе
4. Развијени математички модел панелног грејања у програму EnergyPlus
5. Модел анализиране куће и система грејања
6. Анализирани параметри поређења
7. Нумеричка истраживања
8. Експериментална истраживања
9. Верификација експерименталног модела помоћу програма EnergyPlus
10. Математички модел експерименталног подно-плафонског панела
11. Закључак
12. Литература
13. Додатак

У поглављу 1 (Увод) су приказана уводна разматрања проблема панелних система грејања.

Поглавље 2 (*Преглед литературе*) садржи преглед релевантних научних радова. Анализирани су теоријски и експериментални резултати досадашњих истраживања.

У трећем поглављу (*Алати нумеричке анализе*) извршен је кратак преглед програма коришћених у оквиру нумеричких истраживања. Коришћени су програми *EnergyPlus*, *GoogleSketchUp*, *OpenStudio* и *GentOpt*. Нумеричка истраживања су спроведена уз помоћ програма *EnergyPlus* који је проверен (валидиран) и као такав добро познат научној јавности. Креирање модела је урађено у оквиру програма *GoogleSketchUp*, а повезивање креираног модела у програму *EnergyPlus* је урађено коришћењем програма *OpenStudio*. Део нумеричких истраживања се заснивало на оптимизацији, која је урађена коришћењем методе *HukeandJeeves*, а помоћу програма *GentOpt*.

У четвртном поглављу (*Развијени математички модел панелног грејања у програму EnergyPlus*) приказан је развијени математички модел панелног грејања који се користио у нумеричким истраживањима, а кроз програм *EnergyPlus*. Математички модел је приказан у циљу разумевања спроведене нумеричке анализе и принципа термичког понашања панелних система у оквиру програма *EnergyPlus*.

У петом поглављу (*Модел анализираних куће и система грејања*) приказани су архитектонски параметри анализираних куће. Такође, приказани су и коришћени системи грејања, коришћени панелни системи и системи генерисања топлоте.

У шестом поглављу (*Анализирани параметри поређења*) приказани су анализирани параметри поређења, односно параметри за оцену система у енергетском, ексергетском, еколошком и економском смислу.

У седмом поглављу (*Нумеричка истраживања*) приказана су спроведена нумеричка истраживања, односно извршено је поређење кроз аспекте наведене у шестом поглављу. Прво спроведено истраживање на тему поређења карактеристика панелних система приказано је у поглављу 7.1. Ово истраживање је дефинисало нови концепт панелног грејања назван „одно-плафонско“ грејање и утемељило пут дисертације. У поглављу 7.2 извршена је анализа генератора топлоте код панелних система грејања. Спроведена анализа је довела и до одређивања граничних вредности коефицијената трансформације примарне енергије, након којих геотермалне топлотне пумпе постају ефикасније са аспекта потрошње примарне енергије. У поглављу 7.3 спроведено је истраживање на тему оптимизације дебљина термоизолација и код самих панела и на грађевинским склоповима код кућа које користе панелне системе грејања. У поглављу 7.4 приказана је анализа ексергије и то на нивоу утрошене и уништене ексергије и ексергетске ефикасности.

У осмом поглављу (*Експериментална истраживања*) приказана је спроведена експериментална процедура. Спроведена је са намером верификације нумеричких истраживања. Такође, спроведена је и анализа топлотног флукса кроз панелне системе грејања.

У деветом поглављу (*Верификација експерименталног модела помоћу програма EnergyPlus*) извршена је верификација експерименталног истраживања кроз програм

EnergyPlus. Односно, експериментални модел је симулиран кроз програм *EnergyPlus* и резултати су упоређени са експериментално добијеним.

У десетом поглављу (*Математички модел експерименталног подно-плафонског панела*) приказан је математички модел подно-плафонског панела, који је развијен у оквиру ове дисертације.

У једанаестом поглављу (*Закључак*) приказана су закључна разматрања.

У дванаестом поглављу (*Литература*) дат је приказ библиографских података коришћених у овом раду.

У последњим поглављу (*Додатак*) дат је код за креирање временског фајла као и шема математичког модела у *Simulink*-у.

## 5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Драган Цветковић, дипломирани машински инжењер је у оквиру докторске дисертације извршио систематизацију постојећих знања и искустава у области нумеричког и експерименталног истраживања панелних система грејања. У оквиру рада на дисертацији кандидат је дошао до резултата и закључака који имају своје место и значај како у научно-теоријском, тако и у практичном смислу. Најважнији научни резултати докторске дисертације су:

- Успостављен је однос-поређење између постојећих панелних система грејања са аспекта енергије, ексергије, екологије и економије примене.
- Дошло се до новог концепта који је назван „подно-плафонско“ грејање, који троши мање енергије од познатих концепта панелног грејања (подно, зидно, плафонско)
- Дошло се до граничних вредности коефицијената трансформације примарне енергије за сва четири типа панелних система грејања.
- Дошло се до оптималних дебљина термоизолација код панела као и код грађевинских склопова омотача кућа које користе панелне системе грејања. Такође, приказано је и одступање у односу на домаћу регулативу (заснованој на европској) која није узела у обзир коришћење панелних система грејања.
- Сprovedена су експериментална истраживања која су потврдила односе између анализираних панелних система грејања.
- Развијен је математички модел „подно-плафонског“ грејања.

## 6. Примењивост и корисност резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Драгана Цветковића, дипломираног машинског инжењера, под насловом „Унапређење енергетско-ексергетске ефикасности применом панелних система за грејање кућа са нето-нултом потрошњом енергије“, примењиви су и корисни, како у теорији, тако и у пракси.

Подно-плафонски панели троше за око 27% мање енергије у односу на плафонске панеле, односно за око 10% мање енергије у односу на зидно грејање, односно за око 15% мање енергије у односу на плафонско грејање. Сходно нижој потрошњи енергије, подно-плафонски панели имају мањи утицај на животну средину и нижу цену за грејање. Подно плафонски панели заузимају мању површину у односу на преостале, захтевају уградњу само са једне стране конструкције, а комбинацијом регулације може се постићи прецизна температура са обе стране панела. Развијени математички модел „подно-плафонског“ панела се може применити у пракси за прорачун количине топлоте која се одаје кроз исте.

## **7. Начин презентирања резултата научној јавности**

Део научних резултата, произашлих у оквиру ове докторске дисертације је презентован објављивањем научних радова у међународним научним часописима, као и на међународним и националним научним скуповима.

Практични аспекти реализованог научно-истраживачког рада представљени су домаћој научној и стручној јавности делом и кроз реализацију пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја републике Србије под називом „Истраживање и развоје Српске нето-нулте куће“ –ТР33015.

Комисија сматра да истраживања и резултати докторске дисертације пружају обиман и користан материјал за даље публикување у високо ранжираним међународним и националним научним часописима и скуповима, који се баве проблематиком истраживања панелних система грејања

На основу свега изложеног комисија доноси следећи:

## **ЗАКЉУЧАК**

Докторска дисертација кандидата Драгана Цветковића, дипломираног машинског инжењера у потпуности, како по обиму тако и по квалитету, одговара одобреној теми дисертације, одлуком бр. 01-1/2269-8 од 20.09. 2012. године од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

Кандидат је у приказу истраживања користио уобичајену и стандардизовану стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама.

У току израде докторске дисертације, кандидат Драган Цветковић је дошао до оригиналних научних резултата, приказаних у дисертацији, која представљају значајан допринос у области нумеричких и експерименталних истраживања панелних система грејања. Значајан део резултата је публикован у више радова у међународним и националним научним часописима и скуповима.

Кандидат је показао да влада методологијом научно-истраживачког рада и поседује способност системског приступа и коришћења литературе. При томе је, користећи своје професионално образовање и лично искуство, показао способност да сложеној проблематици приступи свеобухватно, у циљу дефинисања интегративних закључака и добијања конкретних и апликативних резултата.

На основу свега претходно наведеног, Комисија за оцену писаног дела и усмену јавну одбрану докторске дисертације кандидата Драгана Цветковића, дипломираног машинског инжењера, једногласно је закључила да докторска дисертација, под насловом:

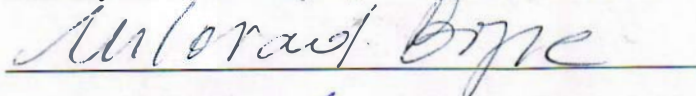
**„УНАПРЕЂЕЊЕ ЕНЕРГЕТСКО-ЕКСЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ПРИМЕНОМ ПАНЕЛНИХ СИСТЕМА ЗА ГРЕЈАЊЕ КУЋА СА НЕТО-НУЛТОМ ПОТРОШЊОМ ЕНЕРГИЈЕ“**

по квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске критеријуме за израду докторске дисертације. Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, да на основу овог Извештаја, докторску дисертацију прихвати као успешну и да кандидата позове на јавну, усмену одбрану.

**ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:**

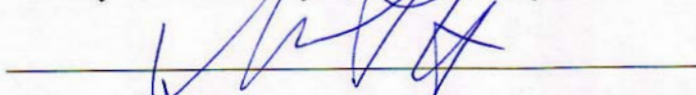
1. **Др Милорад Бојић, ред. проф., ментор, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу;**

Ужа научна област: Термодинамика и термотехника



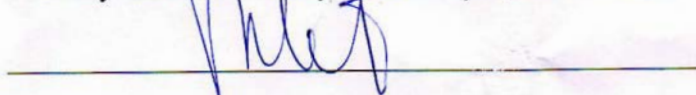
2. **Др Небојша Лукић, ред. проф., Факултет инжењерских наука у Крагујевцу;**

Ужа научна област: Термодинамика и термотехника



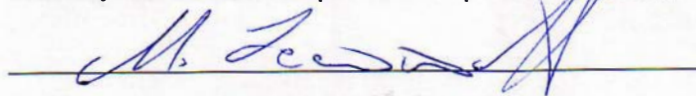
3. **Др Небојша Јовичић, ред. проф., Факултет инжењерских наука у Крагујевцу;**

Ужа научна област: Енергетика и процесна техника



4. **Др Милан Деспотовић, ред. проф., Факултет инжењерских наука у Крагујевцу;**

Ужа научна област: Енергетика и процесна техника



5. **Др Јован Петровић, ванр. проф., Факултет техничких наука у Новом Саду;**

Ужа научна област: Термоенергетика



У Крагујевцу,  
Фебруар 2015. године