

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Марије Грујић, дипл.инг.арх.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета бр. 01-522/2-3.2 од 20.04.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Марије Грујић под насловом

ПРОЦЕНА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ОМОТАЧА СТАМБЕНИХ ЗГРАДА МЕТОДОМ ТЕРМОВИЗИЈСКОГ СНИМАЊА

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

На основу члана 98. Статута Архитектонског факултета у Београду (“Сл. билтен Факултета”, бр. 80/80, 84/10, 88/12 и 89/12-пречишћен текст), а у вези са чланом 28. Правилника о докторским студијама (“Сл. билтен АФ”, бр. 81/08) и Одлуком Већа докторских студија Архитектонског факултета у Београду од 24. новембра 2011. године, Наставно научно веће Факултета је, на седници одржаној дана 28. новембра 2011. године, донело одлуку број 01-2285/2-3.13 којом је образована Комисија за оцену испуњености услова кандидата мр Марије Грујић, дипл. инж. арх. и теме докторске дисертације, под насловом **„ОПТИМИЗАЦИЈА СТЕПЕНА ТРАНСПАРЕНТНОГ ЗАСТАКЛЕЊА ФАСАДЕ АДМИНИСТРАТИВНИХ ЗГРАДАУ КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА БЕОГРАДА”** у саставу:

- Др Милица Јовановић Поповић, ментор
Редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- Др Лидија Ђокић, члан комисије
Редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- Др Маја Годоровић, члан комисије
Банредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду

На основу члана 30. Закона о високом образовању (“Сл. Гласник РС”, бр 76/05, 100/07 – аутентично тумачење, 97/08, 44/10, 93/12 и 89/2013), а у вези са чланом 100. Статута

Архитектонског факултета у Београду (“Сл. билтен АФ”, бр. 80/80, 84/10 и 89/12), члановима 31-34. Правилника о докторским студијама Архитектонског факултета у Београду (“Сл. билтен АФ”, бр. 81/08) и сагласности Већа научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду од 10. априла 2012. године, Наставно научно веће Факултета је, на седници одржаној 26. априла 2012. године, донело одлуку број 01-529/2-3.2 да се мр Марији Грујић, дипл. инж. арх., одобрава рад на теми докторске дисертације, под насловом **„ОПТИМИЗАЦИЈА СТЕПЕНА ТРАНСПАРЕНТНОГ ЗАСТАКЛЕЊА ФАСАДЕ АДМИНИСТРАТИВНИХ ЗГРАДА У КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА БЕОГРАДА”** и да се за ментора именује проф. др Милица Јовановић Поповић.

Новембра 2015. године, завршену докторску дисертацију кандидат, уз сагласност ментора, предаје на Веће докторских студија 14.04.2015. године.

На основу члана 101. и члана 102. Статута Архитектонског факултета у Београду (“Сл. билтен АФ”, бр. 80/08, 84/10, 88/12, 89/12-пречишћен текст и 98/14), члана 37. Правилника о докторским академским студијама (“Сл. билтен АФ”, бр. 102/14) и Одлуке Већа докторских студија Факултета од 14. априла 2015. године, Наставно-научно веће Факултета је, на седници одржаној дана 20. априла 2015. године, донело одлуку број 01-522/2-3.2 да се образује Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Мр Марије Грујић, дипл. инж. арх., под насловом **„ОПТИМИЗАЦИЈА СТЕПЕНА ТРАНСПАРЕНТНОГ ЗАСТАКЛЕЊА ФАСАДЕ АДМИНИСТРАТИВНИХ ЗГРАДА У КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА БЕОГРАДА”** у саставу:

- Др Милица Јовановић Поповић, ментор
Редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- Др Лидија Ђокић, члан комисије
Редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- Др Маја Годоровић, члан комисије
Банредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада научном пољу *Техничко-технолошких наука*, научној области *Архитектонске технологије*, односно ужој научној области *Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда* за коју је Факултет матичан. Ментор предметне дисертације је др Милица Јовановић Поповић, редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду.

Списак радова који квалификују проф др Милицу Јовановић Поповић за ментора докторске дисертације:

1. **Јовановић Поповић, М.,Игњатовић, Д.**“Видети енергију“, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, ГИЗ, Београд, 2011. ISBN 978-86-7924-049-1
2. **Јовановић Поповић, М.,Игњатовић, Д, Живковић, Б.** „Inclusion of new buildings in residential building typology, steps towards NZEBs exemplified for different European countries“, Chapter 3-16 Serbia, стр 239-254, Institut wohnen und umwelt GmbH, 2014, ISBN 978-3-941140-42-4

3. **Јовановић Поповић, М.**, et al, “Атлас породичних кућа Србије”, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, ГИЗ, Београд, 2012. ISBN 978-86-7924-074-3
4. **Јовановић Поповић, М.**, et al, “Атлас вишепородичних зграда Србије”, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, ГИЗ, Београд, 2013. ISBN 978-86-7924-101-6
5. **Јовановић Поповић, М.**, et al, “Национална типологија стамбених зграда Србије”, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, ГИЗ, Београд, ISBN 978-86-7924-102-3
6. **Јовановић-Поповић, М.**, Ћуковић, Н., Игњатовић, Д. 2006. „Утврђивање потенцијала за побољшање енергетских карактеристика зграда применом термографије“, Архитектура и урбанизам бр. 18/19, стр. 18-27

1.3. Биографски подаци о кандидату

Душан Игњатовић је рођен 25.11.1969. године у Београду, где је завршио основну школу а потом математичку гимназију. Архитектонски факултет Универзитета у Београду уписао је 1991. године и дипломирао 1996. године са оценом 10 на дипломском раду. Током студија, стипендиста је Фондације за развој научног и уметничког подмладка а 1996. Године добио је Награду Универзитета у Београду за најбољег студента генерације.

Од 1996. године, започиње са активним радом у пракси, 1996-1997. Ради као пројектант сарадник, у „Енергопројект МДД Индустрија“ а потом прелази на Архитектонски факултет Универзитета у Београду где је:

1997-2001. Асистент-приправник на Катедри за материјализацију архитектонског простора Архитектонског факултета Универзитета у Београду, на предметима Архитектонске конструкције 1 и групи предмета Пројектовање биоклиматске архитектуре.

2001-2005. Стручни сарадник на Катедри за материјализацију архитектонског простора Архитектонског факултета Универзитета у Београду, на предметима Архитектонске конструкције 1 и групи предмета Пројектовање биоклиматске архитектуре.

2005-2009. Самостални стручни сарадник на Катедри за материјализацију архитектонског простора Архитектонског факултета Универзитета у Београду односно касније Департману за Архитектонске технологије Архитектонског факултета Универзитета у Београду, на предметима Архитектонске конструкције 1, Студио пројекат 2

2009.-до данас Доцент на Департману за Архитектонске технологије Архитектонског факултета Универзитета у Београду, на предметима Архитектонске конструкције 1, Студио пројекат 2, Зелена Архитектура.

Након завршених обука и положених испита, добио је дипломе: 2006.године као сертификовани стручњак за термовизију (Certified thermografer, ITC training center Stockholm) а 2011. Као сертификатор за ЛЕЕД (LEED GA, YRG sustainability).

2008. године уписао је Докторске студије на Архитектонском факултету Универзитета у Београду.

Током читаве своје професионалне каријере, бави се паралелно и научним, и стручно уметничким радом. Учествује у националним и међународним научно-истраживачким пројектима. Као коаутор и као члан ауторског тима публикује више капиталних

монографских издања и објављује бројне научне радове на конференцијама у земљи и свету. Аутор је великог броја изведених објеката и награђен на великом броју архитектонских конкурса.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертације је изложена на 337 странице, са 38 слика (дијаграма у текст) , са 41 сликом у прилогу и 87 табела. Рад је подељен на 6 поглавља, допуњен прилозима, и опширном библиографијом, садржај рада дат је у наставку.

САДРЖАЈ:

- Резиме са кључним речима (на српском језику)
- Резиме са кључним речима (на енглеском језику)
- Предговор
- Садржај
- Списак скраћеница, ознака и симбола
- Списак и порекло илустрација и прилога (слика, дијаграма, табела и сл.)

I. УВОД

- I.1 Претходна анализа информација о предмету и проблему истраживања
- I.2 Проблем и предмет истраживања
- I.3 Научни циљ истраживања
- I.4 Задаци истраживања
- I.5 Основне хипотезе
- I.6 Методе истраживања
- I.7 Научна оправданост истраживања
- I.8 Очекивани резултати и њихова практична примена
- I.9 Критички осврт на досадашња истраживања
- I.10 Генерална структура докторске дисертације

II. ГРАЂЕВИНСКИ ФОНД СРБИЈЕ У ПЕРИОДУ 1945-2011.

- II.1 Структура грађевинског фонда
- II.2 Примењени техничко технолошки системи, материјализација
- II.3 Структура склопова – појавни облици, карактеристике, периодизација
- II.4 Трајност, одржавање и утицај на перформансе

III. МЕТОДА ТЕРМОВИЗИЈСКОГ СНИМАЊА

- III.1 Дефиниција и историјат
- III.2 Основни принципи и теоретске поставке
- III.3 Детекција долазног зрачења – мерења
- III.4 Термограм
- III.5 Могућности примене у архитектури
- III.6 Начини коришћења методе термовизијског снимања
- III.7 Ограничења и грешке примене методе

IV. КАРАКТЕРИСТИЧНИ СКЛОПОВИ ФАСАДНИХ ОМОТАЧА И ЊИХОВЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ПЕРФОРМАНСЕ

- IV.1 Енергетска ефикасност и термичке перформансе омотача
- IV.2 Идентификација карактеристичних склопова

- IV.3 Прорачунске вредности параметара енергетских перформанси
 - IV.4 Симулационе вредности параметара енергетских перформанси
 - IV.5 Измерене вредности параметара енергетских перформанси
 - IV.6 Основни принципи и процедуре анализе термограма
 - IV.7 Студија случаја - прорачун, симулација и измерене вредности
 - IV.8 Синтезни преглед анализираних склопова
 - IV.9 Компаративна анализа моделираних и дијагностикованих вредности
- V. КОМЕНТАР ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА И ПРЕПОРУКЕ ЗА ШИРУ ПРИМЕНУ У ПРАКСИ
- V.1 Каталог карактеристичних случајева
 - V.2 Процедуре примене термовизијског снимања у конкретним условима градитељске праксе Србије
- VI. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА
- VI.1 Основни закључци
 - VI.2 Нерешени проблеми примене методе
 - VI.3 Правци даљег истраживања
 - VI.4
- Литература
Прилози

2.2. Генерална структура докторске дисертације, кратак приказ појединачних поглавља

Материја истажена током рада на докторској дисертацији излаже се у три основна дела: Увод, Научно истраживање и Закључак а структуру рада чине 6 поглавља: Увод, Грађевински фонд Србије у периоду 1945-2011., Метода термовизијског снимања, Карактеристични склопови фасадних омотача и њихове енергетске перформансе, Коментар добијених резултата и препоруке за ширу примену у пракси и Закључна разматрања

У **уводном делу** се разматрају проблем и предмет истраживања, дефинишу и описују научне методе истраживања, износи сврха истраживања, наводе очекивани резултати, утврђује њихова практична примена и даје критички осврт на досадашња истраживања из релевантне научне области.

Средишњим делом је представљена **експликација научног истраживања** и он се састоји из четири поглавља:

Прво поглавље под називом „*Грађевински фонд Србије у периоду 1945-2011.*“ се, у ствари, бави детаљнијим дефинисањем предмета истраживања. Овде се анализира структура грађевинског фонда, његове генералне техничко технолошке карактеристике, примењени системи изградње и начини материјализације. У овом поглављу се такође даје и процена стања зграда у смислу степена одржаности односно економских унапређења перформанси.

Метод термовизијског снимања, теоретске поставке на којима се базира и основни принципи су садржај другог поглавља. Овде се анализира и обухват коришћења методе у архитектури, поља примене и, нарочито, примена у циљу испитивања енергетских перформанси. Такође су анализирана и ограничења методе, која у великој мери утичу на тумачења и евалуацију добијених резултата.

Карактеристични склопови фасадних омотача и њихове енергетске перформансе је наслов следећег поглавља које представља принципе и суштину истраживачког процеса.

Овде се прво идентификују карактеристични склопови фасадних омотача да би се њихове карактеристике проверавале класичним прорачуном (према Правилнику о енергетској ефикасности односно одговарајућим СРПС стандардима), методом 2Д симулација (коришћењем одговарајућег софтвера *TStudio*) и непосредним истраживањем на терену применом методе термовизијског снимања. Потом се приказује процес анализе добијених термограма у складу са постављеним поставкама анализе. Илуструје се процес студије случаја и даје синтезни преглед анализираних склопова са компаративном анализом прорачунских, моделираних и дијагностикованих вредности.

У поглављу *Коментар добијених резултата и препорука за ширу примену у пракси* се приказује синтезни каталог репрезентативних, анализираних, случајева са дескрипцијом уочених карактеристика и нумеричком валоризацијом резултата. Такође се дају и смернице за примену методе термовизијског снимања у складу са принципима дефинисаним у току истраживања и упутства за валоризацију добијених резултата.

У закључном делу се доносе закључци проистекли из научног истраживања, своде резултати и доказује могућност практичне примене. Такође се указује на потенцијалне нерешене проблеме како на теоретском тако и на практичном плану и идентификују правци даљег истраживања.

На крају рада се налазе напомене уз текст и библиографски подаци (примарни и секундарни извори и општа литература)

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

У тренутку када је цео свет суочен са чињеницом да је деловање људи кроз потрошњу необновљивих извора енергије и огромна загађења која из тога произлазе, узроковао климатске промене са несагледивим последицама по планету, неопходно је усмерити активности ка квалитету грађевинског фонда који је највећи потрошач укупно произведене енергије код нас. Мада најновији подаци говоре да је потрошња енергије у зградама у Европској Унији пала испод 40%, услед економске кризе која је резултовала смањењем рада индустрије и смањењем транспортних активности, у Србији тај проценат се креће око 60%.

Како обезбеђење комфора корисника представља услов од кога се не може одступити, то је познавање структуре и квалитета грађевинског фонда основ за процену могућности деловања и побољшања квалитета становања уз истовремено постизање смањења потрошње енергије и смањење емисије угљен диоксида. Ова дисертација се бави формирањем методологије и модела оцене квалитета грађевинског фонда стамбених зграда применом нових техника као што је термовизија. Од појаве термовизијске камере до данас, њена примена је проширена и на грађевинарство без истовременог ширења теоријске подлоге, нарочито на елементе и индикаторе који утичу на сигурност добијених резултата, тако да често добијени резултати могу да буду погрешно протумачени.

Као посебну вредност ове тезе треба истаћи да се код нас, до сада, нико није бавио теоријском проценом вредности резултата добијених термовизиским снимањем зграда а треба истаћи да су и у свету малобројни теоријски радови на ову тему. Одатле вредност ове дисертације представља пионирски рад из ове области омогућиће даља бројна истраживања али и правилна вредновања и процене квалитета грађевинског фонда у пракси.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је у оквиру докторске дисертације користио изузетно обимну литературу и разне примарне и секундарне изворе, стандарде и прописе као и изворе доступне на интернету. Истраживање кандидата је засновано на теоријској литератури која се односи на карактеристике и развој грађевинског фонда, формирање типологије стамбених зграда али у великој мери и на теоријске поставке и развој методе термовизије на основу кога се, кроз поређења са математским симулацијама, формира методологија оцене квалитета зграда која је и предмет тезе. Избор библиографских јединица указује на то да је кандидат упознат са кључним публикованим истраживањима и резултатима, као и са ретким, актуелним изворима у области коју истражује, и да на одговарајући начин користи изворе за аргументацију својих ставова у области коју истражује.

Као најзначајнији извори коришћени у истраживању издвајају се:

ЛИТЕРАТУРА дуки да изабере

- Albatici, R. Tonelli, A. Chiogna, M. (2015) A comprehensive experimental approach for the validation of quantitative infrared thermography in the evaluation of building thermal transmittance, *Applied Energy* no. 141, pp. 218–228
- Albatici, R.. Tonelli A (2010) Infrared thermovision technique for the assessment of thermal transmittance value of opaque building elements on site, in *Energy and Buildings*, no.42, pp. 2177-2183
- Asdrubali, F. Baldinelli, G. Bianchi, F. (2012) A quantitative methodology to evaluate thermal bridges in buildings, *Applied Energy*, no. 97, pp.365–373
- Asdrubali, F. D’Alessandro, F. Baldinelli, G. Bianchi F. (2014) Evaluating in situ thermal transmittance of green buildings masonries - A case study, *Case Studies in Construction Materials*, no. 1, pp.53–59
- Assessing thermal bridging and insulation continuity (UK example) – Technical note, UK Thermography Association, Northampton: British Institute of Nondestructive Testing –BINDT
- Avdelidisa, N.P. Moropoulou, A. (2003) Emissivity considerations in building thermography, *Energy and Buildings*, no.35, pp. 663–667
- Balaras, C. Argitiou, A. (2002) Infrared thermography for building diagnostics *Energy and Buildings*, no 34, pp. 171-183
- Van De Vijver, S. Steeman, M. Van Den Bossche, N. Carbonez, K. Janssens, A. (2014) The influence of environmental parameters on the thermographic analysis of the building envelope, paper presented at 12th International Conference on Quantitative InfraRed Thermography (QIRT 2014), downloaded from: <https://biblio.ugent.be/publication/5672069/file/5672070>
- Vavilov, P. V. (2010) A Pessimistic View of the Energy Auditing of Building Structures with the Use of Infrared Thermography, *Russian Journal of Nondestructive Testing*, Vol. 46, No. 12, pp. 906–910.
- Vavilov, P. V. (2010) How accurate is the IR thermographic evaluation of heat losses from buildings? In *Quantitative InfraRed Thermography Journal*, vol. 7, issue 2, pp. 255-258.
- Везилић Стрмо, Н. Делић, А. Кинц, Б. (2013): *Узроци проблема постојећег стамбеног фонда у Хрватској*, Човјек и простор, бр. 21, Загреб: Архитектонски факултет, стр. 340-349.
- Viliems, V., Shield, K., & Dinter, S., (2006). *Грађевинска физика*, Београд: Грађевинска књига
- Vollmer, M. Moellmann, K. P, (2010) *Infrared Thermal Imaging – Fundamentals, Research and Application*, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co,
- Wagner, H. (2011) *Thermographie*, Koln: Rudolf Müller GmbH & Co. KG,

- Walker, N. (2004). *Infrared Thermography Handbook – Volume 1. Principles and Practice*, Northampton: Bindt – British institute of Non-Destructive Testing
- Ward, T. (2006) *Assessing the Effects of Thermal Bridging at Junctions and Around Openings*, The BRE information Paper IP17/01, Building Research Establishment –BRE
- Goforth, M. Gilchrist, G. Sirianni, J. (2002) *Cloud effects on thermal downwelling sky radiance*, Thermosense XXIV, Xavier P. Maldague; Andres E. Rozlosnik, Editors, Proceedings of SPIE Vol. 4710, SPIE, Bellingham, WA, pp.203-213
- Grimmond, C.S.B. Potter, S.K. Zutter, H.N. Souch, C. (2001) *Rapid methods to estimate sky-view factors applied to urban areas*, International Journal of Climatology, no. 21, pp. 903–913
- Grinzato, E., Vavilov, V. Kauppinen, T. (1998) *Quantitative infrared thermography in buildings*, Energy and Buildings, no. 29, pp. 1-9
- Dall'O, G. Sarto, L. Panza, A. (2013) *Infrared Screening of Residential Buildings for Energy Audit Purposes: Results of a Field Test*, Energies, no.6, pp. 3859-3878
- Дамјановић, Д. Глигоријевић, Ж. Ур (2010) *Приказ стамбених пологитка Србије и одабраних земаља Европе*, Београд: PALGO centar
- Добривојевић, И. (2013). *Село и град: трансформација аграрног друштва Србије 1945-1955*. Београд: Институт за савремену историју.
- *Домаћи монтажни системи стамбене изградње (1967)*. Изградња, str. 185-190., Београд
- Ђукановић, Јб. (2015) *Типологија и валоризација грађевинске структуре стамбених зграда Београда са становишта комфора становања*, Докторска дисертација одбрањена на Архитектонском факултету Универзитета у Београду, 2015.
- Erhorn, H. et al. (2010) *An effective Handling of Thermal Bridges in the EPBD context*, Final report of the IEE ASIEPI Work on Thermal Bridges, ASIEPI, Интернет публикација, доступно на сајту www.asiepi.eu, приступљено 24.8.2015.
- Ibarra Castanedo, C. (2005) *Quantitative subsurface defect evaluation by pulsed phase thermography: depth retrieval with the phase*, Докторска дисертација одбрањена на Универзитету Лавал, Квебек, Канада, 2005 (<http://theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/23016/23016.html>, приступљено 1.8.2015.)
- Ibarra-Castanedo, C, Tarpani, J.R., Maldague, X. (2013) *Nondestructive testing with thermography*, European Journal of Physics, no. 34, pp. 91-109
- ИТС, *Termografy, Level I*, (2005), Publication No 1560093E, Infrared Training Center, Stockholm: Flir Systems
- Јовановић Поповић М. Игњатовић Д. (ур), (2013а). *Национална типологија стамбених зграда Србије - Националне брошуре*, Београд: GIZ
- Јовановић Поповић, М. Игњатовић Д. (ур), (2013б). *Национална типологија стамбених зграда Србије/National Typology of Residential Buildings in Serbia*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду и GIZ (двојезично издање)
- Јовановић Поповић, М. Игњатовић, Д. (ур), (2012). *Атлас породичних кућа Србије/Atlas of Family housing in Serbia*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду и GIZ (двојезично издање)
- Јовановић Поповић, М. Игњатовић, Д. (ур), (2013ц). *Атлас вишепородичних зграда Србије/Atlas of Family housing in Serbia*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду и GIZ (двојезично издање)
- Јовановић-Поповић, М. (ур), (2003). *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре - део 1*, Београд: Архитектонски факултет
- Јовановић-Поповић, М. Игњатовић, Д. (2003). *Концепт методологије структурирања грађевинског фонда са аспекта енергетске оптимизације*, у Јовановић-Поповић, М. (ур.), *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре - део 1*, (стр. 1-24). Београд: Архитектонски факултет

- Кадијевић, А. (2008). *О соцреализму у београдској архитектури и његовим опречним тумачењима*, Наслеђе бр. IX, Београд : Завод за заштиту споменика културе града Београда
- Кузмановић, А. Ивановић, Р. (2008) Систем контактне фасаде са каменом вуном, Београд: Грађевинска књига
- Lehmann, B. Ghayi Wakili, K. Frank, Th. Vera collado B, Tanner Ch. (2013) Effects of individual climatic parameters on the infrared thermography of buildings, *Applied Energy*, no. 110, pp. 29-43
- Maldague, X. (2001) *Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive Testing*, Wiley-Interscience, London
- Matuschek, O. Matzarakis, A. (2010) Estimation of sky view factor in complex environment as a tool for applied climatological studies. In: Matzarakis, A., Mayer, H., Chmielewski, F.-M. (Eds.), *Proceedings of the 7th Conference on Biometeorology*. Ber. Meteorol. Inst. Univ. Freiburg No. 20, 535-540.
- Мецанов, Д. (2007): „*Могућности (ре)дефинисања и предлог периодизације градитељског наслеђа полератне модерне стамбене изградње Београда 1947-1967*“, Наслеђе, бр.VIII: Завод за заштиту споменика културе града Београда
- Мецанов, Д. (2014): *Прилог проучавању градитељског опуса Бироа за студије у Београду*, Наслеђе, бр. XV: Завод за заштиту споменика културе града Београда
- Миловановић, Б. (2013). *Карактеризација оштећења армираног бетона примејеном методе инфрацрвене термографије*, Докторска дисертација одбрањена на Грађевинском факултету свеучилишта у Загребу 2013.
- Monchau, J.P. Ibos, L. Feuillet, V. (2014) Ddiagnosis of insulated building walls using passive infrared thermography and numerical simulations, *proceedings of 7th European Workshop on Structural Health Monitoring*, pp. 96-103
- Novicki, A. (2004) *Infrared thermography volume two – Applications*, , Northampton: Bindt – British institute of Non-Destructive Testing
- Ohlsson, K.E.A. Olofsson, B. (2014) Quantitative infrared thermography imaging of the density of heat flow rate through a building element surface, *Applied Energy* no.134, pp. 499-505
- Palyvos, J.A. (2008) A survey of wind convection coefficient correlations for building envelope energy systems’ modeling, *Applied Thermal Engineering* no.28, pp. 801–808
- Petela, R. (2010). *Engineering thermodynamics of thermal radiation for solar power utilization*, New York: McGraw-Hill
- Радивојевић, А. (2003) Искусства и правци развоја стандарда из области термичке заштите код нас и у свету, у Јовановић-Поповић, М. (ур.), *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре - део 1*, (стр. 1-24). Београд: Архитектонски факултет
- Рајчић, А. (2011). *Методe пројектовања и симулације термичких мостова у архитектонским објектима*, Докторска дисертација, Одбрањена на Архитектонском факултету универзитета у Београду 2011.
- Rogalski, A. (2012) *History of infrared detectors*, *Opto-Electronics Review* no.20 issue no.3, pp. 201-308. Berlin: DeGruyter, (internet online version; Retrieved 20 Aug. 2015, from <http://www.degruyter.com/view/j/oere.2012.20.issue-3/issue-files/oere.2012.20.issue-3.xml>)
- Rogalski, A. Chrzanowski, K. (2002) *Infrared devices and techniques*, *Opto-Electronics Review* no.10 issue no.2, pp. 111-136. Berlin: DeGruyter
- Schoch, T. (2012) *Neuer Warmebrückenatolog, Beispiele und Erläuterungen nach DIN 4108 Beiblatt 2*, Berlin: Beuth Verlag GmbH
- TABULA - Typology Approach for Building Stock Energy Assessment– Use of Building Typologies for Energy Performance Assessment of National Building Stocks. Existing Experiences in European Countries and Common Approach , IWU – Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, web publication, <http://www.building-typology.eu>

- Tanner C, Lehmann B, Frank T, Ghazi Wakili K. (2011) Vorschlag zur standardisierten Darstellung von Wärmebildern mit QualiThermo, Bauphysik no.33, pp.345–356.
- Tanner, C. Lehmann, B. Frank, T. (2011) Energetische Beurteilung von Gebäuden mit Thermografie und der Methode Quali Thermo, Erdgenossisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation: Bundesamt für Energie
- Taylor, T. Counsell, J. Gill S. (2013) Energy efficiency is more than skin deep: Improving construction quality control in new-build housing using thermography, Energy and Buildings, no. 66, pp. 222–231
- Taylor, T. Counsell, J. Gill S. (2014) Combining thermography and computer simulation to identify and assess insulation defects in the construction of building facades, Energy and Buildings, no.76. pp.130-142
- Tilmans, A. Van Orshoven, D. (2010) Software and atlases for evaluating thermal bridges, ASIEPI project papers, Paper no. 198, интернет издање <http://www.buildup.eu/publications/5657>
- Trethewen, H. (1986) Measurement Errors with Surface-mounted Heat Flux Sensors, Building and Environment, Vol. 21, No. 1, pp. 41-56
- Медвед С. (2011) Грађевинска физика, Нови Пазар: Државни универзитет у Новом Пазару
- Томић, Р. Чанак, М. (1974) *Проблематика прилагођавања постојећег стамбеног фонда савременим захтевима и потребама*, Информативни билтен бр. 15, Београд; Институт за материјале СРС (ИМС), Центар за становање
- FLIR (2004), Flir ThermaCAM B20 operators manual, Publication No. 1 557 948 Rev. a 62, Danderyd: FLIR Sustems AB
- FLIR (2006), Flir Buildng module, user manual, Publication No. 1560205 Danderyd: FLIR Sustems AB
- FLIR (2009), Flir Quick Reporter ver. 1.2, user manual, Publication No. 1558629 Rev. a 362, Danderyd: FLIR Sustems AB
- FLIR (2009), Flir Reporter Buildng, user manual, Publication No. T559081 Rev. a 348, Danderyd: FLIR Sustems AB
- FLIR (2012), Flir Reporter pro Ver 9, user manual, Publ. No. 1558567, rev. 3020, Danderyd: FLIR Sustems AB
- Flir and ITC (2011), Thermal imaging guidebook for building and renewable energy applications, Stockholm: FLIR systems AB
- Fokaides, P. Soteris, K. (2011) Application of infrared thermography for the determination of the overall heat transfer coefficient (U-Value) in building envelopes, Applied energy, no 88, pp. 4358–4365
- Fouad, N.. Richter, T. (2012) Leitfaden Thermografie im Bauwesen, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag
- Fox, M. Coley, D. Goodhew, S. De Wilde, P. (2012) Comparing transient simulation with thermography time series, Proceedings of BSO12, First Building Simulation and Optimization Conference, IBPSA, England, pp.356-363
- Fox, M. Coley, D. Goodhew, S. De Wilde, P. (2014) Thermography methodologies for detecting energy related building defects, Renewable and Sustainable Energy Reviews, no.40, pp. 296–310
- Changhai, P. Wua, Z. (2008) In situ measuring and evaluating the thermal resistance of building construction, Energy and Buildings, no.40, pp. 2076–2082
- Chrzanowski, K. (2005), Review of infrared systems, Report AW321/2005, Kwirynow; Inframet
- Чаушевић, А. Рустемпашић, Н. (2014) Реконструкције зиданих објеката високоградње, Сарајево: Архитектонски факултет

- Šumarac, D. Todorović, M. Đurović-Petrović, M. Trišović, N. (2010) Energy Efficiency of Residential Buildings in Serbia, Thermal Science, Vol. 14, Suppl., pp. S97-S113

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У првом делу рада, на основу спроведене анализе садржаја научно-стручне литературе, направљена је класификација стамбеног фонда Србије. Као полазиште коришћена је Типологија стамбених зграда Србије, чији је један од аутора и кандидат, да би се затим на основу индикатора релевантних за анализе термографије, типологија прилагодила потребама овог истраживања и дефинисала информациону основу о типским случајевима материјализације стамбених објеката и њиховом развоју. У овом делу истраживања примењен је поступак критичке анализе, селекције и систематизације одабраних система материјализације на основу метода класификације према утврђеним параметрима.

На основу спроведене анализе грађевинског фонда и идентификације типичних случајева, карактеристичних у нашој свакодневној пракси а код којих се могу очекивати промене у топлотном флуксу, дефинисани су типични, репрезентативни узорци. Утврђени су такође, критеријуми на основу којих ће се вршити валоризација добијених резултата моделског испитивања.

Дефинисањем истраживачког модела, одређени су карактеристични модели по напред одређеним временским класама. За сваки дефинисани модел извршен је прорачун параметара применом симулационог софтвера и ови резултати упоређени са резултатима добијеним термовизиским снимањем. За сваки дефинисани модел прорачунати су следећи параметри: температуре површине фасадног зида са унутрашње стране уз под и плафон, температура фасаде на три тачке дефинисаног парцијалног пресека (зид, серклаж, зид) коефицијент пролаза топлоте (U) зида и спрезања.

У завршној фази истраживања, на основу резултата појединачних истраживања, односно спроведених прорачуна дефинисаних модела, валоризовани су добијени резултати применом критеријумске анализе и дефинисани услови који обезбеђују валидне услове за оцену квалитета фасадних система применом термографије.

Методом синтезе су изведени закључци који дају одговоре на све постављене хипотезе. Закључцима су такође, дефинисане смернице и отворена поља за будућа истраживања.

3.4. Применљивост остварених резултата

Примена резултата остварених у овој докторској тези је изузетно широка. Поља примене су оцена квалитета грађевинског фонда стамбених зграда, што је и дефинисано обимом истраживања кроз дефинисање типских случајева. Али, будући да се овакав облик конструкције среће и код других намена зграда, може се рећи да је применљивост истраживања изузетно широка и превазилази постављене оквире. Одатле, примена резултата добијених у оквиру рада на овој тези може да се екстраполује на све масивне зграде и то без географских ограничења.

Осим коришћења у виду упутства и препорука за даљу примену термовизије у зградасрству, резултати могу да усмере даља истраживања ка промени свакодневне грађевинске праксе како би се градиле зграде, квалитетније са спекта комфора али и по нивоу њихове енергетске ефикасности.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Предметна докторска дисертација показује да кандидат поседује изузетне способности за самосталан научно-истраживачки рад, што се огледа у консултовању релевантне литературе и повезивању знања из области архитектуре, са фундаменталним и примењеним законима физике, што представља јединствен спој, све неопходнији у свакодневној пракси са процесом усложњавања конструкција, увођењем нових материјала и све оштријим захтевима на које омотач зграде мора да одговори.

Кандидат влада вештинама употребе разних научних метода истраживања у поменутих областима, почев од критичке теоријске анализе, анализе садржаја разних извора, метода прикупљања и обраде података, термовизиског снимања, математског моделирања, компаративне анализе и синтезе и интерпретације резултата истраживања. Кандидат је кроз формирану методологију и концептуални оквир истраживања показало изузетну способност дефинисања и обраде специфичне теме.

Значајан показатељ способности кандидата за самосталан научни рад произилази и из бројних радова из шире области дисертације публикованих у врхунским међународним часописима са SCI листе, коауторство на већем броју књига, чланака и радова на конференцијама код нас и у свету.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси предметног истраживања су:

- дефинисање историјског развоја колективног становања у периоду после Другог светског рата и систематизација типова стамбених зграда са аспекта релевантног за предмет истраживања, првенствено са аспекта типолошких одредница које се базирају на урбанистичким, структурним и материјално технолошким карактеристикама.
- развој модела за утврђивање квалитета стамбених зграда насталих у различитим периодима и изграђених различитим техникама грађења уз примену различитих материјала применом симулационих математских модела и применом термовизије
- дефинисање критеријума који омогућавају валидирање резултата добијених термовизијским снимањем, дефинисања опсига њихове релевантности код вредновања и класификације добијених резултата
- закључци који, као резултат компаративне анализе добијених резултата применом термографије и математског моделирања, указују на степен релевантности добијених резултата употребом термовизијских снимака и формулишу принципе, ограничења и начине даљег развоја њихове примене у зградарству код оцене квалитета стамбених зграда.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Научни доприноси који су остварени у дисертацији представљају унапређење научних знања, с обзиром да се први пут код нас сагледава оцена квалитета термичког омотача применом методе термовизије

Идентификацијом основних одлика типичних конструктивних система и склопова у анализираним периодима развоја стамбеног фонда Србије, на основу којих су дефинисани модели типичних конструкција стамбених зграда колективног становања, омогућена је систематизована компаративна анализа добијених резултата математским моделирањем, као контролног система за оцену вредности добијених системом термовизиског система. Ово је омогућило да се дефинишу ограничења, односно да се дефинишу услови под којим термовизија даје валидне резултате за оцену квалитета грађевинског фонда стамбених зграда.

Даљим дефинисањем критеријума за вредновање и класификацију добијених резултата, омогућено је оцењивање добијених резултата појединачних репрезентних модела. Квалитет и квантитет овако добијених резултата омогућава утврђивање закључака о квалитативним карактеристикама стамбеног фонда. Ипак, као главни допринос ове тезе треба истаћи верификацију примене методе термовизије код оцене квалитета фасада стамбених зграда, дефинисање услова њене валидности као и принципа и ограничења у њеној примени чиме дисертација даје нови, оригинални допринос методологији вредновања стамбених зграда уопште.

4.3. Верификација научних доприноса

Објављени научни радови у периоду 2011.–2016. година:

Монографске публикације међународног значаја

M14

- COST monografija (zvati Aleksandru)(2016)

Монографске публикације националног значаја

M44

- Krstic-Furundzic, A., Kotic, T. & Grujic, M. (2013) Ekonomska analiza različitih scenarija unapredjenja energetskih performansi prefabrikovanog višeporodičnog objekta. In M. Pucar, B. Dimitrijevic, & I. Maric, eds. *Klimatske promene i izgrađena sredina: Politika i praksa u Škotskoj I Srbiji*. Beograd, Srbija: Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, pp. 180–198

Радови објављени у зборницима међународних научних скупова

M33

- Popovic Jovanovic, M. & Grujic, M. (2015) Methodology development for daylight simulation for highly glazed office space models in Belgrade climate conditions. In *SGEM2015 Conference Proceedings, Book 6 Vol. 2*. pp. 501–508
- Kotic, T., Krstic-Furundzic, A. & Grujic, M. (2015) Economic aspect of solar thermal collectors' integration into facade of multifamily housing. У A. K. Soteris, ed. *COST Action TU1205 Symposium, Combined with EURO ELECS 2015 Conference, Latin-American and European Conference on Sustainable Buildings and Communities*. 21-23.07. 2015 Guimaraes, Portugal: Cyprus University of Technology, Department of Mechanical Engineering and Materials Sciences and Engineering, pp. 48–57
- Kotic, T., Krstic-Furundzic, A. & Grujic, M. (2015) Economic aspect of solar thermal collectors' integration into facade of multifamily residential building. In L. Bragança, A.

Радови објављени у зборницима скупова националног значаја

M63

- Krstic-Furundzic, A., Kotic, T. & Grujic, M. (2013) Energetski aspekt obnove prefabrikovanih stambenih objekata u Beogradu. In M. Muravljev & B. Stevanović, eds. *Zbornik radova Savetovanja: Savremeni materijali i postupci sanacije gradjevinskih objekata*. Beograd, Srbija: Udruženje inženjera gradjevinarstva, geotehnike, arhitekture i urbanista, časopis "Izgradnja" i Univerzitet u Beogradu, Gradjevinski fakultet, pp. 81–96

Објављени научни радови у периоду 2005.–2010. година:

Радови објављени у зборницима међународних научних скупова

M33

- Krstic-Furundzic, A., Kotic, T. & Grujic, M. (2010). Economic Analysis of Improvement of Energy Performances of Dwelling Housing in Belgrade, Рад представљен на *World Renewable Energy Congress XI*, 25-30 September 2010, Abu Dhabi, UAE

Радови објављени у зборницима скупова националног значаја

M63

- Krstic-Furundzic, A., Kotic, T. & Grujic, M. (2010) Energy, Ecological and Economic Aspects of Improvement of the Dwelling in Belgrade (Енергетски, еколошки и економски аспект унапређења стамбеног објекта у Београду), Рад представљен на *Међународном научно-стручном симпозијуму ИНСТАЛАЦИЈЕ & АРХИТЕКТУРА*, окт. 2010. Београд
- Плавшић, Р., Грујић, М., Михолчић, Ј. (2006) Вредновање инвестиционих пројеката методом BLCC (Building Life Cycle Cost), Рад представљен на *ИНДИС 2006: Планирање, пројектовање, грађење и обнова градитељства*, 10. национални и 4. међународни научни скуп, Нови Сад, новембар 2006.

Објављена магистарска теза

- Грујић, М.: (2012). Архитектонски параметри релевантни за енергетске перформансе пословних објеката са великим процентом застакљења на фасади у условима умерене континенталне климе, *Магистарски рад*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду.

Учешће у научно-истраживачким пројектима

- "Развој и демонстрација хибридног пасивног и активног система коришћења сунчеве енергије за грејање, природну вентилацију, хлађење, вештачко осветљење и друге потребе електричне енергије", руководилац пројекта: Проф. др А. Крстић Фурунџић, носилац пројекта: Архитектонски факултет у Београду, у оквиру Националног програма енергетске ефикасности, евиденциони број ЕЕ-273007, Министарство за Науку и технолошки развој Републике Србије, период 2008/09. година

- “Модел економске и еколошке оцене оправданости оптимизације енергетске ефикасности зграда”, руководилац пројекта Проф. др Р. Плавшић, носилац пројекта: Грађевински факултет Универзитета у Београду, у оквиру Националног програма енергетске ефикасности, Програм 7: Програм коришћења алтернативних енергетских извора, евиденциони број: 273026, Министарства за Науку и заштиту животне средине Републике Србије, период 2006/07. година

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу анализе дисертације кандидата Марије Грујић, Комисија констатује да је дисертација написана у складу са одобреном темом. Дисертација задовољава научне критеријуме и пружа научни допринос ужој научној области *Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда*, као и развоју нових методологија и примени резултата истраживања у пракси. Примена оригиналних резултата се првенствено односи на дефинисање услова и критеријума као и ограничења за процену валидности добијених резултата код оцена квалитета фасада стамбених зграда.

Кандидат је показао способност за научно-истраживачки рад кроз рад на самој дисертацији, учествовањем на међународним пројектима ТАБУЛА и ЕПИСКОП, већем броју националних научно-истраживачких пројеката и објављеним научним и стручним радовима у међународним и домаћим периодичним публикацијама и зборницима радова са међународних и домаћих конференција.

На основу напред наведеног, Комисија предлаже Научно-наставном већу Архитектонског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом **“ОПТИМИЗАЦИЈА СТЕПЕНА ТРАНСПАРЕНТНОГ ЗАСТАКЛЕЊА ФАСАДЕ АДМИНИСТРАТИВНИХ ЗГРАДА У КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА БЕОГРАДА”** кандидата Марије Грујић, дипл.инж.арх. прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 20.12.2015. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Милица Јовановић Поповић, ментор
Редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду

Др Лидија Ђокић,
Редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду

Др Маја Тодоровић
Ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Архитектонски факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Допуна реферата о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Марије Грујић, дипл.инж.арх., заведеног под бројем 18/248 од 09.08.2016. године и усвојеног одлуком Наставно-научног већа Архитектонског факултета бр. 01-1228/2-8.3 од 12.09.2016. године

ДОПУНА РЕФЕРАТА

Закључком Већа научних области грађевинско-урбанистичких наука бр. 61206-4740/2-16 од 19.09.2016. године, одложено је разматрање захтева Архитектонског факултета бр. 01-1228/2-8.3 од 12.09.2016. године, за давање сагласности на Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Марије Грујић, дипл.инж.арх., под насловом „Оптимизација степена транспарентног застакљења фасаде административних зграда у климатским условима Београда“. Истим захтевом наложено је Архитектонском факултету да достави одлуку Наставно-научног већа о усвајању реферата у којој ће бити наведен један рад објављен у научном часопису са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу, као и назив часописа, како би били испуњени услови за одбрану докторске дисертације.

Кандидат Марија Грујић је доставила Архитектонском факултету потврду уредништва часописа „Spatium“, заведену под бројем 02-1038/1 од 30.05.2018. године, у којој се потврђује да је рад „SIMPLE ANALYSIS OF DAYLIGHT SAVING TIME EFFECTS IN BELGRADE CLIMATE AND LATITUDE“, чији је аутор Марија Грујић, са коаутором Александром Радевским, прихваћен за објављивање у часопису „SPATIUM“ No. 39, June 2018 (ISSN 1450-569X), у издању Института за архитектуру и урбанизам Србије (ИАУС). Часопис „SPATIUM“ се налази у категорији М24 (часопис међународног

значаја верификован посебном одлуком Министарства за 2016. годину). Наведена потврда налази се у прилогу ове допуне реферата.

На основу напред наведеног, Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Марије Грујић, именована одлуком Наставно-научног већа Архитектонског факултета бр. 01-808/2-8.2 од 13.07.2016. године, констатује да је кандидат мр Марија Грујић објавила рад у научном часопису „SPATIUM“ No. 39, June 2018 (ISSN 1450-569X), у издању Института за архитектуру и урбанизам Србије (ИАУС). Објављивањем рада у научном часопису категорије М24 кандидат мр Марија Грујић је испунила услове за одбрану докторске дисертације под насловом „ОПТИМИЗАЦИЈА СТЕПЕНА ТРАНСПАРЕНТНОГ ЗАСТАКЉЕЊА ФАСАДЕ АДМИНИСТРАТИВНИХ ЗГРАДА У КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА БЕОГРАДА“.

У Београду, 08. јун 2018. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Милица Јовановић Поповић, ментор
Редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду

др Лидија Ђокић
Редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду

др Маја Годоровић
Редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду