

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Катарине Славковић, маг.инж.арх.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета бр. 01-316/2-8.11 од 21.03.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Катарине Славковић, маг.инж.арх., под насловом

**ПРОЦЕНА УГРАЂЕНЕ И ОПЕРАТИВНЕ ЕНЕРГИЈЕ
ЗА ОДАБРАНЕ НИВОЕ УНАПРЕЂЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ СВОЈСТАВА
ПОРОДИЧНИХ КУЋА**

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Катарина Славковић је уписала докторске академске студије на Архитектонском факултету Универзитета у Београду (основна област истраживања: Архитектура, а ужа научна област истраживања: Технологије у архитектури и менаџмент и биоклиматска и еколошка архитектура) школске 2010/2011. године.

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 12.05.2014. године, Наставно научно веће Факултета је, на седници одржаној дана 19.05.2014. године, донело одлуку број 01-700/2-2.14 којом је образована Комисија за оцену испуњености услова кандидаткиње Катарине Славковић, маг. инж. арх. и теме докторске дисертације, под насловом „**Процена уграђене и оперативне енергије за одабране нивое унапређења енергетских својстава породичних кућа**“, у саставу:

- др Александра Крстић-Фурунџић, редовни професор, Архитектонски факултет Универзитета у Београду,
- др Ана Радивојевић, ванредни професор, Архитектонски факултет Универзитета у Београду,
- др Мила Пуцар, научни саветник, Институт за архитектуру и урбанизам Републике Србије.

На основу члана 99. Статута ("Сл. билтен Факултета", бр. 80/08, 84/10, 88/12 и 89/12-пречишћен текст) и члана 31. став 1. Правилника о докторским студијама ("Сл. билтен АФ", бр. 81/08) и Одлуком Већа докторских студија Архитектонског факултета у Београду од 16.06.2014. године, Наставно-научно веће Факултета је, на седници одржаној дана 23.06.2014. године, донело одлуку бр. 01-872/2-7.17 којом се прихвата тема докторске дисертације, под насловом: „Процена уграђене и оперативне енергије за одабране нивое унапређења енергетских својстава породичних кућа“, кандидаткиње Катарине Славковић, маг. инж. арх.

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 01.07.2014. године, одлука број 61206-3089/2-14, Наставно научно веће Факултета је, на седници одржаној 14.07.2014. године, донело одлуку број 01-986/2-5.7 да се Катарини Славковић, маг. инж. арх., одобрава рад на теми докторске дисертације, под насловом „**Процена уграђене и оперативне енергије за одабране нивое унапређења енергетских својстава породичних кућа**“ и да се за ментора именује проф. др Александра Крстић-Фурунџић, редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду.

Завршену докторску дисертацију кандидаткиња предаје Већу докторских студија у јануару 2016. 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 18.01.2016. године, Наставно-научно веће Факултета је, на седници одржаној дана 25.01.2016. године, донело одлуку број 01-80/2-13.9 да се образује Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Катарине Славковић, маг. инж. арх., под насловом “**Процена уграђене и оперативне енергије за одабране нивое унапређења енергетских својстава породичних кућа**”, у саставу:

- др Александра Крстић-Фурунџић, ментор и члан Комисије, редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду,
- др Ана Радивојевић, члан Комисије, ванредни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду,
- др Бранислав Живковић, члан Комисије, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду.

После поступања по коментарима Комисије, кандидаткиња докторску дисертацију предаје поново у марту 2016. 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 14.03.2016. године, Наставно-научно веће Факултета је, на седници одржаној дана 21.03.2016. године, донело одлуку број

01-316/2-8.11 да се образује Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Катарине Славковић, маг. инж. арх., под насловом “**Процена уграђене и оперативне енергије за одабране нивое унапређења енергетских својстава породичних кућа**”, у саставу:

- др Александра Крстић-Фурунџић, ментор и члан Комисије, редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду,
- др Ана Радивојевић, члан Комисије, ванредни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду,
- др Бранислав Живковић, члан Комисије, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација која је предмет овог реферата припада научном пољу Техничко-технолошких наука, научној области *Архитектура и урбанизам*, за коју је матичан Архитектонски факултет Универзитета у Београду. Ментор предметне дисертације, проф. др Александра Крстић-Фурунџић током свог професионалног ангажмана континуирано се бави истраживачким радом у следећим научним областима: архитектонске конструкције, материјали и физика зграда, енергетска ефикасност зграда, савремени концепти материјализације фасада и кровова, индустријализована и префабрикована градња, итд., и поседује значајан број радова објављених у међународним и националним монографијама, часописима и зборницима радова, као и већи број одобрених менторства на докторским дисертацијама које третирају неку од наведених проблематика.

Списак радова који квалификују проф. др Александру Крстић-Фурунџић за ментора докторске дисертације:

- **Krstić-Furundžić, A.**, Kosić, T., "Assessment of energy and environmental performance of office building models: A case study", - International Journal Energy and Buildings Special issue, Places and Technologies, 115 (2016), Elsevier, pp. 11-22. (ISSN 0378-7788 , <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.050>)
- Stojković, M., Pucar, M., **Krstić-Furundžić, A.**: "Daylight Performance of Adapted Industrial Buildings", - Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering No. 1, 2016, (ISSN 0354-4605)
- **Krstić-Furundžić, A.**, Kosorić, V., Golić, K., "Potential for reduction of CO₂ emissions by integration of solar water heating systems on student dormitories through building refurbishment", - *Sustainable Cities and Society*, Editor: Prof. Saffa Riffat, Volume 2, Issue 1, February 2012, Elsevier, pp. 50-62 (ISSN 2210-6707)
- Golić, K., Kosorić, V., **Krstić-Furundžić, A.**: "General model of solar water heating system integration in residential building refurbishment-Potential energy savings and environmental impact", - *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Volume 15, Issue 3, April 2011, Elsevier, pp. 1533-1544 (ISSN 1364/0321).
- **Krstić-Furundžić, A.**, Kosorić, V.: "Improvement of energy performances of existing buildings by application of solar thermal systems", - *Spatium International Review*, No. 20, IAUS, 2009, pp. 19-22 (ISSN: 1450-569X, eISSN: 2217-8066).
- Djukic, A., **Krstić-Furundžić, A.**, Grujic, M., "Retrofitting of multifamily housing: life-cycle costing aspects", poglavlje u međunarodnoj monografiji "Smart energy regions - cost and value", The Welsh School of Architecture, Cardiff University, 2016, pp 61-71 (ISBN: 978-899895-22-9).

- **Krstić-Furundžić, A.**, "Energy efficiency", poglavlje u međunarodnoj monografiji "Suburbanscapes", COST Action TU0701, edited by Roberto Di Giulio, Università di Ferrara, Dipartimento di Architettura, Alinea Editrice, Florence, Italy, 2012, pp. 31-36. (ISBN: 978-88-6055-685-1)
- Slavković, K., **Krstić Furundžić, A.**: "From Conventional to Low Energy Building in Serbia. A Life Cycle Perspective", - In Todorovic, B. (ed.) *Proceedings of the 45th International Congress and Exhibition on Heating, Refrigerating and Air Conditioning*, 23, Belgrade, Serbia. N° 23 (ISBN 978-86-81505-75-5).
- **Krstić-Furundžić, A.**, Djukic, A., "Improvement of the suburban housing; Case Study: Karaburma, Belgrade, Serbia", poglavlje u međunarodnoj monografiji "Improving the Quality of Suburban Building Stock, COST Action TU0701", Volume 2, edited by Roberto Di Giulio, Università di Ferrara, Dipartimento di Architettura, Unife Press, Italy, 2012, str. 205-213. (ISBN: 978-88-96463-08-6)
- **Krstić-Furundžić, A.**, Djukic, A., "Assessment of suburban apartment buildings refurbishment from energy and environmental aspects", In *Proceedings of the 3rd International Exergy, Life Cycle Assessment and Sustainability Workshop&Symposium-ELCAS 3*, Koroneos K., Rovas D., Dompras A. (Eds.), COST, UNEP/SETAC, Nisyros Island, Grčka, 2013., pp. 107-116.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Катарина Славковић је рођена 1985. године у Сомбору, где је завршила Основну школу „Иво Лола Рибар“, Гимназију „Вељко Петровић“ и Основну музичку школу „Петар Коњовић“, класа клавира. Архитектонски факултет Универзитета у Београду је уписала 2004. године. Основне академске студије је завршила 2007, а мастер студије 2009. године, са просечном оценом 9,88 и оценом 10 на дипломском раду „Сан Лоренцо (Рим, Италија): Реактивација и реинтеграција урбане четврти“ код ментора проф. др Александре Ступар. Школске 2010/2011. уписује докторске академске студије архитектуре научног карактера (основна област истраживања: архитектура, а ужа научна област истраживања: Технологије у архитектури и менаџмент и биоклиматска и еколошка архитектура), и током наредне три године полаже све испите предвиђене наставним планом са просечном оценом 9,93. Наставно-научно веће Архитектонског факултета у Београду је, на седници одржаној 14. јула 2014. године одобрило израду докторске дисертације са насловом „Процена уграђене и оперативне енергије за одабране нивое унапређења енергетских својстава породичних кућа“. За ментора је именована проф. др Александра Крстић-Фурунџић.

Катарина Славковић учествује у научно-истраживачком пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја са називом „Истраживање и систематизација стамбене изградње у Србији у контексту глобализације и европских интеграција у циљу унапређења квалитета и стандарда становања“, на Архитектонском факултету у Београду од 2011. до 2015. године. Ангажовање је подразумевало истраживање породичне стамбене изградње у Сомбору, припрему и објављивање резултата у монографијама националног значаја.

На Архитектонском факултету Универзитета у Београду, као студент докторских студија била је ангажована за помоћ у настави на предмету „Студио пројекат 1: Енергетски ефикасан пословно-комерцијални објекат“, у другом семестру мастер академских студија током 2014/2015. школске године. Такође је учествовала у настави на предмету „Зелени материјали“, у другом семестру специјалистичких академских студија „Енергетски ефикасна и зелена архитектура“ током 2013/2014 и 2014/2015. године. Ангажовање у настави је подразумевало припрему и презентацију сегмента њеног научног истраживања у вези са програмима предмета. Током 2012/2013. и 2013/2014. као демонстратор учествовала је у

настави на предмету „Инсталације у архитектури“ у четвртом семестру основних академских студија.

Професионалну каријеру почиње 2008. у својству спољног сарадника у Заводу за заштиту споменика културе града Београда. Стручну праксу обавља 2009. у архитектонском бироу *Zinterl Architects* у Грацу у Аустрији. У периоду 2012. до 2013. у својству пројектанта ради у архитектонском студију *Intellinea* у Београду. Учествоје на међународним научним и стручним скуповима, изложбама и конкурсима.

Одлично влада енглеским и италијанским језиком и служи се немачким језиком. Сертификат о напредном знању енглеског језика Универзитета у Кембриџу добија 2012. године (енг. Certificate in Advanced English), а сертификат о знању италијанског језика Италијанског института за културу у Београду добија 2013. године. Носилац је стипендија Министарства просвете, науке и технолошког развоја и Фондације Др Зоран Ђинђић. Члан је Менсе Србије.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Катарине Славковић под насловом „Процена уграђене и оперативне енергије за одабране нивое унапређења енергетских својстава породичних кућа“ написана је на укупно 281 странице. На почетку дисертације, пре основног текста, на укупно 17 страна налазе се: подаци о ментору и члановима комисије, изјаву захвалности, резиме на српском и енглеском језику, садржај рада, појмовник и списак скраћеница и симбола коришћених у дисертацији. На крају рада дати су: преглед извора и литературе са 171 цитираних библиографских јединица, наведених на 13 страна, попис слика, табела и дијаграма наведен на 7 страна, прилози на 29 страна, биографија аутора са одабраним научним радовима на 3 стране, након чега следе изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу. Рад укључује 6 слика, 58 табела и 27 дијаграма. На крају рада дато је 6 прилога. Рад садржи девет поглавља: Увод, Енергетска ефикасност и стамбени сектор, Енергија животног циклуса зграда, Подаци и претпоставке значајне за методолошки поступак процене енергије животног циклуса кућа у Србији, Унапређење енергетских својстава референтне куће, Оперативна енергија референтне куће након унапређења, Модел за процену енергије животног циклуса куће на коју су примењене мере унапређења енергетских својстава, Примена модела на типичну породичну кућу у Сомбору, Закључак. Садржај дисертације је следећи:

Апстракт

Abstract

Садржај

Појмовник

Скраћенице и симболи

1. УВОД
 - 1.1. Предмет истраживања
 - 1.2. Проблем истраживања
 - 1.3. Циљ истраживања
 - 1.4. Задаци истраживања
 - 1.5. Хипотезе истраживања
 - 1.6. Научне методе истраживања
 - 1.7. Научна оправданост, резултати и практична примена резултата
 - 1.8. Преглед садржаја дисертације

2. ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ И СТАМБЕНИ СЕКТОР
 - 2.1. Потрошња енергије у стамбеном сектору у Европи и Србији
 - 2.2. Регулатива о енергетској ефикасности у зградарству
 - 2.2.1. Регулатива о енергетској ефикасности зграда у Србији
 - 2.2.2. Регулатива о енергетској ефикасности зграда у ЕУ
 - 2.3. Зграде високих перформанси
 - 2.3.1. Зграде ниске потрошње енергије
3. ЕНЕРГИЈА ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ЗГРАДА
 - 3.1. Оцена животног циклуса
 - 3.2. Анализа енергије животног циклуса
 - 3.3. Фазе животног циклуса зграде
 - 3.3.1. Екстракција сирових материјала из природне средине
 - 3.3.2. Транспорт сировина и компоненти зграде
 - 3.3.3. Обрада и производња компоненти зграде
 - 3.3.4. Изградња и уградња компоненти у зграду
 - 3.3.5. Коришћење зграде
 - 3.3.6. Одржавање и унапређење енергетских својстава зграде
 - 3.3.7. Рушење зграде
 - 3.3.8. Одлагање или рециклажа компоненти зграде
 - 3.4. Границе система животног циклуса зграде
 - 3.5. Категорије енергије животног циклуса зграде
 - 3.5.1. Уграђена енергија
 - 3.5.2. Оперативна енергија
 - 3.5.3. Однос уграђене и оперативне енергије
4. ПОДАЦИ И ПРЕТПОСТАВКЕ ЗНАЧАЈНЕ ЗА МЕТОДОЛОШКИ ПОСТУПАК ПРОЦЕНЕ ЕНЕРГИЈЕ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА КУЋА У СРБИЈИ
 - 4.1. Методолошки поступак процене уграђене енергије
 - 4.1.1. Базе података уграђене енергије у компоненте зграде
 - 4.1.1.1. Кумулативна енергетска потражња
 - 4.1.1.2. Преузимање података из базе Екоинвент
 - 4.1.1.3. Недостаци преузимања података
 - 4.1.2. Математички модели за прорачун уграђене енергије
 - 4.1.3. Претпоставке значајне за процену уграђене енергије
 - 4.1.3.1. Животни век породичне куће и њених компоненти
 - 4.1.3.2. Транспорт компоненти зграде
 - 4.1.3.3. Изградња и уградња компоненте у зграду
 - 4.1.4. Варијабле за парцијалне моделе уграђене енергије
 - 4.2. Методолошки поступак процене оперативне енергије
 - 4.2.1. Оперативна енергија постојећих породичних кућа
 - 4.2.2. Компјутерска симулација оперативне енергије
5. УНАПРЕЂЕЊЕ ЕНЕРГЕТСКИХ СВОЈСТАВА РЕФЕРЕНТНЕ КУЋЕ
 - 5.1. Типична породична кућа у Сомбору
 - 5.1.1. Породичне куће у Сомбору и Србији
 - 5.1.2. Референтна породична кућа у Сомбору
 - 5.1.3. Оперативна енергија куће пре унапређења енергетских својстава
 - 5.2. Нивои унапређења енергетских својстава куће
 - 5.3. Мере унапређења енергетских својстава куће
 - 5.3.1. Пасивне мере унапређења енергетских својстава куће
 - 5.3.1.1. Унапређење нетранспарентних елемената топлотног омотача

- 5.3.1.2. Унапређење транспарентних елемената топлотног омотача
- 5.3.1.3. Однос површина транспарентних и нетранспарентних елемената на јужно оријентисаном спољашњем зиду
- 5.3.2. Активне мере унапређења енергетских својстава куће
 - 5.3.2.1. Механички систем за вентилацију
 - 5.3.2.2. Активни соларни системи
 - 5.3.3. Мере унапређења електричних уређаја у домаћинству

- 6. ОПЕРАТИВНА ЕНЕРГИЈА РЕФЕРЕНТНЕ КУЋЕ НАКОН УНАПРЕЂЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ СВОЈСТАВА
 - 6.1. Испуњеност одабраних услова о енергетској ефикасности зграде
 - 6.1.1. Испуњеност услова из националне регулативе
 - 6.1.2. Испуњеност услова стандарда пасивне куће
 - 6.1.3. Испуњеност услова из европске регулативе
 - 6.2. Референтни нивои унапређења енергетских својстава породичне куће
 - 6.3. Уштеде у оперативној енергији референтних нивоа унапређења

- 7. МОДЕЛ ЗА ПРОЦЕНУ ЕНЕРГИЈЕ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА КУЋЕ НА КОЈУ СУ ПРИМЕЊЕНЕ МЕРЕ УНАПРЕЂЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ СВОЈСТАВА
 - 7.1. Структура модела животног циклуса породичне куће
 - 7.2. Математички модел за процену уграђене и оперативне енергије
 - 7.2.1. Енергија животног циклуса зграде
 - 7.2.2. Парцијални модел за иницијалну уграђену енергију
 - 7.2.3. Парцијални модел за накнадну уграђену енергију
 - 7.2.4. Парцијални модел за енергију рушења
 - 7.2.5. Парцијални модели за иницијалну и накнадну оперативну енергију

- 8. ПРИМЕНА МОДЕЛА НА ТИПИЧНУ ПОРОДИЧНУ КУЋУ У СОМБОРУ
 - 8.1. Уграђена и оперативна енергија са аспекта одабраних нивоа унапређења
 - 8.1.1. Кућа непромењених енергетских својстава
 - 8.1.2. Кућа унапређена ради испуњавања услова националне регулативе
 - 8.1.3. Кућа унапређена ради испуњавања услова стандарда пасивна кућа
 - 8.1.4. Кућа унапређена ради испуњавања услова европске регулативе
 - 8.2. Уграђена и оперативна енергија са аспекта времена примене унапређења
 - 8.2.1. Кућа унапређена 30 година након изградње
 - 8.2.2. Кућа унапређена 40 година након изградње
 - 8.2.3. Кућа унапређена 50 година након изградње
 - 8.3. Систематизација резултата о уграђеној и оперативној енергији

- 9. ЗАКЉУЧАК
 - 9.1. Закључна разматрања
 - 9.2. Будућа истраживања

Литература

Попис дијаграма, табела и слика

Прилози

Прилог А. Подаци из националне регулативе о енергетској ефикасности зграда

Прилог Б. Подаци о стандарду без обавезе примене - пасивна кућа

Прилог В. Подаци о бази података Екоинвент

Прилог Г. Оперативна енергија пре унапређења куће

Прилог Д. Оперативна енергија након унапређења куће

Прилог Ћ. Енергија животног циклуса куће

Биографија аутора
Изјаве аутора
Изјава о ауторству
Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада
Изјава о коришћењу

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Рад садржи девет поглавља: Увод, Енергетска ефикасност и стамбени сектор, Енергија животног циклуса зграда, Процена енергије животног циклуса кућа у Србији, Унапређење енергетских својстава референтне куће, Оперативна енергија референтне куће након унапређења, Модел за процену енергије животног циклуса куће на коју су примењене мере унапређења енергетских својстава, Примена математичког модела на типичну породичну кућу у Сомбору и Закључак.

У првом поглављу - Уводу се образлаже тема, предмет и проблем истраживања, даје увид у литературу, разматрају циљеви и задаци истраживања, хипотезе, као и научни методи истраживања, врши процена научне оправданости и резултата истраживања и даје преглед структуре докторске дисертације.

Друго поглавље идентификује документе националне и европске регулативе којима се са различитих аспеката третира побољшање енергетске ефикасности у зградарству и аргументује чињеницу да је енергетска ефикасност стамбеног сектора у Србији на знатно нижем нивоу, у поређењу са земљама чланицама Европске Уније (ЕУ). Констатује се да ЕУ стимулише трансформацију постојећих зграда у зграде приближно нулте енергије (енг. *nearly zero energy building - NZEB*) и излажу се дефиниције зграда ниске потрошње енергије.

Треће поглавље образлаже методе анализе животног циклуса LCA (енг. *life cycle analysis*) и анализе енергије животног циклуса LCEA (енг. *life cycle energy analysis*) а потом приказује структуру животног циклуса зграде, објашњавајући и групишући фазе животног циклуса у категорије енергије и границе система. У овом поглављу се аргументује да је однос уграђене и оперативне енергије код конвенционалних и нискоенергетских зграда различит, и закључује да се овај однос у животном циклусу зграде мења, након примене поступака унапређења енергетских својстава.

Четврто поглавље износи теоријске поставке за процену енергије животног циклуса породичне куће у Србији. Анализа методологије за процену уграђене енергије зграда обухвата компарацију две иностране базе података: *Екоинвент* (енг. *Ecoinvent*) и *ICE* (енг. *Inventory of Carbon and Energy*), систематизацију постојећих математичких модела за њену процену, и идентификује неопходност формирања претпоставки за процену уграђене енергије у животном циклусу постојеће породичне куће у Србији. Анализа методологије за процену оперативне енергије зграда се усредсређује на систематизацију неопходних података за компјутерску симулацију потрошње енергије применом програма *Пакет за планирање пасивних кућа* (енг. *Passive house planning package - PHPP*).

У петом поглављу систематизују се релевантни извори и подаци о породичном стамбеном фонду у Сомбору и Србији, сумирају енергетска својства тичине породичне куће у Сомбору, и излажу подаци о одабраној референтној кући и потрошњи оперативне енергије у њој. Поглавље потом излаже одабране пасивне мере унапређења својстава топлотног омотача са циљем оптимизације топлотних губитака и добитака, и активне мере унапређења применом техничких система са циљем смањења топлотних губитака и производње енергије из обновљивих извора (ОИ).

Шесто поглавље излаже резултате о оперативној енергији куће након примене бројних нивоа унапређења, формираних комбиновањем итерација активних и пасивних мера унапређења. Вредности утврђене компјутерском симулацијом потрошње енергије су упоређене и илустроване дијаграмима. Одабрана су три карактеристична нивоа унапређења енергетских својстава референтне куће, на основу испитивања испуњености одабраних услова енергетске ефикасности утврђених националном регулативом, стандардом без обавезе примене – пасивна кућа и европском регулативом.

У седмом поглављу излаже се модел за процену енергије животног циклуса зграде у Србији на коју се примењују поступци унапређења. Модел се састоји од пет парцијалних модела са математичким једначинама и инвентарима животног циклуса. Парцијални модели се односе на енергетске поткатегорије - иницијална уграђена, иницијална оперативна, накнадна уграђене, накнадна оперативна и енергија рушења зграде.

Осмо поглавље сумира резултате примене утврђеног математичког модела на типичну породичну кућу у Сомбору и утврђује однос између уграђене и оперативне енергије породичне куће постојећих и унапређених енергетских својстава. Резултати су приказани са аспекта одабраних нивоа унапређења и временског одређења њихове примене у животном циклусу куће. Резултати обухватају бројчане вредности уграђене енергије (повећања узрокована поступком унапређења) и бројчане вредности оперативне енергије (уштеде које су резултат поступка унапређења), као и вредности енергије животног циклуса породичне куће (уштеде које су резултат поступка унапређења), изражене ануализованим и кумулативним вредностима и јединицама примарне енергије.

У деветом поглављу се закључује да је однос уграђене и оперативне енергије у животном циклусу референтне куће рационалан, односно, да су одабрани нивои унапређења енергетских својстава куће оправдани, са аспекта енергије животног циклуса. Приказано је поређење распона добијених вредности уграђене и оперативне енергије породичне куће у Сомбору, са резултатима студија случаја конвенционалних и нискоенергетских стамбених зграда, објављених у међународним часописима. Образложено је испуњавање циљева и задатака истраживања и потврђивање опште и посебне хипотезе. Излажу се правци будућих истраживања у оквиру проблематике стандардизације мерења енергије животног циклуса, укључивања уграђене енергије у регулативу као индикатора енергетске ефикасности и улагања напора на локалном нивоу ради спровођења мерења уграђене енергије у фабричким постројењима, током испоруке компонената зграде и током поступака изградње и рушења зграда на грађевинским парцелама у Србији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

У дисертацији се третира акуелна проблематика унапређења енергетских перформанси зграда и сагледавају ефекти кроз животно циклус зграде. Дисертација се бави проценом енергије животног циклуса породичних кућа на које су примењене мере унапређења енергетских својстава у циљу испуњавања одабраних услова енергетске ефикасности утврђених националном регулативом (минимални захтеви за постојеће куће), стандардом без обавезе примене - пасивна кућа, нем. Passivhaus, и европском регулативом (NZEB зграде). Унапређењем енергетских својстава, мења се однос уграђене и оперативне енергије у животном циклусу зграде. Резултат научног истраживања је математички апарат којим се процењује овај однос током укупног предвиђеног животног циклуса породичних кућа, а који је применљив за породичне куће у Србији које треба да прођу кроз поступак унапређења. Математички апарат је проверен применом на реалан пример типичне породичне куће у Сомбору.

Оригиналност дисертације се огледа у чињеници да процена потрошње енергије током целог животног циклуса зграда до сада није била предмет научног истраживања у Србији. У међународној научној заједници, однос уграђене и оперативне енергије се испитивао за конвенционалне и нискоенергетске зграде, и веома је мали број истраживања која се баве овим односом код зграда у поступку унапређења. Пошто се очекује да ће стамбени фонд у Србији проћи кроз трансформације у складу са актуелним трендовима науке и развојем регулативе о енергетској ефикасности зграда, вредност дисертације је и у указивању на неопходност континуалног праћења уграђене енергије од стране домаће грађевинске индустрије, чиме се иницира укључивање институција и знања из области архитектуре, грађевинарства, енергетике, заштите животне средине и др.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Приликом рада на докторској дисертацији, коришћена је обимна литература и разни примарни и секундарни извори. Истраживање кандидаткиње је засновано на изворима о националној и европској регулативи о енергетској ефикасности у зградарству (закони, директиве, правилници, акциони планови, стратегије и др.), теоријској литератури (LCA, LCEA методологије, математички модели за процену поткатегија уграђене енергије, активне и пасивне мере унапређења), на релевантим стандардима и препорукама о зградама ниске потрошње енергије (NZEB дефиниције зграда у земљама чланицама ЕУ и стандарду без обавезе примене – пасивна кућа), научним и стручним часописима (студије случаја процене енергије животног циклуса зграда, студије случаја примене појединачних и сетова мера унапређења и др.), као и на другим изворима (базе података уграђене енергије Екоинвент и ICE, приручник за компјутерски програм PHPP, оригинална пројектна документација куће, и др.). Избор библиографских јединица указује на то да је кандидаткиња упозната са кључним теоријским расправама и резултатима, као и са актуелним примерима у области коју истражује, и да на одговарајући начин користи изворе за аргументацију својих ставова у области коју истражује. Најзначајнији извори коришћени у истраживању, а према специфичним тематским оквирима, су следећи:

- унапређење енергетских својстава постојећих зграда:

- Krstic-Furundzic, A., Kosoric, V. (2009). Improvement of Energy Performances of Existing Buildings in Suburban Settlements. *PLEA International Conference on Passive and Low Energy Architecture* (p. 2.2.23). Quebec: Les Presses de l'Universite Laval.
- Krstic-Furundzic, A., Kosoric, V. (2009a). Improvement of energy performances of existing buildings by application of solar thermal systems. *Spatium*, 20, 19-22.
- Krstić, A. (2003). Naknadno rešavanje problema vezanih za termičku zaštitu i difuziju vodene pare. *Грађевинска физика и материјали* (pp. 121-130). Beograd: Jugoslovensko društvo za ispitivanje i istraživanje materijala i konstrukcija.
- Slavković, K., Radivojević, A. (2015). Evaluation of energy embodied in the external wall of single-family buildings in the process of energy performance optimisation. *Energy Efficiency*, 8, 239–253.

- гранични услови енергетске ефикасности зграда:

- Feist, W., Pfluger, R., Jurgen, S., Kah, O., Kaufmann, B., Krick, B., et al. (2013). *Passive House Planning Package PHPP. Version 8. Energy balance and Passive Design Tool for quality approved Passive Houses and EnerPHit retrofits*. Darmstadt: Passive House Institute.
- Kurnitski, J., Buso, T., Corgnati, S. P., Derjanecz, A., Litiu, A. (2014). *nZEB definitions in Europe*. *Rehva*, 6-9. Retrieved February 10, 2015 from REHVA Federation of European

Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations: <http://www.rehva.eu/publications-and-resources/hvac-journal/2014/022014/nzeb-definitions-in-europe/>

- Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре. (2011). Правилник о енергетској ефикасности зграда Републике Србије. *Службени Гласник РС бр. 61/2011*.
- Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре. (2012). Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда Републике Србије. *Службени Гласник РС бр. 69/2012*.
- Passivhaus Institut. (2013). *EnerPHit and EnerPHit +i.Certification Criteria for Energy Retrofits and Passive house Components*. Retrieved September 12, 2015, from Passivhaus Institut: http://passiv.de/downloads/03_certification_criteria_enerphit_en.pdf
- The European Parliament and the Council of the European Union. (2010). *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and the Council of 19 May 2010 on energy performance of buildings (recast)*.

- енергија животног циклуса зграда, LCA и LCEA методологије:

- Abanda, F. H., Tah, J. H., Cheung, F. K. (2013). Mathematical modelling of embodied energy, greenhouse gases, time-cost parameters of building projects: A review. *Building and Environment*, 59, 23-37.
- Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., Castell, A. (2014). Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 394–416.
- Dixit, M. K., Fernández-Solís, J. L., Lavy, S., Culp, C. H. (2010). Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. *Energy and Buildings*, 42, 1238–1247.
- *Ecoinvent Centre*. (2015). Retrieved October 10, 2015 from <https://v31.ecoquery.ecoinvent.org>
- Hammond, G., Jones, C. (2008). *Inventory of Carbon and Energy (ICE)*. Version 1.6. Retrieved 2008, from University of Bath: <http://www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied>
- Hammond, G., Jones, C. (2011). *Inventory of Carbon and Energy (ICE)*. Version 2.0. Summary Tables. Retrieved 2015 July, from Massachusetts Institute of Technology: <http://web.mit.edu/2.813/www/readings/ICEv2.pdf.old>
- Hernandez, P., Kenny, P. (2010). From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB). *Energy and Buildings*, 42, 815-821.
- Karimpour, M., Belusko, M., Xing, K., Bruno, F. (2014). Minimising the life cycle energy of buildings: Review and analysis. *Building and Environment*, 73, 106-114.
- Ramesh, T., Prakash, R., Shukla, K. K. (2010). Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and Buildings*, 42, 1592–1600.
- Sartori, I., Hestnes, A. G. (2007). Energy use in life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. *Energy and Buildings*, 39, 249-257.
- Slavković, K., Krstić Furundžić, A.: From Conventional to Low Energy Building in Serbia. A Life Cycle Perspective, - In Todorovic, B. (ed.) *Proceedings of the 45th International Congress and Exhibition on Heating, Refrigerating and Air Conditioning*, 23, Belgrade, Serbia. N° 23.
- Verbeeck, G., Hens, B. (2010). Life cycle inventory of buildings: A calculation method. *Building and Environment*, 45, 1037–1041.

- Weidema, B., Bauer, C., Hischer, R., Mutel, C., Nemecek, T., Reinhard, J., et al. (2013). *The ecoinvent database: Overview and methodology. Data quality guideline for the ecoinvent database. Version 3*. Retrieved August 2015, from Ecoinvent Centre: www.ecoinvent.org

- типологије постојећих породичних кућа у Сомбору и Србији:

- Јовановић Поповић, М., Игњатовић, Д., Радивојевић, А., Рајчић, А., Ђукановић, Љ., Ђуковић Игњатовић, Н., et al. (2012). *Атлас породичних кућа Србије*. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду; GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.
- Jovanović Popović, M., Slavković, K. (2012). A Methodology to Form Family Housing Typology for the Town of Sombor with Respect of Energy Efficiency Assessment. In V. Mako, V. Lojanica, R. Božović Stamenović, *Housing Development in Serbia in the Context of Globalization and Integrations. Vol 2, Methods and Tendencies* (pp. 243-255). Belgrade: Faculty of Architecture, University of Belgrade.
- Jovanović Popović, M., Slavković, K. (2014). Building Typology of Sombor Family Houses. Classification According to General and Specific Criteria. In V. Mako, V. Lojanica, *Housing Development in Serbia in the Context of Globalization and Integrations. Vol. 3, Strategies and Models* (pp. 147-165). Belgrade: Faculty of Architecture University of Belgrade.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У раду се користи више научних метода. Методе на којима се заснива методолошки поступак за утврђивање односа уграђене и оперативне енергије породичних кућа су *оцена животног циклуса LCA и анализа енергије животног циклуса LCEA*. Методолошки поступак за утврђивање односа уграђене и оперативне енергије породичних кућа у Србији се примењује на тичину породичну кућу у Сомбору и подразумева:

- математички модел за процену уграђене енергије - формиран је на основу *анализе структуре животног циклуса породичне куће, упоредног приказа* постојећих математичких модела за процену поткатегија уграђене енергије, *упоредног приказа* структура и методологија из иностраних база са систематизованим бројчаним вредностима о уграђеној енергији, конципирања претпоставки значајних за процену уграђене енергије породичне куће у Србији, и
- математички модел за процену оперативне енергије - формиран је на основу анализе примене неколико метода, у заводности од временског периода процене оперативне енергије (пре или након поступка унапређења). Процена оперативне енергије утврђена је у два корака: у првом кораку, вредност оперативне енергије пре унапређења куће је утврђена на основу увида у месечне рачуне о потрошњи енергије и информација добијених *интервјуисањем* станара и *пописом* електричних уређаја у домаћинству; у другом кораку вредност оперативне енергије пре и након унапређења куће, утврђена је применом *симулационог експеримента*. Енергетска својства референтне куће, што приближнија стварном окружењу, се предвиђају *компјутерском симулацијом потрошње оперативне енергије* применом програма Пакет за планирање пасивне куће PHPP.

Метода студије случаја подразумева анализу одабраног примера типичне породичне куће у Сомбору. Типична кућа се у истраживању сматра референтним моделом на који се примењују хипотетичке мере унапређења својстава топлотног омотача и мере унапређења применом активних система. *Компјутерском симулацијом потрошње оперативне енергије* низа случајева унапређења енергетских својстава референтне куће, добијају се резултати о

бројчаним вредностима различитих видова потрошње оперативне енергије. Компарација резултата за низ случајева куће се илуструје дијаграмима. Утврђују се случајеви куће унапређених енергетских својстава који испуњавају, или се приближавају, граничним вредностима одабраних услова енергетске ефикасности из националне и европске регулативе и стандарда без обавезе примене – пасивна кућа. Бирају се три кључна нивоа унапређења типичне куће у Сомбору.

Методолошки поступак за утврђивање односа уграђене и оперативне енергије породичних кућа се примењује на дванаест варијанти породичне куће: једна варијанта куће постојећих енергетских својстава и три варијанте куће унапређених енергетских својстава и њихове подваријанте утврђене у зависности од три временска периода примене мера одржавања и мера унапређења енергетских својстава у животном веку куће. *Компаративном анализом* се пореде и интерпретирају резултати кумулативних и ануализованих вредности уграђене, оперативне и енергије животног циклуса куће и изводе се закључци о рационалности унапређења и односу између уграђене и оперативне енергије.

У завршној фази истраживања, на основу резултата примене утврђеног методолошког поступка за процену енергије животног циклуса куће, *методом синтезе* су изведени закључци који дају одговоре на све постављене хипотезе.

3.4. Применљивост остварених резултата

Практична примена резултата научног истраживања се препознаје кроз доступност утврђеног методолошког поступка и математичког модела стручној и научној јавности. Стручњаци у грађевинској индустрији Србије који раде на унапређењу стамбеног фонда, могу да сагледају резултате о потрошњи уграђене енергије и резултујућим уштедама у оперативној и енергији животног циклуса за различите нивое унапређења енергетских својстава породичне куће, и да их идентификују као значајан параметар за одабир одговарајућих мера унапређења породичних кућа. Примена утврђене методологије на примере кућа изграђених у Сомбору представља полазну тачку за потенцијалну примену методологије на зграде изграђене у сличним климатским условима у региону, као и за зграде других намена.

Примена добијених резултата се очекује како у науци - као полазиште за даља истраживања на сличну тему, тако и у привреди - код пројектаната, као полазни параметар приликом пројектовања унапређења енергетских перформанси зграда, и код стручњака у грађевинској индустрији.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Предметна докторска дисертација показује да кандидаткиња поседује способност за самосталан научно-истраживачки рад, што се огледа у консултовању релевантне литературе и повезивању знања из области архитектуре, како би се формирао холистички приступ праћењу потрошње енергије у згради, односно, како би се будућем унапређењу постојећег стамбеног фонда приступило са полазишта енергије животног циклуса. Кандидаткиња влада вештинама употребе разних научних метода истраживања, почев од критичке теоријске анализе, анализе садржаја разних извора, методе компјутерске симулације потрошње енергије у згради, компаративне анализе, синтезе и интерпретације резултата истраживања. Кандидаткиња је кроз формиран модел за процену уграђене и оперативне енергије животног циклуса породичних кућа на које се примењују поступци унапређења, и концептуални оквир истраживања, показала способност дефинисања и обраде специфичне теме.

Значајан показатељ способности кандидата за самосталан научни рад произилази и из радова из шире области дисертације публикованих у истакнутим међународним часописима, зборницима радова научних скупова и монографијама водећег националног значаја.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси предметног истраживања су:

- формиран методолошки поступак за утврђивање односа уграђене и оперативне енергије током животног циклуса породичних кућа у Сомбору, Србија, на које су примењене мере унапређења енергетских својстава,
- препознавање и диференцијација термина иницијална оперативна и накнадна оперативна енергија који се односе на оперативну енергију пре и након унапређења енергетских својстава куће,
- утврђивање да је однос између уграђене и оперативне енергије у животном циклусу породичних кућа у Сомбору, изграђених у временском периоду од 1961. до 1990. године, и унапређених енергетских својства, рационалан. Наведено је утврђено на основу испитивања унапређења куће у циљу испуњавања:
 - минималних услова регулативе о енергетској ефикасности зграда у РС,
 - одабраних услова о енергетској ефикасности зграда утврђених стандардима без обавезе примене – пасивна кућа и
 - одабраних услова о енергетској ефикасности зграда у Европској Унији утврђених дефиницијама зграда близу нулте енергије,
- указивање на потребу за стандардизацијом и увођењем процене енергије животног циклуса зграда у регулативу на државном нивоу.

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 методологија за процену енергије животног циклуса зграда.

Анализом структуре животног циклуса зграда (која обухвата фазе, категорије, поткатегије и границе система животног циклуса), анализом постојећих методолошких поступака за процену уграђене енергије (математички модели и иностране базе података), утврђивањем специфичности и конципирањем претпоставки (предвиђени животно век куће и компонентата, претпоставке везане за фазу транспорта, изградње и уградње компоненте у зграду), омогућени су формирање и примена модела за процену енергије животног циклуса кућа који је примењен на породичну кућу у Сомбору, а може да се примени на породичне куће у Србији.

Ово је омогућило да се испита утицај који, на однос уграђене и оперативне енергије у животном циклусу куће имају:

- различити нивои унапређења енергетских својстава куће и
- различита временска одређења примене поступака унапређења у животном циклусу куће.

Даљим анализама добијених резултата омогућено је изражавање односа уграђене и оперативне енергије за један део или укупан предвиђени животни век зграде, кроз ануализоване вредности (средње вредности енергетске потрошње) и кумулативне вредности примарне енергије (континуално додавање вредности потрошене енергије).

Ипак, као важан допринос треба истаћи да рад јасно указује на потребу за свеобухватним приступом проблематици унапређења енергетских својстава зграда и мерењу не само оперативне већ и уграђене енергије у зградарству.

4.3. Верификација научних доприноса

Рад у истакнутом међународном часопису (M22):

1. **Slavković, K.** and Radivojević, A.: Evaluation of energy embodied in the external wall of single-family buildings. Evaluation of energy embodied in the external wall of single-family buildings in the process of energy performance optimisation. *Energy Efficiency*, vol. 8, pp. 239–253, 2013 (IF = 1,060) (ISSN 1570-646X) (DOI 10.1007/s12053-014-9285-3).

Рад у зборнику радова са међународног научног скупа објављен у целини (M33):

2. **Slavković, K.**, Krstić Furundžić, A. "From Conventional to Low Energy Building in Serbia. A Life Cycle Perspective," - *Proceedings of the 45th International Congress and Exhibition on Heating, Refrigerating and Air Conditioning 2014*, Belgrade, Serbia, 2014., N° 23. (ISBN 978-86-81505-75-5).
3. **Slavković, K.** "Low energy buildings: Concept of energy performance optimization of family houses," - *Proceedings of the First International Academic Conference on Places and Technologies 2014*, Belgrade, Serbia, 2014., pp. 540-548, (ISBN 978-86-7924-114-6), (COBISS.SR-ID 206380812).
4. **Slavković, K.**, Radivojević, A.: "LCA: Restriction for the embodied energy measurement in Serbia," - *Proceedings of the 4th International Scientific Symposium Instalacije & Arhitektura 2013*, Belgrade, Serbia, 2013., pp. 109-117, (ISBN 978-86-7924-111-5), (COBISS.SR-ID 203621644).
5. **Slavković, K.**: "Compact City – Sustainable Urban Form", - *PhIDAC III International Symposium for students of doctoral studies in the fields of Civil Engineering, Architecture and Environmental Protection 2011*, Novi Sad, Serbia, 2011., pp. 293-299, (ISBN 978-86-7892-336-4).

Рад у истакнутом тематском зборнику водећег националног значаја (M44):

6. Jovanović Popović, M., **Slavković, K.** "Building typology of Sombor family houses. Classification according to general and specific criteria," - *Housing Development in Serbia in the Context of Globalization and Integrations. Strategies and Models, Vol. 3.*, 2014, pp. 147-165, Belgrade: Faculty of Architecture. (ISBN 978-86-7924-134-4), (COBISS.SR-ID 212398092)
7. Jovanović Popović, M., **Slavković, K.** "A Methodology to Form Family Housing Typology for the Town of Sombor with Respect to Energy Efficiency Assessment" - *Housing Development in Serbia in the Context of Globalization and Integrations. Vol. 2. Methods and Tendencies*, 2012, pp. 243-255, Belgrade: Faculty of Architecture. (ISBN 978-86-7942-091-0). (COBISS.SR-ID 196013068).
8. **Славковић, К.:** "О речи компактан у урбанистичком дискурсу," - *Лингвистика за архитекте*, 2013, pp. 98-123. Београд: Архитектонски факултет. (ISBN 978-86-913959-1-9).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу анализе дисертације кандидаткиње Катарине Славковић, Комисија констатује да је дисертација написана у складу са одобреном темом. Дисертација задовољава научне критеријуме и пружа научни допринос научној области *Архитектура и урбанизам* и ужој научној области *Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда* за коју је матичан Архитектонски факултет, као и научни допринос који се односи на развој нових методологија и примену резултата истраживања у пракси. Оригинални резултати се првенствено односе на методолошки поступак за процену уграђене и оперативне енергије током животног циклуса породичних кућа на које су примењене мере унапређења енергетских својстава, а који је примењен на типичну породичну кућу у Сомбору, и применљив је на породичне куће у Србији. Кандидаткиња је показала способност за научно-истраживачки рад кроз рад на самој дисертацији, учествовање на националном научно-истраживачком пројекту и објављивање научних и стручних радова у зборницима радова са међународних конференција (М33), тематским зборницима националног значаја (М44) и међународном часопису (М22).

На основу напред наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Архитектонског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом **“Процена уграђене и оперативне енергије за одабране нивое унапређења енергетских својстава породичних кућа”**, кандидаткиње Катарине Славковић, маг.инж.арх. прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 05.05.2016. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Александра Крстић-Фурунџић, редовни професор, ментор
Архитектонски факултет Универзитета у Београду

Др Ана Радивојевић, ванредни професор,
Архитектонски факултет Универзитета у Београду

Др Бранислав Живковић, редовни професор,
Машински факултет Универзитета у Београду