

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
-обавезна садржина – свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

EVALUATION STATEMENT OF THE DOCTORAL DISSERTATION
-obligatory content – all sections must be filled out

(all data must be included in adequate section, the name and place of the sections must not be modified nor left blank)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
I INFORMATION OF COMMISSION MEMBERS
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију: Комисију је именовало Наставно научно веће Факултета техничких наука, 26.03.2015. године, Број: 012-199/43-2014</p> <p>Date and organization which nominated the commission: The commission was nominated by the Education and science meeting of the Faculty of Technical Sciences on the 26th of March 2015, No.: 012-199/43-2014</p>
<p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Др Предраг Шиђанин, ред. проф., Теорије и интерпретације геометријског простора у архитектури и урбанизму, 13.05.2010., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду2. Др Александра Крстић-Фурунџић, ред. проф., Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда, 06.2006., Архитектонски факултет, Универзитет у Београду3. Др Дарко Реба, ванр. проф., Архитектонско – урбанистичко планирање, пројектовање и теорија, 25.02.2013., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду4. Др Радомир Фолић, проф. емеритус, Конструкције у грађевинарству, 28.01.2008., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду5. Др Золтан Мађар, ванр. проф., Грађевинска енергетика и теорија комфора, 01.08.2005., Архитектонски факултет, Технички Универзитет у Будимпешти <p>Commission constitution with names and surnames of all members, titles, names of scientific fields for which are elected with the title, date of title election and name of faculty or institution in which the commission member is employed:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Predrag Šidanin, PhD, full prof., Theory and interpretation of geometric space in architecture and urbanism, 13.05.2010., Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad2. Aleksandra Krstić-Furundžić, PhD, full prof., Architectural constructions, materials and building physics, 06.2006., Faculty of Architecture, University of Belgrade3. Darko Reba, PhD, assoc. prof., Architectural and urban planning, design and theory, 25.02.2013., Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad4. Radomir Folić, PhD, prof. emeritus, Constructions in civil engineering, 28.01.2008., Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad5. Zoltán Magyar, PhD, assoc. prof., Building energetics and comfort theory, 01.08.2005., Faculty of Architecture, Budapest University of Technology and Economics

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ II INFORMATION OF CANDIDATE
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Норберт (Лорант) Хармати Name, name of parent, surname: Norbert (Lorant) Harmati</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 23.10.1986., Зрењанин, Република Србија Date of birth, province, country: 20.10.1986., Zrenjanin, Republic of Serbia</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: Факултет техничких наука, Архитектура и урбанизам, Мастер инжењер архитектуре Name of faculty, name of academic study programme – master and gained professional title: Faculty of Technical Sciences, Architecture and urban planning, Master of Architecture</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: 2010, Архитектура Year of postgraduate (PhD) programme enrollment and name of postgraduate (PhD) programme: 2010, Architecture</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: / Name of faculty, title of “magister” thesis, scientific field and date of defense: /</p>
<p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: / Scientific field in which the “magister” academic title was gained: /</p>
<p>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p> <p>„ОПТИМИЗАЦИЈА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ АДМИНИСТРАТИВНИХ ЗГРАДА У ФУНКЦИЈИ КОРИСНИЧКОГ КОМФОРА“</p> <p>III TITLE OF DOCTORAL DISSERTATION:</p> <p>"ENERGY PERFORMANCE OPTIMIZATION OF ADMINISTRATIVE BUILDINGS IN THE FUNCTION OF OCCUPANT COMFORT"</p>
<p>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл. OVERVIEW OF THE DOCTORAL DISSERTATION: Concisely state the contents, number of pages, chapters, figures, tables, graphs etc.</p> <p>Докторска дисертација Норберта Харматија је написана на 270 страна на енглеском језику и 26 страна проширеног извода на српском језику. Дисертација садржи 8 поглавља и 7 додатака, 143 референци, 163 слика и 56 табела. На крају дисертације дата је коришћена литература. Комплетан рад је електронски обрађен. Текст дисертације је организован према следећем садржају:</p> <p>Проширен извод докторске дисертације на српском језику Докторска дисертација на енглеском језику</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увод 2. Методологија и материјали 3. САД модел, анализа застакљености омотача и симулација светлости 4. Перформанса омотача зграде

5. Симулација енергетске перформансе
6. Оптимизација енергетске перформансе у функцији параметара комфора
7. Преглед оптималног модела
8. Сажетак и закључак
9. Литература
10. Додатак:
 - Додатак А Одабрани подаци са мерења
 - Додатак Б Анализа интензитета светлости
 - Додатак Ц Фотоелектрична анализа
 - Додатак Д Симулација изложености соларној радијацији
 - Додатак Е EnergyPlus излазни подаци
 - Додатак Ф ППГ и ППН индекси
 - Додатак Г ГХВ систем

The doctoral dissertation of Norbert Harmati is written on 270 pages in English language and 26 pages of extended abstract in Serbian language. The dissertation contains 8 chapters and 7 appendixes, 143 references, 163 figures and 56 tables. The reference list is given at the end of the dissertation. The complete work is elaborated electronically. The text of the dissertation is organized according to the following contents:

Extended abstract of the doctoral dissertation in Serbian

Doctoral dissertation in English language

1. Introduction
2. Methodology and materials
3. CAD model, WWR/WG analysis and illumination simulation
4. Building envelope performance
5. Energy performance simulation
6. Optimization of energy performance in the function of comfort parameters
7. Optimal solution Best Case Scenario
8. Summary and conclusion
9. References
10. Appendix:
 - Appendix A Selected monitoring data sheets
 - Appendix B Lighting intensity analysis
 - Appendix C Photoelectric analysis
 - Appendix D Solar exposure simulation
 - Appendix E EnergyPlus output variable
 - Appendix F PMV and PPD values
 - Appendix G HVAC systems

**V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
EVALUATION OF CHAPTERS OF THE DOCTORAL DISSERTATION:**

Дисертација садржи све неопходне елементе прописане важећим правилницима.
Наслов рада је јасно формулисан и у потпуности указује на садржај рада.

У уводном поглављу дисертације јасно је дефинисан предмет и проблем истраживања, потреба за истраживањем, циљ истраживања, хипотезе, тренутно стање у области и преглед основне литературе.

У другом поглављу приказана је примењена методологија у истраживању уз прикупљене и анализиране податке мерења и техничке грађе. Анализирани и вредновани су енергетски трошкови заједно са детаљно образложеним климатским подацима из програма Метеонорм.

У трећем поглављу обухваћена је оптимизација омотача зграде у функцији просторне дисперзије природне светлости, квалитета и јачине светлости. Образложена је конструкције геометријског ЦАД модела зграде применом БИМ технологије. 3Д DXF модели су детаљно разрађени у циљу спровођења многобројних симулација у програму Radiance. Резултати су вредновани према дефинисаним критеријумима у циљу одређивања ефикасних перформанси прозора у задатим климатским условима.

У четвртном поглављу формулисана су перформативна решења за побољшање термичких карактеристика омотача зграда у складу са европским стандардима и српској регулативи о енергетској ефикасности зграда. Такође су приказана и тумачена теренска снимања постојећег омотача референтног објекта куле Факултета техничких наука.

Пето поглавље разрађује сложеност пројектовања термичког мулти зонског модела и дефинише све неопходне улазне параметре у циљу покретања динамичке симулације у програму EnergyPlus. Детаљно су описани улазни подаци и методологија прорачуна које следи компаративна анализа и вредновање резултата. Енергетски захтеви за вентилацију су утврђени према стандарду ЕН 15251. Налази критички дефинишу високо ефикасна решења са аспекта енергетских перформанси за задате климатске услове.

У шестом поглављу детаљно је образложен оптималан модел у функцији параметара комфора. За усвојено најповољније енергетско решење примењује се Фангеров модел термичког комфора у циљу одређивања и анализе ППГ и ППН индекса. Истраживање обухвата многобројне динамичке симулације у циљу одређивања осцилационих интервала параметара комфора у програму EnergyPlus и представља детаљну обраду и тумачење параметара. На основу резултата формулисано је најефикасније решење у функцији корисничког комфора у складу са европским стандардима.

Седмо поглавље обухвата преглед својстава најефикаснијег решења према претходно спроведеним истраживањима изложеним у поглављима 3, 4, 5 и 6. Симулирана и компаративно анализирана су четири различита система за грејање и хлађење код новопроекттованих зграда. Критички је образложен систем са најефикаснијом енергетском перформансом за умерене климатске услове и критеријуме термичког комфора. Такође се даје предлог унапређења система за грејање и хлађење код рехабилитације постојећих административних зграда.

У оквиру осмог поглавља јасно су наведена завршна разматрања и формулисани су закључци истраживања. Приказани резултати истраживања су у складу са постављеним циљевима и у садржајно и методолошки коректно поткрепљени. Наиме, они су јасно дефинисани и повезани са постављеним хипотезама истраживања. Коректно су назначене могућности примене резултата и прецизирају су правци даљих истраживања.

The dissertation contains all elements according to the prominent regulations.
The title is clearly formulated and completely reflects the content of the work.

Chapter one elaborates the research subject and research problem of the dissertation with concise description of topic significance in global and in Serbia. Current state in the field, research objectives and hypotheses are outlined, followed by pertinent literature review.

Chapter two shows the applied research methodology and collected materials in the dissertation. On-site monitored data, technical information and energy expenses are analyzed and evaluated including detailed weather data from the global climatological database Meteonorm.

Chapter three presents the building envelope optimization in the function of illumination dispersion and daylight quality analysis in Radiance engine. The geometric CAD building model constructed by using BIM technology is elaborated with detailed analysis and evaluation of the obtained results concerning exterior glazing properties for the given climatic conditions.

Chapter four presents performative solutions for building envelope's thermal improvement according to European Standards and Serbian directives. Existing building envelope is evaluated including on site monitoring with thermal camera images.

Chapter five presents the complexity of designing a multi-zone thermal model and provides the definitions of all necessary input parameters in order to perform a dynamic simulation in EnergyPlus engine. Precise description of input data and calculation methodology are described followed by evaluation and comparative analysis of the results. The energy demand for air ventilation according to Annex B of EN 15251 was determined respectively. Findings define the Best Case Scenario from the energy performance aspect for temperate climate conditions.

Chapter six elaborates the optimal building model in the function of comfort parameters. The comfort model is applied for the Best Case energy performance Scenario in order to obtain and analyze the PVM (predicted mean vote) and PPD (predicted percentage of dissatisfied) values from the comfort equations. The investigation includes dynamic comfort parameter simulations in EnergyPlus and presents detailed analysis of parameter oscillations in hourly intervals. In conclusion the Best Case Scenario from the comfort aspect is determined.

Chapter seven presents an overview of the Best Case Scenario's properties from the previously elaborated researches in Chapters 3, 4, 5 and 6. Four HVAC systems are simulated and analyzed from the energy performance aspect and system efficiency. The systems are explored in newly designed buildings and proposals are given respectively for HVAC system improvement in existing office buildings.

Chapter eight concludes the considerations, indicates the application of findings and proposes directions for further research. The presented results are in accordance with the defined aims and completely correspond to the methodology of the dissertation. Results are clearly defined and answer the hypotheses of the dissertation. The application possibility of the results is clearly pointed out, including directions for further investigation.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

LIST OF SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL PAPERS WHICH ARE PUBLISHED OR ACCEPTED FOR PUBLICATION BASED ON THE INVESTIGATION RESULTS IN THE FRAMEWORK OF THE DOCTORAL DISSERTATION

Радови су разврстани по категоријама које су дате у “Правилнику о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача”.

The papers are divided by categories which are given in the “Regulations of the evaluation procedure and quantitative statement of scientific-investigation results of researchers”.

Рад у истакнутом међународном часопису са импакт фактором (M 22):

Paper in prominent international scientific journal with impact factor (M 22):

- Harmati, N., Folić, R., Magyar, Z. Energy performance modelling and heat recovery unit efficiency assessment of an office building, *Thermal Science*, Nuclear Institute Vinča, Belgrade, 2014, Online DOI ref. [10.2298/TSCI140311102H](https://doi.org/10.2298/TSCI140311102H)

Рад у водећем часопису националног значаја (M 51):

Paper in leading scientific journal of national importance (M51):

- Harmati, N., Magyar, Z. HVAC system energy performance analysis in office buildings, *Magyar Épületgépészet*, Épületgépészet kiadó kft., Budapest, 2014, no. 1-2, pp. 21-25., HU ISSN 1215 9913
- Harmati, N., Jakšić, Ž., Vatin, N. Heat balance method application in building energy performance simulation, *Applied Mechanics and Materials*, Trans Tech Publications, Switzerland, Vols. 725-726, pp. 1572-1579, Online DOI ref.: [10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.1572](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.1572)

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M 33):

Proceedings of international conferences printed in complete (M 33):

- Harmati, N., Magyar, Z. Energy consumption monitoring and energy performance evaluation of an office building, *BauSIM 2014, International Building Performance Simulation Association*, 22-24.Sept.2014., RWTH Aachen, Germany, pp. 115-122.
- Harmati, N., Magyar, Z., Folić, R. Energy performance evaluation from the comfort aspect, *Proceedings of International conference E-Nova Nachhaltige Gebäude*, 13-14. Nov. 2014, Pinkafeld, Burgenland, Austria
- Harmati, N., Folić, R. The influence of building skin on the energy performance in office buildings, *Proceedings of International PhD and DLA Symposium*, 20-21. Oct. 2014., Pecs, Hungary
- Harmati, N., Magyar, Z. Influence of WWR, WG and glazing properties on the annual heating and cooling energy demand in buildings, *6th International Building Physics Conference, IBPC 2015*, Turin, Italy, Jun.2015. (in press)
- Harmati, N., Folić, R., Magyar, Z. Building Energy Performance Improvement from the Aspect of Envelope Upgrading, *Proceedings of the 7th International Symposium of Exploitation of Renewable Sources and Efficiency - EXPRES*, Subotica, Serbia, 19-21.Mar.2015., pp. 79 - 82., ISBN 978-86-82621-15-7
- Magyar, Z., Harmati, N. Energy performance simulation in the function of comfort parameters, *Proceedings of 23th International Heating Conference*, Stara Lubovna, Slovakia, 2015, pp. 59-68., ISBN 978-80-89216-70-3

- Harmati, N., et al. Heat balance method application in building energy performance simulation, *Proceedings of 42nd scientific conference Week of Science in Sankt Petersburg Civil Engineering*, 3-4.Dec.2014., St. Petersburg, Russia
- Harmati, N., Jakšić, Ž. Building Energy Performance Simulation via HB Method, *Proceedings of 5th Int. Conf. of Civil Engineering Science and Practise*, 17-21.Feb.2014, Žabljak, Montenegro, ISBN 978-86-82707-23-3, pp. 1593-1600.
- Harmati, N., Magyar, Z. An investigation of the energy performance in office buildings, *Proceedings of 8th International Conference Indoor Climate of Buildings*, 1-3.Dec.2013, Štrbske Pleso, Slovakia, ISBN 78-80-89216-59-8

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА CONCLUSIONS WITH REFERENCE TO INVESTIGATION RESULTS

На основу спроведених истраживања, анализе добијених резултата у оквиру рада на докторској дисертацији формулисан је оптимални модел у циљу унапређења енергетских перформанси административних зграда у функцији корисничког комфора чиме су потврђене хипотезе:

- Да је могуће формулисати оптимално решење за унапређење енергетских перформанси административних зграда у функцији корисничког комфора и здравог радног окружења за климатске услове на територији Новог Сада.
- Да је могуће формулисати/израдити прорачунски модел за ефективно унапређење енергетских перформанси и корисничког комфора административних зграда применом вишекритеријумске оптимизације и компаративне анализе. Поред тога, могуће је формулисати и поједностављени модел чијом применом се могу редуковати енергетски захтеви и омогућује постизања комфорног радног окружења.

Најважнији резултат ове дисертације је формулисање сложеног нумеричког модела који обухвата: међусобно усаглашавање и повезивање термичких зона модела са додељеним енергетским оптерећењима, карактеристикама конструкције и материјала, интервалима заузетости и операцијама механичких система у јединствену целину. Међутим, у раду је као основна тема разматран термички комфор корисника у циљу формулисања здравих зграда са рационалним коришћењем енергије. При томе су извршене бројне динамичке симулације у програму Енерџиплус како би се одредио најповољнији енергетски сценарио. Обухваћена је вишекритеријумска оптимизација одређивања оптималног застакљења омотача објекта према четири критеријума (дисперзије светлости, интензитета светлости, фотоелектричног сензорског система за одређивање учесталости електричне енергије, и изложености соларном зрачењу). Затим се одредио најефикаснији тип конструкције прозора према параметрима (укупног коефицијента пролаза топлоте, коефицијента соларног топлотног добитка и коефицијента трансмисије) и то све у функцији климатских услова и параметара комфора према европским стандардима. Закључено је да избор ефикасног застакљивања лежи у проналажењу корелације између енергетских захтева грејања и климатизације у административним зградама због специфично високих унутрашњих енергетских оптерећења, те су неопходни детаљни климатски подаци у циљу симулирања енергетских перформанси ради одређивања ове корелације.

Оптимизацијом енергетских перформанси референтне зграде (куле Факултета техничких наука) у поређењу са усвојеним сценаријом, енергетски захтеви по јединици подне површине снижени су за 80% у односу на трошкове из 2012. године, затим за 83% у односу на 2013. годину и коначно за 85% у односу на 2011. годину. Резултати усвојеног сценарија за укупну електричну енергију у коју спадају вештачко осветљење, опрема и климатизација нису приказали значајна одступања од трошкова референтне зграде, међутим истраживање је приказало резултате за случај интензивних енергетских оптерећења уз задовољене микро-климатске услове на годишњем нивоу.

Према симулираним параметрима комфора за најефикаснији енергетски сценарио, број излазних података по параметру износио је 8760 по просторији. Разматрано је укупно 78 840 података из

којих се закључило (према Фангеровом моделу) да је у радном простору остварен висок квалитет комфора, јер су ППН индекси од укупних 10 950 у више од 95% случајева у првој и другој категорији комфора прописаних у европском стандарду ЕН 15251.

Закључено је да би најефикасније решење за нове административне зграде била примена система топлотних пумпи са рекуператором из разлога најнижих годишњих енергетских захтева за операцију система, 15.56 kWh/m²/a. У случају постојећих административних зграда које се снабдевају из централног система даљинског грејања, неопходно је испитати падове притисака и проток топле воде у радијаторима у циљу избегавања хидрауличке неуравнотежености система за грејање.

Формулисани модел је прилагодљив и за друге климатске услове. Поред тога, могуће је применити исту методологију, или са малим модификацијама, за административне зграде са различитим унутрашњим оптерећењима.

Могућност примене резултата истраживања:

- Побољшање енергетских перформанси административних зграда са истим или сличним карактеристикама као код вишеспратног референтног модела примењеног у истраживању;
- Постизање здравог и комфорног радног окружења за запослене;
- Рационално и ефикасно коришћење енергије;
- Формулисање смерница у раним фазама пројектовања нових административних зграда;
- Формулисање смерница за рехабилитацију постојећих административних зграда;
- Пројектовање ефикасног омотача административних зграда овим флексибилним моделом;
- Предлагање ефикасног система за грејање, климатизацију и вентилацију у одређеним климатским условима;
- Формулисани модел је флексибилан са могућношћу примене у различитим климатским условима.

Based on the investigation and the analysis of determined results in the framework of the doctoral dissertation an optimal model was formulated with the aim of energy performance improvement of administrative buildings in the function of occupant comfort, wherewith the hypotheses were confirmed:

- That it is possible to find an optimal solution for energy performance improvement of administrative buildings in the function of occupant comfort parameters and healthy work environment for the climatic conditions on the territory of Novi Sad.
- That it is possible to develop a model for energy performance improvement of administrative buildings with the utilization of multi-criteria optimization and comparative analysis. Furthermore it is possible to formulate a simplified application of the model in order to achieve both energy reduction and comfortable/healthy work environment.

This dissertation presented the complexity of designing a numerical energy model which interconnects thermal zones with the following elements: climate conditions, construction and materials, envelope properties, building function, occupants (intensity and activity), building operation schedules, lighting, equipment, thermostat and mechanical system schedules. Occupant health and comfort were an important topic of consideration in order to design healthy buildings and rationally use energy. Numerous EnergyPlus simulations were conducted in order to determine the most efficient energy scenario. Optimal exterior glazing was investigated by multi-criteria optimization for window to wall ratio reduction, window geometry determination in the function of visual comfort and energetic aspects considering four criteria (illumination dispersion analysis, minimal daylight factor, photoelectric lighting simulation in order to save electricity and solar exposure analysis – radiation gains). It was concluded that the SHGC coefficient has the most significant influence on the energy demands due to high internal gains specific for office buildings. In conclusion the selection of performable glazing lies in finding a correlation between the heating and cooling demand of office building due to specifically high internal gains. Detailed climatic data is significant in order to perform precise dynamic simulations and determine this correlation.

Results from the energy optimization compared to the reference office tower building of Faculty of Technical Sciences presented 85% less heating energy demand according to the Best Case Scenario compared to 2011 expenses, 83% compared to 2013 and 80% compared to 2012. Considering the state of indoor environment the reference office-tower had unsatisfactory results according to the comfort parameters from the monitoring. The Best Case Scenario had satisfied indoor environmental standards since the comfort parameters were set up according to the thermal satisfaction of occupants.

The EnergyPlus comfort parameter simulation output was setup for an annual period with hourly time steps which resulted in 8760 values per single parameter. PMV and PPD values were calculated according to Fanger's comfort equations. The total number of determined PMV and PPD-indexes was 78 840 from which it was concluded that high comfort quality can be established in the building. 95% of total 10 950 PPD indexes were in the first two comfort categories according to the European standard EN 15251.

The analysis indicates that the most preferable solution for new office buildings would be the application of the heat pump powered HVAC system with heat recovery unit with an annual operating energy demand of 15.56 kWh/m²/a. Although the climate parameters and internal loads are variable, the same method can be applied for further investigation. Considering existing office buildings with district central heating and radiators it is obligatory to test the pressures and hot water flow in the radiators on each floor in order to avoid hydronic imbalance of the system and to enable even heat dissipation on all levels.

The developed methodology can be applied for various climatic conditions and internal heat gains in order to formulate efficient solutions.

Results present various possibilities of application, as the following:

- Improving the energy performance of administrative buildings with the same or similar characteristics;
- Achieving a healthy and comfortable work environment for occupants;
- Rational and efficient use of energy in the building sector by predictable occupancy intensity analysis;
- Providing guidance in the early stages of designing new administrative building;
- Providing guidance in rehabilitation of existing administrative building;
- Flexibility of the model from the aspect of office building envelope design;
- Suggesting installations of efficient HVAC systems, preferable for specific climate conditions;
- The optimization model is flexible and can be applied for different climate conditions.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

EVALUATION OF PRESENTATION AND ANALYSIS PROCEDURE OF INVESTIGATION RESULTS

Explicitly state positive or negative evaluation of presentation and analysis procedure of investigation results

Дисертација је добро структурирана, а добијени резултати истраживања су прегледно приказани и јасно, систематски изложени. Уз све приказане резултате и уведене новине су дата и одговарајућа образложења и критичка тумачења. Коришћена литература указује да су размотрени актуелни ставови везани за грађевинску енергетику, енергетску ефикасност и теорију комфора у високоградњи/зградарству. Кандидат је јасно приказао поставке истраживања, јасно је дефинисао методологију истраживања при чему су резултати у складу са поставкама и методологијом и не одступају од циљева дефинисаних у оквиру дисертације. Резултати истраживања су јасно, објективно и критички протумачени. Кандидат је на основу истраживања и добијених резултата формулисао оптимално решење за унапређење енергетских перформанси административних зграда у функцији корисничког комфора. Комисија, сагласно томе, констатује да су приказаним резултатима јасно потврђене постављене хипотезе ове дисертације.

The dissertation is well structured and the obtained results are clearly presented and systematically displayed. For all presented results and introduced innovations proper elaborations and critical analyses are given. The consulted and applied literature point out that current and innovative topics were consulted considering the field of building energetic, energy performance and comfort theory in buildings construction. The candidate has clearly presented the structure of the investigation, and clearly defined the methodology of the research, whereas the results are in correspondence with the structure, scientific methods and defined goals of the dissertation. The results are clearly, objectively and critically analyzed. The candidate formulated and optimal solution for energy performance improvement of administrative buildings, based on his investigation results, in the function of occupant comfort parameters. The commission had come to an agreement that the hypotheses are confirmed with the presented results of this dissertation.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

FINAL MARK OF THE DOCTORAL DISSERTATION:

Explicitly state if the dissertation is or is not written in accordance with the stated elaboration, also if it comprehends or not comprehends all important elements. Give clear, precise and concise answers for the 3rd and 4th question:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?
Is the dissertation written in correspondence with the stated elaboration in the reported topic?

**Дисертација је написана у складу са образложењем у пријави теме.
The dissertation is written in correspondence with the stated elaboration in the reported topic.**

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?
Does the dissertation contain all important elements?

Дисертација садржи све битне елементе: јасно су постављени предмет и циљеви истраживања, јасно су формулисане хипотезе а у обради рада коришћена је адекватна истраживачка методологија.

The dissertation contains all important elements: the investigation subject and goals are clearly stated, hypotheses are clearly formulated and throughout the investigation process adequate research methodology was applied.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?
By what is the dissertation an original contribution to science?

Докторска дисертација представља оригинални научни рад и допринос из области архитектонске и грађевинске енергетике и енергетске ефикасности и побољшања корисничког комфора у радном простору.

Кандидат је допринео унапређењу научног приступа у области енергетске ефикасности и енергетске оптимизације у зградарству. Вреднован је и доказан утицај многих параметара који битно утичу на енергетску перформансу коришћењем најсавременије технологије динамичке енергетске симулације и вишекритеријумске оптимизације у циљу постизања адекватних резултата. Кандидат је у дисертацији остварио оригиналан приступ решавању истраживачког проблема, веома детаљно описао начин рада и примене адекватне научно-истраживачке методологије са критичким приступом формулисао оптималан модел за унапређење енергетских перформанси административних зграда придржавајући се параметара корисничког комфора.

Посебна оригиналност дисертације лежи у применљивости формулисаног модела за унапређење енергетских перформанси административних зграда. Формулисан модел такође поседује флексибилност и прилагодљивост за даља могућа унапређења и примену у различитим климатским условима.

This doctoral dissertation presents an original scientific work and contribution in the field of architectural and building energetics and energy efficiency.

The candidate has contributed to the innovation of the scientific approach in the field of energy efficiency and energy optimization in buildings. The influence of numerous parameters was proven, which contribute to the energy performance of buildings, utilizing the most contemporary technology of dynamic energy simulations and multi-criteria optimization. The candidate has presented an original detailed scientific approach in the dissertation in order to find solutions for the defined research problem on a highly detailed and critical level, utilizing adequate investigation methodology in order to formulate an optimal model for energy performance improvement of administrative buildings in the function of comfort parameters.

Special originality of the dissertation lies in the applicability of the formulated model for energy performance improvement of administrative buildings. The formulated model also possesses flexibility and adaptability for further improvement and application in different climatic conditions.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања
Imperfections of the dissertation and their influence on the investigation results

Комисија констатује да су испуњени постављени циљеви и да дисертација не садржи недостатке који би утицали на резултате истраживања.

The commission agrees that the dissertation fulfills the defined goals and that the dissertation does not contain imperfections which could influence the investigation results.

X	ПРЕДЛОГ:
X	PROPOSAL:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже: Based on the overall assessment of the dissertation, the commission proposes:	
да се докторска дисертација под насловом „ОПТИМИЗАЦИЈА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ АДМИНИСТРАТИВНИХ ЗГРАДА У ФУНКЦИЈИ КОРИСНИЧКОГ КОМФОРА“ <u>прихвати</u>, а кандидату Норберту Харматију, мастеру архитектуре одобри њена одбрана.	
that the doctoral dissertation entitled "ENERGY PERFORMANCE OPTIMIZATION OF ADMINISTRATIVE BUILDINGS IN THE FUNCTION OF OCCUPANT COMFORT " <u>accepts</u> and for the candidate Norbert Harmati, M.Sc.Arch., approves the defense.	

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ	NAMES AND TITLES OF COMMISSION MEMBERS SIGNATURES OF COMMISSION MEMBERS
Председник: Др Предраг Шиђанин, ред. проф. Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Теорије и интерпретације геометријског простора у архитектури и урбанизму	Chairman: Predrag Šidanin, PhD, full prof. Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Theory and interpretation of geometric space in architecture and urbanism
Члан 1: Др Александра Крстић-Фурундић, ред. проф. Архитектонски факултет, Универзитет у Београду, Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда	Member 1: Aleksandra Krstić-Furundžić, PhD, full prof. Faculty of Architecture, University of Belgrade, Architectural constructions, materials and building physics
Члан 2: Др Дарко Реба, ванр. проф. Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Архитектонско – урбанистичко планирање, пројектовање и теорија	Member 2: Darko Reba, PhD, assoc. prof. Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Architectural and urban planning, design and theory
Ментор 1: Др Радомир Фолић, проф.емеритус Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Конструкције у грађевинарству	Supervisor 1: Radomir Folić, PhD, prof. emeritus Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Constructions in civil engineering
Ментор 2: Др Золтан Мађар, ванр. проф. Архитектонски факултет, Технички и економски Универзитет у Будимпешти, Грађевинска енергетика и теорија комфора	Supervisor 2: Zoltán Magyar, PhD, assoc. prof. Faculty of Architecture, Budapest University of Technology and Economics, Building energetics and comfort theory

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.