

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Aistė MICKAITYTĖ

**REFURBISHMENT OF PUBLIC BUILDINGS
ACCORDING TO SUSTAINABILITY
PRINCIPLES**

Summary of Doctoral Dissertation
Technological Sciences, Civil Engineering (02T)



Vilnius LEIDYKLA TECHNICA 2008

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2004–2008.

Scientific Supervisor

Prof Dr Habil Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T).

The dissertation is being defended at the Council of Scientific Field of Civil Engineering at Vilnius Gediminas Technical University:

Chairman

Prof Dr Marija BURINSKIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T).

Members:

Assoc Prof Dr Dalė DZEMYDIENĖ (Mykolas Romeris University, Physical Sciences, Informatics – 09P),

Prof Dr Habil Friedel PELDSCHUS (Leipzig University of Applied Sciences, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T),

Assoc Prof Dr Saulius RASLANAS (Vilnius Gediminas Technical University, Social Sciences, Management and Administration – 03S),

Dr Zenonas TURSKIS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T).

Opponents:

Assoc Prof Dr Audrius BANAITIS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T),

Prof Dr Vitalija RUDZKIENĖ (Mykolas Romeris University, Technological Sciences, Informatics Engineering – 07T).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Council of Scientific Field of Civil Engineering in the Senate Hall of Vilnius Gediminas Technical University at 10 a.m. on 26 June 2008.

Address: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania.

Tel.: +370 5 274 4952, +370 5 274 4956; fax +370 5 270 0112;

e-mail: doktor@adm.vgtu.lt

The summary of the doctoral dissertation was distributed on 26 May 2008.

A copy of the doctoral dissertation is available for review at the Library of Vilnius Gediminas Technical University (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lithuania).

© Aistė Mickaitytė, 2008

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Aistė MICKAITYTĖ

**VISUOMENINIŲ PASTATŲ ATNAUJINIMAS
PAGAL DARNOS PRINCIPUS**

Daktaro disertacijos santrauka
Technologijos mokslai, statybos inžinerija (02T)



Vilnius LEIDYKLA TECHNICA 2008

Disertacija rengta 2004–2008 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

Mokslinis vadovas

prof. habil. dr. Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T).

Disertacija ginama Vilniaus Gedimino technikos universiteto Statybos inžinerijos mokslo krypties taryboje:

Pirmininkas

prof. dr. Marija BURINSKIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T).

Nariai:

doc. dr. Dalė DZEMYDIENĖ (Mykolo Romerio universitetas, fiziniai mokslai, informatika – 09P),

prof. habil. dr. Friedel PELDSCHUS (Leipcigo taikomųjų mokslų universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T),

doc. dr. Saulius RASLANAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, socialiniai mokslai, vadyba ir administravimas – 03S),

dr. Zenonas TURSKIS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T).

Oponentai:

doc. dr. Audrius BANAITIS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T),

prof. dr. Vitalija RUDZKIENĖ (Mykolo Romerio universitetas, technologijos mokslai, informatikos inžinerija – 07T).

Disertacija bus ginama viešame Statybos inžinerijos mokslo krypties tarybos posėdyje 2008 m. birželio 26 d. 10 val. Vilniaus Gedimino technikos universiteto senato posėdžių salėje.

Adresas: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva.

Tel.: (8 5) 274 4952, (8 5) 274 4956; faksas (8 5) 270 0112;

el. paštas doktor@adm.vgtu.lt

Disertacijos santrauka išsiuntinėta 2008 m. gegužės 26 d.

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus Gedimino technikos universiteto bibliotekoje (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lietuva).

VGTU leidyklos „Technika“ 1509-M mokslo literatūros knyga.

GENERAL CHARACTERISTIC OF THE DISSERTATION

Relevance of the research. Transition economies pay special attention to abundance of new constructions, liquidation of lack of living place and mature economy countries emphasize not only construction but also the improvement of existing fond of buildings, adaptation to new requirements and needs arisen. New buildings make a long-term effect on economy and environment, however they make only a part of all buildings. Old buildings have the biggest energy losses. Lithuania, as well as other transition economies, has been in period of rapid changes in construction sector already for more than ten years. Rapid development of the cities allows reconsider the projects that were carried out and should be changed. This is not only construction of new residential, commercial or public objects in a historically formed environment but, surely, refurbishment of the old ones too. Public buildings were built in rather different periods in Lithuania according to contemporary constructional norms and rules. Standard constructional requirements have changed and equipment and systems maintaining optimal microclimate for buildings have worn out physically and morally during the last decades, therefore refurbishment of buildings became an important modern-day problem.

Topicality of the problem. The building sector accounts about 40 % of the final energy consumption both in Lithuania and EU countries. At home, work and leisure places lightening, heating, cooling and water heating energy consumption is higher than in transport or industrial sectors. This consumption continues to grow, thus energy proportion used in this sector is increasing and CO₂ emission is increasing as well. In cases of many old buildings bill for heating could be reduced easily, if technology increasing energy consumption efficiency would be used. There could be used less energy for heating in these refurbished buildings than in the newest houses, therefore effective energy use principle is becoming more and more important.

On the other hand it is important to understand that during building renovation not only energy consumption can be reduced but also state of a building can be improved: its maintenance, sound isolation characteristics, look, comfort, building duration, increase value of a building and influence on human health and environment can be reduced. The newest EU energetics policy documents emphasize the importance of sustainable development. The Directive on the Energy Performance of Buildings (2002/91/EB) aims at reducing energy consumption as it could be reduced in buildings in all Europe by constructional standards, however the importance of environmental protection is also stressed: for example, dimension of CO₂ criteria should be included in evaluation of the energy performance of buildings as well. With reference to these arguments, the process of refurbishment of buildings needs to

be analysed comprehensively and paying attention not only to economical, technological and energy economy questions but also to the questions about reducing influence on citizen's healthcare and environment.

Sustainable construction integrates building materials and methods that stimulate environmental quality, economical vitality and social use through planning, building and operating constructional environment. Sustainability in building renovation and construction is useful because:

- it reduces the need of resources;
- it reduces influence of facilities on environment: protects clean air and water;
- it prolongs durability of local resources;
- workers' efficiency can increase and morbidity can decrease in buildings that were planned according to sustainability principles;
- it creates more comfortable work and residential environment;
- the need for stable building materials and services stimulates creation of new industrial branches and new workplaces.

Object of the research. Refurbishment process of public buildings by emphasizing decision making process according to sustainability principles, decision making groups that take part in refurbishment process and affordability principle concerning sustainable refurbishment.

Aim and task of the work. The aim of the research is influence on scope of refurbishment of public buildings according to sustainable development principles by using multi-criteria analysis methods for making decisions and by using electronic teaching system for knowledge dissemination concerning sustainable building refurbishment. For this aim the following tasks are approached:

1. Review of the researches made by scientists of various countries in the field of sustainable refurbishment of public buildings.
2. Creation of theoretical model for refurbishment of public buildings according to sustainable development principles.
3. Presentation of practical realization examples of some model parts by using multi-criteria analysis methods for decision making.
4. Analysis of information about the need for technologies saving energy.
5. Suggestion for means of providing information about sustainable building refurbishment.
6. Creation of electronic teaching module for knowledge dissemination concerning sustainable renovation.

Methodology of the research. Research methodology of the influence on scope of refurbishment of public buildings according to sustainable development principles and of newly created model is based on analysis of

works made by Lithuanian and foreign scientists in this field. During preparation of this work references were made to scientific publications of Lithuanian and foreign authors, encyclopedias, statistical data of various countries in the internet, other scientific and information publications of Lithuanian and foreign scientific institutions.

Methods for processing data of project multi-criteria analysis, created by Prof Dr Habil E. K. Zavadskas and Prof Dr Habil A. Kaklauskas, and information technologies were applied to researches that were made.

Scientific novelty

1. Theoretical model for refurbishing public buildings according to sustainable development principles was created.
2. Inner environment of workplace was evaluated according to influence on human's health by using indoor and outdoor criteria and by using multi-criteria methods.
3. Teaching module for knowledge dissemination concerning technologies saving energy was created, which was integrated into electronic teaching system.

Approbation and publications. The main results of the work were discussed during scholarly conferences and seminars in Berlin, Stuttgart and Vilnius.

Theoretical results of the work were applied and implemented in Lithuania and European Union during launch of the project "Refurbishment of Public Buildings by Application of Innovations" (BRITA in PuBs, supervisor in Lithuania Prof Dr Habil A. Kaklauskas). Chapters three and four were written with reference to the results of this project.

The most important results of researches were published in 9 scientific articles (three of them in reviewed scientific publications), (see p. 15–16).

Volume and structure of the research. The dissertation consists of the introduction, four chapters, conclusions, bibliography and appendixes. The size of dissertation is 125 pages. Figure 1 illustrates the structure of the dissertation.

CONTENT OF THE DISSERTATION

1. Refurbishment of Buildings, Sustainable Development, Means of Information

The chapter analyses Lithuanian and foreign scientists' researches in the field of sustainable building refurbishment, refurbishment projects in Lithuania and abroad, new legal acts of Lithuania and European Union which regulate energy saving. The aim of the sources mentioned is to define principles of sustainable building development and, following them, create theoretical model for sustainable building development in the next chapter.

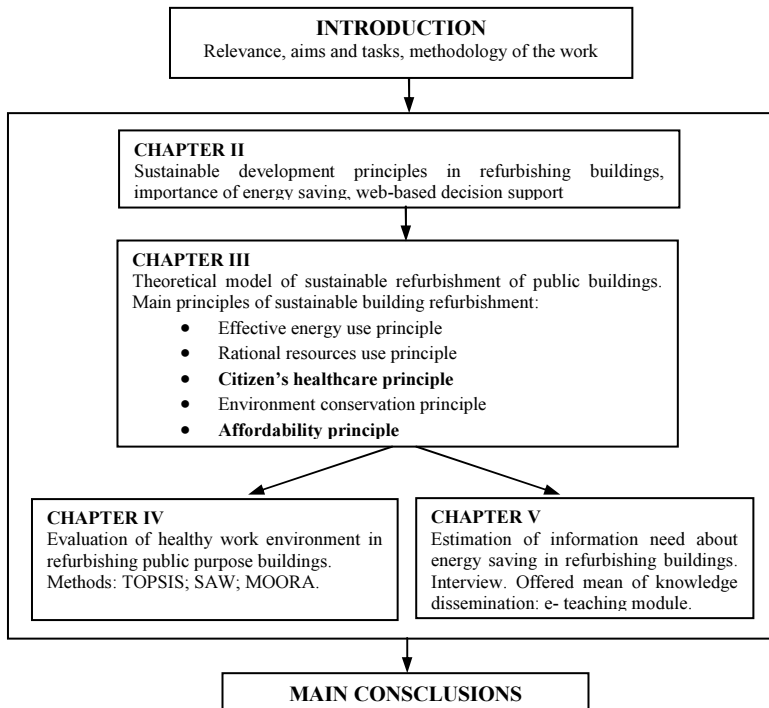


Fig 1. Structure of the dissertation

Sustainable development questions have been discussed for many years in various European countries and especially in Austria, Switzerland, Germany and Holland. Various strategies of integrated building refurbishment are prepared in Scandinavian countries. Demonstrational projects of refurbishment of public buildings are carried out to European extent.

Baldwin presents the following main goals of sustainable building: to reduce CO₂, which is related to energy consumption in buildings, emission to the atmosphere; to reduce emission of chemical compounds which cause thinning of the ozone layer; to minimize waste through recycling or re-using building materials, collecting and sorting waste; to take care of wildlife habitats through making ecological building sites, building in areas of little ecological value, changing functions of buildings, applying them for new use; to take care of the indoor microclimate through eliminating the risk of health loss by installing better air ventilation systems; to minimize sickness rate with

respiratory system diseases avoiding the use of harmful building materials, minimizing noise; to use non-renewable resources at the optimum; to employ renewable energy resources as much as possible; to build such objects which would be durable and comfortable.

The chapter also analyses information, intellectual and internet systems of building refurbishment because, in author's opinion, namely they are the best mean for facilitating decision making and also for providing information about sustainable building refurbishment as much as possible and in such way having influence on the scope of sustainable building refurbishment and experience.

2. Creation of Theoretical Model of Sustainable Refurbishment of Public Buildings

With reference to analysis of Lithuanian and foreign scientists' researches in the first chapter, second chapter forms the main sustainable building refurbishment principles: effective energy use and rational resources use principles, citizens' healthcare principle, environment conservation and information affordability principles. Following these principles theoretical model of refurbishment of public buildings according sustainable development principles is created (Figure 2).

All the named principles are interconnected closely, supplement each other and influence general efficiency. Meeting any of the named principles the rest of them or at least some of them can be met as well. For example, application of innovative technologies in renovation process can meet ecological or economical aspects and, considering cultural and architectural aspects, they can meet social aspects and etc. However, sustainable refurbishment of public buildings can come into effect only if one adheres to all principles.

The chapter covers factors that have influence on model efficiency: macro and micro environment, decision making groups. It also describes interaction of decision making groups and their importance to making decisions for implementation of sustainable refurbishment process. The named factors are analysed with reference to investigations made by Prof Dr Habil A. Kaklauskas. The chapter presents scheme of decision making process which highlights the importance of multi-criteria method application through making decisions for building refurbishment. Significance of information about sustainable building refurbishment is emphasized.

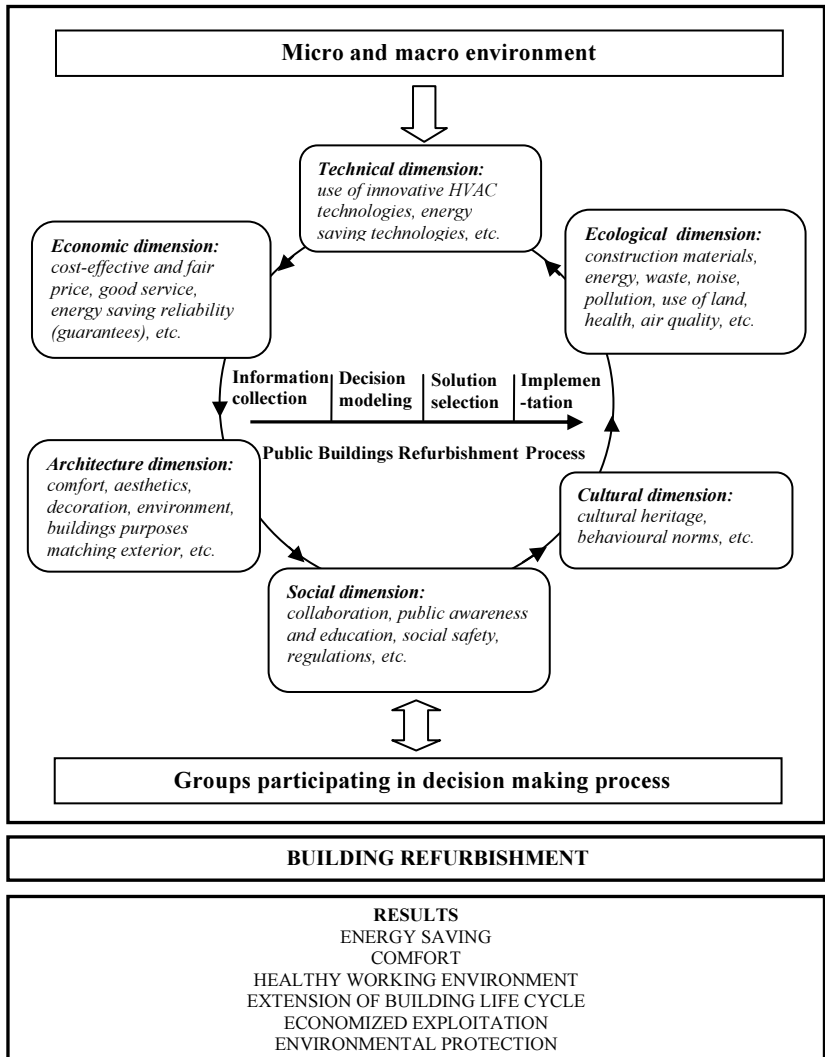


Fig 2. The theoretical model of sustainable public buildings refurbishment

3. Evaluation of Healthy Workplace Environment in Refurbishing Public Buildings

The chapter is written with reference to methodology created by Prof Dr Habil A. Kaklauskas and A. Bagdonavičius during two projects that were financed by Lincoln Institute (USA) and to results of the EU Framework 6 program project “Refurbishment of Public Buildings with Application of Innovations” (BRITA in PuBs, supervisor in Lithuania Prof Dr Habil A Kaklauskas). The chapter presents practical realization example of citizens’ healthcare principle by using multi-criteria analysis methods for decision making. Indoor and outdoor physical factors of VGTU building, that influence microclimate quality of rooms and creation of healthy work environment, are analysed.

Pollution with carbon monoxide, sulphur dioxide, solid particles and ozone was measured in VGTU building environment together with colleagues Prof Dr Habil A. Kaklauskas, D. Kalibatas and A. Paškevičienė. With reference to Prof Dr Habil A. Kaklauskas and A. Bagdonavičius’ methodology, Lithuanian environmental pollution norms and methodology provided by the United States Environmental Protection Agency, air quality index was calculated (A. Kaklauskas et al.) and according to it maps of pollution and noise effect on human health were drawn (A. Kaklauskas et al.). By using map and methodology of pollution effect on human health one can draw conclusions about the level of pollution concentration in the environment on health and about possible diseases. This methodology pays most attention to heart, vascular and airway diseases. The effect of the named pollutants is estimated on certain groups of people, which make four groups altogether, i.e. “sensitive” group, covering people who already have heart, vascular and airway diseases, children, adults and people advanced in years. Thus there are such possible effects and diseases because of pollutants that are attributed to a certain index value. Microclimate analysis of rooms shows rather in details whether room air temperature, illumination intensity, air exchange rate and velocity conform to valid norms. The results of indoor climate allow choosing comfortable and healthy workplace properly. Air velocity, air exchange rate, relative humidity, temperature, dew point and illumination intensity during light part of the day were measured inside the building together with colleagues Prof Dr Habil A. Kaklauskas, D. Kalibatas, Dr. M. Krutinis and M. Viteikienė.

On purpose of illustrate healthcare principle, practical theoretical model realization example of sustainable refurbishment of public buildings is presented by using named outdoor and indoor environment quality analysis. Multi-criteria analysis methods are used for decision making. By using multi-criteria analysis methods it was aimed for grouping rooms in consideration in

such way that people would work in the best rooms and in the worst ones there would be technical rooms. Assessment was made using three multi-criteria methods according the following block scheme (Figure 3).

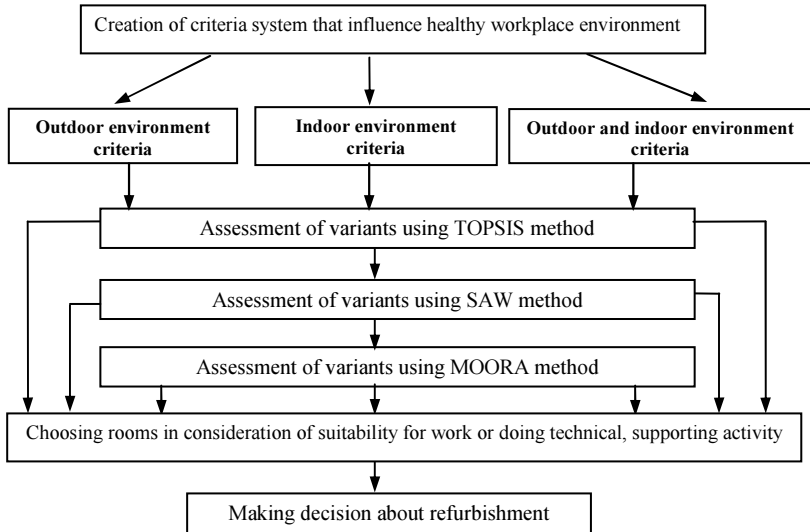


Fig 3. Assessment block scheme and methods used

By using this example it was tried to show the way multi-criteria methods can facilitate decision making in building refurbishment. This is especially relevant for implementation of sustainable process of building refurbishment because during it many criteria are encountered.

4. Estimation of Information Need about Energy Saving in Refurbishing Public Buildings

The chapter is written with reference to the results of Framework 6 project “Refurbishment of Public Buildings with Application of Innovations” (BRITA in PuBs, supervisor in Lithuania Prof Dr Habil A. Kaklauskas).

This chapter analyses difficulties and needs for application of innovations in the process building refurbishment. On purpose to determine difficulties why technologies saving energy are not chosen during building refurbishment, experience of foreign countries was studied, hypothesis were made and later interview was carried out.

It is emphasized that practice for information search is much influenced by habits that had formed during studies, therefore informing and teaching students about sustainable renovation process is very important. Teaching module “Innovative Technologies for Building Refurbishment” was created for spreading information and presenting knowledge and its integration to electronic teaching system, created in the Department of Construction Economics and Property Management at VGTU, is shown. The content of the module was prepared with reference to material of project “BRITA in PuBs.” The content is made of the following main chapters: introduction, innovative technologies for renovation. Chapter on innovative technologies consists of these parts: innovative insulation, high-efficient windows, hybrid ventilation, improved daylighting, solar heating and cooling of buildings, solar thermal collectors, solar batteries, passive solar heating, heat pumps, life cycle assessment, design tools.

MAIN CONCLUSIONS

1. Literature analysis that was made showed that more attention was paid to sustainability requirements for new construction and reconstruction works are left in the second place. This contradicts one of the sustainable development directions which stimulates increase of urbanization growth rates as little as possible by reconstructing and using present buildings and extending their duration in the range of possibilities.
2. With reference to literature analysis that was made, the author forms main principles of refurbishment of public buildings: effective energy use and rational resources use principles, citizens’ healthcare principle, environment conservation, affordability principle and information spread. All named principles are closely connected, supplements each other and have influence on general efficiency.
3. With reference to formed principles theoretical model of sustainable refurbishment of public buildings is created. Analysis, made on the basis of Prof Dr Habil A. Kaklauskas’ research, revealed that factors which influence model efficiency are the following: macro, micro environment and decision making groups. Interaction of decision making groups and their information about sustainable refurbishment process is very important. The model presents scheme of decision making process, which highlights the importance of multi-criteria method application in making decisions for building refurbishment.
4. Citizens’ healthcare principle has to be ensured considering both outdoor and indoor environment. Methodology and pollution maps, created by Prof Dr Habil A. Kaklauskas and A. Bagdonavičius during two projects,

which were financed by Lincoln Institute (USA), are very suitable for such analysis. Analysis of VGTU indoor rooms showed that providing there are results of inner microclimate measurements, comfortable and healthy work environment can be chosen properly. In addition, after making measurements and finding weaknesses it can be decided what means should be implemented for improving indoor microclimate.

5. It can be stated that pollution maps (created together with colleagues under the guidance of Prof Dr Habil A. Kaklauskas) reveal that air quality in VGTU territory is yet of good or satisfactory condition. It is observed that if air is polluted more in the streets nearby, air quality changes from good to satisfactory. This means that people living or working near street, who constantly suffer from pollution, can feel discomfort and symptoms of heavier breathing, also action of heart can be more difficult for people of advanced age or people who have heart deficiency diseases.
6. Microclimate analysis (made together with colleagues under the guidance of Prof Dr Habil A. Kaklauskas) reveals rather in detail whether room air temperature, illumination intensity, air exchange rate and velocity conform to valid norms. After environmental condition analyses of fourth and fifth floor of VGTU central building and after comparison with hygiene norms it may be seen that most of them are below the valid standards. It is necessary to install compulsory ventilation in the rooms which would guarantee proper air flow change.
7. The calculation showed, that in purpose to evaluate workplace environment considering the impact to health, it is advisable to apply few multi-criteria analysis methods. Calculation results, which were made by using different methods, vary, therefore results need to be integrated in order to make final decision. For that reason synthesis method is considered appropriate. With reference to the research that was made it can be stated that application of multi-criteria analysis methods is an effective mean for choosing rational decisions and making thorough decision making analysis on the basis of alternative variant research
8. The questioning about the usage of innovative energy-efficient solutions showed that the main reason of not choosing energy-efficient technologies in building refurbishment is: high investment costs and the lack of information about such technologies. On purpose to inform about building refurbishment process it is very important to know the objective group the knowledge has to reach and, considering this, to direct them by using the most suitable means. It is important to pay attention to the fact that activity of objective groups is different. Some of the means are intended for groups who look for information actively and the rest of them are designed for the

part of society who look for knowledge not so enthusiastically. For groups who look for information actively the author of dissertation suggest electronic teaching systems, as the mean of knowledge dissemination.

9. In order to ensure information affordability principle it is advisable the modules about the sustainable building refurbishment to integrate to learning plans. The wide dissemination of the knowledge is possible that modules integrate to the e-learning systems. For this purpose the Teaching module “Innovative Technologies for Building Refurbishment” was created for spreading information and presenting knowledge and its integration to electronic teaching system, created in the Department of Construction Economics and Property Management at VGTU, is shown. The content of the module was prepared with reference to material of project “BRITA in PuBs.” The author together with Prof Dr Habil A. Kaklauskas has created one theme of the teaching module.

LIST OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS REGARDING DOCTORAL DISSERTATION

Articles in reviewed publications

1. Mickaitytė, A.; Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Tupėnaitė, L. 2008. The concept model of sustainable buildings refurbishment, *International Journal of Strategic Property Management* 12(1): 53–68.
2. Mickaitytė, A.; Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A. 2007. Žinių teikimas pagal poreikius visuomeninių pastatų atnaujinimo sektoriaus dalyviams, *Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas* 13(1): 47–55.
3. Mickaitytė, A. 2004. Subalansuotos miestų plėtros internetinės paramos galimybės, *Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas* 10(1): 3–6.

Articles in other publications

1. Kaklauskas, A.; Mickaitytė, A.; Seniut, M. 2008. Learning module for brita in pubs project, in *2nd EU FP6 Ecobuilding Symposium*, Stuttgart, April, 97–104.
2. Mickaitytė, A. 2007. Pastato energetinis pasas kaip priemonė pastatų kokybei užtikrinti, iš *Statyba. 10-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ pranešimų rinkinys*. Vilnius, 33–39.
3. Mickaitytė, A. Kliūtys ir poreikiai renkantis inovatyvias energijos taupymo priemones, iš *Statyba. 9-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ pranešimų rinkinys*. Vilnius, 356–361.

4. Kaklauskas, A.; Raslanas, S.; Mickaitytė, A. 2005. The refurbishment of multistorey apartment buildings and increment of market value, in *EU FP 6 International Ecobuildings Symposium*, Berlin, November, 72–84.
5. Mickaitytė, A. 2005. Subalansuota renovacija ir internetinės sprendimų paramos sistemos, iš *Statyba. 8-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities“ pranešimų medžiaga*. Vilnius, 307–312.
6. Mickaitytė, A. 2004. Visuomenės dalyvavimas miestų plėtros procese ir internetinė parama, iš *Statyba. 7-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities“ pranešimų medžiaga*. Vilnius, 26–31.

About the author

Aistė Mickaitytė was born on 18 May 1980 in Šakiai.

Bachelor's degree in Environmental Engineering in the Faculty of Environmental Engineering at Vilnius Gediminas Technical University in 2002. Master's degree in Management and Business Administration in the Faculty of Civil Engineering at Vilnius Gediminas Technical University in 2004. Doctoral student at Vilnius Gediminas Technical University in 2004–2008.

VISUOMENINIŲ PASTATŲ ATNAUJINIMAS PAGAL DARNOS PRINCIPUS

Santrauka

Bendroji darbo charakteristika

Tyrimų sritis ir aktualumas. Pereinamosios ekonomikos šalys teikia ypatingą reikšmę naujų statybų gausai, gyvenamojo ploto trūkumo likvidavimui, o brandžios ekonomikos šalys akcentuoja ne tik statybą, bet ir esamo pastatų fondo gerinimą, pritaikymą naujiems reikalavimams ir kilusiems poreikiams. Nauji pastatai daro ilgalaikį poveikį ekonomiškumui ir aplinkai, tačiau jie sudaro tik dalelę visų pastatų. Didžiausiais energijos nuostoliais pasižymi seniai statyti pastatai. Lietuva kaip ir kitos pereinamosios ekonomikos šalys jau keliolika metų išgyvena didelių pertvarkymų statybos sektoriuje laikotarpį. Sparčiai vykstanti miestų plėtra sudaro sąlygas naujai peržiūrėti įgyvendintus projektus, kurie dabartinėmis sąlygomis yra keistini. Tai ne tik naujų gyvenamųjų, komercinių ar visuomeninių objektų statyba istoriškai susiformavusioje aplinkoje, bet ir, be abejo, senųjų atnaujinimas. Visuomeniniai pastatai Lietuvoje statyti gana skirtingu laikotarpiu, vadovaujantis tuomet galiojusiomis statybos normomis ir taisyklėmis. Per praėjusius dešimtmečius pasikeitė norminiai statybos reikalavimai, fiziškai ir

moraliai susidėvėjo ir paseno pastatams numatyti optimalų mikroklimatą palaikantys įrenginiai ir sistemos, todėl pastatų atnaujinimas tapo svarbia šių dienų problema.

Tiriamoji problema. Tiek Lietuvoje, tiek visoje Europos Sąjungoje pastatuose suvartojama apie 40 % galutinės suvartojamos energijos. Namuose, darbo vietose, laisvalaikiui skirtose patalpose, tenkindami apšvietimo, šildymo, vėsinimo bei karšto vandens poreikius, sunaudojame daugiau energijos nei transportas ar pramonė. Šis vartojimas toliau plečiasi, dėl to šio sektoriaus suvartojamos energijos dalis auga, taip pat didėja ir išskiriamo anglies dvideginio kiekis. Daugelio senų pastatų atveju, sąskaita už šildymą gali būti lengvai sumažinta, jeigu panaudojama energijos vartojimo efektyvumą didinanti technologija. Šie atnaujinti pastatai šildymui gali sunaudoti mažiau energijos nei naujausi namai. Todėl efektyvus energijos naudojimas tampa vis svarbesnis.

Kita vertus, svarbu suvokti, kad renovuojant pastatus galima ne tik sumažinti energijos suvartojimą, bet ir visapusiškai pagerinti pastato būklę: jo eksploatavimą, garso izoliacines savybes, išvaizdą, komfortą, pastato gyvavimo trukmę, padidinti pastato vertę bei sumažinti poveikį žmonių sveikatai ir aplinkai. Naujausiuose ES energetikos politikos dokumentuose akcentuojama darnios plėtros svarba. Pastatų energetinio naudingumo direktyva (2002/91/EC) siekiama statybos standartais visoje Europoje kuo labiau sumažinti energijos suvartojimą pastatuose, tačiau taip pat akcentuojama ir aplinkos apsaugos svarba – pavyzdžiui, pastatų energetinio naudingumo vertinime turi būti įtrauktas ir CO₂ rodiklio matmuo. Remiantis šiais argumentais, pastatų atnaujinimo procesą būtina nagrinėti visapusiškai, kreipiant dėmesį ne tik į ekonominius, technologinius, energijos taupymo, bet ir poveikio žmonių sveikatai ir aplinkai mažinimo, klausimus.

Darni statyba integruoja statybines medžiagas ir metodus, skatinančius aplinkos kokybę, ekonomikos gyvybingumą ir socialinę naudą per planavimą, statymą ir statybų aplinkos eksploatavimą. Darnumas pastatų renovacijoje ir statybose yra naudingas, nes:

- sumažina išteklių poreikį;
- sumažina infrastruktūros poveikį aplinkai: apsaugo švarų orą ir vandenį;
- pratęsia vietinių išteklių ilgaamžiškumą;
- pastatuose suprojektuotuose pagal darnos principus gali padidėti darbininkų našumas ir sumažėti sergamumas;
- sukuria patogesnę darbo ir gyvenamąją aplinką;
- tvarių statybinių medžiagų ir paslaugų poreikis skatina naujų pramonės šakų kūrimąsi ir naujų darbo vietų atsiradimą.

Tyrimo objektas – visuomeninių pastatų atnaujinimo procesas, akcentuojant sprendimų priėmimo procesą pagal darnos principus, atnaujinimo procese dalyvaujančios sprendimus priimančios grupės, ir jų informavimas apie darnią renovaciją.

Darbo tikslas ir uždaviniai. Mokslinio darbo tikslas – visuomeninių pastatų renovacijos pagal darnos principus apimčių įtakojimas, pasitelkiant daugiakriterinės analizės metodus sprendimų priėmimui, ir e-mokymo sistemą, žinių apie darnų pastatų atnaujinimą, platinimui. Šiam tikslui įgyvendinti sprendžiami tokie uždaviniai:

1. Atlikti įvairių pasaulio šalių mokslininkų tyrimų darnaus visuomeninių pastatų atnaujinimo srityje apžvalgą.
2. Sudaryti visuomeninių pastatų atnaujinimo pagal darnos principus teorinį modelį.
3. Pateikti kai kurių modelio dalių praktinio realizavimo pavyzdžių, sprendimų priėmimui pasitelkiant daugiakriterinės analizės metodus.
4. Ištirti informacijos apie energiją taupančias technologijas poreikį.
5. Pasiūlyti informacijos platinimo apie darnų pastatų atnaujinimą priemonės.
6. Žinių apie darnią renovaciją platinimui sukurti e-mokymo modulį.

Tyrimų metodika. Visuomeninių pastatų atnaujinimo pagal darnos principus apimčių įtakojimo bei naujai sukurto modelio tyrimo metodika paremta Lietuvos ir užsienio šalių mokslininkų šioje srityje atliktų darbų analize. Rengiant darbą remtasi Lietuvos ir užsienio autorių mokslinėmis publikacijomis, enciklopediniais žinytais, įvairių šalių statistiniais duomenimis internete, kitais Lietuvos ir užsienio mokslo institucijų moksliniais ir informaciniais leidiniais.

Atliktiems tyrimams pritaikyti prof. habil. dr. E. K. Zavadsko ir prof. habil. dr. A. Kaklauskos, sukurti projektų daugiakriterinės analizės duomenų apdorojimo metodai, informacinės technologijos.

Mokslinis naujumas

1. Sukurtas visuomeninių pastatų atnaujinimo pagal darnos principus teorinis modelis.
2. Darbo patalpų vidaus aplinka įvertinta pagal poveikį žmogaus sveikatai, naudojant išorės ir vidaus rodiklius ir pasitelkiant daugiakriterinius metodus.
3. Žinių apie efektyvias energiją taupančias technologijas platinimui, sukurtas mokymo modulis, kuris integruotas į elektroninę mokymo sistemą.

Darbo apibavimas. Pagrindiniai darbo rezultatai buvo aptarti mokslinėse konferencijose ir seminaruose Berlyne, Štutgarte ir Vilniuje.

Teoriniai darbo rezultatai buvo pritaikyti ir įdiegti Lietuvoje ir Europos Sąjungoje vykdant 6 – osios bendrosios programos projektą „Visuomeninių pastatų atnaujinimas taikant inovacijas“ (BRITA in PuBs, vadovas Lietuvoje A. Kaklauskas). Trečias ir ketvirtas skyriai parašyti remiantis šio projekto rezultatais.

Svarbiausi tyrimų rezultatai pateikti 9 mokslinėse publikacijose, iš kurių 3 recenzuojamuose mokslo leidiniuose (žiūrėti 15–16 psl.).

Disertacijos apimtis. Darbą sudaro įvadas, keturi skyriai, bendrosios išvados, literatūros šaltinių sąrašas bei priedas (skaitmeninė laikmena). Darbo apimtis – 125 puslapiai, 40 paveikslėlių ir 15 lentelių.

Disertacijos struktūra

Pirmajame skyriuje pateikiamas įvadas, aprašomas darbo aktualumas, tikslas ir uždaviniai.

Antrajame analizuojami Lietuvos ir užsienio šalių mokslininkų tyrimai darnaus pastatų atnaujinimo srityje, atnaujinimo projektai Lietuvoje ir užsienyje, naujausi Lietuvos ir Europos sąjungos teisės aktai reglamentuojantys energijos taupymą. Minėtų šaltinių analizės tikslas - apibrėžti darnaus pastatų atnaujinimo principus ir jais vadovaujantis kitame skyriuje sukurti teorinį darnaus pastatų atnaujinimo modelį.

Skyriuje taip pat analizuojamos informacinės, intelektualios, internetinės pastatų atnaujinimo sistemos, nes būtent jų pasitelkiamą, autorė išsivaizduoja kaip geriausią priemonę, sprendimų priėmimui palengvinti, taip pat siekiant kuo plačiau skleisti informaciją apie darnų pastatų atnaujinimą ir tokiu būdu įtakoti darnios renovacijos apimtį ir patirtį.

Trečiajame skyriuje remiantis pirmame skyriuje atlikta Lietuvos ir užsienio mokslinių tyrimų analize, suformuluojami pagrindiniai darnaus pastatų atnaujinimo principai: efektyvus energijos ir racionalus išteklių naudojimas, rūpinimasis gyventojų sveikata, aplinkos tausojimas ir informacijos prieinamumas. Vadovaujantis šiais principais sukuriamas teorinis visuomeninių pastatų atnaujinimo pagal darnos principus modelis. Analizuojami veiksniai darantys įtaką modelio veiksmingumui – makro ir mikro, sprendimus priimančios grupės. Aprašoma sprendimus priimančių grupių sąveika ir jų svarba priimant sprendimus dėl darnaus atnaujinimo proceso vykdymo. Minėti veiksniai analizuojami remiantis prof. habil. dr. A. Kaklausko atliktais tyrimais.

Pateikta sprendimų priėmimo proceso schema, kurioje išryškėja daugiakriterinių metodų taikymo svarba, priimant pastatų atnaujinimo sprendimus. Akcentuojama informacijos apie darnų pastatų atnaujinimą platinimo svarba.

Ketvirtas skyrius parašytas remiantis prof. habil. dr. A. Kaklauskio ir A. Bagdonavičiaus, dviejų projektų metu (finansuotų Linkolno instituto (JAV), sukurta metodologija. Skyriuje pateiktas rūpinimosi gyventojų sveikata principo praktinio realizavimo pavyzdys, sprendimų priėmimui pasitelkiant daugiakriterinės analizės metodus. Nagrinėjami VGTU pastato išorės ir vidaus fizikiniai veiksniai, įtakojantys patalpų mikroklimato kokybę ir sveikos darbo aplinkos kūrimą.

VGTU pastato aplinkoje kartu su darbo kolektyvu vadovaujamu prof. habil. dr. A. Kaklauskio buvo išmatuotas užterštumas anglies monoksidu, sieros dioksidu, kietosiomis dalelėmis, ozonu. Remiantis aplinkos užterštumo normomis Lietuvoje ir Jungtinių Amerikos valstijų Aplinkos apsaugos agentūros pateikta metodika, apskaičiuotas oro kokybės indeksas ir pagal jį nubraižyti teršalų ir triukšmo poveikio žmogaus sveikatai žemėlapiai. Pastato viduje buvo matuojamas oro judėjimo greitis, oro apsikeitimo kiekis, santykinis drėgnumas, temperatūra, rasos taškas, apšviestumas šviesiuoju paros metu.

Pagal anksčiau minėtus parametrus, pasinaudojus daugiakriterinės analizės metodais buvo siekiama nagrinėjamas patalpas suskirstyti taip, kad geriausiose dirbtų žmonės, o blogiausiose būtų įrengtos techninės patalpos. Be to, atlikus matavimus ir nustačius trūkumus gali būti sprendžiama, kokias priemones įdiegti vidaus mikroklimatui pagerinti. Šiuo pavyzdžiu buvo siekiama parodyti, kaip daugiakriterinės analizės metodai gali palengvinti sprendimo priėmimą atnaujinat pastatus. Tai ypač aktualu vykdant darnų pastatų atnaujinimo procesą, nes jo metu susiduriama su dideliu kiekiu kriterijų.

Penktas skyrius parašytas remiantis ES 6-osios bendrosios programos projekto „Visuomeninių pastatų atnaujinimas taikant inovacijas“ (BRITA in PuBs, vadovas Lietuvoje A. Kaklauskas) rezultatais.

Šiame skyriuje analizuojamos kliūtys ir poreikiai inovatyvių technologijų taikymui pastatų atnaujinimo procese. Akcentuojama, kad informacijos paieškos įpročiai labai įtakojami įpročių suformuotų dar studijų metu. Todėl labai svarbus yra būtent studentų informavimas ir mokymas apie darnų pastatų atnaujinimo procesą. Informacijos platinimui ir žinių perteikimui buvo sukurtas mokymo modulis „Inovatyvios technologijos pastatų atnaujinimui“ ir parodyta jo integracija į elektroninę mokymo sistemą, sukurta VGTU Statybos ekonomikos ir nekilnojamojo turto katedroje.

Pagrindinės darbo išvados

1. Atlikta literatūros analizė parodė, kad dažnai sureikšminami darnos reikalavimai naujai statybai, rekonstrukcijos darbus paliekant antrame plane. Tai prieštarauja vienai iš darnaus vystymosi krypčių, kuri skatina kiek galima mažiau didinti urbanizacijos augimo tempus, pagal

- galimybes pertvarkant ir naudojant esamus pastatus, pratęsiant jų gyvavimo laiką.
2. Pagal atliktą literatūros analizę autorė suformuluoja pagrindinius darnaus visuomeninių pastatų atnaujinimo principus: efektyvaus energijos ir racionalaus išteklių naudojimas, rūpinimasis gyventojų sveikata, aplinkos tausojimas ir informacijos prieinamumas ir jos platinimas. Visi išvardinti principai yra glaudžiai susiję, vienas kitą papildo ir įtakoja bendrą efektyvumą.
 3. Pagal suformuluotus principus sukurtas teorinis darnaus visuomeninių pastatų atnaujinimo modelis. Analizė, atlikta prof. habil. dr. A. Kaklauskio mokslinių darbų pagrindu, parodė, kad modelio veiksmingumui įtaką darantys veiksniai yra: makro, mikro aplinka ir sprendimus priimančios grupės. Labai svarbi sprendimus priimančių grupių sąveika ir jų informavimas apie darnų atnaujinimo procesą. Modelyje pateikta sprendimų priėmimo proceso schema, kurioje išryškėja daugiakriterinių metodų taikymo svarba, priimant pastatų atnaujinimo sprendimus.
 4. Rūpinimosi sveikata principas turi būti užtikrintas atsižvelgiant tiek į išorės, tiek į vidaus aplinką. Tokiai analizei labai tinka prof. habil. dr. A. Kaklauskio ir A. Bagdonavičiaus dviejų projektų metu sukurta metodologija ir užterštumo žemėlapiai. VGTU patalpų vidaus aplinkos analizė parodė, kad turėdami vidaus mikroklimato matavimų rezultatus galime tinkamai parinkti patogią ir sveiką darbo aplinką. Be to, atlikus matavimus ir nustačius trūkumus gali būti sprendžiama, kokias priemones įdiegti vidaus mikroklimatui pagerinti.
 5. Iš užterštumo žemėlapių sudarytų kartu su kitais mokslininkais vadovaujamais prof. habil. dr. A. Kaklauskio galima spręsti, kad kol kas oro kokybė VGTU teritorijoje yra geros arba patenkinamos būklės. Pastebima, kad šalia gatvės esant didesniai oro užterštumui oro kokybė iš geros pereina į patenkinamą. O tai reiškia, kad šalia gatvės gyvenantiems ar dirbantiems žmonėms, nuolat patiriantiems teršalų poveikį, gali pasireikšti diskomfortas ir pasunkėjęs kvėpavimo simptomai, taip pat gali būti apsunkinamas širdies darbas senyvo amžiaus žmonėms arba žmonėms sergantiems širdies nepakankamumo ligomis.
 6. Mikroklimato analizė atlikta kartu su kitais mokslininkais vadovaujamais prof. habil. dr. A. Kaklauskio gana išsamiai parodo, ar patalpų temperatūra, apšviestumas, esamo oro keitimosi ir judėjimo greičiai atitinka galiojančias normas. Disertacijoje atlikus VGTU centrinio pastato ketvirto ir penkto aukšto patalpų aplinkos sąlygų tyrimus ir

- palyginus su higienos normomis, matyti, kad dauguma iš jų neatitinka galiojančių reikalavimų. Patalpose būtina įrengti priverstinę ventiliaciją, kuri užtikrintų reikiamą oro srauto kitimą.
7. Skaičiavimai parodė, kad siekiant įvertinti darbo aplinką atsižvelgiant į poveikį sveikatai, tikslinga taikyti keletą daugiakriterinės analizės metodų. Skirtingais metodais atliktų skaičiavimų rezultatai skiriasi, todėl galutiniam sprendimui priimti, rezultatus reikia integruoti. Tam atlikti geriausiai tinkamas sintezės metodas. Iš atlikto tyrimo matyti, kad daugiakriterinės analizės metodų taikymas yra efektyvi priemonė alternatyvių variantų tyrimo pagrindu išrinkti racionalius sprendimus, atlikti išsamią priimamų sprendimų analizę.
 8. Apklausa dėl inovatyvių energiją taupančių priemonių parodė, kad pagrindinė priežastis, kodėl nesirenkamos energiją taupančios technologijos – didelės investavimo išlaidos ir informacijos apie energiją taupančias technologijas stoka. Siekiant informuoti apie darnų pastatų atnaujinimo procesą, svarbu žinoti kokią tikslinę grupę žinios turi pasiekti, o atsižvelgiant į tai, žinias nukreipti, pasitelkiant tinkamiausias priemones. Svarbu atkreipti dėmesį į faktą, kad kai kurios priemonės labiausiai tinka aktyviai ieškančioms grupėms, o likusios yra skirtos bendruomenės daliai, kuri ne taip aktyviai ieško žinių. Aktyviai ieškančioms grupėms, kaip priemonę žinių platinimui, autorė siūlo elektronines mokymo sistemas.
 9. Informacijos prieinamumo principui įgyvendinti tikslinga į mokymo planus įtraukti modulius apie darnų pastatų atnaujinimą. Platus žinių sklaidimas galimas šiuos modulius integruojant į elektronines mokymo sistemas. Tam tiksui įgyvendinti siūlomas mokymo modulis „Inovatyvios technologijos pastatų atnaujinimui“, kuris buvo integruotas intelektualioje VGTU studijų sistemoje, sukurtoje Statybos ir nekilnojamojo turto katedroje. Modelio turinys parengtas pagal projekto „BRITA in PuBs“ medžiagą. Autorė kartu su prof. habil. dr. A. Kaklausku parengė vieną modelio temą.

Trumpos žinios apie autorę

Aistė Mickaitytė gimė 1980 m. gegužės 18 d. Šakiuose.

2002 m. įgijo aplinkos inžinerijos bakalauro laipsnį Vilniaus Gedimino technikos universiteto Aplinkos inžinerijos fakultete. 2004 m. įgijo vadybos ir verslo administravimo mokslo magistro laipsnį Vilniaus Gedimino technikos universiteto Statybos fakultete. 2004–2008 metais – Vilniaus Gedimino technikos universiteto doktorantė.

Padėka

Norėčiau padėkoti darbo vadovui – VGTU pirmajam prorektoriui prof. habil. dr. E. K. Zavadskui ir Statybos ekonomikos ir nekilnojamojo turto vadybos katedros vedėjui prof. habil. dr. A. Kaklauskui už pagalbą bei patarimus rašant šį darbą. Dėkoju Statybos ekonomikos ir nekilnojamojo turto vadybos ir Statybos technologijos ir vadybos katedrų darbuotojams už palaikymą ir pagalbą sprendžiant iškilusias problemas.

Aistė Mickaitytė

**REFURBISHMENT OF PUBLIC BUILDINGS ACCORDING TO
SUSTAINABILITY PRINCIPLES**

**Summary of Doctoral Dissertation
Technological Sciences, Civil Engineering (02T)**

**VISUOMENINIŲ PASTATŲ ATNAUJINIMAS
PAGAL DARNOS PRINCIPUS**

**Daktaro disertacijos santrauka
Technologijos mokslai, statybos inžinerija (02T)**

2008 05 19. 1,5 sp. l. Tiražas 100 egz.
Vilniaus Gedimino technikos universiteto
leidykla „Technika“, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, <http://leidykla.vgtu.lt>
Spausdino UAB „Baltijos kopija“,
Kareivių g. 13B, 09109 Vilnius
<http://www.kopija.lt>