

Environmental engineering Aplinkos inžinerija

ATSINAUJINANČIOS ENERGIJOS ŠALTINIŲ DIEGIMO MODERNIZUOJAMUOSE PASTATUOSE ĮVERTINIMAS GYVAVIMO CIKLO POŽIŪRIU: ATVEJO ANALIZĖ

Artur ROGOŽA*, Giedrius ŠIUPŠINSKAS, Juozas BIELSKUS, Violeta MISEVIČIŪTĖ

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

Gauta 2019 m. birželio 27 d.; priimta 2019 m. liepos 3 d.

Santrauka. Modernizuojant daugiabučius pastatus, vis dažniau integruojamos atsinaujinančios energijos technologijos, tačiau jų nauda retai vertinama kompleksiniu: aplinkosauginiu, energiniu ir ekonominiu – požiūriais. Straipsnyje pateikiami konkretaus daugiabučio modernizavimo rezultatai, vertinant gaminamą ir suvartotą energiją pastate gyvavimo ciklo požiūriu. Įvertinta pastato energinio modernizavimo nauda diegiant aktyvias (šilumos siurbliai ir saulės kolektoriai karštam vandeniui ruošti) ir pasyvias modernizavimo priemones. Rezultatai rodo, kad šilumos siurblių integravimas, kai elektra nėra gaminama iš atsinaujinančių energijos šaltinių, pagal nagrinėtas gyvavimo ciklo analizės įtakos kategorijas ekologiniu požiūriu nepasiteisina.

Reikšminiai žodžiai: atsinaujinantys energijos ištekliai (šaltiniai), centralizuotas šilumos tiekimas, gyvavimo ciklo analizė, pastatų modernizavimas, saulės kolektoriai, šilumos siurbliai.

Įvadas

Didžioji dauguma Europos pastatų (65 %) pastatyti iki 1980 m. Lietuvoje iki 1990 metų statyti namai apima net daugiau nei 80 % bendro skaičiaus (Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos ir Valstybės įmonė Registrų centras, 2018). Norint pasiekti 2050 m. išsikeltą anglies dioksido kiekio mažinimo tikslą, turi būti modernizuota apie 97 % ES pastatų (Buildings Performance Institute Europe, 2017), tačiau kasmet atnaujinama tik 0,4–1,2 % pastatų (Bean et al., 2019). Lietuvoje šiuo metu iš 38 tūkst. daugiabučių, kurie pagal plotą sudaro 60 % visų Lietuvos pastatų fondo (Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos ir Valstybės įmonė Registrų centras, 2018), kompleksiskai modernizuota tik daugiau nei 2,2 tūkst. (BETA, 2019).

Pastato modernizavimas apima daug įvairių priemonių, kurios turi skirtingą įtaką energijos vartojimo ir CO₂ kiekio mažėjimui, saugumo ir rinkos vertės didėjimui, komforto gerinimui ir pan. Dažniausiai šios priemonės vertinamos ekonominiu požiūriu: paprastą atspirkimo laiką, grynąją dabartinę vertę ar kt. (Basinska, Koczyk ir Kosmowski, 2015). Šis kriterijus suprantamas ir nesudėtingai apskaičiuojamas. Vertinant kompleksinį

modernizavimą, kuris apima didelius energijos taupymo priemonių paketus, įtraukiančius ir atsinaujinančių išteklių sprendinius bei kartais lemiančius atsijungimą nuo esamų centralizuoto šilumos tiekimo tinklų, šis vertinimas nėra pakankamai objektyvus.

Lietuvoje modernizuotų daugiabučių namų monitoringo rezultatų analizė rodo, kad kompleksinių pastate įdiegtų energiją taupančių priemonių nauda yra akivaizdi ir bendri normalizuoti sutaupytos šilumos kiekiai vidutiniškai siekia 65 % (Rogoža, Šiupšinskas, Valančius ir Mikučionienė, 2017). Aktyvių (inžinerinių) energijos taupymo priemonių įdiegimas gali užtikrinti, kad šilumos bus sutaupyta nuo 7 iki 20 % (Savickas, Savickienė ir Bielskus, 2015; Cholewa, Siuta-Olcha ir Balaras, 2017).

Vertinant modernizavimo priemones susiduriama su klausimu, ar diegiant atsinaujinančias technologijas (saulės kolektorius, šilumos siurblius ir pan.) yra geras sprendimas atjungti modernizuotą pastatą nuo centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) tinklų, jei juose duominuoja biokuro katilinėje pagaminta šiluma?

Moksliniai tyrimai rodo, kad pastatų modernizavimo tvarumas vertinamas aplinkosaugos, socialiniu ir ekonominiu aspektais, taikant gyvavimo ciklo analizę (Tokede,

*Autorius susirašinėti. El. paštas artur.rogoza@vgtu.lt

Love ir Ahiaga-Dagbui, 2018). Modernizuojant pastatus aplinkosaugos tikslu, siekiama sumažinti vartojamų išteklių kieki ir neigiamą poveikį aplinkai. Šiuo tikslu nustatomi tokie parametrai, kaip energijos, vandens ir atliekų, CO₂ ir kitų teršalų kiekiai, atliekant viso pastato gyvavimo ciklo įvertinimą prieš ir po modernizavimo (Thibodeau, Bataille ir Sié, 2019). Tyrimai rodo, kad 80–90 % neigiamo poveikio aplinkai tenka pastato naudojimo fazei (Nemry et al., 2010; Blengini ir Di Carlo, 2010), o 10–20 % yra susiję su pastato statyba ir nugriovimu (Vilches, Garcia-Martinez ir Sanchez-Montañes, 2017), todėl mažinti energijos sąnaudas pastatą naudojant ir didinti atsinaujinančios energijos dalį yra pagrindiniai aplinkosaugos tikslai, siekiant atnaujinti pastatą (Jensen, Maslesa, Berg ir Thuesen, 2018). Ilgaamžiškumas, ekonomiškumas, aplinkosauga ir komfortas, anot Jensen ir kt. (2018), įvardijami kaip veiksniai, lemiantys pastatų modernizavimo poreikį.

Šio tyrimo tikslas – taikant gyvavimo ciklo analizės metodą, įvertinti pastatų aktyvių modernizavimo priemonių – atsinaujinančios energijos šaltinių – diegimo tikslingumą modernizuojamuose pastatuose.

1. Tyrimo objektas

Tyrimo objektu pasirinktas 1980 m. Kaune pastatytas daugiabutis namas. Pastatas yra dviejų laiptinių, 54 butų, devynaukštis, su rūsio ir sutapdintuoju stogu. Bendras gyvenamasis pastato plotas – 4308 m². 2016 m. modernizavus pastatą, apšiltintos fasado sienos, cokolis, atlikta apdaila, apšiltintas stogas ir įrengta nauja danga, pakeisti langai ir durys, įstiklinti balkonai, atnaujintos pastato inžinerinės sistemos, prijungti saulės kolektoriai, pakeisti liftai.

Patalpoms šildyti reikalinga šiluma gaunama iš CŠT tinklų, pastatas prie jų prijungtas pagal nepriklausomą schemą. Name organizuojamas priverstinio oro ištraukimo iš WC, vonios ir dušo patalpų sistema, šalinamasis oras ištraukiamas per vėdinimo šachtas ir tiekiamas į išorinius šilumos siurblių blokus. Karštas vanduo ruošiamas pastato šilumos punkte. Karštą vandenį ruošia šilumos siurbliai ir saulės kolektoriai. Likusi šilumos dalis karštam vandeniui ruošti dengiama iš centralizuoto šilumos tiekimo sistemos (CŠTS). Tyrimui naudotos pastato šilumos ir elektros sąnaudos, fiksuotos skaitiklių prieš (2013–2014 m.) ir po (2017–2018 m.) modernizacijos.

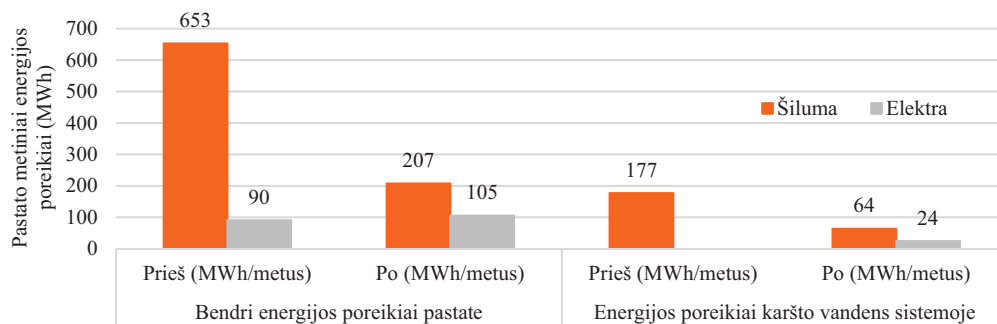
2. Tyrimo metodika

Siekiant įvertinti pasyvių ir aktyvių energijos taupymo priemonių naudą energiniu ir ekologiniu požiūriais, buvo sudaryti pastato faktinių šilumos ir elektros poreikių balansai prieš ir po pastato modernizavimo, atliktas jų normalizavimas. Pastato energijos poreikių balansas norminėmis sąlygomis sudarytas vadovaujantis norminiais dokumentais ir metodine medžiaga (Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija, 2009; Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2005, 2016; Martinaitis, Rogoža ir Šiupšinskas, 2012).

Normalizuotoms energijos sąnaudoms perskaičiuoti į energinius ir ekologinius rodiklius buvo taikoma gyvavimo ciklo analizė (GCA). GCA poveikiui įvertinti buvo taikomas „SimaPro 7“ kompiuterinės programos IMPACT 2002+ V2.10 vertinimo metodas. Nors šiuo metodu nustatoma net 15 įtakos rodiklių, šiuo atveju buvo naudojamos penkios labiausiai paplitusios ir aprašytos standartuose (Lietuvos standartizacijos departamentas, 2007a; Lietuvos standartizacijos departamentas, 2007b) kategorijos: ozono sluoksnio plonėjimas, vandens rūgštėjimas, vandens eutrofikacija, visuotinis atšilimas ir neatsinaujinanti energija. Šiuo metodu buvo išnagrinėta pastato naudojimo fazės energijos sąnaudų dalis.

3. Rezultatai

Atlikus šilumos ir elektros sąnaudų analizę tiriamajame pastate prieš ir po jo modernizavimo, buvo sudarytas pastato energijos poreikių balansas norminėmis sąlygomis. Prieš modernizavimą pastatui šildyti ir karštam vandeniui ruošti šiluma buvo tiekama tik iš CŠTS, o elektra vartota tik patalpoms apšviesti ir buitiniams prietaisams. Maistui ruošti įrengtos dujinės viryklės. Po modernizavimo pastatas buvo šildomas taip pat iš CŠTS, tačiau karšto vandens sistema iš CŠTS buvo aprūpinama šiluma tik iš dalies. Pagrindiniai karšto vandens sistemos šilumos šaltiniai buvo vietiniai atsinaujinančios energijos generatoriai – saulės kolektoriai ir šilumos siurbliai „oras–vanduo“, kurie naudojo vėdinimo kanalais šalinamo patalpų oro šilumą. Šiuo atveju elektra buvo vartojama ir šilumos siurbliuose. Normalizuoti metiniai šilumos ir elektros poreikiai tiriamajame pastate prieš ir po modernizavimo pateikti 1 pav.



1 paveikslas. Pastato normalizuoti metiniai energijos poreikiai prieš ir po modernizavimo
Figure 1. Annual energy demand of the building before and after modernization

Bendras šilumos poreikis pastate iš CŠTS po modernizavimo sumažėjo net 68 %, tačiau elektros poreikis padidėjo 17 %. Šilumos poreikio sumažėjimą veikė pasyvios ir aktyvios energijų taupančios priemonės, įdiegtos pastate. Karšto vandens sistemoje šilumos poreikio iš CŠTS sumažėjimą (net 64 %) lėmė saulės kolektorių ir šilumos siurblių gaminama šiluma, taip pat karšto vandens sistemos atnaujinimas. Gamindami šilumą karštam vandeniui ruošti, šilumos siurbliai suvartojo apie 24 MWh elektros, tai sudarė apie 23 % pastato elektros poreikių. Vietiniai šilumos generatoriai (pagal skaitiklių rodmenis) vidutiniškai pagamino 89 MWh šilumos per metus: 84 % pagamino šilumos siurbliai, 16 % – saulės kolektoriai. Likusi dalis šilumos (24 MWh) buvo sutaupyta dėl pačios karšto vandens sistemos atnaujinimo (izoliavimo, balansavimo, įrangos keitimo). Tai sudaro apie 14 % šilumos sąnaudų karšto vandens sistemoje prieš modernizavimą. Kitų energijos taupymo prie-

monių / energijos balanso dedamųjų palyginimas prieš ir po modernizavimo pateiktas 1 lentelėje.

Pastato šilumos balanso pokyčiai rodo, kad suminiai šilumos nuostoliai per atitvaras po modernizavimo sumažėjo 67 %, tačiau dėl priverstinio oro šalinimo per vėdinimo kanalus (įrengus šilumos siurblius) oro kaita patalpose padidėjo, todėl suminiai pastato šilumos nuostoliai sumažėjo mažiau – 54 %. Įvertinus naudingai panaudotą šilumos pritekį (įdiegus aktyviasias šilumos taupymo priemones), pastatui šildyti reikia tiekti net 70 % mažiau šilumos.

Atliekant skaičiavimus, buvo tariama, kad elektra gaminama mišriuoju būdu (ES vidurkis pagal „SimaPro“ duomenis), o šiluma – deginant biokurą (80 %) ir gamtines dujas (20 %). Siekiant įvertinti vietinių atsinaujinančios energijos šaltinių poveikį minėtoms įtakos kategorijoms, rezultatai buvo pateikiami ne tik viso pastato modernizavimo mastu, bet ir atskirai karšto vandens sistemai. Įtakos

1 lentelė. Energijos taupymo priemonių ir pastato charakteristikų prieš ir po modernizavimo palyginimas
Table 1. Comparison of energy saving measures and building characteristics before and after modernization

Atitvara	Šilumos perdavimo ir oro kaitos koeficientai		Šilumos poreikis norminėmis sąlygomis				Sutaupytos šilumos kiekis norminėmis sąlygomis		
	prieš	po	prieš		po				
	U, W/(m²K)		MWh/metus	kWh/m²	MWh/metus	kWh/m²	MWh/metus	kWh/m²	%
Sienos	1,27	0,22	346,0	99,3	59,9	17,2	286,0	82,1	83 %
Butų langai ir balkonų durys	1,69	0,90	96,0	27,5	51,2	14,7	44,8	12,9	47 %
Stogas	0,85	0,44	40,6	11,6	21,0	6,0	19,6	5,6	48 %
Durys	1,8	1,6	0,8	0,2	0,7	0,2	0,1	0,03	11 %
Iš viso per atitvaras:			519,5	149,0	168,9	48,5	350,5	100,6	67 %
Oro kaita	0,2 h ⁻¹	0,35 h ⁻¹	52,7	15,1	93,3	26,8	-40,6	-11,6	-77 %
Pastato šilumos nuostoliai:			572,2	164,2	262,3	75,3	309,9	88,9	54 %
Naudingai panaudotas šilumos pritekis			-96,6	-27,7	-118,4	-34,0	21,7	6,2	23 %
Iš viso šilumos nuostolių:			475,6	136,5	143,9	41,3	331,7	95,2	70 %

2 lentelė. Įtakos kategorijų prieš ir po modernizavimo palyginimas
Table 2. Comparison of impact categories before and after modernization

Visų modernizavimo priemonių įtaka				
Įtakos kategorija	Rodiklis	Prieš	Po	Sumažėjimas
Ozono sluoksnio plonėjimas	g CFC-11 eq	7,5	4,1	3,3
Vandens rūgštėjimas	kg SO2 eq	434	297	136
Vandens eutrofikacija	kg PO4 P-lim	24,7	18,6	6,1
Visuotinis atšilimas	kg CO2 eq	80764	61923	18841
Neatsinaujanti pirminė energija	GJ	1652	1285	367
Šilumos siurblių ir saulės kolektorių karšto vandens sistemoje įtaka				
Įtakos kategorija	Rodiklis	Prieš	Po	Sumažėjimas
Ozono sluoksnio plonėjimas	g CFC-11 eq	1,5	1,1	0,4
Vandens rūgštėjimas	kg SO2 eq	67	74	-7
Vandens eutrofikacija	kg PO4 P-lim	3,3	4,6	-1,3
Visuotinis atšilimas	kg CO2 eq	10333	15120	-4787
Neatsinaujanti pirminė energija	GJ	205	313	-108

kategorių rodiklių prieš ir po modernizavimo palyginimas pateikiamas 2 lentelėje ir 2 paveiksle.

Rezultatai rodo, kad visais nagrinėtais požūriais (energinu ir ekologiniais) kompleksinio modernizavimo įtaka yra teigiama. Vis dėlto atsinaujinančios energijos šaltinių diegimas pastate pagal nagrinėtas įtakos kategorijas nepasiteisina, o neatsinaujinančios pirminės energijos sąnaudos šiuo atveju padidėja daugiau nei 50 %. Tokius rezultatus galima paaiškinti esamos CŠTS naudojamo kuro ypatybėmis. Kadangi esamoje sistemoje net 80 % šilumos gaminama iš atsinaujinančio kuro (biokuro), mišrios gamybos elektros vartojimas šilumos siurbliuose sukelia neigiamą efektą gamtai ir jos ištekliams. Tai gali būti argumentas svarstant vietinių atsinaujinančios energijos šaltinių diegimo pagrįstumą, kai pastatai aprūpinami iš atsinaujinančių energiją vartojančių CŠTS.

Ieškant alternatyvų, buvo atlikti skaičiavimai to atvejo, jei pastatui tiekiamas elektra būtų gaminama tik saulės elementuose (3 pav.).

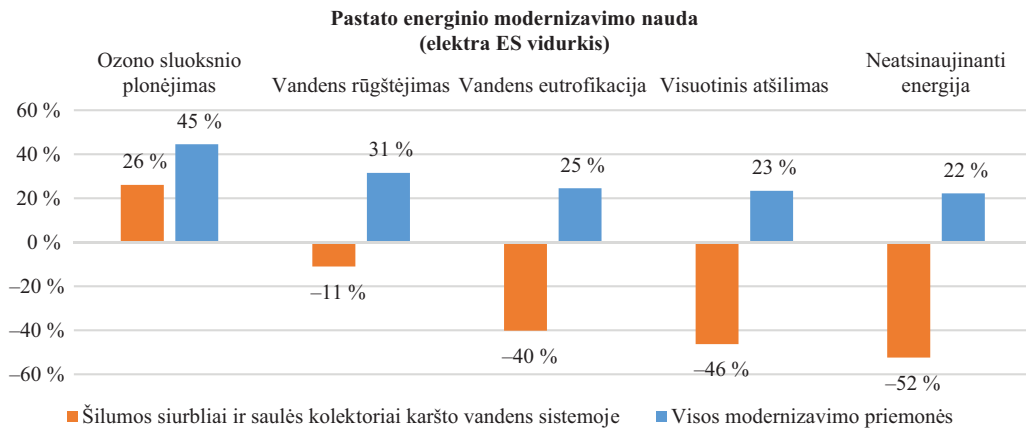
Alternatyvus variantas visose įtakos kategorijose yra naudingas, o atliekant kompleksinį modernizavimą nauda

viršija net 50 %. Taigi, vertinant atsinaujinančios energijos šaltinių diegimą esamuose pastatuose, būtina atsižvelgti į esamų energijos šaltinių įtaką aplinkai.

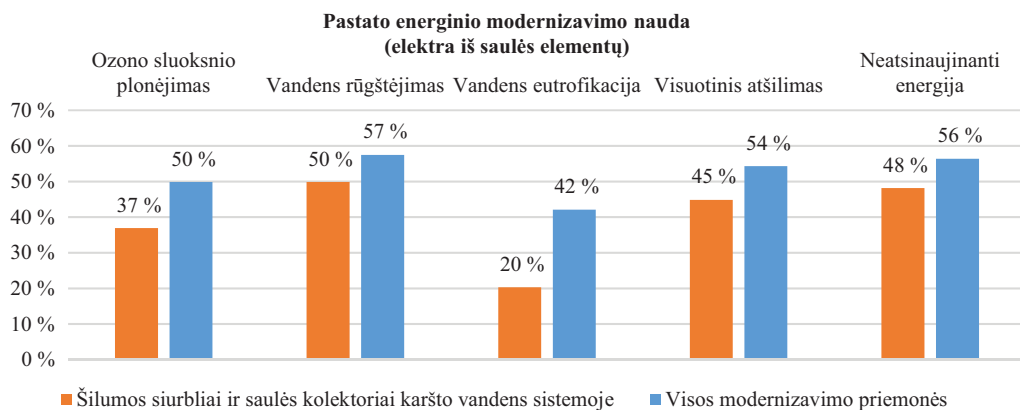
Išvados

Atliekant pastatų modernizavimo priemonių vertinimą, ne visuomet pakanka tik ekonominių sprendimų. Diegiant atsinaujinančios energijos technologijas pastatuose, į jų vertinimą būtina įtraukti ekologinius ir energinius rodiklius, nes viena pagrindinių tokių priemonių diegimo priežasčių yra aplinkosauginė.

Atliktas tyrimas atskleidė, kad kompleksinio modernizavimo (pasyvių ir aktyvių priemonių diegimo) įtaka komforto, energiniu ir ekologiniais požūriais yra teigiama. Vis dėlto atsinaujinančios energijos šaltinių (ypač šilumos siurblių) diegimas pastate pagal nagrinėtas įtakos kategorijas nepasiteisina, nes esama (iš CŠTS tiekiamas) šiluma net 80 % yra gaminama iš atsinaujinančio kuro (biokuro). Siekiant, kad šilumos siurblių diegimas būtų naudingas ir ekologiniu požūriu, jų suvartojama elektra



2 paveikslas. Pastato modernizavimo įtakos kategorijų rodiklių sumažėjimas
Figure 2. Decrease of indicators of building modernization categories



3 paveikslas. Pastato modernizavimo įtakos kategorijų rodiklių procentinis sumažėjimas
(elektros gamyba saulės elementais)
Figure 3. Percentage decrease of indicators of building modernization categories
(production of electricity by solar photovoltaic)

taip pat turėtų būti gaminama iš atsinaujinančių energijos išteklių.

Toks vertinimo būdas galėtų būti naudingas svarstant vietinių atsinaujinančios energijos šaltinių diegimo pagrįstumą, kai pastatai aprūpinami iš atsinaujinančią energiją naudojančių CŠTS.

Literatūra

- Basinska, M., Koczyk, H., & Kosmowski, A. (2015). Assessment of thermo modernization using the global cost method. *Energy Procedia*, 78, 2040-2045. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.204>
- Bean, F., Volt, J., Dorizas, V., Bourdakis, E., Staniaszek, D., Roscetti, A., & Pagliano, L. (2019). *A guide to implement the Energy Performance of Buildings Directive (2018/844)*. Brussels. BETA. (2019). Šiuo metu Lietuvoje. Retrieved from <http://www.betalt.lt/>
- Blengini, G. A., & Di Carlo, T. (2010). Energy-saving policies and low-energy residential buildings: an LCA case study to support decision makers in piedmont (Italy). *International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(7), 652-665. <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0190-5>
- Buildings Performance Institute Europe. (2017). *Factsheet 97% of buildings in the EU need to be upgraded*. <https://doi.org/10.1038/nrg3033>
- Cholewa, T., Siuta-Olcha, A., & Balaras, C. A. (2017). Actual energy savings from the use of thermostatic radiator valves in residential buildings – long term field evaluation. *Energy and Buildings*, 151, 487-493. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.06.070>
- Jensen, P. A., Maslesa, E., Berg, J. B., & Thuesen, C. (2018, June). 10 questions concerning sustainable building renovation. *Building and Environment*, 143, 130-137. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.051>
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2005). *Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas (STR 2.09.02:2005)*. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.257930/LXkwyJVROM>
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2016). *Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas (STR 2.01.02:2016)*. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/2c182f10b6bf11e6aae49c0b9525cbbb>
- Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija. (2009). *Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas (HN 42:2009)*. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.362676>
- Lietuvos standartizacijos departamentas. (2007a). *Aplinkos apsaugos vadyba. Gyvavimo ciklo vertinimas. Reikalavimai ir gairės (LST EN ISO 14044:2007)*. Prieiga per internetą: <http://www.lsd.lt/>
- Lietuvos standartizacijos departamentas. (2007b). *Aplinkos vadyba. Būvio ciklo įvertinimas. Principai ir sandara (LST EN ISO 14040:2007)*. Prieiga per internetą: <http://www.lsd.lt/>
- Martinaitis, V., Rogoža, A. ir Šiupšinskas, G. (2012). *Energijos vartojimo pastatuose auditas*. Vilnius: Technika. <https://doi.org/10.3846/1299-S>
- Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos ir Valstybės įmonė Registrų centras. (2018). *Lietuvos Respub-*

likos nekilnojamojo turto registre registruotų statinių apskaitos duomenys: 2018 m. sausio 1 d. Prieiga per internetą: <http://www.nzt.lt/go.php/lit/Nekilnojamojo-turto-registre-iregistruotu-statiniu-apskaitos-duomenys>

- Nemry, F., Uihlein, A., Colodel, C. M., Wetzel, C., Braune, A., Wittstock, B., Hasan, I., Kreißig, J., Gallon, N., Niemeier, S., & Frech, Y. (2010). Options to reduce the environmental impacts of residential buildings in the European Union-Potential and costs. *Energy and Buildings*, 42(7), 976-984. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.01.009>
- Rogoža, A., Šiupšinskas, G., Valančius, K. ir Mikučionienė, R. (2017). *Modernizuotų daugiabučių namų monitoringo rezultatų analizė [Analysis of the monitoring results of modernized residential multi-storey buildings]*. *Mokslas – Lietuvos ateitis*, 9(4), 482-487. <https://doi.org/10.3846/mla.2017.1071>
- Savickas, R., Savickienė, L. ir Bielskus, J. (2015). *Technical measures to decrease heat energy consumption of final customer in multi-apartment buildings according to energy efficiency directive [Techninės priemonės, skirtos mažinti galutinio vartotojo šiluminės energijos vartojimą daugiabučiuose gyvenamuosiuose pastatuose pagal energijos efektyvumo direktyvą]*. *Mokslas – Lietuvos ateitis*, 7(4), 461-467. <https://doi.org/10.3846/mla.2015.822>
- Thibodeau, C., Bataille, A., & Sié, M. (2019). Building rehabilitation life cycle assessment methodology–state of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 103, 408-422. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.037>
- Tokede, O. O., Love, P. E. D., & Ahiaga-Dagbui, D. D. (2018). Life cycle option appraisal in retrofit buildings. *Energy and Buildings*, 178, 279-293. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.034>
- Vilches, A., Garcia-Martinez, A., & Sanchez-Montañes, B. (2017). Life cycle assessment (LCA) of building refurbishment: a literature review. *Energy and Buildings*, 135, 286-301. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.11.042>

EVALUATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES INSTALLATION IN REFURBISHED BUILDINGS IN TERMS OF LIFE CYCLE: CASE STUDY

A. Rogoža, G. Šiupšinskas, J. Bielskus, V. Misevičiūtė

Abstract

Renewable energy technologies are increasingly integrated into the modernization of multi-apartment buildings, however their benefits are rarely assessed from a complex environmental, energy and economic point of view. The article presents the results of the modernization of a particular apartment building in terms of the production and consumption of energy in a building, from the viewpoint of the life cycle. The benefits of the building's energy modernization were assessed by introducing active (heat pumps and solar collectors for hot domestic water production) and passive modernization measures. The results show that the integration of heat pumps when electricity is produced from non-renewable energy sources according to the analyzed categories of life cycle analysis is not eco-friendly.

Keywords: renewable energy sources, district heating, life cycle analysis, modernizations of the buildings, solar collectors, heat pumps.