

Pastato renovacijos periodiškumo įtaka jo gyvavimo ciklo energijos sąnaudoms

Lina Užšilaiytė,

Vytautas Martinaitis

*Pastatų energetikos katedra,
Vilniaus Gedimino*

technikos universitetas,

Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius

El. paštas: Lina.Uzsilaiyte@vgtu.lt,

vytautas.martinaitis@vgtu.lt

Pastaraisiais metais energetikos politikoje vis daugiau dėmesio kreipiama į energijos vartojimo mažinimą pastatuose. Europos Sąjunga kelia valstybėms narėms tikslą, kad nuo 2020 m. visi naujai statomi pastatai būtų beveik „nulinės“ energijos. Tačiau šie pastatai darys poveikį tik ilgalaikėje perspektyvoje. Tuo tarpu esamų, energetiškai neefektyvių, pastatų problema tebeturi lemiamą vaidmenį. Viena pagrindinių pastatų renovacijos kliūčių yra finansinių išteklių ir efektyvių finansinių mechanizmų stoka. Todėl dažnai pamirštama pastatų renovacijos, didinant energijos vartojimo efektyvumą, energetinė ir aplinkosauginė nauda. Šiuo metu pastato renovacijos periodiškumas vertinamas vadovaujantis pirmiausia ekonominiais, kartais pastato fizinio nusidėvėjimo kriterijais. Šiame straipsnyje pateikto tyrimo tikslas yra įvertinti, kokią įtaką pastato renovacijos, didinant energijos vartojimo efektyvumą, periodiškumas turi pastato gyvavimo ciklo energijos sąnaudoms.

Raktažodžiai: pastatų renovacija, energijos vartojimo efektyvumas, gyvavimo ciklo sąnaudos

1. ĮVADAS

Pasaulyje pastatuose suvartojama 40 % galutinės energijos [1]. Europos Sąjungoje dėl pastatų naudojimo į aplinką išskiriama 36 % visų šiltnamio efektą sukeliančių dujų [2]. Siekiant mažiau vartoti energijos, pastaraisiais metais energetikos politikoje vis didesnis dėmesys kreipiamas į energijos vartojimo pastatuose efektyvumo didinimą. Lietuvos Respublikos Vyriausybė išsikėlė tikslą iki 2020 m. modernizuoti 70 % daugiabučių namų, kuriems statybos leidimai buvo išduoti iki 1993 m. [3]. Europos Sąjunga kelia valstybėms narėms uždavinį, kad nuo 2020 m. visi naujai statomi pastatai būtų beveik nulinės energijos [4]. Tačiau šie pastatai darys poveikį tik ilgalaikėje perspektyvoje.

Įvertinta, kad Europos Sąjungoje naujų gyvenamųjų pastatų metinis prieaugis sudaro 1–1,5 %. Per metus nugriauinama apie 0,2–0,5 %, o renovuojama apie 2 % visų pastatų [2]. Panašios tendencijos yra ir negyvenamajame sektoriuje [2]. Šie skaičiai rodo, kad norint sumažinti energijos vartojimą pastatuose, būtina daugiau dėmesio skirti esamų pastatų energijos vartojimo efektyvumui didinti. Kartu, atsižvelgiant į minėtą naują Europos Sąjungos uždavinį, kyla klausimas, kokius reikalavimus kelti esamiems pastatams, kai jie bus renovuojami.

Pastatai statomi naudoti kelis dešimtmečius, o kai kuriais atvejais daugiau nei šimtą metų. Didinti pastatų energijos

vartojimo efektyvumą projektavimo stadijoje yra sąlyginai paprasta, tačiau tai padaryti daug sudėtingiau po to, kai pastatas pastatytas. Kai kurias energijos vartojimo efektyvumo didinimo priemones įgyvendinti galima tik statybos arba renovacijos, kuri, tikėtina, įvyks tik po keleto dešimtmečių, metu [1].

Pastatų gyvavimo laikas yra ilgas, o renovacija paprastai vykdoma, kai dauguma pastato dalių ir elementų nusidėvi [1, 5]. Gyvenamieji pastatai neišvengiamai bus renovuojami kas 30–40 metų [1, 5]. Komerciniai pastatai gali būti renovuojami dažniau (kas 25–30 metų), nes greičiau keičiasi šių pastatų funkcijos [1, 5]. Rekomenduojama statinių efektyvaus naudojimo minimali trukmė iki rekonstravimo priklauso nuo pastato tipo, drėgmės, temperatūros režimo pastate ir gali būti nuo 8 iki 25 metų [6].

Tačiau ne visada tikslinga laukti visiško pastato nusidėvėjimo. Ne mažiau svarbu išlaikyti gerą pastatų fizinę būklę. Laikui bėgant keičiasi visuomenės gyvenama ir komforto poreikis, todėl renovaciją gali būti tikslinga atlikti anksčiau [1, 5]. Nors pastatų savininkai gali norėti, kad pastatai būtų efektyvūs finansiškai, tačiau pastatų naudotojai gali būti labiau susirūpinę vidaus oro kokybe, komfortu, sveikatos ir saugumo klausimais, energiniu pastato efektyvumu [1, 7]. Todėl vis aktualesnis tampa darnios pastatų priežiūros klausimas. Nagrinėjami ir siūlomi įvairūs pastatų priežiūros ir renovacijos modeliai [8–12]. Siūlomi specialiai renovacijos projektų

vertinimui skirti ekonominiai, bet į pastato fizinių nusidėvėjimą atsižvelgiantys modeliai [13–15].

Vienas darnaus vystymosi tikslų įgyvendinimo įrankių yra gyvavimo ciklo analizė. Pastaraisiais metais gyvavimo ciklo mąstymas tapo labai svarbiu aplinkosaugos politikoje. Europos Sąjungoje taikoma integruota produktų politika, įgyvendinama ekologinio energiją vartojančių gaminių projektavimo reikalavimų sistema, pagal kurią minėtiems gaminiams nustatomi projektavimo reikalavimai, siekiant mažinti gaminių poveikį aplinkai per visą jų gyvavimo ciklą. Kinijoje, Jungtinėse Amerikos Valstijose kuriamos strategijos, skatinančios gyvavimo ciklo mąstymą [16–19].

Tradiciškai gyvavimo ciklo analizė dažniausiai taikoma projektuojant gaminius. Didelėms sistemoms, pvz., pastatui, ją taikyti yra sunkiau [20]. Pastatų sektoriuje gyvavimo ciklo analizė naudojama nuo 1990 m. ir yra svarbus pastatų vertinimo įrankis. Pirmieji bandymai atlikti viso pastato gyvavimo ciklo analizę pradėti 2003 m., tačiau iki šiol paskelbtų tyrimų skaičius yra ribotas [21]. Daug studijų analizuoja specifines pastato gyvavimo ciklo dalis, bet nedaug nagrinėja visą gyvavimo laikotarpį [21]. Dauguma pastatuose atliktų gyvavimo ciklo analizių nevertina pastato renovacijų [20].

Šiame straipsnyje pateikto tyrimo tikslas yra įvertinti, kokią įtaką pastato gyvavimo ciklo energijos sąnaudoms turi pastato renovacijos, didinant energijos vartojimo efektyvumą, periodiškumas. Pagal 2 skyriuje pateiktą metodiką atliktas vienos tipinės mokyklos renovacijos periodiškumo vertinimas.

2. METODIKA

Siekiant įvertinti, kokią įtaką renovacijos periodiškumas turi pastato gyvavimo ciklo energijos sąnaudoms, sudaromas energetinis pastato gyvavimo ciklo modelis. Šis modelis suformuojamas, vadovaujantis bendraisiais gyvavimo ciklo analizės principais.

Pastato gyvavimo ciklas dalijamas į šias pagrindines fazes: statyba, naudojimas, remontas, renovacija ir nugriovimas. Nugriovimo fazė čia nenagrinėjama, darant prielaidą, kad tinkamai eksploatuojamas pastatas gali gyvuoti ilgesnį nei reglamentuota laikotarpį ir bus nugriautas tada, kai funkciškai taps neberekalingas. Renovacija čia suprantama kaip pastato pasyviųjų (pastato konstruktyvinės dalys) ir aktyviųjų (inžinerinėse sistemose, kurių veikimui reikalinga energija) techninių sistemų vienalaikis modernizavimas, siekiant padidinti pastato energijos vartojimo efektyvumą ir pagerinti pastato fizinę būklę.

Energetinis pastato gyvavimo ciklas parodo pirminės energijos suvartojimo kitimą per pastato gyvavimo laiką, įvertinant visus pastate vykstančius energijos srautus – kuro, šilumos ir elektros energijos suvartojimą pastato šildymui, vėdinimui, karštam vandeniui ruošti, apšvietimui, įrenginių veikimui, taip pat pastato dalių, elementų bei jų medžiagų gamybai, transportavimui ir įrengimui. Bendrąsias pastato energijos sąnaudas (BES, MWh) per jo gyvavimo ciklą sudaro

pirminė energija, sunaudota aktyviųjų ir pasyviųjų techninių sistemų įrengimui, priežiūrai, remontui ir renovacijai (įkūnytoji energija, IES , MWh), ir pastato naudojamoji energija (NES, MWh), sunaudota aktyviosiose techninėse sistemose:

$$BES_n = \sum_{i=1}^n \text{IES}_i + \sum_{i=1}^n \text{NES}_i; \quad (1)$$

čia n – pastato gyvavimo laikas metais; i – skaičiuojamieji metai.

Įkūnytosios energijos sąnaudas sudaro pirminė energija, sunaudota pastato statybai, remontui ir renovacijai:

$$\text{IES}_i = \text{IES}_0^{st} + \text{IES}_i^{rem} + \text{IES}_i^{ren}; \quad (2)$$

čia IES_0^{st} – pastato statybos metu atskiroms pastato dalims, elementams pagaminti, transportuoti ir įrengti sunaudotas pirminės energijos kiekis MWh. Tai vienkartinė vertė, įgyjanti reikšmę pastato pastatymo metais;

IES_i^{rem} – pastato remontui sunaudojamos pirminės energijos kiekis MWh. Tai pasikartojanti vertė, kurią norint tiksliai įvertinti, reikia registruoti visų remontų metu sunaudojamos energijos kiekį;

IES_i^{ren} – pastato renovacijos metu pastato elementams pagaminti, transportuoti ir įrengti sunaudojamos pirminės energijos kiekis MWh. Tai taip pat pasikartojanti vertė, tačiau ji įgyjama tam tikrais intervalais. Ši vertė kiekvienos renovacijos atveju turi būti įvertinama, analizuojant renovacijos alternatyvas.

Įkūnytosios energijos sąnaudų skaičiavimas yra sudėtingas uždavinys, nes paprastai sudėtinga gauti visus reikalingus duomenis, ypač pastato naudojimo ir priežiūros etapo metu. Tokie duomenys nėra registruojami ir kaupiami. Tačiau tik atliekant tokius skaičiavimus galima gauti tikruosius pastato gyvavimo ciklo rezultatus.

Skaičiuojant pastato įkūnytosios energijos sąnaudas, pastatas dalijamas į atskiras dalis (pvz., pamatai, sienos, šildymo sistema, vėdinimo sistema ir t. t.), o šios – į atskirus elementus (pvz., šildymo sistemos vamzdiniai, izoliacija, šildymo prietaisai ir t. t.) ar dar detalčiau. Kiekvienam elementui pagaminti sunaudojama energijos, tuomet jis transportuojamas į pastato teritoriją ir įrengiamas (taip pat sunaudojama energijos). Vertinamos energijos sąnaudos pastato elementų gamybai, jų transportavimui į pastato teritoriją ir įrengimui:

$$\text{IES}_i^{st/rem/ren} = \sum_{j=1}^m \text{EGES}_j^{st/rem/ren} + \sum_{j=1}^m \text{TRES}_j^{st/rem/ren} + \sum_{j=1}^m \text{IRES}_j^{st/rem/ren}; \quad (3)$$

čia $\text{EGES}_j^{st/rem/ren}$ – energijos sąnaudos elemento j gamybai MWh; $\text{TRES}_j^{st/rem/ren}$ – energijos sąnaudos elemento j transportavimui MWh; $\text{IRES}_j^{st/rem/ren}$ – energijos sąnaudos elemento j įrengimui MWh.

Siekiant apskaičiuoti (3) formulėje pateiktas energijos sąnaudas, nustatomi atskirų elementų ar juos sudarančių

medžiagų kiekiai M (kg, m³, vnt.), šių elementų ar medžiagų gamybos energijos sąnaudų rodikliai κ^{eg} (kWh/kg, kWh/m³, kWh/vnt.), energijos sąnaudų transportavimui rodikliai κ^{tr} (kWh/tkm), transportavimo atstumas l , energijos sąnaudos elemento įrengimui κ^{ir} :

$$EGES_j = M_j \cdot \kappa_j^{eg} \quad (4)$$

$$TRES_j = M_j \cdot l_j \cdot \kappa_j^{tr} \quad (5)$$

$$IRES_j = M_j \cdot \kappa_j^{ir} \quad (6)$$

Pastato naudojimo energijos sąnaudas sudaro kuro, su-naudoto patiekto į pastatą šilumos ir elektros energijos ga-mybai, energetinė vertė:

$$NES_i = NES_i^{el} / (\eta_i^{eg} \cdot \eta_i^{et}) + NES_i^s / (\eta_i^{sg} \cdot \eta_i^{st}); \quad (7)$$

čia NES_i^{el} – metinis elektros energijos suvartojimas apšvieti-mui, įrenginiuose, technologiniuose procesuose MWh;

η_i^{eg} – metinis elektros energijos to meto gamybos efekty-vumo koeficientas vnt. d.;

η_i^{et} – metinis elektros energijos to meto transportavimo efektyvumo koeficientas vnt. d.;

NES_i^s – metinis šilumos energijos suvartojimas šildymui, vėdinimui ir karštam vandeniui ruošti pastate MWh;

η_i^{sg} – metinis šilumos to meto gamybos efektyvumo koe-ficientas vnt. d.;

η_i^{st} – metinis šilumos to meto tiekimo efektyvumo koe-ficientas vnt. d.

Pastato bendrosios energijos sąnaudos per jo gyvavimo ciklą priklauso nuo paties pastato energinio naudingumo charakteristikų kitimo jo gyvavimo laikotarpiu ir nuo pasta-tui nepriklausančių energijos tiekimo sistemų energinio nau-dingumo charakteristikų kitimo. Pastato energijos sąnaudas veikiantys veiksniai dalijami į išorinius ir vidinius.

Vidiniai veiksniai – tai pastato konstruktyvinių dalių ir inžinerinių sistemų bei jų elementų savybės, kurios kinta laikui bėgant – pastato atitvarų šiluminės charakteristikos, kurioms turi įtaką kintančios normos, inžinerinių sistemų, kurioms daro poveikį technologinė pažanga, efektyvumas.

Išoriniai veiksniai – į pastatą tiekiamos energijos sistemų charakteristikos – energijos transportavimo efektyvumas, energijos gamybos šaltinių efektyvumas, medžiagų ir ele-mentų gamybos efektyvumas, kurioms daro poveikį techno-loginė pažanga.

Naudojantis pateiktu modeliu skaičiuojamos pastato bendrosios energijos sąnaudos, esant skirtingiems pastato renovacijos periodiškumams. Prieš pradėdant skaičiavimus, apibrėžiama tyrimo apimtis – kokio detalumo ir tikslumo bus atliekamas vertinimas. Skaičiavimai atliekami dviem etapais. Pirmajame etape apskaičiuojamas faktinis pastato energijos suvartojimas. Antrajame etape atliekamas pastato energijos suvartojimo prognozavimas – daromos prielaidos apie tai, kaip ateityje kis pastato energinio naudingumo

reikalavimai, inžinerinių sistemų efektyvumas, šilumos ir elektros energijos gamybos ir tiekimo sistemų efektyvumas, medžiagų ir elementų gamybos, transportavimo efektyvu-mas. Apskaičiavus faktines pastato energijos sąnaudas bei priėmus prielaidas dėl situacijos kitimo ateityje, atliekami pastato gyvavimo ciklo bendrųjų energijos sąnaudų skai-čiavimai.

Priimtinausia alternatyva energiniu požiūriu yra ta, ku-rios skaičiuojamojo laikotarpio gyvavimo ciklo bendrosios energijos sąnaudos yra mažiausios.

3. REZULTATAI

Naudojant 2 skyriuje pateiktą modelį, atliekamas tipinės 1284 vietų mokyklos pastato (naudingas plotas 6228 m²), su-projektuoto 1974 m., renovacijos, didinant energijos vartoji-mo efektyvumą, periodiškumo vertinimas. Skaičiavimai atlie-kami esant 10–30 metų pastato renovacijos periodiškumui, t. y. kai pastato renovacijos periodiškumas yra 10 metų – pa-statas renovuojamas 9 kartus per pastato gyvavimo ciklą, kai 30 metų – 3 kartus.

Pastato remonto fazė nevertinama, darant prielaidą, kad didžiausios energijos sąnaudos yra pastato statybos, renova-cijos ir naudojimo fazėse, todėl remonto fazė ženklios įtakos rezultatams neturės.

Taip pat vertinamos medžiagų ir elementų transportavi-mo į statybos vietą sąnaudos.

Duomenys įkūnytosi energijos skaičiavimams imami iš SimaPro programos duomenų bazių [22].

Prielaidos dėl išorinių veiksnių:

1. Šilumos šaltinio naudingumo koeficientas pastato sta-tybos metu – 80 %, po renovacijos – 94 %;

2. Bendras elektros sistemos efektyvumas laikotarpio pradžioje lygus 30 %, įvertinant elektros energijos gamybos (35 %) ir transportavimo (85 %) efektyvumą. Priimama, kad elektros energijos gamybos efektyvumas didėja 0,3 %, o transportavimo – 0,1 % per metus;

3. Santykinės medžiagų ir elementų gamybos bei trans-portavimo sąnaudos priimamos pastovios. Šių sąnaudų kie-kybinė įtaka išryškėtų, atlikus gautų vertinimo rezultatų jau-trumo analizę, tačiau šiame straipsnyje tai nenagrinėjama.

Prielaidos dėl vidinių veiksnių:

1. Priimama, kad pastato atitvarų šiluminės karakteristi-kos keičiasi kas 10 metų. Skaičiavimai atliekami trims atitvarų šiluminių charakteristikų griežtėjimo variantams: atitvarų šilumos perdavimo koeficientai mažėja po 10 %, 30 % ir 50 % kas 10 metų (minimalūs neskaidrių atitvarų šilumos perda-vimo koeficientai lygūs 0,06 W/m²K, langų – 0,70 W/m²K). Nagrinėjamo pastato atitvarų šiluminės charakteristikos pa-teiktos 1 lentelėje.

2. Elektros energijos sąnaudos pastate nekinta. Daroma prielaida, kad apšvietimo sistemų ir įrenginių efektyvumo didėjimą kompensuoja atsirandantys nauji įrenginiai pastate (cirkuliaciniai siurbliai, ventiliatoriai, kompiuteriai, oro kon-dicionieriai ir pan.). Elektros energijos sąnaudų kiekybinė

1 lentelė. Pastato ativarų šilumos perdavimo koeficientai

Ativaras	Statyba	Šilumos perdavimo koeficientas U (W/m ² K)								
		Laikotarpis po pastato statybos metais								
		11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100
Šilumos perdavimo koeficiento verčių mažėjimas po 10 %										
Sienos	0,75	0,69	0,62	0,56	0,51	0,45	0,41	0,37	0,32	0,30
Stogas	0,77	0,69	0,62	0,56	0,51	0,45	0,41	0,37	0,33	0,30
Grindys	0,35	0,28	0,25	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12
Langai	1,71	1,71	1,71	1,71	1,69	1,21	1,21	1,21	0,95	0,95
Šilumos perdavimo koeficiento reikšmių mažėjimas po 30 %										
Sienos	0,75	0,54	0,38	0,26	0,18	0,13	0,09	0,06	0,06	0,06
Stogas	0,77	0,54	0,38	0,26	0,18	0,13	0,09	0,06	0,06	0,06
Grindys	0,35	0,22	0,15	0,11	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Langai	1,71	1,71	1,21	0,95	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Šilumos perdavimo koeficiento reikšmių mažėjimas po 50 %										
Sienos	0,75	0,39	0,19	0,10	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Stogas	0,77	0,39	0,19	0,10	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Grindys	0,35	0,16	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Langai	1,71	1,21	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

įtaka išryškėtų, atlikus gautų vertinimo rezultatų jautrumo analizę, tačiau šiame straipsnyje tai nenagrinėjama.

3. Pastato statybos metu klasės ir kabinetai vėdinami natūraliai, po renovacijos – įrengiama mechaninė vėdinimo sistema su šilumogrąža.

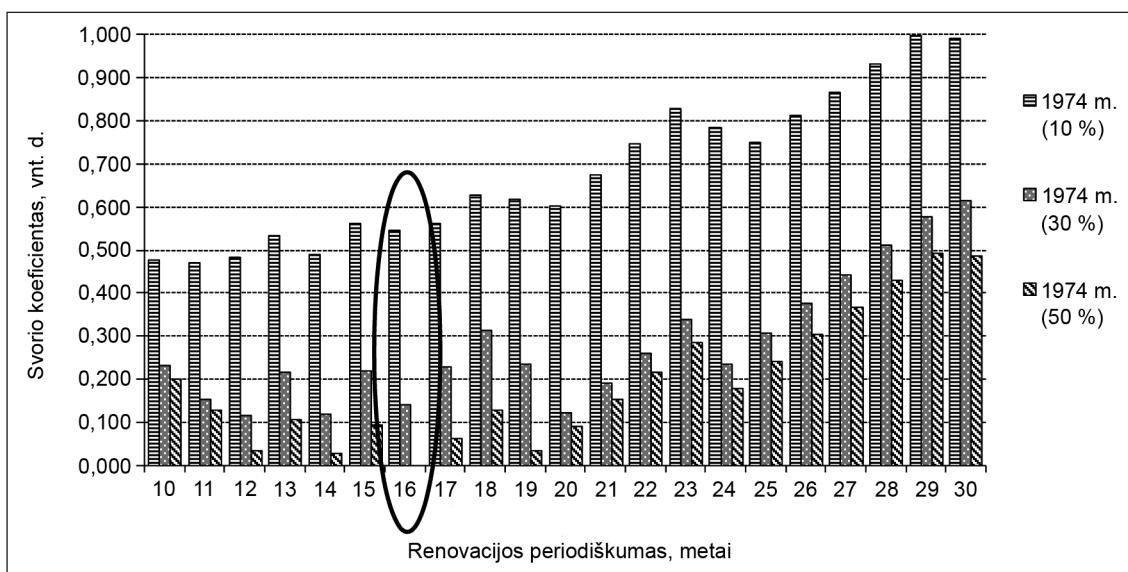
4. Kai pastato šilumos pritekėjimai didesni, palyginus su šildymo sistemos šilumos poreikiu, pastate įrengiama orinio šildymo sistema, o radiatorinė sistema paliekama budėti.

Atlikus skaičiavimus gaunama, kad jeigu pagal norminius reikalavimus šilumos perdavimo koeficientai mažėja po 10 % kas 10 metų, mažiausios gyvavimo ciklo energijos sąnaudos susidaro, kai pastatas renovuojamas kas 11 metų, kai po 30 % – kas 12 metų, kai po 50 % – kas 16 metų. Siekiant palyginti šiuos rezultatus tarpusavyje, 1 paveiksle pastato gyvavimo ciklo energijos sąnaudos, esant skirtingiems

pastato renovacijos dažnumams, parodytos perskaičius jas į nedimensinius svorio koeficientas (0 – atitinka mažiausias energijos sąnaudas, 1 – didžiausias).

Mažiausios nagrinėjamo pastato bendrosios gyvavimo ciklo energijos sąnaudos susidaro, kai pastatas renovuojamas kas 16 metų, o pagal norminius reikalavimus šilumos perdavimo koeficientai mažėja po 50 % kas 10 metų, didžiausios – kai pastatas renovuojamas kas 29 metus, o pagal norminius reikalavimus šilumos perdavimo koeficientai mažėja po 10 % kas 10 metų.

Įkūnytosioms energijos sąnaudoms sudaro 6–18 % bendrųjų energijos sąnaudų, atsižvelgus į nagrinėjamą alternatyvą. Kuo dažniau pastatas renovuojamas, tuo didesnę dalį bendrosiose energijos sąnaudose sudaro įkūnytosioms energijos sąnaudoms. Įkūnytosioms energijos sąnaudoms sudaro 18 % bendrųjų



1 pav. Bendrosios pastato gyvavimo ciklo energijos sąnaudos, esant skirtingiems pastato renovacijos periodiškumams

2 lentelė. Pastato, statyto pagal 1999 m. ir 2005 m. normas, atitvarų šilumos perdavimo koeficientai

Atitvaros	Statyba	Šilumos perdavimo koeficientas U (W/m ² K)								
		Laikotarpis po pastato statybos metais								
		11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100
Pastatas statytas pagal 1999 m. normas										
Šilumos perdavimo koeficiento reikšmių mažėjimas po 10 %										
Sienos	0,34	0,30	0,27	0,25	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13
Stogas	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09
Grindys	0,34	0,30	0,27	0,25	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13
Langai	1,71	1,71	1,71	1,69	1,21	1,21	1,21	0,95	0,95	0,95
Šilumos perdavimo koeficiento reikšmių mažėjimas po 30 %										
Sienos	0,34	0,24	0,17	0,12	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Stogas	0,22	0,16	0,11	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Grindys	0,34	0,24	0,17	0,12	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Langai	1,71	1,43	0,95	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Šilumos perdavimo koeficiento reikšmių mažėjimas po 50 %										
Sienos	0,34	0,17	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Stogas	0,22	0,11	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Grindys	0,34	0,17	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Langai	1,71	0,95	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Pastatas statytas pagal 2005 m. normas										
Šilumos perdavimo koeficiento reikšmių mažėjimas po 10 %										
Sienos	0,27	0,25	0,23	0,20	0,18	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11
Stogas	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09
Grindys	0,34	0,30	0,27	0,25	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13
Langai	1,71	1,69	1,69	1,21	1,21	1,21	0,95	0,95	0,70	0,70
Šilumos perdavimo koeficiento reikšmių mažėjimas po 30 %										
Sienos	0,27	0,20	0,14	0,10	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Stogas	0,22	0,16	0,11	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Grindys	0,34	0,24	0,17	0,12	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Langai	1,71	1,69	1,21	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Šilumos perdavimo koeficiento reikšmių mažėjimas po 50 %										
Sienos	0,27	0,14	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Stogas	0,22	0,11	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Grindys	0,34	0,17	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Langai	1,71	0,95	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

energijos sąnaudų, kai pastato renovacijos periodiškumas 10 metų (pastato atitvarų šilumos perdavimo koeficientai mažėja po 50 %).

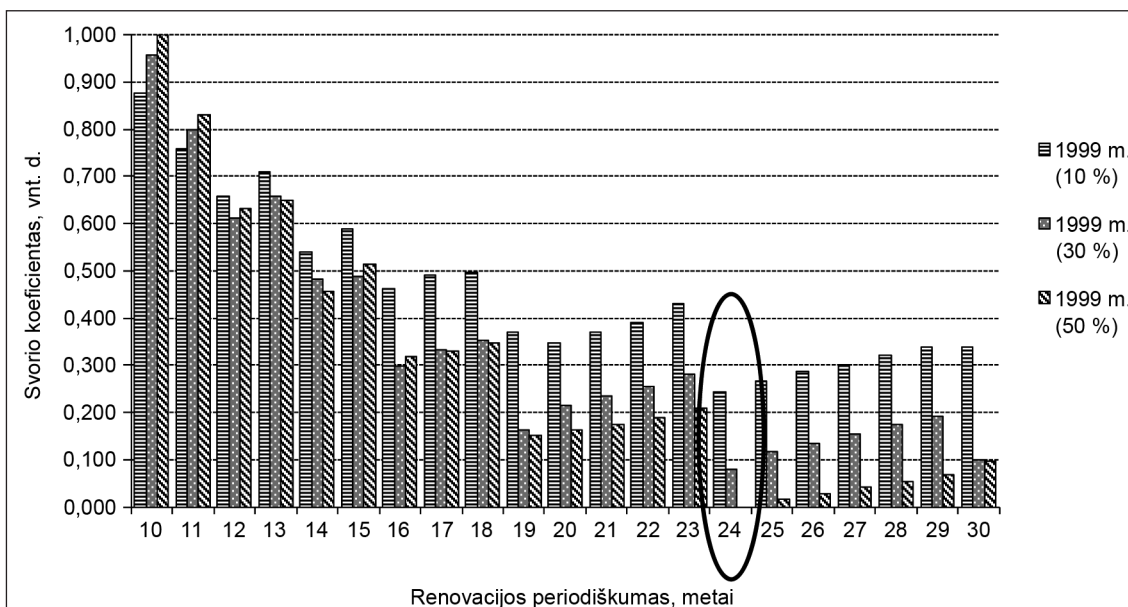
Mažiausios naudojimo energijos sąnaudos susidaro, kai pastatas renovuojamas kas 10 metų. Didžiausią įtaką šiems rezultatams turi tai, kad nagrinėjamas pastatas yra energiška neefektyvus ir po pirmųjų 10 metų vykdomos pastato renovacijos metinės šilumos energijos sąnaudos sumažėja 44–69 %, atsižvelgus į nagrinėjamą alternatyvą. Pastatas, kuris pirmą kartą renovuojamas po 30 metų, per pirmuosius 30 metų suvartoja 60–77 % šilumos energijos, sunaudojamos per skaičiuojamąjį gyvavimo ciklą. Tačiau dėl dažnos pastato renovacijos susidaranti sąlyginai didelės įkūnytosioms energijos sąnaudos lemia, kad bendrosios energijos sąnaudos padidėja, palyginti su kitomis alternatyvomis.

Siekiant patikrinti, kokią įtaką pradinis pastato energinio efektyvumo lygmuo turi skaičiavimų rezultatams, skaičiavimai atliekami atvejams, jeigu nagrinėjamas pastatas būtų

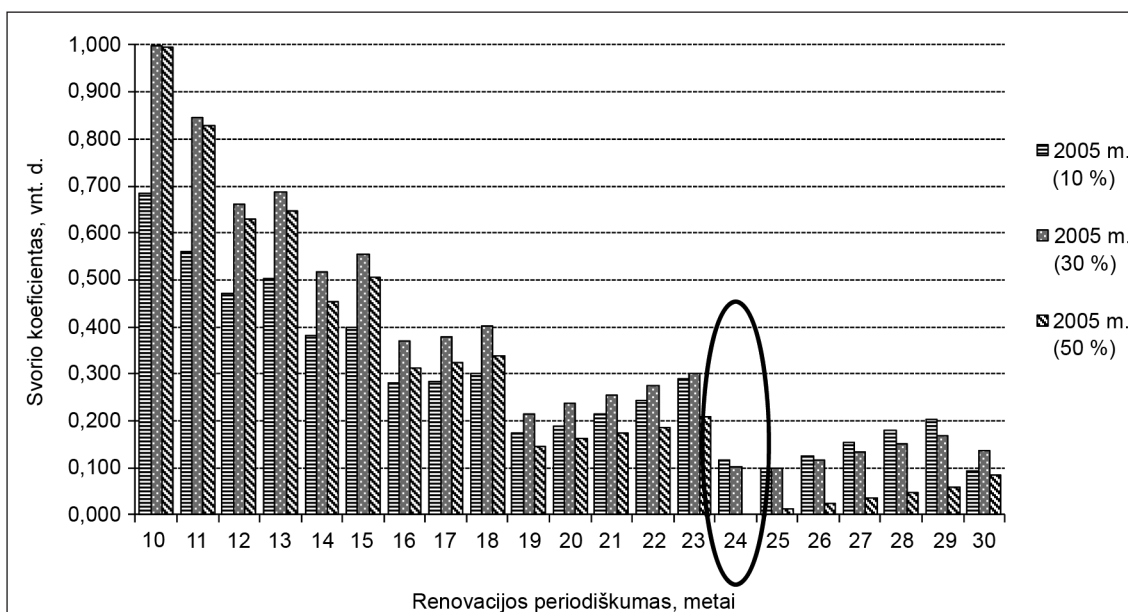
statytas pagal nuo 1999 m. galiojusias normas [24] ir pagal nuo 2005 m. galiojančias normas [25]. Analogiškai pirmajam nagrinėto pastato atvejui nagrinėjami variantai, kai reikalavimai pastato atitvarų šiluminėms charakteristikoms griežtėja kas 10 metų: šilumos perdavimo koeficientai mažėja po 10 %, 30 % ir 50 % kas 10 metų (minimalūs neskaidrių atitvarų šilumos perdavimo koeficientai lygūs 0,06 W/m²K, langų – 0,70 W/m²K). Pastato atitvarų šiluminės charakteristikos pateiktos 2 lentelėje.

Skaičiavimų rezultatai parodyti 2 ir 3 paveiksluose. Pradinis pastato energinio efektyvumo lygmuo turi įtakos ne tik bendrosioms pastato energijos sąnaudoms, bet ir pastato renovacijos periodiškumui.

Jei pastatas statytas pagal nuo 1999 m. galiojusias ir pagal nuo 2005 m. galiojančias normas, mažiausios bendrosios gyvavimo ciklo energijos sąnaudos susidaro, kai pastatas renovuojamas kas 24 metus, o reikalavimai pastato atitvarų šiluminėms charakteristikoms griežtėja po 50 % kas 10 metų.



2 pav. Bendrosios pastato gyvavimo ciklo energijos sąnaudos, esant skirtingiems pastato renovacijos periodiškumams, kai pastatas statytas pagal 1999 m. normas



3 pav. Bendrosios pastato gyvavimo ciklo energijos sąnaudos, esant skirtingiems pastato renovacijos periodiškumams, kai pastatas statytas pagal 2005 m. normas

4. IŠVADOS

1. Pastato renovacijos periodiškumą tikslinga vertinti ne tik pagal fizinį pastato nusidėvėjimą, bet ir pagal renovacijos įtaką pastato gyvavimo ciklo energijos sąnaudoms. Įvertinant tendenciją, kad reikalavimai pastatų atitvarų šiluminėms charakteristikoms nuolat griežtėja, pastatus tikslinga renovuoti, didinant jų energinį efektyvumą anksčiau nei jie visiškai nusidėvi. Šitaip užtikrinama geresnė pastato fizinė būklė, didesnė pastato ekonominė vertė, didesnis komforto lygis pastate.

2. Energinio požiūriu optimalus pastato renovacijos periodiškumas priklauso nuo pradinio pastato energinio efektyvumo lygmens ir nuo energinio efektyvumo padidėjimo po renovacijos.

3. Nagrinėjamo pastato atveju mažiausios bendrosios gyvavimo ciklo energijos sąnaudos gaunamos: kai pastatas renovuojamas kas 11 metų, jeigu pagal norminius reikalavimus šilumos perdavimo koeficientai mažėja po 10 % kas 10 metų; kas 12 metų, jeigu šilumos perdavimo koeficientai mažėja po 30 %; kas 16 metų, jeigu šilumos perdavimo koeficientai mažėja po 50 %.

4. Kuo mažesnis pastato pradinis energinis efektyvumas, tuo tikslingesnė dažna pastato renovacija. Mažiausios nagrinėjamo pastato bendrosios pastato gyvavimo ciklo energijos sąnaudos susidaro, kai pastatas renovuojamas kas 16 metų, o pagal norminius reikalavimus šilumos perdavimo koeficientai mažėja po 50 % kas 10 metų. Jei pastatas statytas pagal nuo 1999 m. galiojusius ir pagal nuo 2005 m. galiojančias normas, mažiausios bendrosios pastato gyvavimo ciklo energijos sąnaudos susidaro, kai pastatas renovuojamas kas 24 metus, o pagal norminius reikalavimus šilumos perdavimo koeficientai mažėja po 50 % kas 10 metų.

5. Nagrinėjant pastato renovacijas ir siekiant įvertinti tikrąjį energinį efektą, tikslinga atkreipti dėmesį į pastato įkūnytą energijos sąnaudą, jei pastatas būtų statytas pagal 1999 m. galiojusius arba pagal nuo 2005 m. galiojančias normas. Nagrinėjamo pastato atveju mažiausios naudojimo energijos sąnaudos susidaro, kai pastatas renovuojamas kas 10 metų. Tačiau kitaip nei pradinio varianto atveju, didžiausios energijos sąnaudos susidaro, kai pastatas renovuojamas kas 10–15 metų. Kai pastato atitvarų šilumos perdavimo koeficientai mažėja po 30–50 %, per 10–15 metų pastato įkūnytą energijos sąnaudą yra didesnė, kai pastato renovacijos periodiškumas yra 10–15 metų, palyginti su pastato šilumos energijos sąnaudomis.

6. Visais atvejais, nagrinėjant variantus, kai pastatas renovuojamas kas 20–30 metų, mažiausios bendrosios gyvavimo ciklo energijos sąnaudos gaunamos, kai pagal norminius reikalavimus šilumos perdavimo koeficientai mažėja po 50 % kas 10 metų, t. y. kai po antrosios arba pirmosios renovacijos (atsižvelgus į pradinį pastato energinio efektyvumo lygmenį) pastato atitvarų šiluminės charakteristikos tampa artimos pasyviųjų pastatų charakteristikoms. Tačiau kelti „nulinės“ energijos reikalavimus renovuojamiems pastatams gali būti per daug ambicinga ir neekonomiška. Šiuo atveju reikia detalesnių bendros energetinės ir ekonominės naudos vertinimų.

Gauta 2010 03 10

Priimta 2010 05 10

Literatūra

1. *Energy Efficiency Requirements in Building Codes, Energy Efficiency Policies for New Buildings*. France: International Energy Agency, 2008. <http://www.iea.org>.
2. European Commission. *Energy-Efficient Buildings PPP. Multi-annual roadmap and longer term strategy*. 2010. www.ecfp.org/groupe2/params/ecfp/download_files/36D1191v1_EeB_Roadmap.pdf.
3. Lietuvos Respublikos Vyriausybė. Daugiabučių namų modernizavimo programa. *Valstybės žinios*. 2008. Nr. 36. P. 1282.
4. 2010 m. gegužės 19 d. *Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2010/31/ES dėl pastatų energinio naudingumo*. *Europos Sąjungos oficialusis leidinys*. 2010. L 153. P. 13–35.
5. Rey E. Office building retrofitting strategies: multicriteria approach of an architectural and technical issue. *Energy and Buildings*. 2004. Vol. 36. P. 367–372.
6. Aplinkos ministerija, VŠĮ Būsto ir urbanistikos plėtros fondas. *Rekomendacijos R 27-01. Statinių ir jų dalių gyvavimo skaičiuojamosios trukmės įvertinimas*. Vilnius: Rekona, 2002. 35 p.
7. Ding G. K. C. Sustainable construction – The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*. 2008. Vol. 86. P. 451–464.
8. Li Zh. A new life cycle impact assessment approach for buildings. *Building and Environment*. 2006. Vol. 41. P. 1414–1422.
9. Mickaitytė A., Zavadskas E. K., Kaklauskas A., Tupėnaitė L. The concept of sustainable buildings refurbishment. *International Journal of Strategic Property Management*. 2008. Vol. 12. P. 53–68.
10. Mendes Silva J. A. R., Falorca J. A model plan for buildings maintenance with application in the performance analysis of a composite facade cover. *Construction and Building Materials*. 2009. Vol. 23. P. 3248–3257.
11. Preiser W. F. E., Vischer J. C. *Assessing Building Performance*. Oxford–Burlington: Elsevier, 2005. 243 p.
12. Smid J.-W., Nieboer N. Energy-efficient asset management for professional landlords. *International Journal of Strategic Property Management*. 2008. Vol. 12. P. 19–34.
13. Martinaitis V., Rogoža A. Statinio gyvavimo ciklo technologinis modelis. *Statyba*. 2001. T. VII. Nr. 1. P. 73–77.
14. Martinaitis V., Rogoža A., Bikmanienė I. Criterion to evaluate the “twofold benefit” of the renovation of buildings and their elements. *Energy and Buildings*. 2004. Vol. 36(1) P. 3–8.
15. Martinaitis V., Kazakevičius E., Vitkauskas A. A two-factor method for appraising building renovation and energy efficiency improvement projects. *Energy Policy*. 2007. Vol. 35(1). P. 192–201.
16. 2005 m. liepos 6 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2005/32/EB, nustatanti ekologinio projektavimo reikalavimų energiją vartojantiems gaminiams nustatymo sistemą ir iš dalies keičianti Tarybos direktyvą 92/42/EEB bei Europos Parlamento ir Tarybos direktyvas 96/57/EB ir 2000/55/EB. *Europos Sąjungos oficialusis leidinys*. 2005. L 191. P. 29–58.
17. 2006 m. balandžio 5 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2006/32/EB dėl energijos galutinio vartojimo efektyvumo ir energetinių paslaugų, panaikinanti Tarybos direktyvą 93/76/EEB. *Europos Sąjungos oficialusis leidinys*. 2006. L 114. P. 64–85.
18. Fuller S. K., Petersen S. R. *Life-cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program*. NIST Handbook. Washington: US Government printing office, 1996. 224 p.
19. *Introduction to LCA with SimPro 7*. Pre Consultants, 2008. 86 p.
20. Verbeeck G., Hens H. Life cycle inventory of buildings: A calculation method. *Building and Environment*. 2009. doi: 10.1016/j.buildenv.2009.10.12.
21. Ortiz O., Castell F., Sonnemann G. Sustainability in the construction industry: A review of recent developments

- based on LCA. *Construction and Building Materials*. 2009. Vol. 23. P. 28–39.
22. Pre Consultants bv, Simapro 7 Software. Data Base: <http://www.pre.nl/simapro/>.
 23. Statybos techninis reglamentas STR 1.12.06:2002 Statinio naudojimo paskirtis ir gyvavimo trukmė. *Valstybės žinios*. 2002. Nr. 109. P. 4837.
 24. Statybos techninis reglamentas STR 2.05.01:1999 Pastatų atitvarų šiluminė technika. *Valstybės žinios*. 1999. Nr. 41. P. 1297.
 25. Statybos techninis reglamentas STR 2.05.01:2005 Pastatų atitvarų šiluminė technika. *Valstybės žinios*. 2005. Nr. 100. P. 3733.

Lina Užšilaitytė, Vytautas Martinaitis

IMPACT OF THE BUILDING RENOVATION PERIODICITY ON ITS LIFE CYCLE ENERGY CONSUMPTION

Summary

In recent years, energy policy increasingly focuses on reducing energy consumption in buildings. The European Union has the objective that from 2020 all newly constructed buildings should be close to nearly zero-energy. However, these buildings will have an effect only in the long-term perspective. Meanwhile, the problem of the existing energy-inefficient buildings remains critical. One of the main obstacles in buildings renovation is the lack of financial resources and of effective financial mechanisms. Therefore, the energy and hence the environmental benefits of building renovation are often neglected. Currently, building renovation frequency is measured primarily by the criteria of economic and sometimes of physical deterioration of a building. The goal of the research presented in this article is to assess the impact of building renovation frequency on its life-cycle energy consumption.

Key words: building renovation, energy use efficiency, life cycle consumption

Лина Ужшилайтите, Витаутас Мартинайтис

ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ РЕНОВАЦИИ НА ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЗДАНИЯ

Резюме

В последние годы энергетическая политика все больше фокусируется на сокращение потребления энергии в зданиях. Европейский Союз имеет цель: с 2020 г. энергия всех новых зданий должна быть почти „нулевой“. Однако, эти здания будут иметь эффект только в долгосрочной перспективе. Между тем, проблема существующих энергонеэффективных зданий остается решающей. Одним из основных препятствий реновации зданий является отсутствие финансовых ресурсов и эффективных механизмов финансирования. Поэтому часто забываются энергетические, а следовательно, и экологические выгоды реновации зданий. В настоящее время реновация зданий измеряется, во-первых, по экономическим критериям и иногда по критериям физического износа зданий. Описанные в настоящей статье исследования заключаются в оценке воздействия периодичности реновации здания, повышая его энергоэффективность, на потребление энергии жизненного цикла здания.

Ключевые слова: реновация зданий, энергоэффективность, потребления жизненного цикла