

UNIVERSITETO PASTATŲ DETALIŲJŲ ENERGINIŲ AUDITŲ IR ENERGIJOS TAUPYMO PRIEMONIŲ ANALIZĖ

Kęstutis Valančius¹, Violeta Motuzienė², Sabina Paulauskaitė³, Arnoldas Vaičaitis⁴

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹kestutis.valancius@vgtu.lt; ²violeta.motuziene@vgtu.lt; ³spaul@vgtu.lt; ⁴arnoldas.vaicaitis@vgtu.lt

Santrauka. Nuo 2009 metų VGTU dalyvauja tarptautiniame Europos mokslo projekte *USE Efficiency*. Pagal šį projektą Pastatų energetikos katedros jaunieji tyrėjai, naudodami Civilinės inžinerijos mokslo centro matavimo įrangą, atliko detalius universiteto pastatų energinius auditus. Straipsnyje pateikiami šių auditų atlikimo metodai, matavimų priemonės ir rezultatai bei jų analizė.

Reikšminiai žodžiai: energinis auditas, pastatai, energijos efektyvumas, matavimai.

Įvadas

Europos Komisijos 2006 m. spalio 19 d. komunikate „Efektyvus energijos vartojimo veiksmų planas: išnaudoti potencialą“ sakoma, kad Europa šiandien priversta spęsti precedento neturinčias energijos išteklių problemas, kurios susijusios su Europos Sąjungos (ES) priklausomybe nuo energijos importo, pasauline iškastinio kuro pasiūla ir aki-vaizdžia klimato kaita. Tačiau, nepaisant visų šių problemų, Europa dėl neefektyvus vartojimo veltui išseikvoja mažiausiai 20 % energijos. Pasinaudodama visomis politinėmis priemonėmis visais valdymo ir visuomenės lygmenimis ES gali ir privalo parodyti, kaip didinti energijos vartojimo efektyvumą.

Energinis auditas yra visapusiškas objekto esamos būklės patikrinimas ir gautų rezultatų įvertinimas efektyvus energijos naudojimo požiūriu bei ekonomiškai ir ekologiškai pagrįstų, socialiai priimtinių organizacinių ir techninių priemonių įdiegimo pasiūlymas, siekiant mažinti objekto energines sąnaudas.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto (toliau VGTU), dalyvaujančio tarptautiniame mokslo projekte *USE efficiency (USE efficiency... 2011; Valančius, Mikučionienė 2010)*, kuris vykdomas nuo 2009 m. birželio mėn. iki 2012 m. sausio mėn., tyrėjai svariai prisidėjo prie vis labiau plėtojamo ir naudojamo pastatų energinio audito populiarinimo.

Projektas *USE efficiency* orientuotas į studentus, efektyvų energijos naudojimą ir priemonių, skirtų jam pasiekti, įdiegimą universitetuose. Jaunieji tyrėjai buvo skatinami kuo daugiau ir įvairiau išnagrinėti jiems skirtus objektus, kad įgautų patirties, prireiksiančios atliekant viešųjų pastatų auditą. Dėl šios priežasties daug dėmesio buvo skiriama

realiems parametrų nustatyti, teisingai pasirenkant ne tik ką matuoti, bet ir vietą, kurioje matavimai bus atliekami, taikomus metodus, kiek laiko tai užtruks, koku paros metu bus kaupiami duomenys ir pan. Tokie studentams išskelti uždaviniai leido ne tik rimčiau vertinti iš pirmo žvilgsnio gana lengvai atliekamą energinį auditą, bet ir nuodugniau pana- grinėti universiteto pastatų energines charakteristikas, atrasti problemiškas vietas ir įvertinti problemų mastą. Šiam tikslui įgyvendinti į pagalbą buvo pasitelkta neseniai įkurto VGTU Civilinės inžinerijos mokslo centro (toliau – CIMC) naujai įsigyta mobilioji matavimo įranga, kurią sudaro prietaisų komplektas, skirtas realių pastatų energijos sąnaudoms, atitvarų savybėms, naudotojų elgsenai ir mikroklimato są- lygoms patalpose sinchronizuotai tirti (jutikliai, kaupikliai, duomenų tvarkymo, perdavimo ir analizės įranga).

Energijos audito metodologija

Projekto metu atlikti 6 pastatų išsamūs analitiniai ener- gijos vartojimo auditai. Tokio detalumo audito modelis paprastai taikomas vidutinės ir plačios apimties pramonė- je (įskaitant mechanines ir elektrines sistemas, energinius procesus, tiekimo sistemas ir kt.) (Martinaitis *et al.* 2010). Taigi atliekant išsamų auditą:

1. Apibūdinamos visos nurodytos energiją vartojan- čios sistemos, neatsižvelgiant į tai, ar nustatyta sutaupyta energijos, ar ne.
2. Leidžiama nepaisyti ne itin svarbių sričių, tik nu- statyti bendrą energijos balansą.
3. Nurodomi visi pelningi taupymo būdai.
4. Atliekamas detalus energijos taupymo ir investi- cijų skaičiavimas.

5. Atliekamas diagnostinis kiekvienos energiją vartojančios sistemos įvertinimas ir detaliai išskaidoma suvartota energija.
6. Aprašomos alternatyvios energijos taupymo priemonės, objektas, energijos gamyba ir vartojimas, režimai ir balansai.

Atliekant išsamiuosius energinius auditus buvo išskirti ir visiškai įgyvendinti tokie uždaviniai:

1. Pastato esamos padėties analizė.
2. Pastatų apibūdinančių duomenų surinkimas.
3. Energinų parametrų matavimai.
4. Šilumos energijos sąnaudų ir išlaidų techninė analizė, šilumos energijos sąnaudų balanso sudarymas.
5. Šilumos energijos faktinių sąnaudų patalpoms šildyti perskaičiavimas taikant norminiam šildymo sezonui.
6. Energijos taupymo priemonių parinkimas ir galimų taupymų būdų nustatymas.
7. Pastato šilumos energijos sąnaudų balanso sudarymas.
8. Energijos taupymo priemonių ekonominio efektyvumo įvertinimas.

Bendradarbiaudami grupėse ir konsultuodamiesi su auditų vadovu, tyrėjai pasiūlė ir sudarė trumpą, tačiau aiškia auditų atlikimo tvarką, kuri pateikta 1 paveiksle.

Tyrėjai rinko informaciją apie pastatų fizines charakteristikas (aukštį, sienų plotį, langų matmenis, patalpų ilgį ir plotį ir kt.), jų elementų sudėtines medžiagas (sienos, grindys, stogas ir kt.), nustatė pastato elementų šiluminės charakteristikas (sienų, langų, stogo; perdenginių šilumos laidumo koeficientai, vėdinimo sistemos tyrimas ir kt.) ir stebėjo mikroklimato sąlygas jo viduje (temperatūra, santykinė drėgmė, apšviestumas ir kt.).

Naudojant kompiuterines programas matavimų rezultatai buvo analizuojami, sisteminami ir lyginami su analogiškais (pvz., kitos patalpos) rezultatais. Gauti rezultatai – vidutinė temperatūra tam tikru laikotarpiu, santykinė drėgmė, realūs šilumos laidumo koeficientai,

pastato perkėlimas į virtualiąją erdvę, naudojant AutoCAD programą.

Nustačius realias charakteristikas, pradėti skaičiavimai, kurių pagrindinis tikslas – šilumos energijos sąnaudų balanso sudarymas. 2 paveiksle pateikiama principinė pastato energijos kiekių diagrama. Čia Q_1 – reikalinga energija; Q_2 – energijos vidaus ir išorės pritekis; Q_3 – pastate panaudota energija; Q_4 – įgauta energija; Q_5 – pateikta energija; Q_6 – neatsinaujanti pirminė energija, reikalinga pastatui tiekiamai energijai gauti (ir su tuo siejami CO_2 išmetimai); Q_7 – atsinaujanti pirminė energija; M – vartojamos galutinės energijos (šilumos, kuro, elektros) apskaitos prietaisai.

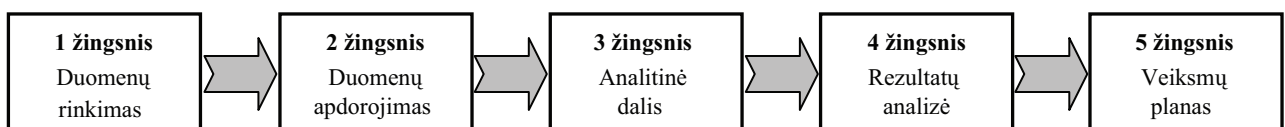
Skaičiavimams ir sudarant balansą pagrindine lygtimi laikyta energijos vartojimo audito (EVA) energijos balanso lygtis (1).

1 lygtyje kintamieji, kuriais varijuojant atsiranda galimybės sudaryti realių suvartotų šiluminės energijos sąnaudų ir apskaičiuotų teoriniu būdu sąnaudų balansą, yra šie: U_i – šilumos perdavimo koeficientas, $W/(m^2 \cdot K)$; n_j – oro apykaitos koeficientas, h^{-1} ; $\Theta_{i,f}$ – vidaus patalpų temperatūra, $^{\circ}C$; Ψ_p – šilumos pritekio koeficientas; Q_{AEI} – energija, gauta iš atsinaujinančių energijos šaltinių (AES), kWh; $\Psi_{R,k}$ – šilumogražos koeficientas.

Sudarius balansus gauti galutiniai rezultatai išanalizuoti, nustatant, kurios pastato vietos ar sistemos yra problemiškos ir kur yra didžiausias potencialas taupyti, įdiegus atitinkamas taupymo priemones.

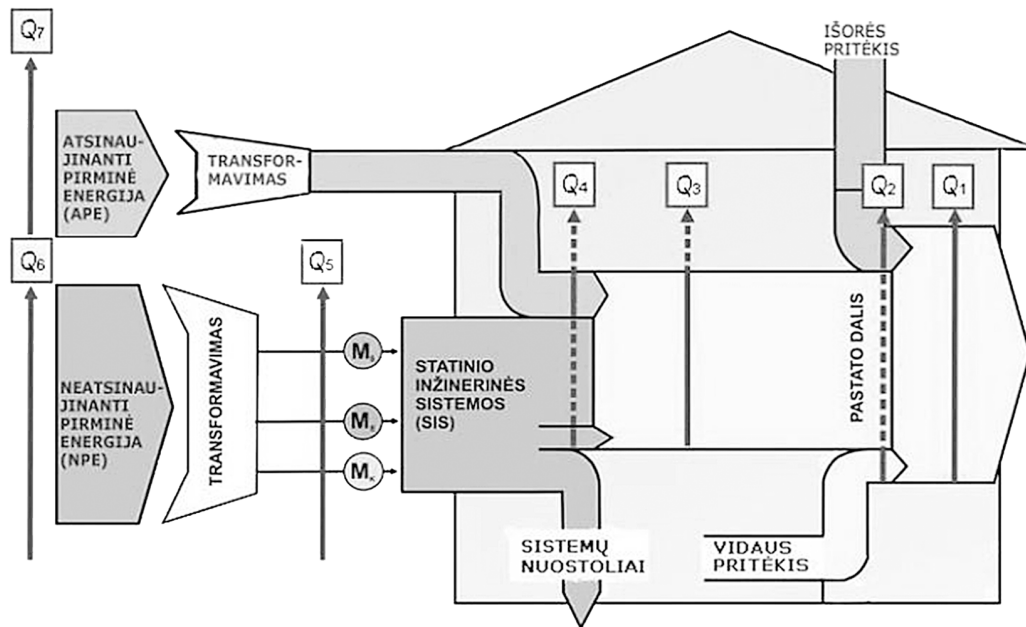
Galiausiai buvo pasiūlytas veikslių planas, pateikiant energijos taupymo priemonių paketą ir išdėstant juos nuo turinčio didžiausią prioritetą iki – mažiausią prioritetą. Nustatyti kiekvieno atvejo galimi taupymo būdai, techninių sprendimų įgyvendinimo sunkumai, pastato mikroklimato pokytis įdiegus minėtas priemones. Taip pat šioje fazėje atliktas ir ekonominis pasiūlytų taupymo priemonių įdiegimo įvertinimas paprastojo atsipirkimo laiko (PAL) ir grynosios esamosios vertės (GEV) požiūriais lyginant su esamos situacijos energijos balansu.

$$\sum Q_{\dot{V},f} = \left(\sum A_i \cdot U_i + c \cdot \rho \cdot \sum V_j \cdot n_j \right) \cdot (\Theta_{i,f} - \Theta_{e,f}) \cdot z_f - \Psi_p (Q_{P,ext} + Q_{P,int}) - Q_{AEI} - \sum \Psi_{R,k} \cdot Q_{NR,k} + \sum Q_{Nf,k} \quad (1)$$



1 pav. Auditų atlikimo veiksmų seka

Fig. 1. The sequence of performing audit



2 pav. Principinė pastato energijos kiekių diagrama (Martinaitis *et al.* 2010)

Fig. 2. The main scheme of energy balance in the building (Martinaitis *et al.* 2010)

Parametrų reikšmių matavimai

Atliekant išsamųjį energijos vartojimo auditą siekiama gauti detalius ir tikslus atsakymus, kaip pastate galima sumažinti energijos vartojimą (Martinaitis *et al.* 2010). Tam tikslui buvo stengtasi atlikti kuo daugiau fizinių pastato ir jo elementų charakteristikų matavimų.

Atliekami auditai buvo pagrįsti CIMC, kuris suteikė tyrėjams galimybę 3 savaites naudotis naujai įsigyta įranga: duomenų kaupikliais, temperatūros, santykinės drėgmės, oro judrumo jutikliais, šilumos srautą fiksuojančiomis plokštelėmis, „pučiančiomis durimis“, infraraudonųjų spindulių termometru, lazeriniu atstumo matuokliu, termovizoriumi.

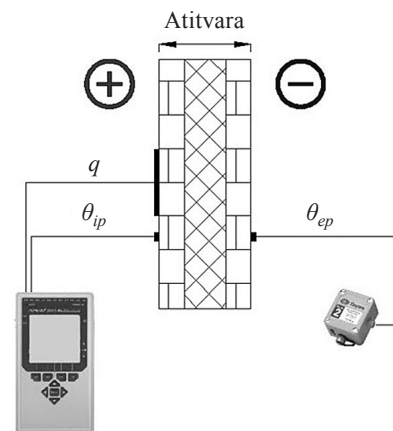
Prieš pradėdant auditą, buvo padarytos ir tyrėjų grupėms išdalytos visų pastatų fasadų termovizinės nuotraukos, iš kurių tyrėjai galėjo nustatyti problemiškas pastato vietas ir ten atlikti įvairius matavimus. Iš viso per matavimų laikotarpį šešiuose pastatuose buvo išmatuotos 24 patalpų mikroklimato sąlygos ir 18 atitvarų / elementų šiluminės charakteristikos (iš viso 80 parametrų).

Svarbiausi matavimai buvo patalpos vidutinės temperatūros ir santykinės drėgmės (tokią galimybę turėjo sudubliuotas duomenų kaupiklis) bei skirtingų atitvarų šilumos perdavimo koeficientai. Dažniausiai šiais dydžiais labiausiai varijuojama sudarant pastato energijos srautų balansą. Mažiau buvo atlikta tų matavimų, kuriais buvo nustatinėjama patalpos CO₂ koncentracija, prietaisą paskaitos metu paliekant auditorijoje. Stebint, per kokį laiką tarpą CO₂

koncentracija grįš į pradinę stadiją, apskaičiuotas patalpų oro kartotinum koeficientas, vėliau panaudotas skaičiuojant energijos sąnaudų balansą.

Matuojant patalpų mikroklimato parametrus buvo laikytasi tokios specifikos: duomenų kaupikliai su išoriniais ar vidiniais jutikliais buvo paliekami laboratorijose, auditorijose, kabinetuose 3–5 paroms, duomenis kaupiant pusvalandžio intervalu, galiausiai nubrėžiamas grafikas ir nustatoma vidutinė vyravusi parametro reikšmė.

Matuojant šilumos perdavimo koeficientus duomenų kaupikliai ir jutikliai buvo sujungiami 3 paveiksle pa-vaizduota schema.



3 pav. Duomenų kaupimo įrangos ir zondu išdėstymo vieta bei matuojamieji kintamieji dydžiai

Fig. 3. Data collection software, probe location and measured variables

Ankščiau pateiktame paveiksle pliuso ženklas apibūdina matuojamos patalpos vidaus, o minuso ženklas – lauko išorės parametrus. Matuojamos patalpos ar pastato viduje įrengiami atitvaros šilumos srauto tankį q (W/m^2) fiksuojanti plokštelė ir vidaus paviršiaus temperatūrą θ_{ip} ($^{\circ}C$) matuojantis zondas. Išorinėje atitvaros paviršiaus dalyje montuojamas temperatūrą θ_{ep} ($^{\circ}C$) matuojantis zondas. Duomenys atskirai kaupiami duomenų kaupimo įranga. Tokių matavimų duomenų kaupimo intervalas buvo nustatytas 5 minutėms. Gauti kiekvieno matavimo duomenys analizuoti grafiškai, išskiriant didžiausio patikimumo nakties matavimų intervalą, kuriame pastebimi mažiausi fiksuotų reikšmių svyravimai, nes vidiniai ir išoriniai šilumos pritekiai turi didelę įtaką šilumos srauto kitimui, ypač tai juntama dienos metu, kai atitvarą šildo saulė ar patalpoje nuolat būna žmonių. Būtent todėl tiksliausi atitvaros šilumos perdavimo koeficiento matavimo rezultatai pasiekti tamsiuoju paros metu. Gavus tarpinius išmatuotus dydžius, pagal HN 42:2009 (2009) pateiktą metodiką buvo apskaičiuoti faktiniai šilumos perdavimo koeficientai.

Analizės rezultatai

Atlikus 6 pastatų auditus nustatyta, kad skirtingų pastatų patalpų vidutinė temperatūra vyrauja nuo 14,9 iki 20,0 $^{\circ}C$, o santykinė drėgmė – nuo 25,2 iki 36,3 %. Pagal HN 42:2009 (2009) normas viešosios paskirties pastatuose šildymo sezonu vidutinė patalpų temperatūra turėtų būti 20–22 $^{\circ}C$, o santykinė drėgmė – 40–60 %. Galima teigti, kad faktiškai nė viename tirtame pastate šios sąlygos nėra tenkinamos.

Atlikus CO_2 ir „pučiančių durų“ testus nustatyta, kad esant 4 Pa skirtumui tarp išorės ir patalpos oro (natūralaus vėdinimo sąlyga) oro kartotinumai visais atvejais yra apie

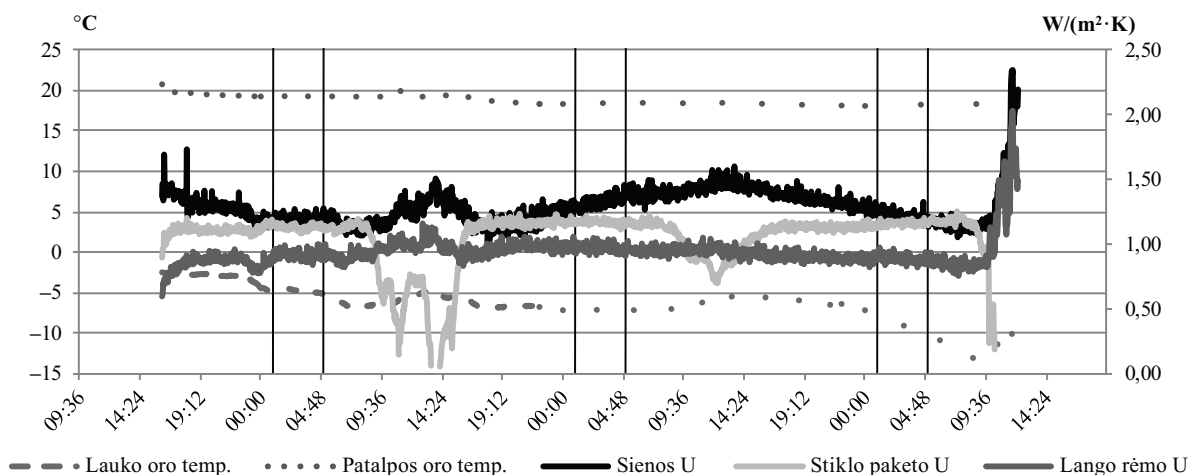
0,2 h^{-1} . Šis dydis yra pakankamai mažas, o tokį rezultatą lemia tirtuose pastatuose neveikianti vėdinimo sistema ir naujai sumontuoti sandarūs plastikiniai langai.

Analizuojant šilumos perdavimo koeficiento nustatymo rezultatus pastebėta, kad gautos faktinės reikšmės ± 10 % intervale atitinka projektines reikšmes, naudotas statant pastatus, ir tas, kurios buvo apskaičiuotos teoriškai (STR... 2005) pagal žinomą elementą sudarančių medžiagų sudėtį. Taigi, pagal išmatuotus pagrindinius parametrus, leidžiančius be didelių problemų sudaryti pastatų energijos srautų balansus, skaičiavimų fazė palengvėjo. Keturių iš šešių pastatų energijos sąnaudų balanse tarp faktinių (skaitliukų rodmenų) ir išmatuotų buvo ~ 7 % nesąryšis, kuris atitiko (Ahlborn Mess... 2009) keliamus reikalavimus (nesąryšis turi būti < 8 %) (LR ūkio ministro įsakymas 2008).

Kaip pavyzdys pateikiami vieno kabineto šilumos perdavimo koeficiento matavimo rezultatai grafiniu pavidalu (4 pav.).

4 paveiksle yra dvi ordinačių ašys, iš kurių vienoje pavaizduotos lauko oro ir patalpos temperatūros, o kitoje – atitvarų šilumos perdavimo koeficientai. Taip pateikiant rezultatus aiškiai matoma šilumos perdavimo koeficiento priklausomybė nuo vidinių (žmonių buvimo patalpoje, įrenginių veikimo) ir išorinių (saulės spinduliuotės) veiksnių. Būtent todėl pasirinkti keli laiko intervalai (šiuo atveju trys naktys nuo 01:00 val. iki 05:00 val.) ir skaičiuojant naudoti tuo laikotarpiu gauti duomenys, kuriuose pastebimas matuojamųjų dydžių tolygumas.

Sudarius balansus kiekvienam pastatui apskaičiuotos ir lyginamosios charakteristikos. Tokiu būdu atsirado galimybė palyginti pastatus vienoje diagramoje, kartu analizuojant elektros energijos ir šilumos sąnaudas, tenkančias šildomo ploto vienetui (5 pav.).



4 pav. 2415 kabineto atitvarų parametrų matavimo rezultatų grafikas

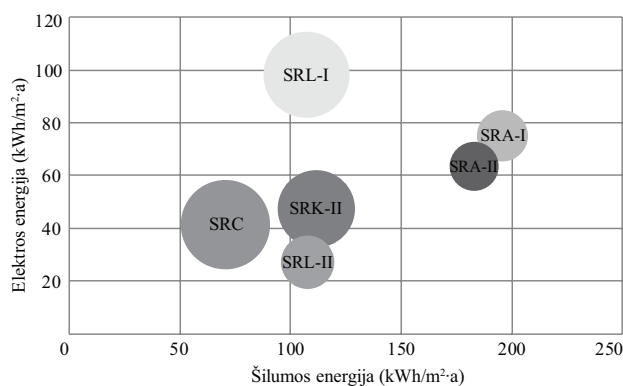
Fig. 4. A diagram of the measurement results of partitioning parameters for room 2415

Matyti, kad pastate SRL-I yra santykinai didelis galutinis elektros energijos suvartotas kiekis. Tai galima paaiškinti tuo, kad šiame pastate yra daug laboratorijų ir jose daug elektros energiją vartojančių senų ir neefektyvių laboratorinių stendų, įvairios kitos įrangos. Taip pat yra du „atsiskyre“ pastatai – SRA-I ir SRA-II – kuriuose vyrauja didžiosios auditorijos, užimančios 2 ar 3 aukštus. Dėl šios priežasties lyginamieji rodikliai šildomo ploto vienetai gaunami gerokai didesni. Tam, kad rezultatus būtų galima tinkamiau palyginti, sudarytas grafikas, kuriame pateikiamos lyginamosios charakteristikos pastato tūrio vienetai (6 pav.).

Apskritimų dydžiai 5 ir 6 paveiksluose rodo pastatų bendrus santykinius plotus ir tūrius.

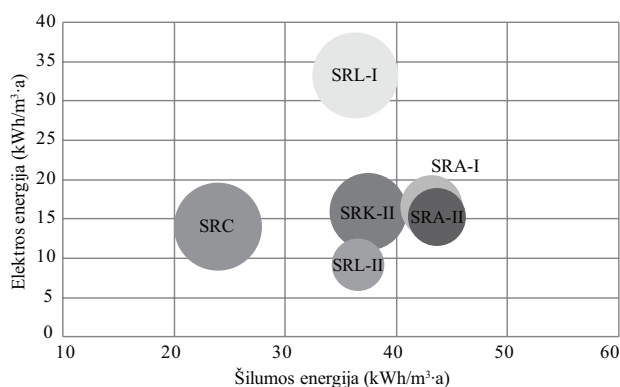
Iš 6 paveiksle pateiktų lyginamųjų charakteristikų buvo atrinkti 2 kritiniai pastatai tolesniems projekto etapams, kuriuose jie bus detalčiau nagrinėjami. Tokie pastatai buvo SRL-I ir SRK-II.

Auditų pabaigoje tyrėjų grupės siūlė taupymo priemonių paketus nagrinėtiems pastatams, leisiančius sutaupyti tam tikrą elektros ir šiluminės energijos kiekį. Daugiausia dėmesio studentai skyrė šiluminėms sąnaudoms mažinti,



5 pav. Galutinės energijos suvartojimas pastato šildomo ploto vienetai

Fig. 5. The final energy usage of heated floor space in the building



6 pav. Galutinės energijos suvartojimas pastato tūrio vienetai

Fig. 6. The final energy usage of the volume unit in the building

o dažniausiai siūloma energijos taupymo priemonė buvo išorinės atitvaros (sienos, rūsio, stogo) šiltinimas izoliacine medžiaga iki reikiamų darbinėjų reikšmių. Patalpų mikroklimato gerinimo atžvilgiu visos tyrėjų grupės nagrinėjo naujos mechaninio vėdinimo sistemos įrengimo galimybę, kuri kartu leistų sutaupyti ir nemenką dalį šiluminių sąnaudų.

Energijos taupymo priemonių ekonominio efektyvumo įvertinimas

Energijos taupymo priemonių ekonominio efektyvumo įvertinimo rodikliai:

1. Paprastasis atsipirkimo laikas.
2. Tikrasis atsipirkimo laikas.
3. Sutaupytos energijos kaina.
4. Pinigų srautai N metų laikotarpiu.

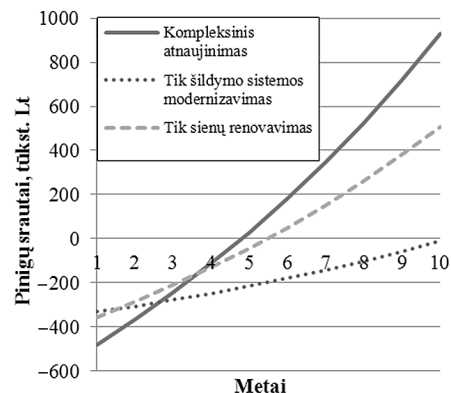
Atskiros energijos taupymo priemonės ar jų paketo paprastasis atsipirkimo laikas (PAL) yra lengvai nustatomas ekonominio efektyvumo rodiklis. Paprastasis atsipirkimo laikas nustatomas kaip metų skaičius, per kuriuos dėl energijos taupymo priemonių ar priemonių paketo sutaupytos lėšos padengs pradinės investicijas.

Pinigų srautai N metų laikotarpiu rodo investicijų sąlygotą naudą per tam tikrą laikotarpį diskontuotų verčių suma.

$$PS = S \times \frac{1 - (1 + d)^{-N}}{d} - I, \quad (2)$$

čia S – metiniai sutaupyti kiekiai per vertinamąjį laikotarpį N , Lt; d – diskonto norma; N – vertinamasis laikotarpis, metais; I – energijos taupymo priemonės ar priemonių paketo pradinės investicijos, Lt.

Iš 7 grafiko matyti, kad kompleksinis pastato atnaujinimas reikalauja didesnių investicijų negu tik šildymo sistemos arba tik išorinių sienų modernizavimas. Vis dėlto toks renovavimas leidžia sutaupyti daugiau energijos, ir tai daro variantą patrauklesnį pinigų srautus vertinant laike.



7 pav. Pinigų srautai, įdiegiant įvairias modernizavimo priemones, numatyti 10 metų laikotarpiui

Fig. 7. Cash flows following 10 years of renovation

Mažiau nei po 5 metų kompleksiskai atnaujinus pastatų pinigų srautai tampa lygūs nuliui, t. y. renovavimas atsiperka. Po 10 metų sutaupyto pinigų kiekis, lyginant su sienų modernizavimu, viršija beveik dvigubai. Tačiau nors šildymo sistemos atnaujinimas reikalauja mažiausių investicijų, žvelgiant į galimą taupymą ir su jais susijusius pinigų srautus, šis variantas yra pats nepatraukliausias: šio modernizavimo būdo pinigų srautai tampa lygūs nuliui tik po 10 metų, t. y. jis atsiperka, o pasirinkus ir įgyvendinus kitus energijos taupymo priemonių paketus jau būtų sutaupyta pinigų.

Visos pasiūlytos energijos taupymo priemonės buvo įvertintos ekonominiu požiūriu, o priemonių paketų atsiperkimo laikas svyravo nuo 3 iki 12 metų.

Išvados

1. Atlikus šešis VGTU išsamiuosius energinius auditus nustatytos pastatų problemiškos vietos, faktinis energijos suvartojimas, elementų charakteristikos, pasiūlytos energijos taupymo priemonės.
2. Panaudota matavimų įranga leido itin tiksliai nustatyti pastato elementų ir vidaus mikroklimato parametrus, kurie palengvino tolesnius audito etapus ir leido gauti tikslius rezultatus.
3. Nustatyta, kad skirtingų pastatų patalpų vidutinė temperatūra vyrauja nuo 14,9 iki 20,0 °C, o santykinė drėgmė – nuo 25,2 iki 36,3 %. Tokios vertės neatitinka dabartinių keliamų higienos normų reikalavimų.
4. Pastatuose oro kaita mažesnė (0,2 h⁻¹ vietoje 0,7 h⁻¹), negu reikalauja galiojantys teisės aktai, todėl patalpose neuztikrinama mikroklimato sąlygų.
5. Išmatuoti pastatų elementų šilumos laidumo koeficientai tik ~10 % skiriasi nuo apskaičiuotų teoriškai pagal naudotas medžiagas, tačiau jų vertės neatitinka dabartinių statybos reglamentų reikalavimų.
6. Subalansavus teorinius ir faktinius pastatų energijos srautus, nustatčius galimus taupymo būdus, pasiūlytų energijos taupymo priemonių paketų laikas svyruoja nuo 3 iki 12 metų.

Literatūra

- Ahlborn Mess – und Regelungstechnik GmbH. 2009. *Ahlborn Product Catalog. Almemo – Solutions for your Measuring Tasks*. 8th ed. Germany: Holzkirchen.
- HN 42:2009 *Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas*. Vilnius, 2009. 4 p.
- LR ūkio ministro įsakymas. *Išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šaltojo vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo pastatuose metodika*. Vilnius, 2008.

- Martinaitis, V.; Rogoža, A.; Čiuprinskas, K. 2010. *Pastatų energijos vartojimo auditas*: mokomoji knyga. Vilnius: Technika. 108 p. doi:10.3846/1170-S
- STR 2.05.01:2005 *Pastatų atitvarų šiluminė technika*. Vilnius, 2005. 54 p.
- USE efficiency oficialus tinklalapis [interaktyvus]. 2011, [žiūrėta 2011 m. vasario 1 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.useefficiency.eu/en/about-use-eff-project/scheduling>>.
- Valančius, K.; Mikučionienė, R. 2010. Energy efficiency in EU universities – results of the 1st level audit, *Mokslas – Lietuvos ateitis. Aplinkos apsaugos inžinerija* [Science future – of Lithuania] 2(5): 115–118. doi:10.3846/mla.2010.102

ANALYSIS OF DETAILED ENERGY AUDITS AND ENERGY USE MEASURES OF UNIVERSITY BUILDINGS

K. Valančius, V. Motuzienė, S. Paulauskaitė, A. Vaičaitis

Abstract

The paper explains the results of a detailed energy audit of the buildings of Vilnius Gediminas Technical University. Energy audits were performed with reference to the international scientific project. The article presents the methodology and results of detailed measurements of energy balance characteristics.

Keywords: energy audit, public building, energy efficiency, measurements.