



MODERNIZUOTŲ DAUGIABUČIŲ NAMŲ MONITORINGO REZULTATŲ ANALIZĖ

Artur ROGOŽA¹, Giedrius ŠIUPŠINSKAS², Kęstutis VALANČIUS³, Rūta MIKUČIONIENĖ⁴

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva
El. paštas: ¹artur.rogaza@vgtu.lt; ²giedrius.siupsinskas@vgtu.lt;
³kestutis.valancius@vgtu.lt; ⁴ruta.mikucioniene@vgtu.lt

Santrauka. Straipsnyje analizuojamo monitoringo pagrindinis tikslas – įgyvendinant daugiabučio namo atnaujinimo (modernizavimo) projektą įvertinti taikytų priemonių faktinį energinį ir techninį efektyvumą ir pateikti rekomendacijas dėl priemonių naudingumo atnaujinant (modernizuojant) daugiabučius namus. Detaliau įvertinami modernizuotiems pastatams taikant energijos taupymo priemonės pasiekti energiniai rezultatai, patalpų vidaus mikroklimato matavimai ir jų rodikliai. Remiantis faktinėmis šilumos sąnaudomis prieš pastatų modernizavimą ir po jo buvo sudarytas pastato šilumos balansas esant norminėms sąlygoms. Taip pat pateikti metodikos pagrindai, išvados ir rekomendacijos.

Reikšminiai žodžiai: pastatai, modernizavimas, energija, monitoringas, faktinis vartojimas.

Įvadas

Naujos statybos pastatai Europoje sudaro tik mažą dalį visų pastatų. Esami pastatai pastatų sektoriuje yra pagrindinis energijos vartotojas, jie sudaro apie 99 % viso pastatų sektoriaus (BPIE 2011).

Nors šiandien jau statomi ne žemesnės nei A klasės pastatai ir šie reikalavimai tik griežtėja, atotrūkis tarp energijos sąnaudų esamuose ir naujai statomuose pastatuose tik didėja. Na o esamų pastatų renovacijos tempas yra per lėtas ne tik Lietuvoje, bet ir pasaulyje (Gram-Hanssen 2013). Per paskutinius 20 metų Lietuvoje yra atnaujinta apie 2000 daugiabučių ir dar apie 500 yra renovuojama šiuo metu (BETA 2017). Tačiau susumavus jau renovuotus ir renovuojamus daugiabučius tai sudaro tik 7 % visų senos statybos daugiabučių. Vienas iš renovaciją stabdančių reiškinų – suvokimas, kad renovacija turi atsiperkti. Energijos taupymo priemonių įvertinimas priklauso nuo pasirinktų kriterijų. Dažniausiai taikomas ekonominis kriterijus (Doukas *et al.* 2009; Petersen, Svendsen 2012). Dažnai energijos taupymo priemonės nėra ekonomiškai patrauklios arba, formuojant renovacijos paketą remiantis tik ekonominiu vertinimu ir siekiant kuo mažesnių energijos sąnaudų, renovacija gali gerokai pabloginti vidaus aplinkos kokybę (Brown *et al.* 2013).

Vis daugiau mokslininkų vertina pastatų atnaujinimą daugiakriteriais metodais (Wright *et al.* 2002; Alanne 2004; Kaklauskas *et al.* 2005; Kaklauskas *et al.* 2006; Mela *et al.* 2012). Vertinant pastatus darnumo požiūriu visada

išskiriamas energijos poreikių arba išteklių sumažėjimas (Brown *et al.* 2013; GhaffarianHoseini *et al.* 2013).

Ypač ekonominės naudos neduoda priemonės, kurios susijusios su pastato atitvarų renovacija ir mechaninės vėdinimo sistemos įrengimu. Tačiau atitvarų renovacijos įgyvendinimo nauda yra susijusi ne tik su energijos taupymu, bet ir su pastato elementų būklės pagerinimu bei pastato ilgamžiškumu. Priešingai energijos taupymo naudai, atitvarų būklės pagerinimo naudą kiekybiškai įvertinti sudėtinga. Dėl šios priežasties siūloma investicijas, susijusias su pastato atitvarų renovacija, suskirstyti į dvi dalis. Šiam tikslui galėtų būti įvestas pastatų atitvarų būklės atkūrimo koeficientas (PABAK), kurį taikant nustatoma, kokia dalis investicijų gali būti priskirta pastato atitvarų būklei pagerinti, o likusi dalis priskiriama energijai taupyti (Martinaitis *et al.* 2004).

Populiariausias renovacijos priemonių paketas Lietuvoje – pastato apvalkalo sandarinimas, kai šiltinamos ir keičiamos naujomis pastato atitvaros. Sandarinant pastatą vėdinimo (ir oro kokybės) klausimas visiškai nesprenžiamas, todėl blogėja vidaus patalpų oro kokybė ir dėl to kaltinama renovacija. Bet ši problema egzistuoja ir kitose šalyse (Brown *et al.* 2013), todėl vis dažniau patalpų komforto sąlygos įtraukiamos į renovacijos vertinimo kriterijus (Chantrelle *et al.* 2011). Taip pat vidaus patalpų oro kokybės užtikrinimas po renovacijos akcentuojamas ir instituciniu lygmeniu (REHVA 2017).

Vis populiarėjantys atsinaujinantys energijos šaltiniai, nors ir nedrašiai, bet jau diegiami renovacijos metu. Šios priemonės keičia pirminės energijos balansą ir, diegiant šilumos siurblius, fotovoltinius elementus ar saulės kolektorius bei kartu gerinant pastato savybes, galima pasiekti iki 100 % pirminės energijos pastato reikmėms (Miloni *et al.* 2011).

Metodologija

Pastatų energijos vartojimo efektyvumo monitoringas – energijos ir energijos išteklių efektyvaus vartojimo pastate stebėseną. Toks monitoringas nėra reglamentuotas, todėl vienos ir teisiškai galiojančios metodikos taip pat nėra. Paprastai atliekamas tų pastatų monitoringas, kurių energinis efektyvumas buvo didinamas įdiegiant tam tikras energijos taupymo priemones, o tai reiškia, kad tokiems pastatams buvo parengtas ir energijos vartojimo auditas (Martinaitis *et al.* 2012). Monitoringą galima būtų vadinti pakartotiniu auditu, kurio metu bandoma įvertinti ir pirminio audito prognozes. Monitoringo metodinį pagrindą sudaro pastato energijos balansas, t. y., esant stacionariam energijos vartojimo režimui, suminiai įeinantys ir išeinantys energijos srautai (kiekiai) turi būti lygūs. Praktikoje energijos balansas nagrinėjamas projektinėmis norminėmis sąlygomis.

Bendroji pastato analizuojamo laikotarpio energijos kiekių balanso lygtis yra tokia:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 - Q_N, \quad (1)$$

čia Q_1 – pastatui reikalingos energijos kiekis per laikotarpį z , esant vidutiniam patalpų ir lauko oro temperatūrų skirtumui $(t_{in} - t_{ex})$, priklauso nuo jo i tipų išorinių atitvarų ploto A_p , jų šilumos perdavimo koeficiento U_p , taip pat nuo pastato j patalpų tūrio V_j ir oro kaitos n_j :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 = (t_{in} - t_{ex})z (\sum A_i U_i + c_p \sum V_j n_j). \quad (2)$$

Šiame balanse energijos poreikį kompensuoja pastate suvartota inžinerinių sistemų tiekiamą energiją Q_3 ir panaudotas vidaus bei išorės pritekis Q_2 . Kitaip skaidant energijos

srautus, pastato energijos poreikį kompensuoja Q_4 – šilumogražas ir pastato atsinaujinanti energija bei Q_5 – pastatui pateikta energija tenkinant šildymo, vėdinimo, buitinio karšto vandens, apšvietimo energijos poreikius. Šiuo atveju tenka įvertinti ir inžinerinių sistemų energijos nuostolius Q_N . Atliekant monitoringą, Q_3 yra pagrindinis faktinis pastate suvartotos, dažniausiai skaitikliais išmatuotas, neatsinaujinančios energijos kiekis. Pastato naudotojai už šį energijos kiekį moka jos tiekėjams. Pagrindinis monitoringo tikslas – įvertinti šį kiekį ir palyginti jį su buvusiu prieš pastato modernizavimą. Vis dėlto bendras sutaupytos energijos kiekis nėra galutinis monitoringo tikslas, nes dažniausiai siekiama įvertinti atskirų energijos taupymo priemonių efektyvumą, todėl taikant (1) ir (2) lygtis yra balansuojamas (sulyginamas) išmatuotos energijos kiekis (Q_3) su visais patiriamais energijos nuostoliais ir pritekiais norminėmis sąlygomis. Sunkiausias uždavinys šiuo atveju yra nustatyti rodiklius, kuriuos sudėtinga arba kurių neįmanoma išmatuoti: oro kaita pastate, atsinaujinančios energijos sąnaudos bei panaudoti išorės ir vidaus pritekiai. Būtent priteklių panaudojimas atskleidžia inžinerinių sistemų valdymo efektyvumą, kuris taip pat gali būti vertinamas kaip atskira taupymo priemonė (Martinaitis *et al.* 2015). Siekiant ne tik tikslaus, bet ir greito rezultato, kai atliekamas monitoringas, tenka daryti prielaidas remiantis energijos balansu – sunkiausiai nuspėjamas rodiklis išskaičiuojamas iš energijos balanso lygties.

Tyrimo objektai

Šiame darbe išanalizuoti 12 modernizuotų daugiabučių, kuriuos VšĮ Būsto energijos taupymo agentūra atrinko modernizavimo monitoringui vertinti. Pagrindiniai rodikliai pateikiami 1 lentelėje.

Visi lentelėje pateikti daugiabučiai buvo modernizuoti kompleksiskai: apšiltintos sienos, stogas, rūsio perdanga, pakeisti seni langai, durys, įstiklinti balkonai. Su retomis išimtimis modernizuotos šildymo ir karšto vandens ruošimo sistemos. Varėnoje ir Kaune įrengti saulės

1 lentelė. Analizuotų 12 modernizuotų daugiabučių adresai, šildomas plotas ir tūriai
Table 1. Addresses, heated area and volume of analysed 12 residential multi-storey buildings

Adresai	Miklūsenų g. 33, Alytus	Pulko g. 34, Alytus	Sodo g. 7, Akmenė	Kestučio g. 2, Akmenė	Žemaičių g. 13, Varkalių k.	Daržų g. 22, Rietavas	K. Škirpos g. 15, Kaunas	Pušelės g. 9, Valkininkai	Marcinkonių g. 12, Varėna	Vasario 16-osios g. 56, Ignalina	Statybininkų g. 15, Anykščiai	Ažubalių g. 14A, Molėtai
Šildomas plotas, m ²	3124	1257	971	700	762	1052	3656	1047	2255	609	1203	533
Šildomas tūris, m ³	7811	3143	2428,7	1749,45	1905	2630	9140	2617	5636	1523	3007	1334

kolektoriai karštam vandeniui ruošti, o Alytuje (Pulko g. 34) ir Varėnoje – gruntiniai šilumos siurbliai. Akmenėje (Sodo g. 7) įrengta dalinė individuali mechaninė vėdinimo sistema, o Alytuje (Pulko g. 34) – centrinė mechaninė vėdinimo sistema.

Analizuojamo monitoringo pagrindinis tikslas – įgyvendinus daugiabučio namo atnaujinimo (modernizavimo) projektą (iki 5 metų laikotarpiu) įvertinti įgyvendintų priemonių faktinį energinį ir techninį efektyvumą bei pateikti rekomendacijas dėl priemonių naudingumo atnaujinant (modernizuojant) daugiabučius namus. Šiame darbe detaliau įvertinami modernizuotiems pastatams taikant energijos taupymo priemones pasiekti energiniai rezultatai, patalpų vidaus mikroklimato matavimai ir jų rodikliai. Remiantis faktinėmis šilumos sąnaudomis prieš pastatų modernizavimą ir po jo, buvo sudarytas pastato šilumos balansas esant norminėms sąlygoms. Skaičiavimo metodika pateikta ankstesniame skyrelyje. Detaliau aptarti pastatų energinių parametrų matavimai. Buvo atliekami sienos, lango stiklo ir rėmo šilumos perdavimo koeficiento, patalpų vidaus temperatūros (nuo dviejų iki keturių butų pastate), CO₂ koncentracijos (vienas butas) matavimai. Visuose pastatuose atitvarų energiniai ir patalpų mikroklimato rodiklių matavimai buvo atliekami ne trumpiau kaip savaitę realiomis lauko klimatinėmis sąlygomis.

Monitoringo rezultatai

Pastato šilumos poreikius norminėmis sąlygomis galima nustatyti atlikus kelių metų faktinių sąnaudų analizę arba turint detalią informaciją apie pastato technines charakteristikas. Tiksliausiai šis norminis poreikis nustatomas

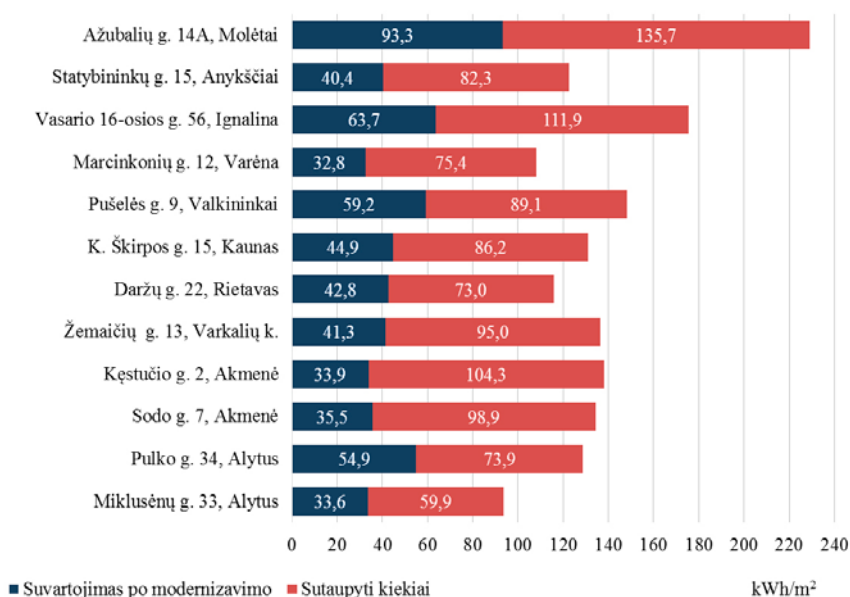
turint duomenis apie faktines šilumos sąnaudas ir pastato techninius duomenis kartu. Tik tuomet galima tikėtis, kad numatoma prognozė bus tiksli. Tokia analizė pagal esamas pastatų technines charakteristikas taip pat leidžia nustatyti pastato šildymo ir vėdinimo galią, o tai labai svarbu parenkant įrangą. Norminės šilumos poreikis šildymui buvo perskaičiuotas iš faktinių šilumos sąnaudų, skirtų šildyti, taikant norminius parametrus ir įvertinus atliktas modernizacijos priemones.

Apibendrinti analizuotų 12 modernizuotų pastatų santykiniai (šildomo ploto vienetai) norminiai šilumos poreikiai pateikiami 1 pav.

Iš pateikto paveikslo galima matyti, kad pastatų šilumos poreikiai prieš modernizavimą buvo labai skirtingi – nuo beveik 230 kWh/m² iki beveik 90 kWh/m². Tai lėmė pastatų dydis, atitvarų šiluminės charakteristikos bei prieš modernizavimą užtikrintos patalpų vidaus sąlygos.

Detalesni atskirų priemonių sutaupymo vidurkiai ir pasikliautiname intervale galimi svyravimai pateikiami 2 pav.

Paveiksle pateikiami bendri šilumos sutaupymai padeda įvertinti atskirų priemonių tarpusavio sąveiką (teigiamą ir neigiamą). Matyti, kad analizuotuose pastatuose bendri vidutiniai sutaupyti kiekiai šiek tiek didesni nei 65 % nuo prieš tai buvusio šilumos suvartojimo. Rezultatai, kurių patikimumas 95 %, svyravo nuo 55 % iki beveik 75 % ribos. Didžiausi šilumos sutaupymai pasiekiami apšiltinus sienas (vidutiniškai apie 50 % ankstesnio poreikio). Antroje vietoje – stogo šiltinimas (apie 15 %). Taikytos šilumos pritekio ir infiltracijos reikšmės yra neigiamos, nes, lyginant su padėtimi prieš modernizavimą, padidėjusi oro kaita lėmė



1 pav. Norminiai santykiniai metiniai šilumos poreikiai prieš modernizavimą ir po jo ir sutaupytas šilumos kiekis
Fig. 1. Annual heat demand before and after modernisation and saved heat amount under standard conditions

didesnį šilumos poreikį, o vidinių pritekčių kiekis sumažėjo dėl karšto vandentiekio sistemos modernizavimo.

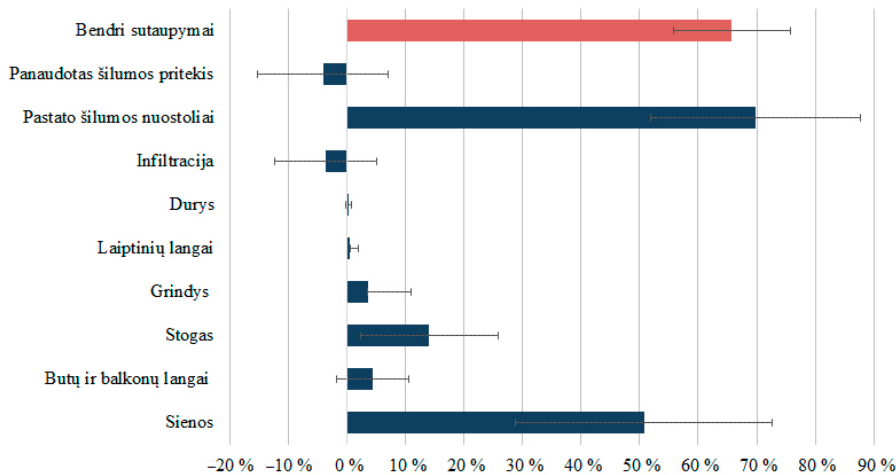
Siekiant įvertinti patalpų vidaus mikroklimatą po modernizavimo buvo atliekami vidaus patalpų temperatūros matavimai, kurių pagrindiniai apibendrinti rezultatai pateikiami 3 pav.

Patalpų vidaus temperatūros analizė rodo, kad visuose analizuotuose daugiabučiuose vidutinė temperatūra viršija 18 °C normuojamą ribą. Kai kuriais atvejais temperatūra beveik siekia 22 °C. Temperatūros skirtumai skirtinguose pastatų butuose ir esant skirtingai lauko temperatūrai svyruoja įvairiai: nuo vidutiniškai beveik 2 °C iki net 7 °C (Sodo g. 7, Akmenė). Šiuos ekstremalius skirtumus lėmė atskirų butų šildymo sistemos reguliavimo ypatumai. Ne visuose pastatuose prie šildymo prietaisų įrengti termostatiniai ventiliai. Analizė rodo, kad esant labai retoms išimtims temperatūra per analizuotą laikotarpį patalpose nukrisdavo

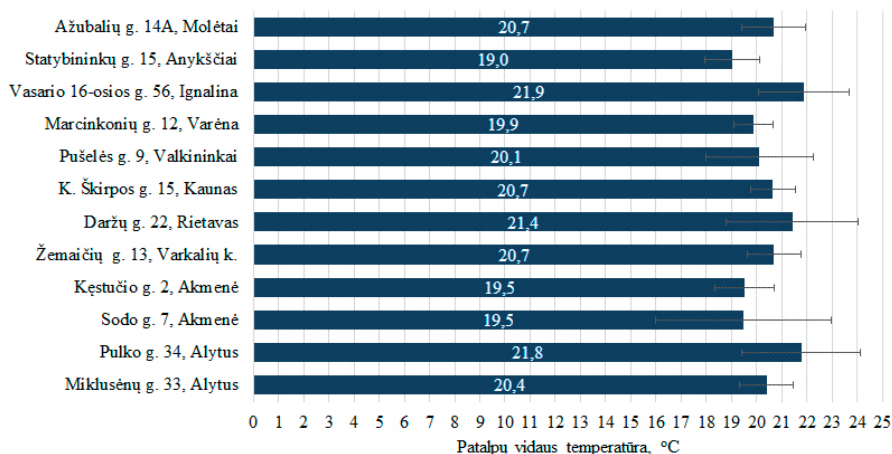
žemiau 18 °C ribos. Galima teigti, kad patalpos dažniau buvo peršildomos, o ne šaltesnės. Tai rodo nepakankamą šildymo sistemos reguliavimo darbą ir neišnaudotą šilumos taupymo potencialą.

Siekiant įvertinti patalpose esančio oro užterštumą ir vėdinimo lygį, bent viename bute kiekviename pastate buvo matuotas (ne trumpiau kaip savaitę) CO₂ lygis. Gauti apibendrinti rezultatai pateikiami 4 pav.

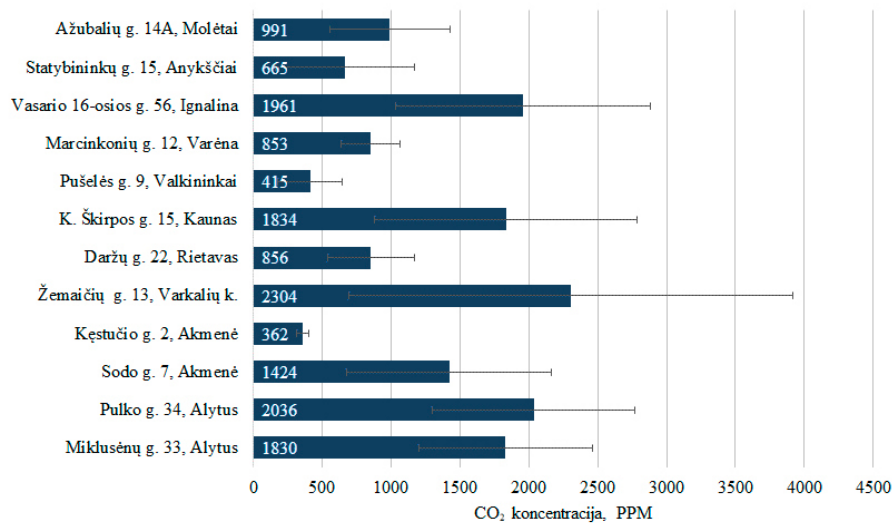
CO₂ koncentracijos kitimo analizė rodo, kad daugeliu atvejų net vidutinės reikšmės viršijo 1000 ppm koncentracijos ore lygį. Didelius išmatuotų reikšmių svyravimus lėmė žmonių įtaka. Praktiškai beveik visą laiką, kai gyventojai būdavo namuose, CO₂ koncentracija neatitiko norminių rodiklių, tik išėjus iš patalpų ši reikšmė nukrisdavo žemiau 1000 ppm ribos. Akmenėje (Kęstučio g. 2) ir Valkininkuose esančių daugiabučių CO₂ rodikliai žemi, nes matavimo laikotarpiu beveik nebuvo gyventojų namuose. Akmenėje



2 pav. Atskirų energijos taupymo priemonių įtaka šilumos sutaupymams, analizuotiems 12 modernizuotų daugiabučių
Fig. 2. The impact of separate energy saving measures of 12 analysed modernised residential buildings



3 pav. Analizuotų 12 modernizuotų daugiabučių patalpų vidaus temperatūrų pasiskirstymas per matavimo laikotarpį
Fig. 3. The distribution of internal temperature in 12 modernised residential buildings during measurement period



4 pav. CO₂ koncentracijos pasiskirstymas analizuotuose modernizuotuose daugiabučiuose
Fig. 4. Distribution of CO₂ concentration in analysed modernised residential buildings

(Sodo g. 7) įrengta dalinė vėdinimo sistema, tačiau analizuotoje patalpoje mechaninis ventiliatorius po dienos buvo išjungtas, namo atstovo teigimu, daugelis gyventojų individualius įrenginius yra išjungę. Alytuje (Pulko g. 34) esančio modernizuoto daugiabučio atveju centrinė mechaninio vėdinimo sistema tiekia šviežią orą tik į vieną kambarį, matavimai buvo atliekami kitame kambaryje.

Atlikta CO₂ koncentracijos analizė rodo nepakankamą patalpų vėdinimą, tikėtina, kad padidinus šviežio oro kiekį patalpose, šilumos poreikis padidės.

Išvados ir rekomendacijos

- Visų įdiegtų pastate energiją taupančių priemonių nauda yra akivaizdi. Bendri suminiai šilumos sutaupymo rodikliai lyginant norminius šilumos poreikius prieš modernizavimą ir po jo įvertinus panaudotą šilumos priekį vidutiniškai siekia 65 %.
- Daugiausiai energijos padeda sutaupyti pasyvios priemonės, kurių įtaka bendrame pastato energijos balanse taip pat yra didžiausia. Tai yra sienų (50 %), stogo apšiltinimas (15 %). Tačiau palyginti mažai taupančios aktyviosios priemonės – šildymo sistemos modernizavimas (termostatinių ir balansinių ventilių įrengimas) kartu prisideda prie mikroklimato sąlygų gerinimo ir stabilizavimo, tą rodo ir atlikti matavimai.
- Savaitės laikotarpiu matuotose 12 modernizuotų pastatų patalpose vidutinė faktinė oro temperatūra buvo žymiai aukštesnė nei prieš modernizavimą ir viršijo 18 °C normuojamą ribą. Matavimo metu temperatūros svyravimų

amplitudė dažniausiai neviršijo 2 °C, tačiau patalpos dažniau būdavo peršildomos.

- Diegiant pasyvias energijos taupymo priemones, kartu didinant pastato sandarumą, pagrindine problema išlieka patalpų vėdinimas, kuri, deja, dažniausiai nėra sprendžiama kompleksinio pastato atnaujinimo metu. Tai atskleidžia atlikti CO₂ koncentracijos matavimai. Faktinės vidutinės analizuoto laikotarpio reikšmės (atmetus Valkininkų ir Akmenės pastatus) svyravo nuo 665 iki net 2304 PPM reikšmių esant 95 % patikimumui. Daugeliu atvejų buvo viršyta 1000 PPM riba. Gyventojai nepasirenka mechaninio vėdinimo sistemos įrengimo dėl jos aukštos kainos ir (kartais) sudėtingo technologinio sprendimo. Šis sprendimas lemia papildomus šilumos nuostolius.
- Objektyviam ir tiksliam pastato modernizavimo efektyvumo įvertinimui reikalingi patikimi ir išsamūs pradiniai duomenys. Šiuo atveju dažniausiai susiduriama su faktinių energijos sąnaudų duomenų trūkumu prieš pastato modernizavimą ir (ar) po jo. Rekomenduojama įpareigoti bendriją ar atsakingą organizaciją kaupti faktines mėnesines energijos sąnaudas, apimančias bent 2 metų laikotarpį.
- Siekiant, kad auditoriai galėtų tiksliai ir detalizuotai įvertinti modernizavimo efektyvumą, o gyventojai geriau suvoktų jo naudą, tikslinga tobulinti jiems suteikiamų paslaugų apskaitą. Atsižvelgiant į atsinaujinančios energijos išteklių vartojimo plėtrą daugiabučiuose pastatuose, būtų racionalu diegti atskirų šilumos / elektros šaltinių energijos skaitiklius esant duomenų kaupimo galimybei.

Literatūra

- Alanne, K. 2004. Selection of renovation actions using multi-criteria “knapsack” model, *Automation in Construction* 13(3): 377–391. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2003.12.004>
- BETA. 2017. *VšĮ Būsto energijos taupymo agentūra* [interaktyvus], [žiūrėta 2017 m. birželio 5 d.]. Prieiga per internetą: <http://atnaujinkbusta.lt/>.
- BPIE. 2011. *Europe's buildings under the microscope*. Brussels: Buildings Performance Institute Europe.
- Brown, N. W. O.; Malmqvist, T.; Bai, W.; Molinari, M. 2013. Sustainability assessment of renovation packages for increased energy efficiency for multi-family buildings in Sweden, *Building and Environment* 61: 140–148. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.11.019>
- Chantrelle, F. P.; Lahmidi, H.; Keilholz, W.; Mankibi, M. El; Michel, P. 2011. Development of a multicriteria tool for optimizing the renovation of buildings, *Applied Energy* 88(4): 1386–1394. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.10.002>
- Doukas, H.; Nychtis, C.; Psarras, J. 2009. Assessing energy-saving measures in buildings through an intelligent decision support model, *Building and Environment* 44(2): 290–298. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.03.006>
- GhaffarianHoseini, A.; Dahlan, N. D.; Berardi, U.; GhaffarianHoseini, A.; Makaremi, N.; GhaffarianHoseini, M. 2013. Sustainable energy performances of green buildings: a review of current theories, implementations and challenges, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 25: 1–17. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.010>
- Gram-Hanssen, K. 2013. Existing buildings – users, renovations and energy policy, *Renewable Energy* 1–5. Elsevier Ltd.
- Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K.; Raslanas, S. 2005. Multivariant design and multiple criteria analysis of building refurbishments, *Energy and Buildings* 37(4): 361–372. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.07.005>
- Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K.; Raslanas, S.; Ginevicius, R.; Komka, A.; Malinauskas, P. 2006. Selection of low-e windows in retrofit of public buildings by applying multiple criteria method COPRAS: a Lithuanian case, *Energy and Buildings* 38(5): 454–462. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.08.005>
- Martinaitis, V.; Biekša, D.; Rogoža, A.; Savickas, R. 2015. Quantitative estimation of improvements in the efficiency of district heating substation control system, *Building Services Engineering Research and Technology* 36(4): 455–468. <https://doi.org/10.1177/0143624414558951>
- Martinaitis, V.; Rogoža, A.; Bikmanienė, I. 2004. Criterion to evaluate the “twofold benefit” of the renovation of buildings and their elements, *Energy and Buildings* 36(1): 3–8. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(03\)00054-9](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(03)00054-9)
- Martinaitis, V.; Rogoža, A.; Šiupšinskas, G. 2012. *Energijos vartojimo pastatuose auditas*. Vilnius: Technika.
- Mela, K.; Tiainen, T.; Heinisuo, M. 2012. Comparative study of multiple criteria decision making methods for building design, *Advanced Engineering Informatics* 26(4): 716–726. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2012.03.001>
- Milioni, R.; Grischott, N.; Zimmermann, M.; Geier, S.; Hofler, K.; Venus, D.; Boonstra, C. 2011. *Building Renovation Case Studies International Energy Agency. Energy Conservation in Buildings and Community Systems programme. Annex 50*.
- Petersen, S.; Svendsen, S.; 2012. Method for component-based economical optimisation for use in design of new low-energy buildings, *Renewable Energy* 38(1): 173–180. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.07.019>
- REHVA. 2017. *REHVA position paper on the European Commission proposal of the revised ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS DIRECTIVE COM(2016)0765*, (April), 48–50.
- Wright, J. A.; Loosemore, H. A.; Farmani, R. 2002. Optimization of building thermal design and control by multi-criterion genetic algorithm, *Energy and Buildings* 34(9): 959–972. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00071-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00071-3)

ANALYSIS OF THE MONITORING RESULTS OF MODERNIZED RESIDENTIAL MULTI-STORY BUILDINGS

A. Rogoža, G. Šiupšinskas, K. Valančius, R. Mikučionienė

Abstract

The main objective of the monitoring analysed in the article is to evaluate and make recommendations of the actual energy and technical efficiency of the implemented measures of the modernization of multi-apartment buildings. More detailed assessment of energy efficiency measures implemented by modernized buildings, measurements of indoor microclimate and their evaluation is made. Based on the actual heat consumption collected before and after the modernization of buildings, the thermal balance of the building was constructed under the normative conditions. The basics of the methodology, conclusions and recommendations are also presented.

Keywords: buildings, modernization, energy, monitoring, actual consumption.