

Daugiabučio namo energinio efektyvumo pokyčio po modernizacijos analizė

Analysis of the Change in Energy Efficiency of an Apartment Building after Renovation

Laima Skridailaitė

Šiaulių valstybinė kolegija
E. p.: l.skridailaite@svako.lt

Edita Mockienė

Šiaulių valstybinė kolegija
E. p.: e.mockiene@svako.lt

Loreta Kelpšienė

Šiaulių valstybinė kolegija
E. p.: l.kelpsiene@svako.lt

Santrauka. Dauguma Lietuvos daugiabučių namų yra pastatyti gana seniai ir skirtingais laikotarpiais. Norint juose pasiekti vidutinį šiluminio komforto lygį, sunaudojama daug kuro. Lietuvos ilgalaikės renovacijos strategijos tikslas yra transformuoti esamą pastatų fondą, kad 2050 m. jis būtų efektyviai vartojantis energiją (su sąlygomis pertvarkyti į beveik nulinės energijos pastatus) ir nepriklausomas nuo iškastinio kuro bei atitinkantis universalaus dizaino principus. Straipsnyje vertinamas 1976 m. pastatyto mūrinio 12 aukštų daugiabučio gyvenamojo namo energinis efektyvumas prieš ir po modernizavimo priemonių komplekso įdiegimo. Nustatyta, kad jeigu iki modernizacijos septynių sezonų vidutinis šiluminės energijos poreikis buvo $\sim 108 \text{ kWh/m}^2$, tai po modernizacijos dviejų sezonų vidutinis poreikis – $\sim 38 \text{ kWh/m}^2$. Faktinis pastato energinis efektyvumas padidėjo 64,8 procento.

Reikšminiai žodžiai: energinis efektyvumas, modernizacija, daugiabutis namas.

Summary. Most Lithuanian apartment buildings were built at different timepoints and are quite old. A large amount of fuel is needed to reach an average degree of thermal comfort. The goal of the long-term renovation strategy of Lithuania is to transform the current building fund, so that by 2050 its energy consumption would be efficient (with the possibility to transform the buildings to almost zero energy consumption) and independent of fossil fuel consumption as well as conforming to the principles of universal design. The article analyses a brickwork 12 storey apartment building, built in 1976, by evaluating its energy efficiency before and after the implementation of a set of modernisation measures. The energy consumption during the seven analysed seasons before the modernisation was on average $\sim 108 \text{ kWh/m}^2$, during the two seasons after $\sim 38 \text{ kWh/m}^2$. The actual increase in the building's energy efficiency is 64.8 percent.

Keywords: energy efficiency, renovation, apartment building.

Received: 2021-12-14. Accepted: 2021-12-31

Copyright © 2021 Laima Skridailaitė, Edita Mockienė, Loreta Kelpšienė. Published by Vilnius University Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution Licence](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Įvadas

Temos aktualumas. Dauguma Lietuvos daugiabučių namų yra pastatyti gana seniai ir skirtingais laikotarpiais, todėl, norint juose pasiekti vidutinį šiluminio komforto lygį, sunaudojama daug kuro. Daugiabučiai namai buvo projektuojami ir statomi pagal tuo metu galiojusias normas, kurios neatliepia šių dienų gyventojų poreikių. Pastatų šilumos nuostoliai labai priklauso nuo pastatų statybai naudotų medžiagų šiluminių savybių. Todėl, norint sumažinti tokių namų šildymo išlaidas, reikia mažinti ne tik centralizuotos šilumos tiekimo savikainą, bet ir šilumos nuostolius per atitvaras. Deklaruojama, kad pasaulinis visų rūšių energijų suvartojimas išaugo daugiau kaip 30 proc., lyginant su tuo, kiek buvo suvartojama prieš 20–30 metų. Todėl tokios aktualios temos, kaip aplinkosauga, klimato kaita, energetinių išteklių taupymas, šiandien užima svarbią vietą šalių vykdomoje politikoje, taip pat jų valdymui ir suvaldymui yra kuriamos įvairios viešosios programos. Siekiant bendrai, kompleksiskai mažinti visų rūšių suvartojamos energijos, vienas iš būdų – energetiškai neefektyvių pastatų ir gyvenamųjų namų modernizavimas.

Lietuvos ilgalaikės renovacijos strategijos tikslas yra transformuoti esamą pastatų fondą, kad 2050 metais jis būtų efektyviai vartojantis energiją (su sąlygomis pertvarkyti į beveik nulinės energijos pastatus) ir nepriklausomas nuo iškastinio kuro bei atitinkantis universalus dizaino principus [6].

Tyrimo problema. Dėl didelio gyvenamojo ploto poreikio pokario laikotarpiu ypač aktyviai vystyta tipinė ekonominio būsto statyba. Pagal to meto normas šilumos izoliavimo reikalavimai atitvaroms buvo apie 10 kartų žemesni nei dabar. Be to, dėl nusidėvėjimo yra sumažėjęs šių pastatų sandarumas. Centralizuotai tiekiamą šilumą nemodernizuotų daugiabučių namų gyventojams kainuoja brangiai, bet didele dalimi „šildo“ lauko orą. Valstybė suinteresuota mažas pajamas gaunantiems asmenims vietoj skiriamų kompensacijų už šildymą suteikti paramą būstui atnaujinti. Atnaujinius tokius gyvenamuosius namus, gyventojai gauna įvairiopus naudos: sumažėja išlaidos už šildymą, pagerėja patalpų mikroklimatas, pailgėja pastatų eksploatavimo laikas, pasikeičia būsto estetinis vaizdas.

Tyrimo objektas – šešiasdešimties butų namo renovacijos energetinio efektyvumo pokyčio nustatymas.

Tyrimo tikslas – atlikti daugiabučio namo energinio efektyvumo pokyčio po modernizacijos palyginamąją analizę.

Tyrimo uždaviniai:

1. Apžvelgti daugiabučių gyvenamųjų namų atnaujinimo (modernizavimo) gaires ir modernizacijos efektyvumo prognozavimo metodus.
2. Atlikti daugiabučio gyvenamojo namo energinio efektyvumo prieš modernizaciją siekiamybės modernizuojant analizę ir įvertinti daugiabučio gyvenamojo namo modernizacijos efektyvumą.

Tyrimo metodai: mokslinės ir norminės literatūros apžvalga, atitvarų šiluminių charakteristikų analitinis vertinimas, energinio efektyvumo rodiklių palyginimas.

Pastatų ūkio energinio efektyvumo didinimo principai Europoje ir Lietuvoje

Pastatų atnaujinimo patirtis yra aktuali daugeliu požiūriu, tačiau skirtingas šalis sieja tas pats tikslas – didinti energijos vartojimo efektyvumą. Taip pat dažnai yra susiduriama su situacija, kai reikia apsispręsti, ar statyti naujus pastatus, ar geriau atnaujinti jau esančius. Kai kurios Europos Sąjungos šalys sėkmingai įgyvendino darnaus pastatų atnaujinimo projektus, pasiekė efektyvių rezultatų, mažinant visų rūšių energijos vartojimo mastą, pagerino piliečių gyvenimo kokybę bei padidino turimo nekilnojamojo turto rinkos vertę. Kuo daugiau pastatų bus statoma ir atnaujinama pagal darnos principus, tuo daugiau turėsime darnių miestų ir sumažinsime bendrą neigiamą poveikį aplinkai.

Nors tradiciniu požiūriu, kalbant apie pastatų renovaciją, akcentuojamos efektyvesnės šildymo ir apšvietimo sistemos bei geresnė izoliacija, yra tendencija, kad problema sprendžiama plačiau pabrėžiant socialinius tikslus [5].

Apie 60 procentų daugiabučių namų pastatyti per praėjusio šimtmečio paskutinius keturis dešimtmečius, kai vyravo plytinių ir stambiaplokščių tipinių daugiabučių namų statyba. Šių namų išorinių atitvarų šiluminės varžos charakteristikos prastos, neatitinka esamų normatyvinių reikalavimų ir artimesnių šiaurės kaimynų (Skandinavijos valstybių) praktikos. Šiluminės energijos projektinės sąnaudos, išreikštos kilovatvalandėmis patalpų naudingojo ploto vienam kvadratiniam metrui, šiuose namuose – 160–180 kWh/m² per metus, o naujos statybos namuose, statytuose po 1993 m., – 80–90 kWh/m² per metus. Šiluminės energijos sąnaudos daugiabučiuose namuose, pastatytuose pagal iki 1993 m. galiojusius statybos techninius normatyvus, – apie 5 000 GWh per metus (apskaičiuota pagal pastarųjų trejų metų šiluminės energijos suvartojimo statistikos duomenis). Brangstanti šiluminė energija ir iškastiniai energijos šaltiniai sparčiai didina gyventojams būsto išlaikymo išlaidas. Disponuojamų pajamų dalis, skiriama būstui išlaikyti, – apie 12 procentų, o vienišų asmenų – daugiau kaip 20 procentų [3].

Gyvenamųjų pastatų renovavimo proceso pradžioje daug dėmesio buvo skirta pertvarkyti šiluminius mazgus centralizuotai tiekiamos šiluminės energijos vartotojams ir apšiltinti bei sandarinti pastatų „kevalą“. Vėliau procesas tapo modernizacija, kuri papildyta pastatų vidinių inžinerinių sistemų atnaujinimu, atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) priemonių panaudojimu ir taršos anglies dvideginiu mažinimo rodikliu. Pavyzdžiui, Suomijos mokslininkai prognozuoja, kad, patobulinus centralizuoto šilumos tiekimo tinklą, Helsinkio šildymo CO₂ emisija iki 2035 m., lyginant su 1990 m., sumažės iki 82 % [9].

Norint pasiekti Lietuvos pastatų fondo transformacijai reikalingus modernizacijos tempus, būtinas „išibėgėjimo“ periodas, per kurį būtų suformuoti paramos priemonių paketai, atlikti reikalingi teisės aktų pakeitimai, statybų bei finansų sektoriai galėtų adaptuoti savo resursus, procesus ir pan. Planuojamo modernizuoti per metus pastatų skaičiaus didėjimas (1 lentelė) atspindi tiek „išibėgėjimo“ periodą, tiek prioritetą, skiriamą didesnio ploto pastatams (daugiabučiams) ilgalaikės renovacijos strategijos įgyvendinimo laikotarpio pradžioje.

Renovacijos įgyvendinimo prioritetinės kryptys:

- energinio efektyvumo didinimas;
- AEI panaudojimo didinimas.

1 lentelė. **Daugiabučių pastatų renovacijos tempai** (sudaryta autorių, remiantis [6])

| | Mato vnt. | 2021–2023 | 2024–2030 | 2031–2040 | 2041–2050 |
|--------------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Pastatų skaičius | vnt. / per metus | 760 | 1086 | 1 083 | 934 |
| Reikalingos investicijos | mln. Eur / per metus | 286 | 419 | 487 | 492 |
| Subsidijų poreikis | mln. Eur / per metus | 114 | 168 | 195 | 197 |

Vyriausybė išskiria prioritetinius pastatų fondo segmentus ir į juos orientuotas paramos priemonės, pvz., kvartalinė renovacija žemo energinio efektyvumo daugiabučiams, AEI priemonės išskastinį kurą naudojantiems individualiems gamybos šaltiniams pakeisti ir pan.

Siekiant gauti patikimos informacijos apie tipinių pastatų modernizavimo sprendimus skirtingomis klimato sąlygomis, jungtinė Italijos, Austrijos ir Švedijos mokslininkų grupė siūlo išsamius skaitmeninius modelius, kad galima būtų imituoti daugybę apvarkalo ir šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo (ŠVOK) sistemų modernizavimo priemonių ir atsinaujinančios energijos integravimo derinių. Energinio naudingumo rezultatai kaupiami duomenų bazėje, kurioje galima palyginti sprendimus, apimančius daugiau nei 250 000 pastatų tipų derinių, statybos amžiaus, klimato, apvarkalo efektyvumo lygių ir ŠVOK sistemų konfigūracijų. Taip pat pagrindžiamas kiekvieno derinio ekonomiškumas [4].

Valstybės parama daugiabučio namo butų ir kitų patalpų savininkams, įgyvendinantiems atnaujinimo projektus, teikiama šiais būdais [7]:

- 1) suteikiant lengvatinį kreditą atnaujinimo projektui parengti <...>;
- 2) apmokant arba kompensuojant 100 procentų ne didesnę kaip Vyriausybės nustatyto dydžio išlaidų dalį atnaujinimo projektui ar jo daliai parengti <...>;
- 3) apmokant arba kompensuojant <...> projekto įgyvendinimo administravimo ir statybos techninės priežiūros išlaidas;
- 4) kompensuojant 30 procentų investicijų, tenkančių Vyriausybės nustatytoms energinio efektyvumo didinimo priemonėms;
- 5) teikiant papildomą valstybės paramą, kai įgyvendinant atnaujinimo projektą daugiabučiame name įrengiamas atskiras ar modernizuojamas esamas neautomatizuotas šilumos punktas <...>;
- 6) apmokant nepasiturintiems gyventojams ir Lietuvos Respublikos nepriklausomybės gynėjams <...> atnaujinimo projekto parengimo, <...> atlikimą, <...> kredito draudimo įmoką, kiekvieno mėnesio kredito ir palūkanų įmokas.

Europos Sąjungos šalių vyriausybės taip pat remia socialiai jautrių visuomenės narių ir grupių dalyvavimą gyvenamojo būsto modernizavimo procese. Senstant Europos gyventojams būsto fondas turi atitikti vyresnio amžiaus gyventojų poreikius, įskaitant didėjančią energijos vartojimo efektyvumo poreikį. Kaip kolektyviniai subjektai, Nyderlandų socialinio būsto asociacijos yra vienos iš lyderių siekiant Europos Sąjungos ir nacionalinės vyriausybės energijos taupymo ir komforto gerinimo tikslų [1].

Daugiabučio namo modernizacijos sprendiniai ir energinio efektyvumo pokytis

Analizuojamas 1976 m. pastatytas 12 aukštų daugiabutis gyvenamasis namas (2 lentelė), prijungtas prie miesto inžinerinių ir komunalinių tinklų.

2 lentelė. **Bendrieji statinio rodikliai prieš ir po modernizavimo (sudaryta autorių, remiantis projekto [2] dokumentais)**

| Rodiklis | Prieš modernizavimą | Po modernizavimo |
|---|--|--|
| Pastato paskirties rodiklis | 60 butų | 60 butų |
| Pastato bendras plotas | 4 282,513 m ² | 4 282,513 m ² |
| Pastato naudingas plotas | 3 466,31 m ² | 3 466,31 m ² |
| Aukštų skaičius | 12 aukštų | 12 aukštų |
| Energinio naudingumo klasė | E | C |
| Statinio atsparumo ugniai laipsnis | I | I |
| Stogo šilumos perdavimo koeficientas U_r | $\leq 1,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ | $\leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ |
| Sienos šilumos perdavimo koeficientas U_w | $\leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ | $\leq 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ |
| Bendro naudojimo langai U_{wda} | $\leq 2,56 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ | $\leq 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ |

Statinio konstrukcinė schema: pamatai – juostiniai iš betono blokų, išorinės sienos – keraminių plytų mūras, perdangos – iš surenkamų gelžbetonio plokščių, besiremiančios ant laikančiųjų sienų. Balkonų laikančioji konstrukcija – gelžbetonio plokštės.

Daugiabučio namo atnaujinimas (modernizavimas) atliktas, siekiant padidinti pastato išorinių atitvarų ir bendrųjų inžinerinių sistemų energinį efektyvumą ir atkurti ar pagerinti jų fizines ir estetines savybes.

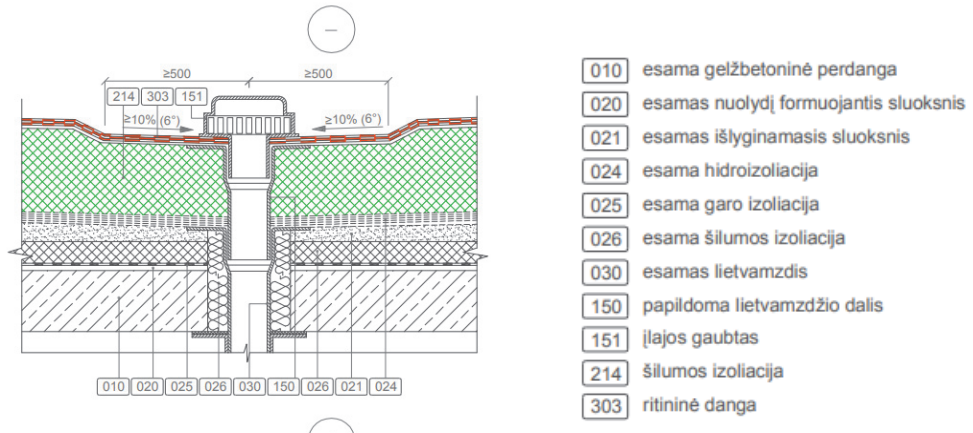
Projektuojamos energiją taupančios priemonės:

- šildymo ir karšto vandens sistemų pertvarkymas, keitimas;
- vėdinimo sistemos sutvarkymas dezinfekuojant ir sandarinant;
- stogo šiltinimas, įrengti naują bituminę ruloninę hidroizoliacinę dangą, suformuojant tinkamus stogo nuolydžius link lietaus vandens surinkimo sistemos (1 pav.), apsauginės tvorelės stogo perimetru įrengimas, visų stogo elementų remontas, lietaus nuotekų sistemos stovų ir magistralinių vamzdžių keitimas iki pirmo miesto lietaus nuotekų šulinio ir žaibosaugos remontas pagal normų reikalavimus ir skaičiavimus;
- išorinių sienų (taip pat ir cokolio) šiltinimas, įskaitant sienų (cokolio) konstrukcijos defektų pašalinimą ir nuogrindos sutvarkymą;
- balkonų ar lodžijų įstiklinimas ir naujos įstiklinimo konstrukcijos įrengimas pagal bendrą projektą;
- bendrojo naudojimo patalpose esančių langų keitimas ir bendrojo naudojimo lauko durų (įėjimo, tambūro, balkonų, rūšio, konteinerinės, šilumos punkto) keitimas (įskaitant apdailos darbus), įėjimo laiptų remontas ir pritaikymas neįgaliųjų poreikiams (ŽN keltuvo įrengimas).

Kiekvieno mėnesio šilumos nuostoliai per pastato stogą, pagal kuriuos skaičiuojami energijos poreikiai pastatui šildyti, apskaičiuoti pagal formulę [...]:

$$Q_{r,m} = \frac{0,001 \cdot t_m \cdot 24}{A_p} \cdot A_{r.sum} \cdot U_r \cdot (\theta_{iH} - \theta_{e,m}); \quad (1)$$

čia: 0,001 – daugiklis W paversti į kW; t_m – dienų skaičius atitinkamą metų mėnesį, vnt.; 24 – valandų kiekis per parą, h; $A_{r.sum}$ – suminis stogo plotas, m²; A_p – pastato šildomas plotas, m²; U_r – stogo šilumos perdavimo koeficientas, W/(m²·K); θ_{iH} – pastato vidaus temperatūra šildymo sezono metu, °C; $\theta_{e,m}$ – atitinkamo mėnesio „m“ vidutinė išorės oro temperatūra, °C.



1 pav. Plokščio stogo rekonstravimo mazgas [2]

Įvertinus kiekvieno šildymo sezono mėnesinius šilumos nuostolius per stogą, apskaičiuojami metiniai nuostoliai. Kadangi palyginus su dvylikos aukštų bendru šildomu plotu stogo plotas nėra didelis, tad ir metiniai šilumos nuostoliai per stogą prieš modernizaciją mažiausi $Q_r = 7,24$ kWh/(m²×metai). Tačiau renovuojant šią konstrukciją ypač svarbus sandarumas, todėl didelis dėmesys skiriamas senojo ir papildomo lietašvaidžių sandūrai įrengti.

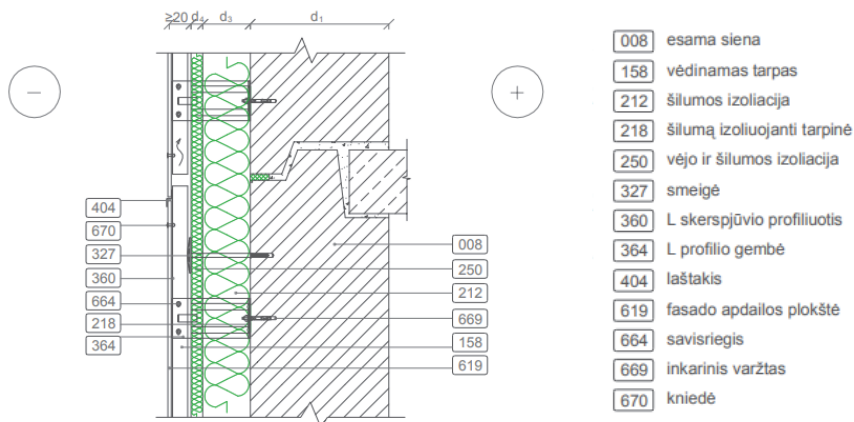
Kiekvieno mėnesio šilumos nuostoliai per pastato sienas apskaičiuoti pagal [10]:

$$Q_{w,m} = \frac{0,001 \cdot t_m \cdot 24}{A_p} \cdot A_{w.sum} \cdot U_w \cdot (\theta_{iH} - \theta_{e,m}); \quad (2)$$

čia: $A_{w.sum}$ – suminis sienų plotas, m².

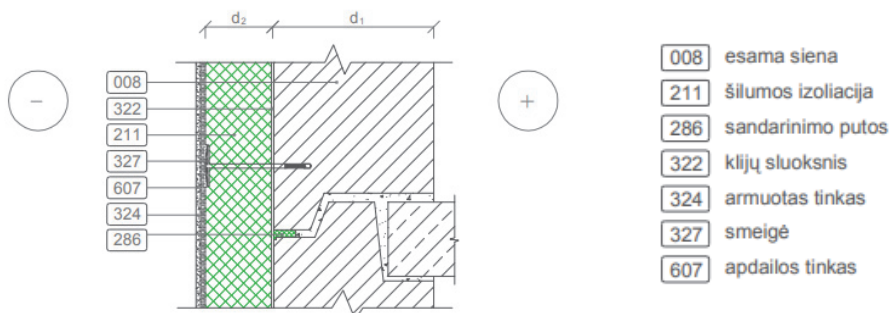
Pastato išorės ativarų ploto didžiausią dalį užima sienos, tad ir metiniai šilumos nuostoliai per sienas prieš modernizaciją siekė $Q_w = 52,11$ kWh/(m²×metai).

Dėl kritulių intensyvesnio poveikio pirmo ir dvylikto aukštų fasadai šiltinami sertifikuota vėdinama šiltinimo sistema (2 pav.).



2 pav. Vėdinama sienų šiltinimo sistema [2]

Likusių aukštų sienos ir cokolis šiltinami sertifikuota tinkuojama sistema (3 pav.), kadangi jos termoizoliacinės savybės tokios pat, kaip ir vėdinamos sistemos, bet yra pigesnė.



3 pav. Tinkuota sienų šiltinimo sistema [2]

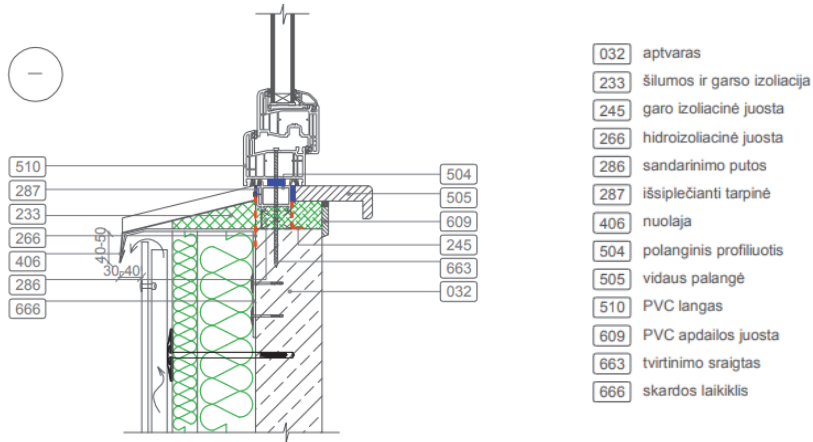
Kiekvieno mėnesio šilumos nuostoliai per pastato bendro naudojimo langus apskaičiuoti pagal [10]:

$$Q_{wd,m} = \frac{0,001 \cdot t_m \cdot 24}{A_p} \cdot A_{wd,sum} \cdot U_w \cdot (\theta_{iH} - \theta_{e,m}); \quad (3)$$

čia: $A_{wd,sum}$ – suminis bendro naudojimo langų plotas, m^2 .

Metiniai šilumos nuostoliai per bendro naudojimo langus prieš modernizaciją siekė $Q_{wd} = 27,65 \text{ kWh}/(m^2 \times \text{metai})$.

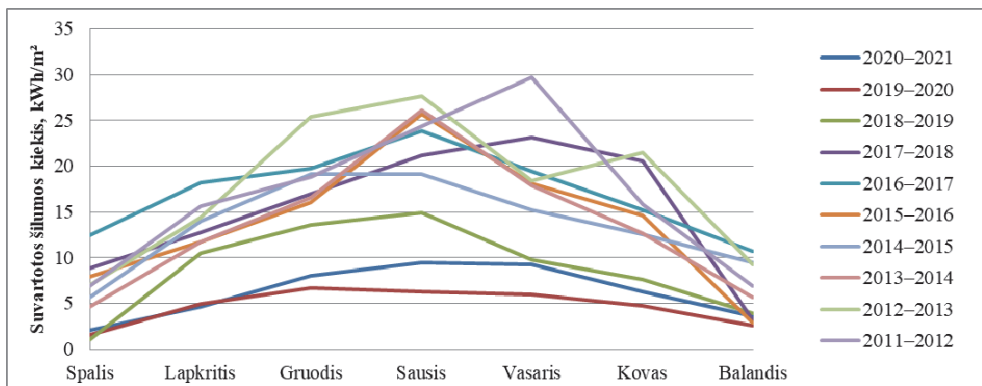
Numatyta įstiklinti visų butų balkonų nuo turėklo iki lubų naujo profilio PVC konstrukcijomis pagal bendrą projektą (4 pav.).



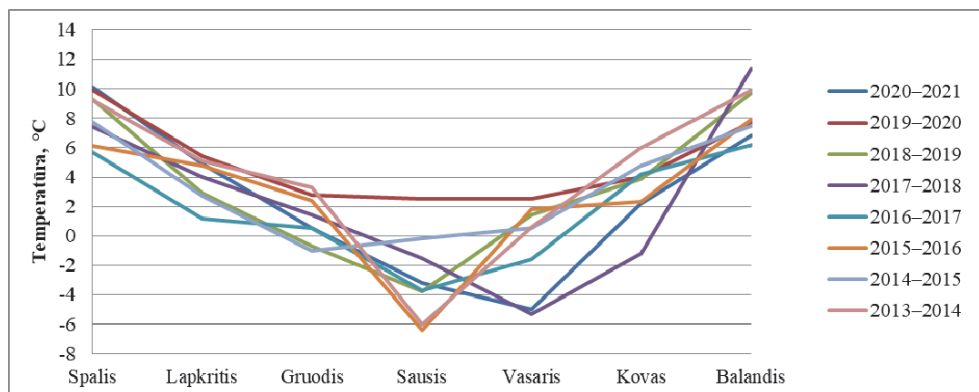
4 pav. Balkonų ir lodžijų šiltinimas ir stiklinimas PVC profilio langais su vienos kameros stiklo paketais [2]

Skaičiuojamosios bendros namo šiluminės energijos sąnaudos patalpoms šildyti prieš modernizavimą – $\leq 142,86 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{metai})$, po modernizavimo – $\leq 47,15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{metai})$. Numatoma, kad šiluminės energijos sąnaudos sumažės ≥ 67 procentų.

Sumažėjęs šiluminės energijos poreikis pastebimas nagrinėjant tiekėjo duomenis (5 pav.). Fasadų ir stogo modernizacija buvo atlikta 2018 m. vasarą, todėl jau iki 2019 m. akivaizdus sumažėjęs šiluminės energijos poreikis. Šildymo sezonų iki modernizacijos pradžioje, t. y. lapkričio–sausio mėn., vidutinė mėnesio temperatūra buvo panaši – apie $+0,4 \text{ }^\circ\text{C}$, kaip ir 2018–2019 m. sezono – apie $-0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (6 pav.), tačiau dar nevisiškai įgyvendintos modernizacijos priemonės leido sumažinti šiluminės energijos poreikį 29 procentais.



5 pav. Vidutinis suvartotos šilumos kiekis kiekvieną šildymo sezono mėnesį, tenkantis vienam plotu kvadratiniam metrui (sudaryta autorių, remiantis [11] duomenimis)



6 pav. Vidutinė mėnesio oro temperatūra (sudaryta autorių, remiantis [12] duomenimis)

2019 m. sausio mėn. buvo baigti pastato inžinerinių tinklų modernizavimo ir reguliavimo darbai, tad vasario mėn. pastebimas šiluminės energijos poreikio kritimas dar 35 procentais. Nors galima būtų galvoti apie labai didelį pertvarkytų inžinerinių sistemų efektyvumą, tačiau šio šildymo sezono antroje pusėje buvo teigiamos lauko oro temperatūros.

Modernizavus pastatą, kiti du – 2019–2020 ir 2020–2021 metų – šildymo sezonai tai patvirtina. Jeigu septynių analizuojamų sezonų iki modernizacijos vidutinis šiluminės energijos poreikis buvo $\sim 108 \text{ kWh/m}^2$, tai dviejų sezonų po modernizacijos vidutinis poreikis – $\sim 38 \text{ kWh/m}^2$. Poreikio faktinis sumažėjimas siekia 64,8 procento.

Nors 2019–2020 m. šildymo sezonas išsiskyrė aukštomis vidutinėmis lauko oro temperatūromis, vėlesnio sezono duomenys rodo, kad modernizuoto pastato mikroklimato jautrumas išorės poveikiams sumažėjęs.

Modernizacijos faktinis efektas mažesnis negu buvo numatytas projekte, tačiau ir bendros namo šiluminės energijos sąnaudos patalpoms šildyti prieš modernizavimą yra mažesnės negu apskaičiuotos teoriškai. Eksploatuojant nerenovuotus pastatus įprasta, kad bendro naudojimo patalpų oro temperatūra palaikoma minimali (apie $15\text{--}16 \text{ }^\circ\text{C}$), o skaičiuojant teoriškai ji nustatoma kaip ir butuose. Modernizuotame pastate tokių temperatūrų skirtumų nebebūna.

Lietuvos energetikos agentūra analizavo du energijos sutaupymų apskaičiavimo būdus, lygiagrečiai taikomus projekto rodikliams įvertinti: energijos vartojimo auditas (EVA) – energijos nuostolių nustatymas ir priemonių jiems sumažinti įvardijimas ir pastatų energinio naudingumo sertifikavimo (PENS) metodika – STR 2.01.02:2016 pagrindu – pastato energinio naudingumo klasės nustatymas. Dėl verčių tarpusavio kompensacijos vidutiniai dydžiai yra panašūs, tačiau atskirų atvejų gaunamų prognozių santykis kinta intervale nuo 0,18 iki 3,4 karto [8].

Išvados

1. Norint iki 2050 m. pasiekti 100 procentų AEI naudojimą pastatų energetikoje, reikia, be pastatų energinio efektyvumo didinimo įgyvendinant modernizavimo programas, skatinti iškastinį kurą naudojančius šiluminės energijos šaltinius keisti atsinaujinančios energijos naudojimu tiek centralizuoto, tiek individualaus vartojimo sistemose.
2. Teorinės bendros namo šiluminės energijos sąnaudos patalpoms šildyti prieš modernizavimą buvo $\leq 142,86 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{metai})$, po modernizavimo – $\leq 47,15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{metai})$. Numatytas šiluminės energijos sąnaudų sumažėjimas – ≥ 67 procentų.
3. Iki modernizacijos faktinis vidutinis šiluminės energijos poreikis buvo $\sim 108 \text{ kWh}/\text{m}^2$, o dviejų sezonų po modernizacijos vidutinis poreikis – $\sim 38 \text{ kWh}/\text{m}^2$. Faktinis pastato energinio efektyvumo padidėjimas siekia 64,8 procento.

Literatūra

1. Boerenfijn P. et al., 2018, A multi-case study of innovations in energy performance of social housing for older adults in the Netherlands. *Energy & Buildings*, 158, 1762–1769. DOI 10.1016/j.enbuild.2017.10.101. [Interaktyvus, žiūrėta 2021-12-06]. Prieiga per internetą: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=126869844&site=ehost-live>
2. *Daugiabučio namo Savanorių pr. 268 Kaune atnaujinimo (modernizavimo) projektas*. 2018. UAB Inžineringas.
3. *Daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) programa*: 2004 m. rugsėjo 23 d. Nr. 1213 (2011 m. gruodžio 28 d. nutarimo Nr. 1556 redakcija) Lietuvos Respublikos Vyriausybė. [Interaktyvus, žiūrėta 2021-12-06]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.AE67B6739526/asr>
4. Dipasquale C. et al., 2019, Database of energy, environmental and economic indicators of renovation packages for European residential buildings. *Energy & Buildings*, 203. DOI 10.1016/j.enbuild.2019.109427. [Interaktyvus, žiūrėta 2021-12-06]. Prieiga per internetą: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=139191249&site=ehost-live>
6. Jensen P. A. et al., 2018, 10 questions concerning sustainable building renovation. *Building and Environment*, 143, 130–137. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.051>
8. *Lietuvos ilgalaikė renovacijos strategija*: 2021 m. kovo 31 d. protokoliniu sprendimu Nr. 18. Lietuvos Respublikos Vyriausybė. [Interaktyvus, žiūrėta 2021-12-06]. Prieiga per internetą: <https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/STPD/Lietuvos%20ilgalaik%C4%97%20renovacijos%20strategija.pdf>
9. *Lietuvos Respublikos valstybės paramos daugiabučiams namams atnaujinti (modernizuoti) įstatymo Nr. I-2455 pakeitimo įstatymas*: 2017 m. birželio 22 d. Nr. XIII-498. Lietuvos Respublikos Seimas. [Interaktyvus, žiūrėta 2021-12-06]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/b585f210580311e78869ae36ddd5784f>
10. *Palyginome viešųjų pastatų modernizavimo energijos sutaupymų apskaičiavimo būdus*: EVA ir PENS metodikų rezultatai. Lietuvos energetikos agentūra. [Interaktyvus, žiūrėta 2021-12-29]. Prieiga per internetą: <https://www.ena.lt/Naujiena/palyginome-viesuju-pastatu-modernizavimo-energijos-sutaupy-mu-apskaiciavimo-budus-eva-ir-pens-metodiku-rezultatai/>
11. Rossknecht M., Airaksinen E., 2020, Concept and Evaluation of Heating Demand Prediction Based on 3D City Models and the CityGML Energy ADE – Case Study Helsinki. *ISPRS International Journal of Geo-Information* [Internet]. Oct; 9(10):602. [Interaktyvus, žiūrėta 2021-12-06]. Prieiga per internetą: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=146805028&site=ehost-live>

12. *STR 2.01.02:2016 Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas*: 2016 m. lapkričio 11 d. Nr. D1-754. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. [Interaktyvus, žiūrėta 2021-11-04]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalact/2c182f10b6bf11e6aae49c0b9525cbbb/asr>
13. Šilumos suvartojimas Jūsų name. Kauno energija. [Interaktyvus, žiūrėta 2021-11-08]. Prieiga per internetą: <https://www.kaunoenergija.lt/silumos-suvartojimas-jusu-name>
14. *VU meteorologijos stoties duomenų suvestinė*. Vilniaus universitetas. Hidrologijos ir klimatologijos katedra. [Interaktyvus, žiūrėta 2021-11-08]. Prieiga per internetą: http://www.hkk.gf.vu.lt/vu_ms/duomenu-suvestine/