



ADMINISTRACINĖS PASKIRTIES PASTATO IŠORINIŲ ATITVARŲ MODERNIZAVIMO VERTINIMO TYRIMAS

Indrė Jankauskaitė¹, Kęstutis Valančius²

¹magistrantė, ²docentas,

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

el. p. ¹i.jankauskaite@stud.vgtu.lt; ²kestutis.valancius@vgtu.lt

Anotacija. Tyrimo tikslas atlikti iš D klasės modernizuoto į A (+) administracinio pastato vidaus ir lauko bei išorinių atitvarų paviršiaus temperatūrų bei atitvarų šiluminių charakteristikų parametrų tyrimą. Darbe atlikus gautų duomenų analizę buvo nustatyta vidutinė patalpų vidaus ir lauko temperatūra, šilumos srautas per atitvaras. Aptariami išmatuoti išorinių atitvarų: sienos, stogo, įstiklinimo, lango rėmo parametrai, jais remiantis apskaičiuoti šilumos perdavimo koeficientai, gauti rodikliai, palyginami su statybiniam techniniame reglamente nurodytais, bei prieš pastato modernizavimą buvusiais rodikliais. Rezultatai parodė, kad tiriamame pastate po modernizavimo vidutinė patalpų temperatūra bei gauti išorinių atitvarų šilumos perdavimo koeficientai dalinai atitinka norminius reikalavimus. Gauti tyrimo rezultatai bus naudojami tolimesniame administracinio pastato modernizavimo vertinime bei energinio efektyvumo didinimo galimybių analizėje.

Reikšminiai žodžiai: administracinis pastatas, modernizavimas, šilumos perdavimo koeficientas, temperatūra, šilumos nuostoliai

Įvadas

Pastatų sektorius sunaudoja daugiausiai energijos nei, bet kuris kitas sektorius, tai sudaro apie 42 proc., nes žmonės vis daugiau laiko praleidžia pastatuose (Taryba, Europos parlamentas ir Europos sąjunga, 2010). Remiantis mokslinė literatūra, bendras procesas siekiant energijos efektyvumo pastatuose yra konkrečių valdymo strategijų įgyvendinimas, mažinant energijos sąnaudas (S. Stinner, K. Huchtemann ir kt., 2016, Finck, R. Li, and W. Zeiler, 2019).

Daugelyje Europos šalių pastatų atnaujinimo poreikiui skiriamas vis didesnis dėmesys (Jensen, P. A., Maslesa, E., Berg, J. B., & Thuesen, C., 2018). Vis daugiau mokslininkų sprendžia, tyrinėja kaip gerinti techninius, ekonominius ir fizinius sprendinius pastatų atnaujinimui, bei nagrinėja kaip valdyti ir vykdyti pastatų renovacijos procesą (M. Fasanghary, S. Asadi, ir Z. W. Geem, 2012). Atsižvelgiant į pastatų atnaujinimo trukmės ir ekonomiškumo pranašumus, palyginti su naujomis statybomis, daugėja projektų, kurie pirmenybę teikia renovacijos darbams, o ne naujoms statyboms (Cho, K., Kim, J., ir Kim, T., 2019).

Energetiškai efektyvus pastatų projektavimas apima pastatų, kurie gali gauti kuo daugiau energijos iš jiems tiekiamos energijos, statybą ar modernizavimą, imantis priemonių energijos nuostoliams sumažinti, pavyzdžiui, šilumos nuostoliams mažinti per pastato atitvaras (Z. Tian, S. Wei, and X. Shi, 2020). Moksliniuose šaltiniuose akcentuojama, energetiškai efektyviam pastato rodikliams pasiekti, taip pat didelę įtaką turi mikroklimato parametrai, vėdinimo ir šildymo sistemos valdymas (A. Ryzhov, H. Ouerdane, ir kt, 2019, Z. Tian, S. Wei, and X. Shi, 2020).

Vertinant pastato atitvaras šiluminiu požiūriu, reikalinga kiekvieną pastato atitvarą išnagrinėti detalai pagal medžiagas iš kurių susideda kiekviena nagrinėjama atitvara (E. Pikas, M. Thalfeldt, and J. Kurnitski, 2014). Fizikinės medžiagų charakteristikos, nulemia skirtingus atitvarų parametrus t. y. atsparumą, patvarumą, ilgaamžiškumą, šilumos pralaidumą bei kitus veiksnus (S. Paulauskaitė, K. Valančius. 2012). Šiluminiu požiūriu svarbiausias veiksnys atitvaroje yra šilumos perdavimo koeficientas (C. B. De Souza. 2013).

Šiame darbe aptariami administracinio pastato apskaičiuoti šilumos nuostoliai per išorines atitvaras pastate. Įvertinti šilumos energijos sutaupymai, esant norminėms bei faktinėms sąlygoms pastate. Išmatuota vidaus patalpų oro temperatūra, lauko temperatūra, išorinių atitvarų vidaus ir lauko paviršiaus temperatūros bei šilumos srautas per atitvaras. Apskaičiuoti atitvarų šilumos perdavimo koeficientų rodikliai, gauti rezultatai lyginami su prieš renovaciją buvusiais rodikliais, bei reglamentuose nustatytais normomis.

Tyrimo objektas

Tyrimo objektas – A (+) klasės administracinis pastatas, Kaune V. Krėvės pr. 1 pav. pateikiama pastato nuotrauka prieš ir po modernizavimo.



1 pav. Pastato nuotrauka prieš (1) modernizavimą ir po (2) modernizavimo

Pastatas yra trijų aukštų, bendra šildomas plotas yra 2587,81 m², vieno aukšto aukštis 2,9 metrai, viso pastato apie 10 metrų, pagrindinis pastato fasadas orientuotas į pietus. Pagrindinės pastate esančios patalpos – darbo kabinetai, pasitarimų kabinetai, tualetai, koridoriai, laiptinės.

Pastatas yra suskirstytas į dvi struktūrinės dalis: aktyviąsias ir pasyviąsias technines dalis. Aktyviomis dalimis laikoma tokia technika kuri nuolat kinta (elektra, šildymo sistema) pastato eksploatavimo metu, šių dalių šilumos nuostoliai vertinami reglamentuose nurodytais metodais, priklausomai nuo pastato paskirties. Pasyviųjų pastato dalių šilumos nuostoliai gaunami eksperimentiniu bei teoriniu modelio būdu, kuomet skaičiuojami atskirų atitvarų šilumos nuostoliai. Pastato šilumos nuostoliai priklauso nuo šilumos laidumo, atitvaros storio, atitvarų plotų, ilginių šilumos tiltelių perdavimo koeficientų ir jų ilgių,

taip pat nuo infiltruojamo oro kiekio į patalpas bei šildymo sistemos tipo bei įdiegtos įrangos.

Pagrindiniai analizuojamo pastato šilumos nuotolių energetiniai rodikliai prieš ir po modernizavimo pateikiami 1 lentelėje:

1 lentelė. Analizuojamo pastato energetiniai rodikliai

Duomenys	Prieš modernizavimą	Po modernizavimo
Šilumos nuostoliai per išorines atitvaras, kWh/m ²	96,08	27,78
Šilumos nuostoliai dėl vėdinimo, kWh/m ²	75,03	56,05
Šilumos energijos sutaupymai esant norminėms sąlygoms, %	51	

Administraciniame pastate atliktas pasyviųjų techninių dalių modernizavimas t.y. apšildintos sienos, stogas, perdangos, pakeisti langai, durys. Kiekviename pastato aukšte įrengti žematemperatūriniai DAIKIN šilumos siurbliai oras/vanduo, kurio vieno šildymo galia 16 kW, vėsinimo 13,12 kW. Vėdinimui pastate įrengtas rotacinis vėdinimo įrenginys KOMFOVENT VERSO-R-10 teikiama oro infiltracijos srautas $L = 1647 \text{ m}^3/\text{h}$ našumo, šalinamo oro infiltracijos srautas $L = 1427 \text{ m}^3/\text{h}$ našumo. Pastato elektros sistemą sudaro įvadiniai skydai ir apskaitos prietaisai.

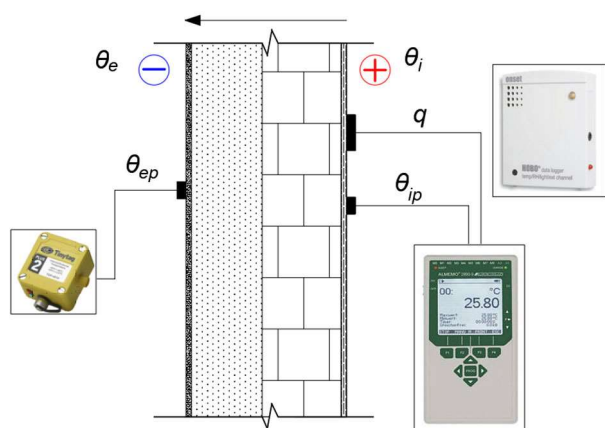
Elektros poreikiai patenkinami iš saulės elektrinės prijungtos prie tinklo, dar kitaip vadinama integruota saulės elektrinė. *Integruotosios saulės elektrinės* energiją tiekia į elektros energetikos tinklą, kuris perduoda ją vartotojams ir sudaro sąlygas saulės elektrinėje apsieiti be elektros energijos kaupiklio. Tuomet, kai elektros energijos neužtenka generavimo iš saulės modulių energija grįžtamuoju būdu diegiama vartotojui, dar kitaip vadinamas dvipusės apskaitos veikimo principas, kuri energija tiekia į elektros energetikos tinklą, kuris perduoda ją vartotojams ir sudaro sąlygas saulės elektrinėje apsieiti be elektros energijos kaupiklio. Dvipusės apskaitos veikimo principas paremtas sukauptos elektros energijos kiekiu iš saulės elektrinės generuojamos pavasario – vasaros laikotarpiu, kuomet saulės apšviestos kiekis yra didžiausias, tam, kad rudens – žiemos laikotarpiu pakaktų reikalingos elektros energijos poreikiams patenkinti. Pastato stogas padengtas 105 vnt. polikristaliniais saulės moduliais, kurio vieno modulio galia 330 W ir efektyvumas siekia 17%, visos saulės elektrinės galia siekia iki 35 kW.

Matavimo metodika

Pastato atitvarų šilumos perdavimo koeficientas sužinomas teoriškai žinant sudedamąsias medžiagas bei sudedamųjų dalių storius. Tuomet, kai nežinoma iš kokių medžiagų sudaryta atitvara, kai norima įvertinti kokia reali konstrukcijos padėtis, atliekami matavimai naudojant šilumos srauto ir temperatūros matavimo prietaisus.

Eksperimentas buvo atliekamas vienu metu matuojant keturių atitvarų taškus: sienos, lango rėmo, įstiklinimo bei stogo. Prieš matavimų atlikimą sudarytas pastato atitvarų šiluminės varžos nustatymo eksperimento modelis.

Pastato išorinių atitvarų šiluminės varžos nustatymo eksperimento modelis pateikiamas 2 paveiksle.



2 pav. Pastato mikroklimato parametrų ir šiluminių charakteristikų nustatymo, eksperimento natūrinis modelis

2 paveiksle pliuso ženklu žymimi vidaus patalpos parametrai, o minuso ženklu žymimi lauko išorės parametrai. Vidaus temperatūra θ_i , lauko temperatūra θ_e , šilumos srauto tankį q fiksuojanti plokštelė ir vidaus paviršiaus temperatūrą θ_{ip} matuojanti termopora. Išorinėje atitvaros dalyje pritaistas θ_{ep} atitvaros paviršiaus dalyje matuojanti termopora. Faktinį šilumos perdavimo koeficientą parodo eksperimento metu nustatytas šilumos srauto santykis su atitvaros elemento paviršių temperatūrų skirtumu.

Šilumos srautas matavimui nustatyti pasirinktas ne mažesnis nei 20 laipsnių temperatūros skirtumas tarp pastato vidaus ir išorės temperatūros rodiklių, tam, kad matavimai būtų tikslesni. Atliekant matavimus, išorėje (lauke) turi būti stabili temperatūra, didelio poveikio negali daryti saulės spinduliuotė ir vėjo greitis, todėl buvo pasirenkama šildoma patalpa šiaurinėje pastato dalyje, čia mažiausias pritekėjimas iš saulės ir mažiau veikiama išorės paviršiaus bei vidaus temperatūros.

Sujungus laboratorinius prietaisus, duomenų kaupiklis suprogramuojamas taip, kad skirtingų jutiklių matavimų duomenys būtų kaupiami kas 5 min, matavimai atlikti 2021 metais nuo sausio 27 dienos iki vasario 10 dienos, keturiolikos dienų laikotarpyje Gauti matavimo duomenys vaizduojami grafiškai, šilumos perdavimo koeficientas skaičiuojamas, išskiriant nakties didžiausio patikimumo matavimų intervalą, kuriame matomi mažiausi fiksuotų reikšmių pokyčiai. Visi matavimo jutikliai matavimo rezultatus pateikia iš karto, norint nustatyti išorinės atitvaros šilumos perdavimo koeficientą, šilumos srauto matavimo plokštelių (jutiklių) duomenis reikia papildomai apdoroti.

Faktinis atitvaros šilumos perdavimo koeficientas parodo šilumos srauto tankio ir atitvaros vidaus ir lauko išorės paviršiaus temperatūrų skirtumo santykį. Vidaus ir išorės paviršių varžos reikšmės nurodomos 2-oje lentelėje STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ Skaičiuojant reikia įsivertinti išorės ir vidaus paviršių šiluminės varžas R_{si} ir R_{se} (Lietuvos respublikos aplinkos ministro įsakymas, 2016):

2 lentelė. Vidaus ir išorės šiluminės varžos R_{si} ir R_{se} , $m^2 \cdot K/W$

Vidinio paviršiaus varža $R_{si}, m^2 \cdot K/W$		Išorinio paviršiaus varža $R_{se}, m^2 \cdot K/W$	
Šilumos srauto kryptys			
horizontali	aukštyn	žemyn	Visomis kryptimis
0,13	0,1	0,17	0,04

Vidaus paviršiaus varža R_{si} ir lauko paviršiaus varža R_{se} priklauso nuo atitvarų veikiančių aplinkos faktorių (drėgnumo, temperatūros, vėjo greičio ir kt.), šie veiksniai matavimo metu gali kisti (Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas, 2016).

Faktinis šilumos perdavimo koeficientas U_f ($W/m^2 \cdot K$) nustatomas:

$$U_f = \frac{1}{R_{si}} + \frac{q}{(\theta_{ip} - \theta_{ep})} + \frac{1}{R_{se}} = \frac{q}{(\theta_i - \theta_e)}, \quad (1)$$

čia: θ_{ip} – nagrinėjamo laiko intervalo vidutinė vidinio atitvaros paviršiaus temperatūra, °C; θ_{ep} – vidutinė išorinio paviršiaus temperatūra, °C; θ_i – pasirinkto laiko intervalo vidutinė vidaus oro temperatūra, °C; θ_e – pasirinkto laiko intervalo vidutinė lauko oro temperatūra, °C; q – pasirinkto laiko intervalo vidutinis šilumos srauto tankis, W/m^2 ; R_{si} – vidaus paviršiaus varža, $m^2 \cdot K/W$; R_{se} – išorės paviršiaus šiluminė varža, $m^2 \cdot K/W$.

Faktinė atitvaros šiluminė varža $R_s, \text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ apskaičiuojama:

$$R_s = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{q}, \quad (2)$$

čia: θ_{si} – vidutinė vidinio paviršiaus temperatūra, per laiko tarpą, $^{\circ}\text{C}$; θ_{se} – vidutinė išorinio paviršiaus temperatūra, per laiko tarpą, $^{\circ}\text{C}$; q – vidutinis šilumos tankis, per laiko tarpą, W/m^2 .

Matavimo prietaisai

Patalpų mikroklimato parametrų ir išorinių atitvarų šilumos perdavimo koeficientų tyrimas atliekamas naudojant matavimo prietaisus, kurie turi būti sujungti į tam tikrą schemą.

2 paveiksle pateikiame matavimo tyrimo schemas sudarymui naudoti matavimo prietaisai:

1. Duomenų kaupiklis „AHLBORN“ (modelis Almemo 2890-9) vokiečių kompanijos matavimo įranga su matavimo atmintimi. Vienu metu prie šio duomenų kaupiklio galima prijungti 9 matavimo prietaisus. Duomenys suprogramuoti taip, kad būtų įrašomi kas 5 min, visą parą. Įrenginys tiksliausiai matuoja kuomet aplinkos oro temperatūra intervale -10°C iki $+50^{\circ}\text{C}$, o santykinė oro drėgmė – nuo 10 % iki 90 %. Duomenų kaupiklis jungiamas į 220 V įtampos elektros tinklą (Ahlborn ALMEMO, 2015).
2. Prie duomenų kaupiklio prijungiamos keturios šilumos srauto plokštelės „FQA019C“, kiekvienos atitvaros šilumos srautui matuoti. Šilumos srauto plokštelių matavimo intervalas nuo 0 W/m^2 iki 5200 W/m^2 (Ahlborn ALMEMO, 2015).
3. Taip pat prie duomenų kaupiklio prijungiamos keturi jutikliai (termoporos) vidaus paviršiaus temperatūrai matuoti, jutiklio tikslumas $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$.
4. Patalpų oro temperatūros ir drėgmės matavimas atliekamas JAV gamintojų „Onset Computer Corporation“ duomenų kaupikliais „Hobo U12-012“. Šiuo prietaisu kaupiama vidaus patalpos oro temperatūra ir santykinis drėgnis. Temperatūros reikšmės fiksuojamos nuo -20°C iki 60°C , tikslumas yra $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$, santykinė drėgmė – 5–95 %, tikslumas $\pm 2,5\%$ (Onset Computer Corporation, 2016).
5. Lauko oro temperatūra išmatuota Didžiosios Britanijos gamintojų „Tinytag“ duomenų kaupikliu TPG-4510. Prie duomenų kaupiklio prijungtas jutiklis, kuris matuoja išorės atitvaros paviršiaus temperatūrą (Tinytag, 2019).

Reglamentuotos patalpų mikroklimato ir šilumos perdavimo koeficientų vertės

Šiame skyriuje pateikiamos gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimato parametrų ribinės vertės (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2009). Patalpos oro temperatūra šaltuoju metų laikotarpiu, t. y. šildymo sezonu, turi būti nuo 18°C iki 22°C . Šiltuoju metų laikotarpiu oro temperatūra reglamente nurodyta nuo 18°C iki 28°C . Matuojant mikroklimato parametrus patalpos oro temperatūros matavimo paklaida negali būti daugiau kaip $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

Remiantis Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymu STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimo ir sertifikavimo“ patvirtintais administracinės paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientais, nustatyta, kad D energijos naudingumo klasės pastatų rodikliai: stogų $U = 0,44 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, išorinių sienų $U = 0,60 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, langų $U = 2,17 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. A energijos naudingumo klasės pastatų atitvarų rodikliai: stogas $U = 0,13 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, išorinių sienų $U = 0,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, langų $U = 1,00 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. A+ energinės naudingumo klasės pastatų atitvarų rodikliai: stogas $U = 0,13 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, išorinių sienų $U = 0,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, langų $U = 1,00 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

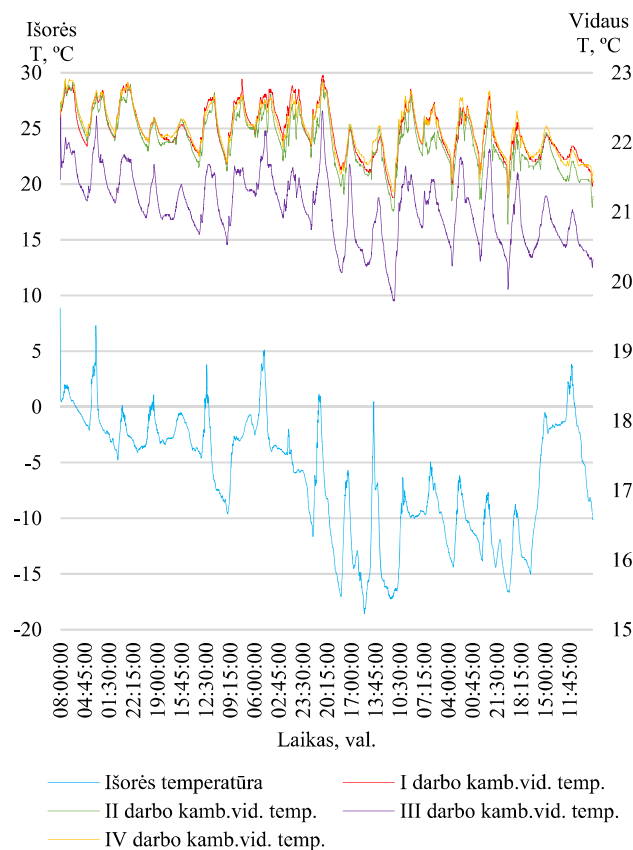
Matavimų rezultatai

Tyrimai vykdyti 2021 metų nuo sausio 27 dienos iki vasario 10 dienos, keturiolikos dienų laikotarpyje, duomenys buvo kaupiami kas 5 min. Matavimai buvo atliekami: išorės sienoms, lango rėmui, stiklo paketui, bei stogui. Matuojami parametrai: šilumos srauta per atitvaras, vidaus patalpų ir lauko oro temperatūra. Vidaus patalpų oro temperatūros matavimai buvo atliekami skirtinguose keturiuose darbo kabinetuose.

Iš 3-jame paveiksle pateikto temperatūros kitimo grafiko laiko atžvilgiu matoma, kad žemiausia išmatuota vidaus vidaus temperatūra $19,7^{\circ}\text{C}$, kai kuriomis dienomis temperatūra siekia iki 23°C . Apskaičiuota vidutinė faktinė darbo kabinetuose matuota vidaus oro temperatūra: I-ame $22,16^{\circ}\text{C}$, II-ame $22,04^{\circ}\text{C}$, III-čiame $21,08^{\circ}\text{C}$, IV-ame $22,18^{\circ}\text{C}$. Matavimai rodo, kad beveik viso tyrimo metu patalpose buvo tenkinamos norminės temperatūros sąlygos. Remiantis matavimo duomenimis, gauta, kad III-čiame darbo kabinete, vidaus patalpų temperatūra labiausiai atitinka norminę vertę.

I lentelėje pateikti šilumos nuostolių sutaupymai po modernizavimo vertinti pagal norminę temperatūrą 18°C , perskaičiuojant pagal faktinę temperatūrą $21,87^{\circ}\text{C}$ šilumos energijos sutaupymai yra mažesni apie 10,53 %. Jei

priimsime, kad vidutinė komfortinė vidaus oro temperatūra 20 °C, tuomet šilumos sutaupymai esant norminėms klimato sąlygoms būtų 5,44 % mažesni, nei apskaičiuota 1 lentelėje. Iš gautų rezultatų matoma, kad teoriniai skaičiavimai rodo didesnius šilumos energijos sutaupymus, nei vertinant faktinius duomenis.

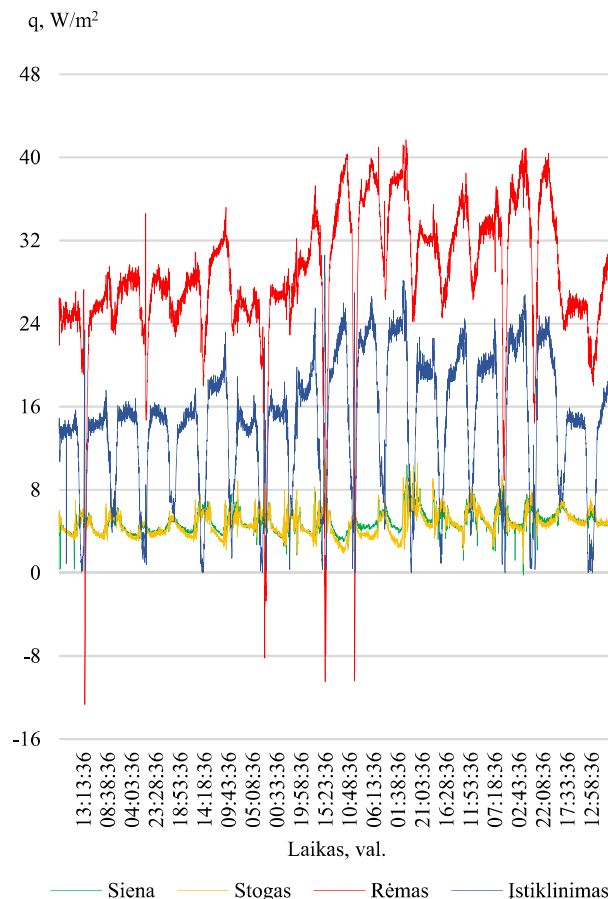


3 pav. Vidaus ir išorės oro temperatūros visą matavimo laikotarpį

Vidaus temperatūros matavimų duomenų galima teigti, kad kuo aukštesnė temperatūra patalpose tuo didesnės bus faktinės šildymo sąnaudos. Temperatūros svyravimus patalpose lemia vidiniai ir išoriniai pritekliai (žmonių ir apšvietimo įrangos išskiriamos šilumos) į pastato patalpas.

Iš 3-ajame paveiksle pavaizduoto lauko temperatūros grafiko laike matoma, kad rodikliai svyruoja nuo –19 °C iki +8 °C. Temperatūros matavimai buvo atliekami keturiuose matavimo taškuose. Apskaičiuota, kad visą tyrimo laikotarpį vidutinė lauko temperatūra buvo –6,28 °C.

Norint nustatyti pastato išorinių atitvarų šilumos perdavimo koeficientą, tyrimo metu buvo gautas šilumos srauto pasiskirstymas atitvarose. Gauti matavimų rezultatai pateikiami 4 paveiksle.



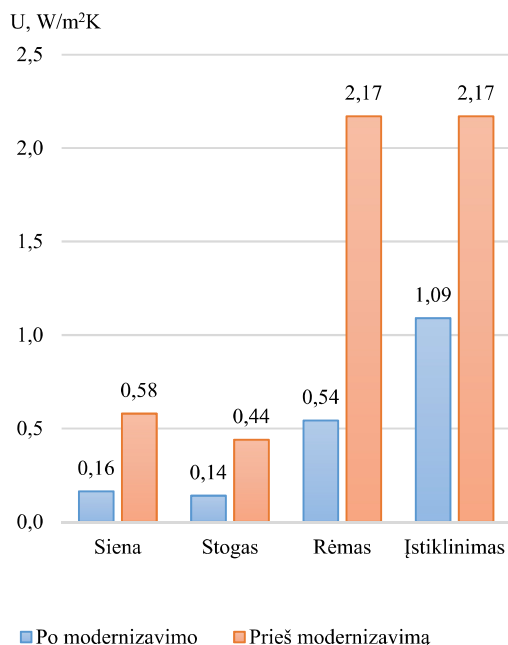
4 pav. Šilumos srauto matavimai visą tyrimo laikotarpį

Iš 4-ajame paveiksle pateikto grafiko ir gautų duomenų apskaičiuoti vidutiniai išorinių atitvarų šilumos srauto q rodikliai visą matavimo laikotarpį: sienos $q = 4,9 \text{ W/m}^2$, stogo $q = 4,0 \text{ W/m}^2$, rėmo $q = 28,8 \text{ W/m}^2$, įstiklinimo $q = 14,2 \text{ W/m}^2$.

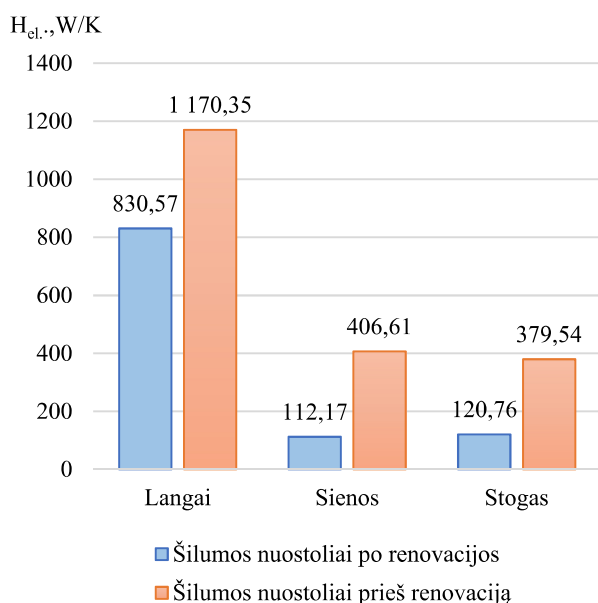
Tyrimo metu, remiantis matavimo duomenis buvo vertinamas išorinių sienų, stogo, įstiklinimo ir lango rėmo šilumos perdavimo koeficientai, gauti rezultatai lyginami su prieš modernizavimą buvusiais rodikliais. Primama prielaida, kad analizuojamojo pastato energinė naudingumo klasė buvo vertinta prieš atsinaujinančių energijos išteklių diegimą, todėl matavimo rezultatai bus lyginami su A ir A+ klasės pastatų šilumos perdavimo koeficiento reklamentuotais norminiais rodikliais. 5- jame paveiksle pateikiami šilumos perdavimo koeficientų gauti rezultatai.

Skaičiavimams buvo naudojamas nakties režimo didžiausią patikimimo intervalą nuo 00:00 iki 03:00 valandos, turintis laiko tarpas. Pagal formulę (2) apskaičiuota, kad išorinės sienos šilumos perdavimo koeficientas $U_f = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$, stogo

$U_f = 0,14 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, įstiklinimo $U_f = 0,54 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ir rėmo $U_f = 1,09 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Iš gautų rezultatų galima teigti, kad iš dalies buvo pasiekti A, A+ klasės pastato išorinių atitvarų perdavimo koeficientai, aukščiau minėtame 3.1 poskyryje rodikliai.



5 pav. Pastato išorinių atitvarų šilumos perdavimo koeficientai po modernizavimo (išmatuoti) ir prieš modernizavimą



6 pav. Faktiniai savitieji šilumos nuostoliai per pastato išorines atitvaras

Lango rėmo ir įstiklinimo gauti šilumos perdavimo koeficientai, yra maži, todėl daroma prielaida, kad tokie rezultatai mažina sunaudojamos šilumos energijos kiekį. Lyginant faktinius t. y. esamus, išorinių atitvarų šilumos perdavimo koeficientus su buvusiais prieš modernizavimą, sienos koeficientas sumažėjo apie 71,85 %, stogo apie 68,06 %, bendri lango rodikliai sumažėjo 24,77 %.

Remiantis gautais šilumos perdavimo koeficientais 6-ame paveiksle pateikti apskaičiuojami ir palyginami pastato faktiniai savitieji šilumos nuostoliai per atitvaras prieš ir po renovacijos.

Remiantis 6-ame paveikslu, įvertinus faktinių savitųjų šilumos nuostolių sumažėjimus gauta, kad per langus šilumos energijos nuostoliai sumažėjo 29,03 %, per išorines sienas 72,41 %, per stogą 68,81 %. Po renovacijos didžiausi faktiniai savitieji šilumos nuostoliai gauti per langus 830,57 W/K, mažiausi per sienas 112,17 W/K.

Išvados

1. Administracinio A (+) klasės pastato modernizavimo vertinimui, išmatuota: vidaus patalpų ir lauko oro temperatūra; šilumos srautas per išorines atitvaras (siena, stogas, įstiklinimas, lango rėmas).

2. Išmatavus vidutinę faktinę vidaus oro temperatūrą, gauta, kad beveik visą matavimo laikotarpį buvo tenkinamos norminės sąlygos, vidutinė temperatūra visuose matuotose darbo kabinetuose 21,87 °C, vidutinė lauko oro temperatūra, gauta –6,28 °C.

3. Apskaičiuoti, vidutiniai išorinių atitvarų šilumos srauto q rodikliai rodo, kad palyginus faktinius t. y. esamus, išorinių atitvarų šilumos perdavimo koeficientus su buvusiais prieš modernizavimą, sienos koeficientas sumažėjo apie 71,85 %, stogo apie 68,06 %, bendri lango rodikliai sumažėjo 24,77 %.

4. Įvertinus faktinius savituosius šilumos nuostolių sumažėjimus gauta, kad per langus šilumos energijos nuostoliai sumažėjo 29,03 %, per išorines sienas 72,41 %, per stogą 68,81 %. Po renovacijos didžiausi šilumos nuostoliai gaunami per langus 755,06 W/K, mažiausi sienas 112,17 W/K.

Literatūra

- Ryzhov, A., Ouerdane, H., Gryazina, E., Bisch, A., and Turitsyn K. "Model predictive control of indoor microclimate: Existing building stock comfort improvement," *Energy Convers. Manag.*, vol. 179, no. June 2018, pp. 219–228, 2019. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.10.046>
- Ahlborn ALMEMO 2890-9 operating instructions. Logger, D. (2015). Almemo ® 2890-9. Prieiga per internetą:

- https://www.ahlborn.com/en_UK/products/precision-measuring-instrument-and-data-logger-almemo-2890-9#downloads
- De Souza, C. B. "Automation in Construction Studies into the use of building thermal physics to inform design decision making," *Autom. Constr.*, vol. 30, pp. 81–93, 2013. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.026>
- Finck, C., Li, R., and Zeiler, W. "Economic model predictive control for demand flexibility of a residential building," *Energy*, vol. 176, pp. 365–379, 2019. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.171>
- Cho, K., Kim, J., and Kim, T. (2019). "Decision support method for estimating monetary value of post-renovation office building," *Canadian Journal of Civil Engineering*, 46(12), 1103–1113 Prieiga per internetą: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/cjce-2017-0692>
- Pikas, E., Thalfeldt, M., and Kurnitski, J. "Cost optimal and nearly zero energy building solutions for office buildings," *Energy Build.*, vol. 74, pp. 30–42, 2014. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.01.039>
- Jensen, P. A., Maslesa, E., Berg, J. B., & Thuesen, C. (2018). 10 questions concerning sustainable building renovation. *Building and Environment*. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.051>
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija (2016). Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas (STR 2.01.02:2016. Lietuvos statybos techninis reglamentas. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/2c182f10b6bf1e6aae49c0b9525cbbb/asr>
- Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija. (2009). Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas (NH 42:2009). Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.362676>
- Fesanghary, M., Asadi, S. and Geem, Z. W. "Design of low-emission and energy-efficient residential buildings using a multi-objective optimization algorithm," *Build. Environ.*, 2012. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114212>
- Onset Computer Corporation, (2016). HOBO-U12 Temp/RH/Light/ External Data Logger Prieiga per internetą: https://www.onsetcomp.com/files/manual_pdfs/13128-C%20U12-012%20Manual.pdf
- Stinner, S., Huchtemann, K. and Müller, D. "Quantifying the operational flexibility of building energy systems with thermal energy storages," *Appl. Energy*, vol. 181, pp. 140–154, 2016. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.055>
- Taryba, Europos parlamentas ir Europos sąjunga (2010). Europos parlamento ir tarybos direktyva 2010/31/ES dėl pastatų energinio naudingumo, 13–35. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj>
- Tinytag. (2019) Tinytag Plus 2 Temperature Logger with Integral Sensor and for Thermistor Probe (–40 to +85 °C/–40 to +125 °C). Prieiga per internetą: <http://gemini2.assets.d3r.com/pdfs/original/3754-tgp-4510.pdf>
- Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Sabina Paulauskaitė, Kęstutis Valančius. 2012.
- Tian, Z., Wei, S. and Shi, X. "Journal of Building Engineering Developing data – driven models for energy – efficient heating design in office buildings," *J. Build. Eng.*, vol. 32, no. August, p. 101778, 2020. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101778>
- Tian, Z., Wei, S. and Shi, X. "Journal of Building Engineering Developing data – driven models for energy – efficient heating design in office buildings," *J. Build. Eng.*, vol. 32, no. August, p. 101778, 2020. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110738>

MODERNIZATION EVALUATION STUDY OF ADMINISTRATIVE BUILDING EXTERIOR ENVELOPES

I. Jankauskaite, K. Valancius

Summary

The aim of the study was to investigate the parameters of surface temperatures and thermal characteristics of internal and external and external partitions of a class D modernized to A (+) administrative building. After the analysis of the obtained data, the average indoor and outdoor temperature and heat flow through the partitions were determined. The measured heat transfer coefficients of the measured external envelopes: wall, glass package, window frame is discussed they are compared with the indicators specified in the technical building regulations and before the modernization. The results showed that the average room temperature and heat transfer coefficients in the investigated building after the modernization partially meet the regulatory requirements. The obtained research results will be used to evaluate the modernization of the administrative building and to analyze the possibilities of increasing energy efficiency.