

VĖSOS GALIŲ Palyginimas Modeliuojant Pastatą IDA ICE Programa Skirtingais Būdais

Reda MAKSIMAVIČIŪTĖ*, Artur ROGOŽA

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas,

Pastatų energetikos katedra, Vilnius, Lietuva

**El. paštas reda.maksimaviciute@stud.vilniustech.lt*

Gauta 2024 m. kovo 4 d.; priimta 2024 m. kovo 18 d.

Santrauka. Straipsnio tikslas – išsiaiškinti, koks pastato modeliavimo IDA ICE programa būdas leidžia apskaičiuoti tiksliausias vėsinimo galių ir poreikių rezultatus ir kokie yra pagrindiniai skirtingų modelių aspektai. Straipsnyje pristatomas administracinės paskirties pastato, statomo Lvivo g. 59, Vilniuje, modeliavimas. Tyrimo metu sukurti 3 energiniai pastato modeliai. Modelis Nr. 1 – geometrinis pastato modelis su visomis patalpomis. Modelis Nr. 2 – modelis su išskirtiniais aukštais ir tipiniu aukštu su visomis patalpomis, kuriamas naudojant „multiplication“ (liet. padauginimo) funkciją. Modelis Nr. 3 – modelis su išskirtiniais aukštais ir tipiniu aukštu, kurį sudaro viena skaičiuojamoji zona. Atlikus pastato energinį modeliavimą, gautos vėsinimo sistemos galios ir šilumos pritekiai. Modelių Nr. 1 ir Nr. 2 rezultatai yra panašūs, skirtumas tarp jų nesiekia 10 proc., o modelio Nr. 3 rezultatai yra didesni nei kitų. Šilumos pritekiai dėl žmonių ir tiekiamo šviežio oro kiekiai sąlygoja gaunamus rezultatus, kurių skirtumai iš dalies atsiranda dėl nežymiai pasikeitusio tipinio aukšto išplanavimo. Svarbiausias modelių palyginimo aspektas yra pikinė vėsinimo sistemos galia, kuri parodo tikrąjį skirtumą tarp modelių ir yra itin svarbi vėsinimo sistemos įrangos dydžiui nustatyti. Modelių Nr. 1 ir Nr. 2 pikinė galia skiriasi 6 proc., o modelių Nr. 2 ir Nr. 3 – 25 proc. Tai parodo, kad tiksliausi yra modelių Nr. 1 ir Nr. 2 duomenys.

Reikšminiai žodžiai: IDA ICE, vėsos modeliavimas, pastato vėsos poreikiai, šilumos pritekiai.

1. Įvadas

Didėjantis geresnio patalpų mikroklimato ir komforto poreikis, ypač biuruose ir komerciniuose pastatuose, didina oro vėsinimo poreikį. Šiuolaikinių pastatų vėsinimo galių ir poreikių skaičiavimai projektavimo metu yra ypatingai svarbūs, siekiant užtikrinti tinkamą patalpų mikroklimatą ir optimalų energijos naudojimą (Santamouris, 2016).

Pastatų dinaminio energinio modeliavimo programos tampa neatsiejama projektavimo dalimi, ypač didėjant skaidrių išorinių atitvarų, kurios padidina vėsinimo poreikius keletą kartų, kiekiui pastatų fasaduose (Motuzienė ir Juodis, 2010). Šios programos leidžia projektuotojams iš anksto prognozuoti pastato vėsos poreikius, optimizuoti vėsinimo sistemas bei tausoti energijos išteklius. Viena iš dažniausiai praktikoje taikomų dinaminio energinio modeliavimo programų yra „IDA Indoor Climate and Energy“ (IDA ICE), kuri leidžia detalai modeliuoti pastato šilumos, vėsos ir elektros energijos poreikius (EQUA, n.d.).

Šiame straipsnyje pateikiama, kokią įtaką to paties pastato skirtingų modelių kūrimas IDA ICE programoje daro pastato vėsos poreikio rezultatams ir kokias pasekmes tai gali turėti projektavimo bei energetinio efektyvumo vertinimui. Tai yra itin svarbu siekiant efektyviai optimizuoti pastato energetinį naudingumą ir sumažinti energijos sąnaudas.

2. Modeliavimo priemonės IDA ICE taikymas

IDA ICE programa yra išskirtinis įrankis pastatams projektuoti, leidžiantis atlikti išsamią pastatų oro kokybės ir energijos suvartojimo modeliavimo analizę. Programa apima ne tik šiluminius modelius, bet ir CO₂ bei drėgmės skaičiavimus ir patalpų temperatūros gradientus (Kalamees, 2004). Iš esmės ši programinė įranga itin naudinga tuo, kad suteikia vertingos informacijos apie visus pastato projektavimo etapus. Ji leidžia atlikti dinaminį šiluminį modeliavimą, įvertinti natūralų ir dirbtinį apšvietimą, apskaičiuoti šilumines apkrovas ir

modeliuoti sistemas pagal komponentus (Del Ama Gonzalo et al., 2023). Tai leidžia inžinieriams ir projektuotojams gauti išsamų vaizdą apie pastato energijos suvartojimą ir patalpų oro kokybę įvairiose projekto stadijose.

IDA ICE programa išsiskiria gausiomis ir pažangiomis funkcijomis, leidžiančiomis inžinieriams modeliuoti pastatus iki smulkesnių detalių, įskaitant pastato zonas ir sistemas. Ši programinė įranga apima ir galingą trimatį modeliavimo įrankį. IDA ICE taip pat integruoja įvairius meteorologinius, klimato ir vėjo duomenis, padedančius tiksliai modeliuoti aplinkos sąlygas pastatuose (Kalamees, 2004). Didelis IDA ICE pranašumas yra galimybė keisti parametrus ir stebėti, kokią įtaką pakeitimai daro modeliavimo metu gautiems rezultatams.

IDA ICE programoje kuriami ir aprašomi skirtingi pastato elementai, tokie kaip sienos, grindys, stogas, langai ir durys. Atlikus modeliavimą galima matyti, kaip šie elementai veikia pastato šilumos perdavimo ir vėdinimo procesus. Išsamus pastato konstrukcijų ir sistemų aprašymas užtikrina, kad skaičiavimai būtų atlikti atsižvelgiant į visus faktorius, galinčius paveikti pastato mikroklimatą ir energijos naudojimą. Tokia lauko aplinkos, konstrukcijų fizinių charakteristikų ir sistemų sąsaja suteikia galimybę tiksliai modeliuoti šilumos mainus tarp skirtingų patalpų ir vėdinimo procesus, gerokai pagerinant vėsos skaičiavimų tikslumą (Kalamees, 2004). Tai leidžia inžinieriams iš anksto prognozuoti pastato veikimo efektyvumą ir identifikuoti aspektus, kuriuos būtų galima patobulinti.

IDA ICE programa ne tik suteikia galimybę modeliuoti pastatus ir sistemas, bet ir leidžia stebėti, kaip skirtingi parametrai veikia visą pastatą, o ne tik atskiras patalpas. Tai yra labai svarbu siekiant sukurti integruotas ir efektyvias pastato sistemas, kurios užtikrintų optimalų komforto lygį bei minimalų energijos sunaudojimą. IDA ICE programa yra inžinerijos srities pastatų projektavimo priemonė, leidžianti kurti efektyvias, energiją taupančias ir komfortą užtikrinančias pastatų sistemas.

Vis dėlto kaip ir kitos programos IDA ICE turi ir trūkumų – kuo sudėtingesnis ir didesnis pastatas modeliuojamas, tuo daugiau laiko trunka pastato modeliavimas ir rezultatų gavimas. Be to, sudėtingų pastatų simuliacijoms atlikti reikia galingesnių kompiuterių.

3. Tyrimo tikslas ir objektas

Tyrimo tikslas – išsiaiškinti, koks pastato modeliavimo IDA ICE programa būdas leidžia gauti tiksliausias duomenis ir kokie yra pagrindiniai modelių skirtumai atliekant vėsinimo modeliavimą.

Tyrimo objektas – administracinės paskirties pastatas Šnipiškių seniūnijoje, Vilniuje, vienas iš naujai statomų Lviso g. 59 komplekso pastatų. Tiriamasis pastatas

yra 17 aukštų, atitinka A++ energetinei klasei keliamus reikalavimus. Pastato fasadai – stikliniai. Pastato aukštingumas siekia 70 m, o bendras pastato plotas – 15 433 m². Projektinis pastato sandarumas $n_{50} \leq 0,40 \text{ h}^{-1}$. Pastatui suprojektuota dvivamzdė vėsinimo sistema su lubiniais kasetiniais ventiliatoriniais konvektoriais. Vėsinimo sistemos šaltnešis – 10/15 °C vanduo.

Siekiant užtikrinti pastatų patalpose komfortinę oro temperatūrą šiltuoju metų laiku naudojamos pasyvios apsaugos nuo perkaitimo priemonės – natūralus skaidrių atitvarų šešėliavimas nuo pastato architektūrinių elementų. Projektavimo metu visiems pastato fasadams parinktas įstiklintos dalies saulės praleisties koeficientas (g) lygus 0,3.

Projektinės pastato atitvarų šilumos perdavimo koeficientų (U) vertės pateiktos 1 lentelėje, pagal kurią sukurtas pastato dinaminis energinis modelis.

1 lentelė. Pastato atitvarų U reikšmės

Atitvara	Projektinis šilumos perdavimo koeficientas U, W/(m ² K)
Išorinė siena	≤0,140
Fasadinė sistema_EL01	≤0,660
Fasadinė sistema_EL02	≤0,710
Fasadinė sistema_EL03	≤0,900
Vitrinės durys (langai)	≤1,000
Stogas	≤0,110
Durys su lauku (sukamosios)	≤3,500
Išorinė perdanga	≤0,120

2 lentelė. Projektiniai patalpų mikroklimato parametrai

Patalpos tipas	Temperatūra žiemą, °C	Santykinė drėgmė, %	Temperatūra vasarą, °C	Santykinė drėgmė, %
Biurų patalpa	+21	≥ 40	+24	Nekontr.
Komercinės patalpos	+21	≥ 40	+24	Nekontr.
Pasitarimų kambariai	+21	≥ 40	+24	Nekontr.
Koridoriai	+20	Nekontr.	–	Nekontr.
Darbo patalpų virtuvėlė	+21	≥ 40	+24	Nekontr.
San. Mazgas	+20	Nekontr.	–	Nekontr.
Recepcija	+21	Nekontr.	+24	Nekontr.
Virtuvė	+21	Nekontr.	+24	Nekontr.
Pagalbinės patalpos	+18	Nekontr.	–	Nekontr.

Projekte numatyti patalpų mikroklimato parametrai atitinka higienos normose HN 42:2009 „Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas“ (Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija, 2009) ir HN 69:2003 „Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai“ (Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija, 2003) ir technologinėje projektavimo užduotyje nurodytus parametrus (2 lentelė). Patalpų vidaus aplinkos oro kokybės kategorija pagal LST EN 16798-1:2019 – IEQII – vidutinė (Lietuvos standartizacijos departamentas, 2019).

Projekte biuro patalpoms, esančioms nuo 3 iki 17 aukšto, numatyta mechaninė vėdinimo sistema su oro drėkinimu. Oras žiemos metu bus drėkinamas per garienius oro drėkintuvus, montuojamus kiekviename aukšte esančioje ventkamerose patalpoje.

4. Modelių kūrimas IDA ICE programoje

Pastato energiniam modeliavimui naudojami Vilniaus miesto klimatiniai duomenys. Vilniaus miesto įvesties duomenys:

- Platumas – 54,63°;
- Ilguma – 25,28°;
- Vietovės aukštis virš jūros lygio – 156 m;
- Vasaros parametrai:
- Maksimali sauso termometro temperatūra – 28,9 °C;
- Maksimali drėgno termometro temperatūra – 19,5 °C;

Atliekant pastato energinį modeliavimą priimami visi projekte numatyti šiluminio komforto parametrai, pateikti 2 lentelėje.

Administraciniame pastate numatyta pastovaus oro srauto mechaninė vėdinimo sistema. Sistema su rotaciniu šilumogrąžos įrenginiu, kurio šilumos atgavimo koeficientas atitinka Lietuvos statybų techninio reglamento (STR) 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ keliamus reikalavimus ir yra 80 proc. (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2016).

Kuriant modelį daromos prielaidos:

- Vėdinimo ir vėsinimo sistema veikia visų žmonių darbo metu. Darbo dienomis nuo 7 iki 21 val. Savaitgaliais ir švenčių dienomis nuo 9 val. ryto iki 1 val. nakties.

Žmonių veiklos darbo grafikas:

- biuro patalpos – darbo dienomis nuo 7 val. iki 18 val.;
- restorano patalpos – darbo dienomis nuo 11 val. iki 21 val., o savaitgaliais ir švenčių dienomis nuo 11 val. ryto iki 1 val. nakties;

- prekybos patalpos – darbo dienomis nuo 7 val. iki 21 val. vakaro, o savaitgaliais ir švenčių dienomis nuo 9 val. iki 18 val.

Šilumos pritekiai nuo žmonių, elektros prietaisų ir apšvietimo prietaisų priimami pagal reikšmes, pateikiamas pastatų energetinio naudingumo standarte LST EN 16798-1:2019 (Lietuvos standartizacijos departamentas, 2019).

3 lentelė. Šilumos pritekų suvestinė

Zona / šilumos pritekiai	Žmonių, Nr./m ²	El. prietaisų, W/m ²	Apšvietimo, W/m ²
Darbo kambariai	0,1667	22,5	2
Komercinės patalpos	0,2	22,5	2
Recepcija	0,166	5	2
Susitikimų kambariai	0,5	5	2
Darbo virtuvėlės	0,4	7,5	2
Restoranas	1,1	5	2
Restorano virtuvė	0,1	135	2
Įėjimo holas	0,25	5	2

Remiantis visa anksčiau aprašyta projektine dokumentacija ir prielaidomis sudaryti 3 pastato modeliai:

Modelis Nr. 1 – pastatas su visomis patalpomis (1 paveikslas), modelio plotas – 16 720,2 m².

Modelis Nr. 2 – 1 ir 2 pastato aukštai su prekybos ir restorano paskirties patalpomis bei tipinis 3 aukštas (2 paveikslas). 3 aukštas yra skaičiuojamas su „multiplication“ (liet. padauginimo) funkcija, kurios metu IDA ICE programa pateikia viso 17 aukštų pastato rezultatus. Modelio plotas – 16 699,3 m².

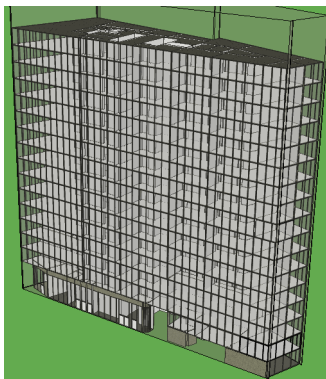
Modelis Nr. 3 – 1 ir 2 pastato aukštai su prekybos ir restorano paskirties patalpomis ir likę tipiniai aukštai, sumodeliuoti kaip viena zona (3 paveikslas). Modelio plotas – 18 813,9 m². Šildymo sezono metu aukšto zonoje palaikomas 21°C, o vasaros sezono metu – 24°C. Šilumos pritekiai nuo žmonių, apšvietimo ir el. prietaisų apskaičiuojami pagal toliau pateiktą formulę (1):

$$q_{vid} = \frac{\sum q \times A}{\sum A}, \quad (1)$$

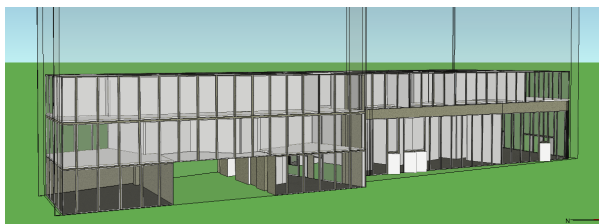
čia q_{vid} – vidutiniai vieno aukšto šilumos pritekiai; q – patalpos šilumos pritekiai nuo žmonių, el. prietaisų ar apšvietimo, °C; A – patalpos plotas.

Remiantis modeliu Nr. 1 apskaičiuoti šilumos pritekiai nuo žmonių yra 0,157 no./m², nuo apšvietimo – 2 W/m², o nuo el. prietaisų – 12,41 W/m². Analogiškai apskaičiuojamas ir tiekiamo oro kiekis, kuris yra 1,4 l/s · m².

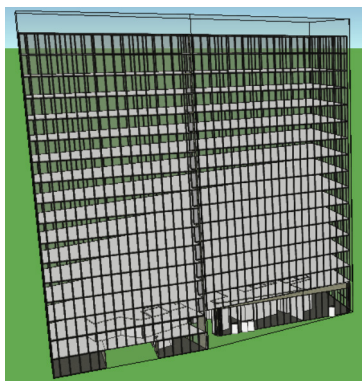
IDA ICE programa modeliuojamų modelių architektūriniai skirtumai pateikiami 1, 2 ir 3 paveiksluose. Modelyje Nr. 1 modeliuojamos visos patalpos, modelyje



1 paveikslas. Modelis Nr. 1 IDA ICE programoje



2 paveikslas. Modelis Nr. 2 IDA ICE programoje



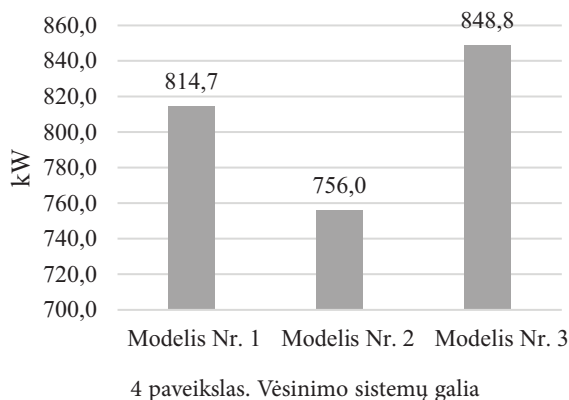
3 paveikslas. Modelis Nr. 3 IDA ICE programoje

Nr. 2 išskirtiniai aukštai ir tipinis 3 aukštas, o modelyje Nr. 3 išskirtiniai, 1 ir 2, aukštai bei tipinis aukštas, priimamas kaip viena zona.

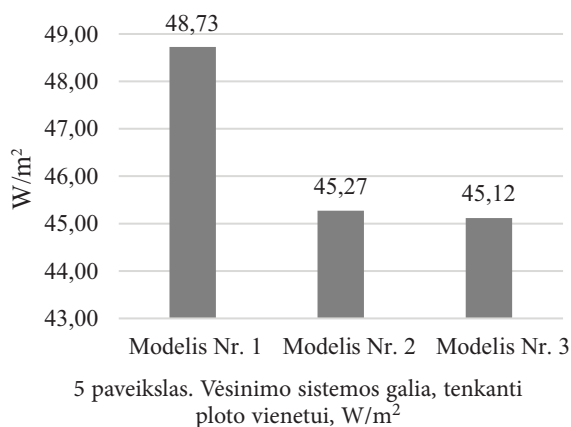
5. Rezultatai

Sumodeliavus pastatą IDA ICE programoje trimis skirtingais būdais gauti vėsinimo galių ir poreikių rezultatai. Modelių vėsinimo sistemų galia pateikiama 4 paveiksle. Modelio Nr. 1 vėsinimo galia lygi 814,7 kW, modelio Nr. 2 – 756,0 kW, o modelio Nr. 3 – 848,8 kW. Tarp modelio Nr. 1 ir Nr. 2 vėsinimo sistemų galių skirtumas yra 58,7 kW (7,2 proc.). Didžiausias vėsinimo sistemų galių skirtumas yra tarp modelio Nr. 2 ir Nr. 3, skirtumas lygus 92,8 kW arba 10,94 proc.

Toks skirtumas tarp vėsinimo sistemų galių galėjo atsirasti dėl skirtingo modelių bendro visų zonų ploto.



4 paveikslas. Vėsinimo sistemų galia



5 paveikslas. Vėsinimo sistemos galia, tenkanti ploto vienetui, W/m²

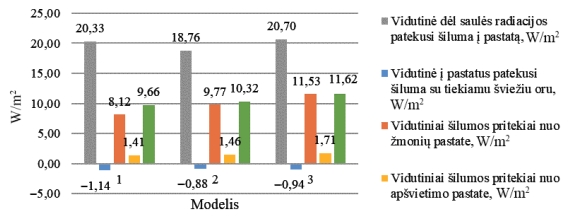
Vienam pastato ploto vienetui tenkanti vėsinimo sistemos galia skirtinguose modeliuose nežymiai skiriasi (5 paveikslas).

Iš 5 paveikslo matyti, kad didžiausia vėsinimo galia tenkanti vienam kvadratiniam metrui yra modelyje Nr. 1, o mažiausia – modelyje Nr. 3. Tarp šių modelių skirtumas yra 7,5 proc., o tarp modelių Nr. 2 ir Nr. 3 skirtumas nesiekia nė 1 proc.

Žvelgiant į vidutinius pastato šilumos pritekčius, tenkančius ploto vienetui (6 paveikslas), galima pastebėti keletą skirtumų. Vidutinė dėl saulės radiacijos į pastatą patekusi šiluma didžiausia modelyje Nr. 3 – 20,7 W/m², taip yra todėl, kad šiame modelyje nėra vidinių atitvarų. Mažiausia reikšmė yra modelyje Nr. 2 – 18,76 W/m², skirtumas tarp šių dviejų modelių yra 9,34 proc.

Vidutiniai šilumos pritekčiai nuo žmonių, apšvietimo ir el. prietaisų yra didžiausi modelyje Nr. 3. Šilumos pritekčiai nuo žmonių yra 29,56 proc. didesni nei modelyje Nr. 1 ir 15,27 proc. didesni nei modelyje Nr. 2. Pritekčiai nuo apšvietimo yra 17,63 proc. didesni nei modelyje Nr. 1 ir 14,7 proc. didesni nei modelyje Nr. 2. O šilumos pritekčiai nuo el. prietaisų yra 16,87 proc. didesni nei modelyje Nr. 1 ir 11,22 proc. didesni nei modelyje Nr. 2.

Tarp modelio Nr. 1 ir Nr. 2 šilumos pritekčių nuo žmonių skirtumas yra 16,86 proc., nuo apšvietimo – 3,43 proc., o nuo el. prietaisų – 6,36 proc. Tokie skirtumai

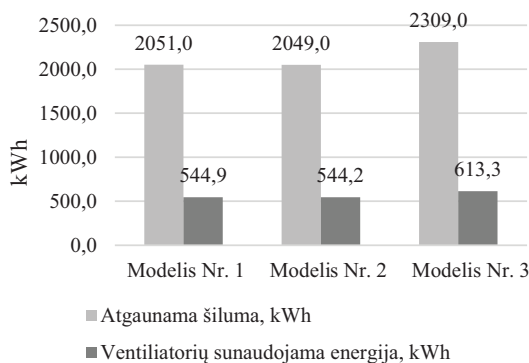


6 paveikslas. Šilumos pritekčių, tenkančių ploto vienetui, suvestinė, W/m²

tarp modelių galėjo atsirasti dėl tipinio aukšto modeliuojamo ploto skirtumų. Modeliuose Nr. 1 ir Nr. 2 aukšto plotas yra 1038,03 m², o modelyje Nr. 3 – 1179,0 m². Skirtumas tarp tipinių aukštų ploto yra 140,97 m² arba 13,58 proc. Taip pat modelyje Nr. 1 nuo 5 aukšto nežymiai skiriasi ir patalpų išdėstymas, dalis susitikimų kambarių ir biuro patalpų padidėjo bei pamažėjo recepcijų plotai. Šie tipinių aukštų skirtumai ir lemia šilumos pritekčių nuo žmonių, apšvietimo ir el. prietaisų skirtumus tarp modelių.

Modelis Nr. 1 išsiskiria ir vidutine į pastatą patekusia šiluma su tiekiamu šviežiu oru, kuris yra – 1,14 W/m². Šis skaičius yra beveik 22,78 proc. didesnis nei modelyje Nr. 2 ir 17,22 proc. didesnis nei modelyje Nr. 3. Tokį skirtumą lemia anksčiau aprašyti plotų skirtumai, nes visuose modeliuose yra nustatyta vienoda tiekiamo oro temperatūra – 22°C bei patalpų temperatūros, aprašytos 2 lentelėje. Modelyje Nr. 3 aukšto temperatūra parinkta pagal aukšte vyraujančias patalpas – pasitarimų kambarius ir biuro patalpas, kurių temperatūra žiemą yra 21 °C, o vasarą 24°C.

Visi modeliai yra sumodeliuoti taip, kad patalpų oro temperatūra nebūtų mažinama per vėdinimo sistemą (angl. *AHU cooling*). Oro ruošimo įrenginių atgaunamas šilumos kiekis ir ventiliatorių sunaudojamos energijos kiekis pateikiami 7 paveiksle.



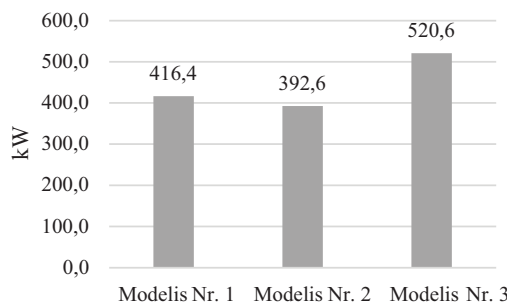
7 paveikslas. Atgaunamos šilumos ir ventiliatorių sunaudojamos energijos suvestinė

Iš 7 paveikslo matyti, kad modelių Nr. 1 ir Nr. 2 šilumokaičiuose atgaunamos šilumos ir ventiliatorių sunaudojamos energijos kiekis beveik sutampa, skiriasi labai nežymiai. Išsiskiria tik modelis Nr. 3, kuriame

atgaunamos šilumos ir ventiliatorių sunaudojamos energijos kiekis yra 12,58 proc. didesnis nei kituose modeliuose. Siekiant suprasti, ar toks vėdinimo variantas yra geresnis reikėtų atlikti sistemos ekonominę ir energetinę vertinimą.

IDA ICE simuliacijų metu pateikiamas prognozinis nepatenkintų žmonių skaičius didžiausio šilumos pašalinimo metu, modelyje Nr. 1, vėsinamose patalpose, šio rodiklio vidurkis yra 5,7 proc., modelyje Nr. 2 – 6,77 proc., o modelyje Nr. 3 – 6,72 proc. Tai parodo, kad didesnę dalis žmonių bus patenkinti patalpų mikroklimatu, patalpos nebus perkaitinamos ir jose bus palaidkomas tinkamas drėgmės lygis.

Vienas svarbiausių modeliavimo rezultatų yra pikinė vėsinimo galia, kuri svarbi parenkant vėsinimo sistemos įrangą, mat netinkamas parinkimas gali padidinti visos sistemos įrangos kainą ir sistemos energijos sąnaudas. IDA ICE modeliavimo rezultatų duomenys pateikti 8 paveiksle.



8 paveikslas. Pikinė vėsinimo sistemos galia

Pikinė vėsinimo sistemų galia yra didžiausia modelyje Nr. 3 ir mažiausia modelyje Nr. 2, skirtumas tarp jų yra 24,58 proc. Tarp modelio Nr. 1 ir Nr. 2 skirtumas yra tik 5,72 proc., o tarp modelio Nr. 1 ir Nr. 3 skirtumas – 20 proc. 20 proc. ir daugiau pikinės galios padidėjimas modelyje Nr. 3 atsiranda dėl modeliavimo tipo, kai aukštas modeliuojamas kaip 1 zona. Kad modelio Nr. 3 vėsinimo sistemos pikinė galia bus didžiausia, galima pastebėti ir anksčiau pateiktuose, 4 ir 6, paveiksluose, kuriuose pateikiama vėsinimo sistemų galia ir šilumos pritekiai, tenkantys ploto vienetui. Šie skaičiai visuose grafikuose yra didesni nei modelyje Nr. 1 ar modelyje Nr. 2.

6. Išvados

- IDA ICE programoje sumodeliavus pastatą trimis skirtingais būdais gauta pastato vėsinimo sistemos galia, kuri yra didžiausia modelyje Nr. 3, o mažiausia modelyje Nr. 2. Skirtumas tarp jų 10,94 proc. Pastato savitoji vėsinimo sistemos galia modeliuose Nr. 2 ir Nr. 3 nesiskiria. Didžiausias skai-

- čius – 48,73 W/m² – gautas modelyje Nr. 1. Taip yra dėl skirtingų modelių aukštų plotų.
2. Šilumos pritekiai, tenkantys ploto vienetui, dėl saulės radiacijos, žmonių, apšvietimo ir el. prietaisų pastate yra didžiausi modelyje Nr. 3. Bendra vidutinių pritekčių, tenkančių ploto vienetui, suma yra beveik 14 proc. didesnė nei modelyje Nr. 1 ir 11,6 proc. didesnė nei modelyje Nr. 2. Įtaką skirtumams daro vidinių atitvarų nebuvimas modelyje Nr. 3, taip pat tipinio aukšto modeliuojamo ploto skirtumas.
 3. Siekiant gauti kuo panašnesnius rezultatus modelyje Nr. 3 yra būtina šilumos pritekčius nuo žmonių, el. prietaisų ir apšvietimo bei tiekiamo oro kiekius perskaičiuoti pagal modeliuojamą aukšto plotą. To neatlikus modeliavimo rezultatai išsikraipo.
 4. Galima daryti išvadą, kad projektuotojams ir inžinieriams siekiant gauti kuo tikslesnius pastato modeliavimo rezultatus IDA ICE programoje reikia modeliuoti visus pastato aukštus su visomis patalpomis arba modeliuoti išskirtinius aukštus, o tipiniams aukštams kopijuoti reikia naudoti „multiplication“ funkciją. Tipinių aukštų kopijavimas su „multiplication“ funkcija mažina modelio kūrimo laiką ir trumpina rezultatų skaičiavimo laiką. Naudojant šią funkciją gauti rezultatai yra panašūs, skirtumas tarp jų nesiekia 10 proc. Didžiausi skirtumai tarp modelių Nr. 1 ir Nr. 2 rezultatų yra šilumos pritekiai nuo žmonių, kurie lygūs 16,86 proc. ir šilumos pritekiai su tiekiamu šviežiu oru, kurie lygūs 22,78 proc. Skirtumus lemia architektūriniai sprendiniai, kai nuo 5 aukšto nežymiai pasikeičia patalpų išdėstymas, sumažėja recepcijų plotai ir padidėja susirinkimų kambarių ir biuro patalpų plotai.
 5. Itin svarbus modelių palyginimo aspektas yra modeliavimo metu gautos pikinės vėsinimo galios, kurios modelyje Nr. 3 yra 20 proc. ir daugiau didesnės nei kituose modeliuose. Šis skirtumas daro įtaką vėsinimo sistemos įrangos dydžio nustatymui ir patalpoms vėsinti reikalingos energijos sąnaudoms. Dėl šios priežasties modelis Nr. 3 nėra pats tinkamiausias vėsinimo įrenginių dydžiui nustatyti.

Padėka

Nuoširdžiai dėkoju dr. Rasai Džiugaitei-Tumėnienei už pagalbą ruošiant straipsnį ir kuriant modelius.

Literatūra

- Del Ama Gonzalo, F., Moreno, B., & Burgos, M. J. M. (2023). Assessment of building energy simulation tools to predict heating and cooling energy consumption at early design stages. *Sustainability*, 15(3), Article 1920. <https://doi.org/10.3390/su15031920>
- EQUA. (n.d.). IDA ICE. <https://www.equa.se/en/ida-ice>
- Kalamees, T. (2004). IDA ICE: *The simulation tool for making the whole building energy – and HAM analysis*. (Annex 41 MOIST-ENG. Working meeting). Zürich Switzerland. www.academia.edu. https://www.academia.edu/en/12492239/IDA_ICE_the_simulation_tool_for_making_the_whole_building_energy_and_HAM_analysis
- Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija. (2009). *Įsakymas dėl Lietuvos higienos normos HN 42:2009 „Gyvenamųjų patalpų ir visuomeninių patalpų mikroklimatas“ patvirtinimo* (2009, gruodžio 29, Nr. V-1081). <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.362676>
- Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija. (2003). *Įsakymas dėl higienos normos HN 69:2003 „Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametru norminės vertės ir matavimo reikalavimai“ patvirtinimo* (2003, gruodžio 24, Nr. V-770). <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.230880>
- Lietuvos standartizacijos departamentas. (2019). *Pastatų energinis naudingumas. Pastatų vėdinimas. 1 dalis. Pastatų energinio naudingumo projektavimo ir vertinimo vidaus aplinkos įvesties parametrai, susiję su patalpų oro kokybe, šilumine aplinka, apšvietimu ir akustika. M1-6 modulis*. (LST EN 16798-1:2019)
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2016). *Įsakymas dėl statybos techninio reglamento STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ patvirtinimo* (2016, lapkričio 11, Nr. D1-754). <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/15767120a-80711e68987e8320e9a5185>
- Motuzienė, V., & Juodis, E. (2010). Simulation based complex energy assessment of office building fenestration. *Journal of Civil Engineering and Management*, 16(3), 345–351. <https://doi.org/10.3846/jcem.2010.39>
- Santamouris, M. (2016). Cooling the buildings – past, present and future. *Energy and Buildings*, 128, 617–638. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.07.034>

COMPARISON OF BUILDING COOLING CAPACITIES MODELLED IN DIFFERENT WAYS USING IDA ICE PROGRAM

R. MAKSIMAVIČIŪTĖ, A. ROGOŽA

Abstract. The aim of this paper is to investigate how the IDA ICE building simulation produces the most accurate results for cooling capacities and sub-needs, and what are the main differences between the models. The paper is based on an office building at 59 Lvivo Street, Vilnius, for which 3 models have been developed. Model 1 is a building with all the rooms, model 2 is modelled with exclusive floors and a typical office floor which is replicated using the multiplication function, model 3 is modelled with exclusive floors and the typical floor

is created as a single area. The building simulation results in the power and heat gains per unit area of the building cooling system, which are highest in model 3. The results of models 1 and 2 are similar, with differences often less than 10%, and the difference in heat gains due to occupants or fresh air supply are due to the non-significant change in the layout of the typical floor. The most important aspect of the model comparison is the peak cooling capacity, which shows the real difference between the models and is crucial for the selection of ventilation system equipment. The difference in peak power between Models 1 and 2 is 6%, while between Models 3 and 2 it is 25%. This shows that the most accurate data is obtained for Models 1 and 2.

Keywords: IDA ICE, cooling modelling, building cooling demand, heat gains.