

SKIRTINGŲ ŠILUMNEŠIŲ VĖSINIMO SISTEMŲ TAIKYMO
BIURŲ PASTATE ANALIZĖRasa Kanapienytė¹, Kęstutis Čiuprinskas²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹r.kanapienyte@gmail.com; ²kestutis.ciuprinskas@vgtu.lt

Santrauka. Tipinio administracinio pastato pavyzdžiu nagrinėjamos skirtingų šilumnešių vėsinimo sistemos. Atsižvelgiant į šilumnešio tipą suprojektuotos ventiliatorinių konvektorių, aktyviųjų šalčio sijų, freoninė ir orinė vėsinimo sistemos. Atlikti hidrauliniai ir aerodinaminiai skaičiavimai, įvertintos sistemų pradinės investicijos, apskaičiuotos energijos sąnaudos ir eksploatacijos išlaidos. Ekonominio skaičiavimo metu buvo įvertintas sistemų atsipirkimo laikas ir atlikta elektros kainų jautrumo analizė. Šio tyrimo rezultatai rodo, kokia sistema yra tinkama biurų pastatams pagal efektyvų elektros energijos naudojimą ir pradines investicijas.

Reikšminiai žodžiai: vėsinimas, šilumnešiai, ventiliatoriniai konvektoriai, orinė sistema, freoninė sistema, aktyviųjų šalčio sijų vėsinimo sistema.

Įvadas

Oro kondicionavimo sistemos leidžia sukurti komfortinę aplinką patalpose: tinkamą oro temperatūrą, santykinę drėgmę, švarų ir sveiką orą, t. y. aplinką, kurioje galima gerai jaustis, būti aktyvesniems, kūrybingesniems ir darbingsniems. Tačiau dėl vis didėjančių išlaidų elektros energijai, vėsinimo sistemos naudojamos tik tada, kai tai būtina pagal higienos ir technologinius reikalavimus, o pastato architektūra ir konstrukcija turi būti tokia, kad galėtų užtikrinti minimalius patalpų oro parametrus (Thermal... 1981).

Šiuolaikiniuose biurų pastatuose daugiausia energijos suvartojama šildymui ir vėsinimui. Vėsinimo poreikis padidėjo dėl to, kad dauguma statomų administracinių patalpų yra A klasės (*Statistikos departamento...* 2007), kai oro kondicionavimas privalomas. Tai lemia vis didėjantys mikroklimato kokybės reikalavimai, didesni šilumos pritekėjimai į patalpas dėl didelio stiklinių fasadų ploto, šilumos išsiskyrimai dėl naudojamos įrangos. Pastatuose įrengtos oro kondicionavimo sistemos yra brangios ir reikalauja daug energijos. Šių sistemų įrengimo išlaidos administraciniuose pastatuose sudaro 8–12 % visų statybos ir montavimo išlaidų, o eksploataavimo – iki 30–50 % bendrųjų pastatų išlaidų (Juodis 2008; Isevičius 2007).

Oro kondicionavimo sprendimai gali būti skirtingi ir kiekvienas jų turi skirtingus investicinius ir eksploatacinius rodiklius. Šio darbo tikslas yra išnagrinėti ir palyginti skirtingų oro kondicionavimo sistemų šilumnešių lemiamus sprendimus.

Visos analizuojamos sistemos tinka pastatuose su daug zonų, kuriose yra skirtingi mikroklimato parametrai, taip

pat tiksliai palaikoma patalpos oro temperatūra ir greitai reaguojama į pasikeitimus dėl šilumos pritekėjimų į patalpas arba valdymo pasikeitimus (*Spec* 2005).

Sistemos tarpusavyje skiriasi: pagal šilumnešių tipus, jų tekėjimo pobūdį sistemose, vidinę ir išorinę įrangą.

Vandeninės ventiliatorinių konvektorių sistemos trūkumai, palyginti su kitomis analizuojamomis sistemomis, yra tokie, kad sistemoje cirkuliuoja žemų parametrų šaltnešis (vandens ir etilenglikolio mišinys) 7–12 °C ir kiekvienas vidinis sistemos įrenginys turi papildomus oro filtrus ir ventiliatorius, kurie didina ne tik eksploatacines išlaidas, bet ir išlaidas už elektros energiją (*Energy Books* 2003). Sistemos įranga ir šaltnešio tekėjimo pobūdis, palyginti su kitomis sistemomis, yra nesudėtingas, kadangi šaldymo agregate paruoštas šaltnešis iškart teka į vidinius įrenginius, iš kurių tiekama vėsa į patalpas, o vandeninių aktyviųjų šalčio sijų sistemoje reikia montuoti maišymo vožtuvą, kuris atskiria tekančius skirtingų temperatūrų srautus. Pirmajame kontūre iš išorinio vėsinimo įrenginio teka paruoštas 7–12 °C temperatūros šaltnešis (vandens ir etilenglikolio mišinys), o antrajame kontūre – 16–19 °C temperatūros vanduo, tekantis į vėdinimo agregato vėsinimo sekciją ir į vidinius sistemos įrenginius (*Buildings magazine* 2008).

Aktyviųjų šalčio sijų ir orinė oro kondicionavimo sistemos nuo kitų skiriasi tuo, kad jos kartu patalpose gali užtikrinti ne tik vėsinimo, bet ir vėdinimo funkcijas. Sistemos yra projektuojamos su vėdinimo ir vėsinimo įrenginiais. Sistemoje cirkuliuojantis šaltnešis yra daug aukštesnių pa-

rametų, negu vandeninės sistemos, o tai lemia aukštesnį sistemos energetinį efektyvumą (Roth 2007).

Kintamojo šaldymo agento srauto (VRV) sistema, lyginant su kitomis sistemomis, skiriasi pagal įrangos išdėstymą, kadangi sistema vėsa aprūpinama keturiais išoriniais įrenginiais, kurie turi po 9 ar 8 vidinius blokus. Sistemos freono tekėjimo vamzdelių skersmuo yra mažiausias iš visų keturių nagrinėjamų sistemų.

Orinė sistema skiriasi nuo kitų tuo, kad jos išoriniame vėdinimo įrenginyje komplektuojama aušintuvo sekcija, kurioje oras atvėšinamas tekančiu vandens ir etilenglikolio mišiniu ir tiesiogiai tiekiamas į patalpas. Lyginant su vandeninėmis ir freoninėmis sistemomis, šios sistemos ortakiai yra daug didesni, todėl jiems įrengti reikia didesnio patalpos ploto (Bagdanavičius 2006).

Tiek orinė, tiek vandeninė ventiliatorinių konvektorių vėsinimo sistemos išsiskiria didesniu triukšmo lygiu, nei freoninė ir vandeninė aktyviųjų šalčio sijų vėsinimo sistemos.

Tyrimo tikslas ir objektas

Tyrimo tikslas – ištirti suprojektuotas keturias oro kondicionavimo sistemas, kuriose yra skirtingi šilumnešiai, ir nustatyti, kuo jos tarpusavyje skiriasi. Šiam tikslui pasirinktas tipinis biurų pastatas, kurio pavyzdžiu ir buvo suprojektuotos analizuojamosios sistemos.

Tyrimo objektas – tipinis biurų dviaukštis administracinis pastatas (su stikliniu fasadu, pailgos formos, su bendru koridoriumi per visą pastato ilgį, kuriame darbo kabinetai išdėstyti į dešinę ir į kairę pusę jo atžvilgiu).

Tyrimas atliktas pagal turimą projektą. Skaičiavimai atlikti antrajam pastato aukštui, kurio naudingasis plotas yra 1159 m², kadangi atsižvelgiant į pirmajame aukšte esančių patalpų paskirtį vėsinimas nėra privalomas. Bendra pastato vėsinimo galia yra 114,5 kW. Ji buvo nustatyta DAIKIN vėsinimo programa (DAIKIN „Šalčio galios nustatymas sustambintais rodikliais“)

Vandeninė ventiliatorinių konvektorių oro kondicionavimo sistema

Pagrindiniai sistemos elementai yra 114,5 kW oru aušinamas vėsinimo įrenginys DAIKIN EWAQ100-DAYN (elektrinė galia 30,7 kW), montuojamas ant pastato stogo, kuris vėsina vandens ir etilenglikolio (40 %) mišinį; dviejų tipų (FWB ir FWL) sienų, lubų ventiliatoriniai konvektoriai ir juos jungiantys plieniniai skirstomieji ir drenažiniai vamzdžiai su reguliuojamąja ir uždaromąja armatūra.

Tiekiamojo skysčio temperatūra yra 7 °C, o grąžinamojo – 12 °C, temperatūrų skirtumas sudaro 5 °C.

Sistema projektuota Vilniaus m. lauko oro sąlygoms: oro temperatūra 26,1 °C, santykinis drėgnis 70 %/53,2 kJ/kg (RSN 156–94 1994).

Vėsa patalpoms perduodama ventiliatoriniais konvektoriais, tvirtinamais prie sienų ir lubų. Aukšte jų yra suprojektuota 53. Ventiliatorinių konvektorių suminė vėsinimo galia yra 107,2 kW, elektrinė galia – 7,89 kW. Vidutinė vieno įrenginio vėsinimo galia – 2,02 kW.

Sistemos tiekimo linijos hidraulinis pasipriešinimas yra 6,52 kPa, grąžinimo – 7,85 kPa (Paulauskienė 2000; Pekus 2004). Sistemai parinktas cirkuliacinis siurblys GRUNDFOS TP 80-270/4, kurio nominali elektrinė galia yra 5,47 kW.

Bendros sistemos investicijos su vamzdžių ir įrenginių montavimu yra 300 518 Lt.

Vandeninė aktyviųjų šalčio sijų vėsinimo sistema

Pagrindiniai sistemos elementai yra 127,7 kW oru aušinamas vėsinimo įrenginys DAIKIN EWAQ100-DAYN (elektrinė galia 30,7 kW), montuojamas ant pastato stogo, kuris vėsina vandens ir etilenglikolio (40 %) mišinį, aktyvios vėsinimo sijos, montuojamos pakabinamosiose lubose, plieniniai vamzdžiai ir reguliuojamoji bei uždaromoji armatūra.

Sistemoje suprojektuota 114 aktyviųjų vėsinamųjų sijų (Polaris-I-60). Vidinių įrenginių suminė vėsinimo galia – 106,2 kW.

Tiekiamojo šaltnešio temperatūra yra 16 °C, grąžinamojo – 19 °C.

Sistemos tiekimo linijos hidraulinis pasipriešinimas yra 6,4 kPa, grąžinimo – 8,7 kPa (Paulauskienė 2000; Pekus 2004). Sistemai parinkti du cirkuliaciniai siurbliai: vienas siurblys išorinei sistemai – GRUNDFOS TP 50-180/2 (nominali elektrinė galia 0,876 kW) ir antrasis vidinei sistemai – NB 40-160/167.2, kurio nominali elektrinė galia 1,04 kW.

Bendros sistemos investicijos, įskaitant vamzdžių ir įrenginių montavimą, yra 602 417 Lt.

Kintamojo šaldymo agento srauto (VRV) sistema

Pastatui suprojektuota DAIKIN VRV (angl. *variable flow rate*) sistema, kurią sudaro išoriniai įrenginiai, vidiniai blokai ir juos jungiantys variniai vamzdžiai su armatūra bei kondensato šalinimo sistema. Naudojamas šaldymo agentas – freonas R410A.

Sistemoje suprojektuoti 4 išoriniai įrenginiai: vienas RXQ12P tipo ir trys RXQ18P tipo, bendra įrenginių nominali šaldymo galia yra 115 kW, o elektrinė galia – 36,66 kW. Išoriniai blokai montuojami ant stogo.

Projektuojamajame pastate yra 35 vidiniai VRV sistemos blokai. Prie šių vidinių blokų dar papildomai komplektuojami kondensato siurbliai.

Bendros sistemos investicijos su vamzdžių ir įrenginių montavimu yra 604 562 Lt.

Orinė oro kondicionavimo sistema

Orinę sistemą sudaro oro tiekimo ir šalinimo įrenginys FLAKTWOODS EU 64 ir 114,5 kW oru aušinamas vėsinimo įrenginys DAIKIN EWAQ100DAYN (elektrinė galia 30,7 kW), montuojamas ant pastato stogo, apvalūs cinkuoto plieno ortakiai, vidiniai oro tiekimo difuzoriai ir oro šalinimo grotelės bei armatūra.

Šioje sistemoje šilumnešis yra oras. Laikoma, kad temperatūrų skirtumas tarp oro srovės ir veiklos zonos 6 °C, todėl tiekiamojo oro temperatūra yra 18,5 °C, o lauko oro temperatūra – 26,1 °C.

Vasaros metu į patalpas tiekiamo ir šalinamo oro kiekiai yra 56 738 m³/h.

Oras į patalpas tiekiamas ir iš jų ištraukiamas „Halton“ skleistuvais ir ištraukimo grotelėmis. Iš viso sistemoje yra 50 oro tiekimo difuzorių su prijungimo prie ortakių dėžėmis ir 71 oro šalinimo grotelė, kurios montuojamos pačiuose ortakiuose.

Oro tiekimo sistemos aerodinaminis pasipriešinimas yra 392 Pa, o šalinimo – 393 Pa.

Sistemai parinktas cirkuliacinis siurblys „TP 50-180/2“, kurio nominali elektrinė galia yra 0,876 kW.

Bendros sistemos investicijos, įskaitant vamzdžių ir įrenginių montavimą, yra 282 036 Lt.

Energijos sąnaudų ir eksploatacinių išlaidų skaičiavimo metodika

Skaičiuojant energijos sąnaudas ir eksploatacines išlaidas laikoma, kad visos nagrinėjamosios sistemos šiltuoju metų laikotarpiu, gegužės–rugsėjo mėnesiais, veikia 102 dienas po 10 valandų per parą ir po 5 dienas per savaitę.

Visose sistemose atliekant skaičiavimus įvertintas vėsos generavimas ir tiekimas.

Pagal EECCAC (Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners) duomenis (*Energy Efficiency...* 2003), Europoje sezoninis vėsinimo įrangos veikimo efektyvumas (ESEER) nustatomas laikant, kad vėsinimo sistemos maksimalia galia veikia vidutiniškai 3 % viso vėsinimo laiko; 75 % galia – 33 %, 50 % galia – 41 % ir 25 % galia – 23 % visos veikimo trukmės. Įrenginio veikimo efektyvumai esant tam tikroms apkrovoms EER nustatomi eksperimentiškai, o ESEER apskaičiuojamas pagal tokią formulę (1):

$$ESEER = EER_{100\%} \cdot 3\% + EER_{75\%} \cdot 33\% + EER_{50\%} \cdot 41\% + EER_{25\%} \cdot 23\%, \quad (1)$$

čia $EER_{100\%}$, $EER_{75\%}$, $EER_{50\%}$, $EER_{25\%}$ – įrenginio veikimo efektyvumas esant tam tikrai apkrovai.

Šiame darbe pastato energijos poreikis vėsinimui nustatytas remiantis standartinėmis sistemų apkrovos ir trukmės sąlygomis.

Eksploatacijos išlaidos šiuo atveju apskaičiuojamos taip:

$$n = \left(\frac{Q_{100\%}}{EER_{100\%}} + \frac{Q_{75\%}}{EER_{75\%}} + \frac{Q_{50\%}}{EER_{50\%}} + \frac{Q_{25\%}}{EER_{25\%}} \right) \cdot n_{el}, \quad (2)$$

čia n – vėsinimo sistemos išlaidos per eksploatacijos laikotarpį, Lt; n_{el} – elektros energijos kaina, Lt/kWh; $Q_{100\%}$, $Q_{75\%}$, $Q_{50\%}$, $Q_{25\%}$ – vėsos poreikis patalpoms vėsinti, kai apkrovimas yra 100 %, 75 %, 50 % ir 25 %, kWh.

Vėsos poreikis apskaičiuojamas pagal formules:

$$Q_{100\%} = P_{100\%} \cdot 0,03 \cdot t_{vs}, \quad (3)$$

$$Q_{75\%} = P_{75\%} \cdot 0,33 \cdot t_{vs}, \quad (4)$$

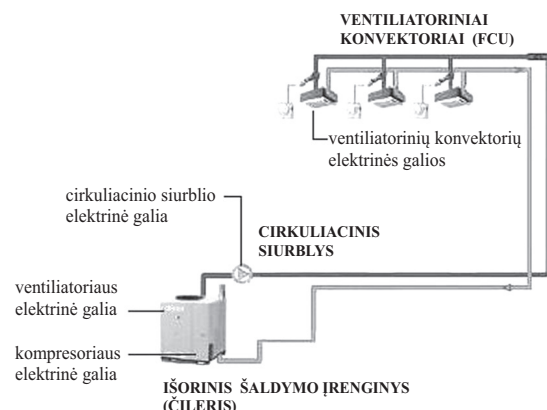
$$Q_{50\%} = P_{50\%} \cdot 0,41 \cdot t_{vs}, \quad (5)$$

$$Q_{25\%} = P_{25\%} \cdot 0,23 \cdot t_{vs}, \quad (6)$$

čia $P_{100\%}$, $P_{75\%}$, $P_{50\%}$, $P_{25\%}$ – vėsinimo galia, reikalinga patalpoms vėsinti, kai apkrovimas yra 100, 75, 50 ir 25 %, kW; t_{vs} – vėsinimo trukmė per skaičiuojamąjį laikotarpį, h.

Vandeninės ventiliatorinių konvektorių sistemos (1 pav.) energijos sąnaudų ir eksploatacinių išlaidų skaičiavimas

Sistemos elektros sąnaudas sudaro cirkuliacinio siurblio (5,47 kW), ventiliatorinių konvektorių (7,89 kW) ir išoriniame šaldymo įrenginyje esančių ventiliatoriaus ir kompresoriaus suminės elektrinės galios (30,7 kW).



1 pav. Vandeninės ventiliatorinių konvektorių sistemos principinė schema

Fig. 1. The main scheme of the system for fan coil units

EER perskaičiuojamas įvertinant cirkuliacinio siurblio ir ventiliatorinių konvektorių elektros sąnaudas:

$$EER = \frac{Q_{iš. jr}}{Q_{iš. jr. el.} + Q_{cirk. el.} + Q_{vent. konv. el.}}, \quad (7)$$

čia $Q_{iš. jr}$ – išorinio šaldymo įrenginio apkrovimas, kW; $Q_{iš. jr. el.}$ – išorinio šaldymo įrenginio elektrinė galia, esant atitinkamam apkrovimui, kW; $Q_{cirk. el.}$ – cirkuliacinio siurblio elektrinė galia, esant atitinkamam išoriniam šaldymo įrenginio apkrovimui, kW; $Q_{vent. konv. el.}$ – ventiliatorinių konvektorių elektrinė galia esant atitinkamam išoriniam šaldymo įrenginio apkrovimui, kW.

Vandeninės aktyviųjų šalčio sijų sistemos (2 pav.) energijos sąnaudų ir eksploatacinių išlaidų skaičiavimas

Sistemos elektros sąnaudos susideda iš cirkuliacinių siurblių (0,876 kW ir 1,04 kW) ir išoriniame vėsinimo įrenginyje esančių ventiliatoriaus bei kompresoriaus suminių elektrinių galių (30,7 kW).



2 pav. Vandeninės aktyviųjų vėsinamųjų sijų sistemos principinė schema

Fig. 2. The main scheme of the system for active chilled beams

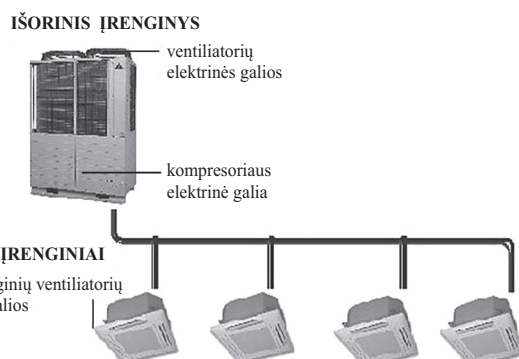
EER perskaičiuojamas įvertinant cirkuliacinius siurblius:

$$EER = \frac{Q_{iš. jr}}{Q_{iš. jr. el.} + Q_{vid. sist. cirk. el.} + Q_{iš. sist. cirk. el.}}, \quad (8)$$

čia $Q_{iš. jr}$ – išorinio šaldymo įrenginio apkrovimas, kW; $Q_{iš. jr. el.}$ – išorinio šaldymo įrenginio elektrinė galia esant atitinkamam apkrovimui, kW; $Q_{vid. sist. cirk. el.}$ – vidinės aktyviųjų šalčio sijų vėsinimo sistemos cirkuliacinio siurblio elektrinė galia, esant atitinkamam išoriniam šaldymo įrenginio apkrovimui, kW; $Q_{iš. sist. cirk. el.}$ – išorinės aktyviųjų šalčio sijų vėsinimo sistemos cirkuliacinio siurblio elektrinė galia, esant atitinkamam išorinio šaldymo įrenginio apkrovimui, kW.

Freoninės vėsinimo sistemos (3 pav.) energijos sąnaudų ir eksploatacinių išlaidų skaičiavimas

Freoninės sistemos elektros energijos sąnaudas sudaro vėsinimo įrenginių (36,66 kW) ir kondensato šalinimo siurblių



3 pav. Freoninės vėsinimo sistemos principinė schema

Fig. 3. The main scheme of the system for variable refrigerant volume

elektrinės galios (0,63 kW). Vidinių blokų ventiliatorių elektrinės galios yra įvertintos išoriniuose vėsinimo įrenginiuose kartu su jų elektrinėmis galiomis.

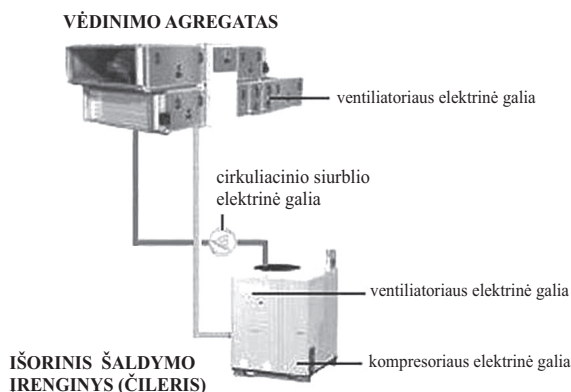
Šioje sistemoje EER perskaičiuojamas įvertinant išorinius vėsinimo įrenginius ir kondensato siurblius:

$$EER = \frac{Q_{iš. jr}}{Q_{iš. jr. el.} + Q_{kond. nuv. siurbl. el.}}, \quad (9)$$

čia $Q_{iš. jr}$ – išorinio šaldymo įrenginio apkrovimas, kW; $Q_{iš. jr. el.}$ – išorinio šaldymo įrenginio elektrinė galia esant atitinkamam apkrovimui, kW; $Q_{kond. nuv. siurbl. el.}$ – kondensato šalinimo siurblių elektrinės galios esant atitinkamam išorinio šaldymo įrenginio apkrovimui, kW.

Orinės vėsinimo sistemos (4 pav.) energijos sąnaudų ir eksploatacinių išlaidų skaičiavimas

Suminė orinės sistemos elektrinė galia susideda iš cirkuliacinio siurblio (0,876 kW), vėdinimo įrenginio ventiliatoriaus (27,76 kW) ir išoriniame šaldymo įrenginyje esančių ventiliatoriaus ir kompresoriaus suminių elektrinių galių (30,7 kW).



4 pav. Orinės vėsinimo sistemos principinė schema

Fig. 4. The main scheme of the air cooling system

EER perskaičiuojamas įvertinant cirkuliacinį siurblių ir vėdinimo įrenginio ventiliatorių:

$$EER = \frac{Q_{iš. jr}}{Q_{iš. jr. el.} + Q_{cirk. el.} + Q_{oro. vent.}}, \quad (10)$$

čia $Q_{iš. jr}$ – išorinio šaldymo įrenginio apkrovimas, kW; $Q_{iš. jr. el.}$ – išorinio šaldymo įrenginio elektrinė galia esant atitinkamam apkrovimui, kW; $Q_{cirk. el.}$ – cirkuliacinio siurblio elektrinė galia esant atitinkamam išoriniam šaldymo įrenginio apkrovimui, kW; $Q_{oro. vent.}$ – vėdinimo įrenginio ventiliatoriaus elektrinė galia esant atitinkamam išorinio įrenginio apkrovimui, kW.

5. Eksploatacinių išlaidų nustatymas 20 metų laikotarpiui

Visų sistemų analizė atliekama laikant, kad orinė oro kondicionavimo sistema yra pagrindinė pastate esanti sistema.

Išlaidos elektrai yra vertinamos be pridėtinės vertės mokesčio (PVM). Numatoma elektros kaina yra 0,308 Lt/kWh (Lesto 2011). Vertinimas numatomas 20 metų laikotarpiui, kadangi toks yra gerai prižiūrimų sistemų naudojimo laikas.

Išlaidos apskaičiuojamos taikant diskonto koeficientą, kuris nusako pinigų vertės mažėjimą laiko atžvilgiu. Kasmetinė sistemų priežiūra į skaičiavimus neįtraukta.

Diskonto koeficientas apskaičiuojamas pagal (11) formulę:

$$k_d = \frac{1}{(1+k)^n} = (1+k)^{-n} \leq 1, \quad (11)$$

čia k – diskonto norma, kuri laikoma 6 %; n – vertinamas periodas.

Atliekant skaičiavimus vertintas tikrasis ir paprastasis atsipirkimo laikai.

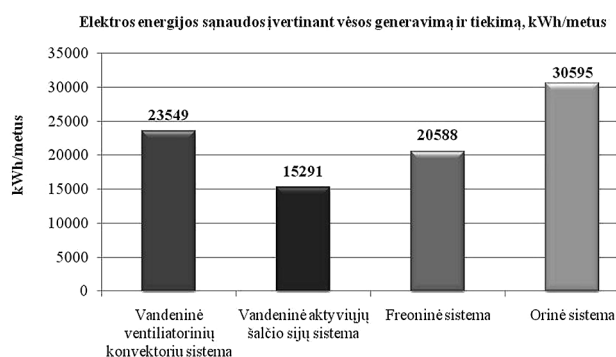
Rezultatai

Norint apibendrinti rezultatus lyginamos visos sistemos: orinė vėsinimo sistema, vandeninė ventiliatorinių konvektorių sistema, vandeninė aktyviųjų šalčio sijų ir kintamojo srauto freoninė sistemos.

Lyginant metines sistemų elektros energijos sąnaudas vėsinamuoju laikotarpiu (5 pav.) nustatyta, kad esant toms pačioms sąlygoms daugiausia elektros energijos sunaudoja orinė vėsinimo sistema (30 595 kWh), o mažiausia – vandeninė aktyviųjų šalčio sijų vėsinimo sistema – 15 291 kWh.

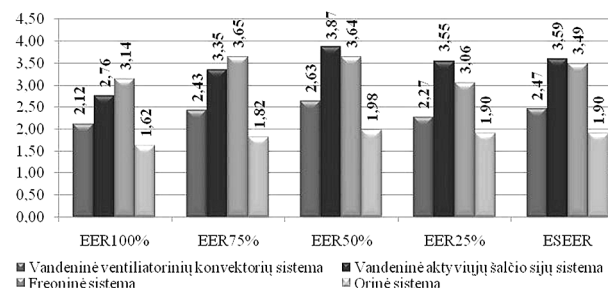
6 pav. tarpusavyje palyginti keturių sistemų sezoninio įrangos veikimo efektyvumo (ESEER) ir veikimo efektyvumo, priklausomai nuo apkrovimo pobūdžio, (EER) koeficientai.

Iš gautų rezultatų matyti, kad daugiau energijos galima sutaupyti ir efektyviau ją panaudoti, naudojant vandeninę aktyviųjų šalčio sijų sistemą, kadangi šios sistemos ESEER



5 pav. Elektros energijos sąnaudų palyginimas

Fig. 5. A comparison of energy expenditures



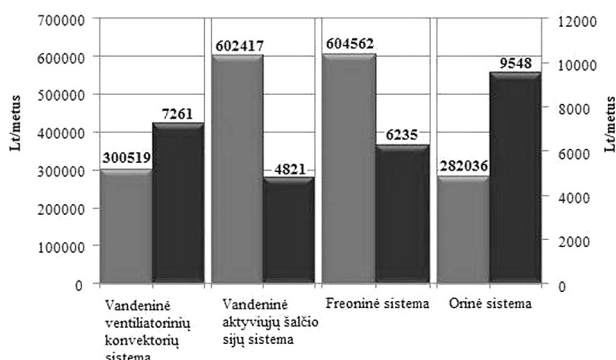
6 pav. ESEER ir EER koeficientų palyginimas

Fig. 6. A comparison of ESEER and EER coefficients

yra didžiausias, o kuo šis koeficientas didesnis, tuo geresnė sistema. Iš grafiko matyti, kad mažėjant šaldymo įrenginio atitinkamam apkrovimui EER koeficientai didėja, tačiau pasiekę 25 % apkrovimą vėl mažėja.

Šiuo atveju daugiausia elektros energijos suvartoja orinė oro kondicionavimo sistema, nes jos įrangos veikimo efektyvumo koeficientas yra mažiausias iš visų nagrinėjamų sistemų.

7 pav. pavaizduotos tarpusavyje palygintos metinės kainos, įvertinant pradinės sistemų investicijas, montavimo darbus ir elektros išlaidas. Didžiausios išlaidos pagal pradinės investicijas yra freoninės sistemos, kurios investicijos siekia 604,6 tūkst. Lt, o mažiausios – orinės sistemos, kurios investicijos sudaro 282 tūkst. Lt.



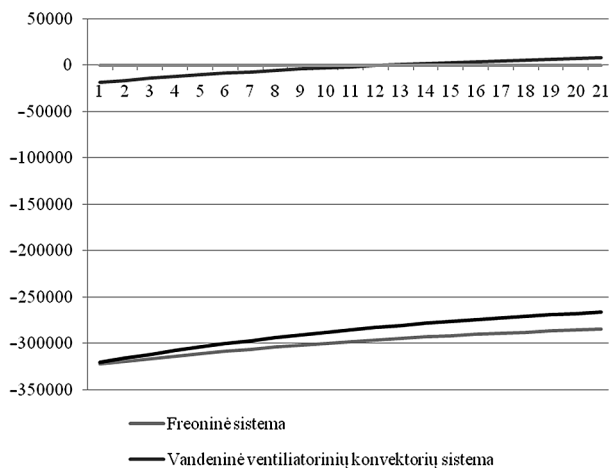
7 pav. Pradinių investicijų ir eksploatacijos kainų palyginimas

Fig. 7. A comparison of initial investments and operating costs

Pagal elektros išlaidas, įvertinant vėsos generavimą ir tiekimą, didžiausios išlaidos tenka orinei sistemai (9,5 tūkst. Lt), o mažiausios – vandeninei aktyviųjų šalčio sijų sistemai (4,8 tūkst. Lt).

8 pav. lyginamos visos keturios analizuojamosios vėsinimo sistemos, atsižvelgiant į jų tikrąjį atsipirkimo laiką. Lyginant sistemas laikoma, kad orinė sistema yra jau esama pastato oro vėsinimo sistema, o kitos sistemos – alternatyvūs šios suprojektuotos sistemos variantai.

Atlikus skaičiavimus buvo gauti tokie rezultatai.



8 pav. Sistemų tikrojo atsipirkimo periodų palyginimas

Fig. 8. A comparison of the real pay-back time of the systems

Kadangi orinė oro kondicionavimo sistema jau suprojektuota, į ją investuotos lėšos, todėl ji neneša pelno. Lyginant orinę vėsinimo sistemą su vandenine ventiliatorių konvektorių sistema matyti, kad orinės sistemos investicijos yra mažesnės, tačiau eksploatacinės išlaidos didesnės. Iš grafiko matyti, kad sistemų investicijos ir eksploatacinės išlaidos po 12 metų susilygina, vadinasi, sistema atsipirka ir toliau 8 metus dirba pelningai.

Freoninė ir aktyviųjų šalčio sijų sistemos, lyginant su orine vėsinimo sistema, per 20 metų laikotarpį neatsiperka.

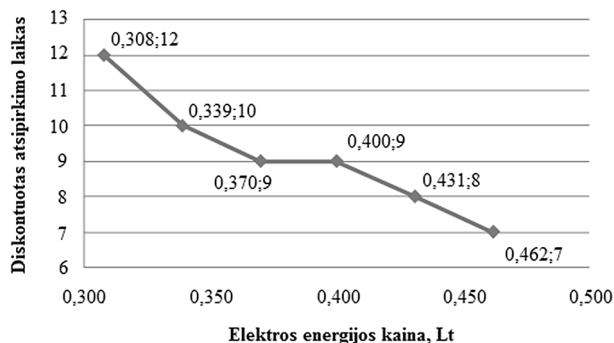
Jautrumo analizė

Jautrumo analizės skaičiavimo metodu įvertinama vieno veiksnio įtaka visoms analizuojamoms sistemoms, o ryšiai tarp atskirų veiksnių nevertinami. Ji skirta ištirti, kaip optimalus sprendinys priklauso nuo tiriamojo koeficiento pokyčio.

Jautrumo analizė atliekama keičiant elektros energijos kainą ir stebint, kaip kinta diskontuotas sistemų atsipirkimo laikas (9 pav.).

Elektros energijos kaina padidinama 10, 20, 30, 40 ir 50 % ir stebima, kada sistemos atsipirks didėjant kainai.

Šiuo atveju kaip ir pagal ekonominius skaičiavimus atsipirka tik viena ventiliatorių konvektorių sistema, todėl atliekant jautrumo analizę vertinamas tik šios sistemos diskontuotas atsipirkimo laikas:

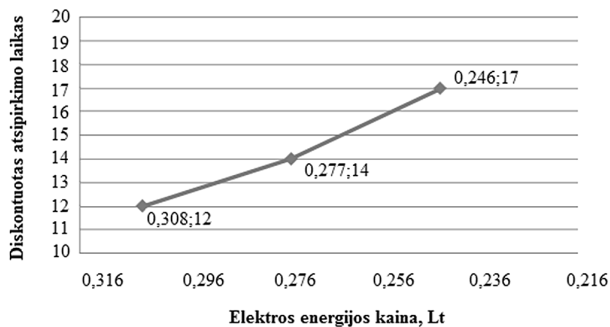


9 pav. Elektros energijos kainos didėjimo įtaka diskontuotam atsipirkimo laikui

Fig. 9. The influence of an increase in electricity prices on discounted pay-back time

Iš gautų rezultatų matyti, kad didėjant elektros energijos kainai diskontuotas atsipirkimo laikas mažėja (10 pav.). Elektros energijos kainai padidėjus 0,15 Lt, diskontuotas sistemos atsipirkimo laikas sumažėja 5 metais.

Elektros energijos kaina sumažinama 10, 20 % ir stebima, kada sistemos atsipirks mažėjant kainai:



10 pav. Elektros energijos kainos mažėjimo įtaka diskontuotam atsipirkimo laikui

Fig. 10. The influence of a decrease in electricity prices on discounted pay-back time

Gauti rezultatai rodo, kad mažėjant elektros energijos kainai diskontuotas atsipirkimo laikas didėja. Elektros energijos kainai sumažėjus 0,06 Lt, diskontuotas sistemos atsipirkimo laikas padidėja 5 metais.

Jeigu elektros kaina bus sumažinta 30 % (iki 0,22 Lt), tada ventiliatorių konvektorių sistema per 20 metų laikotarpį neatsiperks.

Remiantis jautrumo analizės rezultatais nustatyta, kad šiuo atveju nagrinėjama vėsinimo sistema yra labiau susijusi su elektros energijos kainų mažėjimu, kadangi tada diskontuotas atsipirkimo laikas didėja.

Išvados

1. Lyginant sistemas pagal sezoninio įrangos veikimo efektyvumo (ESEER) koeficientą, efektyviausia yra vandeninė sistema su aktyviosiomis šaltio sijomis, kurios efektyvumo koeficientas siekia 3,59. Mažiausias efektyvumo koeficientas yra 1,90 – orinės sistemos. Didžiausios pastato lyginamosios charakteristikos pagal elektrinę galią, tenkančią vienam kvadratiniam metrui, iš nagrinėtųjų sistemų yra orinės sistemos – 26,40 kWh/m², mažiausios – vandeninės aktyviųjų vėsinimo sijų sistemos – 13,19 kWh/m².
2. Daugiausia išlaidų pagal pradines investicijas tenka freoninei sistemai įrengti – 604 562 Lt/metus, mažiausia – orinei sistemai įrengti – 282 036 Lt/metus. Didžiausios pastato lyginamosios charakteristikos pagal pradines investicijas, tenkančias vienam kvadratiniam metrui, iš nagrinėtųjų sistemų yra freoninės sistemos – 521,62 Lt/m², mažiausios – orinės sistemos – 243,34 Lt/m².
3. Lyginant sistemų charakteristikas pagal išlaidas elektros energijai per vėsinimo sezoną, didžiausios išlaidos tenka orinei sistemai – 8,24 Lt/m², mažiausios – vandenei vėsinamųjų sijų sistemai – 4,16 Lt/m².
4. Ekonominiu požiūriu, iš visų keturių lyginamųjų sistemų rekomenduojama rinktis vandeninę vėsinimo sistemą su ventiliatoriniais konvektoriais, kadangi lyginant ją su jau priimta eksploatuojama sistema pastate ši sistema vienintelė iš visų nagrinėtųjų atsiperka per 12 metų, kartu vertinant ir eksploatacijos bei pradinių investicijų išlaidas.
5. Vertinant energetiniu požiūriu, geresnė yra aktyviųjų šaltio sijų sistema, pasižyminti aukštu sezoniniu įrangos veikimo efektyvumo koeficientu ir efektyviu energijos naudojimu, tačiau šios sistemos pradinės įrengimo investicijos yra daug didesnės nei kitų analizuotųjų sistemų ir per numatytą 20 metų laikotarpį neatsiperka.
6. Jautrumo analizės rezultatai parodo, kad didėjant elektros energijos kainai, diskontuotas atsipirkimo laikas įgauna tendenciją mažėti.

Literatūra

- Bagdavičius, A. 2006. Komercinio pastato šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų energijos poreikių analizė, iš *Pastatų inžinerinės sistemos: respublikinės mokslinės konferencijos, įvykusios Vilniuje 2006 m. balandžio 27–28 d., pranešimų medžiaga*. Vilnius: Technika, 67–73.
- Buildings magazine* [online]. 2008. Chilled beam system [cited 14 April 2011]. Available from Internet: <<http://www.buildings.com/ArticleDetails/tabid/3321/ArticleID/6087/Default.aspx>>.
- Daikin Industries* [online]. 2011. Fancoil units [cited 10 April 2011]. Available from Internet: <http://www.daikin.com/global_ac/products/chiller/fancoil/outline.html>.
- Energy Books* [online]. 2003. Fan-coil units [cited 10 April 2011]. Available from Internet: <<http://www.energybooks.com/toc/toc0503.htm>>.
- Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EECCAC) "Final Report – April 2003"*. 2003. France. 89 p.
- Grundfos* [online]. 2011, [cited 04 May 2011]. Available from Internet: <<http://net.grundfos.com/Apl/WebCAPS/InitCtrl?mode=18>>.
- Isevičius, E. 2007. *Oro kondicionavimas*. Kaunas: Technologija. 219 p.
- Juodis, E. 2008. *Vėdinimas*. Vilnius: Technika, 132–133; 257.
- Lesto* [interaktyvus]. 2011. Visuomeninės elektros energijos kainos [žiūrėta 2011 m. gegužės 05 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.lesto.lt/lt/verslo-kliektams/elektros-energijos-kainos-irtarifu-planai/visuomenines-elektros-energijos-kainos/769>>.
- Paulauskienė, Z. 2000. *Pastatų vandentiekio ir nuotėkų tinklų skaičiavimas*. Vilnius: Technika. 89 p.
- Pekus, R. 2004. *Inžinerinių tinklų hidrauliniai skaičiavimai*. Vilnius: Technika. 243 p.
- Roth, K. 2007. Chilled beam cooling, *ASHRAE Journal* 7: 7.
- RSN 156-94 Statybinė klimatologija, *Valstybės žinios*, 1994-03-30, Nr. 24-394.
- Spec* [interaktyvus]. 2005. Vėdinimo sistemos [žiūrėta 2010 m. gruodžio 16 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.spec.lt/lt/vedinimo_sistemas/Daikin_ismanantiems_kondicionavimo_tehnika>.
- Statistikos departamento pateikti duomenys. 2007. *Nekilnojamojo turto verslo patalpų nuomos kainų Vilniaus mieste statistinė analizė*. Vilnius.
- Thermal environmental conditions for human occupation. 1981. *ANSI/ASHRAE Standard 55-1981*.

THE ANALYSIS OF APPLYING DIFFERENT COOLANTS FOR COOLING SYSTEMS IN THE OFFICE BUILDING

R. Kanapienytė, K. Čiuprinskas

Abstract

The paper analyzes air conditioning systems of different coolants on the basis of an example of a typical office building. Depending on the type of a coolant fan coil unit, active chilled beams, variable refrigerant volumes and air cooling systems were designed. The article suggests hydraulic and aerodynamic calculations and evaluates initial investments, energy expenditures and operating costs of the compared systems. Considering economic calculations, the pay-back time of the systems was assessed and the sensitivity analysis of electricity prices was carried out. The results of the conducted investigation show the most appropriate analysed system for office buildings taking into account the efficient use of electricity and initial investments.

Keywords: cooling, coolants, fan coil units, air cooling system, variable refrigerant volume system, active chilled beam system.