



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA

Rasa Kanapienytė

BIURŲ PASTATŲ NAUDOJANT SKIRTINGUS ŠILUMNEŠIUS VĖSINIMAS

COOLING OF OFFICE BUILDINGS USING DIFFERENT COOLANTS

Baigiamasis magistro darbas

Energetika ir termoinžinerija studijų programa, valstybinis kodas **62406T106**

Termoinžinerijos specializacija

Energetikos ir termoinžinerijos mokslo kryptis

Vilnius, 2011

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

(Vardas, pavardė)

(Data)

Rasa Kanapienytė

BIURŲ PASTATŲ NAUDOJANT SKIRTINGUS ŠILUMNEŠIUS VĖSINIMAS

COOLING OF OFFICE BUILDINGS USING DIFFERENT COOLANTS

Baigiamasis magistro darbas

Energetika ir termoinžinerija studijų programa, valstybinis kodas **62406T106**

Termoinžinerijos specializacija

Energetikos ir termoinžinerijos mokslo kryptis

Vadovas doc. dr. Kęstutis Čiuprinskas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas lekt. Regina Žukienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2011

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA

Energetikos studijų kryptis

Energetikos ir termoinžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 62406T106

Termoinžinerijos specializacija

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

habil. dr. Vytautas Martinaitis
(Vardas, pavardė)

(Data)

**BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS**

.....Nr.

Vilnius

Studentui (ei)
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema:

.....

.....

patvirtinta 2009 m. d. dekanų potvarkiu Nr.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2011 m. d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

.....

.....

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vadovas

(Parašas)

.....

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

.....

(Parašas)

Rasa Kanapienytė

(Vardas, pavardė)

.....

(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Aplinkos inžinerijos fakultetas

Pastatų energetikos katedra

ISBN ISSN

Egz. sk.

Data-....-....

Energetikos ir termoinžinerijos studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas **Biurų pastatų naudojant skirtingus šilumnešius vėsinimas**

Autorius **Rasa Kanapienytė** Vadovas doc. dr. **Kęstutis Čiuprinskas**

Kalba

☒ X

lietuvių

☐

užsienio

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjama problema – dideli energijos poreikiai vėsinimui biurų pastatuose, dėl vis didėjančių mikroklimato kokybės reikalavimų, didesnių šilumos pritekėjimų į patalpas ir šilumos išsiskyrimų dėl naudojamos įrangos.

Problemos sprendimui darbe suprojektuotos keturios oro kondicionavimo sistemos su skirtingais šilumnešiais: oru, vandeniu ir freonu. Atsižvelgiant į šilumnešio tipą suprojektuotos ventiliatorinių konvektorių, aktyviųjų šalčio sijų, freoninė ir orinė vėsinimo sistemos. Oro kondicionavimo sistemos analizuojamos remiantis realaus tipinio administracinio pastato pavyzdžiu.

Lyginamoms sistemoms buvo 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 parodo, kokia sistema iš visų darbe nagrinėtųjų sistemų yra tinkamiausia biurų pastatams, pagal efektyvų elektros energijos naudojimą ir pradines investicijas.

Prasminiai žodžiai: Vėsinimas, šilumnešiai, ventiliatoriniai konvektoriai, orinė sistema, freoninė sistema, aktyviųjų šalčio sijų vėsinimo sistema.

Vilnius Gediminas Technical University

..... faculty

..... department

ISBN ISSN

Copies No.

Date-....-....

..... study programme master thesis.

Title:

Author Academic supervisor

Thesis language

☒

Lithuanian

☐

Foreign (English)

Annotation

The final master's work deals with the problem of high energy needs for cooling in office buildings, due to the growing of higher quality requirements for microclimate, higher heat gains in premises and equipment heat emissions used in.

To solve the problem four different types of cooling systems with different coolants: air, water and refrigerant are designed at work. Depending on the type of coolant were designed fan coil units, active chilled beams, variable refrigerant volume system and air cooling systems. Air conditioning systems are analyzed on the basis of an example of the real typical office building.

The hydraulic and aerodynamic calculations were made, initial investments, energy expenditures and operating costs were estimated for the compared systems.

The pay-back time of the systems was assessed and the sensitivity analysis of electricity prices was carried out by economic calculations.

The results of this investigation show, which system of all analysed systems at work is the most appropriate for office buildings, according to the efficient use of electricity and the initial investments.

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

TURINYS

Paveikslų sąrašas	7
Lentelių sąrašas.....	8
Priedų sąrašas	9
Ivadas ir problemos formulavimas	11
1. Oro kondicionavimo sistemų klasifikacija	13
Oro kondicionavimo sistemų apžvalga	13
Sistemos „Split“	13
Sistemos „Multi Split“	15
Sistemos „Super Multi“	16
Sistemos „VRV“	16
Sistemos „Fan Coil“	16
Aktyvios šaldymo sistemos.....	16
Orinė vėsinimo sistema	16
2. Biurų pastatų ir oro kondicionavimo sistemų ypatybės.....	16
3. Numatomų alternatyvių sistemų variantų palyginimas	19
4. Tyrimo tikslas ir objektas	24
5. Tiriamųjų alternatyvių sistemų projektavimas	24
5.1. Vandeninė ventiliatorinių konvektorių oro kondicionavimo sistema.....	26
5.2. Aktyviųjų šaltio sijos vėsinimo sistema	31
5.3. Kintamojo refrižeranto (šaldymo agento) srauto (VRV) sistema.....	36
5.4. Orinė oro kondicionavimo sistema.....	37
6. Energijos sąnaudų ir eksploatacinių išlaidų skaičiavimo metodika	40
6.1. Orinės sistemos energijos sąnaudų ir eksploatacinių išlaidų skaičiavimas	41
6.2. Vandeninių sistemų energijos sąnaudų ir eksploatacinių išlaidų skaičiavimas.....	42
6.3. Freoninės sistemos energijos sąnaudų ir eksploatacinių išlaidų skaičiavimas	44
6.2. Eksploatacinių Išlaidų 20 metų laikotarpiui nustatymas	44
7. Rezultatai	48
8. Jautrumo analizė	51
Išvados	53
Literatūra	54
Priedai	56

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Kasetiniai oro kondicionieriai	14
2 pav. Pastato fragmentas su „SPLIT“ sistema (išoriniu bloku, įrengtu ant sutapdinto stogo ir vidinio oro apdorojimo blokais patalpose)	14
3 pav. Vietinė ortakinė Split oro kondicionavimo sistema	15
4 pav. „Multi Split“ oro kondicionavimo sistemos	15
5 pav. Vandeninės ventiliatorinių konvektorių sistemos principinė schema	19
6 pav. Vandeninės aktyviųjų vėsinamųjų sijų sistemos principinė schema.....	20
7 pav. Freoninės vėsinimo sistemos principinė schema	21
8 pav. Orinės vėsinimo sistemos principinė schema.....	22
9 pav. Tipinis biurų pastatas – UAB „Megrame“ gamykla	24
10 pav. Elektros energijos sąnaudų palyginimas.	48
11 pav. ESEER ir EER koeficientų palyginimas	48
12 pav. Pradinių investicijų ir eksploatacijos kainų palyginimas.	49
13 pav. Sistemų tikrojo atsipirkimo periodų palyginimas	50
14 pav. Elektros energijos kainos didėjimo įtaka diskontuotam atsipirkimo laikui	51
15 pav. Elektros energijos kainos mažėjimo įtaka diskontuotam atsipirkimo laikui.....	52

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Šalčio galia orui atvėsinti	24
2 lentelė. Vandens – etilenglikolio (60/40 %) mišinio techninės charakteristikos	26
3 lentelė. Ventiliatorinių konvektorių duomenys.....	29
4 lentelė. Aktyviųjų šalčio sijų duomenys	34
5 lentelė. VRV sistemos įrenginių duomenys	36
6 lentelė. Orinės oro kondicionavimo sistemos duomenys.....	39
7 lentelė. Orinės vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos per vėsinimo laikotarpį	42
8 lentelė. Vandeninės ventiliatorinių konvektorių vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos per vėsinimo laikotarpį	43
9 lentelė. Aktyviųjų šalčio sijų vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos per vėsinimo laikotarpį.....	43
10 lentelė. Freoninės vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos per vėsinimo laikotarpį	44
11 lentelė. VRV vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos 20 metų laikotarpiui	46
12 lentelė. Ventiliatorinių konvektorių vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos 20 metų laikotarpiui.....	46
13 lentelė. Orinės vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos 20 metų laikotarpiui	47
14 lentelė. Aktyviųjų šalčio sijų vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos 20 metų laikotarpiui.....	47

PRIEDŲ SĄRAŠAS

Priedas Nr.1. Ventilatorinių konvektorių vėsinimo sistemos išorinio šaldymo įrenginio techninės charakteristikos.....	56
Priedas Nr.2. Hidraulinis ventilatorinių konvektorių sistemos tiekimo linijos pasipriešinimas.....	58
Priedas Nr.3. Hidraulinis ventilatorinių konvektorių sistemos grąžinimo linijos pasipriešinimas	58
Priedas Nr.4. Vandeninei ventilatorinių konvektorių sistemai parinkto cirkuliacinio siurblio techninės charakteristikos.....	60
Priedas Nr.5. Vandeninės ventilatorinių konvektorių sistemos medžiagų ir įrangos žiniaraštis	62
Priedas Nr.6. Vandeninių aktyviųjų šalčio sių vėsinimo sistemos išorinio šaldymo įrenginio techninės charakteristikos.....	63
Priedas Nr.7. Hidraulinis aktyviųjų šalčio sių sistemos tiekimo linijos pasipriešinimas	65
Priedas Nr.8. Hidraulinis aktyviųjų šalčio sių sistemos grąžinimo linijos pasipriešinimas.....	65
Priedas Nr.9. Vandeninei vidinei aktyviųjų vėsinamųjų sių sistemai parinkto cirkuliacinio siurblio techninės charakteristikos.....	67
Priedas Nr.10. Vandeninei išorinei aktyviųjų vėsinamųjų sių sistemai parinkto cirkuliacinio siurblio techninės charakteristikos	69
Priedas Nr.11. Vandeninės aktyviųjų šalčio sių sistemos medžiagų ir įrangos žiniaraštis.....	71
Priedas Nr.12. Freoninės sistemos medžiagų ir įrangos žiniaraštis	72
Priedas Nr.13. Aerodinaminis orinės oro kondicionavimo sistemos tiekimo linijos pasipriešinimas	73
Priedas Nr.14. Aerodinaminis orinės oro kondicionavimo sistemos grąžinimo linijos pasipriešinimas	74
Priedas Nr.15. Orinės oro kondicionavimo sistemos medžiagų ir įrangos žiniaraštis	74

VILNIAUS GEDMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

(Fakultetas)

(Studijų programa, akademinė grupė)

BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO) SAŽININGUMO DEKLARACIJA

2011 m. _____ d.
(Data)

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas (projektas) tema _____

patvirtintas 20 ____ m. _____ d. dekanų potvarkiu Nr. _____, yra
savarankiškai parašytas. Šiame darbe (projekte) pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar
netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą (projektą), mane konsultavo
mokslininkai ir specialistai: _____

Mano darbo (projekto) vadovas _____

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą (projektą) nėra. Jokių įstatymų nenumatytų
piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs(-usi).

(Parašas)

(Vardas ir pavardė)

IVADAS IR PROBLEMOS FORMULAVIMAS

Darbo aktualumas ir problemos formulavimas

Oro kondicionavimo sistemos leidžia sukurti patalpose komfortinę aplinką su tinkama oro temperatūra, santykinė drėgme, švariu ir sveiku oru, t.y. aplinka, kurioje būtų galima gerai jaustis, būti aktyvesniems, kūrybingesniems ir darbingesniems. Tačiau dėl vis didėjančių išlaidų elektros energijai vėsinimo sistemos naudojamos tik tada, kai tai būtina pagal higieninius ir technologinius reikalavimus, o pastato architektūra ir konstrukcija turi būti tokia, kad galėtų užtikrinti minimalius patalpų oro parametrus.

Šiuolaikiniuose biurų pastatuose daugiausia energijos suvartojama šildymui ir vėsinimui. Poreikis vėsinimui išaugo dėl to, kad dauguma statomų administracinių patalpų yra A klasės (Nekilnojamojo turto verslo patalpų nuomos kainų Vilniaus mieste statistinė analizė 2007), kur oro kondicionavimas yra privalomas. O tai sąlygoja vis didėjantys mikroklimato kokybės reikalavimai, didesni šilumos pritekėjimai į patalpas dėl didelio stiklinių fasadų ploto, šilumos išsiskyrimai dėl naudojamų 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 eksploatacijos išlaidų (Juodis 2008).

Visos analizuojamos sistemos tinka pastatams, kuriuose yra daug zonų su skirtingais mikroklimato parametrais, taip pat tiksliai palaiko patalpos oro temperatūrą ir greitai sureaguoja į pasikeitimus dėl šilumos pritekėjimų į patalpas arba valdymo pasikeitimus.

Oro kondicionavimo sprendimai gali būti skirtingi ir kiekvienas jų turi skirtingus investicinius bei eksploatacinius rodiklius.

Darbo tikslas

Šio darbo tikslas yra išnagrinėti ir palyginti skirtingų oro kondicionavimo sistemų šilumnešių lemiamus sprendimus, ištirti kaip analizuojamos sistemos konkuruoja tarpusavyje ir kokie rezultatai yra gaunami.

Darbo uždaviniai

Baigiamajame darbe buvo iškelti tokie darbo uždaviniai:

1. Apžvelgti biurų pastatų mikroklimato palaikymo sistemų sprendimus ir vėsinimo būdus;
2. Išryškinti oro vėsinimo sistemų, naudojančių skirtingus šilumnešius, skirtumus, privalumus bei trūkumus;

3. Pasirinkti nagrinėtinius tipinius sprendimus kiekvieno šilumnešio atveju ir suprojektuoti sistemas tipinio administracinio pastato pavyzdžiu;
4. Išnagrinėti sistemų techninius ekonominius rodiklius – investicijų poreikį ir metinės energijos sąnaudas;
5. Palyginti gautus rezultatus, pateikti išvadas ir rekomendacijas.

Mokslinis naujumas

Šiame darbe pasirinkto tipinio biurų pastato pavyzdžiu nagrinėjamos oro kondicionavimo sistemos su skirtingais šilumnešiais ir analizuojama kaip šios sistemos konkuruoja tarpusavyje, pagal skirtingus skaičiavimo rodiklius.

Teorinė ir praktinė rezultatų reikšmė

Rezultatai taikomi siekiant parinkti ekonomiškai naudingą, energiją taupančią oro kondicionavimo sistemą, kuri sumažintų energijos poreikius vėsinimui ir išlaidas elektros energijai biurų pastatuose.

1. ORO KONDICIONAVIMO SISTEMŲ KLASIFIKACIJA

Oro kondicionavimo sistemos pagal paskirtį suskirstytos taip:

- *komfortinės* – jų paskirtis sukurti žmonėms optimalias darbo ir poilsio sąlygas. Šios sistemos naudojamos gyvenamosiose, visuomeninėse ir panašios paskirties patalpose;
- *technologinės* – jų paskirtis sukurti ir palaikyti aptarnaujamose patalpose tokias mikroklimato sąlygas, kad būtų galima atlikti įvairius specifinius, technologinius procesus;
- *komfortinės – technologinės* - jų paskirtis patalpose palaikyti tokius oro parametrus, kad tuo pačiu metu būtų tenkinami technologiniai ir sanitariniai-higieniniai reikalavimai.

Oro kondicionavimo sistemos pagal ryšį su aptarnaujamomis patalpomis yra skirstomos taip:

- *vietinės* – jų paskirtis aptarnauti vieną ar kelias patalpas, kuriose išsiskiria panašūs šilumos ir drėgmės kiekiai. Šios sistemos naudojamos gyvenamosiose, administracinėse ir panašios paskirties patalpose;
- *centrinės* – jų paskirtis yra vienu ar keliais kondicionieriais tiekti orą į vieną bendrą ortakį, iš kurio jis paskirstomas į kelias ar keliolika patalpų, tokių kaip: cechai arba zonos;
- *mišrios* – šios sistemos patalpose užtikrina reikiamus oro parametrus tik veikiant centrinėms ir vietinėms kondicionavimo sistemoms kartu su kitomis vėdinimo sistemomis. Šios sistemos naudojamos tokiose patalpose kaip ligoninės operacinė (Isevičius 2007).

Oro kondicionavimo sistemų apžvalga

Pasaulyje projektuojami tokie oro kondicionavimo sistemų tipai: „Split“, „Multi Split“, „Super Multi“, „VRV“ arba („VRF“), vandeninės šaldymo sistemos (ventiliatorinių konvektorių ir aktyviųjų šaltio sijų), orinės vėsinimo sistemos. Kartais kai kurios sistemos gali būti keičiamos kitomis, kartais tokie pakeitimai neįmanomi, todėl projektuojant pastatų kondicionavimo sistemas būtina atsižvelgti į sistemų galimybes, pastato konstrukcijas, patalpų skaičių ir jų išdėstymą.

Sistemos „Split“:

Dažniausiai kondicionieriai „Split“ sudaryti iš vieno ar kelių vidinių blokų ir išorinio kondicionavimo agregato su kompresoriumi, kondensatoriumi (šilumokaičiu), ventiliatoriumi ir kitais smulkesniais elementais. Taip pat yra naudojamos ir tokios sistemos, kuriose abu kondicionavimo agregatai sujungti į vieną (langiniai arba mobilūs oro kondicionieriai), tačiau tokios

sistemos yra neefektyvios, jos sukelia daug problemų, todėl praranda savo vietą rinkoje ir yra vis rečiau pritaikomos.

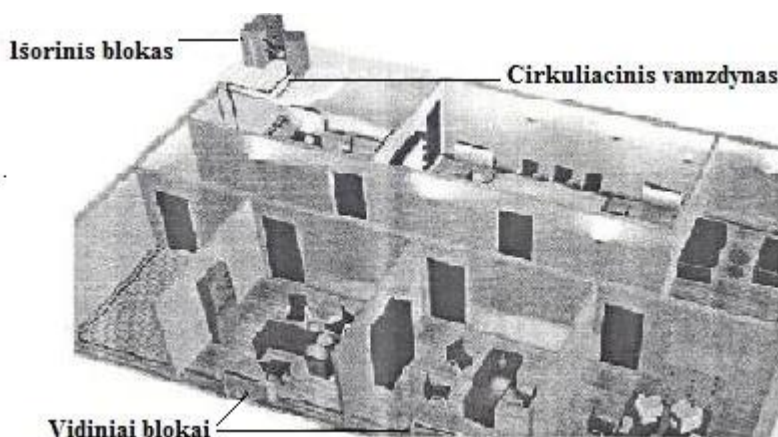
Paprastai šios sistemos efektyvios kondicionuojant vieną patalpą, kurios plotas iki 120 m^2 , taip pat projektuojant sistemas, būtina atkreipti dėmesį į atstumą tarp vidinio ir išorinio bloko, kuris negali viršyti 15 m, jeigu bus naudojamas paprastas kondicionierius. Tačiau yra naudojami ir ilgos instaliacijos „Split“ tipo kondicionieriai, kurių instaliacijos ilgis gali būti 25 m, 50 m ir 70 m. Tokio ilgio oro kondicionavimo sistemos yra pritaikomos kondicionuojant patalpas miesto centre ar senamiestyje, kur išorinį kondicionavimo bloką kartais tenka paslėpti už pastato fasado.

Didelėse patalpose, tokiose kaip biurai, prekybos salės, rekomenduojama naudoti kasetinius oro apdorojimo įrenginius (1 pav.), kuriais oras tiekiamas į keturias puses ir tolygiai paskirstomas patalpoje. Šie blokai dažniausiai yra slepiami kabinamosiose lubose.



1 pav. Kasetiniai oro kondicionieriai

„Split“ sistemos išorinius blokus patariama įrengti ten, kur šaldytuvo kondensatorių galima patikimai aušinti lauko oru. Priklausomai nuo našumo išoriniai blokai būna kabinami ant sienų, pastatomi ant žemės ar įrengti ant stogo (2 pav).



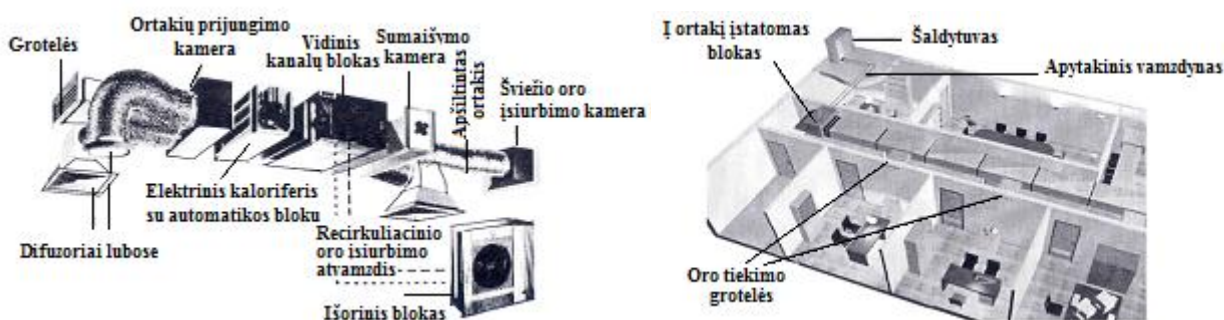
2 pav. Pastato fragmentas su „SPLIT“ sistema (išoriniu bloku, įrengtu ant sutapdinto stogo ir vidinio oro apdorojimo blokais patalpose)

Iš „Split“ sistemų pasaulyje sparčiai populiarėja sistemos su dažnių keitikliais „Inverter“. Šiose sistemose kompresorius turi keisti savo galingumą kartu su vidinio agregato ventiliatoriaus sukiais, taip išvengiant šalto oro pliūpsnių patalpose.

„Inverter“ sistemų naudingumo koeficientas viršija 3,5 ir šie kondicionieriai yra 30 % efektyvesni už įprastinius pastovaus greičio kompresorius turinčius kondicionierius. Dar vienas svarbus „Split“ sistemos ypatumas, tai, kad ji sugeba dirbti šaldymo režimu, esant minusinei lauko temperatūrai. Tokie kondicionieriai naudojami tuomet, kai yra norima atvėsinti patalpą šaltuoju metų laiku. Nedaug pasaulyje gaminamų kondicionierių turi funkciją veikti šaldymo režimu, lauko temperatūrai esant žemesnei nei -15 °C.

Šiuo metu naujausiuose kondicionierių modeliuose yra įmontuoti judesio davikliai, kurie padeda sutaupyti elektros energijos.

Praktikoje yra naudojamos ir tokios „Split“ sistemos, kuriose oro parametrų patalpoje sukurti įrengiami kanaliniai oro apdorojimo blokai su atitinkama ortakio sistema. Sistema gali būti projektuojama taip, kad oro kondicionavimo sistemos įranga bus patalpos viduje arba išorėje. (abeji variantai) (3 pav.).



3 pav. Vietinė ortakinė Split oro kondicionavimo sistema

Sistemos „Multi Split“:

Kitos modernios pasaulyje naudojamos sistemos yra „Multi Split“ (4 pav.).



4 pav. „Multi Split“ oro kondicionavimo sistemos

Tokios sistemos skirtos kondicionuoti šalia esančioms kelioms patalpoms. Optimalu yra tai,

kada reikia kondicionuoti 2,3,4 nedideles patalpas, kurių bendras plotas siekia iki 130 m² ir kai naudojamas išorinis blokas su vienu kompresoriumi.

Tai vienos iš moderniausių sistemų: jos gali dirbti žiemos sąlygomis iki -20 °C, o atstumas tarp išorinio ir vidinio blokų gali siekti iki 25 m. Sistemų naudingumo koeficientas (COP) siekia apie 4.

Sistemos „Super Multi“:

Kai atsiranda tokių atvejų, kad išorinio bloko negalima montuoti fasadinėje pastato pusėje, yra naudojamos kitos modernios oro kondicionavimo sistemos „Super Multi“. Šias sistemas galima pritaikyti net iki 9 patalpų, kurių bendras plotas gali siekti iki 200 m². „Super Multi“ sistema nuo paprastos „Multi“ sistemos skiriasi tuo, kad freono paskirstymo blokeliai iš išorinio bloko yra iškelti į patalpos vidų ir gali būti nutolę nuo išorinio agregato iki 60 m.

Sistema padeda išspręsti daugumą kondicionavimo problemų tokioms patalpoms, kaip dideli butai, kontoros, patalpos esančios miesto centre, senamiestyje ar aukštuose moderniuose biurų pastatuose, kur daug stiklo ir išorinius įrenginius reikia statyti ant pastato stogo arba apačioje.

Lietuvoje „Super Multi“ sistemų yra įdiegta nedaug todėl, kad jos yra dar pakankamai naujos.

Sistemos „VRV“:

Universaliosiomis kondicionavimo sistemomis yra laikomos kintamojo freono kiekio „VRV“ sistemos, kurios palaipsniui paplito visame pasaulyje. Viena tokia sistema gali kondicionuoti iki 40 patalpų ir iki 1500 m² ploto.

Visos „VRV“ sistemos – inverterinės, kiekvienas vidaus blokas turi freono perskirstymo mechanizmą, jis iš bendros freono masės pasiima sau tiek, kiek jam tuo metu reikia. Sistemos instaliavimo galimybės yra didelės – instaliacijos ilgis iki vidinių blokų gali siekti iki 150 m, o tai leidžia pritaikyti šias sistemas beveik visuose objektuose, tiek centre, tiek senamiestyje. Jų privalumas tas, kad jos išsiskiria mažu triukšmo lygiu, todėl sistemas galima naudoti viešbučiuose, biuruose, medicinos įstaigose, laboratorijose.

Sistema gali veikti prie -15 °C lauko temperatūros („Daikin“ 2007).

Sistemos „Fan Coil“:

Jos naudojamos įvairios paskirties pramoninėse, komercinėse, gyvenamosiose, sporto ir laisvalaikio paskirties patalpose, kai tuo pačiu metu skirtingose vietose reikalaujama palaikyti skirtingus oro parametrus.

Ventiliatorinių konvektorių sistemą sudaro vidiniai įrenginiai (ventiliatoriniai konvektoriai), šaldymo įrenginys ir vamzdynų sistema su reguliuojamąja bei uždaromąja armatūra.

Ventiliatorinių konvektorių sistemos būna dvivamzdės arba keturvamzdės.

Dvivamzdės sistemos gali dirbti tik šildymo arba tik vėsinimo režimu, kadangi neįmanoma atvėsinti vienų patalpų, kol šildomos kitos patalpos esančios pastate. Šios sistemos yra mažiau sudėtingesnės kadangi jos turi mažiau vamzdžių, vožtuvų, jų paprastesnė kontrolės sistema.

Keturvamzdes sistemas sudaro du atskiri kontūrai – vėsinimo ir šildymo. Tokia sistema veikimo metu turi galimybę persijungti iš vieno režimo į kitą režimą ir vienu metu vienose patalpose palaikyti šildymo režimą, o kitose šaldymo režimą.

Aktyvios šaldymo sistemos:

Šios vėsinimo sistemos tinka visų tipų patalpoms. Jos gali būti montuojamos biuruose, restoranuose, viešbučiuose, bankuose, mokymo įstaigose ir prekybos centruose. Tai gaminys užtikrinantis vėsinimo ir vėdinimo funkcijas patalpose.

Aktyvios šalčio sistemos daugiausia naudojamos patalpų vėdinimui ir vėsinimui, kur yra vertinama gera vidaus aplinkos kontrolė. Sistemos naudoja vandenį, kad pašalintų šilumą iš kambario ir yra montuojamos kambario erdvėje. Jos dažniausiai naudojamos tokiose vietose, kur gali būti reguliuojama drėgmė.

Šios sistemos suteikia gerą šiluminį komfortą, taupo energiją, efektyviai išnaudoja patalpos erdvę ir reikalauja minimalios techninės priežiūros.

Orinė vėsinimo sistema:

Orinėse sistemose vėsa yra pernešama oru, kuris yra vėsinamas vėdinimo įrenginio šaldymo sekcijose cirkuliuojančiu skysčiu (vandeniu, vandens ir etilenglikolio mišiniu, freonu ir pan.).

Viena iš labiausiai paplitusių orinių sistemų Lietuvoje – pastovaus oro kiekio sistema. Šiose sistemose į patalpas yra tiekiamas pastovus oro kiekis, o patalpų mikroklimatas palaikomas keičiant tiekiamo oro temperatūrą. Tokios sistemos užtikrina švaraus oro tiekimą į patalpas.

Orinės sistemos yra rečiau naudojamos didesniuose pastatuose, kadangi jos yra sunkiau reguliuojamos ir yra sudėtinga visame pastate pasiekti norimą komforto lygį.

2. BIURŲ PASTATŲ IR ORO KONDICIONAVIMO SISTEMŲ YPATYBĖS

Vasarą pagrindinė biurų pastatų problema būna nepakeliamas karštis. Daugiausia skundų yra keliama dėl oro temperatūros, oro judėjimo greičio ir santykinės drėgmės patalpose.

Kadangi daugumos šiuolaikinių projektuojamų biurų pastatų didelę fasadų ploto dalį sudaro skaidrios atitvaros, tai patalpas labai įšildo šviečianti saulė. Taip pat daug šilumos į patalpas patenka nuo techninių įrenginių, dirbtinio apšvietimo ir žmonių, nes biuruose dažniausiai visą darbo dieną dirba žmonės, naudojami techniniais įrenginiais, todėl ir šilumos pritekiai į biurų patalpas yra didesni nei kituose pastatuose pvz.: mokslo paskirties ar gyvenamuosiuose. Šiuose pastatuose reikia stengtis užtikrinti komfortines darbo sąlygas dirbantiems, kad jie galėtų aktyviai dirbti ir gerai jaustis.

Nors tokiose patalpose dažniausiai veikia kondicionieriai, tačiau jie turi savų privalumų ir kartu trūkumų: vieni darbuotojai džiaugiasi vėsa, o kiti gali dėl jų susirgti, nes jų darbo vietos yra šalia kondicionieriaus angų. Tokių problemų sprendimas būtų randamas tik tuomet, jei būtų iš anksto žinomos būsimų biurų projektavimo schemas – patalpų dydžiai ir įrengtos darbo vietos.

Šiuolaikiniuose biurų pastatuose oro kondicionavimas yra privalomas, o suprojektuotos sistemos sunaudoja didelę dalį elektros energijos, todėl reikia ieškoti tokių sprendimų ir sistemų, kurios žymiai sumažintų sistemų energijos sąnaudas.

Biurų pastatuose Lietuvoje ir kitose šalyse yra projektuojamos įvairios oro kondicionavimo sistemos, tačiau dažnai vienų ar kitų sistemų pasirinkimą lemia ne eksploatacinės išlaidos, o įrengimo kaina. Dažnai pigesnei sistemai eksploatuoti yra sunaudojama daugiau elektros energijos.

Siekiant įvertinti sprendimus, kuriais būtų galima sumažinti sistemų eksploatacijos sąnaudas, baigiamajame darbe pasirinkta nagrinėti oro kondicionavimo sistemas su skirtingais šilumnešiais tipinio biurų pastato pavyzdžiu. Darbe lyginama sistemų tarpusavio konkurencija ir ieškomi sprendimai, kurie galėtų užtikrinti didesnę sistemų energetinį efektyvumą.

3. NUMATOMŲ ALTERNATYVIŲ SISTEMŲ VARIANTŲ PALYGINIMAS

Tiriant sistemų su skirtingais šilumnešiais tarpusavio konkurenciją, atsižvelgus į aptarnaujamo objekto paskirtį, analizei atlikti parenkamos tokios patalpos mikroklimato parametrus palaikančios sistemos:

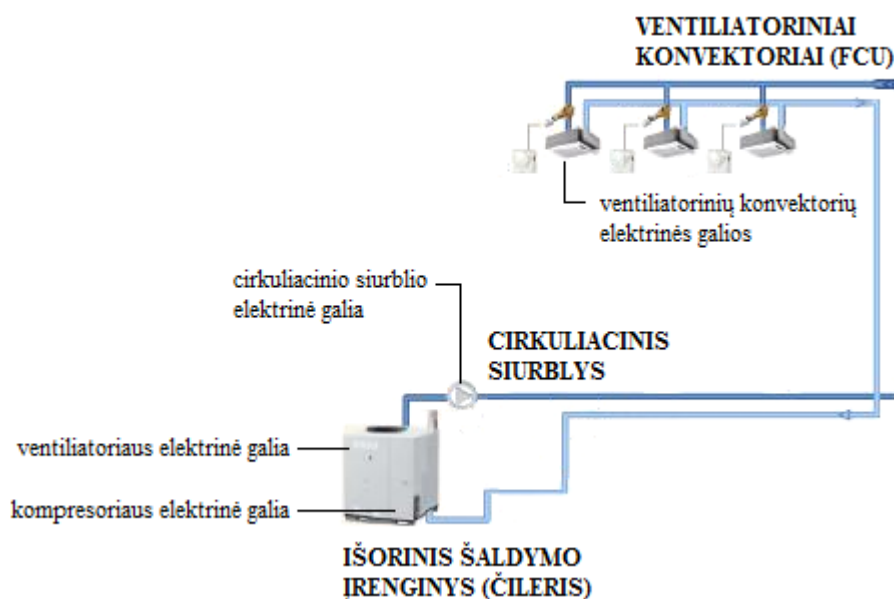
1. Vandeninės oro kondicionavimo sistemos:

a) *dvivamzdė ventiliatorinių konvektorių vėsinimo sistema:*

Sistemos veikimo principas:

Sistemoje esantys ventiliatoriniai konvektoriai („fancoil“) komplektuojami su kaloriferiu, ventiliatoriumi, filtru ir valdymo mazgu. Eksploatacijos metu filtrus būtina keisti ir valyti, tačiau dažnai būna sunku prieiti prie kiekvieno įrenginio filtro.

Ventiliatoriniai konvektoriai atvėsina patalpos orą recirkuliuodami jį pro filtrą ir šaldymo kaloriferį, o išorinis šaldymo įrenginys paruošia šaltnešį vidiniams vėsinimo agregatams. Dėl sistemoje cirkuliuojančio žemų parametrų šaltnešio, būtina numatyti kondensato nuvedimą nuo kiekvieno įrenginio.



5 pav. Vandeninės ventiliatorinių konvektorių sistemos principinė schema

Sistemos energijos sąnaudos:

Ventiliatorinių konvektorių vėsinimo sistemos energijos sąnaudas sudaro: ventiliatorinių konvektorių (fancoilų), cirkuliacinio siurblio ir išoriniame šaldymo įrenginyje esančių ventiliatoriaus ir kompresoriaus elektrinės galios (6 pav.).

b) aktyviųjų vėsinamųjų sijų sistema:

Sistemos veikimo principas:

Sistemoje vėdinimo agregatas komplektuojamas su vėsinimo sekcija vėsinančia vandenį, kuris vėsina pirminį orą, tiekiamą į sijas. Šilumnešis vėsinimo sekcijoje aušinamas aplinkos oru.

Šaltnešį, kuris tiekiamas į aktyviasias vėsinimo sijas, vėsina išorinis šaldymo įrenginys, aušinamas oru.

Vėsinimo sijos veikia ežekciniu principu. Tiekiamas pirminis šviežias oras pasiurbia patalpos orą, kuris atvėsinamas vėsinamajame sijos paviršiuje. Orų srautai sumaišomi maišymo kameroje ir mišinys tiekiamas į patalpą.



6 pav. Vandeninės aktyviųjų vėsinamųjų sijų sistemos principinė schema

Sistemos energijos sąnaudos:

Aktyviųjų vėsinamųjų sijų sistemos energijos sąnaudos susideda iš cirkuliacinių siurblių ir išoriniame vėsinimo įrenginyje esančių ventiliatoriaus bei kompresoriaus elektrinių galių (7 pav.).

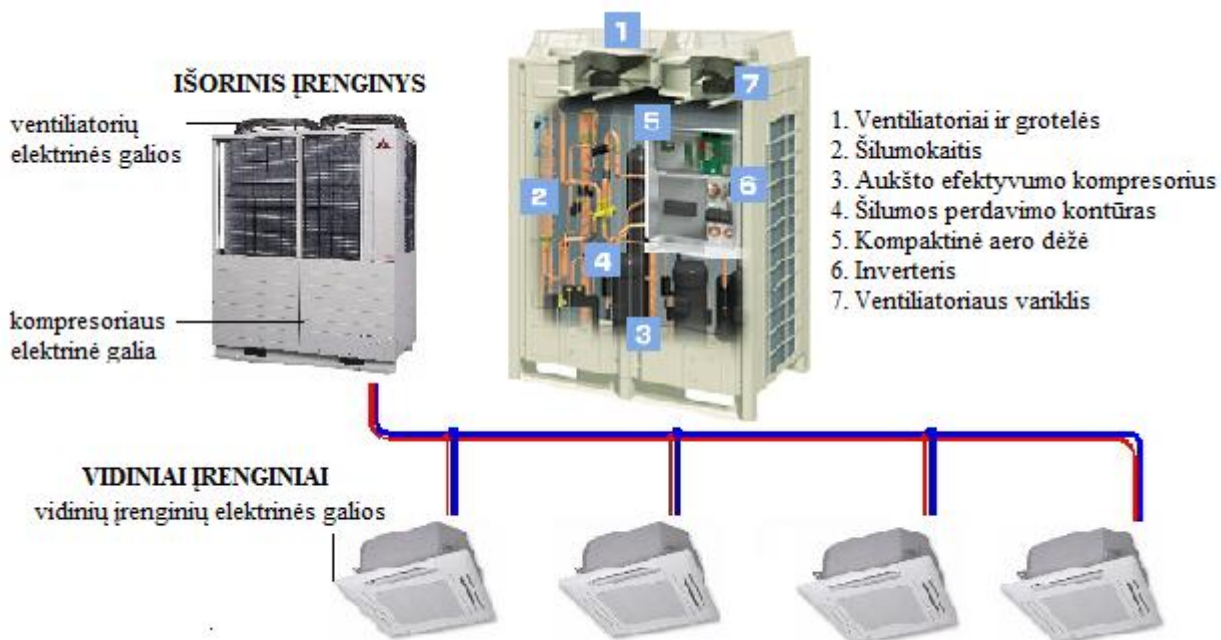
Kadangi baigiamajame darbe analizuojamos tik vėsinimo sistemos, todėl skaičiuojant aktyviųjų vėsinamųjų sijų sistemos energijos sąnaudas nėra vertinama vėdinimo įrenginio ventiliatoriaus elektrinė galia.

2. Kintamojo šaldymo agento srauto (VRV) sistema:

Sistemos veikimo principas:

Išorinis sistemos įrenginys montuojamas lauke ant pastato stogo. Įrenginyje esančiame kompresoriuje tekantis šaldymo agentas yra suspaudžiamas ir įkaista, o ventiliatorius pūsdamas šaltą lauko orą per šilumokaitį jį atvėsina, kadangi šiluma iš šilumokaičio yra išsklaidoma į aplinką.

Skystas atvėsęs šaldymo agentas grįžta atgal į vidinius įrenginius, kur dėl sumažėjusio slėgio, jis pereina į dujinę būseną ir vėl absorbuoja šilumą iš patalpos oro.



7 pav. Freoninės vėsinimo sistemos principinė schema

Sistemos energijos sąnaudos:

Kintamojo šaldymo agento srauto (VRV) sistemos energijos sąnaudos įvertinamos vidinių „VRV“ įrenginių ir išoriniame šaldymo įrenginyje esančių kompresoriaus bei ventiliatorių sunaudojamomis elektros galiomis (8 pav.).

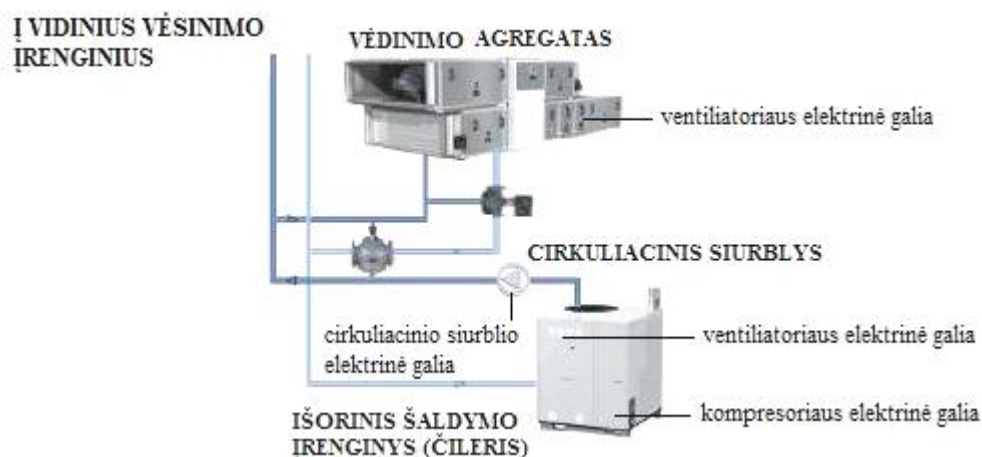
3. Orinė oro kondicionavimo sistema:

Sistemos veikimo principas:

Švarus oras imamas iš lauko pro vožtuvų sekciją esančią vėdinimo įrenginyje. Tiekiamas lauko oras pereina pro filtrą ir jau išvalytas jame patenka į vėsinimo sekciją. Vėsintuvo konstrukcija tokia kaip kalorifero. Oras vėsinamas šaltu vandens – etilenglikolio mišiniu.

Vėsintuve rekomenduojama šaltnešio temperatūra – apie $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$, o oro greitis – 2–7 m/s.

Į patalpas atvėsintas oras tiekiamas difuzoriais, o šalinamas grotelėmis, įmontuotomis į ortakius.



8 pav. Orinės vėsinimo sistemos principinė schema

Sistemos energijos sąnaudos:

Orinės oro kondicionavimo sistemos energijos sąnaudas sudaro – cirkuliacinio siurblio, vėdinimo įrenginio ventiliatoriaus ir išorinio šaldymo įrenginio ventiliatoriaus bei kompresoriaus elektrinės galios (9 pav.).

Visos analizuojamos sistemos tarpusavyje yra skirtingos šilumnešių tipais, jų tekėjimo pobūdžiais sistemose, vidine ir išorine įranga.

Vandeninės ventiliatorinių konvektorių sistemos trūkumai, palyginti su kitomis analizuojamomis sistemomis yra tokie, kad sistemoje cirkuliuoja žemų parametrų šaltnešis (vandens-etilenglikolio mišinys) $7\text{--}12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ir kiekvienas vidinis sistemos įrenginys turi papildomus oro filtrus ir ventiliatorius, kurie didina ne tik eksploatacines išlaidas, bet ir išlaidas už elektros energiją. Sistemos įranga ir šaltnešio tekėjimo pobūdis, palyginti su kitomis sistemomis yra nesudėtingas, kadangi šaldymo agregate paruoštas šaltnešis iškart teka į vidinius įrenginius iš kurių yra tiekama vėsa į patalpas, o tuo tarpu vandeninių aktyviųjų šalčio sių sistemoje yra montuojamas sumaišymo vožtuvas, kuris atskiria tekančius skirtingų temperatūrų srautus. Pirmajame kontūre iš išorinio vėsinimo įrenginio teka paruoštas $7\text{--}12\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūros šaltnešis (vandens-etilenglikolio mišinys), o antrajame kontūre – $16\text{--}19\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūros vanduo tekantis į vėdinimo agregato vėsinimo sekciją ir į vidinius sistemos įrenginius.

Aktyviųjų šaldymo ir orinė oro kondicionavimo sistemos nuo kitų skiriasi tuo, kad jos kartu gali užtikrinti ne tik vėsinimo, bet ir vėdinimo funkcijas patalpose. Sistemos yra projektuojamos su vėdinimo ir vėsinimo įrenginiais. Sistemoje cirkuliuojantis šaltnešis yra žymiai aukštesnių parametrų, negu vandeninės sistemos, o tai sąlygoja aukštesnę sistemos energetinį efektyvumą.

VRV sistema lyginant su kitomis sistemomis skiriasi įrangos išdėstymu, 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 sistemos išorinis vėdinimo įrenginys yra komplektuojamas su aušintuvo sekcija, kur oras atvėsinamas tekančiu vandens-etilenglikolio mišiniu ir tiesiogiai yra tiekiamas į patalpas. Palyginus su vandeninėmis ir freoninėmis sistemomis šios sistemos ortakiai yra daug didesni ir reikalauja didesnio patalpos ploto jų įrengimui.

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

4. TYRIMO TIKSLAS IR OBJEKTAS

Tyrimo tikslas – ištirti darbe suprojektuotas keturias oro kondicionavimo sistemas su skirtingais šilumnešiais ir nustatyti, kaip jos konkuruoja tarpusavyje. Šiam tikslui buvo pasirinktas tipinis biurų pastatas, kurio pavyzdžiu ir buvo suprojektuotos analizuojamos sistemos.

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

Tyrimui atlikti buvo panaudotas turimas projektas. Skaičiavimai atlikti antrajam pastato aukštui, kurio naudingas plotas – 1159 m², kadangi patalpoms pirmajame aukšte vėsinimas pagal jų paskirtį nėra privalomas.



9 pav. Tipinis biurų pastatas – UAB „Megrame“ gamykla

Bendra pastato vėsinimo galia yra 114,5 kW (žr. lentelę Nr.1). Ji buvo nustatyta DAIKIN vėsinimo programa.

1 lentelė. Šalčio galia orui atvėsinti

Patalpų vėsinimo galios (nuo žmonių, kompiuterių, įrangos, saulės spinduliuotės) suvestinė:		
Pat. nr.	Patalpos pavadinimas	Šalčio galia, [W]
1.234	Komercijos direktoriaus kabinetas	1820
1.235	Svečių priėmimo kambarys	1240
1.236	Direktoriaus kabinetas	3700
1.237	Buhalterija	2660
1.238	Vyr. Buhalterės kabinetas	1420
1.233	Personalo vadovė- recepsija	2580
1.230	Poilsio patalpa	3600
1.224	Vyr. Buhalterės kabinetas	1710
1.222	Buhalterija	2290
1.221	Vyr. finansininkės kabinetas	1890
1.220	Poilsio patalpa	1930
1.217	Tiekimo sk. viršininko kabinetas	1530

1 lentelės pabaiga

1.219	Ekonomisto kabinetas	1890
1.213	Kadryų skyriaus kabinetas	1890
1.212	Direktoriaus kabinetas	2660; 1810
1.202	Prezidentūros priimamasis	3200
1.206	Viceprezidento kabinetas	4240
1.205	Prezidento kabinetas	5475
1.203	Svečių kambarys	3190
1.204	Viceprezidento kabinetas	4550
1.202	Prezidentūros priimamojo virtuvėlė	1160
1.255	Direktoriaus kabinetas	2670
1.256	Posėdžių kambarys su niša virtuvėlei	3520
1.263	Pardavimų sk. kabinetas	6250
1.258	Komercijos direktoriaus kabinetas	2040
1.259	Marketingo sk. kabinetas	3400
1.260	Vyr. buhalterės kabinetas	2835
1.261	Buhalterija	4230
1.272	Tarnybinė patalpa	2540
1.269	Posėdžių kambarys su virtuvėle	3520
1.271	Vyr. buhalterės kabinetas	2120
1.270	Direktoriaus kabinetas	4810
1.274	Komercijos vadovo kabinetas	1945
1.273	Pardavimų sk. kabinetas	8030
1.214	Pasitarimų kambarys	7470
1.207	Serverinė	2700
	Suminė patalpų vėsinimo galia:	114,5 kW

Pateiktoje 1 lentelėje galima pamatyti reikiamą šiluminę galią pastatui, kuri apskaičiuota remiantis šiluminiais nuostatais, kompiuterių, įrangos, saulės spinduliuotės.

Pastato vėsinimo galios duomenys buvo gauti iš projektuotojų.

5. TIRIAMŲJŲ ALTERNATYVIŲ SISTEMŲ PROJEKTAVIMAS IR SKAIČIAVIMO METODIKA

5.1. Vandeninė ventiliatorinių konvektorių oro kondicionavimo sistema

Pagrindiniai projektuojamos sistemos elementai yra 114,5 kW oru aušinamas vėsinimo įrenginys DAIKIN EWAQ100DAYN (el. galia 30,7 kW), montuojamas ant pastato stogo ir vėsinantis vandens bei etilenglikolio (40 %) mišinį, FWB02, FWL03, FWB04, FWB05, FWB06, FWB07, FWB03 tipo sieniniai, lubiniai ventiliatoriniai konvektoriai ir juos jungiantys plieniniai skirstomieji bei drenažiniai vamzdžiai su reguliuojamąja ir uždaromąja armatūra. Parinkto išorinio šaldymo įrenginio techninės charakteristikos pateiktos prieduose Nr.1.

Priimama, kad tiekiamojo skysčio temperatūra yra 7 °C, o grąžinamojo – 12 °C, temperatūrų skirtumas sudaro 5 °C. Vandens – etilenglikolio mišinio techninės charakteristikos pateiktos 2 lentelėje. Sistema projektuota Vilniaus m. lauko oro sąlygoms: oro temperatūra 26,1 °C, santykinis drėgnis 70 %/53,2 kJ/kg (RSN 156–94 1995).

2 lentelė. Vandens – etilenglikolio (60/40 %) mišinio techninės charakteristikos

Šaltnešio temperatūra t, °C	Tankis ρ , kg/m ³	Savitoji šiluma c_v , kJ/(kg·K)	Dinaminis klampis ν , mPa·s	Ekvivalentinis vamzdžio šiurkštumas Δe , mm	Kinematinis klampis f , m ² /s
7 - 12	1059,95	3,479	3,875	0,2	0,0000036

Vėsa patalpoms perduodama ventiliatoriniais konvektoriais, tvirtinamais prie sienų ir lubų. Projektuojant buvo atsižvelgiama į įrenginių padėtį patalpose, kad šaltas atvėsintas oras nekeltų skersvėjo, tokiu būdu sukeldamas diskomfortą ar peršalimą. Projektuojamajame aukšte vėsinimo įrenginių yra 53. Ventiliatorinių konvektorių suminė vėsinimo galia yra 107,2 kW, elektrinė galia – 7,89 kW. Vidutinė vieno įrenginio vėsinimo galia – 2,02 kW.

Įrenginiai buvo parenkami esant minimaliam veikimo greičiui, todėl ir ventiliatorinių konvektorių vėsinimo galios rezultatai 3 lentelėje yra pateikti prie minimalaus veikimo greičio. Esant poreikiui padidinti įrenginių vėsinimo galią, ji gali būti padidinta iki maksimalios ventiliatorinių konvektorių vėsinimo galios, kuri pateikta 3 lentelės 7 skiltyje. Ventiliatorinių konvektorių parinkimo duomenys pateikti 3 lentelėje. Vidiniai vėsinimo įrenginiai buvo parenkami naudojantis įmonės „Daikin“ programa „Fan Coil Selection 3.1.5”.

Tolygiam energijos srautų judėjimui sistemai buvo atliktas hidraulinis suderinimas.

Hidraulinių skaičiavimų formulės buvo naudojamos remiantis literatūros šaltiniu (Pekus 2004).

Šaltnešio debitas (G , kg/h) ruože apskaičiuojamas pagal (1) formulę:

$$G = \frac{P \cdot 3,6}{c_v \cdot \Delta t}, \text{kg/h} \quad (1)$$

čia: P – ruožo galia, W; c_v – savitoji šaltnešio šiluma, kJ/(kg·K) ($c_v=3,479$ kJ/kg·K);
 Δt – tiekiamo/grąžinamo šaltnešio temperatūrų skirtumas, K ($\Delta t=5$ K).

Lyginamieji slėgio nuostoliai (R , Pa/m) sistemoje apskaičiuojami pagal (2) formulę:

$$R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \text{Pa/m} \quad (2)$$

čia: λ – hidraulinės trinties koeficientas; ρ – šaltnešio tankis, kg/m³ ($\rho=1059,95$ kg/m³); d – skaičiuojamasis vamzdžio diametras, m; v – šaltnešio tekėjimo greitis, m/s.

Šaltnešio tekėjimo greitis apskaičiuojamas pagal (3) formulę:

$$v = \frac{4 \cdot g}{\pi \cdot \rho \cdot (d)^2}, \text{m/s} \quad (3)$$

čia: g – šaltnešio masės debitas, kg/s.

Reinoldso kriterijus apskaičiuojamas pagal (4) formulę:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d}{f} \quad (4)$$

čia: f – kinematinis klampis, m²/s ($f=0,0000036$ m²/s).

Hidraulinės trinties koeficientas skaičiuojamas pagal (5) N.Z. Frenkelio formulę:

$$\lambda = 0,25 \cdot \left[\lg \left(\frac{\Delta e}{3,71 \cdot d} + \frac{5,621}{\text{Re}^{0,9}} \right) \right]^{-2} \quad (5)$$

čia: Δe – ekvivalentinis vamzdžio šiurkštumas, mm ($\Delta e=0,2$ mm).

Vietiniai nuostoliai apskaičiuojami pagal (6) Veisbacho formulę:

$$Z = \frac{\sum \xi \cdot v^2 \cdot \rho}{2}, \text{Pa} \quad (6)$$

čia: ξ – bedimensis vietinių nuostolių koeficientas, skaičiuojant buvo remtasi literatūros šaltiniu (Paulauskienė 2000); v – vidutinis šaltnešio greitis skerspjūvyje, m/s.

Sistemos tiekimo linijos hidraulinis pasipriešinimas yra 6,52 kPa, grąžinimo – 7,85 kPa. Hidraulinių skaičiavimų rezultatai pateikiami prieduose (žr. priedą Nr.2,3).

Skaičiavimuose įvertinta ir papildomos įrangos pasipriešinimas, kuris nebuvo įvertintas hidraulinių skaičiavimų metu (šalčio įrenginio, uždaramųjų rutulinių ventilių, atbulinio vožtuvo, filtro ir pan.). Priimta, kad suminis papildomos įrangos pasipriešinimas yra 197,9 kPa.

Reikalingam šaltnešio tekėjimui visoje sistemoje užtikrinti parenkamas cirkuliacinis siurblys GRUNDFOS TP 80-270/4, kurio nominali elektrinė galia yra 5,47 kW (techninės charakteristikos pateiktos priede Nr.4) ir uždaras išsiplėtimo indas Reflex N 80, kad sistemoje neįvyktų avarių susijusių su padidėjusiu slėgiu sistemoje. Vandens – etilenglikolio mišinio tūris vėsinimo sistemoje yra 892 l.

Vertinant sistemos investicijas buvo sudarytas medžiagų ir įrangos žiniaraštis (žr. priedą Nr.5). Sudarant žiniaraštį buvo priimta, kad vamzdžių ir įrenginių montavimas sudaro 30 % visos sistemos kainos.

Bendros sistemos investicijos su vamzdžių ir įrenginių montavimu yra 300518,53 Lt.

3 lentelė. Ventiliatorinių konvektorių duomenys

Patalpa	Vėsinimo galia, W	Vent. konvekt. tipas	Vent. konvekt. Matmenys (H×W×D), mm	Veikimo greitis	Vent. konvekt. vėsinimo galia prie greičio [5], W	Max. vent. konvekt. vėsinimo galia, W	Vent. konvekt. el. galia, W	Vandens slėgio nuostoliai, kPa	Recirkuliuojamas oro kiekis (min - max), m³/h	Triukš - mas, dB(A)	Šaltnešio tūris, l
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.202	3200	FWB07	239×1389×609	1	2830	6470	192	5,71	413 - 800	37	1,8
	1160	FWB02	239×1039×609	1	1400	2610	106	4,39	269 - 400	36	0,7
1.203	3190	FWB07	239×1389×609	1	2830	6470	192	5,71	413 - 800	37	1,8
1.204	2275	FWB05	239×1389×609	1	2090	5080	192	5,38	413 - 800	37	1,4
	2275	FWB05	239×1389×609	1	2090	5080	192	5,38	413 - 800	37	1,4
1.205	2738	FWB06	239×1389×609	1	2470	5450	192	3,25	413 - 800	37	1,4
	2738	FWB06	239×1389×609	1	2470	5450	192	3,25	413 - 800	37	1,4
1.206	2120	FWB05	239×1389×609	1	2090	5080	192	5,38	413 - 800	37	1,4
	2120	FWB05	239×1389×609	1	2090	5080	192	5,38	413 - 800	37	1,4
1.207	2700	FWB06	239×1389×609	1	2470	5450	192	3,25	413 - 800	37	1,4
1.214	2490	FWB06	239×1389×609	1	2470	5450	192	3,25	413 - 800	37	1,4
	2490	FWB06	239×1389×609	1	2470	5450	192	3,25	413 - 800	37	1,4
	2490	FWB06	239×1389×609	1	2470	5450	192	3,25	413 - 800	37	1,4
1.212	2660	FWB06	239×1389×609	1	2470	5450	192	3,25	413 - 800	37	1,4
	1810	FWL03	564×984×226	min	1610	2930	56	6,74	241 - 442	28	1,0
1.213	1890	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0
1.217	1530	FWB02	239×1039×609	1	1400	2610	106	4,39	269 - 400	36	0,7
1.219	1890	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0
1.220	1930	FWB04	239×1039×609	1	1920	3490	106	6,49	269 - 400	36	1,4
1.221	1890	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0
1.222	2290	FWB05	239×1389×609	1	2090	5080	192	5,38	413 - 800	37	1,4
1.224	1710	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0
1.230	1800	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0
	1800	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0

3 lentelės pabaiga

1.233	2580	FWB06	239×1389×609	1	2470	5450	192	3,25	413 - 800	37	1,4
1.234	1820	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0
1.235	1240	FWB02	239×1039×609	1	1400	2610	106	4,39	269 - 400	36	0,7
1.236	1850	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0
	1850	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0
1.237	2660	FWB06	239×1389×609	1	2470	5450	192	3,25	413 - 800	37	1,4
1.238	1420	FWB02	239×1039×609	1	1400	2610	106	4,39	269 - 400	36	0,7
1.269	1760	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0
	1760	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0
1.270	2405	FWB05	239×1389×609	1	2090	5080	192	5,38	413 - 800	37	1,4
	2405	FWB05	239×1389×609	1	2090	5080	192	5,38	413 - 800	37	1,4
1.271	2120	FWB05	239×1389×609	1	2090	5080	192	5,38	413 - 800	37	1,4
1.273	2677	FWB06	239×1389×609	1	2470	5450	192	3,25	413 - 800	37	1,4
	2677	FWB06	239×1389×609	1	2470	5450	192	3,25	413 - 800	37	1,4
	2677	FWB06	239×1389×609	1	2470	5450	192	3,25	413 - 800	37	1,4
1.274	1945	FWB04	239×1039×609	1	1920	3490	106	6,49	269 - 400	36	1,4
1.255	2670	FWB06	239×1389×609	1	2470	5450	192	3,25	413 - 800	37	1,4
1.256	1760	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0
	1760	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0
1.258	2040	FWB04	239×1039×609	1	1920	3490	106	6,49	269 - 400	36	1,4
1.259	1700	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0
	1700	FWB03	239×1039×609	1	1630	3140	106	7,27	269 - 400	36	1,0
1.260	2835	FWB07	239×1389×609	1	2830	6470	192	5,71	413 - 800	37	1,8
1.261	2115	FWB05	239×1389×609	1	2090	5080	192	5,38	413 - 800	37	1,4
	2115	FWB05	239×1389×609	1	2090	5080	192	5,38	413 - 800	37	1,4
1.263	2083	FWB04	239×1039×609	1	1920	3490	106	6,49	269 - 400	36	1,4
	2083	FWB04	239×1039×609	1	1920	3490	106	6,49	269 - 400	36	1,4
	2083	FWB04	239×1039×609	1	1920	3490	106	6,49	269 - 400	36	1,4
1.272	2540	FWB06	239×1389×609	1	2470	5450	192	3,25	413 - 800	37	1,4
Suma:					107150	227920	7890				71,8

5.2. Aktyviųjų šalčio sijų vėsinimo sistema

Sistemai parinktos „Lindab“ produkcijos aktyvios vėsinimo sijos „Polaris-I-60“. Šios sijos turi atvamzdį, leidžiantį prisijungti prie vėdinimo sistemos. Prie sijų gali jungtis 100 ir 125 mm skersmens ortakiai. Šaltnešis sijose yra tiekiamas ir šalinamas 15 – 20 mm skersmens atvamzdžiais.

Projektuojant buvo atsižvelgta į tai, kad tiekiamo į patalpą švaraus oro kiekis neturi viršyti 80 l/s. Patalpos oras yra recirkuliuojamas santykiu 1:4.

Skaičiavimuose priimta, kad tiekiamojo šaltnešio temperatūra 16 °C, grįžtamojo – 19 °C.

Pagrindiniai sistemos elementai yra 127,7 kW oru aušinamas vėsinimo įrenginys DAIKIN EWAQ100DAYN (el. galia 30,7 kW) užtikrinantis vėsos poreikį ir vėsinimui ir vėdinimui, montuojamas ant pastato stogo ir vėsinantis vandens bei etilengilikolio (40 %) mišinį, aktyvios vėsinimo sijos, montuojamos pakabinamose lubose, plieniniai vamzdynai ir reguliuojamoji bei uždaromoji armatūra. Parinkto išorinio šaldymo įrenginio techninės charakteristikos pateiktos priede Nr.6.

Sistemoje yra suprojektuota 114 aktyviųjų vėsinamųjų sijų. Vidinių įrenginių suminė vėsinimo galia yra 106,2 kW. Vidutinė vieno įrenginio vėsinimo galia – 0,93 kW. Aktyviųjų vėsinamųjų sijų parinkimo rezultatai pateikti 4 lentelėje.

Vidiniai vėsinimo įrenginiai buvo parenkami naudojantis įmonės „Lindab“ vėsinamųjų sijų katalogu „Polaris-I-60“ (žr. kompaktiniame diske).

Įnešamą į patalpą vėsos galia, kuri reikalinga atvėsinti tiekiamą į patalpas lauko orą skaičiuojama pagal (7) formulę:

$$P_v = Q \cdot 1,2 \cdot (t_{pat} - t_{oro}), W \quad (7)$$

čia: Q – oro srautas visai patalpai, l/s; $m \cdot c_p = 1,2$; t_{pat} – patalpos oro temperatūra, °C; t_{oro} – švaraus oro temperatūra tiekiamą į aktyviąją vėsinimo siją, °C.

Į patalpą tiekiamo atvėsinto oro įnešama vėsinimo galia apskaičiuojama pagal (8) formulę:

$$P_{at.oro} = Q_s \cdot 1,2 \cdot (t_{pat} - t_{at.oro}) \cdot n, W \quad (8)$$

čia: Q_s – oro srautas per vieną aktyviąją vėsinimo siją, l/s; $t_{at.oro}$ – atvėsinto oro temperatūra iš vėdinimo sistemos, °C; n – sijų skaičius patalpoje.

Skaičiuojama vėsos galia atiduodama šaltnešiui atitekėjus į vėsinamąją siją:

Temperatūrų skirtumas tarp patalpos ir vidutinės šilumnešio temperatūros skaičiuojamas pagal (9) formulę:

$$t = t_{pat} - (t_{gr} + t_{tek}) / 2, °C \quad (9)$$

čia: t_{tiek} – tiekiamo į siją šaltnešio temperatūra, °C; t_{gr} – grįžtamo iš sijos šaltnešio temperatūra, °C.

Sijos naudingas ilgis, tai yra ta dalis, kurioje vyksta oro vėsinimo procesas. Jis skaičiuojamas pagal (10) formulę:

$$L_n = L - 0,3, m \quad (10)$$

čia: L – parinktas sijos ilgis, m.

Skaičiuojamas oro srauto kiekis tenkantis vienam sijos metrui:

$$Q_{sm} = Q_s / L_n, l/sm \quad (11)$$

čia: Q_s – oro srautas per vieną aktyviąją vėsinimo siją, l/s; L_n – naudingas sijos ilgis, m.

Naudojantis 7 priedo grafiku pagal oro srauto kiekį vienam metrui ir ortakyje palaikomą slėgį prieš siją, parenkamas šilumos laidumo koeficientas P_{ce} , W/mK.

Vėsinimo galia, kurią per vėšinamąjį paviršių esantį sijoje šaltnešis perduoda recirkuliuojamam patalpos orui, skaičiuojama pagal (12) formulę:

$$P = P_{ce} \cdot L_n \cdot q, W \quad (12)$$

čia: q – šaltnešio kiekis tiekiamas į siją, l/s/

Suminė vėsos galia, reikalinga patalpai skaičiuojama pagal (13) formulę:

$$\Sigma P = (P \cdot n) + P_{at.oro}, W \quad (13)$$

Reikiamo šaltnešio kiekio tiekiamo į siją skaičiavimas:

$$q = \frac{3600 \cdot P}{c_p \cdot 1000 \cdot \Delta t}, l/s \quad (14)$$

čia: c_p – šilumnešio specifinė šiluma, kJ/kgK ($c_p=3,460$ kJ/kgK); Δt – tiekiamo ir grįžtamo šilumnešio temperatūrų skirtumas, °C; ρ – šilumnešio tankis, kg/m³ ($\rho=1060,67$ kg/m³).

Sistemos tiekimo linijos hidraulinis pasipriešinimas yra 6,4 kPa, grąžinimo – 8,7 kPa. Aktyviųjų vėšinamųjų sijų hidrauliniai skaičiavimai buvo atliekami analogiškai kaip ventiliatorinių konvektorių, pateiktų 5.1. skyriuje. Hidraulinių skaičiavimų rezultatai pateikiami prieduose (žr. priedą Nr.7,8).

Priimta, kad papildomos įrangos pasipriešinimas, kuris nebuvo įvertintas hidraulinių skaičiavimų metu (šalčio įrenginio, uždaramųjų rutulinių ventilių, atbulinio vožtuvo, filtro ir pan.) yra 127,9 kPa.

Tinkamam šaltnešio tekėjimui visoje sistemoje užtikrinti parenkami du cirkuliaciniai siurbiai, vienas siurblys išorinei sistemai – TP 50-180/2 (nominali el. galia 0,876 kW) ir antrasis vidinei sistemai – NB 40-160/167.2 (nominali el. 1,04 kW). Cirkuliacinių siurblių techninės charakteristikos pateiktos prieduose Nr.9,10. Sistemai taip pat parinktas uždaras išsiplėtimo indas Reflex N 100. Šaltnešio tūris vėsinimo sistemoje yra 1270 l.

Sistemos investicijoms įvertinti sudarytas medžiagų ir įrangos žiniaraštis (žr. priedą Nr.11). Bendros sistemos investicijos su vamzdžių ir įrenginių montavimu sudaro 602417,18 Lt.

4 lentelė. Aktyviųjų šalčio sijų duomenys

Patalpos Nr.	Visai patalpai			Vienai sijai				Vanduo				ΣP, W	Ln , m	Q, l/sm	P ^{cool.ef.} , W/mK	Oras		Patalpoje esančių sijų skaičius
	Q, m³/h	P, W	P _{be in.oro, W}	Q, m³/h	Q, l/s	P _{tk.oro} , W	P _{orient} , W	Polaris I	Δt _{patalpos} - vidutinė vandens 7									
								L, m	P, W	q, l/s	P, kPa					ΣΔp _v , Pa	Triukšmas, dB(A)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1.202	360	4360	4168	90	25	780	1042	3,0	896	0,081	105	4363	2,7	9,3	47,4	100	27	4
1.203	160	3190	3105	53	15	347	1035	3,6	924	0,084	102	3119	3,3	4,5	40,0	100	25	3
1.204	260	4550	4411	52	14	563	882	3,0	777	0,071	102	4447	2,7	5,3	41,1	100	25	5
1.205	260	5475	5336	37	10	563	762	3,0	731	0,066	102	5683	2,7	3,8	38,7	100	25	7
1.206	260	4240	4101	65	18	563	1025	3,6	954	0,087	102	4379	3,3	5,5	41,3	100	25	4
1.207	38	2700	2680	38	11	82	2680	3,0	733	0,067	102	816	2,7	3,9	38,8	100	25	1
1.214	830	7470	7027	208	58	1798	1757	3,6	1358	0,123	117	7231	3,3	17,5	58,8	100	31	4
1.212	240	4470	4342	48	13	520	868	3,0	771	0,070	102	4376	2,7	4,9	40,8	100	25	5
1.213	78	1890	1848	39	11	169	924	3,0	737	0,067	102	1643	2,7	4,0	39,0	100	25	2
1.217	70	1530	1493	35	10	152	746	3,0	726	0,066	102	1603	2,7	3,6	38,4	100	25	2
1.219	72	1890	1852	36	10	156	926	3,0	730	0,066	102	1615	2,7	3,7	38,6	100	25	2
1.220	200	1930	1823	100	28	433	912	2,4	789	0,072	105	2012	2,1	13,2	53,7	100	27	2
1.221	75	1890	1850	38	10	163	925	3,0	733	0,067	102	1629	2,7	3,9	38,8	100	25	2
1.222	78	2290	2248	39	11	169	1124	3,0	737	0,067	102	1643	2,7	4,0	39,0	100	25	2
1.224	50	1710	1683	50	14	108	1683	3,6	906	0,082	102	1014	3,3	4,2	39,2	100	25	1
1.230	395	3600	3389	198	55	856	1695	3,6	1333	0,121	117	3522	3,3	16,6	57,7	100	31	2
1.233	166	2580	2491	55	15	360	830	3,0	788	0,072	102	2724	2,7	5,7	41,7	100	25	3
1.234	162	1820	1734	81	23	351	867	2,4	735	0,067	102	1821	2,1	10,7	50,0	100	25	2
1.235	100	1240	1187	50	14	217	593	1,8	499	0,045	102	1214	1,5	9,3	47,5	100	25	2
1.236	230	3700	3577	58	16	498	894	3,0	792	0,072	102	3666	2,7	5,9	41,9	100	25	4
1.237	95	2660	2609	32	9	206	870	3,0	718	0,065	102	2360	2,7	3,3	38,0	100	25	3
1.238	62	1420	1387	31	9	134	693	3,0	716	0,065	102	1567	2,7	3,2	37,9	100	25	2
1.269	330	3520	3344	110	31	715	1115	3,0	960	0,087	105	3595	2,7	11,3	50,8	100	27	3
1.270	165	4810	4722	33	9	358	944	3,0	714	0,065	102	3930	2,7	3,4	37,8	100	25	5
1.271	74	2120	2081	37	10	160	1040	3,0	731	0,066	102	1623	2,7	3,8	38,7	100	25	2
1.273	268	8030	7887	34	9	581	986	3,0	714	0,065	102	6296	2,7	3,4	37,8	100	25	8

4 lentelės pabaiga

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1.274	100	1945	1892	50	14	217	946	3,6	906	0,082	102	2028	3,3	4,2	39,2	100	25	2
1.255	150	2670	2590	50	14	325	863	3,6	906	0,082	102	3042	3,3	4,2	39,2	100	25	3
1.256	340	3520	3339	113	31	737	1113	3,0	970	0,088	105	3645	2,7	11,7	51,3	100	27	3
1.258	110	2040	1981	55	15	238	991	3,6	926	0,084	102	2091	3,3	4,6	40,1	100	25	2
1.259	110	3400	3341	37	10	238	1114	3,0	731	0,066	102	2433	2,7	3,8	38,7	100	25	3
1.260	110	2835	2776	37	10	238	925	3,0	731	0,066	102	2433	2,7	3,8	38,7	100	25	3
1.261	150	4230	4150	30	8	325	830	3,0	711	0,065	102	3878	2,7	3,1	37,6	100	25	5
1.263	265	6250	6109	33	9	574	764	3,0	714	0,065	102	6290	2,7	3,4	37,8	100	25	8
1.272	126	2540	2473	42	12	273	824	3,0	747	0,068	102	2513	2,7	4,3	39,5	100	25	3
Suma:	6539	114515							92076			106244						114

5.3. Kintamojo refrižeranto (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 nuvedimo sistema. Naudojamas šaldymo agentas – freonas R410A.

Sistema buvo suprojektuota naudojantis įmonės „Daikin“ programa „VRV Xpress 5.4.4“. Šioje programoje kartu yra įvertinama ir hidraulinis sistemos pasipriešinimas, todėl atskirai jo įvertinti nebereikia. Freoninės sistemos įrenginių duomenys pateikti 5 lentelėje.

Sistemai suprojektuoti 4 išoriniai įrenginiai: vienas RXQ12P tipo ir 3 – RXQ18P tipo, bendra įrenginių nominali šaldymo galia yra 115 kW, o elektrinė galia – 36,66 kW. Išoriniai blokai montuojami ant stogo (žr. priedą kompaktiniame diske).

Projektuojamajame pastate yra 35 vidiniai VRV sistemos blokai. Prie šių vidinių blokų dar papildomai yra komplektuojami kondensato siurbliai, kurių nominali elektrinė galia yra 18 W.

Bendros sistemos investicijos su vamzdžių ir įrenginių montavimu sudaro 604562,24 Lt (žr. priedą Nr.12).

5 lentelė. VRV sistemos įrenginių duomenys

Patalpos Nr.	Patalpai reikalingos vėsos galios		Vidinio įrenginio charakteristikos					
	Pb, (W)	Pj, (W)	Modelis	W×H×D, (m)	Pb, (W)	Pj, (W)	Garsas, (dBA)	Įrenginio svoris, (kg)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Išorinis įrenginys Nr.1 - RXQ18P (EER 4.3/3)								
1.202	4360	4085	FXSQ63P	1000×300×700	6000	4800	30	35
1.203	3190	3080	FXSQ40P	700×300×700	3800	3300	29	26
1.204	4550	4495	FXSQ63P	1000×300×700	5900	4800	30	35
1.255	2670	2615	FXSQ40P	700×300×700	3700	3300	29	26
1.256	3520	3355	FXSQ50P	700×300×700	4600	3800	29	26
1.207	2700	2645	FXSQ40P	700×300×700	3600	3200	29	26
1.263	6250	5865	FXSQ80P	1000×300×700	7200	5900	32	35
1.258	2040	1985	FXSQ32P	550×300×700	2800	2300	27	23
1.259	3400	3235	FXSQ40P	700×300×700	3500	3200	29	26
Išorinis įrenginys Nr.2 - RXQ18P (EER 4.3/3)								
1.221	1890	1835	FXSQ25P	550×300×700	2400	2000	26	23
1.220	1930	1765	FXSQ25P	550×300×700	2400	2000	26	23
1.219	1890	1835	FXSQ25P	550×300×700	2400	2000	26	23
1.217	1530	1475	FXSQ20P	550×300×700	1900	1700	26	23
1.213	1890	1780	FXSQ25P	550×300×700	2400	2000	26	23
1.212	2660	2605	FXSQ63P	1000×300×700	5800	4700	30	35
	1810	1755						
1.214	7470	7195	FXSQ100P	1400×300×700	9200	7300	32	46
1.206	4240	4185	FXSQ63P	1000×300×700	5700	4700	30	35

5 lentelės pabaiga

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.205	5475	5420	FXSQ80P	1000×300×700	7200	5900	32	35
Išorinis įrenginys Nr.3 - RXQ12P (EER 4.9/3.5)								
1.234	1820	1765	FXSQ50P	700×300×700	2400	2000	26	23
1.235	1240	1130	FXSQ20P	550×300×700	2000	1700	26	23
1.236	3700	3645	FXSQ25P	550×300×700	4900	3900	29	26
1.237	2660	2550	FXSQ40P	700×300×700	3900	3400	29	26
1.233	2580	2415	FXSQ32P	550×300×700	3100	2400	27	23
1.238	1420	1365	FXSQ20P	550×300×700	1900	1700	26	23
1.230	3600	3270	FXSQ40P	700×300×700	3900	3300	29	26
1.224	1710	1655	FXSQ20P	550×300×700	1900	1700	26	23
1.222	2290	2125	FXSQ32P	550×300×700	3000	2400	27	23
Išorinis įrenginys Nr.4 - RXQ18P (EER 4.3/3)								
1.260	2835	2780	FXSQ40P	700×300×700	3800	3300	29	26
1.272	2540	2375	FXSQ32P	550×300×700	3000	2400	27	23
1.261	4230	4010	FXSQ63P	1000×300×700	5900	4800	30	35
1.271	2120	2065	FXSQ32P	550×300×700	2900	2400	27	23
1.270	4810	4755	FXSQ80P	1000×300×700	7400	6000	32	35
1.269	3520	3355	FXSQ50P	700×300×700	4600	3800	29	26
1.274	1945	1890	FXSQ25P	550×300×700	2300	2000	26	23
1.273	8030	7645	FXSQ125P	1400×300×700	11400	9000	33	46
	114515	110005						

5.4. 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 (el. 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. Skaičiavimuose priimta, kad temperatūrų skirtumas tarp oro srovės ir veiklos zonos yra 6 °C, todėl tiekiamo oro temperatūra bus 18,5 °C, o lauko oro temperatūra – 26,1 °C.

Tiekiamo oro temperatūros skaičiavimas:

$$t_{\text{tek}} = 24,5 - 6 = 18,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (15)$$

čia: 24,5 – patalpos vidaus temperatūra, °C; 6 – temperatūrų skirtumas tarp oro srovės ir veiklos zonos, °C; 18,5 – tiekiamo atvėsinto oro temperatūra iš vėdinimo sistemos, °C.

Vasaros metu į patalpas tiekiamo oro kiekis yra 56738 m³/h ir šalinamo oro kiekis – 56738 m³/h. Tiekiamo ir šalinamo oro kiekiai buvo apskaičiuoti remiantis tokiomis formulėmis:

Šilumos apkrovos rodikliai skaičiuojami pagal (16) formulę:

$$q_v = P / A, \text{ W/m}^2 \quad (16)$$

čia: P – patalpos vėsos poreikis, W; A – patalpos plotas, m^2 .

Tiekiamo oro masinis debitas apskaičiuojamas pagal (17) formulę:

$$m = P / (c_o \cdot \Delta t_o), \text{ kg/s} \quad (17)$$

čia: P – patalpos vėsos poreikis, kW; c_o – specifinė oro šiluma, kJ/kgK ($c_o=1,0$ kJ/kgK); Δt_o – temperatūrų skirtumas tarp oro srovės ir veiklos zonos, °C ($\Delta t_o=6$ °C).

Tiekiamo oro kiekiai apskaičiuojami pagal (18) formulę:

$$L = m / \rho, \text{ m}^3/\text{s} \quad (18)$$

čia: ρ – tiekiamo oro tankis, kg/m³, kuris apskaičiuojamas pagal (19) formulę:

$$\rho = \frac{353}{273 + t_{\text{tek}}}, \text{ kg/m}^3 \quad (19)$$

Orinės oro kondicionavimo sistemos duomenys pateikti 6 lentelėje.

Oras į patalpas tiekiamas ir iš jų ištraukiamas „Halton“ skleistuvais ir ištraukimo grotelėmis. Iš viso sistemoje yra 50 oro tiekimo difuzorių su jų pajungimo prie ortakių dėžėmis ir 71 oro šalinimo grotelių, kurios montuojamos pačiuose ortakiuose. Vidiniai įrenginiai buvo parenkami „Halton HIT design“ programa.

Remiantis literatūros šaltiniu (Juodis 2009) sistemai buvo atlikti aerodinaminiai skaičiavimai.

Pagal sistemos debitą ir trinties nuostolių spiraliniuose ortakiuose diagramą (atitinkančiuose Eurovent 2/3 ir Eurovent 2/4 reikalavimus) parenkamas greitis sistemos atšakose ir magistralėse, ortakių skersmuo bei lyginamieji slėgio nuostoliai R , Pa/m. Priimama, kad greitis sistemos atšakose turi būti 3–4 m/s, o magistralėse – 5–7 m/s.

Vietiniai sistemos nuostoliai Z , Pa buvo parenkami naudojantis „Lindab“ įmonės katalogu.

Oro tiekimo sistemos aerodinaminis pasipriešinimas yra 392 Pa, o šalinimo sistemos – 393 Pa. Hidrauliniai skaičiavimai pateikiami prieduose (žr. priedą Nr.13,14).

Tinkamam šaltnešio tekėjimui vandens kontūre tarp išorinio šaldymo įrenginio ir vėdinimo įrenginio užtikrinti parenkamas cirkuliacinis siurblys TP 50-180/2 (nominali el. galia 0,876 kW).

Sistemos investicijoms įvertinti sudarytas medžiagų ir įrangos žiniaraštis (žr. priedą Nr.15). Bendros sistemos investicijos su vamzdžių ir įrenginių montavimu sudaro 282035,72 Lt

6 lentelė. Orinės oro kondicionavimo sistemos duomenys

Patalpos Nr.	Visai patalpai					
	Patalpos plotas, m ²	P, (W)	qv, (W/m ²)	m, (kg/s)	L, (m ³ /s)	L, (m ³ /h)
1	2	3	4	5	6	7
1.202	67,10	4360	65	0,73	0,60	2160
1.203	29,20	3190	109	0,53	0,44	1581
1.204	48,60	4550	94	0,76	0,63	2254
1.205	48,60	5475	113	0,91	0,75	2713
1.206	47,70	4240	89	0,71	0,58	2101
1.207	18,80	2700	144	0,45	0,37	1338
1.214	57,40	7470	130	1,25	1,03	3701
1.212	30,55	2660	87	0,44	0,37	1318
	13,95	1810	130	0,30	0,25	897
1.213	20,30	1890	93	0,32	0,26	936
1.217	19,50	1530	78	0,26	0,21	758
1.219	19,50	1890	97	0,32	0,26	936
1.220	18,30	1930	105	0,32	0,27	956
1.221	20,30	1890	93	0,32	0,26	936
1.222	30,00	2290	76	0,38	0,32	1135
1.224	13,80	1710	124	0,29	0,24	847
1.230	35,90	3600	100	0,60	0,50	1784
1.233	30,70	2580	84	0,43	0,36	1278
1.234	34,00	1820	54	0,30	0,25	902
1.235	18,80	1240	66	0,21	0,17	614
1.236	42,30	3700	87	0,62	0,51	1833
1.237	26,10	2660	102	0,44	0,37	1318
1.238	17,10	1420	83	0,24	0,20	704
1.269	22,25	3520	158	0,59	0,48	1744
1.270	30,90	4810	156	0,80	0,66	2383
1.271	20,05	2120	106	0,35	0,29	1050
1.273	74,35	8030	108	1,34	1,11	3979
1.274	19,00	1945	102	0,32	0,27	964
1.255	27,90	2670	96	0,45	0,37	1323
1.256	23,40	3520	150	0,59	0,48	1744
1.258	20,70	2040	99	0,34	0,28	1011
1.259	30,50	3400	111	0,57	0,47	1685
1.260	26,00	2835	109	0,47	0,39	1405
1.261	46,30	4230	91	0,71	0,58	2096
1.263	73,40	6250	85	1,04	0,86	3097
1.272	35,00	2540	73	0,42	0,35	1258
Suma:	1158,25	114515				56738

6. ENERGIJOS SĄNAUDŲ IR EKSPLOATACINIŲ IŠLAIDŲ SKAIČIAVIMO METODIKA

Skaičiuojant energijos sąnaudas ir eksploatacines išlaidas priimama, kad visos anksčiau tekste paminėtos sistemos šiltuoju metų laikotarpiu, gegužės–rugsėjo mėnesiais, dirba 102 dienas po 10 valandų per parą ir po 5 dienas per savaitę.

Visų sistemų skaičiavimuose įvertinta vėsos generavimas ir tiekimas.

Pagal EECCAC (Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioner) duomenis (EECCAC 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 (20):

$$ESEER = EER_{100\%} \cdot 3\% + EER_{75\%} \cdot 33\% + EER_{50\%} \cdot 41\% + EER_{25\%} \cdot 23\% \quad (20)$$

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

Šiame darbe pastato energijos poreikis vėsinimui nustatytas remiantis šiomis standartizuotomis sistemų apkrovos ir jos trukmės sąlygomis.

Eksploatacijos išlaidos šiuo atveju apskaičiuojamos taip:

$$n = \left(\frac{Q_{100\%}}{EER_{100\%}} + \frac{Q_{75\%}}{EER_{75\%}} + \frac{Q_{50\%}}{EER_{50\%}} + \frac{Q_{25\%}}{EER_{25\%}} \right) \cdot n_{el}, Lt \quad (21)$$

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. Apskaičiuojamas pagal formules:

$$Q_{100\%} = P_{100\%} \cdot 0,03 \cdot t_{vs}, kWh \quad (22)$$

$$Q_{75\%} = P_{75\%} \cdot 0,33 \cdot t_{vs}, kWh \quad (23)$$

$$Q_{50\%} = P_{50\%} \cdot 0,41 \cdot t_{vs}, kWh \quad (24)$$

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

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 skaičiuojamą laikotarpį, h.

6.1. Orinės sistemos energijos sąnaudų ir eksploatacinių išlaidų skaičiavimas

Suminė orinės sistemos elektros 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).

Ventiliatoriams veikti naudojama elektra. Elektros sąnaudos apskaičiuojamos pagal (26) formulę:

$$\Phi_{oro,el} = Q_{oro,vent} \cdot z \cdot t, kWh \quad (26)$$

čia: $Q_{oro,vent}$ – ventiliatoriaus sunaudojama elektrinė galia, kW; z – parų skaičius, d (102 dienos); t – valandų skaičius per parą, h (10 valandų).

Ventiliatoriaus sunaudojama elektrinė galia apskaičiuojama pagal (27) formulę:

$$Q_{oro,vent} = \frac{L \cdot p}{3600 \cdot \eta_v \cdot \eta_p}, kW \quad (27)$$

čia: L – oro kiekis, m³/h; p – ventiliatoriaus sukuriamas/sukeliamas slėgis, Pa; η_v, η_p – ventiliatoriaus ir pavaros naudingumo koeficientai (tiekiamai sistemai 65 % ventiliatoriaus ir 95,2 % pavaros, grįžtamai sistemai 63,1 % ventiliatoriaus ir 95,2 % pavaros).

Metinės išlaidos elektrai:

$$E_{oro,el} = \Phi_{oro,el} \cdot K_{el}, Lt/metus \quad (28)$$

čia: $\Phi_{oro,el}$ – elektros sąnaudos, kWh; K_{el} – elektros 1 kWh kaina, Lt/kWh.

Kompiuterinė programa DAIKIN „Chiller Selection 3.1.6“ suskaičiuoja EER reikšmes, kai išorinis šaldymo įrenginys veikia apkrovimu 100 %, 75 %, 50 % ir 25 %. Tačiau programa skaičiuodama įvertina tik sistemoje veikiančią išorinę vėsinimo įrenginį, bet neįvertina nei sistemoje veikiančių siurblių, nei vėdinimo įrenginio ventiliatoriaus veikimo.

Todėl EER yra perskaičiuojamas įvertinant cirkuliacinį siurblį ir vėdinimo įrenginio ventiliatorių:

$$EER = \frac{Q_{iš,jr}}{Q_{iš,jr,el} + Q_{cirk,el} + Q_{oro,vent}} \quad (29)$$

čia: $Q_{iš,jr}$ – išorinio šaldymo įrenginio apkrovimas, kW; $Q_{iš,jr,el}$ – išorinio šaldymo įrenginio elektrinė galia prie atitinkamo apkrovimo, kW; $Q_{cirk,el}$ – cirkuliacinio siurblio elektrinė galia, prie atitinkamo išorinio šaldymo įrenginio apkrovimo, kW; $Q_{oro,vent}$ – vėdinimo įrenginio ventiliatoriaus elektrinė galia prie atitinkamo išorinio įrenginio apkrovimo, kW.

EER perskaičiuojamas, kai išorinis vėsinimo įrenginys dirba tam tikru apkrovimu, analogiškai įvertinant cirkuliacinių siurblių ir ventiliatoriaus apkrovimo kitimą. Orinės vėsinimo sistemos EER perskaičiavimo rezultatai pateikti 7 lentelėje.

7 lentelė. Orinės vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos per vėsinimo laikotarpį

Mėnuo	Vėsinimo trukmė, h	Vėsos poreikiai kWh kai sistema dirba:				EER 100%	EER 75%	EER 50%	EER 25%	ESEER	n _{el} , Lt/kwh	n, Lt
		Q _{100%} , kWh	Q _{75%} , kWh	Q _{50%} , kWh	Q _{25%} , kWh							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Gegužė	220	693	5735	4781	1316	1,62	1,82	1,98	1,90	1,90	0,308	2059,28
Birželis	210	662	5475	4563	1256	1,62	1,82	1,98	1,90	1,90	0,308	1965,67
Liepa	210	662	5475	4563	1256	1,62	1,82	1,98	1,90	1,90	0,308	1965,67
Rugpjūtis	230	725	5996	4998	1375	1,62	1,82	1,98	1,90	1,90	0,308	2152,88
Rugsėjis	150	473	3911	3260	897	1,62	1,82	1,98	1,90	1,90	0,308	1404,05
												9547,55

Orinės vėsinimo sistemos įrangos sezoninis veikimo efektyvumo koeficientas yra 1,90, o išlaidos elektrai per vėsinimo laikotarpį siekia 9547,55 Lt.

6.2. Vandeninių sistemų energijos sąnaudų ir eksploatacinių išlaidų skaičiavimas

1. *Vandeninės ventiliatorinių konvektorių 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).

Kaip jau anksčiau minėta tekste, kadangi programa skaičiuodama EER reikšmes įvertina tik sistemoje veikiančią išorinę vėsinimo įrangą, todėl atliekamas EER perskaičiavimas įvertinant ir kitus įrenginius.

EER yra perskaičiuojamas įvertinant cirkuliacinį siurblių ir ventiliatorinius konvektorius:

$$EER = \frac{Q_{i\dot{s}.jr}}{Q_{i\dot{s}.jr.el} + Q_{cirk.el} + Q_{vent.konv.el}} \quad (30)$$

čia: $Q_{i\dot{s}.jr}$ – išorinio šaldymo įrenginio apkrovimas, kW; $Q_{i\dot{s}.jr.el}$ – išorinio šaldymo įrenginio elektrinė galia prie atitinkamo apkrovimo, kW; $Q_{cirk.el}$ – cirkuliacinio siurblio elektrinė galia prie atitinkamo išorinio šaldymo įrenginio apkrovimo, kW; $Q_{vent.konv.el}$ – ventiliatorinių konvektorių elektrinė galia prie atitinkamo išorinio šaldymo įrenginio apkrovimo, kW.

Ventiliatorinių konvektorių sistemos EER perskaičiavimo rezultatai pateikti 8 lentelėje.

2. *Vandeninės aktyviųjų šaltinio sijos 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).

EER yra perskaičiuojamas įvertinant cirkuliacinius siurblius:

$$EER = \frac{Q_{i\dot{s}.jr}}{Q_{i\dot{s}.jr.el} + Q_{vid.sist.cirk.el} + Q_{i\dot{s}.sist.cirk.el}} \quad (31)$$

čia: $Q_{i\dot{s}.jr}$ – išorinio šaldymo įrenginio apkrovimas, kW; $Q_{i\dot{s}.jr.el}$ – išorinio šaldymo įrenginio elektrinė galia prie atitinkamo apkrovimo, kW; $Q_{vid.sist.cirk.el}$ – vidinės aktyviųjų šalčio siųlų vėsinimo sistemos cirkuliacinio siurblio elektrinė galia, prie atitinkamo išorinio šaldymo įrenginio apkrovimo, kW; $Q_{i\dot{s}.sist.cirk.el}$ – išorinės aktyviųjų šalčio siųlų vėsinimo sistemos cirkuliacinio siurblio elektrinė galia, prie atitinkamo išorinio šaldymo įrenginio apkrovimo, kW.

Aktyviųjų šalčio siųlų sistemos EER perskaičiavimo rezultatai pateikti 9 lentelėje.

8 lentelė. Vandeninės ventiliatorinių konvektorių vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos per vėsinimo laikotarpį

Mėnuo	Vėsinimo trukmė, h	Vėsos poreikiai kWh kai sistema dirba:				EER	EER	EER	EER	ESEER	n_{el} , Lt/kWh	n, Lt
		$Q_{100\%}$, kWh	$Q_{75\%}$, kWh	$Q_{50\%}$, kWh	$Q_{25\%}$, kWh	100%	75%	50%	25%			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	8	9	10
Gegužė	220	693	5735	4781	1316	2,12	2,43	2,63	2,27	2,47	0,308	1566,00
Birželis	210	662	5475	4563	1256	2,12	2,43	2,63	2,27	2,47	0,308	1494,82
Liepa	210	662	5475	4563	1256	2,12	2,43	2,63	2,27	2,47	0,308	1494,82
Rugpjūtis	230	725	5996	4998	1375	2,12	2,43	2,63	2,27	2,47	0,308	1637,18
Rugsėjis	150	473	3911	3260	897	2,12	2,43	2,63	2,27	2,47	0,308	1067,73
												7260,54

9 lentelė. Aktyviųjų šalčio siųlų vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos per vėsinimo laikotarpį

Mėnuo	Vėsinimo trukmė, h	Vėsos poreikiai kWh kai sistema dirba:				EER	EER	EER	EER	ESEER	n_{el} , Lt/kWh	n, Lt
		$Q_{100\%}$, kWh	$Q_{75\%}$, kWh	$Q_{50\%}$, kWh	$Q_{25\%}$, kWh	100%	75%	50%	25%			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	8	9	10
Gegužė	220	658	5429	4496	1261	2,76	3,35	3,87	3,55	3,59	0,308	1039,88
Birželis	210	628	5182	4292	1204	2,76	3,35	3,87	3,55	3,59	0,308	992,61
Liepa	210	628	5182	4292	1204	2,76	3,35	3,87	3,55	3,59	0,308	992,61
Rugpjūtis	230	688	5676	4701	1319	2,76	3,35	3,87	3,55	3,59	0,308	1087,15
Rugsėjis	150	449	3702	3066	860	2,76	3,35	3,87	3,55	3,59	0,308	709,01
												4821,27

Vandeninės ventiliatorinių konvektorių sistemos įrangos sezoninis veikimo efektyvumo koeficientas yra 2,47, o išlaidos elektrai per vėsinimo laikotarpį siekia 7260,54 Lt, tuo tarpu vandeninės aktyviųjų šalčio siųlų sistemos sezoninis įrangos veikimo efektyvumo koeficientas yra aukštesnis ir siekia 3,59, o išlaidos elektrai vėsinamuoju laikotarpiu sudaro 4821,27 Lt.

6.3. Freoninės sistemos energijos sąnaudų ir eksploatacinių išlaidų skaičiavimas

Freoninės sistemos elektros energijos sąnaudas sudaro vėsinimo įrenginių (36,66 kW) ir kondensato nuvedimo siurblių elektrinės galios (0,63 kW). Vidinių blokų ventiliatorių elektrinės galios yra įvertintos išoriniuose vėsinimo įrenginiuose kartu su jų elektrinėmis galiomis.

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

$$EER = \frac{Q_{iš,įr}}{Q_{iš,įr,el} + Q_{kond.nuv.siurb,el}} \quad (32)$$

čia: $Q_{iš,įr}$ – išorinio šaldymo įrenginio apkrovimas, kW; $Q_{iš,įr,el}$ – išorinio šaldymo įrenginio elektrinė galia prie atitinkamo apkrovimo, kW; $Q_{kond.nuv.siurb,el}$ – kondensato nuvedimo siurblių elektrinės galios prie atitinkamo išorinio šaldymo įrenginio apkrovimo, kW.

Freoninės sistemos EER perskaičiavimo rezultatai pateikti 10 lentelėje.

10 lentelė. Freoninės vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos per vėsinimo laikotarpį

Mėnuo	Vėsinimo trukmė, h	Vėsos poreikiai kWh kai sistema dirba:				EER	EER	EER	EER	ESEER	n_{el} , Lt/kWh	n, Lt
		$Q_{100\%}$, kWh	$Q_{75\%}$, kWh	$Q_{50\%}$, kWh	$Q_{25\%}$, kWh	100%	75%	50%	25%			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Gegužė	220	756	7280	6035	1449	3,14	3,65	3,64	3,06	3,49	0,308	1344,91
Birželis	210	721	6949	5761	1383	3,14	3,65	3,64	3,06	3,49	0,308	1283,78
Liepa	210	721	6949	5761	1383	3,14	3,65	3,64	3,06	3,49	0,308	1283,78
Rugpjūtis	230	790	7610	6310	1515	3,14	3,65	3,64	3,06	3,49	0,308	1406,04
Rugsėjis	150	515	4963	4115	988	3,14	3,65	3,64	3,06	3,49	0,308	916,98
												6235,49

Freoninės sistemos sezoninės išlaidos elektrai yra 6235,49 Lt, o sezoninis įrangos veikimo efektyvumo koeficientas yra 3,49.

6.4. Eksploatacinių Išlaidų 20 metų laikotarpiui nustatymas

Visų sistemų analizė atliekama priimant, 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 atliekamas 20 metų laikotarpiui, kadangi toks yra sistemų tarnavimo laikas, tvarkingai jas eksploatuojant.

Išlaidos apskaičiuojamos vertinant diskontavimo koeficientą, kuris nusako pinigų vertės mažėjimą laiko atžvilgiu. Kasmetinė sistemų priežiūra skaičiavimuose nevertinta.

Diskontavimo koeficientas apskaičiuojamas pagal (33) formulę:

$$k_d = \frac{1}{(1+k)^n} = (1+k)^{-n} \leq 1 \quad (33)$$

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

Skaičiavimuose vertinta tikrasis ir paprastasis atsipirkimo laikai (žr. lenteles Nr. 11,12,13,14).

Tikrasis atsipirkimo grafikas ir išvados apie sistemas pateikta rezultatų aptarime.

11 lentelė. VRV vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos 20 metų laikotarpiui

Metai	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Diskonto norma	1,00	0,94	0,89	0,84	0,79	0,75	0,70	0,67	0,63	0,59	0,56	0,53	0,50	0,47	0,44	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33	0,31
Vertinimo metai	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Investicijos	604562	6235	6235	6235	6235	6235	6235	6235	6235	6235	6235	6235	6235	6235	6235	6235	6235	6235	6235	6235	6235
Sutaupymai	0	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312
Sutaupymai taikant disk. normą	0	3125	2948	2781	2623	2475	2335	2203	2078	1960	1849	1745	1646	1553	1465	1382	1304	1230	1160	1095	1033
Grynoji esamoji vertė, Lt	604562	610798	617033	623269	629504	635740	641975	648211	654446	660682	666917	673153	679388	685624	691859	698095	704330	710566	716801	723037	729272
Tikrieji sutaupymai, Lt	-322527	3125	2948	2781	2623	2475	2335	2203	2078	1960	1849	1745	1646	1553	1465	1382	1304	1230	1160	1095	1033
Diskontuotas atsipirkimo laikas	-322527	-319402	-316454	-313673	-311050	-308575	-306240	-304037	-301959	-299999	-298149	-296405	-294759	-293206	-291741	-290359	-289055	-287825	-286665	-285570	-284537
Paprastieji sutaupymai, Lt	-322527	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312	3312
Paprastas atsipirkimo laikas	-322527	-319214	-315902	-312590	-309278	-305966	-302654	-299342	-296030	-292718	-289406	-286094	-282782	-279470	-276158	-272846	-269534	-266221	-262909	-259597	-256285

12 lentelė. Ventilatorinių konvektorių vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos 20 metų laikotarpiui

Metai	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Diskonto norma	1,00	0,94	0,89	0,84	0,79	0,75	0,70	0,67	0,63	0,59	0,56	0,53	0,50	0,47	0,44	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33	0,31
Vertinimo metai	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Investicijos	300519	7261	7261	7261	7261	7261	7261	7261	7261	7261	7261	7261	7261	7261	7261	7261	7261	7261	7261	7261	7261
Sutaupymai	0	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287
Sutaupymai taikant disk. normą	0	2158	2035	1920	1812	1709	1612	1521	1435	1354	1277	1205	1137	1072	1012	954	900	849	801	756	713
Grynoji esamoji vertė, Lt	300519	307779	315040	322300	329561	336821	344082	351342	358603	365863	373124	380384	387645	394906	402166	409427	416687	423948	431208	438469	445729
Tikrieji sutaupymai, Lt	-18483	2158	2035	1920	1812	1709	1612	1521	1435	1354	1277	1205	1137	1072	1012	954	900	849	801	756	713
Diskontuotas atsipirkimo laikas	-18483	-16325	-14290	-12370	-10558	-8849	-7237	-5716	-4281	-2927	-1650	-445	691	1763	2775	3729	4630	5479	6280	7036	7749
Paprastieji sutaupymai, Lt	-18483	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287	2287
Paprastas atsipirkimo laikas	-18483	-16196	-13909	-11622	-9335	-7048	-4761	-2474	-187	2100	4387	6674	8961	11248	13535	15822	18109	20396	22683	24970	27257

13 lentelė. Orinės vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos 20 metų laikotarpiui

Metai	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Diskonto norma	1,00	0,94	0,89	0,84	0,79	0,75	0,70	0,67	0,63	0,59	0,56	0,53	0,50	0,47	0,44	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33	0,31
Vertinimo metai	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Investicijos	282036	9548	9548	9548	9548	9548	9548	9548	9548	9548	9548	9548	9548	9548	9548	9548	9548	9548	9548	9548	9548
Sutaupymai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sutaupymai taikant disk. normą	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grynoji esamoji vertė, Lt	282036	291583	301131	310678	320226	329773	339321	348869	358416	367964	377511	387059	396606	406154	415701	425249	434797	444344	453892	463439	472987
Tikrieji sutaupymai, Lt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diskontuotas atsipirkimo laikas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paprastieji sutaupymai, Lt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paprastas atsipirkimo laikas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

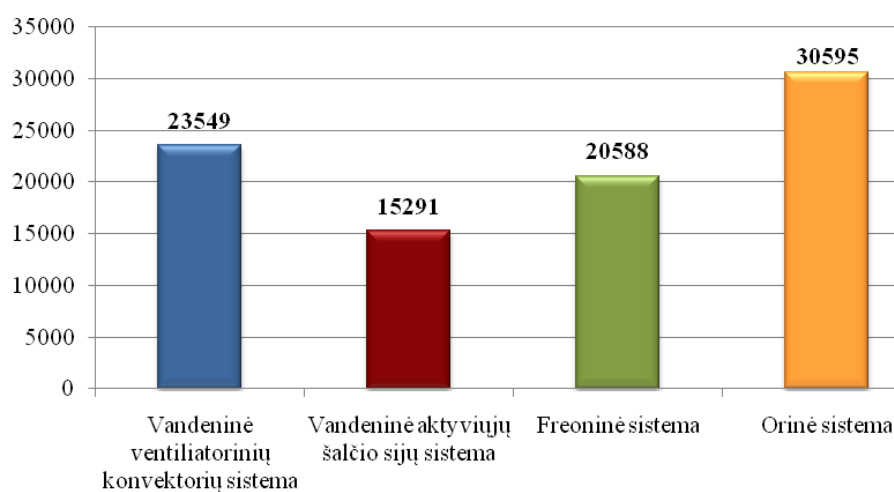
14 lentelė. Aktyviųjų šalčio sių vėsinimo sistemos eksploatacinės išlaidos 20 metų laikotarpiui

Metai	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Diskonto norma	1,00	0,94	0,89	0,84	0,79	0,75	0,70	0,67	0,63	0,59	0,56	0,53	0,50	0,47	0,44	0,42	0,39	0,37	0,35	0,33	0,31
Vertinimo metai	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Investicijos	602417	4821	4821	4821	4821	4821	4821	4821	4821	4821	4821	4821	4821	4821	4821	4821	4821	4821	4821	4821	4821
Sutaupymai	0	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726
Sutaupymai taikant disk. normą	0	4459	4206	3968	3744	3532	3332	3143	2965	2797	2639	2490	2349	2216	2090	1972	1860	1755	1656	1562	1474
Grynoji esamoji vertė, Lt	602417	607238	612060	616881	621702	626524	631345	636166	640987	645809	650630	655451	660272	665094	669915	674736	679557	684379	689200	694021	698843
Tikrieji sutaupymai, Lt	-320381	4459	4206	3968	3744	3532	3332	3143	2965	2797	2639	2490	2349	2216	2090	1972	1860	1755	1656	1562	1474
Diskontuotas (tikrasis) atsipirkimo laikas	-320381	-315923	-311716	-307748	-304004	-300473	-297141	-293998	-291032	-288235	-285596	-283106	-280757	-278541	-276451	-274479	-272618	-270863	-269207	-267645	-266171
Paprastieji sutaupymai, Lt	-320381	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726	4726
Paprastas atsipirkimo laikas	-320381	-315655	-310929	-306203	-301476	-296750	-292024	-287297	-282571	-277845	-273119	-268392	-263666	-258940	-254213	-249487	-244761	-240035	-235308	-230582	-225856

7. REZULTATAI

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

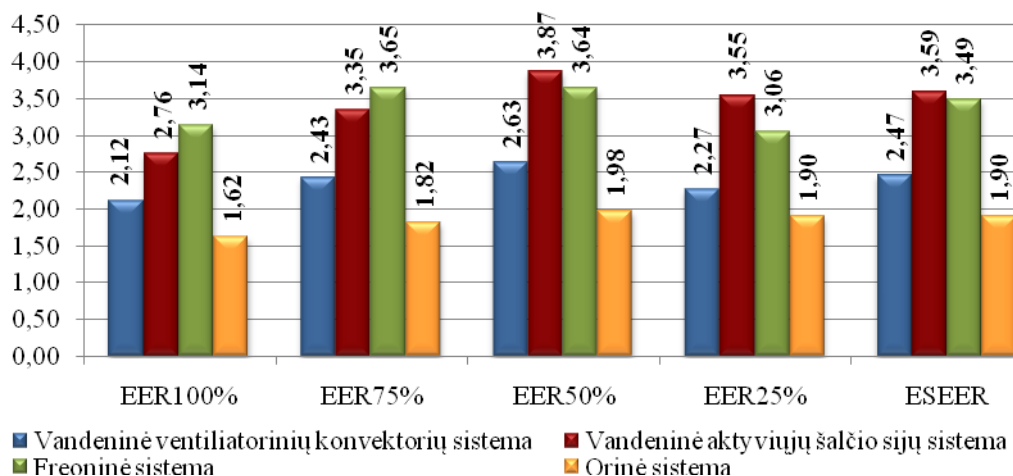
Lyginant metines sistemų elektros energijos sąnaudas vėsinamuoju laikotarpiu (10 pav.) nustatyta, kad toms pačioms sąlygoms užtikrinti daugiausiai elektros energijos sunaudoja orinė vėsinimo sistema (30595 kWh), o mažiausiai – vandeninė aktyviųjų šaltio sių vėsinimo sistema – 15291 kWh.



Elektros energijos sąnaudos įvertinant vėsos generavimą ir tiekimą, kWh/metus

10 pav. Elektros energijos sąnaudų palyginimas

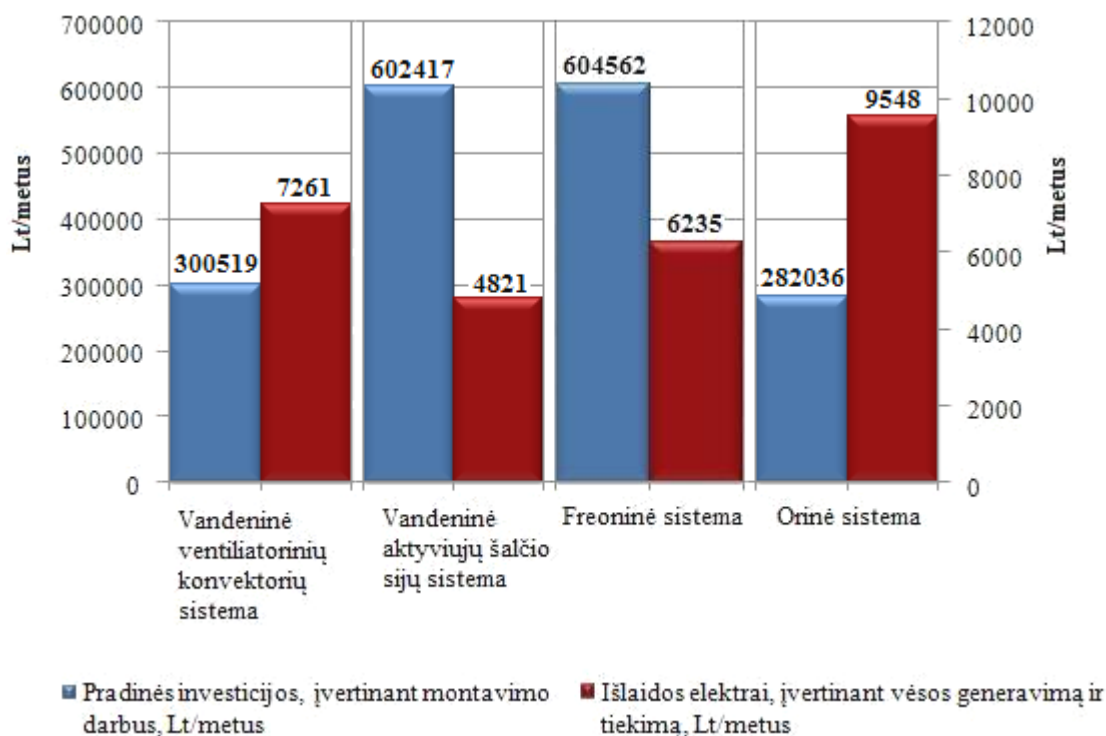
11 pav. matoma keturių sistemų sezoninio įrangos veikimo efektyvumo (ESEER) ir veikimo efektyvumo priklausomai nuo apkrovimo pobūdžio (EER) koeficientų tarpusavio palyginimas.



11 pav. ESEER ir EER koeficientų palyginimas

Iš gautų rezultatų pastebima, kad daugiau energijos galima sutaupyti ir efektyviau ją panaudoti su vandenine aktyviųjų šaltio sių sistema, kadangi šios sistemos ESEER yra didžiausias, o kuo šis koeficientas yra didesnis, tuo yra geresnė sistema. Iš grafiko galima pamatyti, kad mažėjant šaldymo įrenginio atitinkamam apkrovimui EER koeficientai didėja, tačiau pasiekę 25 % apkrovimą vėl sumažėja.

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



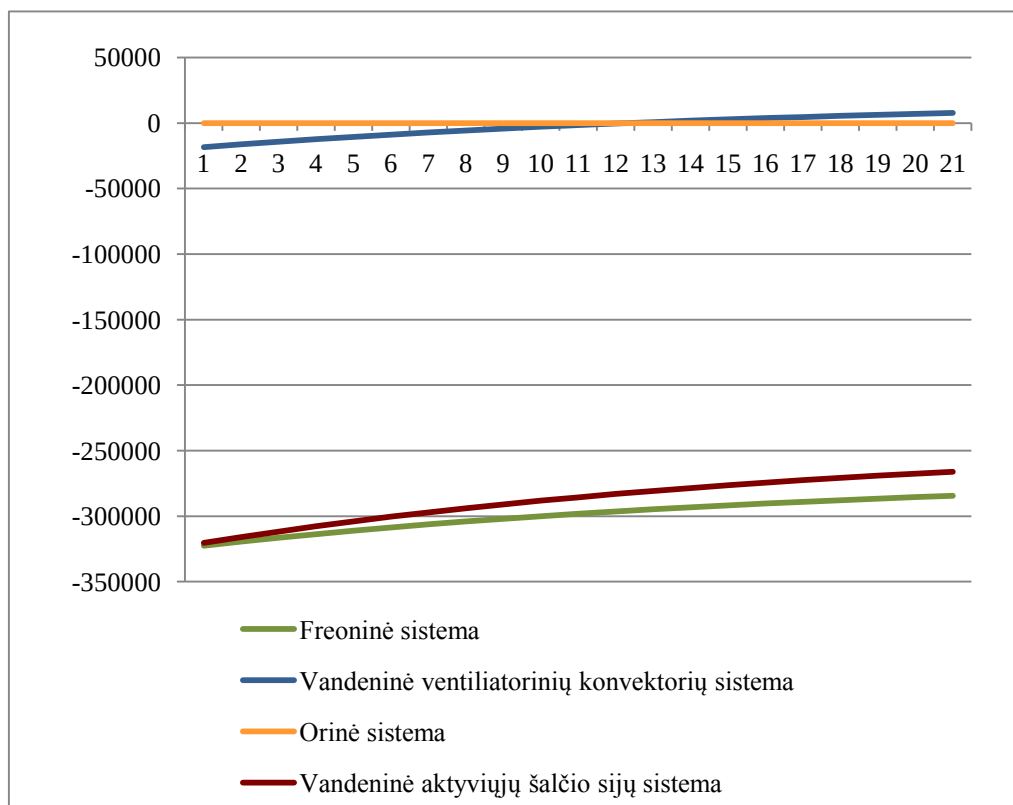
12 pav. Pradinių investicijų ir eksploatacijos kainų palyginimas

12 pav. matomas metinių kainų tarpusavio palyginimas, įvertinant pradines sistemų investicijas, montavimo darbus ir išlaidas elektrai. Didžiausios išlaidos pagal pradines investicijas yra freoninės sistemos, kurios investicijos siekia 604,6 tūkst. Lt, tuo tarpu mažiausios – orinės sistemos, kurios investicijos sudaro 282 tūkst. Lt.

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

13 pav. lyginamos visos keturios analizuojamos vėsinimo sistemos, vertinant jų tikrąjį atsipirkimo laiką. Atliekant sistemų lyginimą priimta, kad orinė sistema yra jau esama pastato oro vėsinimo sistema, o kitos sistemos yra kaip alternatyvūs variantai šiai suprojektuotai sistemai.

Atlikus skaičiavimus buvo gauti tokie rezultatai.



13 pav. Sistemų tikrojo atsipirkimo periodų palyginimas

Kadangi orinė oro kondicionavimo sistema jau suprojektuota, į ją investuotos išlaidos, todėl ji nebeneša pelno. Lyginant orinę vėsinimo sistemą su vandenine ventiliatorinių konvektorių sistema galima pamatyti, kad orinės sistemos investicijos yra mažesnės, tačiau eksploatacinės išlaidos didesnės. Iš grafiko galima pamatyti, jog sistemų investicijos ir eksploatacijos išlaidos po 12 metų susilygina, vadinasi sistema atsiperka ir toliau 8 metus dirba pelningai.

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

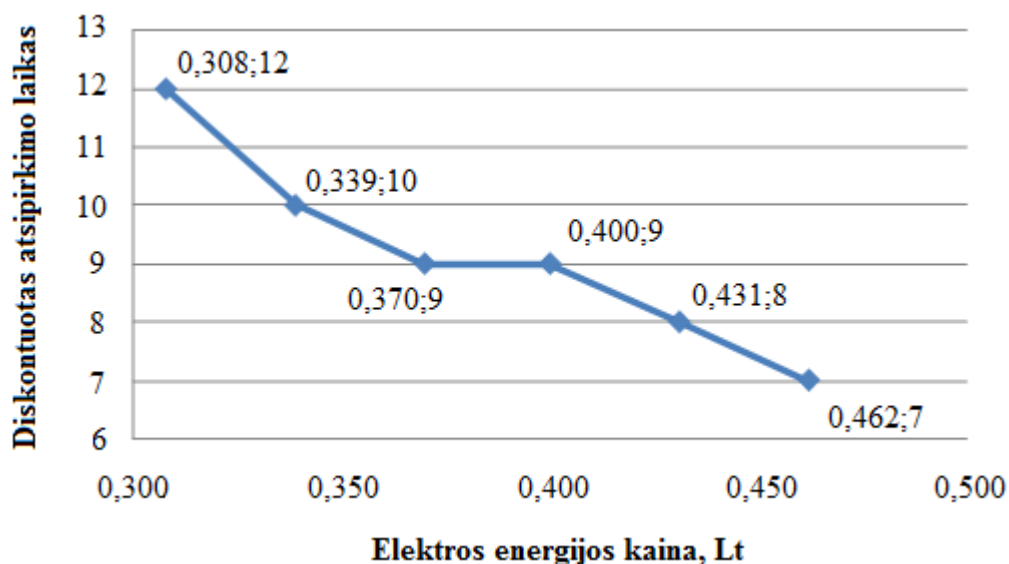
8. JAUTRUMO ANALIZĖ

Jautrumo analizės skaičiavimo metodas įvertina vieno veiksnio įtaką visoms analizuojamoms sistemoms, o ryšiai tarp atskirų veiksnių nėra vertinami. 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.

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

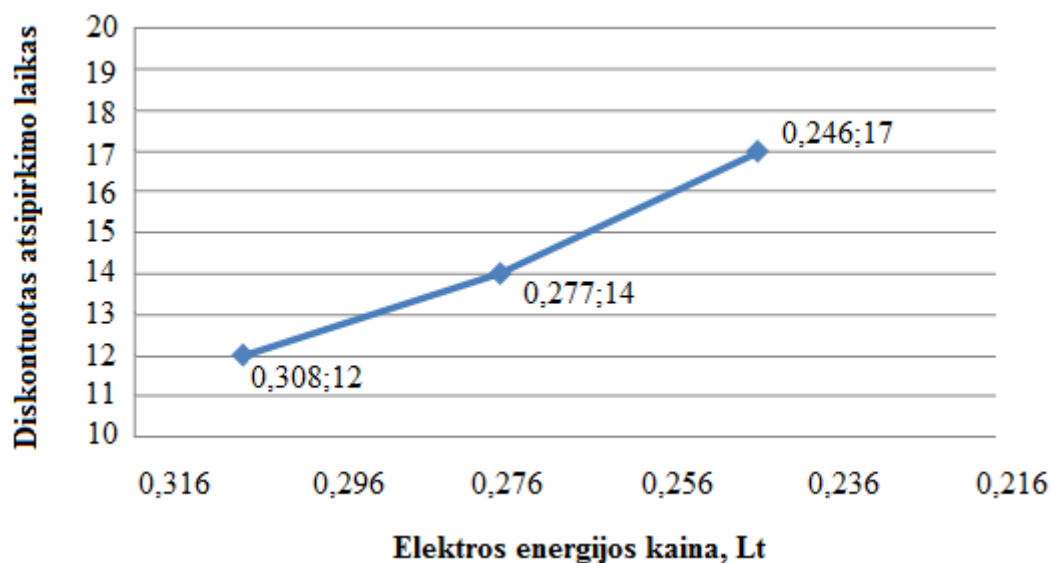
Šiuo atveju, kaip ir ekonominiuose skaičiavimuose atsiperka tik viena ventiliatorinių konvektorių sistema, todėl atliekant jautrumo analizę vertinamas tik šios sistemos diskontuotas atsipirkimo laikas:



14 pav. Elektros energijos kainos didėjimo įtaka diskontuotam atsipirkimo laikui

Iš gautų rezultatų galima pamatyti, kad didėjant elektros energijos kainai diskontuotas atsipirkimo laikas mažėja. 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:



15 pav. Elektros energijos kainos mažėjimo įtaka diskontuotam atsipirkimo laikui

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

Jeigu elektros kaina bus sumažinama 30 % (iki 0,22 Lt), tuomet ventiliatorinių konvektorių sistema neatsipirks per 20 metų laikotarpį.

Remiantis jautrumo analizės rezultatais nustatyta, kad šiuo atveju nagrinėjama vėsinimo sistema yra jautresnė elektros energijos kainų mažėjimui, kadangi tuomet diskontuotas atsipirkimo laikas didėja.

IŠVADOS

1. Lyginant sistemas pagal sezoninio įrangos veikimo efektyvumo (ESEER) koeficientą efektyviausia yra vandeninė sistema su aktyviosiomis šalčio sijomis, jos efektyvumo koeficientas siekia 3,59. Mažiausias efektyvumo koeficientas yra 1,90 – orinės sistemos ir tarpinės padėtis užima vandeninė ventiliatorinių konvektorių vėsinimo sistema, kurios koeficientas siekia 2,47 bei freoninė vėsinimo sistema – su 3,49 efektyvumo koeficientu.

Didžiausios pastato lyginamosios charakteristikos pagal elektros 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 ir tarpinės padėtis užima vandeninė ventiliatorinių konvektorių sistema – 20,32 kWh/m² bei freoninė sistema – 17,76 kWh/m².

2. Daugiausiai išlaidų pagal pradines investicijas tenka freoninės sistemos įrengimui – 604562 Lt/metus, mažiausiai – orinės sistemos įrengimui 282036 Lt/metus. Tarpinės padėtis užima vandeninė vėsinimo sistema su ventiliatoriniais konvektoriais, kurios išlaidos sudaro 300519 Lt/metus bei aktyviųjų šalčio sijų sistema – 602417 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. Tarpinės padėtis užima vandeninė sistema su ventiliatoriniais konvektoriais – 259,29 Lt/m² ir aktyviųjų šalčio sijų vėsinimo sistema – 519,77 Lt/m².

3. Lyginant sistemų charakteristikas pagal išlaidas elektros energijai per vėsinimo sezoną, didžiausios išlaidos tenka orinei sistemai – 8,24 Lt/m², mažiausios – vandeninei 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 nagrinėjamų atsiperka per 12 metų, kartu įvertinant ir eksploatacijos ir pradinių investicijų išlaidas.

5. Vertinant energetiniu požiūriu geresnė yra aktyviųjų šalčio sijų sistema, kuri turi aukštą sezoninį įrangos veikimo efektyvumo koeficientą ir pasižymi efektyviu energijos naudojimu, tačiau šios sistemos pradinės investicijos įrengiant ją yra daug didesnės nei kitų analizuojamų sistemų ir per nagrinėjamą 20 metų laikotarpį ji neatsiperka.

6. Jautrumo analizės rezultatai parodo, kad didėjant elektros energijos kainai, diskontuotas atsipirkimo laikas įgauna tendenciją mažėti.

LITERATŪRA

- Bagdanavičius, A. Komercinio pastato šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų energijos poreikių analizė. Pastatų inžinerinės sistemos. 2006;
- Chilled beam system (žiūrėta 2011 m. balandžio 14 d). Prieiga per internetą: <http://www.buildings.com/ArticleDetails/tabid/3321/ArticleID/6087/Default.aspx>;
- Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EECCAC) „Final Report – April 2003“. 2003;
- Fancoil units (žiūrėta 2011 m. balandžio 10 d). Prieiga per internetą: http://www.daikin.com/global_ac/products/chiller/fancoil/outline.html;
- Fancoil units (žiūrėta 2011 m. balandžio 10 d). Prieiga per internetą: <http://www.energybooks.com/toc/toc0503.htm>;
- Frengersystem. http://www.lindabventilation.com/frameset/run_frame.asp?LangRef=56&Area=56&topID=3&ArticleID=12988&MenuID=534&Template=../templates/a_masterweb_standard.asp&ExpandID=2860&T=39&L2=1;
- Grundfos. <http://net.grundfos.com/Apl/WebCAPS/InitCtrl?mode=18>;
- Hundy, G.F. „Refrigeration and air conditioning“. Fourth edition. Elsevier Ltd. 381 p. 2008;
- Įmonės UAB „Sweco“ duomenų bazės;
- HN 42:2009 "Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas", Valstybės žinios, 2009-12-31, Nr. 159-7219;
- Industrial ventilation, a manual of recommended practice, 20th ed. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH. 1989;
- Isevičius, E. 2007. Oro kondicionavimas: vadovėlis. Kaunas: Technologija, 219 p;
- Juodis, E. 2008. Vėdinimas: vadovėlis. Vilnius: Technika, 132-133, 257 p;
- Kohler, J.T.; Lewis, D.C. Two pipe and four pipe fan coil systems;
- Low Wall Unit/(Concealed) flexi type unit/duct unit/ FWV/FWL/FWM/FWD. Daikin įmonės katalogas. 2004;
- Nekilnojamojo turto verslo patalpų nuomos kainų Vilniaus mieste statistinė analizė. 2007;
- Paulauskienė, Z. 2000. Pastatų vandentiekio ir nuotėkų tinklų skaičiavimas. Vilnius: Technika, 89 p.;
- Pekus, R. 2004. Inžinerinių tinklų hidrauliniai skaičiavimai. Vilnius: Technika, 243 p.;
- Programa „Fan Coil Selection 3.1.5“;
- Programa „Halton HIT design“;
- Programa „Reflex4.0“;
- Programa „VRV Xpress 5.4.4“;

Roth K. Chilled beam cooling. Ashrae journal. 2007;

RSN 156-94 „Statybinė klimatologija“, Valstybės žinios, 1994-03-30, Nr. 24-394;

STR.2.09.02:2005 Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas. Valstybės žinios, 2005-06-16, Nr. 752729;

Šiluminė technika. 2006. Nr. 1 (Nr.26);

Thermal environmental conditions for human occupation. ANSI/ASHRAE Standard 55-1981;

Ventilation for acceptable indoor air quality. ANSE/Ashrae Standard 62-1989;

Vėdinimo sistemos (žiūrėta 2010 m. gruodžio 16 d). Prieiga per internetą:
http://www.spec.lt/lt/vedinimo_sistemas/Daikin_ismanantiems_kondicionavimo_teknika;

Visuomeninės elektros energijos kainos (žiūrėta 2011 m. gruodžio 5 d). Prieiga per internetą:
<http://www.lesto.lt/lt/verslo-klientams/elektros-energijos-kainos-ir-tarifu-planai/visuomenines-elektros-energijos-kainos/769>.

Priedas Nr.1. Ventiliatorinių konvektorių vėsinimo sistemos išorinio šaldymo įrenginio techninės charakteristikos

Priedas Nr.2. Hidraulinis ventiliatorinių konvektorių sistemos tiekimo linijos pasipriešinimas

Ruožo Nr.	l, m	P, W	G, kg/h	d, mm	v, m/s	Re	λ	R, Pa/m	R·l, Pa	$\Sigma\zeta$	Z, Pa	Rl+ ΣZ , Pa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	6,57	63905	13226	80	0,49	12904	0,03	43	282	1,7	216,32	498,66
2	4,74	56165	11624	80	0,43	11341	0,03	34	161	2,73	267,52	428,78
3	4,21	42090	8711	65	0,59	11534	0,03	92	388	1	184,48	572,08
4	2,49	39600	8195	65	0,56	10851	0,03	82	204	0,3	49,86	254,20
5	3,48	37110	7680	65	0,52	10169	0,04	73	254	0,3	42,99	297,18
6	2,07	34620	7165	65	0,49	9487	0,04	64	132	0,3	38,17	170,53
7	3,36	30150	6240	65	0,42	8262	0,04	50	168	0,3	28,05	195,90
8	2,89	26730	5532	65	0,38	7325	0,04	40	116	0,3	22,96	138,60
9	1,69	22910	4741	65	0,32	6278	0,04	31	52	1,6	86,83	139,28
10	3,48	21020	4350	50	0,54	7754	0,04	113	394	0,3	46,36	439,94
11	3,51	18730	3876	50	0,48	6909	0,04	92	323	0,3	36,63	359,64
12	0,55	17020	3522	50	0,43	6278	0,04	77	42	0,3	29,40	71,82
13	3,12	15220	3150	50	0,39	5615	0,04	63	196	0,3	24,18	220,62
14	4,20	13420	2777	50	0,34	4950	0,04	51	214	0,3	18,38	232,32
15	2,81	12000	2483	50	0,31	4426	0,04	42	118	1,55	78,94	196,88
16	1,09	9420	1950	40	0,41	4519	0,04	97	106	1,55	138,09	244,11
17	1,58	6760	1399	32	0,38	3715	0,05	105	166	2,78	212,75	379,07
18	2,56	3700	766	32	0,21	2034	0,06	37	95	0,3	7,01	101,88
19	5,04	1850	383	25	0,19	1360	0,06	46	218	2,1	40,18	258,18
20	3,63	50610	10474	80	0,39	10219	0,03	28	102	0,3	24,18	125,77
21	10,00	114515	23700	100	0,61	19269	0,03	51	510	3,45	680,35	1190,35
												6515,79

Priedas Nr.3. Hidraulinis ventiliatorinių konvektorių sistemos grąžinimo linijos pasipriešinimas

Ruožo Nr.	l, m	P, W	G, kg/h	d, mm	v, m/s	Re	λ	R, Pa/m	R·l, Pa	$\Sigma\zeta$	Z, Pa	Rl+ ΣZ , Pa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	6,57	63905	13226	80	0,49	12904	0,03	43	282	2,3	292,67	575,01
2	4,74	56165	11624	80	0,43	11341	0,03	34	161	3,81	373,35	534,61
3	4,21	42090	8711	65	0,59	11534	0,03	92	388	1,6	295,17	682,77
4	2,49	39600	8195	65	0,56	10851	0,03	82	204	0,9	149,58	353,92
5	3,48	37110	7680	65	0,52	10169	0,04	73	254	0,9	128,97	383,16
6	2,07	34620	7165	65	0,49	9487	0,04	64	132	0,9	114,52	246,87
7	3,36	30150	6240	65	0,42	8262	0,04	50	168	0,9	84,14	251,99
8	2,89	26730	5532	65	0,38	7325	0,04	40	116	0,9	68,88	184,52
9	1,69	22910	4741	65	0,32	6278	0,04	31	52	1,67	90,63	143,08
10	3,48	21020	4350	50	0,54	7754	0,04	113	394	0,9	139,09	532,67
11	3,51	18730	3876	50	0,48	6909	0,04	92	323	0,9	109,90	432,91

Priedas Nr.3. pabaiga

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12	0,55	17020	3522	50	0,43	6278	0,04	77	42	0,9	88,19	130,62
13	3,12	15220	3150	50	0,39	5615	0,04	63	196	0,9	72,55	268,98
14	4,20	13420	2777	50	0,34	4950	0,04	51	214	0,9	55,14	269,08
15	2,81	12000	2483	50	0,31	4426	0,04	42	118	1,7	86,58	204,52
16	1,09	9420	1950	40	0,41	4519	0,04	97	106	1,7	151,45	257,47
17	1,58	6760	1399	32	0,38	3715	0,05	105	166	3,78	289,28	455,60
18	2,56	3700	766	32	0,21	2034	0,06	37	95	0,9	21,03	115,90
19	5,04	1850	383	25	0,19	1360	0,06	46	218	2,1	40,18	258,18
20	3,63	50610	10474	80	0,39	10219	0,03	28	102	0,9	72,55	174,13
21	10,00	114515	23700	100	0,61	19269	0,03	51	510	4,5	887,42	1397,42
												7853,41



Įmonės pavadinimas: -
 Paruošė: -
 Telefonas: -
 Faksas: -
 Data: -

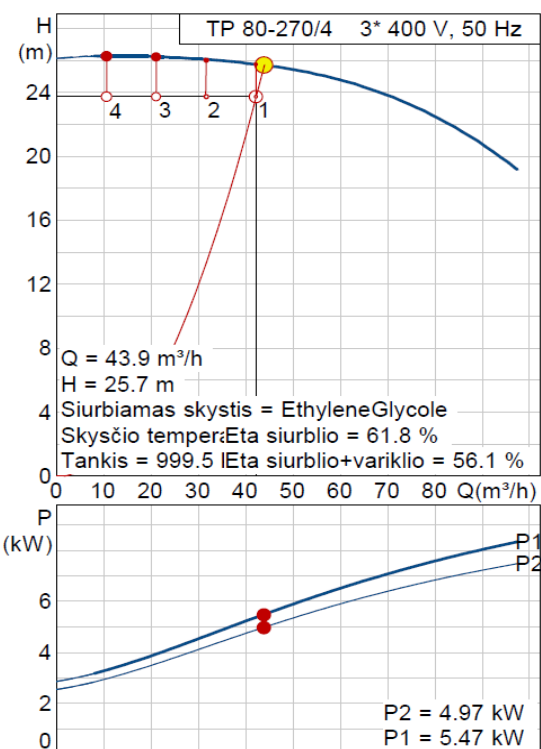
96108853 TP 80-270/4 50 Hz

Duomenys

Pasirinkite sistemą	Ne
Peržiūros režimas	Oro kondicionavimas
Pasirinkite naudojimo sritį	Komerčiai pastatai
Pasirinkite sistemos tipą	Tik pirminė sistema
Įrengimo tipas	Šalčio mašina
Jūsų reikalavimai	
Debitas (Q)	42.2 m³/h
Slėgio aukštis (H)	23.8 m
Siurbiamas skystis	Etilenglikolis
Koncentracija	40 %
Min. skystio temperatūra	0 °C
Skystio temperatūra darbo metu	12 °C
Maks. skystio temperatūra	60 °C
Maks. darbinis slėgis	10 bar
Min. slėgis įvade	1.5 bar
Valdymo režimas	Nevaldomas
Redaguoti apkrovos profilį	
Darbo laikas per metus	100 days
Apkrovos diagrama	Standartinis profilis
Suvartojimas Q1	100.0 %
Suvartojimas Q2	75.0 %
Suvartojimas Q3	50.0 %
Suvartojimas Q4	25.0 %
Suvartojimas Q1	42.2 m³/h
Suvartojimas Q2	31.7 m³/h
Suvartojimas Q3	21.1 m³/h
Suvartojimas Q4	10.6 m³/h
Laikas T1	144 h/a
Laikas T2	360 h/a
Laikas T3	840 h/a
Laikas T4	1056 h/a
Laikas T5	0 h/a
Konfigūracija	Viengubas
Siurblio konstrukcija	
Linijinis su hermetišku rotoriumi	Taip
Linijinis daugiapakopis	Taip
Linijinis vienkopis	Taip
Galinio siurbimo ilgo veleno	Taip
Galinio siurbimo vienablokis	Taip
Galinio siurbimo vienablokis horizontalus	Taip
Horizontalus persikročio korpuso	Taip
Eksploatavimo sąlygos	
Dažnis	50 Hz
Fazė	1 or 3
Min. galios riba SD paleidimui	5.5 kW
Įtampa	1 x 230 arba 3 x 400 V
Aplinkos temperatūra	26.1 °C
Paieškos rezultatų sąrašo nustatymai	

Parinkimo rezultatas

Tipas	TP 80-270/4
Kiekis	1
Variklis	7.5 kW
Debitas	43.9 m³/h (+4%)
Slėgio aukštis	25.7 m (+8%)
Min. slėgis įvade	-0.68 bar (60 °C, atmosferos slėgio atžvilgiu)
Galia P1	5.47 kW
Galia P2	4.97 kW
Eta siurblio	61.8 %
Eta variklio	90.8 %
Eta siurblio+variklio	56.1 % = Eta siurblio * Eta variklio
Eta bendras	56.1 % = Eta pagal darbo tašką
Energijos suvartojimas	9195 kWh/Metai
CO2 emisija	5240 kg/Metai
Kaina	Pagal užsakymą
Kaina + energijos kaštai	(5) /15Metai



Maks. produktų iš produktų grupės 2
 Maks. produktų iš viso 8
 Vertinimo kriterijus Kaina + energijos
 kaštai
 Energijos kaina 0.15 €
 Energijos kainos padidėjimas 6 %
 Skaičiavimo laikotarpis 15 years

Pasirinkite priedus pasirinktam siurbliui

Viso tarnavimo laiko kaštų skaičiavimai Taip

Viso tarnavimo laiko kaštų skaičiavimai

Ar norite atlikti palyginimą? Nėra palyginimo
 Kokio išsamumo viso tarnavimo laiko kaštų (VTLK) analizės pageidaujate? Paprasta VTLK
 analizė
 Energijos kainos padidėjimas 6 %

Konkretūs viso tarnavimo laiko kaštų duomenys

Pradinė investicija: Siurblių sistema 0 €

Viso tarnavimo laiko kaštų skaičiavimo rezultatai

Pradinė investicija: Siurblių sistema 0 €

Galinio siurbimo ilgo veleno

Su tarpikline mova Taip
 Galimas specialus darbaračio pritaikymas Optimizuota
 P2 pagal ISO 5199 Ne

Įkelti profilį

	1	2	3	4	
Debitas	100	75	50	25	%
Slėgio aukštis	109	110	111	111	%
P1	5.36	4.63	3.91	3.28	kW
Eta bendras	55.2	48.5	38.5	23.0	%
Laikas	144	360	840	1056	h/Metai
Energijos suvartojimas	771	1667	3288	3469	kWh/Metai
Kiekis	1	1	1	1	

Priedas Nr.5. Vandeninės ventiliatorinių konvektorių sistemos medžiagų ir įrangos žiniaraštis

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetai	Kiekis	Vnt. kaina, Lt	Kaina be PVM, Lt
1	2	3	4	5	6
Vidiniai įrenginiai (Gamintojas: kompanija "DAIKIN")					
1	Ventiliatorinis konvektorius „Daikin“ FWB02	Kompl.	4	700	2800
2	Ventiliatorinis konvektorius „Daikin“ FWB03	Kompl.	15	900	13500
3	Ventiliatorinis konvektorius „Daikin“ FWB04	Kompl.	6	1200	7200
4	Ventiliatorinis konvektorius „Daikin“ FWB05	Kompl.	10	1500	15000
5	Ventiliatorinis konvektorius „Daikin“ FWB06	Kompl.	14	2000	28000
6	Ventiliatorinis konvektorius „Daikin“ FWB07	Kompl.	3	2500	7500
7	Ventiliatorinis konvektorius „Daikin“ FWL03	Kompl.	1	2000	2000
8	Automatinis balansavimo ir reguliavimo ventilis „Danfoss“ AB-QM/DN15	vnt.	26	313	7199
9	Uždaras išsiplėtimo indas „Reflex N 80“	vnt.	1	286	286
9	Automatinis balansavimo ir reguliavimo ventilis „Danfoss“ AB/DN20	vnt.	21	340	3400
10	Automatinis balansavimo ir reguliavimo ventilis „Danfoss“ AB/DN25	vnt.	3	370	370
11	Uždarymo ventilis „Danfoss“ MSV-M/DN15	vnt.	26	88	2024
12	Uždarymo ventilis „Danfoss“ MSV-M/DN20	vnt.	21	94	940
13	Uždarymo ventilis „Danfoss“ MSV-M/DN25	vnt.	3	142	142
14	Plieninis vamzdis DN 15	m	125,54	10% nuo sistemos kainos	20996,1
15	Plieninis vamzdis DN 20	m	81,10		
16	Plieninis vamzdis DN 25	m	27,16		
17	Plieninis vamzdis DN 32	m	16,10		
18	Plieninis vamzdis DN 40	m	5,06		
19	Plieninis vamzdis DN 50	m	40,60		
20	Plieninis vamzdis DN 65	m	100,15		
21	Plieninis vamzdis DN 80	m	29,88		
22	Plieninis vamzdis DN 100	m	20,00		
23	Papildomi įrenginiai	Kompl.		11540	11540
24	Cirkuliacinis siurblys „Grundfos“ TP 80-240/2	Kompl.	1	9134	9134
	Šalčio įrenginys EWAQ100DAYN	Kompl.	1	99137	99137
					231168,10
				Viso:	300518,53

Priedas Nr.6. Vandeninių aktyviųjų šaltčių vėsinimo sistemos išorinio šaldymo įrenginio techninės charakteristikos

Priedas Nr.7. Hidraulinis aktyviųjų šaltio sių sistemos tiekimo linijos pasipriešinimas

Ruožo Nr.	l, m	P, W	G, kg/h	d, mm	v, m/s	R, Pa/m	R·l, Pa	Σζ	Z, Pa	RI+ΣZ, Pa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8,00	92076	31934	125	0,60	40	320	4,15	792,32	1112,32
2	8,03	51749	17948	100	0,46	30	241	1,7	190,77	431,67
3	4,74	44973	15598	100	0,40	23	109	2,75	233,35	342,37
4	2,89	37168	12891	80	0,48	40	116	1	122,19	237,79
5	0,92	36214	12560	80	0,46	38	35	0,3	33,67	68,63
6	0,38	34856	12089	80	0,45	36	14	0,3	32,22	45,90
7	0,86	33902	11758	80	0,43	34	29	0,3	29,42	58,66
8	0,21	32544	11287	80	0,42	31	7	0,3	28,07	34,58
9	0,91	31590	10956	80	0,40	30	27	0,3	25,46	52,76
10	0,31	30232	10485	80	0,39	28	9	0,3	24,20	32,88
11	0,97	29278	10154	80	0,38	26	25	1,53	117,17	142,39
12	1,23	27149	9416	65	0,64	102	125	0,3	65,17	190,63
13	1,16	26378	9148	65	0,62	97	113	0,3	61,16	173,68
14	1,25	25607	8881	65	0,60	92	115	0,3	57,28	172,28
15	1,21	24836	8614	65	0,59	87	105	0,3	55,38	160,65
16	1,38	24065	8346	65	0,57	82	113	0,3	51,69	164,85
17	1,23	22602	7839	65	0,53	73	90	0,3	44,69	134,48
18	1,81	21139	7331	65	0,50	65	118	0,3	39,78	157,43
19	1,23	19620	6805	65	0,46	57	70	0,3	33,67	103,78
20	1,89	18101	6278	65	0,43	49	93	0,3	29,42	122,03
21	1,22	17368	6024	65	0,41	45	55	0,3	26,74	81,64
22	2,74	16635	5769	65	0,39	42	115	0,3	24,20	139,28
23	1,20	15898	5514	65	0,38	39	47	0,3	22,97	69,77
24	2,89	15161	5258	65	0,36	35	101	0,3	20,62	121,77
25	1,18	12922	4482	65	0,31	27	32	1,6	81,54	113,40
26	4,39	11589	4019	50	0,50	94	413	0,3	39,78	452,44
27	1,23	10873	3771	50	0,47	84	103	0,3	35,15	138,47
28	1,16	9369	3249	50	0,40	64	74	0,3	25,46	99,70
29	0,75	8581	2976	50	0,37	55	41	0,3	21,78	63,03
30	0,72	7863	2727	50	0,34	47	34	0,3	18,39	52,23
31	0,42	7075	2454	50	0,30	39	16	0,3	14,32	30,70
32	1,22	6357	2205	50	0,27	32	39	1,55	59,93	98,97
33	1,99	5639	1956	40	0,41	94	187	1,5	133,72	320,78
34	1,20	3667	1272	40	0,27	44	53	0,3	11,60	64,40
35	2,53	3168	1099	40	0,23	34	86	2,25	63,12	149,14
36	1,16	2376	824	32	0,23	40	46	1,58	44,33	90,73
37	1,20	1584	549	25	0,27	80	96	1,55	59,93	155,93
38	2,11	792	275	20	0,22	84	177	1	25,67	202,91
										6385,01

Priedas Nr.8. Hidraulinis aktyviųjų šaltio sių sistemos grąžinimo linijos pasipriešinimas

Ruožo Nr.	l, m	P, W	G, kg/h	d, mm	v, m/s	R, Pa/m	R·l, Pa	Σζ	Z, Pa	RI+ΣZ, Pa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8,00	92076	31934	125	0,60	40	320	5,2	992,79	1312,79
2	8,03	51749	17948	100	0,46	30	241	2,3	258,10	499,00
3	4,74	44973	15598	100	0,40	23	109	3,8	322,44	431,46

Priedas Nr.8. pabaiga

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	2,89	37168	12891	80	0,48	40	116	1,6	195,50	311,10
5	0,92	36214	12560	80	0,46	38	35	0,9	101,00	135,96
6	0,38	34856	12089	80	0,45	36	14	0,9	96,65	110,33
7	0,86	33902	11758	80	0,43	34	29	0,9	88,25	117,49
8	0,21	32544	11287	80	0,42	31	7	0,9	84,20	90,71
9	0,91	31590	10956	80	0,40	30	27	0,9	76,37	103,67
10	0,31	30232	10485	80	0,39	28	9	0,9	72,60	81,28
11	0,97	29278	10154	80	0,38	26	25	1,71	130,95	156,17
12	1,23	27149	9416	65	0,64	102	125	0,9	195,50	320,96
13	1,16	26378	9148	65	0,62	97	113	0,9	183,47	295,99
14	1,25	25607	8881	65	0,60	92	115	0,9	171,83	286,83
15	1,21	24836	8614	65	0,59	87	105	0,9	166,15	271,42
16	1,38	24065	8346	65	0,57	82	113	0,9	155,08	268,24
17	1,23	22602	7839	65	0,53	73	90	0,9	134,07	223,86
18	1,81	21139	7331	65	0,50	65	118	0,9	119,33	236,98
19	1,23	19620	6805	65	0,46	57	70	0,9	101,00	171,11
20	1,89	18101	6278	65	0,43	49	93	0,9	88,25	180,86
21	1,22	17368	6024	65	0,41	45	55	0,9	80,23	135,13
22	2,74	16635	5769	65	0,39	42	115	0,9	72,60	187,68
23	1,20	15898	5514	65	0,38	39	47	0,9	68,92	115,72
24	2,89	15161	5258	65	0,36	35	101	0,9	61,86	163,01
25	1,18	12922	4482	65	0,31	27	32	1,67	85,11	116,97
26	4,39	11589	4019	50	0,50	94	413	0,9	119,33	531,99
27	1,23	10873	3771	50	0,47	84	103	0,9	105,44	208,76
28	1,16	9369	3249	50	0,40	64	74	0,9	76,37	150,61
29	0,75	8581	2976	50	0,37	55	41	0,9	65,34	106,59
30	0,72	7863	2727	50	0,34	47	34	0,9	55,18	89,02
31	0,42	7075	2454	50	0,30	39	16	0,9	42,96	59,34
32	1,22	6357	2205	50	0,27	32	39	1,7	65,72	104,76
33	1,99	5639	1956	40	0,41	94	187	3	267,45	454,51
34	1,20	3667	1272	40	0,27	44	53	0,9	34,80	87,60
35	2,53	3168	1099	40	0,23	34	86	2,4	67,33	153,35
36	1,16	2376	824	32	0,23	40	46	1,68	47,13	93,53
37	1,20	1584	549	25	0,27	80	96	1,7	65,72	161,72
38	2,11	792	275	20	0,22	84	177	1,6	41,07	218,31
										8744,81

Priedas Nr.9. Vandeninei vidinei aktyviųjų vėsinaujų sijų sistemai parinkto cirkuliacinio siurblio techninės charakteristikos



Įmonės pavadinimas: -
Paruošė: -
Telefonas: -
Faksas: -
Data: -

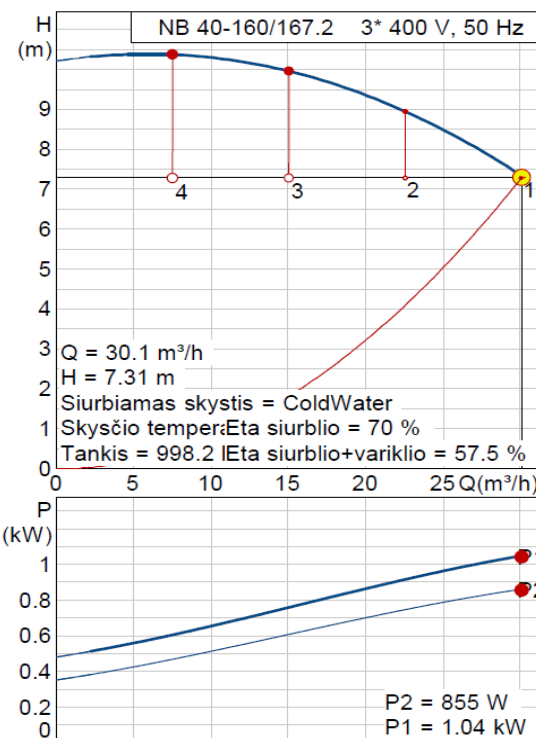
NB 40-160/167.2 50 Hz

Duomenys

Pasirinkite sistemą	
Peržiūros režimas	Ne
	Oro
	kondicionavimas
Pasirinkite naudojimo sritį	
	Komer ciniai pastatai
Pasirinkite sistemos tipą	
Įrengimo tipas	Tik pirminė sistema
	Šalčio mašina
Jūsų reikalavimai	
Debitas (Q)	30.1 m³/h
Slėgio aukštis (H)	7.3 m
Siurbiamas skystis	Šaltas vanduo /
	aušinimo vanduo
Min. skystio temperatūra	6 °C
Maks. skystio temperatūra	40 °C
Maks. darbinis slėgis	10 bar
Min. slėgis įvade	1.5 bar
Valdymo režimas	
	Nevaldomas
Redaguoti apkrovos profilį	
Darbo laikas per metus	100 days
Apkrovos diagrama	Standartinis profilis
Suvartojimas Q1	100.0 %
Suvartojimas Q2	75.0 %
Suvartojimas Q3	50.0 %
Suvartojimas Q4	25.0 %
Suvartojimas Q1	30.1 m³/h
Suvartojimas Q2	22.6 m³/h
Suvartojimas Q3	15.1 m³/h
Suvartojimas Q4	7.5 m³/h
Laikas T1	144 h/a
Laikas T2	360 h/a
Laikas T3	840 h/a
Laikas T4	1056 h/a
Laikas T5	0 h/a
Konfigūracija	
	Viengubas
Siurblio konstrukcija	
Linijinis su hermetišku rotoriumi	Taip
Linijinis daugiapakopis	Taip
Linijinis vienpakopis	Taip
Galinio siurbimo ilgo veleno	Taip
Galinio siurbimo vienablokis	Taip
Galinio siurbimo vienablokis horizontalus	Taip
daugiapakopis	
Horizontalus perskirtu korpuso	Taip
Eksploatavimo sąlygos	
Dažnis	50 Hz
Fazė	1 or 3
Min. galios riba SD paleidimui	5.5 kW
Įtampa	1 x 230 arba 3 x
	400 V
Aplinkos temperatūra	26.1 °C
Paieškos rezultatų sąrašo nustatymai	
Maks. produktų iš produktų grupės	2

Parinkimo rezultatas

Tipas	NB 40-160/167.2
Kiekis	1
Variklis	1.1 kW
Debitas	30.1 m³/h
Slėgio aukštis	7.31 m (+0%)
Galia P1	1.04 kW
Galia P2	0.855 kW
Eta siurblio	70.0 %
Eta variklio	82.1 %
Eta siurblio+variklio	57.5 % =Eta siurblio * Eta variklio
Eta bendras	57.5 % =Eta pagal darbo tašką
Energijos suvartojimas	1748 kWh/Metai
CO2 emisija	996 kg/Metai
Kaina	Pagal užsakymą
Kaina + energijos kaštai	(1) /15Metai



Maks. produktų iš viso 8
 Vertinimo kriterijus Kaina + energijos
 kaštai
 Energijos kaina 0.15 €
 Energijos kainos padidėjimas 6 %
 Skaičiavimo laikotarpis 15 years

Pasirinkite priedus pasirinktam siurbliui

Viso tarnavimo laiko kaštų skaičiavimai Taip

Viso tarnavimo laiko kaštų skaičiavimai

Ar norite atlikti palyginimą? Nėra palyginimo
 Kokio išsamumo viso tarnavimo laiko kaštų (VTLK) analizės pageidaujate? Paprasta VTLK
 analizė
 Energijos kainos padidėjimas 6 %

Konkretūs viso tarnavimo laiko kaštų duomenys

Pradinė investicija: Siurblių sistema 0 €

Viso tarnavimo laiko kaštų skaičiavimo rezultatai

Pradinė investicija: Siurblių sistema 0 €

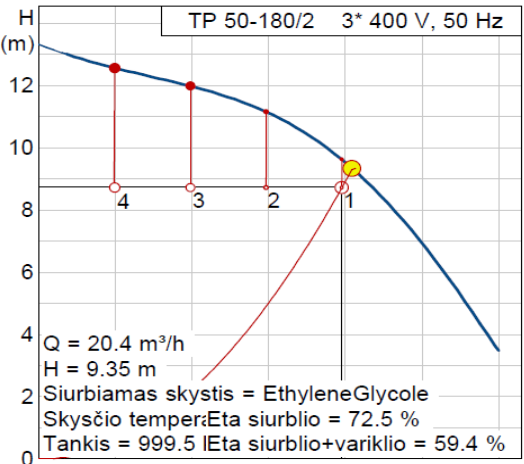
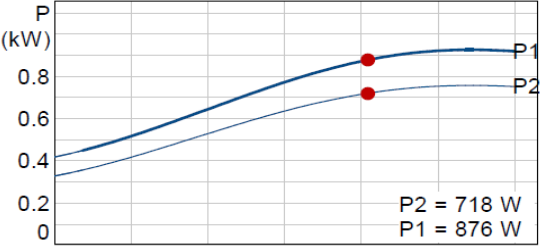
Galinio siurbimo ilgo veleno

Su tarpikline mova Taip
 Galimas specialus darbaracio pritaikymas Optimizuota
 P2 pagal ISO 5199 Ne

Įkelti profilį

	1	2	3	4	
Debitas	100	75	50	25	%
Slėgio aukštis	100	123	136	142	%
P1	1.04	0.91	0.755	0.602	kW
Eta bendras	57.5	60.2	53.9	35.2	%
Laikas	144	360	840	1056	h/Metai
Energijos suvartojimas	150	328	634	636	kWh/Metai
Kiekis	1	1	1	1	

Priedas Nr.10. Vandeninei išorinei aktyviųjų vėsinamųjų siūų sistemai parinkto cirkuliacinio siurblio techninės charakteristikos

		Įmonės pavadinimas: - Paruošė: - Telefonas: - Faksas: - Data: -	
96402149 TP 50-180/2 50 Hz			
Duomenys		Parinkimo rezultatas	
Pasirinkite sistemą Peržiūros režimas		Ne Oro kondicionavimas	
Pasirinkite naudojimo sritį		Komerciniai pastatai	
Pasirinkite sistemos tipą Įrengimo tipas		Tik pirminė sistema Šalčio mašina	
Jūsų reikalavimai Debitas (Q) Slėgio aukštis (H) Siurbiamas skystis Koncentracija Min. skysčio temperatūra Skysčio temperatūra darbo metu Maks. skysčio temperatūra Maks. darbinis slėgis Min. slėgis įvade		19.8 m³/h 8.74 m Etilenglikolis 40 % 0 °C 12 °C 60 °C 10 bar 1.5 bar	
Valdymo režimas		Nevaldomas	
Redaguoti apkrovos profilį Darbo laikas per metus Apkrovos diagrama Suvartojimas Q1 Suvartojimas Q2 Suvartojimas Q3 Suvartojimas Q4 Suvartojimas Q1 Suvartojimas Q2 Suvartojimas Q3 Suvartojimas Q4 Laikas T1 Laikas T2 Laikas T3 Laikas T4 Laikas T5		100 days Standartinis profilis 100.0 % 75.0 % 50.0 % 25.0 % 19.8 m³/h 14.9 m³/h 9.9 m³/h 5 m³/h 144 h/a 360 h/a 840 h/a 1056 h/a 0 h/a	
Konfigūracija		Viengubas	
Siurblio konstrukcija Linijinis su hermetišku rotoriumi Linijinis daugiapakopis Linijinis daugiapakopis Galinio siurbimo ilgo veleno Galinio siurbimo vienablokis Galinio siurbimo vienablokis horizontalus daugiapakopis Horizontalus persikrto korpuso		Taip Taip Taip Taip Taip Taip	
Eksplotavimo sąlygos Dažnis Fazė Min. galios riba SD paleidimui Įtampa Aplinkos temperatūra		50 Hz 1 or 3 5.5 kW 1 x 230 arba 3 x 400 V 26.1 °C	
Paieškos rezultatų sąrašo nustatymai			
		Parinkimo rezultatas Tipas TP 50-180/2 Kiekis 1 Variklis 0.75 kW Debitas 20.4 m³/h (+4%) Slėgio aukštis 9.35 m (+7%) Min. slėgis įvade -0.68 bar (60 °C, atmosferos slėgio atžvilgiu) Galia P1 0.876 kW Galia P2 0.718 kW Eta siurblio 72.5 % Eta variklio 82.0 % Eta siurblio+variklio 59.4 % = Eta siurblio * Eta variklio Eta bendras 59.4 % = Eta pagal darbo tašką Energijos suvartojimas 1478 kWh/Metali CO2 emisija 843 kg/Metali Kaina Pagal užsakymą Kaina + energijos kaštai (1) /15Metali	
		 TP 50-180/2 3*400 V, 50 Hz Q = 20.4 m³/h H = 9.35 m Siurbiamas skystis = EthyleneGlycole Skysčio temperatūra = 60 °C Eta siurblio = 72.5 % Tankis = 999.5 kg/m³ Eta siurblio+variklio = 59.4 %	
		 P2 = 718 W P1 = 876 W	

Maks. produktų iš produktų grupės 2
 Maks. produktų iš viso 8
 Vertinimo kriterijus Kaina + energijos
 kaštai
 Energijos kaina 0.15 €
 Energijos kainos padidėjimas 6 %
 Skaičiavimo laikotarpis 15 years

Pasirinkite priedus pasirinktam siurbliui

Viso tarnavimo laiko kaštų skaičiavimai Taip

Viso tarnavimo laiko kaštų skaičiavimai

Ar norite atlikti palyginimą? Nėra palyginimo
 Kokio išsamumo viso tarnavimo laiko kaštų Paprasta VTLK
 (VTLK) analizės pageidaujate? analizė
 Energijos kainos padidėjimas 6 %

Konkretūs viso tarnavimo laiko kaštų duomenys

Pradinė investicija: Siurblių sistema 0 €

Viso tarnavimo laiko kaštų skaičiavimo rezultatai

Pradinė investicija: Siurblių sistema 0 €

Galinio siurbimo ilgo veleno

Su tarpikline mova Taip
 Galimas specialus darbaracio pritaikymas Optimizuota
 P2 pagal ISO 5199 Ne

Įkelti profilį

	1	2	3	4	
Debitas	100	75	50	25	%
Slėgio aukštis	110	128	137	144	%
P1	0.865	0.765	0.639	0.513	kW
Eta bendras	59.9	58.8	50.5	33.0	%
Laikas	144	360	840	1056	h/Metai
Energijos suvartojimas	124	276	537	542	kWh/Metai
Kiekis	1	1	1	1	

Priedas Nr.11. Vandeninės aktyviųjų vėsinamųjų sių sistemos medžiagų ir įrangos žiniaraštis

Pavadinimas	Tipas	Matavimo vnt.	Kiekis	Vieno vnt. kaina, Lt	Kaina
1	2	3	4	5	6
Šalčio sijos (Active chilled beams) "Frenger systems"	Polaris I-60 (ilgis 1,8 m)	Vnt.	2	2600	5200
	Polaris I-60 (ilgis 2,4 m)	Vnt.	4	2600	10400
	Polaris I-60 (ilgis 3,0 m)	Vnt.	87	2600	226200
	Polaris I-60 (ilgis 3,6 m)	Vnt.	21	2600	54600
Termostatiniai ventiliai	Regula Combi	Vnt.	114	300	34200
Uždaras išsiplėtimo indas „Reflex“	Reflex N 100	Vnt.	1	494	494
Balansiniai ventiliai Danfoss	DN 100	Vnt.	2	2070	4140
	DN 125		1	2969	2969
Rutuliniai ventiliai	DN 20	Vnt.	108	25	2700
	DN 25		6	33	198
	DN 50		3	92	276
	DN 80		1	277	277
	DN 100		1	400	400
Vamzdžiai (plieniniai)	DN 20	m	555	4	2220
	DN 25		56,04	6	336,24
	DN 32		24,37	7	170,59
	DN 40		60,40	9	543,60
	DN 50		42,59	11	468,49
	DN 65		83,88	15	1258,20
	DN 80		37,92	20	758,40
	DN 100		25,54	25	638,50
	DN 125		16,0	30	480
Papildoma armatūra		Vnt.			1685
Alkūnės	DN 20	Vnt.	8	4	32
	DN 40		2	13	26
	DN 80		1	49	49
	DN 100		2	70	140
	DN 125		1	80	80
Perėjimai	DN 20/25	Vnt.	9	4	36
	DN 25/32		6	7	42
	DN 32/40		7	9	63
	DN 40/50		3	14	42
	DN 50/65		2	55	110
	DN 65/80		2	61	122
	DN 80/100		1	75	75
Izoliacija	Izoliacija Ekoflex 22x15	m	555	3,10	1720,50
	Izoliacija Ekoflex 28x15		56,04	3,70	207,35
	Izoliacija Ekoflex 35x15		24,37	4,50	109,67
	Izoliacija Ekoflex 42x15		60,40	5	302
	Izoliacija Ekoflex 52x15		42,59	5,90	251,28
	Izoliacija Ekoflex 76x15		83,88	11,55	968,81
	Izoliacija Ekoflex 89x15		37,92	13,05	494,86
	Izoliacija Ekoflex 141x15		41,54	19,70	818,34
Cirkuliaciniai siurbliai Grundfos	NB 40-160/167.2	Vnt.	1	4151	4151
	TP 50-180/2		1	3807	3807
Šalčio mašina „Daikin“	EWAQ100DAYN	Vnt.	1	99137	99137
					463397,83
				Viso:	602417,18

Priedas Nr.12. Freoninės sistemos medžiagų ir įrangos žiniaraštis

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetai	Kiekis	Vnt. kaina, Lt	Kaina be PVM, Lt
1	2	3	4	5	6
Vidiniai įrenginiai (Gamintojas: kompanija "DAIKIN")					
1	Paslepiami pakabinamose lubose įrenginys FXSQ20P	vnt.	4	4864.86	19459,44
2	Paslepiami pakabinamose lubose įrenginys FXSQ25P	vnt.	6	4977.13	29862,78
3	Paslepiami pakabinamose lubose įrenginys FXSQ32P	vnt.	5	5101.87	25509,35
4	Paslepiami pakabinamose lubose įrenginys FXSQ40P	vnt.	7	5320.16	37241,12
5	Paslepiami pakabinamose lubose įrenginys FXSQ50P	vnt.	3	5357.58	16072,74
6	Paslepiami pakabinamose lubose įrenginys FXSQ63P	vnt.	5	6162.16	30810,80
7	Paslepiami pakabinamose lubose įrenginys FXSQ80P	vnt.	3	6817.04	20451,12
8	Paslepiami pakabinamose lubose įrenginys FXSQ100P	vnt.	1	7060.28	7060,28
9	Paslepiami pakabinamose lubose įrenginys FXSQ125P	vnt.	1	7297.29	7297,29
10	Nuotolinio valdymo įrenginiai BRC1E51A	vnt.	35	550	19250
Išoriniai įrenginiai (Gamintojas: kompanija "DAIKIN")					
11	RXQ12P	vnt.	1	38307.65	38307,65
12	RXQ18P	vnt.	3	57455.24	172365,72
Atsišakojimai (Gamintojas: kompanija "DAIKIN")					
13	KHRQ22M20T	kompl.	24	311.89	7485,36
14	KHRQ22M29T9	kompl.	10	311.89	3118,90
15	KHRQ22M64T	kompl.	28	272.90	7641,20
Vamzdynas (Gamintojas: kompanija "KME", prekiautojas UAB "Ligajos technika")					
16	6,4	m	130.8	4.77	623,92
17	9,5	m	178.4	7.27	1296,97
18	12,7	m	173	9.81	1697,13
19	15,9	m	104	12.25	1274,00
20	19,1	m	51.8	16.61	860,40
21	22,2	m	49.6	21.38	1060,45
22	28,6	m	69.2	33.74	2334,81
Vamzdyno izoliacija (Gamintojas: kompanija "K-Flex", prekiautojas UAB "Termomontažas")					
23	6,4×13	i2m	130.8	2.40	156,96
24	9,5×13	m	178.4	2.76	246,192
25	12,7×19	m	173	5.38	465,37
26	15,9×19	m	104	6.47	336,44
27	19,1×19	m	51.8	6.94	179,746
28	22,2×25	m	49.6	12.08	299,584
29	28,6×25	m	69.2	13.85	479,21
Kondensato nuvedimo sistema: (prekiauja UAB "Ligajos technika")					
Kondensato vamzdelis, kietas (po 2 m)					
30	Ø 20	vnt.	67	5.70	381,90
31	Ø 25	vnt.	13	8.30	107,90
32	Ø 32	vnt.	18	13.18	237,24

Priedas Nr.12. pabaiga

1	2	3	4	5	6
	Kondensato vamzdelio alkūnė su tarpinėm 90°				
33	Ø 20	vnt.	41	3.99	163,59
34	Ø 25	vnt.	1	4.23	4,23
35	Ø 32	vnt.	8	4.56	36,48
	Kondensato vamzdelio trišakis su tarpinėm				
36	Ø 20	vnt.	16	5.45	87,20
37	Ø 25	vnt.	5	5.62	28,10
38	Ø 32	vnt.	10	5.94	59,40
	Kondensato vamzdelio mova su tarpinėm				
39	Ø 20	vnt.	66	3.82	252,12
40	Ø 25	vnt.	12	3.99	47,88
41	Ø 32	vnt.	17	4.23	71,91
42	SiurbLIAI kondensatui: SI 2750	vnt.	35	295	10325
				Σ	465047,88
				Σ Bendra suma:	604562,24

Priedas Nr.13. Aerodinaminis orinės oro kondicionavimo sistemos tiekimo linijos pasipriešinimas

Ruožo Nr.	L, m³/h	l, m	d, mm	v, m/s	p ₀ , Pa	R, Pa/m	R·l, Pa	Z, Pa	Rl+Z, Pa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	31663	6,57	1250	7,00	31,12	0,65	4,27	7,10	11,37
2	27828	4,74	1250	5,70	20,63	0,58	2,75	40,00	42,75
3	20854	2,69	1000	6,00	22,86	0,75	2,02	5,10	7,12
4	19929	2,52	1000	6,80	29,36	0,88	2,22	1,30	3,52
5	19004	2,09	1000	5,90	22,10	0,75	1,57	0,90	2,47
6	18078	1,38	1000	5,60	19,91	0,63	0,87	0,78	1,65
7	17153	3,58	1000	5,00	15,88	0,57	2,04	16,70	18,74
8	14938	3,36	800	6,80	29,36	1,50	5,04	1,40	6,44
9	13844	2,89	800	6,90	30,23	0,98	2,83	1,70	4,53
10	11352	1,69	800	5,60	19,91	0,77	1,30	0,80	2,10
11	10416	3,48	800	5,10	16,52	0,71	2,47	19,30	21,77
12	9281	3,51	630	7,30	33,84	1,80	6,32	1,50	7,82
13	8434	3,67	630,00	7,00	31,12	1,60	5,87	1,70	7,57
14	6650	4,20	630,00	5,70	20,63	0,92	3,86	0,75	4,61
15	5946	2,81	630,00	5,00	15,88	0,80	2,25	0,80	3,05
16	4668	1,09	630	3,70	8,69	0,50	0,55	9,12	9,67
17	3350	2,38	500,00	4,50	12,86	0,80	1,90	22,50	24,40
18	1833	6,21	400,00	3,60	8,23	0,70	4,35	24,00	28,35
19	25076	3,63	1000,00	7,00	31,12	0,90	3,27	28,40	31,67
20	56738	8,00	1250	10,30	67,37	2,20	17,60	135,00	152,60
									392,19

Priedas Nr.14. Aerodinaminis orinės oro kondicionavimo sistemos grąžinimo linijos pasipriešinimas

Ruožo Nr.	L, m ³ /h	l, m	d, mm	v, m/s	p ₀ , Pa	R, Pa/m	R·l, Pa	Z, Pa	Rl+Z, Pa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	31163	7,22	1250	7,00	31,12	0,65	4,69	10,20	14,89
2	27828	5,00	1250	5,70	20,63	0,58	2,90	21,80	24,70
3	20854	2,60	1000	6,00	22,86	0,75	1,95	9,70	11,65
4	19929	2,60	1000	6,80	29,36	0,88	2,29	4,80	7,09
5	19004	2,20	1000	5,90	22,10	0,75	1,65	3,80	5,45
6	18078	1,50	1000	5,60	19,91	0,63	0,95	3,30	4,25
7	17153	3,64	1000	5,00	15,88	0,57	2,07	15,30	17,37
8	14938	3,46	800	6,80	29,36	1,50	5,19	5,80	10,99
9	13844	3,00	800	6,90	30,23	0,98	2,94	4,80	7,74
10	11352	1,82	800	5,60	19,91	0,77	1,40	3,30	4,70
11	10416	3,50	800	5,10	16,52	0,71	2,49	15,00	17,49
12	9281	3,50	630	7,30	33,84	1,80	6,30	6,00	12,30
13	8434	3,83	630,00	7,00	31,12	1,60	6,13	4,90	11,03
14	6650	4,40	630,00	5,70	20,63	0,92	4,05	3,30	7,35
15	5946	3,00	630,00	5,00	15,88	0,80	2,40	2,70	5,10
16	4668	1,30	630	3,70	8,69	0,50	0,65	6,20	6,85
17	3350	2,50	500,00	4,50	12,86	0,80	2,00	7,50	9,50
18	1833	6,20	400,00	3,60	8,23	0,70	4,34	1,60	5,94
19	916	2,50	310	3,50	7,78	0,80	2,00	71,60	73,60
20	25076	3,60	1000,00	7,00	31,12	0,90	3,24	15,60	18,84
21	56738	8,00	1250	10,30	67,37	2,20	17,60	99,00	116,60
									393,42

Priedas Nr.15. Orinės oro kondicionavimo sistemos medžiagų ir įrangos žiniaraštis

Pavadinimas	Markė	Mato vnt.	Kiekis	Kaina be PVM, Lt
1	2	3	4	5
Lankstūs ortakiai „Amalva“	Ø250	m	3,65	83,59
	Ø315		138,05	4196,72
	Ø400		90,50	4371,15
	Ø500		169,00	10140
	Ø630		77,19	6584,31
	Ø800		48,20	5220,06
	Ø1000		79,53	13885,94
	Ø1250		39,53	9202,58

Priedas Nr.15. pabaiga

1	2	3	4	5
Oro padavimo difuzoriai „HaltonHit” Oro šalinimo difuzoriai „HaltonHit”	TRB 250(R) TRB 315(R) TRB 400(R) TRB 500(R) AHF 570-270 AHF 645-307	vnt.	1 34 7 8 21 50	314 11764 3143 4512 2541 7550
Atšakos APT	APT 250 APT 315 APT 400 APT 500	vnt.	1 34 28 58	12,60 513,40 770 2163,40
Perėjimai „BDOD“	BDOD-500x400 BDOD-630x500 BDOD-800x630 BDOD-1000x800 BDOD-1250x1000	vnt.	2 2 4 4 4	171,80 238,20 616,80 1071,20 1557,20
Alkūnės „Amalva“	AT-90 ⁰ – 315 AT-90 ⁰ – 400 AT-90 ⁰ – 630 AT-90 ⁰ – 1000 AT-90 ⁰ – 1250	vnt.	4 4 2 6 2	219,60 312,40 410 2955,60 1336
Oro paėmimo kaminėlis „Lindab Comfort”	HF - 1250	vnt.	1	4150
Oro kondicionierius „Flakt Woods“	EU 64	vnt.	1	14000
Išorinis šaldymo įrenginys	EWAQ100DAYN	vnt.	1	99137
Cirkuliacinis siurblys Grundfos	TP 50-180/2	vnt.	1	3807
				216950,55
			Bendra suma:	282035,72