

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

AUDRIUS RATKUS

PATALPOS MIKROKLIMATO PARAMETRŲ MATAVIMO IR  
REGULIAVIMO SISTEMA

Magistro darbas

**Vadovas**

lekt.dr. G. Valiulis

ŠIAULIAI, 2011

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

**TVIRTINU**

Katedros vedėjas

lekt. dr. G. Valiulis

2011

**PATALPOS MIKROKLIMATO PARAMETRŲ MATAVIMO IR  
REGULIAVIMO SISTEMA**

Magistro darbas

**Vadovas**

\_\_\_\_\_lekt. dr. G. Valiulis  
(parašas)  
2011

**Recenzentas**

\_\_\_\_\_doc. dr. Nerijus Šulčius  
(parašas)  
2011

**Atliko**

EM9 gr. stud.

\_\_\_\_\_A. Ratkus  
(parašas)  
2011

ŠIAULIAI, 2011

## SANTRAUKA

Ratkus A. Patalpos mikroklimato parametrų matavimo ir reguliavimo sistema: Energetikos inžinerijos magistro tiriamasis darbas/ mokslinis vadovas lekt. dr. G. Valiulis; Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas, Elektros inžinerijos katedra. – Šiauliai, 2011. – 133p.

Pristatoma patalpos mikroklimato parametrų matavimo ir reguliavimo sistema, kuri yra skirta matuoti, registruoti ir reguliuoti pagrindinius Technologijos fakulteto mokymo patalpos mikroklimato parametrus (atskirų mazgų temperatūros, santykinė oro drėgmė, CO<sub>2</sub> koncentracija). Parametrus registruoti ir reguliuoti gali būti pritaikyta standartinė (specializuoti valdikliai) ir nestandartinė (laisvai programuojama) įranga. Antruoju atveju, panaudojant duomenų surinkimo plokštę ir programinę įrangą MATLAB, atsiranda daugiau erdvės sistemą lanksčiau valdyti (jutiklių duomenų apdorojimas, laisvai pasirinkto valdymo algoritmo sintezė, valdymas per Ethernet'ą, grafinė vartotojo sąsaja, duomenų archyvavimo galimybė ir pan.). Sistemą siekiama pritaikyti mokymo ir mokslinių tyrimų tikslams.

Naudojant sistemą įvykdyti tam tikri pirminiai eksperimentai. Nustatyta ventiliatorių sukimosi greičio (vėdinimo intensyvumo), žmonių skaičiaus įtaka CO<sub>2</sub> koncentracijos lygiui patalpoje. Taip pat atlikti ir kiti eksperimentai, susiję su temperatūros pasiskirstymu patalpoje, triukšmo lygiu ir kt. Parengtos rekomendacijos sistemos kokybei pagerinti.

Ateityje numatomas tolesnis bendradarbiavimas su UAB „Salda“, siekiant padidinti šildymo -vėdinimo sistemų energetinį efektyvumą.

## SUMMARY

Ratkus A. Indoor Climate Monitoring and Control System: Energy engineering; master degree; final thesis/supervisor lekt. dr. G. Valiulis; University of Šiauliai, Faculty of Technology, electric engineering department. – Šiauliai, 2011. – 133p.

Here we introduce a room microclimate parameters assessment and controlling system, which is used to measure, register and control the main microclimate parameters of Technology faculty academic room (separate nodes temperatures, comparative air humidity, CO<sub>2</sub> concentration). In order to record and control parameters, we can adjust standard (dedicated controllers) and outsized (easy programming) equipment. In the latest case, using data gathering panel and programming equipment MATLAB, we can obtain more flexibility in system controlling realm (sensors data processing, free controlling algorithm synthesis, controlling via Ethernet, graphical users interface, data storing option, etc.). We attempt to adjust this system in educational and scientific areas.

Using this system, we performed some primary experiments. Also we identified rotation rate of ventilators (ventilation intensity) and the impact of population on CO<sub>2</sub> concentration rate inside the room. We performed some other specific experiments, associated with temperature distribution inside the room, noise level and other parameters' assessment as well. We prepared guidelines in order to improve the quality of the system.

Hereafter we suppose for the further collaboration with UAB „Salda“ in order to increase energetic effectiveness of heating – ventilation systems.

# TURINYS

SANTRAUKA .....	3
SUMMARY .....	4
TURINYS.....	5
LENTELIŲ SARAŠAS.....	7
PAVEIKSLĖLIŲ SARAŠAS.....	8
1. ĮVADAS.....	10
2. ANALITINĖ DALIS.....	12
2.1. Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas (sąvokos ir jų apibrėžimai, mikroklimato parametrai).....	12
2.2 Oro filtravimas ŠVOK sistemose.....	29
2.3 Patalpos oro kokybė mokymosi įstaigose.....	32
2.4 Patalpos mikroklimato reguliavimo sistemų apžvalga.....	34
2.4.1. Oro kondicionavimo sistemos (OKS).....	36
2.4.2. Rekuperacinės sistemos.....	40
3. PROJEKTINĖ-PRAKTINĖ DALIS .....	46
3.1 Eksperimentinės patalpos mikroklimato reguliavimo ir valdymo sistemos reikalavimų specifikacija.....	46
3.2 Sistemos funkcinės schemos sudarymas .....	48
3.3 Sistemos sujungimų schemos sudarymas.....	51
3.4 Sistemos montavimas, integravimas, derinimas ir jos bandymai.....	55
3.5 Oro debito reguliavimas .....	57
3.6 ŠVOK įrenginio valdymo sistemų veikimo principai .....	59
4. TIRIAMOJI-TAIKOMOJI DALIS .....	63

4.1. Tiriamąjį stendą paruošimas bandymams .....	63
4.2. Patalpos mikroklimato parametrai.....	74
4.2.1. Anglies dioksidas ir santykinė oro drėgmė .....	74
4.2.2 Patalpos, atskirų mazgų temperatūros ir švok agregato temperatūrinis efektyvumas .....	84
4.2.3. Patalpos triukšmo lygis.....	89
4.3 ŠVOK įrenginio naudojami galia .....	94
5. SISTEMOS TOLIMESNIO IŠPLĖTIMO GALIMYBĖS .....	99
IŠVADOS.....	101
LITERATŪROS SARAŠAS.....	103
PRIEDAI .....	108
1 Priedas .....	109
2 Priedas .....	110
3 Priedas .....	115
4 Priedas .....	120
5 Priedas .....	133

## LENTELIŲ SARAŠAS

- 2.1.1 lentelė. Patalpų oro kokybės valdymo kategorijos (NBN EN 13779)
- 2.1.2 lentelė. Oro kiekio projektinės reikšmės (ištrauka iš STR 2.09.02:2005 1 priedo)
- 2.1.3 lentelė. Darbo patalpų pakankamos šiluminės aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės (HN 69:2003)
- 2.1.4 lentelė. Leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje (HN 33:2007)
- Lentelė 2.2.1. Oro filtrai dalelėms šalinti pagal Europos standartą EN779:2002
- 2.4.2.1 lentelė. Šilumokaičių privalumai, trūkumai
- 3.2.1 lentelė. Vėdinimo įrenginio funkcinės schemos elementų reikšmės
- 3.3.1 lentelė. Schemų braižymo standartų sąrašas
  
- 4.1.1 lentelė. RIS250VEK ir šildytuvo HT pagrindiniai techniniai duomenys
- 4.1.2 lentelė. Mikroscheminių temperatūrinių jutiklių (keitiklių) AD22100KTZ pagrindiniai techniniai parametrai
- 4.1.3 lentelė. Pagrindiniai tiriamosios sistemos, bandymo metu gauti, oro transportavimo parametrai
- 4.3.1 lentelė. Pagrindinių elektros įrenginių galios
- 5.1 lentelė. Galimi patalpos ŠVOK įrenginio praplėtimai

## PAVEIKSLĖLIŲ SARAŠAS

- 2.1.1 pav. Veiksniai, įtakojantys patalpos komfortą
- 2.1.3 pav. Odos paviršiaus temperatūros pasikeitimo priklausomybė nuo aplinkos oro temperatūros
- 2.1.4 pav. Oro temperatūros pokyčiai patalpoje priklausomai nuo vėdinimo (su šildymu) valdymo sistemos tipo
- 2.1.5 pav. Santykis tarp patalpos temperatūros ir drėgnumo arba sienų temperatūrų
- 2.1.6 pav. CO<sub>2</sub> koncentracija pagal Pettenkofer ribą
- 2.1.7 pav. Garso intensyvumo skalė
- 2.2.1 pav. ŠVOK įrenginio oro tiekimo sistema be filtro
- 2.2.2 pav. Teršiančiųjų dalelių pavyzdys ištraukiamame ore
- 2.2.3 pav. Teršalų dydžiai, mikrometrais
- 2.2.4 pav. Filtrų efektyvumas
- 2.3.1 pav. Santykis tarp oro apykaitos ir mokymosi efektyvumo (RP)
- 2.3.2 pav. Darbingumo (RP) priklausomybė nuo patalpos oro temperatūros
- 2.4.1 pav. Oro pasikeitimo trukmė, priklausomai nuo pasirinkto vėdinimo pobūdžio
- 2.4.2 pav. Galimi vėdinimo sistemų tipai
- 2.4.1.1 pav. Vietinė oro kondicionavimo sistema
- 2.4.1.2 pav. Vietinė oro kondicionavimo sistema su SPLIT sistemos ( išoriniais ir vidiniais) blokais
- 2.4.2.1 pav. Šilumokaičių tipai
- 2.4.2.2 pav. Kompaktiškos rekuperacinės sistemos
- 2.4.2.3 pav. Oro tiekimo įrenginys OPK
- 2.4.2.4 pav. Oro tiekimo įrenginys RIS
- 2.4.2.5 pav. Oro tiekimo įrenginys RIRS
- 3.3.1 pav. Loginio valdymo sistemos principinė schema
- 3.4.1 pav. Tiriamosios patalpos rekuperatoriaus montavimo vieta ir ortakių sistema
- 3.4.2 pav. Drėgmės ir CO<sub>2</sub> keitiklių montavimo nurodymai
- 3.5.1 pav. CO<sub>2</sub> koncentracijos kitimas administraciniame pastate
- 3.6.1 pav. Matlab grafinė vartotojo sąsaja
- 4.1.1 pav. Oro srautas ir slėgis priklausomai nuo ventiliatoriaus maitinančios įtampos
- 4.1.2 pav. Rekuperatorius RIS250VEK
- 4.1.3 pav. Išorinis elektrinis šildytuvas
- 4.1.4 pav. Mikroscheminių temperatūrinių jutiklių (keitiklių) AD22100KTZ
- 4.1.5 pav. Simistorinis MVS-0-15xDT ventiliatorių greičio reguliatorius
- 4.1.6 pav. PT100 ir PT1000 jutiklių varžos priklausomybė nuo temperatūros
- 4.1.7 pav. Jutiklis su PT1000 cha-ka
- 4.1.8 pav. Duomenų nuskaitymo, vykdymo įrenginių pagrindinė plokštė PCI-1711 ir gnybtų blokas ADAM-3968
- 4.1.9 pav. Oro srauto reguliavimo sklendė SKR
- 4.1.10 pav. Skirtuminis slėgio matuoklis (keitiklis) Siemens QBM66.201
- 4.1.11 pav. Oro srauto, greičio matuoklis SwemaAir 300
- 4.1.12 pav. Oro srauto priklausomybė nuo ventiliatorių greičio
- 4.1.13 pav. Oro greičio priklausomybė nuo ventiliatorių greičio
- 4.1.14 pav. Reguliavimo sklendžių SKR pozicijų įtaka sistemos slėgiui, kai ventiliatorių greitis maksimalus (100%) be recirkuliacijos
- 4.1.15 pav. Reguliavimo sklendžių SKR pozicijų įtaka sistemos slėgiui, kai ventiliatorių greitis maksimalus (100%) esant recirkuliacijai
- 4.1.16 pav. Oro srauto priklausomybė nuo ventiliatorių panaudojimo esant recirkuliacijai (oras imamas iš patalpos)
- 4.1.17 pav. Oro greičio priklausomybė nuo ventiliatorių panaudojimo esant recirkuliacijai (oras imamas iš patalpos)
- 4.1.18 pav. Oro srautas priklausomai nuo oro slėgio ortakyje, be recirkuliacijos
- 4.2.1.1 pav. Siemens QPA2060 ir QFA2060 keitiklių bendras vaizdas
- 4.2.1.2 pav. Išėjimo įtampos (U1) priklausomybė nuo CO<sub>2</sub> dalelių skaičiaus (ppm)
- 4.2.1.3 pav. Išėjimo įtampos (U1) priklausomybė nuo santykinės oro drėgmės (%)



- 4.2.1.4 pav. Anglies dioksido dalelių skaičius priklausomai nuo ventiliatorių greičio. Be recirkuliacijos (oras imamas iš lauko)
- 4.2.1.5 pav. Santykinė oro drėgmė kai ventiliatoriaus greitis 30% ir kai ventiliatoriai sustabdyti. Be recirkuliacijos (oras imamas iš lauko)
- 4.2.1.6 pav. Lauko oro įtaka patalpos anglies dioksido koncentracijai, kai: ventiliatoriaus greitis 30%. Be recirkuliacijos (oras imamas iš lauko). Žmonių patalpoje nėra.
- 4.2.1.7 pav. Lauko oro įtaka santykinė patalpos oro drėgmei, kai: ventiliatoriaus greitis 30%. Be recirkuliacijos (oras imamas iš lauko). Žmonių patalpoje nėra.
- 4.2.1.8 pav. Ventiliatorių greičių įtaka anglies dioksido koncentracijai. Be recirkuliacijos (oras imamas iš lauko). Žmonių skaičius patalpoje - 5.
- 4.2.1.9 pav. Anglies dioksido pokytis. Žmonių skaičius patalpoje 14.
- 4.2.1.10 pav. Santykinės oro drėgmės ir patalpos oro temperatūros pokytis. Žmonių skaičius patalpoje 14.
- 4.2.1.11 pav. Anglies dioksido pokytis. Recirkuliacija, ventiliatorių greitis – 100%. Žmonių skaičius patalpoje - 8.
- 4.2.2.1 pav. Plokštelinio ir rotorinio šilumokaičių šilumos atgavimo principinė schema
- 4.2.2.2 pav. Šilumokaičio temperatūrinio efektyvumo priklausomybė nuo lauko temperatūros
- 4.2.2.3 pav. Atskirų mazgų temperatūrų bandymo ištrauka
- 4.2.2.4 pav. Temperatūrinio efektyvumo ir šildytuvo galios pareikalavimo priklausomybė nuo ventiliatoriaus greičio
- 4.2.2.5 pav. Temperatūrų skirtumas patalpoje
- 4.2.2.6 pav. Patalpos drėgmės pokytis, kai šildymas išjungtas
- 4.2.3.1 pav. Garso lygis tiriamojoje patalpoje
- 4.2.3.2 pav. Garso lygio matuoklis MS6701
- 4.2.3.3 pav. Tiriamosios patalpos garso matavimo vietos
- 4.2.3.4 pav. Vėdinimo agregato mazgų triukšmo matavimo vietos
- 4.2.3.5 pav. Triukšmo lygis vėdinimo agregato atskirame mazge
- 4.2.3.6 pav. Šalinamo ortakio generuojamas triukšmas priklausomai nuo reguliavimo sklendžių padėties
- 4.3.1 pav. Šildytuvo galia priklausomai nuo jo panaudojimo. Šildytuvo galia didinama pakopomis, po 10%.
- 4.3.2 pav. Ventiliatorių galia priklausomai nuo jo panaudojimo. Ventiliatorių galia didinama pakopomis, po 10%. Recirkuliacija
- 4.3.3 pav. Oro recirkuliacijos sklendžių padėties įtaka ventiliatorių pareikalaujamai galiai iš elektros tinklo
- 4.3.4 pav. Išorinio šildytuvo įtaka maitinančio tinklo įtampai

# 1. ĮVADAS

Šildymui, vėdinimui ar oro kondicionavimui Lietuvoje yra sunaudojama nemaža dalis energijos. Viena iš energijos taupymo priemonių yra vėdinimo sistemos šalinamo oro šilumos panaudojimas, kartu užtikrinant patalpose normines mikroklimato sąlygas. Šie tikslai dažniausiai yra pasiekiami, įrengus mechaninę vėdinimo sistemą su šilumos grąžinimu.

Realiomis sąlygomis šilumos mainų procesai pastatuose visada yra nepastovūs. Kaip pastebima praktikoje, nors ir esant modernioms mikroklimato valdymo sistemoms, dažnai pasitaiko nepageidaujami patalpų šiluminio režimo pokyčiai, kurie neigiamai veikia patalpų šiluminį komfortą, be to iškreipia realius pastato energijos poreikius (1).

Jei yra neįvertinamas pastato nepastovus šiluminis režimas praktiškai neįmanoma palaikyti mažai svyruojančias šiluminio komforto sąlygas ir efektyviai jame vartoti energiją. Dažnai, ypač pastato eksploatavimo metu, pastebima ir neracionaliai instaliuota šiluminė galia, t. y. neįvertinus šilumos pritekėjimų kartais ji yra pernelyg didelė, kita vertus, taikant protarpinį šildymą ji nepakankama norimam patalpų prišildymui. Dėl šių priežasčių dažnai pasitaiko atveju, kai pastatai yra neefektyviai eksploatuojami, patalpų mikroklimato sąlygos neatitinka higienos reikalavimų, o energijos taupymas kartais vykdomas žmonių sveikatos sąskaita. Ši problema atsiranda tada, kai ją lemia veiksniai, įtakojantys nestacionarų pastato šiluminį režimą, o jos sprendimas susideda iš šių veiksnių identifikavimo ir kiekybinio įvertinimo. Tai leistų numatyti ir sumažinti nepageidaujamą minėtų veiksnių įtaką pastato šiluminiam komfortui ir energijos sąnaudoms.

Pagrindinius veiksnius, kurių pasikeitimas iškraipo pastato stacionarų šiluminį režimą, galima skirstyti į dvi pagrindines grupes:

1. Išoriniai. Jie dažniausiai būna nevaldomi. Prie šios grupės veiksnių galima priskirti: išorės oro temperatūrą, vėjo greitį ir saulės spinduliuotę.
2. Vidiniai. Šie veiksniai gali būti valdomi ar kažkuriais atvejais – prognozuojami. Prie jų priskiriama: pastato šiluminė galia ir vidiniai šilumos išsiskyrimai.

Praktika rodo, kad didžiąją dalį pastato šiluminį nestabilumą sudaro būtent vidiniai veiksniai – šiluminės galios ir šilumos išsiskyrimų pokytis. Išorinių – vėjo ir saulės – veiksnių poveikis dažnai yra išsprendžiamas architektūrinių priemonių ar sprendimų pagalba, o išorės oro temperatūra per kelias ar daugiau paros valandas kinta palyginus nežymiai. Tuo tarpu šiuolaikiniuose pastatuose, padidėjus elektros instaliuotai galiai, naudojant papildomą šildymą, vidinių veiksnių poveikis patalpų vidaus šiluminiam mikroklimatui pasireiškia per pakankamai trumpą laiko tarpą ir sudaro didesniąją įtakos dalį.

*Baigiamojo magistrinio darbo aktualumas:*

- Dėl komforto ir geros savijautos patalpoje svarbu užtikrinti tinkamą jų mikroklimatą (tam tikslui yra nustatytos higienos normos HN 42:2009; HN 33:2007, HN 35:2007...).
- ŠU TF patalpose nebuvo daryti aukšto techninio lygio tyrimai, susiję su mikroklimato būklės nustatymu ir ją įtakojančiais veiksniais.

Dėl šių priežasčių vienoje iš TF auditorijų (105 a.) siekiama įrengti sistemą, kurią naudojant būtų galima matuoti, registruoti ir reguliuoti patalpos mikroklimato parametrus.

*Darbo tikslas* - suprojektuoti ir realizuoti mokymo auditorijos mikroklimato parametrų kontrolės sistemą, kurią būtų galima pritaikyti mokymo procese ir moksliniuose tyrimuose.

*Baigiamojo darbo uždaviniai:*

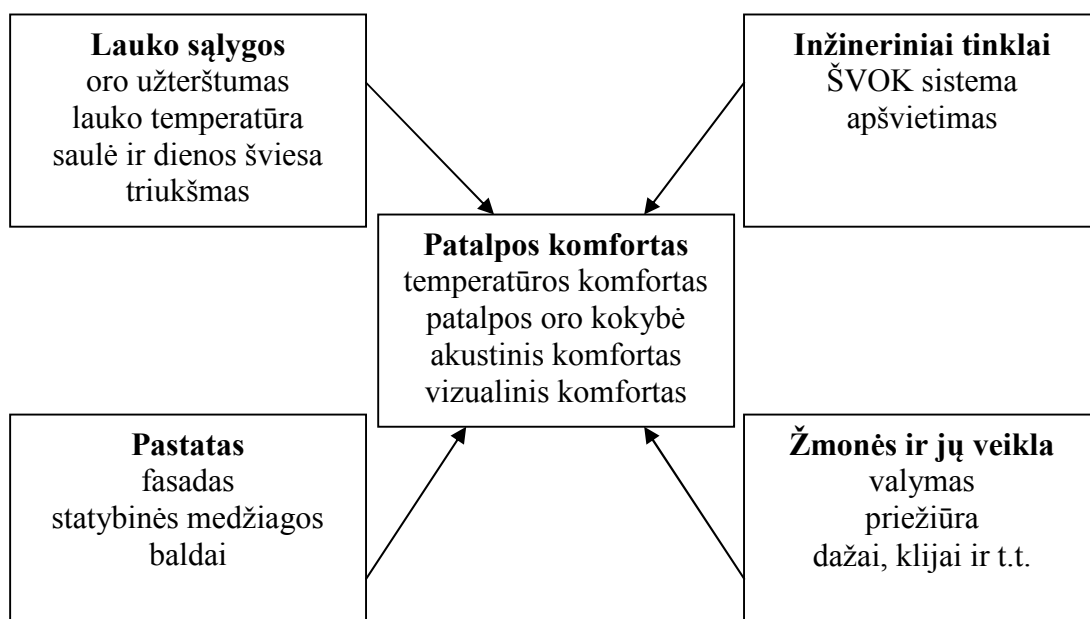
- Pagrindinių patalpos mikroklimato parametrų identifikavimas ir juos lemiantys veiksnių nustatymas.
- Techninių sprendimų sistemai sudaryti analizė ir reikalavimų specifikacijos.
- Sistemos projektavimas, montavimas ir derinimas.
- Atlikti pirminius tyrimus, susijusius su aplinkos veiksnių įtaka patalpos mikroklimato parametrams.

## 2. ANALITINĖ DALIS

### 2.1. Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas (sąvokos ir jų apibrėžimai, mikroklimato parametrai)

Dažnai galima išgirsti kalbant apie lauko oro taršą: įvairių mašinų išmetamąsias dujas, gamyklų teršalus, smogą ir kitas problemas. Tačiau mažiau yra kalbama ir pateikiama informacijos apie patalpų mikroklimatą. O juk žmogus daugiausia laiko ir praleidžia būtent įvairios paskirties patalpose. Tinkamam patalpų mikroklimato sudarymui turi būti tenkinamos įvairios sąlygos, kad žmogus nejaustu diskomforto.

Norint gerai ir komfortiškai jaustis, vien tik tinkamos temperatūros patalpoje nepakanka. Mikroklimato komfortą sąlygoja ne tik oro temperatūra, bet ir santykinė drėgmė, šviežio oro atsinaujinimas, CO<sub>2</sub> koncentracija, triukšmo lygis, oro judėjimo greitis, slėgis patalpoje ir kiti veiksniai (2.1.1 pav.). Šie mikroklimato parametrai daro įtaką žmogaus darbingumui, bendrai sveikatai, šiluminei organizmo pusiausvyrai. Higienos požiūriu meteorologinės darbo sąlygos turi būti tokios, kad organizmas išskirtų į aplinką šilumos perteklių. Tuomet dirbančio žmogaus savijauta bus normali – nešalta ir nešilta (2). Todėl visuomeniniuose ar gyvenamuose patalpose turi būti sudaromos atitinkamos mikroklimato sąlygos.



2.1.1 pav. Veiksniai, įtakoiantys patalpos komfortą

Pagal NBN EN 13779 (3) arba LST EN 13779 vidaus oro kokybės valdymas skirstomas į 6 pagrindines kategorijas (2.1.1 lentelė). Šiaulių universiteto Elektros inžinerijos

katedros auditorijoje sumontuotą mikroklimato valdymo sistemą galima priskirti prie IDE-C6 kategorijos. Nes ji oro kokybę (CO<sub>2</sub> koncentraciją, temperatūrą, santykinį oro drėgnumą ...) kontroliuoja pagal vartotojo užduotus parametrus valdiklyje Siemens RLU232 arba pagal „Matlab“ sudarytą valdymo kodą. Visas valdymo procesas vyksta be žmogaus įsikišimo pagal atitinkamų keitiklių (jutiklių) išmatuotas reikšmes.

2.1.1 lentelė

Patalpų oro kokybės valdymo kategorijos (NBN EN 13779)

IDA-C1	Nevaldoma: Sistema veikia nuolat
IDA-C2	Rankinis valdymas: Sistema veikia rankiniu būdu įjungiant, išjungiant jungiklį
IDA-C3	Kalendorinis valdymas: Sistema veikia pagal tam tikrą kalendorinį grafiką
IDA-C4	Pagal pareikalavimą: Sistema veikia pagal šviesos jungiklio padėtį, infraraudonųjų spindulių judesio jutiklį ir t.t.
IDA-C5	Pagal žmonių skaičių: Sistema veikia pagal žmonių skaičių patalpoje
IDA-C6	Automatinis valdymas: sistema veikia valdiklių pagalba pagal keitiklių (jutiklių) išmatuotus oro kokybės parametrus (su CO <sub>2</sub> , VOC ar dujų jutikliais)

Iš dalies patalpų oro taršą taip pat lemia naujos statybas reglamentuojančios normos, skirtos energijai taupyti ir reikalaujančios izoliuoti patalpas nuo išorinės aplinkos. Laikantis šių normų yra statomi nauji namai ir atnaujinami seni, tačiau nesutvarkius ventiliacinės sistemos – šiuo požiūriu daug problemų sukelia senosios statybos pastatai – uždarų patalpų ore kaupiasi įvairūs teršalai, kenksmingos žmogaus sveikatai medžiagos. Taip pat daugeliui tenka susidurti su pasirinkimu tarp plastikinių ir medinių langų. Paplitus sandariems šiuolaikiniams langams, oro kaita gyvenamosiose patalpose labai sumažėjo. Orleidės namuose yra būtinos, jei nėra jokios kitos ventiliacijos. Nuodingų junginių šaltiniu gali tapti ir statybai, apdailai ar baldams panaudotos medžiagos. Aplinkos oro kokybė neabejotinai turi įtakos gyventojų sergamumui. Epidemiologiniais tyrimais nustatyta, kad aplinkos oro tarša kietosiomis dalelėmis didina sergamumą įvairiomis respiracinėmis infekcijomis, kitomis kvėpavimo sistemos, širdies ligomis (4).

### Sąvokos ir jų apibrėžimai

Šiame magistriniame darbe vartojamos sąvokos ir jų apibrėžimai. Apibrėžimai panaudoti iš HN 42:2009, HN 69:2003, HN 23:2001, HN 33-1:2003, HN 33:2007, HN 35:2007; STR 2.09.02:2005.

- **Šiluminė aplinka darbo patalpoje** – darbo aplinkos meteorologinės sąlygos, kurios nustatomos pagal žmogaus organizmą veikiančius oro temperatūros, drėgmės ir oro judėjimo greičio parametrų derinius bei technologinės įrangos, atitvarų paviršių temperatūrą ir šiluminį spinduliavimą.
- **Darbo zona patalpoje** – erdvė, apribota darbo patalpų atitvarų, turinti 2 m aukštį virš grindų arba aikštelės, kurioje įrengtos nuolatinės arba nenuolatinės darbo vietos.
- **Šiluminio komforto aplinka (šiluminis komfortas)** – šiluminės aplinkos parametrų deriniai, kurie ilgai ir sistemingai veikdami darbuotoją užtikrina pasitenkinimo šilumine aplinka pojūtį, nesukeldami darbuotojo kūno šilumą reguliuojančių sistemų įtampos.
- **Lauko oro vidutinė paros temperatūra** – lauko oro temperatūros vidutinis dydis, nustatytas pagal vietinės meteorologinės tarnybos duomenis.
- **Šaltasis metų laikotarpis** – metų laikotarpis, kuriam būdinga lauko oro vidutinė paros temperatūra plus 10 °C ir žemesnė. Oro temperatūra plus 10 °C ir žemesnė nustatoma pagal trijų parų iš eilės lauko oro vidutinę paros temperatūrą.
- **Šiltasis metų laikotarpis** – metų laikotarpis, kuriam būdinga lauko oro vidutinė paros temperatūra aukštesnė kaip plus 10 °C. Oro temperatūra aukštesnė kaip plus 10 °C nustatoma pagal trijų parų iš eilės lauko oro vidutinę paros temperatūrą.
- **Darbo sunkumo kategorija** – darbo sunkumo skirstymas pagal darbuotojo energijos sąnaudas per visą darbo dieną:
  - **Lengvas fizinis Ia kategorijos darbas** – darbas, kurį dirbant žmogaus energijos sąnaudos sudaro ne daugiau kaip 500 kJ/h (nereikalauja fizinės įtampos sėdint).
  - **Lengvas fizinis Ib kategorijos darbas** – darbas, kurį dirbant žmogaus energijos sąnaudos sudaro daugiau kaip 500 kJ/h, bet ne daugiau kaip 630 kJ/h (reikalauja nedidelės fizinės įtampos sėdint, stovint ar vaikstant).
  - **Vidutinio sunkumo fizinis IIa kategorijos darbas** – darbas, kurį dirbant žmogaus energijos sąnaudos sudaro daugiau kaip 630 kJ/h, bet ne daugiau kaip 840 kJ/h (reikalauja tam tikros fizinės įtampos vaikstant, sėdint ar stovint perkeliant krovinį iki kilogramo masės).
  - **Vidutinio sunkumo fizinis IIb kategorijos darbas** – darbas, kurį dirbant žmogaus energijos sąnaudos sudaro daugiau kaip 840 kJ/h, bet ne daugiau kaip 1040 kJ/h (reikalauja vidutinės fizinės įtampos stovint ar vaikstant pernešant krovinį iki 10 kg masės).
  - **Sunkus fizinis III kategorijos darbas** – darbas, kurį dirbant žmogaus energijos sąnaudos sudaro daugiau kaip 1040 kJ/h (reikalauja didelės

nuolatinės fizinės įtampos vaikstant, perkeliant ir pernešant krovinį virš 10 kg masės).

- **Šilumos pojūtis** – šiluminės aplinkos jautumas ir suvokimas, kuris priklauso nuo darbuotojo fizinio aktyvumo, aprangos ir šiluminės aplinkos parametrų.
- **Gyvenamasis pastatas (namas)** – pastatas, kurio visas naudingasis plotas, didžioji jo dalis ar bent pusė naudingojo ploto yra gyvenamosios patalpos.
- **Visuomeninės paskirties pastatas** – pastatas, skirtas visuomenės poreikiams tenkinti ir priklausantis viešbučių, administracinės, prekybos, paslaugų, maitinimo, transporto, kultūros, mokslo, gydymo, poilsio, sporto ar religinės paskirties pastatų pogrupiui.
- **Bendrojo naudojimo patalpos** – pastato patalpos, skirtos naudotis visiems ar keliems pastato savininkams arba naudotojams; bendrojo naudojimo patalpoms priskiriami koridoriai, rūšiai, laiptinės, sandėliai ir kitos patalpos pastatuose;
- **Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas** – patalpų oro temperatūros, temperatūrų skirtumo, santykinės oro drėgmės, oro judėjimo greičio derinys;
- **Mikroklimato parametrų ribinės vertės** – optimalios mikroklimato parametrų vertės, kurioms esant aplinkoje, nėra neigiamo poveikio sveikatai;
- **Didžiausios leidžiamos koncentracijos** – tai kenksmingų medžiagų kiekiai, kurie nesukelia profesinių ligų žmonėms dirbant kiekvieną darbo dieną.

Lietuvos higienos normoje naudojamos tokios ribinės vertės:

- **Ilgalaikio poveikio ribinė vertė (IPRV)** – tai kenksmingos cheminės medžiagos laike kintančios koncentracijos darbuotojo kvėpavimo erdvės ore vidurkio ribinė vertė per 8 valandų darbo pamainą ir 40 valandų darbo savaitę, kuri, dirbant tokiomis sąlygomis, visą profesinio darbo laikotarpį darbuotojui neturėtų sukelti profesinei ligai būdingų sveikatos sutrikimų ar kitaip pakenkti jo bei jo palikuonių sveikatai;
- **Trumpalaikio poveikio ribinė vertė (TPRV)**- tai kenksmingos cheminės medžiagos laike kintančios koncentracijos darbuotojo kvėpavimo erdvės ore vidurkio ribinė vertė per 15 min., kuri, ne ilgiau kaip 15 min. ir ne daugiau kaip 4 kartus per darbo pamainą kasdien veikdama darbuotoją, neturėtų sukelti neigiamų pojūčių ar pakenkti jo sveikatai;
- **Ribinė vertė** - tai kenksmingos cheminės medžiagos koncentracijos darbuotojo kvėpavimo erdvės ore laike kintančio vidurkio didžiausia leistina vertė per standartizuotą laiko tarpą.
- **Cheminė medžiaga** - gamtiniai arba gamybos proceso metu gauti cheminiai elementai ir jų junginiai, įskaitant priedus, reikalingus tų gaminių stabilumui palaikyti, ir visos naudojimo proceso metu atsirandančios priemaišos, išskyrus tirpiklius, kurie gali būti atskiriami nepaveikiant medžiagos stabilumo ar nepakeičiant jos sudėties;

- **Akustinis triukšmas** (triukšmas) – įvairaus stiprumo ir dažnio garso bangų visuma, kuri gali sukelti nepalankias bei kenksmingas pasekmes sveikatai;
- **Leidžiamas triukšmo lygis (LTL)** – triukšmas, kuris veikiantis trumpą arba ilgą laiką negali sukelti ligų arba sveikatos sutrikimų;
- **$L_{dvn}$**  (dienos, vakaro ir nakties triukšmo rodiklis) – triukšmo poveikio sukkelto apibendrinto dirginimo rodiklis;
- **$L_{dienos}$**  (dienos triukšmo rodiklis) – dienos laikotarpiu triukšmo poveikio sukkelto dirginimo rodiklis;
- **$L_{vakaro}$**  (vakaro triukšmo rodiklis) – vakaro laikotarpiu triukšmo poveikio sukkelto dirginimo rodiklis;
- **$L_{nakties}$**  (nakties triukšmo rodiklis) – nakties laikotarpiu triukšmo poveikio sukkelto dirginimo rodiklis;
- **Maksimalus garso lygis** – garso lygis, atitinkantis triukšmo matuoklio maksimalų rodmenį matavimo metu;
- **Nepastovus triukšmas** – triukšmas, kurio lygio pokytis didesnis kaip 5 dBA ir nuolat kinta, pertrūksta arba pulsuoja;
- **Pastovus triukšmas** – triukšmas, kurio lygio pokytis ne didesnis kaip 5 dBA;
- **Pertrūkstantis triukšmas** – nepastovus triukšmas, kurio lygis staigiai kinta, o intervalų trukmė, kai triukšmo lygis pastovus, yra viena sekundė ir daugiau;

### **Patalpos mikroklimatą sąlygojantys veiksniai**

**Oro judrumas (judėjimo greitis), tiekiamas oro kiekis į patalpą.** Oro judrumas, tai pakankamoje erdvės dalyje (kad turėtų įtakos žmogaus šiluminiam komfortui) nustatytas vidutinis oro greitis (m/s). Matuojama bet kuriuo metodu, leidžiančiu tiksliai apskaičiuoti vidutinį oro greitį ir nustatyti oro judėjimo kryptį.

Oro judėjimas yra būtinas patalpose nepriklausomai nuo jų paskirties. Jeigu nejaučiame kad ir nežybaus oro judėjimo ar slėgio skirtumo į mūsų audinius, jaučiame tvanką, blogėja savijauta ir darbingumas. Žmogus pradeda jausti oro srautą, kurio greitis 0,15 m/s. Palankiausias žmogui oro judėjimo greitis – 0,1–0,2 m/s. Oro judėjimo greitis patalpose turėtų būti iki 0,25 m/s, tai sąlygoja mus supančio oro kaitą ir galimybę kvėpuoti švaresniu nei iškvėptas oru. Oro kaita padeda iš patalpų pašalinti įvairius teršalus, dulkes ir mikroorganizmus. Žmogui kvėpuojant ir prakaituojant į aplinką patenka medžiagų apykaitos galutiniai produktai, vadinami *antropotoksinais*: acetonas, fenolis, CO<sub>2</sub>, amoniakas, ketonai. Dauguma jų yra toksiški, sukelia galvos skausmą, paviršutinį kvėpavimą, pykinimą (5). Todėl gyvenamose patalpose oras turėtų keistis ne mažiau kaip 3 kartus per valandą. Kadangi senesnės statybos pastatai nėra hermetiški, oras dėl temperatūrų bei slėgių skirtumo sienose, bei per visus įmanomus plyšius natūraliai keičiasi 1 kartą per valandą. Tam, kad žmogus gerai jaustųsi ir kvėpuotų grynu oru, reikia apie 50 m<sup>3</sup> oro



per valandą. Jeigu įvertinant tai, kad natūrali oro kaita vyksta vieną kartą per valandą, šis oro kubas, t.y. optimalus oro kiekis žmogui išbūti 1 valandą patalpoje, yra 30 m<sup>3</sup> (6). Pagal šį rodiklį yra dažniausiai apskaičiuojami dirbtinės mechaninės ventiliacijos pajėgumai patalpose atsižvelgiant į žmonių skaičių jose ir darbo pobūdį. Pagal oro kaitos reglamentavimą (STR 2.09.02:2005) minimalus projektinis oro kiekis per valandą vienam asmeniui turi būti 21,6 m<sup>3</sup>/h (2.1.2 lentelė) (7).

2.1.2 lentelė

Oro kiekio projektinės reikšmės (ištrauka iš STR 2.09.02:2005 1 priedo)

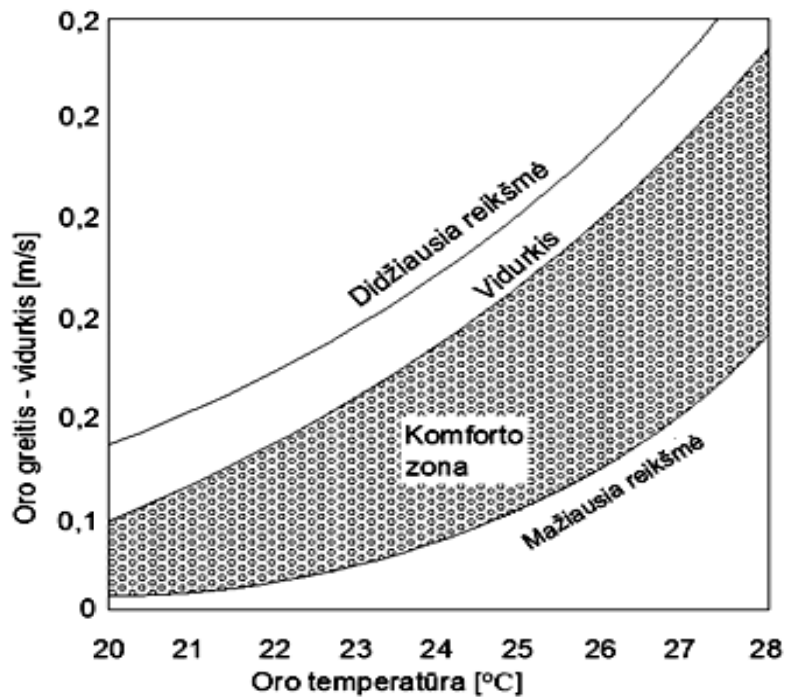
Pastato ir patalpos pavadinimas	Oro judrumo charakteristika**	Tiekiamo lauko oro kiekis				Šalinamo oro kiekis	
		1 asmeniui		1m <sup>2</sup> grindų*		dm <sup>3</sup> /s.vnt.	m <sup>3</sup> /h.vnt.
		dm <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /h	dm <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /h		
<b>3. Mokslo paskirties pastatai</b>							
3.1. Klasė	2	6	21,6	3	10,8	-	-
3.2. Laboratorija	3	6	21,6	3	10,8	-	-
3.3. Namų ruošos klasė***	3	6	21,6	3	10,8	-	-
3.4. Technikos kabinetas***	4	6	21,6	3	10,8	-	-
3.5. Susirinkimų salė	3	8	28,8	6	21,6	-	-
3.6. Sporto salė***	5	12	43,2	2	7,2	-	-
3.7. Valgykla	4	6	21,6	5	18	-	-
3.8. Koridorius	5	-	-	4	14,4	-	-

\* Oro kiekį skaičiuoti pagal patalpos grindų plotą tuomet, kai žmonių skaičius nežinomas.

\*\* Oro judrumo charakteristikos pateiktos STR 2.09.02:2005 2 priede. Čia 4 stulpelyje esantis skaičius reiškia 2 priedo grafike pažymėtą kreivę.

\*\*\* Tikslinama, atsižvelgiant į vietinių siurbtuvų šalinamą oro kiekį arba oro kiekį šilumai ir drėgmei pašalinti bendraja apykaita bei veiklos pobūdį.

Vengiant skersvėjų, oro judrumas normuojamas priklausomai nuo aplinkos oro temperatūros ir atliekamo darbo pobūdžio. Pavyzdžiui, dirbant lengvą darbą oro greitis negali viršyti 0,2 m/s. Aplinkos oro temperatūra ir jo judrumo įtaka žmogaus komfortinėms sąlygoms pateikta 2.1.2 pav. (8).



2.1.2 pav. Žmogaus komforto pojūčio zonos (remiantis EN ISO 730, ASHRAE 55)

**Šiluminis spinduliavimas.** Žinoma, kad visi kūnai, kurių temperatūra didesnė už nulį, skleidžia elektromagnetines bangas, t. y. praranda energiją. Jų vidinė energija (kartu ir temperatūra) turi mažėti. Jei temperatūra nekinta, reiškia energija nuolat papildoma. Šiluminis spinduliavimas yra kūno elektromagnetinis spinduliavimas, kurį sukelia kūno sužadinti atomai arba molekulės dėl jų šiluminio judėjimo. Didėjant kūno temperatūrai spinduliuotės tankis didėja. Intensyvus šiluminis spinduliavimas sutrikdo žmogaus organizmo termoreguliacijos procesą, pakinta širdies kraujagyslių ir kvėpavimo organų veikla (9). Šiluminės spinduliuotės intensyvumo matavimo vienetas yra  $W/m^2$ . Šiluminei spinduliuotei naudojamas prietaisas aktinometras. Kai šiluminės spinduliuotės intensyvumas viršija  $700 W/m^2$ , naudojamos darbo apsauginės priemonės (9). Dirbančiųjų apsaugai nuo šiluminio spinduliavimo yra izoliuojami šilumos šaltiniai, iškeliant juos į kitą patalpą, arba padengiami šilumą absorbuojančiomis medžiagomis (stiklo, mineraline vata ir kt). Efektyviai yra naudojami ekranai, kurie atspindi šiluminę energiją (iki 95%) arba ją absorbuoja. Ekranai įrengiami skaidrūs, aklini, grandininiai ir kt. Infraraudonuosius spindulius labai gerai absorbuoja vanduo, praleisdamas tik šviesos spinduliavimą.

**Patalpos oro temperatūra.** Visuomeniniuose patalpose, gyvenamosiose patalpose ar darbo zonose temperatūra turi būti reguliuojama, kad jos svyravimai neveiktų žmogaus darbingumą ar jo organizmą. Darbo patalpų temperatūra turi būti ne aukštesnė kaip  $+28\text{ }^{\circ}C$ , nes aukštesnėje temperatūroje sutrinka organizmo termoreguliacijos procesai (9), kurių metu žmogaus organizmas stengiasi išlaikyti pastovią kūno temperatūrą. Karštame ore žmogaus organizmas perkaista, pavargsta, sutrinka medžiagų apykaitos procesas, sulėtėja reakcija, padidėja traumų pavojus.

Lietuvos higienos normoje HN 42:2009 nurodyta, kad patalpų temperatūra šaltuoju metų laikotarpiu turi būti 18–22 °C (2.1.3 lentelė). Reikėtų atkreipti dėmesį, kad patalpoje, kurioje miegama, oro temperatūra gali būti 2–3 laipsniais žemesnė, nes vėsus ir grynas oras leidžia geriau išsimiegoti. Patalpose, kuriose intensyviai dirbama (pavyzdžiui, virtuvėje) taip pat rekomenduojama palaikyti bent 2 laipsniais žemesnę temperatūrą nei kitose gyvenamosiose patalpose, bet ne aukštesnę nei 23 °C. Kai žmogus pradeda intensyviai prakaituoti, drėgmė, garuodama nuo odos paviršiaus, jį vėsina (2). Termoreguliacija - tai žmogaus organizmo sugebėjimas išlaikyti pastovią kūno temperatūrą, kai keičiasi mikroklimato pagrindiniai parametrai darbo sunkumui, intensyvumui (10).

Šiluminė aplinka pastatuose yra reguliuojama šildant ir vėdinant. Taip sukuriama žmonėms palankios sąlygos bei deramas šiluminio komforto lygis. Išvengiama šilumos ir šalčio sukeltos įtampos. Norint tai pasiekti, reikia atsižvelgti į šiuos veiksniai (11):

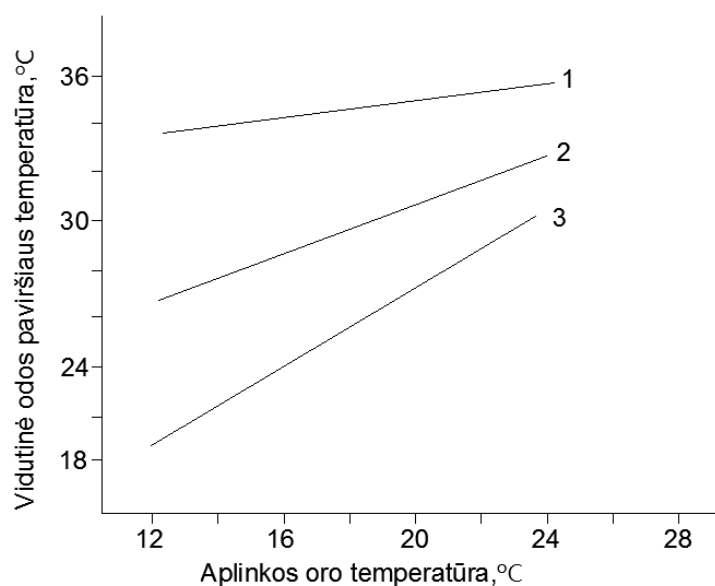
- žmonių veiklos pobūdį, aprangą, amžių, sveikatą,
- žmonių, patenkintų šilumine aplinka, pageidaujamą nuošimtį,
- laiką, per kurį reikalavimai turi būti patenkinti,
- galimybė žmogui pačiam reguliuoti vietinę šiluminę aplinką.

Esant labai žemai temperatūrai sulėtėja organizmo kraujo apytaka, rankų ir kojų judrumas, žmogus gali peršalti. Dirbant lengvą fizinį darbą geriausia savijauta būna tuomet, kai aplinkos oro temperatūra 16–20 °C, dirbant sunkų darbą – nuo 10 iki 15 °C. Be to, ji priklauso nuo oro cirkuliacijos greičio ir oro drėgmės. *Efektyvioji temperatūra* – tai tokia temperatūra, kurią žmogus pajunta esant tam tikrai santykinei oro drėgmei, nejudant aplinkos orui. Bazinis temperatūros vienetas Tarptautinėje vienetų sistemoje yra kelvinas (K). Kasdieninėms reikmėms dažniausiai naudojama Celsijaus skalė, kurioje 0° C atitinka vandens užšalimo temperatūrą, o 100 °C – vandens virimo temperatūrą jūros lygyje. Kai kuriose pasaulio šalyse (JAV) temperatūra matuojama Farenheito skalėje. Iš rečiau pasaulyje naudojamų skalių yra Reomiūro skalė:  $R = 0,8 \cdot$  °C.

Žmogaus savijauta labiausiai priklauso nuo šių pagrindinių fiziologinių parametrų:

- Odos temperatūros.
- Prakaitavimo intensyvumo.

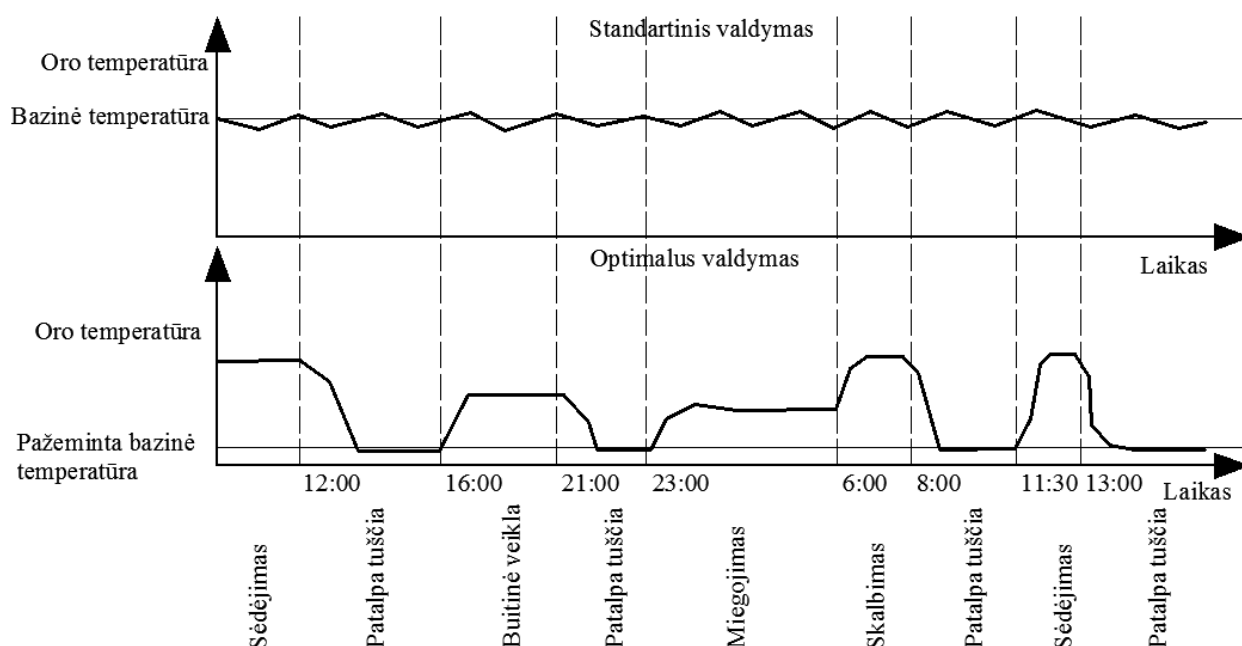
Didelę įtaką bendrai savijautai turi ir jo kūno dalių jautrumas aplinkos temperatūros pokyčiams: jautriau į temperatūros pokyčius reaguoja kojos, šiek tiek mažiau į temperatūros pokyčius reaguoja galva. 2.1.3 pav. (8).



2.1.3 pav. Odos paviršiaus temperatūros pasikeitimo priklausomybė nuo aplinkos oro temperatūros:  
1 – kaktos, 2 – rankų, 3 – pėdų (8)

Temperatūros reguliavimo metodų yra gana nemažai. Kai yra didelis kiekis skirtingų ir sudėtingų šildymo ir vėdinimo sistemų, paprastam vartotojui sunku yra pasirinkti kuris temperatūros valdymo metodas yra geriausias ir jam labiausiai tinkantis. Pagrindiniai šildymo ir vėdinimo valdymo sistemų tipai (2.1.4 pav.) (12):

- Standartinio valdymo (be laiko programų ar kitų numatytų valdymų);
- Optimalaus valdymo (pagal paros laiką, žmonių veiklą, judesio jutiklius ir kt.).



2.1.4 pav. Oro temperatūros pokyčiai patalpoje priklausomai nuo vėdinimo (su šildymu) valdymo sistemos tipo (12)

Turint informaciją apie žmogaus veiklą, naudojant įvairius jutiklius ir keitiklius, galima optimaliai reguliuoti tiekiamą oro temperatūrą ar oro apykaitą. Nes nuo žmogaus veiklos intensyvumo bei aktyvumo, taip pat nuo jo būvimo laiko patalpoje skiriasi ir vidaus oro temperatūra. Todėl norint optimaliai reguliuoti patalpos temperatūrą, jutikliai, keitikliai ar laiko relės būtinos. Kitu atveju šilumos energija būtų sunaudota neracionaliai. 2.1.4 paveikslėlyje galima matyti, kaip keičiama patalpos oro temperatūra, naudojant ŠVOK sistemą, priklausomai nuo to kokia veikla yra vykdoma atitinkamoje patalpoje.

***Patalpos santykinė oro drėgmė.*** Vandens garų, esančių ore normaliomis sąlygomis ir sočiųjų garų dalinių slėgių, esant vienodai temperatūrai, santykis vadinamas *santykine oro drėgme* ir žymimas  $\phi$  (%). Santykinė oro drėgmė patalpose priklauso nuo temperatūros: jai kylant, drėgmė mažėja. Beje, patalpa gali būti sausa, joje santykinė oro drėgmė žema, tačiau kai kuriose patalpų sienų bei lubų vietose gali susidaryti savitas mikroklimatas, kurio santykinę drėgmę yra sunku išmatuoti įprastais prietaisais. Be to, patalpų santykinei oro drėgmei didelę įtaką daro patalpų vėdinimas. Temperatūros, santykinės ir absoliutinės oro drėgmės entalpijos (*entalpija* – šilumos kiekis, suteiktas 1 kg oro pašildyti nuo 0 °C iki pasirinktos temperatūros (11)) tarpusavio ryšį atvaizduoja R. Molje (R. Mollier) diagrama (13). Joje patogiai ir greitai nubraižomi oro apdorojimo procesai (11). Pagrindiniai apdorojimo procesai:

- šildymas,
- vėsinimas,
- drėkinimas,
- sausinimas.

Optimali santykinė oro drėgmė darbo patalpose (tame tarpe ir mokymo patalpose) turi būti nuo 40 iki 60 %. Lietuvos higienos normoje HN 69:2003 „Darbo patalpų pakankamos šiluminės aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės“ (14) yra nurodyta, kad santykinė oro drėgmė patalpoje šaltuoju metų laikotarpiu turėtų būti 75 %, šiltuoju metų laikotarpiu 55 % (2.1.3 lentelė). Kaip jau buvo minėta, santykinė oro drėgmė priklauso nuo oro temperatūros. Jeigu oro temperatūra būna + 20 °C, o santykinė drėgmė – 50 %, tai reiškia, kad ore yra 50 % to maksimalaus vandens kiekio, kuris gali būti ore. Jeigu oras atvėsta iki + 9,3 °C, tai jo santykinė drėgmė pasiekia net 100 %, t.y. 9,3 °C temperatūros oras iki ribos prisotintas drėgmės. Jeigu oras bus vėsinamas (atšaldomas) ir toliau, tai prasidės kondensato susidarymas – rasojimas, nes oras savyje nebesugebės išlaikyti vandenį. Pradžioje pasiekiamas vadinamasis rasos taškas. *Rasos taško temperatūra* – tai tokia temperatūra, iki kurios turi atvėsti oras, kad jis pasiektų soties būseną (100 %, santykinę drėgmę) nepakitus atmosferos slėgiui ir vandens garų kiekiui ore. Rasos taškas nustatomas kondensaciniu higrometru arba apskaičiuojamas

iš oro temperatūros ir drėgmės jame duomenų. Kuo mažesnė santykinė drėgmė, tuo didesnis skirtumas tarp faktinės temperatūros ir rasos taško temperatūros (2).

Didelė santykinė oro drėgmė žemoje temperatūroje gali sukelti peršalimą. Esant aukštai temperatūrai ir didelei santykiniai drėgmei, gali visai sutrikti šilumos išsiskyrimas, dėl gausaus prakaitavimo ir hipertermijos žmogų gali ištikti šilumos smūgis. Kai labai drėgna, žmogui sunku kvėpuoti. Rečiau pasitaiko kvėpavimo sutrikimų, kai oras būna per sausas. Žiemą karštosse patalpose sušilusiam ore būna labai mažai vandens garų, santykinė oro drėgmė gali siekti iki 25–30 %. Žmogus jaučia nemalonius džiovimo reiškinius kūno paviršiuje ir ypač kvėpavimo takų gleivinėse; sumažėja odos ir gleivinių atsparumas mechaniniam, cheminiam, bakteriniam poveikiui (2). Santykinę oro drėgmę galima nustatyti *higrometrais*, *higrografais* ir *psichrometrais*.

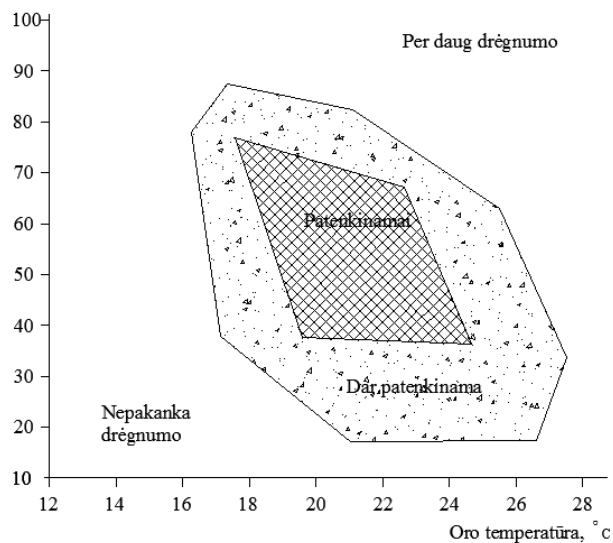
2.1.3 lentelė

Darbo patalpų pakankamos šiluminės aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės (HN 69:2003)

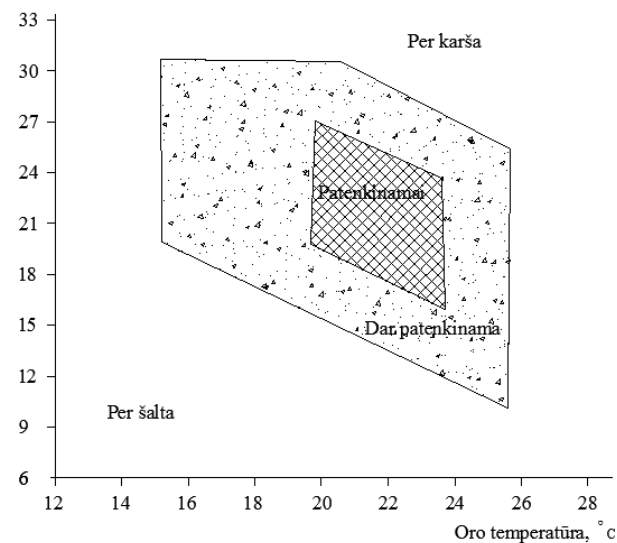
Metų laiko- tarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C		Oro santykinis drėgnumas,%, ne daugiau kaip	Oro judėjimo greitis, m/s
		Nuolati- nėse darbo vietose	Nenuolati- nėse darbo vietose		
1	2	3	4	5	6
Šalta- sis	Lengvas – Ia	21–25	18–26	75	Ne daugiau kaip 0,1
	Lengvas – Ib	20–24	17–25	75	Ne daugiau kaip 0,2
	Vidutinio sunkumo – IIa	17–23	15–24	75	Ne daugiau kaip 0,3
	Vidutinio sunkumo – IIb	15–21	13–23	75	Ne daugiau kaip 0,4
	Sunkus – III	13–19	12–20	75	Ne daugiau kaip 0,5
Šilta- sis	Lengvas – Ia	22–28	20–30	55 (prie 28 °C)	0,1–0,2
	Lengvas – Ib	21–28	19–30	60 (prie 27 °C)	0,1–0,3
	Vidutinio sunkumo – IIa	18–27	17–29	65 (prie 26 °C)	0,2–0,4
	Vidutinio sunkumo – IIb	16–27	15–29	70 (prie 25 °C)	0,2–0,5
	Sunkus – III	15–26	13–28	75 (prie 24 °C ir žemiau)	0,2–0,6

Daugeliu atveju oro drėgnumo įtaka aplinkos mikroklimatui yra mažiau juntama nei temperatūros, tačiau šie abu veiksniai turi nemažai įtakos žmogaus savijautai. Komfortinių sąlygų priklausomybė nuo aplinkos oro temperatūros ir santykinio drėgnumo arba sienų temperatūrų pateikta 2.1.5 pav. (8).

Santykinė oro drėgmė, %



Sienų temperatūra, °C



2.1.5 pav. Santykis tarp patalpos temperatūros ir drėgnumo arba sienų temperatūrų (8)

**CO<sub>2</sub> koncentracija patalpoje.** Žmogaus organizmas yra jautrus ne tik prieš tai aprašytiems aplinkos oro fiziniams faktoriams (temperatūrai, drėgmei, oro judėjimui), bet ir patalpos oro sudėties pokyčiams: deguonies, anglies dvideginio bei kitų medžiagų koncentracijos svyravimams. Vertinant patalpų oro užterštumą, kaip pagrindinis rodiklis yra anglies dvideginio (CO<sub>2</sub>) koncentracija. Anglies dioksidas yra bespalvės, bekvapės dujos. Jei šios medžiagos koncentracija yra didesnė negu 0,1 procentas (1000 mm<sup>3</sup> arba 1000 ppm), patalpoje yra ne tik anglies dvideginis, bet ir kiti žmogaus organizmo metaboliniai produktai (sieros vandenilis, amoniakas, indolas, lakiosios riebiosios rūgštys) bei mikroorganizmai ir virusai. CO<sub>2</sub> koncentracija dažniausiai išreiškiama „ppm“ dydžiu. „ppm“ tai dalelės milijone, cheminės koncentracijos matavimo vienetas, 1 ppm (CO<sub>2</sub>) = 1,8 mg/m<sup>3</sup>, (1 ppm = kg/kmol\*0,041( mg/m<sup>3</sup>)). CO<sub>2</sub> kiekį patalpoje didina ne tik žmonių skaičius ir jų buvimo laikotarpis, bet ir statybinės ar apdailos medžiagos.

Kadangi deguonis yra itin svarbus elementas kiekvienam žmogui, tačiau jo sunaudojimas nėra pagrindinis rodiklis oro apykaitai patalpose nustatyti. Vienam žmogui, priklausomai nuo jo aktyvumo (veiklos) reikia apie 0,5 - 2 litrų deguonies per minutę. Žmogus per valandą iškvėpia 22,6 l anglies dioksido. Kadangi deguonies koncentracija ore yra apie 21%, iškvėptame – 16,4%, pakankamas oro kiekis vienam žmogui yra 0,14 - 0,57m<sup>3</sup>/h (apie 70-200 kartų mažiau negu reglamentuojama norminiuose aktuose). Šie skaičiai naudojami remiantis Pettenkofer riba (ang. "Pettenkofer-limit"). Max von Pettenkofer (1818-1901m.) gerai žinomas žmogaus psichologijos tyrinėtojas dirbęs Miuncheno Universitete 1870 m., nustatė, kad 1000 ppm (0,1% tūrio) CO<sub>2</sub> koncentracija ore yra ribinė reikšmė, užtikrinanti pakankamą patalpos mikroklimatą ir

komfortą (15). Todėl vėdinimo įrenginių automatinės valdymo sistemos yra programuojamos, kad anglies dvideginio koncentraciją patalpoje palaikytų apie 700 – 850 ppm. O 1000 - čio ppm riba dažniausiai laikoma kaip kritine. T.y. jei patalpos oro užterštumas sparčiai artėja link 1000 ppm, tai valdymo sistema oro tiekimo (ištraukimo) ventiliatorius įjungia pilnu pajėgumu, nepriklausomai nuo vartotojo pareikalaujamo greičio nustatymo.

Atsižvelgiant į CO<sub>2</sub> koncentraciją lauko ore, kuri Lietuvoje svyruoja tarp 300 ir 400 ppm (0,03-0,04% tūrio), bei vidutiniškai vienam žmogui tenkantį patalpos tūrį, kuris yra apie 75 – 100 m<sup>3</sup>, visiškai pakanka 25 – 30 m<sup>3</sup>/h žmogui reikiamam deguonies kiekiui bei reikiamai CO<sub>2</sub> koncentracijai patalpoje palaikyti. Be to tokia oro apykaita pašalina ir patalpoje susidarančius vandens garus (15).

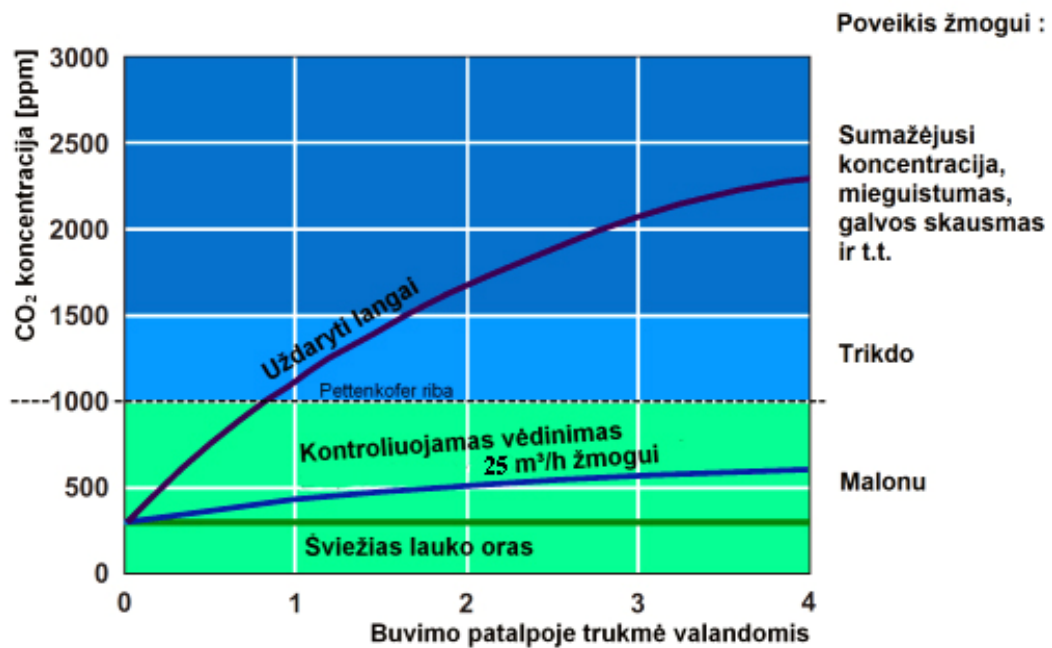
Pagal STR 2.09.02:2005 „Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas“: Viešojo naudojimo pastatų patalpose, kuriose pagrindinis teršalų šaltinis yra žmonių medžiagų apykaitos produktai, oro kokybės kategorija pasirenkama suinteresuotų projekto dalyvių susitarimu. Nesant aiškių kriterijų, pasirenkama vidutinė patalpų oro kokybės kategorija, o CO<sub>2</sub> koncentracija lauko ore 400 ppm.

CO<sub>2</sub> koncentracija patalpoje priklauso nuo:

- žmonių skaičiaus,
- žmogaus prabūto laiko patalpoje,
- paduodamo šviežaus oro kiekio,
- patalpos dydžio,
- pastato pastatymo vietos (miesto centre, šalia judrios gatvės ir t.t.),
- šildymo sistemos naudojimo (vietiniai centrinio šildymo katilai ir t.t.),

Anglies dvideginio koncentracija patalpoje gali svyruoti nuo kelių šimtų ppm iki 1000 ppm ar daugiau (2.1.6 pav.). Jei patalpa vėdinama naudojant mechaninę vėdinimo sistemą, tai ppm lygis gali būti palaikomas normose.





2.1.6 pav. CO<sub>2</sub> koncentracija pagal Pettenkofer ribą (15)

**Kietosios dalelės (dulkės) patalpoje.** Kietosios dalelės – tai ore esančių dalelių ir skysčio lašelių (aerolių) mišinys, kurio sudėtyje gali būti įvairūs komponentai – rūgštys, sulfatai, nitratai, organiniai junginiai, metalai, dirvožemio dalelės, dulkės, suodžiai ir kt. (16). Dulkės – tai smulkios kietų medžiagų dalelės, galinčios tam tikrą laiką kaboti ore ar kitose dujose (aerolių) arba nusėsti ant daiktų (aerogeliai) (17).

Dažniausiai dulkės skirstomos pagal kenksmingumo žmogui laipsnį, pagal jų susidarymo būdą, kilmę ir dispersiškumą (dalelių matmenis).

Pagal susidarymo būdą dulkės skirstomos į (17):

- smulkinimo (dezintegracijos) aerolių, susidarantį mechaniškai smulkinant kietas medžiagas (gręžiant arba sprogdinant uolienas, malant grūdus ir kituose technologiniuose procesuose);
- kondensacijos aerolių, susidarantį kondensuojantis ore metalo garams (suvirinant, lydant metalus ir pan.).

Pagal kilmę dulkės skirstomos į (17):

- organines (augalines, gyvulines, mikroorganizmų, dažų, plastmasių ir kitų sintetinių organinių medžiagų);
- neorganines (mineralų, metalų);
- mišrias (organines ir neorganines).

Pagal dispersiškumą dulkės skiriamos į:

- matomas, kurių dalelės yra didesnės kaip 10 µm;
- mikroskopines, kurių dalelės nuo 10 µm iki 0,25 µm;
- ultramikroskopines, kurių dalelės mažesnės kaip 0,25 µm.

Pagal šiuo metu Lietuvoje galiojančius teisės aktus, teršalų kiekis aplinkos ore vertinamas pagal Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2007 m. birželio 11 d. įsakymą Nr. D1-329/V-469 „Dėl teršalų, kurių kiekis aplinkos ore vertinamas pagal Europos Sąjungos kriterijus, sąrašo patvirtinimo ir ribinių aplinkos oro užterštumo verčių nustatymo“ (18).

Nuo 2007 m. liepos 1 d. patalpų oro kokybei vertinti taikoma Lietuvos higienos norma HN 35:2007 „Didžiausia leidžiama cheminių medžiagų (teršalų) koncentracija gyvenamosios aplinkos ore“ (19). Dulkių koncentracija ore apibūdinama dulkių svoriu tūrio vienetui (mg/m<sup>3</sup>). Tiekiamas ir ištraukiamas oras valomi specialiais atitinkamomis klasėmis filtrais.

**Triukšmas.** Fizikiniu požiūriu triukšmą apibūdiname kaip netvarkingus, skirtingo dažnio ir stiprumo, garsus. Fiziologiniu požiūriu, tai bet koks garsas, kuris trukdo normaliam žmogaus darbui ar poilsiui. Garso bangos gali būti sužadinamos ir skleidžiamos terpėje (dujose, ore, skysčiuose ir pan.). Jas sukelia virpantis kūnas, veikiamas periodinių jėgų. Veikiant šioms jėgoms keičiasi slėgis toje terpėje (vyksta terpės praretėjimai ir sutankėjimai), tai ir sukuria garso bangas. Slėgio pokytis terpėje vadinamas garso slėgiu (9). Beveik visų vėdinimo įrenginių pagrindinis trūkumas yra jų sukeliamas triukšmas dėl oro transportavimo ar ventiliatorių veikimo. Senesni vėdinimo įrenginiai gali sukelti ne ką mažesnę diskomfortą nei šviežio oro trūkumas ar netinkama temperatūra, drėgmė patalpoje. Vėdinimo įrenginių gamintojai dabar ypač daug dėmesio skiria ne tik agregatų efektyvumui bet ir jų triukšmo lygio sumažinimui. Todėl jos paprastai veikia pakankamai tyliai, kartais net beveik negirdimai. Senuosius įrenginius taip pat galima patobulinti, užslopinant jų sukeliama triukšmą iki minimalaus galimo lygio panaudojant įvairius slopintuvus ar kokybiškas garso izoliacines medžiagas. Žemo triukšmo lygio užtikrinimui šalia tylaus vėdinimo agregato, svarbu tinkamai suprojektuoti ar nuolat palaikyti minimalų leistiną oro transportavimo sistemų slėgį ir kiek galima mažesnę oro srauto greitį. O oro srauto sukeliamas triukšmas mažėja, didinant ortakių skersmenį. Vertinant vėdinimo sistemos kokybę atsižvelgiama ne vien į šiluminį efektyvumą, bet ir į žemą triukšmo lygį.

Patalpose nepastovus triukšmas vertinamas pagal ekvivalentinį garso lygį, o gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje – pagal ekvivalentinį ir maksimalų garso lygius. Triukšmo ribinius dydžius gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties

pastatuose bei jų aplinkoje ir taikoma vertinant triukšmo poveikį visuomenės sveikatai nustato higienos norma HN 33:2007 (20). Ši higienos norma yra privaloma juridiniams ir fiziniams asmenims, projektuojantiems, statantiems, bei eksploatuojantiems gyvenamuosius ir visuomeninės paskirties pastatus, rengiantiems miestų ir kitų gyvenviečių, gyvenamųjų rajonų, mikrorajonų planavimo, užstatymo ir rekonstravimo projektus, taip pat institucijoms, vykdančioms akustinio triukšmo stebėjimus ir kontrolę. Leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje pateikti 2.1.4 lentelėje.

2.1.4 lentelė

Leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje

(HN 33:2007)

Objekto pavadinimas	Garso lygis, ekvivalentinis garso lygis, dBA	Maksimalus garso lygis, dBA	Paros laikas, val.	Triukšmo ribiniai dydžiai, naudojami aplinkos triukšmo kartografavimo rezultatams įvertinti			
				L <sub>dvn</sub>	L <sub>dienos</sub>	L <sub>vakaro</sub>	L <sub>nakties</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
001 Gyvenamųjų pastatų miegamieji kambariai	45	55	6–18				
	40	50	18–22				
	35	45	22–6				
002 Visuomeninės paskirties pastatų miegamieji kambariai ikimokyklinėse įstaigose ir internatinėse mokyklose, palatos ir operacinės ligoninėse, kambariai sanatorijose	45	55	6–18				
	40	50	18–22				
	35	45	22–6				
003 Visuomeninės paskirties pastatų auditorijos, mokymo kabinetai ir klasės	65	70					
004 Salės restoranuose, kavinėse, baruose ir kitose maitinimo įmonėse muzikos ansamblių koncertų metu	80	85					
005 Koncertų ir kitos salės estradinių renginių metu, kino filmų demonstravimo metu	85	90					
006 Atviros koncertų ir šokių salės estradinių renginių metu	85	90	6–18	85	86	81	55
	80	85	18–22				
	55	60	22–6				
007 Gyvenamųjų ir visuomeninės paskirties pastatų aplinkoje	65	70	6–18	65	66	61	55
	60	65	18–22				
	55	60	22–6				

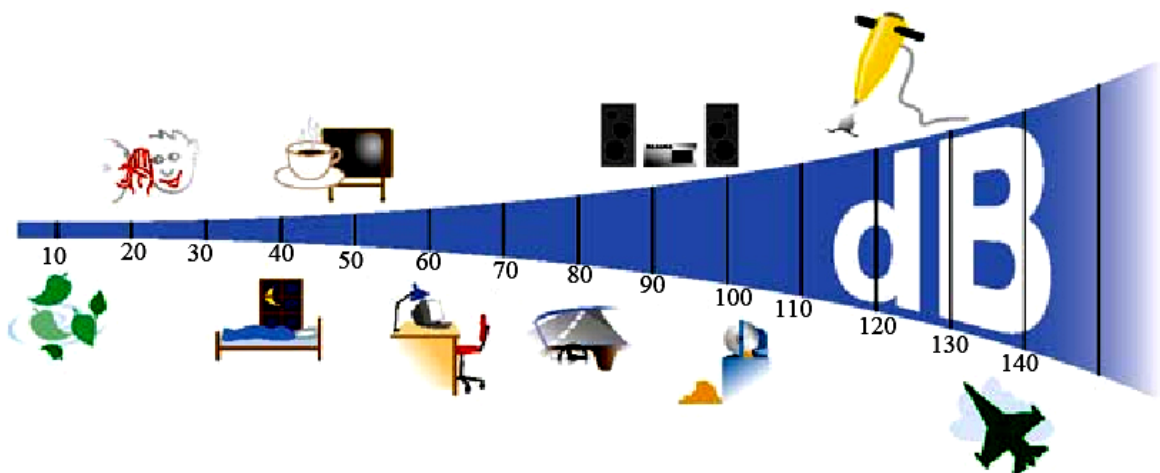
dBA – decibelai; L<sub>dvn</sub> – dienos, vakaro, nakties triukšmo rodiklis; L<sub>dienos</sub> – dienos triukšmo rodiklis; L<sub>vakaro</sub> – vakaro triukšmo rodiklis; L<sub>nakties</sub> nakties triukšmo rodiklis.

Garso stiprumas priklauso nuo virpesių amplitudės – kuo ji didesnė, tuo stipresnis garsas. Garso stiprumas gali būti išreiškiamas garso bangos jėga W/cm<sup>2</sup> arba garso bangos slėgiu - N/m<sup>2</sup>. Mažiausias garso slėgis, kurį junta normali žmogaus klausa (garso jutimo slenkstis), esant 1000 Hz dažniui, yra 2·10<sup>-5</sup> N/m<sup>2</sup>, o pagal jo garso jėgą – 10<sup>-16</sup> W/cm<sup>2</sup>. Didžiausias garsinis slėgis,

atitinkantis garso skausmingumo jutimo slenkstį, yra  $20 \text{ N/m}^2$  arba  $10^{-3} \text{ W/cm}^2$ . Praktiškai įvertinti garso stiprumą šiais vienetais yra sunku, be to, jais negalima įvertinti ir žmogaus subjektyvaus garsinio jutimo. Taip yra todėl, kad garso absoliučiai jėgai stiprėjant geometrine progresija, žmogaus klausa šį stiprėjimą suvokia tik aritmetine progresija. Pavyzdžiui, garso stiprumo padidėjimą 1000 kartų mes suvokiame kaip padidėjimą 3 kartus. Todėl akustikoje ir medicinos praktikoje, atsižvelgiant į klausos jautrumo ypatybes, garso stiprumui išreikšti naudojamas decibelų vienetas (dB). Logaritminė juntamų garsų stiprumo skalė suskirstyta į 13 belų, arba į 130 decibelų. *Decibelas* – tai garso stiprumo vienetas, išreikštas ne absoliutiniais vienetais, bet garsų stiprumo santykio logaritmu (21).

Siekiant įvertinti triukšmo neigiamą poveikį žmogui, triukšmo šaltinio stiprumas vertinamas pagal specialią skalę A ir matuojamas dBA, tai atitinka maždaug 1000 Hz triukšmo šaltinio reliatyvų poveikį žmogaus ausiai. Dėl šios priežasties triukšmo matavimo įrangoje įtaisomas filtras, padedantis imituoti žmogaus ausies jautrumo dažninę priklausomybę. Jis vadinamas A-filtru ir vartojamas visada nepriklausomai nuo to, kuriuo požiūriu bebūtų nagrinėjamas eismo keliamas triukšmas. Kad yra panaudoti A-filtrai, 10 nurodoma dB(A) ženklu. Girdimumo riba, priklausomai nuo sveikatos, amžiaus ir t.t., yra apie 0dB (0,0002  $\mu\text{bar}$ ), o skausmo riba –120-140dB (22).

Dažniausiai mus supančių triukšmo šaltinių intensyvumą galima pamatyti 2.1.7 paveikslėlyje (23).



2.1.7 pav. Garso intensyvumo skalė (23)

30 dB(A)– šnabždesys, girdimas 1 metro atstumu;

50 dB(A)– lietus;

50-60 dBA – įprastinė kalba;

60 dBA– elektrinė barzdos skutimo mašinėlė;

80 dBA– durų, telefono skambutis;

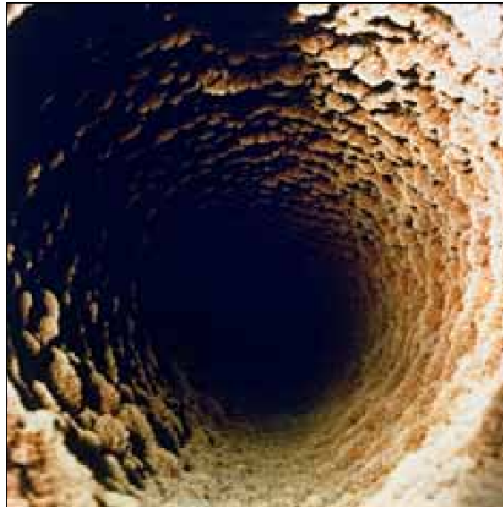
85 dBA– sunkvežimis;

90 dBA – riksmas;  
95-110 dBA– motociklas;  
110 dBA– šūvis į orą;  
140 dBA – lėktuvo variklis.

## 2.2 Oro filtravimas ŠVOK sistemose

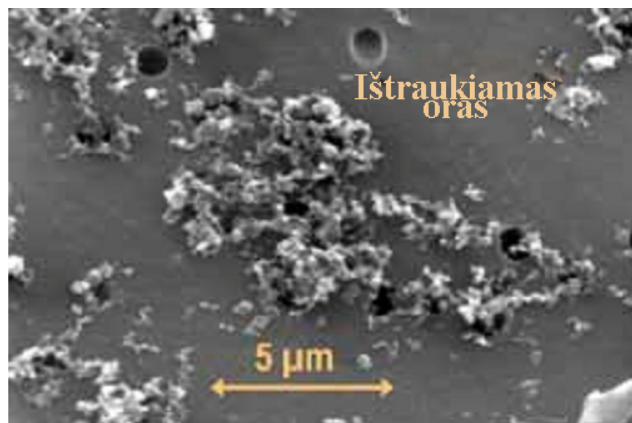
Yra įvairių oro valytuvų (filtrų) tipų ir dydžių. Tai gali būti nebrangūs staliniai modeliai arba sudėtingos ir brangios, montuojamos vienas agregatas visam pastatui. Kai kurie iš jų labai efektyviai šalina kietąsias daleles (dulkes), tačiau kiti, ypač stalinio tipo modeliai, nėra tokie patikimi. Oro filtrai (valytuvai) paprastai nėra skirti pašalinti dujiniams teršalams. Jų veiksmingumas priklauso nuo to, kaip gerai jie surenka teršalus iš patalpos oro (procentais išreiškiamas efektyvumo rodiklis), ir kiek oro jie perfiltruoja per valymo ir filtravimo elementus (išreiškiama kubinėmis pėdomis per minutę). Labai efektyvus surinktuvas su maža oro cirkuliacijos norma nebus veiksmingas, taip pat – ir mažiau efektyvus, bet su didele oro cirkuliacijos norma. Oro valytuvų ilgalaikiškumas priklauso nuo jų naudojimo laikantis gamintojo nurodymų. Kitas svarbus veiksnys, lemiantis oro valytuvų veiksmingumą, yra teršalų išmetimo intensyvumas. Stalinio tipo oro valytuvai negali pašalinti reikiamo (pakankamo) teršalų kiekio esant stipriems taršos šaltiniams. Žmonės, kurių jautrumas tam tikriems teršalams didesnis, turėtų suprasti, jog oro valytuvai yra veiksmingi tuo atveju, kai jie veikia su kitomis teršalų šalinimo priemonėmis. Bet efektyviausias oro valymas yra naudojant centralizuotas valymo sistemas kartu su ŠVOK įrenginiais.

Oro filtrai ŠVOK sistemose seniau buvo naudojami ventiliacinės sistemos komponentų apsaugai. T.y. apsaugai ventiliatoriams, ortakiams, šildytuvams ir kitiems komponentams nuo užteršimo, taip pat sumažinamų slėgių kritimo tikimybė atitinkamuose mazguose. Kaip atrodo oro transportavimo vamzdis kai ŠVOK sistemoje nėra sumontuotas filtras parodyta 2.2.1 paveikslėlyje. Tokiame ortakyje prarandama nemaža dalis ventiliatorių sudaromo slėgio. Tokiu atveju reikia padidinti ventiliatorių pajėgumą, kad tiekėtų reikalingą kiekį paruošto oro. Oro švarumo, grynumo poreikis padidėjo, kai atsirado didesnis supratimas apie oro kokybę. Apie 50% patalpos oro kokybės rodiklį lemia lauko oro teršalai, todėl tiekiamo oro filtravimas daro nemažą įtaką patalpoje komfortinėms sąlygoms sudaryti. Paskutiniu dešimtmečiu oro filtravimas yra laikomas vienas iš pagrindinių techninių veiksnių, kuris padeda palaikyti pagal higienos normas patalpos oro kokybę.



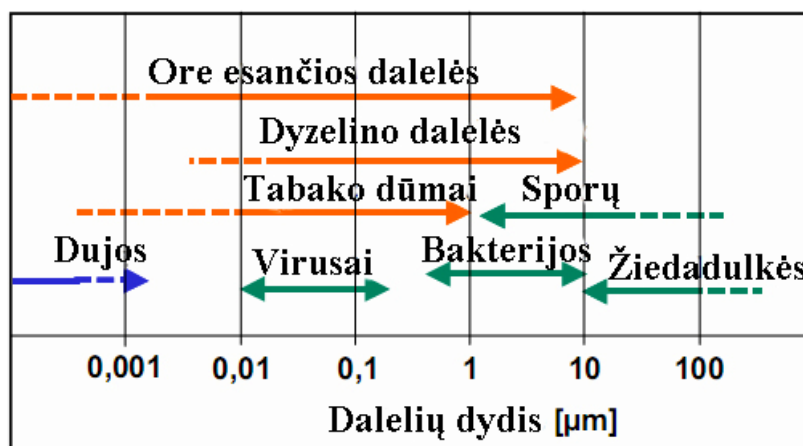
2.2.1 pav. ŠVOK įrenginio oro tiekimo sistema be filtro

**Oro teršalai.** Lauko ir patalpos oro teršalai savo savybėmis skiriasi priklausomai nuo pastato vietos, laiko, darbo pobūdžio ir t.t. Oro teršalai būna įvairių dydžių ir sudėties, nuo itin smulkių ar nanodalelių (mažesni nei  $0,1 \mu\text{m}$  (mikronai)) iki smulkių dalelių ( $0,1 \mu\text{m}$  iki  $2,5 \mu\text{m}$ ) arba didesnių dalelių (dulkės  $>2,5 \mu\text{m}$ ). *Mikronas* – mikrometras ( $\mu\text{m}$ ), t.y.  $10^{-6}$  metro. 1 mikronas yra milijonoji metro dalelė. Pvz. žmogaus plaukelis ( $70-100 \mu\text{m}$ ), žiedadulkės ( $5-100 \mu\text{m}$ ), pelėsis ( $2-20 \mu\text{m}$ ), dūmai ( $0,01-1$  mikrono), namų aplinkos dulkės ( $0,05-100 \mu\text{m}$ ) (24).



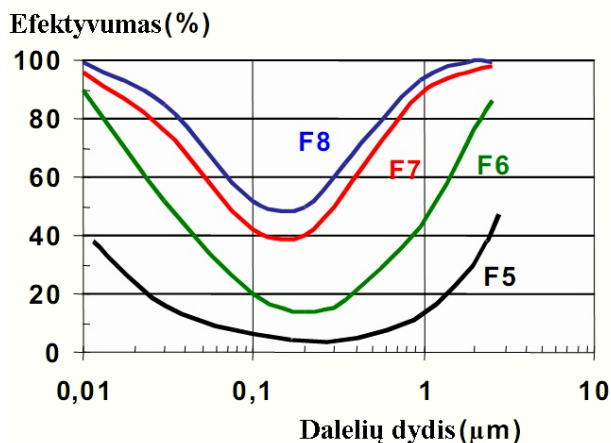
2.2.2 pav. Teršiančiųjų dalelių pavyzdys ištraukiamame ore

Plika akimi galima pamatyti didesnes nei  $10 \mu\text{m}$  daleles. Tabako dūmuose dalelių dydis yra  $1 \mu\text{m}$ , bet dėl didelės jų koncentracijos taip pat galima matyti. Kai kurių teršalų dydžiai parodyti 2.2.3 pav.



2.2.3 pav. Teršalų dydžiai, mikrometrais

Oro filtravimo sistemų yra įvairių: difuzinis filtravimas, sulaikymo, inercijos, elektrostatinis. Dažniausiai naudojama yra dalelių sulaikymo filtravimo sistema, nes ji pakankamai ilgai tarnauja ir tokių filtrų gamyba pakankamai pigi. Minimalus tokių filtrų efektyvumas priklauso nuo oro greičio per jį ir filtrinės medžiagos tipo 2.2.4 pav. (25). Oro filtrai dalelėms šalinti iš bendrojo vėdinimo sistemų pagal Europos standartą EN779:2002 yra skirstomi į devynias grupes. Jie skirstomi pagal filtrinės medžiagos tipą ir filtravimo gebą. Lentelėje 2.2.1 yra pateikti oro filtrų tipai ir slėgio kritimas filtravimo medžiagoje kai yra galutinai užsiteršęs.



2.2.4 pav. Filtrų efektyvumas (25)

Oro filtrai dalelėms šalinti pagal Europos standartą EN779:2002

Filtro tipas	EN 779 filtrų klasės	Vidutinis filtravimas ( $A_m$ ) Sintetinės dulkės, (%)	Vidutinis efektyvumas, ( $E_m$ ) 0.4 $\mu$ m dalelės, (%)	Slėgio kritimas filtro medžiagoje, (Pa)
Grubus filtras	G1	$50 \leq A_m < 65$	-	250
	G2	$65 \leq A_m < 80$	-	250
	G3	$80 \leq A_m < 90$	-	250
	G4	$90 \leq A_m$	-	250
	F5	-	$40 \leq E_m < 60$	450
Smulkus filtras	F6	-	$60 \leq E_m < 80$	450
	F7	-	$80 \leq E_m < 90$	450
	F8	-	$90 \leq E_m < 95$	450
	F9	-	$95 \leq E_m$	450

ŠVOK sistemos mokymo įstaigose turi būti montuojamos su aukštesnės klasės oro filtrais. Patariama universitetų, kolegijų ar kitų vyresnių mokinių auditorijų tiekiamo oro filtravimui naudoti F5- F7 klasės filtras. O pradinių mokyklų F7 – F9 filtras. Taip pat dar yra naudojama sistema filtras + priešfiltris. Tokiu atveju naudojama atitinkamai F7 ir F5 filtrai. Naudojant tokias filtravimo sistemas yra į patalpas tiekiamas ypač švarus oras (pašalinama didžioji dalis orą teršiančiųjų dalelių), tuo pačiu rečiau reikia keisti F7 filtrą, kuris yra brangesnis nei žemesnės klasės.

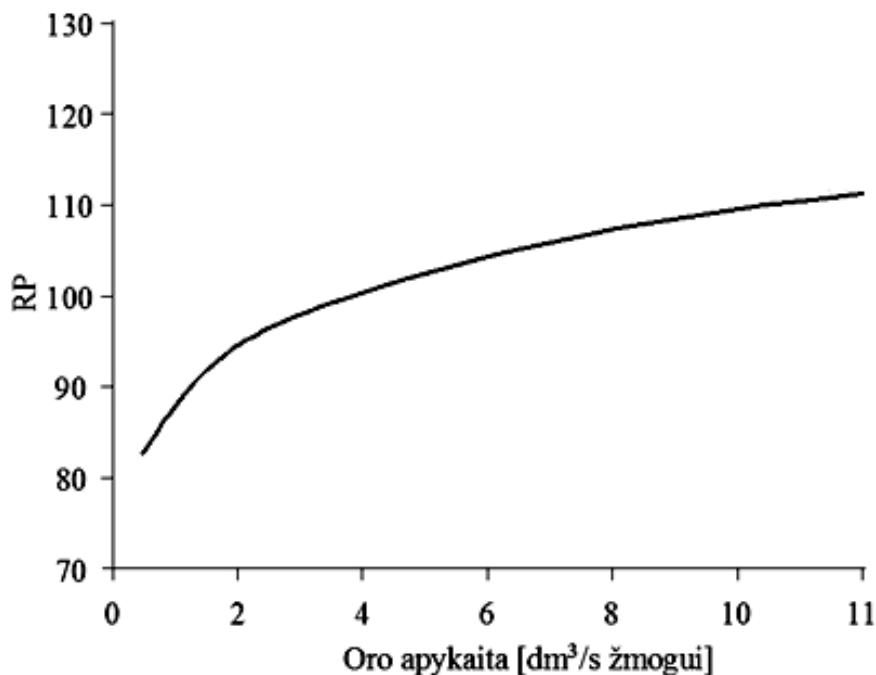
### 2.3 Patalpos oro kokybė mokymosi įstaigose

Mikroklimatas mokymosi įstaigose (pradinėse klasėse) turi būti palaikomas vadovaujantis higienos normomis. Vaikai ypač yra jautrūs patalpos mikroklimato pokyčiams. Kadangi vaikai dar pradinėse klasėse būna fiziškai besiformuojantys (pvz. plaučiai dar būna nepilnai užaugę) tai oro kokybė gali įtakoti vaiko sveikatai.

Įvairūs tyrimai parodė, kad daugelyje mokymo įstaigose (nepriklausomai ar pradinių klasių mokykla, ar universitetai), oro kokybė yra prasta (26). Dažniausiai auditorijose būna daug studentų (mokinių). Kiekvienas žmogus esantis patalpoje teršia orą, pavyzdžiui išskiria CO<sub>2</sub>, drėgmę, sukelia dulkes. Taip pat prie patalpos taršos prisideda ir baldai, įvairi įranga, pvz. mikrobinais teršalais, lakiaisiais organiniais junginiais (VOC), formaldehidais, plastifikatoriais. Be to kaip ir elektriniai prietaisai, taip ir kiekvienas žmogus duoda papildomą šilumos pritekėjimą į patalpą. Ši papildoma šiluma daro didelę įtaką šiluminiam komfortui t.y. nevedinant gali padidėti patalpos temperatūra.



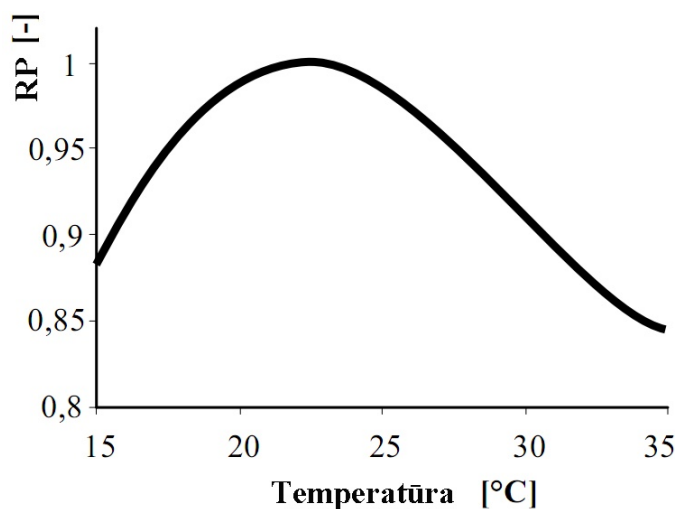
Įvairūs tyrimai parodė, kad studentams ar moksleiviams mokytis prie blogo patalpos mikroklimato yra sudėtingiau nei sudarius tinkamą aplinką mokymuisi (2.3.1 pav.) (26). Iš 2.3.1 grafiko matyti, kad mokymosi efektyvumas mažėja jau prie  $4 \text{ dm}^3/\text{s}$ , o geriausi rezultatai būna jei oro apykaita žmogui yra  $10 \text{ dm}^3/\text{s}$ .



2.3.1 pav. Santykis tarp oro apykaitos ir mokymosi efektyvumo (RP)

Mokymosi įstaigose ŠVOK įrenginiai turi būti sumontuoti taip, kad mokymo įstaigos atitinkamam personalui būtų patogų aptarnauti. Kad įrenginys dirbtų ekonomiškai ir kad juo būtų galima palaikyti tinkamas patalpos mikroklimato sąlygas, turi būti laikomasi pagrindinių techninio aptarnavimo gairių:

- Oro filtrai turi būti keičiami, kai slėgio kritimas viršija gamintojo nustatytas ribas.
- Šilumos atgavimo įrenginys turi būti periodiškai valomas, siekiant išlaikyti jo optimalų efektyvumą.
- Jutikliai, vožtuvai, sklendės ir pavaros turėtų būti reguliariai tikrinami ir kalibruojami. O tai ypač svarbu lauko oro sklendėms ir  $\text{CO}_2$  keitikliams. Nes kitu atveju bus naudojama daugiau energijos ar blogai valdoma oro kokybė.



2.3.2 pav. Darbingumo (RP) priklausomybė nuo patalpos oro temperatūros

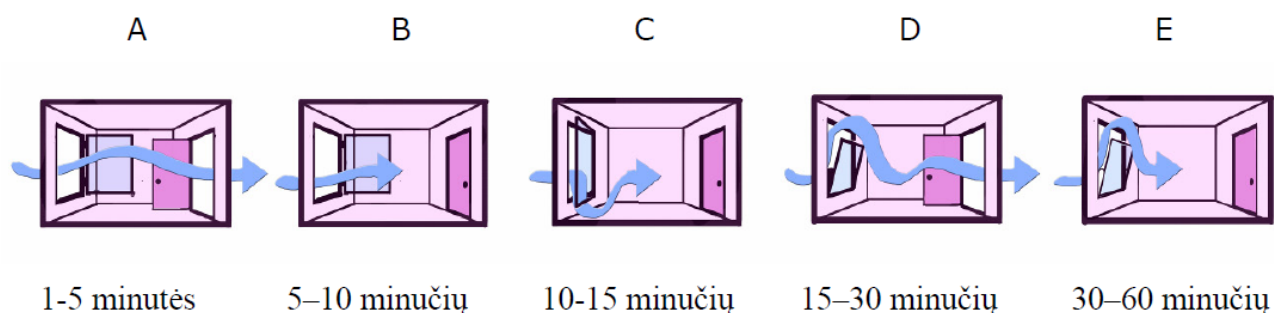
Įvairūs tyrimai rodo, kad žymūs temperatūros pokyčiai veikia darbo našumą. Daugiausia šie tyrimai buvo atlikti biuro patalpose, o ne mokymo įstaigose. Bet galima daryti prielaidą, kad mokymo įstaigose darbo sąlygos panašios kaip ir biuruose. Vieni iš svarbesnių metaanalizės tyrimai buvo pateikti Seppänen (2005) (26). Metaanalizės metodas, tai toks tyrimo būdas, kai iš daugelio kitų tyrėjų duomenų nagrinėjimo daromos naujo lygmens išvados, kurių nepadarė ar negalėjo padaryti minėti autoriai. Tyrimo rezultatas pateiktas 2.3.2 pav. Šios analizės rezultatai rodo, kad vidutinis produktyvumas mažėja maždaug po 2% kas laipsnį, kai patalpos temperatūra pakyla aukščiau kaip 25 °C. Infekcijai plisti, tokiose susibūrimo vietose, kaip mokymo įstaigos yra geros sąlygos, kai nėra kontroliuojamo vėdinimo. Infekcijos plitimui per orą mažinimui yra naudojama tik priverstinė mechaninė ventiliacija. O kokį kiekį oro reikia pakeisti mokymo įstaigų patalpose nustatoma individualiai. Prieš tai įvertinus visus kintamus dydžius, kurie gali pakenkti mikroklimato rodikliams.

## 2.4 Patalpos mikroklimato reguliavimo sistemų apžvalga

Vėdinti patalpas galima keliais būdais (įrengiant vėdinimo ir rekuperacines sistemas, vėdinti darinėjant langus arba panaudoti orlaides).

Pagal tai, kas sukelia oro judėjimą, vėdinimas gali būti *natūralus ir mechaninis*. *Natūralusis vėdinimas* vyksta veikiant gravitacijos ir dinaminės jėgos. Gravitacijos jėgos, atsiradusios dėl skirtingos temperatūros oro tankių skirtumo, verčia šiltesnį orą kilti aukštyn, vėsesnį leisti žemyn. Dinaminės jėgos, pvz., vėjo poveikis, sukelia oro judėjimą skersai pastato.

Taip pat prie natūralaus vėdinimo yra priskiriama ir vėdinimas atidarinėjant langus, duris ar panaudojant orlaides. Toks vėdinimo būdas pakankamai efektyvus, kad pašalintų (pakeistų) iš patalpos užterštą ir (arba) drėgną orą. Priklausomai nuo žmonių skaičiaus (pvz. kabinetuose ar mokymo auditorijose) pasibaigus užsiėmimams, patalpos vėdinimas turi vykti tam tikrą laiką (rekomendacinė oro apykaitos trukmė parodyta 2.4.1 paveikslėlyje). O *mechaninis vėdinimas* vyksta oro cirkuliaciją sukeliant ventiliatoriais.

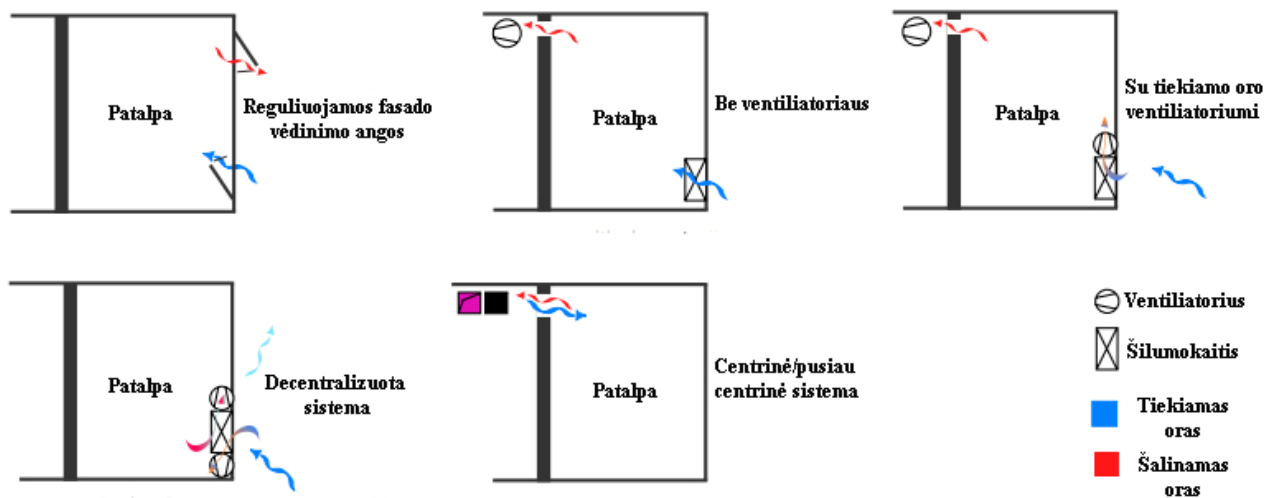


2.4.1 pav. Oro pasikeitimo trukmė, priklausomai nuo pasirinkto vėdinimo pobūdžio.

A - vėdinimas plačiai atvertais langais ir durimis; B – vėdinimas tik plačiai atvertais langais; C – vėdinimas nežymiai atvertais langais; D – vėdinimas dalinai pravertais langais ir plačiai atvertomis durimis; E – vėdinimas tik dalinai pravertais langais.

Savo ruožtu natūralusis vėdinimas yra *organizuotas*, kai orui įeiti ir išeiti numatomos specialios angos, žinomi tų angų gabaritai ir išdėstymas, ir *neorganizuotas*, kai oras skverbiasi per tiksliai nežinomo ploto ir vietos nesandarumus ir plyšius. Beveik visi Lietuvos ir kaimyninių šalių iki XXI a. statytieji gyvenamieji namai vėdinami natūralios traukos kanalais, esančiais vėdinimo sienose. Vien mechaniškai (su šilumos grąžinimu ar be jos) tada, kai patalpose oro temperatūra ir kiti parametrai turi būti pastovūs, nepriklausomai nuo lauko sąlygų. Galimi vėdinimo būdai parodyti 2.4.2 paveikslėlyje.

Naujo statymo ar renovuoti sandarūs pastatai turi būti vėdinami mechaniškai. Sandariame pastate natūraliosios traukos reikiamam oro kiekiui į patalpas įsiurbti nepakanka. Taip pat natūralus vėdinimas neužtikrina norminio oro švarumo. Projektuojant naujus statinius pagal pageidavimą jau dažnai yra numatomos ir vėdinimo sistemos su šilumos rekuperacija.



2.4.2 pav. Galimi vėdinimo sistemų tipai

### 2.4.1. Oro kondicionavimo sistemos (OKS)

Oro kondicionavimo sistemą sudaro inžinerinių įrenginių kompleksas, kurio paskirtis - dirbtiniu būdu nepriklausomai nuo lauko oro pokyčių sudaryti ir palaikyti aptarnaujamose patalpose pageidaujamus oro parametrus, kad žmogui būtų sukurtos komfortinės sąlygos, kad jis gerai jaustųsi, galėtų našiau dirbti, gaminti puikios kokybės produkciją.

Šaltuoju laikotarpiu (žiema) OKS orą paprastai šildo ir drėkina, o šiltuoju (vasarą) - vėsina arba tuo pat metu mažina drėgnumą (sausina) ir vėsina. Be to, OKS turi užtikrinti, kad į patalpas būtų tiekiamas pakankamai lauko (šviežio) oro.

Oras gali būti kondicionuojamas dalinai, kai palaikomos tik oro mikroklimatinės sąlygos (temperatūra ir drėgmė), kaip reikalauja higienos normos (11). Kaip ir daugumos oro ruošimo įrenginių, oro kondicionavimo sistemos yra reguliuojamos ir veikia automatiškai, programuojant norimas sąlygas bei funkcijas. Oro kondicionavimas jungia tarpusavyje kelias funkcijas: vėdinimą ir (arba) šildymą. Oro kondicionavimo metu oras yra sušildomas arba atvėsinamas, sudrėkinamas arba džiovinamas, valomas, dezinfekuojamas ar jonizuojamas.

Dažniausiai oro kondicionavimo sistemas sudaro šie elementai:

- kondicionierius - įrenginys į patalpas tiekiamam orui apdoroti, t. y. vėsinti arba šildyti, drėkinti arba drėkinti ir sausinti, taip pat valyti;
- kontrolės ir valdymo sistemos oro apdorojimo procesui reguliuoti bei reikiamiems jo parametrams aptarnaujamose patalpose palaikyti;

- oro transportavimo ir paskirstymo patalpose įrenginiai;
- įrenginiai užterštam orui šalinti iš aptarnaujamų patalpų;
- triukšmą slopinantys įrenginiai;
- šilumą taupantys įrenginiai;
- kiti įrenginiai, užtikrinantys patikimą OKS veikimą.

Galima teigti, kad ne visi čia išvardyti elementai būtini kiekvienai atskirai paimtai oro kondicionavimo sistemai. Jų kiekis sistemoje priklauso nuo daugelio veiksnių: oro parametrų palaikymo patalpoje griežtumo, apdorojamo oro švarumo, turimų energijos šaltinių, energijos kainos ir t.t.

Bendros, visuotinai pripažintos OK (oro kondicionavimo) sistemų klasifikacijos nėra, todėl čia pateikta klasifikacija yra sąlyginė.

Pagal atliekamą paskirtį OKS galima suskirstyti į:

- komfortines,
- technologines,
- komfortines-technologines.

Komfortinės OKS. Jų paskirtis - sukurti žmonėms optimalias darbo ir poilsio sąlygas. Jos naudojamos gyvenamosiose, visuomeninėse bei panašios paskirties patalpose.

Technologinės OKS. Šių sistemų paskirtis - sukurti ir palaikyti aptarnaujamose patalpose tokias mikroklimato sąlygas, kad būtų galima atlikti atitinkamus, dažniausiai specifinius, technologinius procesus. Šiuo atveju oro parametrai patalpoje pasirenkami vadovaujantis technologiniais reikalavimais ir neatsižvelgiama į mikroklimato poveikį žmogaus organizmui. Daugeliu atvejų technologinės OKS užtikrina reikiamus oro parametrus šaldymo kameroje, įvairios paskirties saugyklose ir pan. Paprastai šiose patalpose aptarnaujantis personalas būna palyginti trumpai ir tik su atitinkamomis apsaugos priemonėmis.

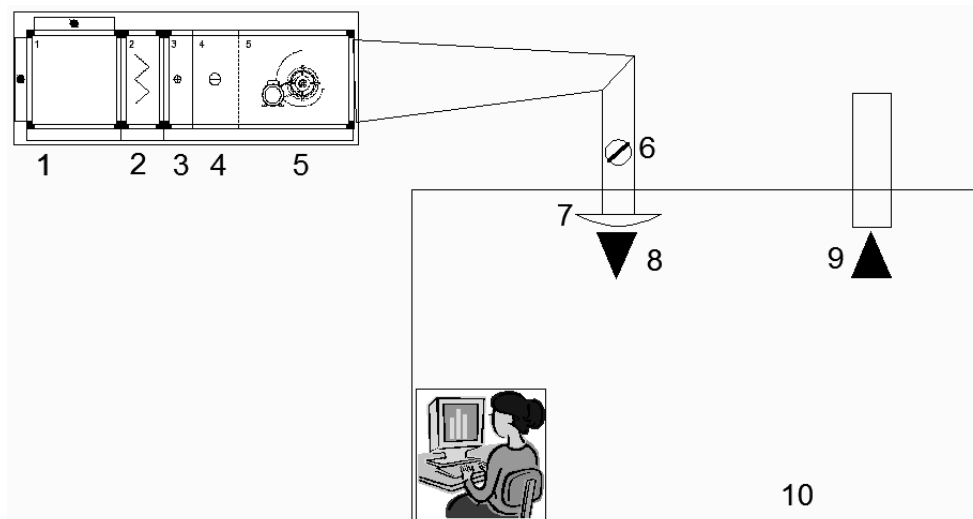
Komfortinės-technologinės OKS. Tai labiausiai paplitusios sistemos. Šios sistemos patalpose palaiko tokius oro parametrus, kurie tuo pačiu metu tenkina technologinius ir sanitarinius-higieninius reikalavimus.

Pagal ortakiuose sudaromą transportuojamo oro slėgį skiriamos:

- mažo slėgio OKS(iki 1 kPa):
- vidutinio slėgio OKS (1 ÷3 kPa);
- didelio slėgio OKS (per 3 kPa).

Praktikoje dažniausiai naudojamos mažo slėgio OKS. Pagal ryšį su aptarnaujamomis patalpomis oro kondicionavimo sistemos skirstomos į vietines, centines ir mišrias. Gyvenamosiose, administracinėse ir panašios paskirties patalpose dažniausiai naudojama vietinė OKS. Vietinės OKS

sistemos aptarnauja vieną ar kelias patalpas, kuriose išsiskiria panašūs šilumos ir drėgmės kiekiai. Jų oro apdorojimo įrenginiai-kondicionieriai montuojami tiesiog patalpoje arba netoli jos, o ortakių sistema trumpa arba jos išvis nėra. Sistemos našumas neviršija 5000 m<sup>3</sup>/h. Vietinės oro kondicionavimo sistemos principinė schema pateikta 2.4.1.1 paveikslėlyje.

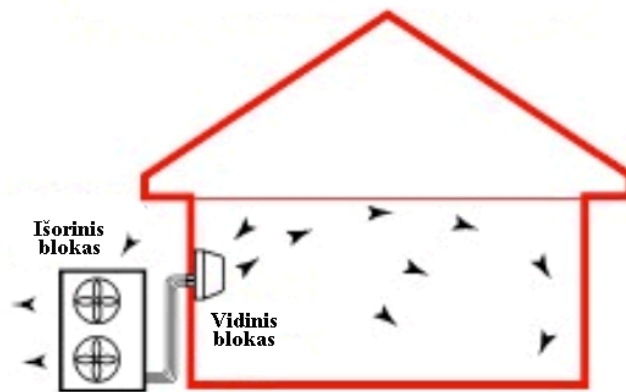


2.4.1.1 pav. Vietinė oro kondicionavimo sistema:

1 – recirkuliacija; 2 – oro filtras; 3 – šildymo sekcija; 4 – vėsinimo sekcija; 5 – ventiliatorius; 6 – reguliavimo sklendė, 7 – difuzorius, 8 – tiekiamas paruoštas oras, 9 – ištraukiamas oras, 10 – aptarnaujama patalpa.

Nuo projektuojamo objekto klimato sąlygų, jo paskirties, pageidaujamų palaikyti patalpose oro parametrų priklauso ir OKS konstrukcija bei įrangos modifikacijos.

Šiuo metu labai populiarūs yra vadinamoji SPLIT (kondicionavimo sistemos tipas, sudarytas iš atskirų blokų) sistema, kurią sudaro vienas išorinis blokas ir vienas arba keli vidiniai blokai. Ji skirta vieno-keturių kambarių butams, biuro kabinetams arba atskiriems namams. SPLIT sistemos išorinis ir vidinis blokai tarpusavyje sujungti cirkuliaciniu vamzdynu (2.4.1.2 pav.).



2.4.1.2 pav. Vietinė oro kondicionavimo sistema su SPLIT sistemos ( išoriniais ir vidiniais) blokais

Išorinis blokas, kuris techninėje literatūroje dažnai netaisyklingai vadinamas čileriu - aušintuvu, veikia kaip šaldytuvas. Šilumai taupyti kai kurie OKS gamintojai išoriniame bloke vietoj šaldytuvo įrengia šilumos siurbį su papildoma akumuliacine talpykla šilumnešiu ar šaltnešiu ir cirkuliacinę siurblinę. Visais atvejais išoriniame bloke yra kompresorius, kondensatorius (šilumokaitis), ventiliatorius ir kiti smulkesni šaldytuvą sudarantys elementai.

Kad keltų mažiau triukšmo, kompresorius uždengiamas specialiu garsą slopinančiu gaubtu. Priklausomai nuo šaldytuvo galios kondensatorių aušina vienas arba keli ventiliatoriai, dažniausiai ašiniai. Šaldymo kontūro (vamzdyno) jungtyje su kompresoriumi yra dviejų ir trijų eigių vožtuvai. Šaldytuvui veikiant šildymo režimu, išoriniame bloke susidarantis kondensatas šalinamas pro drenažo atvamzdį. Visas blokas montuojamas ant specialaus rėmo, kurį dengia dekoratyvinis gaubtas (8).

Aušinimo režimu SPLIT oro kondicionavimo sistema veikia taip: pakilus oro temperatūrai patalpoje daugiau nei pageidaujama, kondicionavimo sistemos automatika įjungia išorinio bloko kompresorių: pradeda veikti šaldytuvas ir išorinio bloko kondensatoriaus aušinimo ventiliatorius. Atšaldytas skystas agentas (pvz.: freonas, etilenglikolio ir vandens mišinys) cirkuliaciniu siurbliu vamzdynu tiekiamas į patalpoje esantį (vidinio bloko) šilumokaitį. Šilumokaityje agentas virsta garu ir atima šilumą iš pro jį pratekančio patalpos oro. Oro temperatūrai patalpoje palaipsniui mažėjant, vidinio bloko ventiliatoriaus sukimosi greitis automatiškai mažinamas ir taip patalpoje palaikomas reikiamas komfortas. Jeigu reikia, kad oras patalpoje judėtų pastoviu greičiu, ventiliatoriaus sukimosi greitis nekeičiamas.

Išoriniame bloke esančio ventiliatoriaus sukimosi greitis keičiamas priklausomai nuo vidiniame bloke esančio šilumokaičio temperatūros taip, kad jis užtikrintų stabilų SPLIT sistemoje cirkuliuojančio agento kondensacijos procesą (8).

Tais atvejais, kai patalpoje pernelyg padidėja ne tik oro temperatūra, bet ir santykinis drėgnumas, kondicionieriaus automatika sistemą perjungia į vėsavimo ir sausavimo režimą. Tuo atveju, kad šilumokaityje vyktų vandens garo kondensacija, orą reikia vėsinti žemiau jo rasos taško

temperatūros, o po to vėl šildyti. Vidiniuose blokuose susidarantis kondensatas šalinamas pro į lauką iškištus atvamzdžius arba surenkamas į bendrą drenažo ar nuotekų šalinimo sistemą.

Tais atvejais, kai patalpos oro temperatūra atitinka valdymo pulte pasirinktą temperatūrą arba ją viršija ne daugiau kaip 4°C, vidinio bloko ventiliatorius sukasi minimaliomis apsukomis, o išorinio bloko ventiliatorius ir kompresorius veikia cikliška, taip, kad tuo pačiu metu galėtų maksimaliai pažeminti per vidinį šilumokaitį tekančio oro temperatūrą ir kartu kiek galint mažiau veikti patalpos oro temperatūrą, nes ji ir taip artima pageidaujamai. Kai oro temperatūra patalpoje viršija pasirinktą daugiau nei 4 °C, tuomet sistema veikia šaldymo režimu, o vidiniame bloke esantis ventiliatorius sukasi tokiu greičiu, koks buvo nustatytas valdymo pulte. Oro temperatūrai patalpoje nukritus daugiau, nei nustatyta valdymo pulte, kompresorius ir jo šilumokaitį aušinantys ventiliatorius išsijungia, o vidinio bloko ventiliatorius sukasi pastoviomis apsukomis (8).

Šildymo režimu SPLIT sistema pradeda veikti tada, kai oro temperatūra patalpoje nukrinta žemiau, nei nustatyta automatinio valdymo pulte. Išorinio bloko šaldymo sistemoje esantis keturių padėčių vožtuvas automatiškai perjungiamas taip, kad į vidinio bloko šilumokaitį patektų cirkuliacinėje sistemoje cirkuliuojantis agento garas. Vidinio bloko šilumokaityje jis kondensuojasi ir aplinkos orui atiduoda šilumą. Oro temperatūrai patalpoje pakilus iki nustatytos, kompresorius ir ventiliatorius automatiškai išsijungia, o vidiniame bloke esantis ventiliatorius veikia tuo pačiu režimu, kaip ir oro vėsinimo atveju.

Tais atvejais, kai lauko oro temperatūra yra labai žema, išoriniame bloke esančio kompresoriaus šiluminė galia gerokai sumažėja ir jo šilumokaitis gali apledėti. Kad taip neatsitiktų, SPLIT sistemų gamintojai yra numatę atitinkamus individualius konstrukcinius ir automatinį valdymo sistemų sprendimo būdus.

Be jau minėtų SPLIT sistemų, kurių vidiniuose blokuose yra vienas šilumokaitis, gaminami ir dviejų šilumokaičių blokai, iš kurių vienas atlieka oro vėsinimo ir sausinimo funkciją, o kitas šildymo. Išoriniuose blokuose taip pat gali būti vienas arba keli skirtingais režimais veikiantys šaldytuvai bei šilumos siurbiai ir pan. Tokios konstrukcijos įrenginiai išplečia SPLIT kondicionavimo sistemų taikymo galimybes (8).

#### **2.4.2. Rekuperacinės sistemos**

Prieš apžvelgiant rekuperacines sistemas reikia žinoti kas yra rekuperatorius ir rekuperacija. *Rekuperatorius* – tai mechaninės ventiliacijos įrenginys, taupantis šiluminę energiją ir vidaus orą keičiantis lauko oru. *Rekuperacija* - tai energijos taupymas, t.y. šilumokaičio pagalba grąžinama šiluma iš šalinamo oro tiekiamajam orui. Šilumos rekuperacijai yra naudojami dviejų skirtingų konstrukcijų šilumokaičiai, t.y. plokšteliniai ir rotoriniai. Plokštelinio šilumokaičio



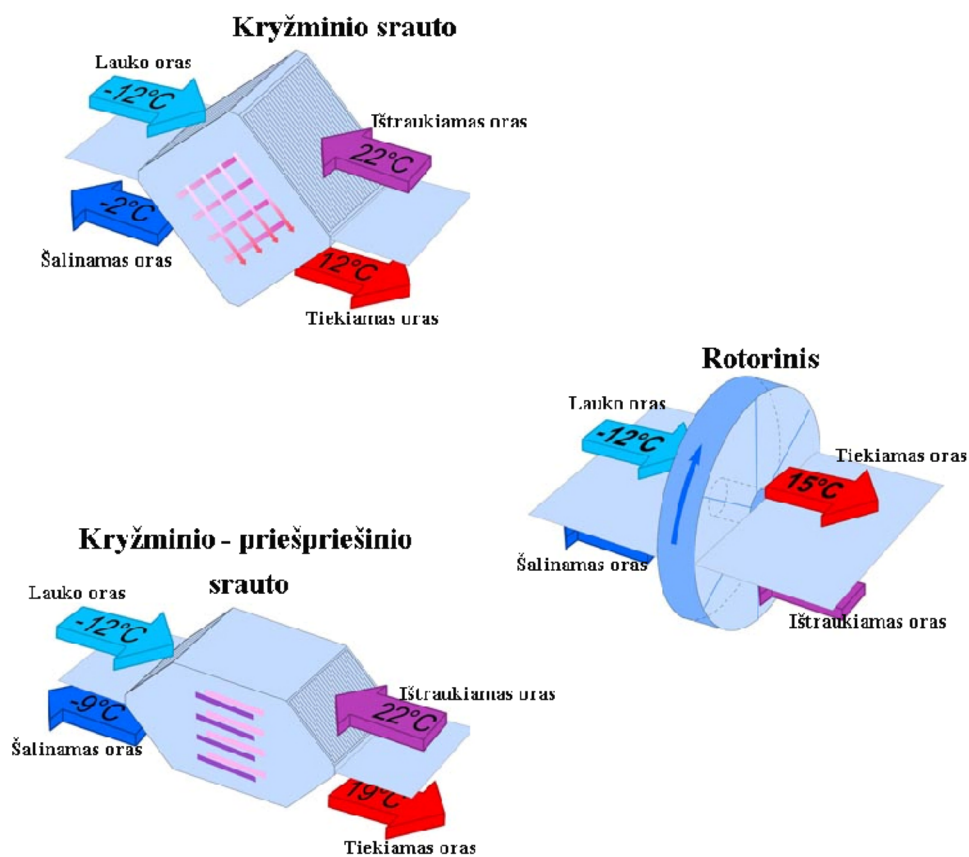
naudingumo koeficientas gali siekti iki 95%, rotorinio šilumokaičio iki 85%. Tokiu būdu sutaupoma apie 60-95% šilumos.

Vėdinimo įrenginių su šilumos grąžinimu rinkoje dabar daugiausia yra paplitę trijų tipų šilumokaičiai, t.y. kryžminio srauto, kryžminio – priešpriešinio srauto ir rotoriniai šilumokaičiai (2.4.2.1 pav.). Jų privalumai ir trūkumai pateikti 2.4.2.1 lentelėje.

2.4.2.1 lentelė

Šilumokaičių privalumai, trūkumai

Šilumokaičio tipas	Privalumai	Trūkumai
Kryžminio srauto	Nėra besidėvinčių dalių; Paprasta konstrukcija; Nepersiduoda kvapai iš šalinamo oro; Lengvai valomas.	Žemas naudingumo koeficientas, apie 60-75%; Reikalinga apsauga nuo užšalimo (lauko oro pašildytuvai); Reikalingas tiekiamo oro papildomas šildytuvai (jei tiekiamas per šaltas oras).
Kryžminis - priešpriešinis	Labai aukštas naudingumo koeficientas, iki 95%; Nėra besidėvinčių dalių; Paprasta konstrukcija, lengvai valoma; Nepersiduoda kvapai iš šalinamo oro; Beveik nereikia tiekiamo oro papildomo šildytuvo.	Reikalinga apsauga nuo užšalimo (lauko oro pašildytuvai);
Rotorinis	Sąlyginai aukštas naudingumo koeficientas, apie 80%; Nereikalinga apsauga nuo užšalimo. Šalinamo oro (šilumnešio) srautas gali būti iki 150 000 m <sup>3</sup> /h	Reikalingas papildomas variklis šilumokaičiui sukurti; Didesnės elektros sąnaudos; Sudėtingesnė konstrukcija, daugiau besidėvinčių dalių; Įmanomas tiekiamo ir šalinamo oro susimaišymas ir kvapų patekimas į tiekiamą orą.



2.4.2.1 pav. Šilumokaičių tipai

Rekuperacinės sistemos yra kelių tipų, t.y. kompaktinės ir modulinės (monoblokai).

*Kompaktiška rekuperacinė sistema* – tai įrenginys, kuris iš išorės į vidų pumpuoja gryną orą, pakeliui jį išvalo, o šaltuoju metų laiku dar gali pašildyti iki vartotojo nustatytos temperatūros (nuo  $5$  iki  $30^{\circ}\text{C}$ ). Rinkoje esantys modeliai gali į patalpas tiekti oro nuo  $100$  iki  $4000$   $\text{m}^3/\text{val.}$ , bet renkantis sistemą reikia įvertinti aerodinaminius nuostolius vėdinimo sistemoje ir pasirinkti tokį įrenginį, kuris su nedidele atsarga tenkintų gyventojų gryno oro poreikius (27).

Pagrindinis kompaktiškos rekuperacinės sistemos elementas – viduje esantis ventiliatorius, varinėjantis orą per įrenginį ir šilumogražos elementas. Įrenginio viduje šviežio oro srautas yra filtruojamas, o šaltuoju metų laiku, jei reikia, elektrinis šildytuvas jį dar ir pašildo. Ties anga į įrenginį yra rekuperacinė sklendė, kuri apsaugo nuo to, kad į patalpas, kai sistema išjungta, nepatektų šalto oro. Rekuperacinės sistemos leidžia patalpose sukurti visiškai nuo gamtos permainų nepriklausomą vėdinimo sistemą. Skirtingai nuo surenkamų įrenginių, visi kompaktiškos sistemos komponentai surinkti į vieną visumą ir sudėti garsą izoliuojančiame korpuse. Šie komponentai parenkami, išbandomi ir gamybos etapo metu paruošiami bendram darbui, todėl viengubi blokai yra ganėtinai efektyvūs. Jų paprastas ir pigus montavimas užtrunka kelias valandas ir nereikalauja didelių sąnaudų (27).

Yra dviejų tipų kompaktiškos rekuperacinės sistemos. *Pirmas* – įrenginiai, skirti aptarnauti vieną patalpą. Jie panašūs į siauras dėžes ir montuojami ant sienos patalpos viduje. Įrenginio ryšys su aplinka vyksta per sienoje padarytą 10–15 cm skersmens angą. Vienos patalpos rekuperacines sistemas galima nekenkiant interjerui montuoti ir suremontuotose patalpose, nes ortakių nereikia išvedžioti kitose patalpose. *Antras* sistemų tipas skirtas aptarnauti vieną ar kelias patalpas. Gyvenamosiose patalpose tokios aparatūros paprastai nemontuoja, bet ji sėkmingai gali būti pakabinta virtuvėje ar santechniniame mazge. Dažniausiai tokias sistemas iškelia į lodžijas, kur jos ir pritvirtinamos prie sienos. Sistemos orą ima tiesiai iš išorės, jei jos įrengtos išorėje, arba per šiltintą ortakį. Įrenginys orą nukreipia į ortakių tinklą, kuriuo vėliau tolygiai paskirstomas patalpose. Šiuo atveju sistemą reikėtų įrengti prieš baigiant remonto darbus, nes norint nedarkyti interjero, ortakius reikėtų paslėpti po pakabinamosiomis lubomis arba kita apdaila. Kompaktiškų įrenginių pavyzdžiai pateikti 2.4.2.2 paveikslėlyje (28).



2.4.2.2 pav. Kompaktiškos rekuperacinės sistemos

Didesnių našumų rekuperacinių ŠVOK sistemų gamintojų yra pateikiamos modulinio tipo arba monoblokinės. Vėdinimo agregatų gamintojas UAB „Salda“ siūlo įvairių modifikacijų rekuperatorius ar tiekimo (ištraukimo) kameras. ŠVOK įrenginys gali tiekti ir (arba) ištraukti orą įvairiomis kryptimis, jį maišyti, šildyti ir aušinti, išvalyti, taupant šiluminę bei elektros energiją. Oro tiekimo įrenginiai OPK (oro tiekimo įrenginys be rekuperacijos), OIK (oro ištraukimo įrenginys be rekuperacijos), RIS (oro tiekimo įrenginys su plokšteliu šilumokaičiu), RIRS (oro

tiekimu įrenginys su rotaciniu regeneratoriumi) gali būti vientisi - monoblokai (tam tikro dydžio ir konfigūracijos) arba sudaryti iš sekcijų (28). Modulinės rekuperacinės sistemos naudojamos ten, kur sunku sumontuoti ar nėra galimybių įnešti į patalpą monoblokiniu agregatu.

Oro tiekimo įrenginiai RIS-RIRS-OPK ir oro ištraukimo įrenginiai OIK suprojektuoti ir gaminami tam, kad tenkinti esamus ir galimus kliento poreikius, naudojant pažangias šiuolaikines technologijas, gamtos išteklius taupančias sudėtines įrenginio dalis bei sudėtinių dalių įvairovę. Kiekvienos įrenginio sekcijos dydis priklauso nuo transportuojamo oro kiekio, šildytuvo, aušintuvo galingumų ir kitų techninių parametrų, todėl klientas užsakydamas oro tiekimo įrenginį pasirenka įrenginį, kuris garantuoja optimalų kokybės bei kainos santykį (28). Įrenginių korpusas pagamintas iš lengvų aliumininių profilių. Sienelių ir durelių vidus yra užpildytas mineraline vata, o išorė padaryta iš cinkuotos ir alucinko skardos. Standartinis izoliacijos storis yra 25 ir 50 mm. Jie paprastai montuojami patalpose, kuriose temperatūrų kaita yra nuo 0°C iki +30°C. Esant žiemos sezonui, oro drėgmės kiekis ventiliatoriaus sekcijoje neturi siekti 3,5 g/kg. Visi sudėtiniai įrenginiai (šildytuvai, aušintuvai, ventiliatoriai ir t.t.) sumontuoti izoliuotuose korpusuose. Šie įrenginiai turi būti sumontuoti tokioje patalpoje, kurioje būtų palikta erdvės įrenginio aptarnavimui (filtrų keitimui, šildytuvų, ventiliatorių ir t.t. valymui). Montuojant oro tiekimo (šalinimo) įrenginius su 50 mm izoliacija lauke, būtina atitinkamai parinkus jiems priedus.

Oro tiekimo įrenginiai gali būti naudojami beveik visų pastatų ventiliacijos sistemose. Taip gali būti montuojami verslo ar industrinio tipų pastatuose.



2.4.2.3 pav. Oro tiekimo įrenginys OPK

2.4.2.3 paveikslėlyje pavaizduotas oro kondicionavimo įrenginys, skirtas tiekti šviežią, išvalytą orą į patalpas. Agregatas gali susidėti iš ventiliatoriaus, šildytuvo (vandeninio arba elektrinio), aušintuvo (vandeninio arba freoninio), filtrų, recirkuliacinės, slopintuvo sekcijų, taip pat gali būti pridėdama sklendė.



2.4.2.4 pav. Oro tiekimo įrenginys RIS

Oro kondicionavimo įrenginys su šilumos rekuperacija (2.4.2.4 pav.). Naudojamas plokštelinis šilumokaitis. Agregatas gali susidėti iš ventiliatoriaus, šildytuvo (vandeninio arba elektrinio), aušintuvo (vandeninio arba freoninio), filtrų, recirkuliacinės, slopintuvo sekcijų, taip pat gali būti pridedama sklendė.



2.4.2.5 pav. Oro tiekimo įrenginys RIRS

Oro kondicionavimo įrenginys su šilumos rekuperacija (2.4.2.5 pav.). Naudojamas rotorinis šilumokaitis. Agregatas gali susidėti iš ventiliatoriaus, šildytuvo (vandeninio arba elektrinio), aušintuvo (vandeninio arba freoninio), filtrų, recirkuliacinės, slopintuvo sekcijų, taip pat gali būti pridedama sklendė.

### 3. PROJEKTINĖ-PRAKTINĖ DALIS

#### 3.1 Eksperimentinės patalpos mikroklimato reguliavimo ir valdymo sistemos reikalavimų specifikacija

Reikalavimų specifikacija yra parengta pagal statybos techninį reglamentą STR 2.09.02:2005 ir higienos normų HN 33:2007, HN 35:2007, HN 42:2009 nustatytus reikalavimus. Tinkamoms mikroklimato sąlygoms sudaryti turi būti vadovaujamas aukščiau minėtomis higienos normomis.

Patalpos mikroklimato parametrų matavimo ir reguliavimo sistema turi būti įgyvendinama naudojantis ortakių technine specifikacija E.00.00.00.001.MS brėžinys. ŠVOK įrenginio valdymas turi būti suprojektuotas pagal vėdinimo sistemos funkcinę schemą E.00.00.00.001.FS, automatinio valdymo sistemos sujungimų schemą E.00.00.00.001.ES ir leisti pilną vėdinimo sistemos valdymą ir atvaizdavimą. Turi būti numatyti jungikliai valdymo sistemų perjungimui. Suveikus variklio apsaugai, šildytuvo perkaitimo ar užšalimo apsaugoms, gaisro aliarmui ir esant kitiems kritiniams režimams, turi įsijungti aliarmo indikacija išorinės automatikos skyde. Turi būti numatyta pasirinkto valdymo režimo indikacija išorinės automatikos skyde. Priklausomai nuo pasirinkto valdymo režimo, sistemos darbo režimų ir parametrų keitimui ir stebėjimui numatyti kompiuteryje ar išorinėje valdymo automatikoje.

Šaltuoju metų laiku tiriamojoje patalpoje oro temperatūra pagrinde palaikoma panaudojant centrinę radiatorinę sistemą, papildomam šildymui numatyti orinį šildymą elektriniu šildytuvu. Patalpos paduodamam ir ištraukiamam oro kiekiui reguliavimui numatyti mechanines reguliavimo sklendes. Tiekiamo ir ištraukiamo oro kiekis bus nustatytas rankiniu būdu valdoma sklende sistemos paleidimo metu ir nekeičiamas. Tiekiamo ir ištraukiamo oro debitas turi būti reguliuojamas, t.y. ventiliatorių greitis turi būti reguliuojamas sklandžiai su išorine valdymo sistema (sumontuota papildomai) ir kompiuteriu. Valdiklis pagal vartotojo nustatytą patalpos temperatūrą ir pagal tiekiamo, ištraukiamo lauko oro temperatūrų jutiklius turi paskaičiuoti reikiamą tiekiamo oro srautą nustatytuose  $T_{\min}$  ir  $T_{\max}$  ribose (minimali ir maksimali tiekiamo oro temperatūra).

Kai ŠVOK įrenginys veikia pagal išorinę valdymo sistemą, tai vėdinimo sistema turi būti valdoma automatiškai pagal užduotis. Vartotojas turi turėti priėjimą prie valdiklio (turi būti suteiktas prieigos kodas), kad galėtų keisti užduotį. Eksperimentiniam tyrimui atlikti ir išmatuotų duomenų archyvavimui, apdorojimui turi būti numatyta galimybė prijungti mikroklimato reguliavimo sistemą prie kompiuterio.

### ***ŠVOK įrenginio reikalavimai:***

- Tiekiamo ir šalinamo oro įrenginys su šilumos rekuperacija;
- Šilumogražos įrenginys (plokštelinis arba rotorinis);
- Atskiri tiekiamo ir ištraukiamo oro ventiliatoriai;
- Papildomas orinis elektrinis šildytuvas;
- Oro kokybės ir santykinės oro drėgmės keitiklis;
- Rekuperatoriaus temperatūrinis efektyvumas turi būti ne mažesnis nei 70%.

### ***Reikalavimai šildymo-vėdinimo sistemos duomenų surinkimo techninei įrangai (plokštei):***

- Galimybė apdoroti nemažiau 16 analoginių įėjimo signalų (skiriamoji geba nemažiau 12 bitų, kiekvieno iš kanalų nuskaitymo greitaveika nemažesnė už 1 kHz).
- Galimybė formuoti nemažiau 3 analoginių išėjimo signalų (skiriamoji geba nemažiau 12 bitų).
- Papildomi diskretiniai įėjimai/išėjimai (nemažiau 8).
- Plokštė privalo būti iš anksto suderinta su programine įranga MATLAB.
- Laidininkų prijungimo terminalas.

### ***Reikalavimai šildymo-vėdinimo sistemos duomenų surinkimo, procesų vizualizavimo ir jų valdymo programinei įrangai:***

- Programinė įranga turi leisti realiu laiku atvaizduoti proceso parametrus ir juos išsaugoti su datos įrašais.
- Grafinė vartotojo sąsaja turi būti panaši į įprastą SCADA sistemą.
- Galimybė peržiūrėti archyvinius (išsaugotus) duomenis.
- Turi būti numatyta sistemos valdymo ir duomenų nuskaitymo galimybė per Ethernet tinklą.
- Turi būti realizuotas rankinis, numatytasis (pagal iš anksto užduotą įėjimų seką) ir automatinis nustatytų sistemos parametrų valdymas.
- Esant poreikiams, programinis kodas turi būti lengvai koreguojamas.

*Automatikos skydas* – tai spinta iš plastikinio korpuso ir užrakinamosiomis aptarnavimo durelėmis. Tarp korpuso ir durų tvirtinami gumos įspaudai. Skydo dugne turi būti kiaurymės kabelių įvedimui į skydą per sandariklius. Skydas turi būti kabinamas ant sienos. Skyde montuojamų elektros aparatūros ir prietaisų padėtis turi atitikti jų technines sąlygas. Elektriniai sujungimai skyde turi būti atliekami variniais laidais pynėse atvirai arba uždaruose plastmasiniuose

loviuose. Sujungimas su elektros aparatūra ir prietaisais, sumontuotais ant skydo durų turi būti naudojami lankstūs laidai. Elektros aparatūros ir prietaisų sujungimas su išoriniais kabeliais ir laidais atliekamas per gnybtų rinklę.

### **3.2 Sistemos funkcinės schemos sudarymas**

Funkcinė schema – tai toks grafinis sistemos ar proceso pavaizdavimo būdas, kai kiekvieną funkcinę sistemos ar proceso komponentą atitinka apibrėžtas schemos elementas (blokas) (29). Funkcinės schemos paprastai naudojamos apibrėžiant aukšto lygio mažiau detalias principines schemas ir yra skirtos ne detaliam aprašymui, o bendram aprašomojo objekto suvokimui, skirtingai nuo elektrinių schemų, kurios naudojamos detaliam aprašant elektros prietaisus bei jų sudėtines dalis.

Pagal funkcinę schemą yra vykdomas vėdinimo įrenginio automatizavimas. Joje pateikta kokie jutikliai ar vykdymo įtaisai turi būti montuojami ir kokioje vietoje, nurodyti mazgų tarpusavio ryšiai, taip pat kokie montavimo kabeliai reikalingi norint prijungti šiuos elementus prie valdymo automatikų. Žalios ir raudonos spalvos linijos vaizduoja atitinkamo oro judėjimą per vėdinimo įrenginį. Funkcinėje schemoje matyti, koks matavimo ar vykdymo įrenginys kokiai automatikai yra naudojami. Joje yra nurodytos trys skirtingos ir viena nuo kitos nepriklausomos automatikos, t.y. išorinė, eksperimentinė ir standartinė valdymo sistemos. Išorinės automatikos dar nėra, bet greitai laiku bus prijungta ir ji.

Vėdinimo sistemos automatizavimo funkcinė schema pateikta E.00.00.00.001.FS brėžinyje. O joje pavaizduotų elementų reikšmės - 3.2.1 lentelėje.



## Vėdinimo įrenginio funkcinės schemos elementų reikšmės

Nr.	Elemento žymėjimas funkcinėje schemoje	Elemento funkcija
1	2	3
1	GT1	<i>Tiekiamo oro temperatūros jutiklis</i> naudojamas tiekiamo oro į patalpą temperatūros matavimui. Jungiamas prie Siemens RLU232 valdiklio. Pagal tiekiamo ir patalpos oro temperatūrą Siemens valdiklis reguliuoja, HT išoriniu papildomu šildytuvu, tiekiamo oro temperatūrą.
2	GT2	<i>Patalpos oro temperatūros jutiklis</i> naudojamas patalpos oro temperatūros matavimui. Jungiamas prie Siemens RLU232 valdiklio.
3	GT3	<i>Lauko oro temperatūros jutiklis</i> naudojamas paimamo oro iš lauko temperatūros matavimui. Jungiamas prie Siemens RLU232 valdiklio. Pagal lauko ir patalpos oro temperatūrą yra reguliuojama Siemens valdikliu oro recirkuliacijos sklendžių pavaros ST1 ir ST2
4	MGT1	<i>Tiekiamo oro temperatūros keitiklis</i> naudojamas tiekiamo oro į patalpą temperatūros matavimui. Jungiamas prie duomenų apdorojimo plokštės.
5	MGT2	<i>Ištraukiamo oro temperatūros keitiklis</i> naudojamas ištraukiamo oro iš patalpos temperatūros matavimui. Jungiamas prie duomenų apdorojimo plokštės.
6	MGT3	<i>Lauko oro temperatūros keitiklis</i> naudojamas lauko oro temperatūros matavimui. Jungiamas prie duomenų apdorojimo plokštės.
7	MGT4	<i>Šalinamo oro temperatūros keitiklis</i> naudojamas šalinamo oro iš patalpos temperatūros matavimui. Jungiamas prie duomenų apdorojimo plokštės.
8	MGT5	<i>Prieš šildytuvą oro temperatūros keitiklis</i> naudojamas tiekiamo oro į patalpą temperatūros matavimui prieš išorinį papildomą šildytuvą HT. Jungiamas prie duomenų apdorojimo plokštės.
9	MGT6	<i>Radiatoriaus oro temperatūros keitiklis</i> naudojamas tiekiamo oro į patalpą temperatūros matavimui. Jungiamas prie duomenų apdorojimo plokštės.
10	HS	<i>Patalpos drėgmės / temperatūros keitiklis</i> naudojamas patalpos santykinės drėgmės ir temperatūros matavimui. Jungiamas prie duomenų apdorojimo plokštės ir Siemens RLU232 valdiklio.
11	VOC	<i>Patalpos anglies dvideginio CO<sub>2</sub> keitiklis</i> naudojamas patalpos užterštumo lygio matavimui. Jungiamas prie duomenų apdorojimo plokštės.

1	2	3
12	KP	<i>Skirtuminio slėgio keitiklis</i> naudojamas slėgio matavimui ortakyje arba slėgio kritimui atitinkamame mazge.
13	HSS	<i>Drėgmės keitiklis</i> naudojamas drėgmės lygiui plokšteline šilumokaityje matuoti. Naudojamas plokštelinio šilumokaičio priešužšaliminei apsaugai. Jei atsiranda sąlygos susidaryti ledui šilumokaityje, įjungiamas pašildytuvas HT2 arba sumažinamas tiekiamo oro ventiliatoriaus SF apsisukimų skaičius. Jungiamas prie standartinės rekuperatoriaus automatikos
14	GTS	<i>Tiekiamo oro temperatūros keitiklis</i> naudojamas tiekiamo oro į patalpą temperatūros matavimui. Pagal jį ir pagal vartotojo pareikalaujamą tiekiamo oro temperatūros nustatymą standartinė rekuperatoriaus automatika reguliuoja integruoto šildytuvo HT1 darbo laiką.
15	SF	<i>Tiekiamo oro ventiliatorius</i> reikalingas tiekti šviežią orą į patalpas. Jungiamas prie visų trijų automatinų valdymo sistemų.
16	EF	<i>Ištraukiamo oro ventiliatorius</i> naudojamas ištraukti panaudotą orą iš patalpų. Jungiamas prie visų trijų automatinų valdymo sistemų.
17	HT1	<i>Integruotas tiekiamo oro elektrinis šildytuvas</i> naudojamas reikalui esant pašildyti tiekiamą orą iki vartotojo pareikalaujamos temperatūros. Jungiamas prie standartinės rekuperatoriaus automatikos.
18	HT2	<i>Šviežio oro elektrinis pašildytuvas</i> naudojamas tada, kai yra susidariusios sąlygos plokšteline šilumokaičiui užšalti. Jungiamas prie standartinės rekuperatoriaus automatikos.
19	HT	<i>Elektrinis išorinis pagalbinis šildytuvas</i> naudojamas tiekiamo oro šildymui pagal vartotojo pareikalaujamą patalpos temperatūrą. Jungiamas prie išorinės papildomos automatinės valdymo sistemos ir prie duomenų apdorojimo plokštės.
20	ST1, ST2	<i>Recirkuliacinių oro sklendžių pavaros</i> naudojamos patalpos oro maišymui su šviežiu lauko oru, kad sumažintu energijos sąnaudas tiekiamo oro pašildymui iki reikiamos temperatūros. Taip pat naudojama ir padidėjusiai CO <sub>2</sub> koncentracijai sumažinti.
21	FFA	<i>Šviežio oro pirminis filtras</i> naudojamas paimamo oro iš lauko pirminiam filtravimui, kad neužsiterštų dulkėmis ir kitais stambesniais teršalais plokšteline šilumokaitis.
22	RVP	<i>Standartinės rekuperatoriaus automatikos nuotolinis valdymo pultelis</i> naudojamas tiekiamo oro temperatūros reguliavimui ir tiekiamo / ištraukiamo ventiliatorių greičių reguliavimui autotransformatoriumi.



Pateiktoje sistemoje valdymo objektui (mechanizmui ar procesui) reikia suteikti energiją ir sudaryti valdantį energijos srautą. Signalai iš kontroliuojamųjų parametrų jutiklių (jei reikia, atitinkamai apdoroti) patenka į valdymo įtaisą. Jame suformuojama valdymo informacija vykdymo įtaisams. Valdymo įtaiso funkcijas gali atlikti žmogus arba loginis ar analoginis automatas, arba funkcijos gali būti padalytos tarp žmogaus ir automato (30).

Automatizavimo schemas smulkiai ir vaizdžiai parodo automatikos sistemų, prietaisų, automatizavimo priemonių ir pagalbinės aparatūros sudėtį, jų tarpusavio ryšius, leidžia nustatyti jų darbo nuoseklumą ir veikimo principą. Pagrindiniai automatizavimo uždaviniai – tai pavarų variklių, vykdymo mechanizmų, signalizacija apie darbo būseną bei ryšio su kitais įrenginiais signalų formavimas.

Schemas veikimas aprašomas, analizuojant kiekvieno energijos imtuvo grandines, valdymo organizavimą (vietinis, distancinis), apsaugas, blokavimą, signalizaciją ir kitas principinės elektrinės schemas ypatybes.

Principinės elektrinės automatizavimo (valdymo signalizacijos, apsaugos ar blokavimo) schemas dažniausiai sudaromos relinių – kontaktinių elementų bazėje, nes daug ir įvairios relinės kontaktinės aparatūros išleidžiama serijiniu būdu. Schemas braižomos nesilaikant mastelio, į atskirų įrenginio dalių erdvinį išdėstymą neatsižvelgiama ar atsižvelgiama tik iš dalies.

Grafiniai elementų ženklai ir ryšio linijos išdėstomos taip, kad geriausiai rodytų įrenginio struktūrą ir jo sudedamųjų dalių ryšius. Atstumas tarp gretimų lygiagrečių ryšio linijų turi būti ne mažesnis kaip 2 mm.

Ryšio linijos turi būti parodytos visos. Linijas leidžiama nutraukti, jei jos sunkina schemas skaitymą. Nutrauktos linijos žymimos rodyklėmis. Šalia jų nurodoma prijungimo vieta arba grandinių charakteristika.

Braižant schemas vartojami tokie grafiniai ženklai:

- standartuose numatyti ar jų pagrindu sudaryti sutartiniai grafiniai ženklai;
- suprastinti įrenginių kontūrai (taip pat ir aksonometriniai);
- stačiakampiai ir kitos paprasčiausios geometrinės figūros.

Kokius grafinius ženklus vartoti, priklauso nuo schemas rūšies ir tipo. Sutartinių grafinių ženklų matmenys nurodomi atitinkamuose standartuose (3.3.1 lentelė). Leidžiama visus ženklus proporcingai didinti ar mažinti, tik tarpas tarp dviejų gretimų sutartinio ženklo linijų turi būti ne mažesnis kaip 1 mm. Grafinio ženklo ir ryšio linijų storis turi būti vienodas. Jei grafinio ženklo linijos numatytos pastorintos, jos braižomos dvigubai storesnės už ryšio linijas. Ryšio linijų storis gali būti 0,2-1,0 mm, priklausomai nuo schemas formato ir grafinių ženklų matmenų. Rekomenduojamas storis 0,3+0,4 mm (30).

## Schemų braižymo standartų sąrašas

<b>Standartas</b>	<b>Pavadinimas</b>
ISO 3511/1-4	Sutartiniai žymėjimai automatizavimo ir ryšių schemose
DIN 19227	Sutartiniai žymėjimai automatizavimo schemose
DIN 40900	Sutartiniai žymėjimai elektrinėse schemose
GOST 2.701-84	Schemas. Rūšys ir tipai
GOST 2.702-75	Elektrinių schemų braižymo taisyklės
GOST 2.710-81	Raidiniai - skaitmeniniai ženklai elektrinėse schemose

Sutartiniai grafiniai elementų ženklai schemose braižomi taip, kaip parodyta atitinkamuose standartuose arba pasukti  $90^\circ$  kartotiniu kampu, jei standarte nėra specialių nurodymų. Sutartinį grafinį ženklą galima braižyti pasuktą  $45^\circ$  kampu. Galima braižyti ir veidrodinį jo atvaizdą, jei tai neiškreips ženklo prasmės.

Jei sutartiniame grafiniame ženkle vartojamos raidės arba skaitmenys, tai jį galima pasukti  $90^\circ$  kampu prieš laikrodžio rodyklę. Spinduliavimo kvalifikaciniai simboliai negali keisti padėties lapo rėmų atžvilgiu. Schemose leidžiama pateikti įvairius techninius duomenis, priklausomai nuo schemos paskirties. Tokia informacija rodoma šalia grafinių ženklų, paprastų geometrinių figūrų viduje, laisvoje schemos lapo vietoje, šalia linijų, linijų nutraukimo vietose ar jų galuose, virš ir (arba) po iškeltine linija.

Schemose gali būti rašomi raidžių ir skaitmenų žymėjimai (pvz., elementų), lentelės (pvz., būdingų duomenų), pavadinimai (pvz., funkcinių grupių), žodiniai nurodymai ir pastabos, taip pat diagramos, ciklogramos, komutavimo įtaisų kontaktų uždarymo lentelės ir pan. (30).

Elektrinių schemų sudarymas. Principinių elektrinių schemų sutartiniai ženklai sudaromi pagal tam tikrą sistemą: didesnės informacijos ženklai gaunami, pridėdant prie bazinių papildomus ženklus pagal elemento specifiką. Jei schemose vartojami nestandartiniai grafiniai ženklai, juos reikia paaiškinti.

Schemoje vaizduojami visi elektriniai elementai, naudojami įrenginyje tam tikriems elektriniams procesams vykdyti ir kontroliuoti, taip pat visi elektriniai ryšiai tarp jų bei elektriniai gnybtai, gnybtų rinklės ir pan., kuriais užbaigiamos įeities ir išeities grandinės. Grandinės schemose rekomenduojama braižyti horizontaliai.

Aparatai schemose paprastai vaizduojami išeities padėtyje, t.y. kol jų neveikia valdymo signalai. Jei aparato padėtis nėra apibrėžta (perjungiklis ar pan.), jis vaizduojamas bet kurioje padėtyje su atitinkama pastaba. Matavimo ir reguliavimo prietaisų kontaktų rodoma tokia padėtis, kuri būna esant optimaliai matuojamojo ar reguliuojamojo parametro reikšmei. Schemos elementų sutartinių grafinių ženklų matmenys nurodyti atitinkamuose standartuose. Visus ženklus

schemose leidžiama proporcingai padidinti arba sumažinti, tačiau tarpas tarp dviejų gretimų ženklų linijų neturi būti mažesnis kaip 1,0 mm. Elementų sutartinių grafinių ženklų linijų storai parenkami pagal standartus (paprastai būna 0,3 - 0,4 mm).

Sutartiniai grafiniai elementų ženklai išdėstomi taip, kad schemą būtų patogū nagrinėti, kai ryšio linijos būtų trumpiausios ir turėtų kuo mažiau posūkių bei susikirtimų. Jėgos grandinės (vienfazės ir trifazės) brėžiamos horizontaliomis 1,5 - 2,0 mm storio linijomis. Atstumas tarp linijų - 10 - 15 mm. Nulinis laidas brėžiamas horizontalia punktyrine truputį plonesne linija. Kiekvienas elementas, įeinantis į įrenginio sudėtį ir atvaizduotas schemeje, turi turėti raidžių ir skaitmenų pozicijos užrašą. Užrašas raidėmis atitinka sutrumpintą aparato pavadinimą ir jo paskirtį įrenginyje. Sutartiniam raidžių ir skaitmenų užrašui vartojamos lotynų alfabeto raidės bei arabiški skaitmenys, kurie rašomi ženklų eile be tarpų. Raidžių ir skaitmenų aukštis turi būti vienodas (30). Duomenys apie elektros aparatūrą surašomi į medžiagų ir įrenginių poreikių žiniaraštį, E.00.00.00.001.KS. Kuris yra pateiktas šio projekto 5- me priede, į lentelę įtraukiami visi aparatai, kurių pagrindinis elementas (energijos imtuvas) atvaizduotas brėžinyje, taip pat ir tie prietaisai, kurie naudojami pilnai automatizuoti įrenginį. Duomenų lentelės grafos užpildomos tokia tvarka:

- grafoje „Įrenginio pavadinimas“ rašoma konkrečios grupės įrenginių techninis pavadinimas;
- grafoje "Žymėjimas " rašomi schemos elementų sutartiniai raidiniai žymėjimai. Vienu eilės numeriu žymimi visi vienodo tipo ir vienodų techninių charakteristikų aparatai;
- grafoje "Markė" rašomas visas aparato pavadinimas, tipas pagal katalogą ir techniniai duomenys;
- grafoje „Matas“ rašomas kokiais vienetais matuojamas įrenginių kiekis;
- grafoje "Kiekis" rašomas kiekis vieno tipo aparatūros, parodytos visuose schemos brėžiniuose;
- grafoje "Pastaba" rašoma jei reikalinga papildoma informacija apie įrenginį.

Tiriamosios sistemos trims skirtingoms valdymo sistemoms veikimo suderinimui yra sudaryta sujungimų schema. Ji pateikta, E.00.00.00.001.ES brėžinyje.

### **3.4. Sistemos montavimas, integravimas, derinimas ir jos bandymai**

Tiriamosios patalpos mikroklimato reguliavimo sistema buvo montuojama keliais etapais:

1. Rekuperatoriaus montavimo vietos parinkimas (3.4.1 pav.). Pakabinimo vieta numatyta tokia, kad būtų patogų eiliniam aptarnavimui, taip pat kad būtų patogų stebėti ir atlikti tyrimus, derinimą.
2. Oro transportavimo sistemos montavimas (3.4.1 pav.). Pagal ortakių sistemos planą E.00.00.00.001.MS.
3. Sumontuoti visi oro transportavimui reikalingi komponentai, t.y. ortakiai, slopintuvai, slėgio reguliatoriai ir kitos fasoninės dalys.
4. Pagal sujungimų schemą pagaminta išorinė automatinė valdymo sistema, kurios veikimas suderintas su tyrimo ir standartine rekuperatoriaus automatika, E.00.00.00.001.ES brėžinyje.
5. Papildomos išorinės valdymo sistemos integravimas į reguliavimo sistemą.
6. Integruotos valdymo sistemos derinimas ir bandymas.

Visi matavimo, valdymo ir vykdymo įrenginiai sumontuoti laisvai prieinamose vietose, aptarnavimui, remontui ar pakeitimui. Automatikos spintos pastatymo vieta pasirinkta tokia, kad ji nebūtų pažeista drėgmės, per didelės temperatūros ar vibracijos. Skylės padarytos ortakiuose užsandarintos, kad nemažėtų sistemoje slėgis ar kad nebūtų pašalinio triukšmo dėl oro srauto.



3.4.1 pav. Tiriamosios patalpos rekuperatoriaus montavimo vieta ir ortakių sistema

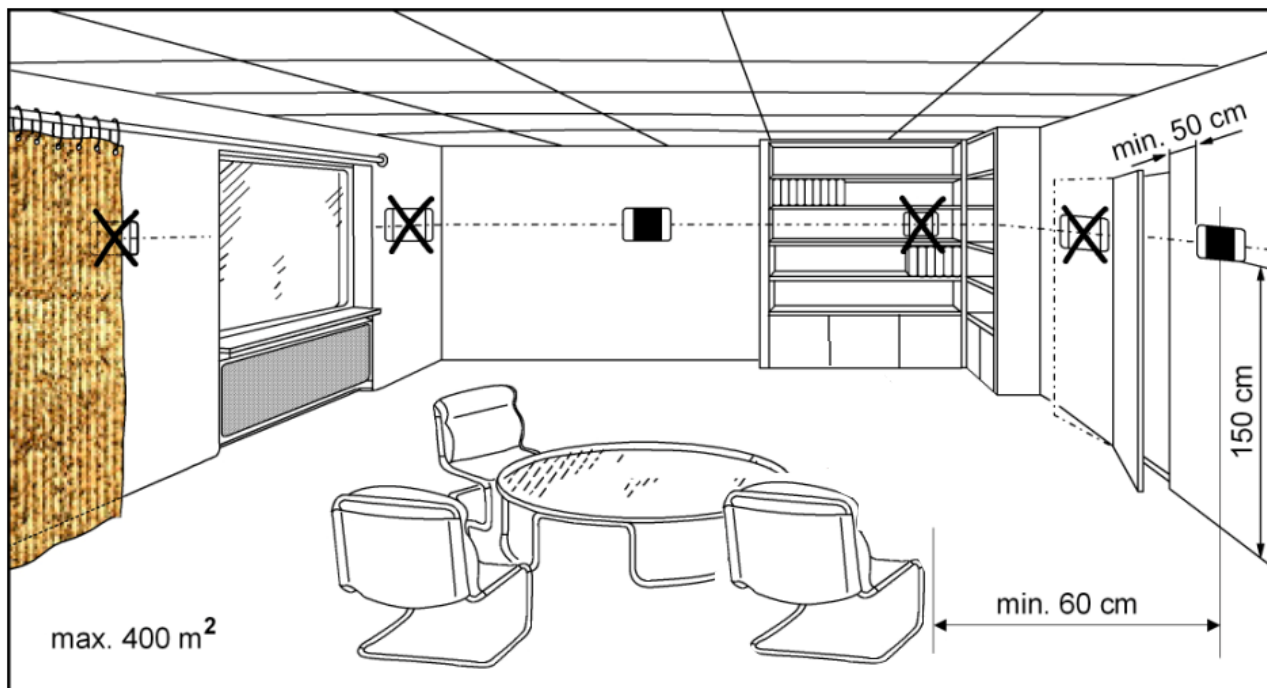
Visa įranga, kabeliai yra sumarkiruoti pagal automatizacijos ir valdymo sistemos sujungimo projektus. Tokiu būdu yra pasiekiamas patogesnis aptarnavimas mikroklimato reguliavimo sistemos gedimo atveju. Iki įrenginio perdavimo ar tyrimų atlikimo, turi būti atlikti paleidimo derinimo darbai, kad vėdinimo įrenginio automatinio valdymo sistema veiktų tinkamai.

Oro temperatūros (GT1- GT3) jutiklius ir keitiklius (MGT1 – MGT5) reikia sumontuoti kuo toliau nuo vėdinimo įrenginių iki pirmojo ortakių atsišakojimo. Šis reikalavimas yra būtinas tam, kad matavimo rezultatas būtų kuo tikslesnis. Radiatoriaus temperatūros jutiklis (MGT6) montuojamas ant radiatoriaus vidinėje jo dalyje. Drėgmės ir CO<sub>2</sub> keitikliai pastatyti taip, kad matuotų realius reikiamus parametrus (3.4.2 pav.). Jutikliai sumontuoti taip, kad jie nebūtų pažeisti paskaitų ar aptarnavimo metu. Lauko oro temperatūros jutiklis (keitiklis) sumontuotas šiaurinėje patalpos dalyje.

Prieš paleidimą būtina kruopščiai išvalyti sistemą. Patikrinti, ar:

- montuojant nebuvo pažeistos eksploatavimo sistemos ir įrenginių elementai, bei automatika ir automatikos įrengimai,
- visi elektros vartotojai prijungti prie elektros maitinimo ir parengti darbui,
- visi automatikos elementai sumontuoti ir yra prijungti prie maitinimo.





3.4.2 pav. Drėgmės ir CO<sub>2</sub> keitiklių montavimo nurodymai

Prieš uždarant elektros prietaisų prijungimo dėžutes, reikia patikrinti, ar:

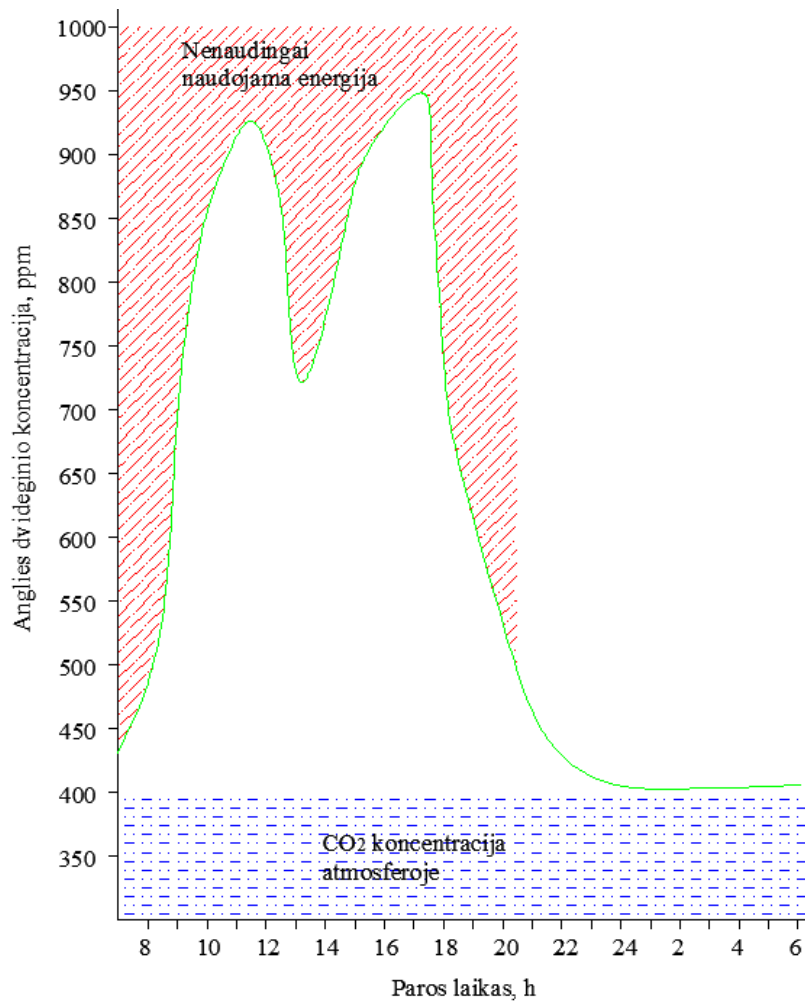
- laidų sujungimai atitinka turimas elektros sujungimo schemas,
- tinkamai prijungti visų elektros prietaisų apsaugos elementai,
- laidai ir kabeliai atitinka visus taikomus saugos, funkcinius reikalavimus, skersmenis ir t. t.,
- tinkamai sumontuotos įžeminimo ir apsaugos sistemos,
- prijungimo dėžučių viduje neliko neprijungtų ar perteklinių laidų,
- tinkama visų tarpiklių ir sandarinimo paviršių būklė.

Galimi pagrindiniai gedimai ir jų šalinimo būdai pateikti 1 priede.

### 3.5. Oro debito reguliavimas

Kai vėdinamo oro poreikis nustatomas pagal didžiausią kenksmingų išskyrų valandos duomenų reikšmes arba pagal oro kiekį vienam žmogui, oro ruošimo sistemos projektuojamos dažniausiai su atsarga. Tarkime, tai kiek reikėtų oro, kad patalpose vasarą nebūtų per karšta, skaičiuojama tokiam atvejui, kai saulė, įrenginiai ir kt. skleidžia į patalpą daugiausia šilumos. Kai lauke saulės yra mažiau, t.y. kai diena ūkanota, perteklinis šilumos kiekis, kuris turi būti pašalintas, gali būti mažesnis už nustatytąjį projektinį. Jeigu vykdoma kokia gamybinė veikla, pvz. virinamas

metalas, plastikas, oksidai susidaro tik virinimo proceso metu ir panašiai. Tai projektuotas vėdinimo oro debitas yra didesnis už reikalingą norminėms darbo ir poilsio sąlygoms sukurti, todėl jei yra sumontuotas pastovaus oro debito ŠVOK įrenginys, tai jis veikia neekonomiškai, dalį šilumos ir elektros energijos sunaudoja be reikalo. Jei nėra jokio techninio, ekonominio ar higienos reikalavimų, tai visos ŠVOK sistemos turėtų būti kintamojo oro srauto. T.y. oro debitas reguliuojamas rankiniu būdu (naudojant nuotolinius valdymo pultelius) ar atitinkamus jutiklius, keitiklius (CO<sub>2</sub>, VOC.....) pagal kuriuos nustatomas reikalingas oro debitas. 3.5.1 paveikslėlyje parodytas pavyzdys, kaip kinta administraciniame pastate CO<sub>2</sub> koncentracija priklausomai nuo paros laiko (darbo dienomis) (31). Iš 3.5.1 paveikslėlio matyti, kad vidutinis patalpų oro užterštumas yra gerokai mažesnis už leidžiamąjį, apie 40%. Todėl beveik tiek pat galima sutaupyti šilumos ir elektros energijos, jei oro debitas būtų reguliuojamas pagal žmonių skaičių patalpoje, t.y. ventiliatorių galia reguliuojama pagal CO<sub>2</sub>. Pagal dujų mišinio keitiklio signalą, naudojant VOC keitiklius (jutiklis reaguoja į oksiduojamus dujinius teršalus; dažniausiai naudojamas ten, kur be žmonių dar turi reikšmės išskyros patalpos apdailos medžiagų ar virtuvės ir t.t.). Oro debitas dar yra reguliuojamas priklausomai nuo to koks yra ištraukiamos iš patalpos ir lauko oro temperatūros (taip mažinama patalpos temperatūra), šis valdymas mažiau efektyvus nei naudojant CO<sub>2</sub> ar VOC keitiklius. Toks valdymo būdas gali būti naudojamas, kaip pagalbinis (antrinis) reguliavimas jei kartu naudojamas VOC ar CO<sub>2</sub> keitiklis. Dažnai ŠVOK įrenginio oro debitas (ir temperatūra) yra reguliuojamas naudojant savaitines laiko programas naudojant papildomas laiko reles ar tam skirtus valdiklius. Skandinavijos šalyse labai populiaru ŠVOK įrenginių debitą reguliuoti pagal judesio jutiklių signalą, t.y. jei patalpoje niekas nejuda, vadinasi nėra jokių žmonių, tai agregatas įjungiamas ar išjungiamas.




3.5.1 pav. CO<sub>2</sub> koncentracijos kitimas administraciniame pastate; tiekiamo oro kiekis žmogui – 33 m<sup>3</sup>/h; koncentracija palaikoma iki 1000 ppm

Kintamo oro srauto ŠVOK įrenginių privalumai ypač jaučiami eksploatuojant juos didesniuose biurų pastatuose ar mokymo įstaigose. Kai naudojama viena iš oro debito reguliavimo principų, sutaupoma išlaidų už elektros energiją ar lėšas agregato eksploatavimui.

### 3.6. ŠVOK įrenginio valdymo sistemų veikimo principai


Sistemos valdymo režimams gali būti pasirenkamas vienas iš trijų galimų su J1 perjungikliu, t.y. „*Rekuperatoriaus automatika*“, „*Tyrimo automatika*“ ir „*Automatikos spinta*“.

Jei pasirenkamas valdymo režimas „*Automatikos spinta*“ (trečia padėtis) ir paspaudžiamas mygtukas J2, tai patalpos oro temperatūros reguliavimą vykdo Siemens RLU232 valdiklis. Vartotojo nustatyta oro temperatūra palaikoma plokšteline šilumokaičiu, recirkuliacija ir elektriniu papildomu šildytuvu HT pagal išmatuotą tiekiamo oro temperatūrą jutikliu GT1. Kai

tiekiama oro temperatūra yra mažesnė už nustatytą, recirkuliacijos sklendė atitinkamai atsidaro (t.y. imamas oras iš patalpos ir maišomas su šviežiu oru). Nepasiekus nustatytos temperatūros, įjungiamas elektrinis šildytuvas ir neišjungiamas tol, kol pasiekama nustatyta temperatūra. Tiekiamo oro temperatūrai esant didesnei už nustatytą, pirmiausia išjungiamas elektrinis šildytuvas. Jei temperatūra vis dar aukštesnė už nustatytą, tai mažiau maišomas šviežias ir patalpos oras, ir išlieka atidaryta pilnai šviežio oro sklendė tol, kol pasiekama nustatyta temperatūra (valdiklio RLU 232 ekrane dega  simbolis). Yra galimybė palaikyti ištraukiamo oro temperatūrą ribojant tiekiamo oro temperatūrą. Tam yra prie valdiklio prijungtas patalpos oro temperatūros jutiklis GT2.

Ventiliatorių sukimosi greitis sklandžiai valdomas naudojant simistorinį reguliatorių SR. Ventiliatorių sukimosi greitis reguliuojamas rankenėlės REG pagalba ant skydo.

Išorinių avarijos signalų fiksavimas. Valdymo skyde yra sumontuoti gnybtai prie kurių jungiamas priešgaisrinės sistemos NC (normaliai uždari) kontaktas, skirtas priešgaisrinės signalizacijos avarijos signalų fiksavimui. Kai priešgaisrinės signalizacijos normaliai uždaras kontaktas atsidaro, automatika fiksuoja avariją ir sustabdo valdomą įrenginį, tuo metu valdiklis pereina į „Protection“ režimą. Įrenginys nepasileidžia tol, kol nepašalinama avarijos priežastis.

Galima aktyvuoti ekonomišką režimą, kai naudojama papildoma laiko relė, kuri užtrumpina automatikos skydo rinklės 5 ir 6 gnybtus. Valdiklio ekrane užsidega  simbolis. Pageidaujama tiekiamo oro temperatūra nustatoma valdiklyje (žr. „Siemens RLU 232 valdiklio nustatymai“ 3 priedas). Pvz.: dienos metu nustatoma oro temperatūra 23°C (papildomos laiko relės, NO kontaktai atviri), o nakties metu nustatoma oro temperatūra 18°C (papildomos laiko relės NO kontaktai uždaryti). „Dienos – nakties režimo“ papildomai laiko relė gali būti sumontuojama papildomai.

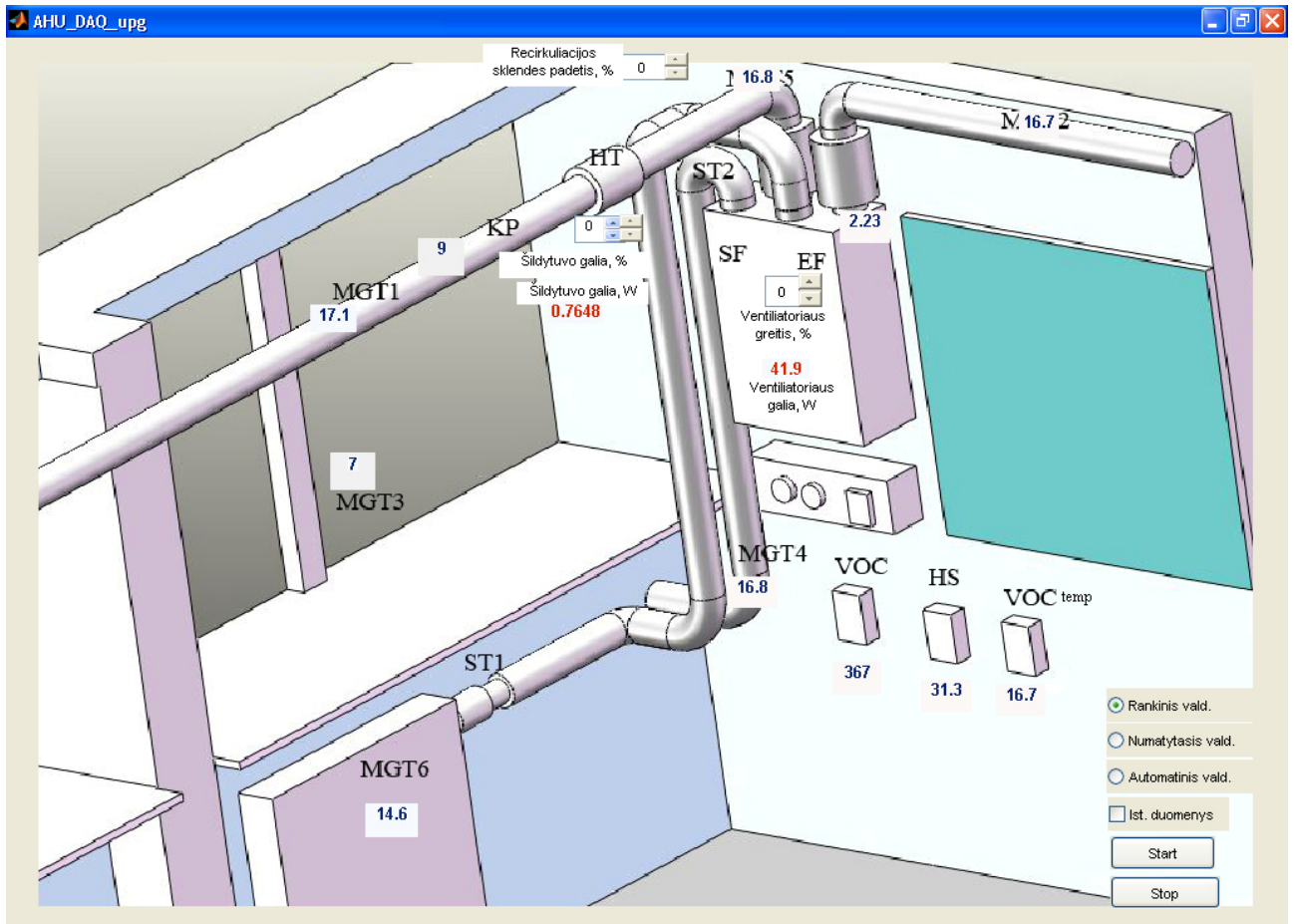
Jei pasirenkamas valdymo režimas „*Rekuperatoriaus automatika*“ (pirma padėtis), tai patalpos oro temperatūros reguliavimą vykdo standartinis rekuperatoriaus valdiklis. Tiekiamo oro temperatūra palaikoma pagal tiekiamo oro jutiklio GTS išmatuotą ir vartotojo nustatytą nuotoliniame pultelyje RVP temperatūrą. Tiekiamo oro temperatūra palaikoma plokštelinio šilumokaičio ir elektrinio šildytuvo pagalba. Kai tiekiamo oro temperatūra yra mažesnė už nustatytą, įjungiamas šildytuvas, kol pasiekama nustatyta temperatūra. Kai tiekiamo oro temperatūra didesnė už nustatytą, elektrinis šildytuvas išjungiamas. Ventiliatorių sukimosi greitis valdomas autotransformatoriumi. Autotransformatoriaus įtampų pakopos komutuojamos reliniais išėjimais. Pultelyje galima pasirinkti vieną iš 3 ventiliatorių sukimosi greičių. Plokštelinio šilumokaičio apsauga nuo užšalimo aktyvuojama, kai ištraukiamo oro temperatūra ir drėgmė kartu su šalinamo oro temperatūra tenkina sąlygas ledo susidarymui šilumokaityje. Esant užšalimo pavojui, pirmiausia yra įjungiamas šviežaus oro pašildymas, ir jei sąlygos pasikeičia į nepavojingas

užšalimui, apsauga išjungiama. Jei sąlygos nepasikeičia įjungus pašildymą, jungiama antra apsaugos pakopa – tiekiamo ventiliatoriaus sukimosi greitis yra sumažinamas iki minimumo. Įjungtos abi apsaugos pakopos veikia tol, kol šalinamo oro temperatūra nebetenkina užšalimo sąlygų, tada apsauga išjungiama ir automatikos veikimas grįžta į normalų režimą. Kai yra aktyvuota priešužšaliminė apsauga, pultelyje rodomas simbolis „P“. Išorinių avarijos signalų fiksavimui valdymo plokštėje sumontuoti gnybtai, skirti išorinių NO avarijos signalų fiksavimui. Kai išorinis avarijos kontaktas užsidaro, automatika fiksuoja avariją ir sustabdo valdomą įrenginį. Avarijos signalai gali būti iš filtrų užterštumo jutiklio (A3-A3), priešgaisrinės signalizacijos ir pan.. (A1-A1).

Jei pasirenkamas valdymo režimas „*Tyrimo automatika*“, tai patalpos oro temperatūra, recirkuliacinės sklendės ir ventiliatorių greitis reguliuojami pagal „Matlab“ programos sudarytą kodą. Taip pat galima reguliuoti rankiniu būdu naudojant kompiuterį. Yra du galimi rankinio valdymo būdai: pirmas – naudojant „Matlab“ programoje valdymo langą (3.6.1 pav.); antras – rekuperatoriaus valdymas nuotoliniu būdu, internetu jungiantis prie serverio naudojantis „Matlab“ programa.

Naudojant „Matlab“ programą rekuperatoriaus valdymui yra padarytas patogus vartotojui valdymo langas. Čia lengva orientuotis, koks nustatymas kokį valdomą įrenginį reguliuoja ar koks jutiklis kokią oro temperatūrą matuoja. Prie kiekvieno jutiklio nurodoma realiu laiku išmatuota oro temperatūra atitinkamose sistemos taškuose. Laukelyje „Šildytuvo galia, %“ yra nustatoma šildytuvo galia procentais nuo maksimalios galios, o žemiau nustatomojo dydžio rodoma reali šildytuvo galia vatais (W). Laukelyje „Ventiliatoriaus greitis, %“ yra nustatomas ventiliatorių greitis procentais nuo maksimalaus. Žemiau nustatomojo dydžio rodoma reali ventiliatorių galia vatais (W). Taip pat yra galimybė reguliuoti recirkuliacijos sklendės padėtį, „Recirkuliacijos sklendės padėtis“. Kai yra recirkuliacija nustatoma 100% tai reiškia, kad recirkuliacijos sklendė visiškai užsidariusi ir oras imamas iš lauko (šviežias oras su patalpos oru nemaišomi). Toliau yra pasirinkimo laukeliai „Rankinis vald.“, „Numatytasis vald.“ Ir „Automatinis vald.“. Kai pasirenkamas laukelis „Rankinis valdymas“, prieš tai minėti nustatomieji dydžiai (šildytuvo galia, recirkuliacijos sklendės padėtis, ventiliatoriaus greitis) tampa aktyvūs, t.y. vėdinimo sistema reaguoja į nustatytus vartotojo lange dydžius. Kai pasirenkamas laukelis „Numatytasis valdymas“ sistema veikia pagal programos kodą, kuris atitinkamai užduodamas „Matlab“ programos terpėje. Pavyzdžiui galima, kad ventiliatorius, šildytuvas ar kitas valdomas mazgas pagal nustatytą laiko intervalą didintų galią po 10% ir t.t. Šis valdymas yra patogus tuo, kad galima bandymą atlikti pagal iš anksto numatytą tvarką. Kai pasirenkamas „Automatinis vald.“ tuo metu valdymo sistema veikia pagal anglies dvideginio jutiklį, t.y. kai viršija užduotą CO<sub>2</sub> dalelių skaičių, yra įjungiami ventiliatoriai. Uždėjus „varnelę“ ant „Ist. duomenys“ – realiu laiku atlikti matavimo rezultatai atvaizduojami grafiškai. „Start“ ir „Stop“ atitinkamai programos leidimas startui ar stabdymui.

Pagal pagrindinių mazgų tarpusavio ryšių schemą galima matyti kokius parametrus vartotojas turi galimybę keisti, priklausomai nuo pasirinkto režimo ir kokie vykdymo, valdymo įrenginiai gali būti paveikti. Ši schema pateikta E.00.00.00.001.RS brėžinyje.



3.6.1 pav. Matlab grafinė vartotojo sąsaja

## 4. TIRIAMOJI-TAIKOMOJI DALIS

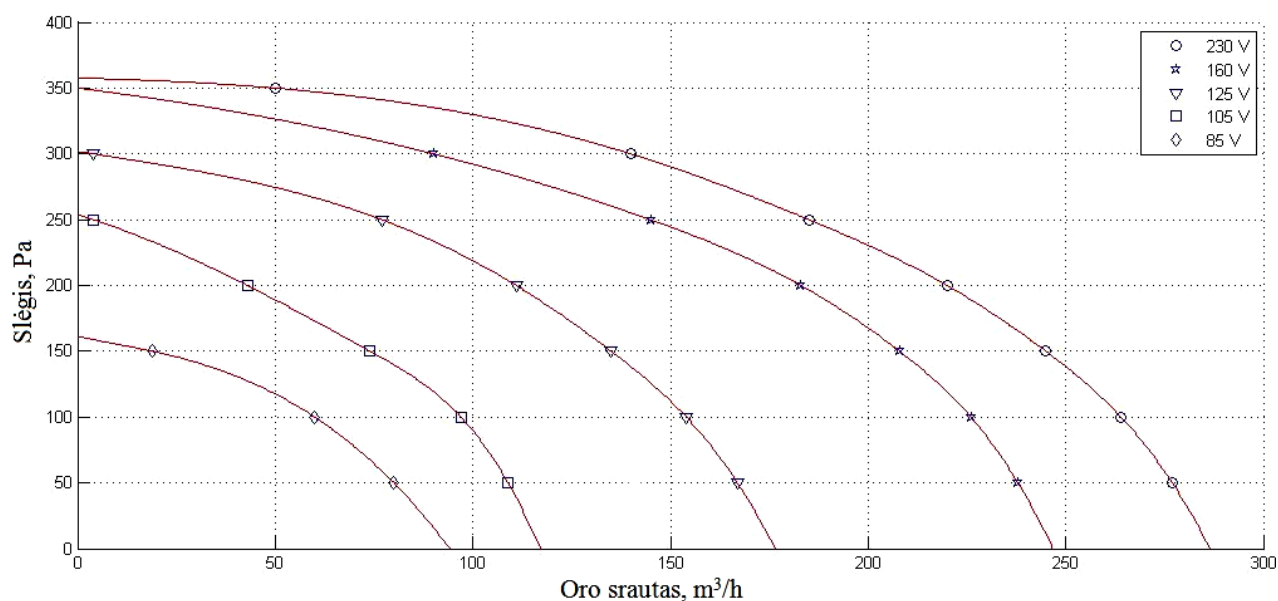
### 4.1. Tiriamojo stendo paruošimas bandymams

Tiriamajam darbui atlikti yra naudojamas vėdinimo agregatas su šilumos rekuperacija (gražinimu). Kad būtų galima atlikti pilnaverčius patalpos mikroklimato ir vėdinimo agregato tyrimus, jis yra sumontuotas realioje patalpoje, t.y. Šiaulių universiteto technologijos fakulteto auditorijoje.

Projektuojant ir įgyvendinant šį stendą buvo vadovautasi procedūros eiliškumu:

- ✓ Turimas rekuperatorius pritaikytas esamai patalpai.
- ✓ Pasirinkti difuzoriai ir ortakiai, atsižvelgiant į vertikalų šilumos pasiskirstymą (atkreipiant dėmesį, kad patalpoje renkasi žmonės).
- ✓ Pasirinkti valdymo, matavimo ir duomenų nuskaitymo įrenginiai.

Rengiant laboratorinio stendo ortakių sistemą ir dėl sistemos slėgio įvertinimo buvo konsultuotasi su specialistais, kurie projektuoja oro transportavimo įrenginius. Esant pajėgesniam rekuperatoriui ir didesnei ortakių sistemai, jei būtų neįvertintas ortakių sistemoje krentantis slėgis, tai prie mažiausių ventiliatorių sūkių gali pasireikšti šalutinis reiškinys, kaip netolygus oro padavimas ir ištraukimas iš patalpų. Oro transportavimo sistemoje slėgis priklauso nuo ortakių magistralių ilgio, skersmens, slopintuvų kiekio ir kitų parametrų. Jei slėgis sukliamas per didelis, kai ventiliatorius dirba maksimaliu greičiu, tai gali būti didesnis transportuojamo oro triukšmas. Be to patalpose gali būti viršijamos oro judėjimo greičio norminės vertės, kurias galima rasti higienos normose HN63:2003 (32). Jei ortakių sistemoje palaikytume minimalų slėgį, tai pagal gamintojo duotas charakteristikas turėtume gauti maksimalų oro srautą (4.1.1 pav.), bet dažnai šios charakteristikos neatitinka realiomis sąlygomis dirbančių sistemų.



4.1.1 pav. Oro srautas ir slėgis priklausomai nuo ventiliatoriaus maitinančios įtampos

Rekuperatorius RIS250VEK (išorinis (a) ir vidinis (b) vaizdas 4.1.2 paveikslėlyje) yra montuojamas vertikaliajje padėtyje, turi integruotą priešužšaliminį šildytuvą ir papildomą tiekiamo oro šildytuvą (integruotas priešužšaliminis ir papildomas šildytuvai veikia tik su standartine (gamykline) automatika). Taip pat sklandžiam tiekiamo oro pašildymui iki norimos temperatūros yra sumontuotas išorinis (simistoriumi valdomas) šildytuvai 4.1.3 pav., naudojamas eksperimentiniam tyrimui ir su išorine papildoma automatika. Pagrindiniai rekuperatoriaus ir papildomo šildytuvo duomenys pateikti 4.1.1 lentelėje

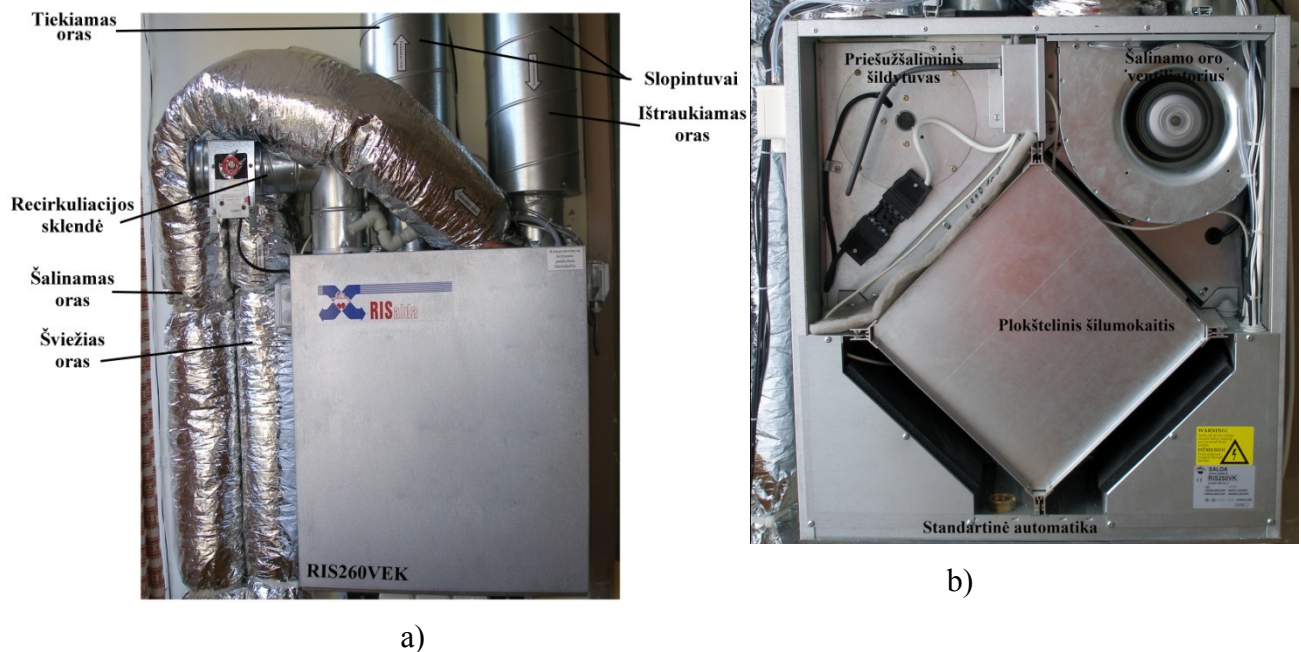
4.1.1 lentelė

RIS250VEK ir šildytuvo HT pagrindiniai techniniai duomenys

Tiekiamo ir šalinamo oro kiekis, kai slėgis (Pa)	m³/h	180	280
	Pa	200*	50**
Rekomenduojamas plotas	~100 m²		
Matmenys	598x640x282 mm		
Nominalus ortakių skersmuo	125 mm		
Maitinimo įtampa	1f 230V, 50Hz		
Temperatūrinis efektyvumas $\eta_t$	70%		
Ventiliatoriai	Šalinamo oro	159 W/ 0,69 A/ 2110 min <sup>-1</sup>	
	Tiekiamo oro	159 W/ 0,69 A/ 2110 min <sup>-1</sup>	
Elektrinis šildytuvai	Integruotas	1 kW/ 4,4 A	
	Išorinis	2,7 kW/ 11,8 A	
Elektrinis šildytuvai (priešužšaliminis)	0,3 kW/ 1,3 A		
Tiekiamo oro filtras	EU3		
Svoris	30kg		

\* Rekomenduojamas sistemos slėgis; \*\* Minimalus sistemos slėgis





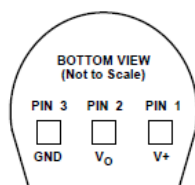
4.1.2 pav. Rekuperatorius RIS250VEK. a – išorinis vaizdas, b – vidinis vaizdas



4.1.3 pav. Išorinis elektrinis šildytuvas

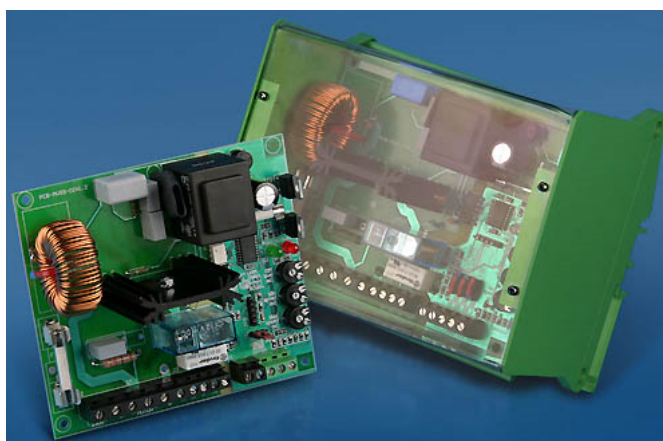
Tyrimo metu temperatūrai (tiekiamo, ištraukiamo, lauko, šalinamo, prieš išorinį šildytuvą oro ir centrinio šildymo radiatoriaus) matuoti yra panaudoti AD22100KTZ mikroscheminiai temperatūriniai jutikliai (keitikliai). Tai mikroschemos kurios išėjime duoda atitinkamo dydžio įtampą. Keitiklio išėjimo įtampa tiesiškai priklauso nuo matuojamos temperatūros (°C). Keitiklių AD22100KTZ pagrindiniai techniniai parametrai pateikti 4.1.2 lentelėje, o jų išvadai 4.1.4 paveikslėlyje (33). Gamintojas teigia, kad šių tipo daviklių nereikia kalibruoti per visą matuojamąjį diapazoną ir jų paklaida pakankamai maža (4.1.2 lentelė). Bet atliekant eksperimentinį tyrimą dėl jutiklių parodymų yra abejonių. Analizuojant sukauptus matavimo duomenis buvo pastebėta, kad jutikliai visiškai neatsparūs išoriniams ir tinklo

trikdžiams. Pirmoje bandymų stadijoje buvo naudojamas dažnio keitiklis ventiliatoriams greičiui reguliuoti, bet jo teko atsisakyti, nes dažnio keitiklis generavo į tinklą per didelius aukšto dažnio trikdžius. Dėl šių trikdžių, jutiklių išėjimo signalas neprognozuojamai svyravo. Po šio bandymo buvo nuspręsta naudoti simistorinį ventiliatorių greičio reguliatorių MVS-0-15xDT, kuris valdomas 0-10 VDC įtampa (4.1.5 pav.). Pakeitus ventiliatorių greičio reguliavimo būdą, daviklių išėjimo įtampos signalai tapo stabilesni.



AD22100KTZ

4.1.4 pav. Mikroscheminių temperatūrinių jutiklių (keitiklių) AD22100KTZ jungimo išvadai. GND, V+ - maitinimas (5V DC), V<sub>o</sub> – išėjimo įtampa



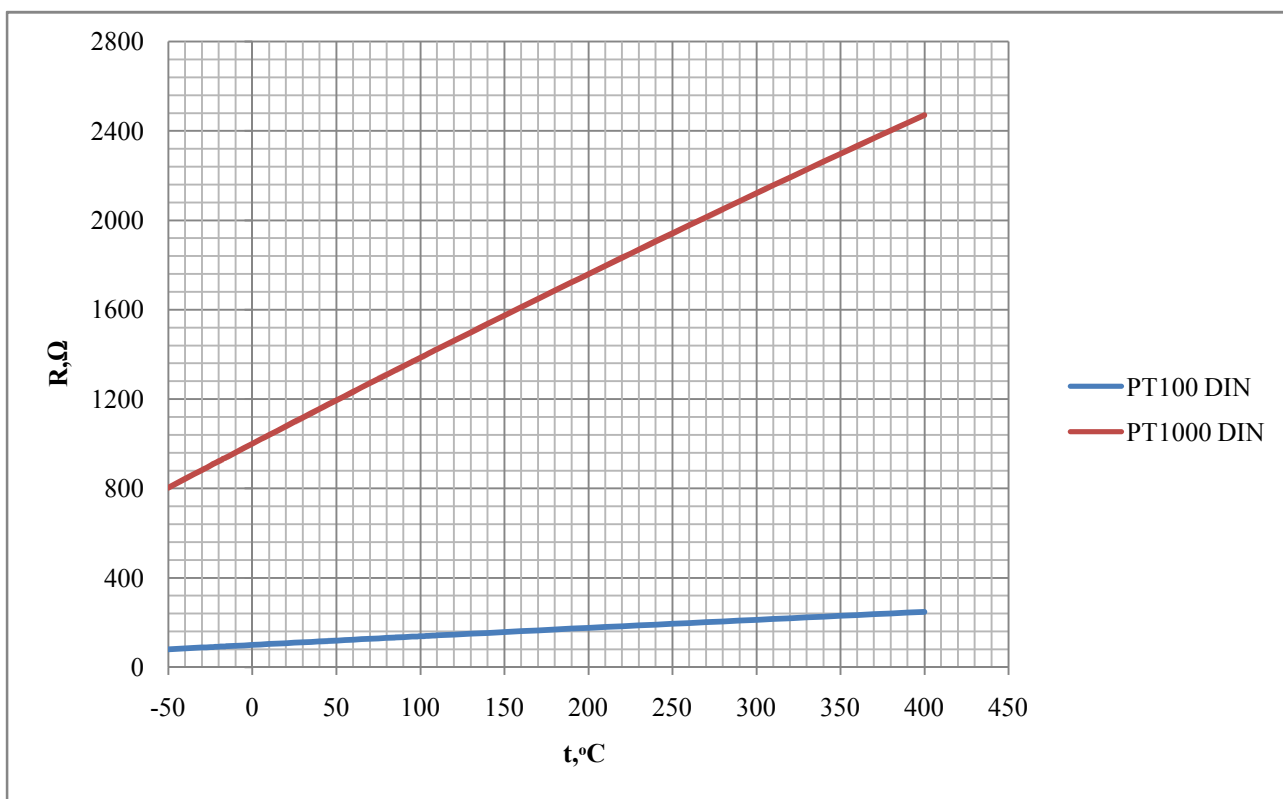
4.1.5 pav. Simistorinis MVS-0-15xDT ventiliatorių greičio reguliatorius

4.1.2 lentelė

Mikroscheminių temperatūrinių jutiklių (keitiklių) AD22100KTZ pagrindiniai techniniai parametrai

	AD22100KTZ
Matavimo ribos	nuo -55 °C iki +150 °C
Maitinimo įtampa	nuo 4 iki 30 V DC
Išėjimo įtampa V <sub>out</sub>	+1500 mV esant +150 °C
	+250 mV esant +25 °C
	-550 mV esant -55 °C
Matavimo tikslumas per visa matavimo ribą	$\frac{3}{4}$ °C

Siemens RLU232 valdikliui temperatūros matavimui naudojami varžiniai jutikliai su PT1000 charakteristika (4.1.7 pav.). Jutikliai su šia charakteristika - tai platininiai jutikliai, kurių varža yra (1000  $\Omega$ ) esant 0  $^{\circ}\text{C}$  temperatūrai. Termorezistoriniai jutikliai su PT 100 charakteristika, šiuo atveju jie nenaudotini, nes prie tos pačios temperatūros PT 100 jutiklių varžos pokytis daug mažesnis nei PT 1000. Todėl, dėl tikslesnių matavimo rezultatų ir naudojamas PT 1000 jutiklio tipas. Temperatūrų ir jutiklių varžų skirtumai pateikti 4.1.6 paveikslėlyje.

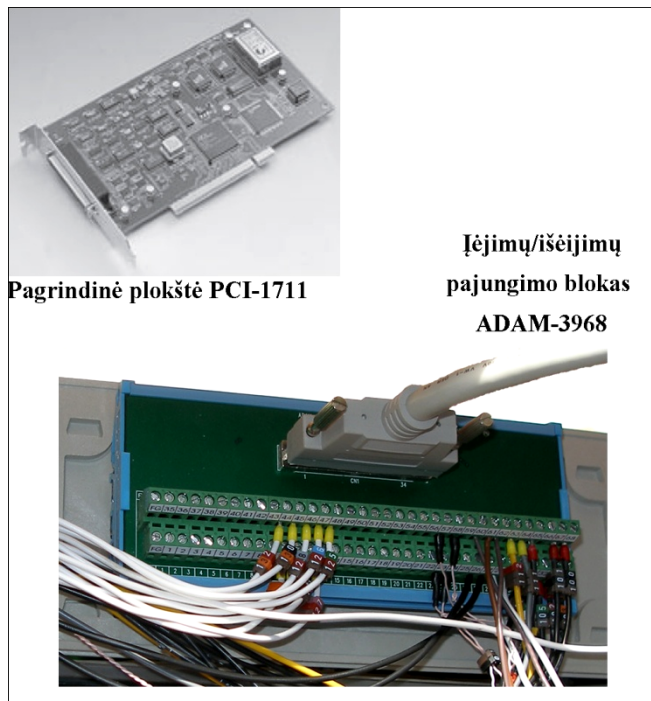


4.1.6 pav. PT100 ir PT1000 jutiklių varžos priklausomybė nuo temperatūros



4.1.7 pav. Jutiklis su PT1000 cha-ka

Duomenų nuskaitymui ir vykdymo įrenginių (ventiliatorių, išorinio šildytuvo) valdymui naudojama Matlab sistemos kompiuterio priedas – multifunkcinis nuskaitymo įrenginys PCI-1711 (34) (4.1.8 pav.)



4.1.8 pav. Duomenų nuskaitymo, vykdymo įrenginių pagrindinė plokštė PCI-1711 ir gnybtų blokas ADAM-3968

Iš gamintojo pateikto grafiko (4.1.1 pav.) matyti: jei sistemoje palaikomas minimalus slėgis 50 Pa, tai prie maksimalaus ventiliatoriaus maitinančios įtampos oro debitas turi būti apie 280 m<sup>3</sup>/h. 4.1.1 paveikslėlyje parodyta priklausomybė tinka tik su standartine rekuperatoriaus automatika ir prie atitinkamos ventiliatoriaus maitinančios įtampos (nes ventiliatorių greitis reguliuojamas pakopomis). Tikslesni oro slėgio ir srauto matavimai bus atlikti tyrimo metu.

Paduodamo ir ištraukiamo oro debito reguliavimui, t.y. kad per kiekvieną oro skirstytuvą būtų paduodamas (ištraukiamas) panašus oro kiekis, yra sumontuotos oro reguliavimo sklendės SKR (4.1.9 pav.).



4.1.9 pav. Oro srauto reguliavimo sklendė SKR

Prie šios sklendės pasukamos rankenėlės yra sugraduotos keturios sklendės pozicijos, t.y. nuo I iki IV. Kiekviena sklendės pozicija atitinkamai riboja oro srautus, t.y. rankenėlę pastačius ties I pozicija – ji pilnai pradaryta (praleidžia 100% oro srauto), pastačius sukamąją rankenėlę ties IV poziciją – ji uždaryta (praleidžia tik 5% oro srauto).

Naudojantis oro srauto, greičio matuokliu SwemaAir 300 (4.1.11 pav.) priklausomai nuo to, kokioje pozicijoje yra pasukta reguliavimo sklendės rankenėlė, bandymo būdu yra gautos oro srauto ir oro greičio priklausomybės nuo ventiliatorių greičio (4.1.12 pav. ir 4.1.13 pav.). Taip pat palaikant maksimalų ventiliatorių greitį su slėgio matuokliu Siemens QBM66.201 (4.1.10 pav.) buvo nustatyta reguliavimo sklendžių pozicijų įtaka sistemos slėgiui (4.1.14 pav.).

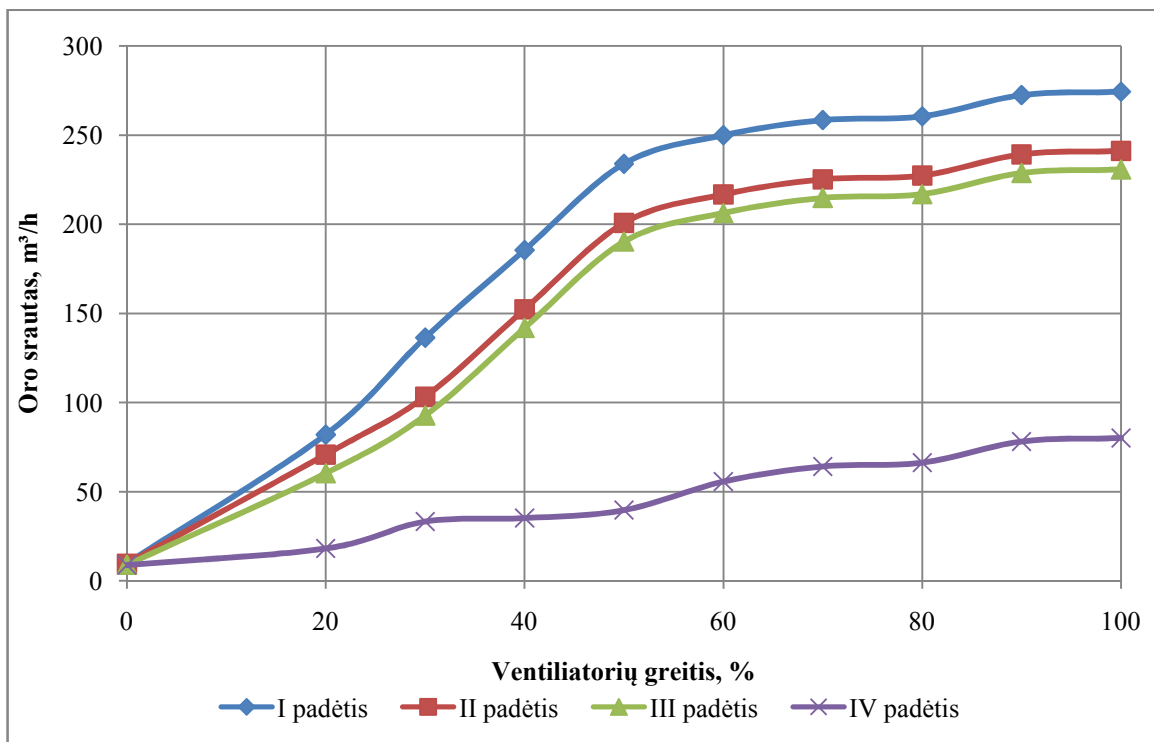


4.1.10 pav. Skirtuminis slėgio matuoklis (keitiklis) Siemens QBM66.201

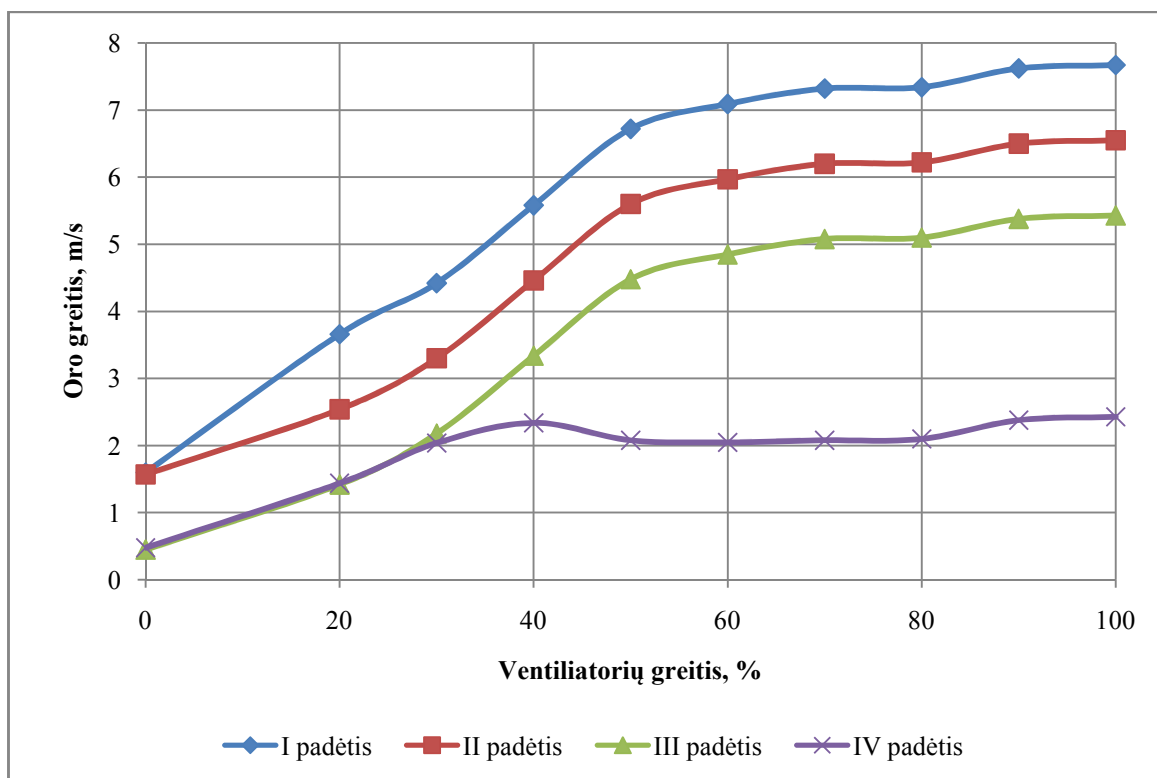


4.1.11 pav. Oro srauto, greičio matuoklis SwemaAir 300

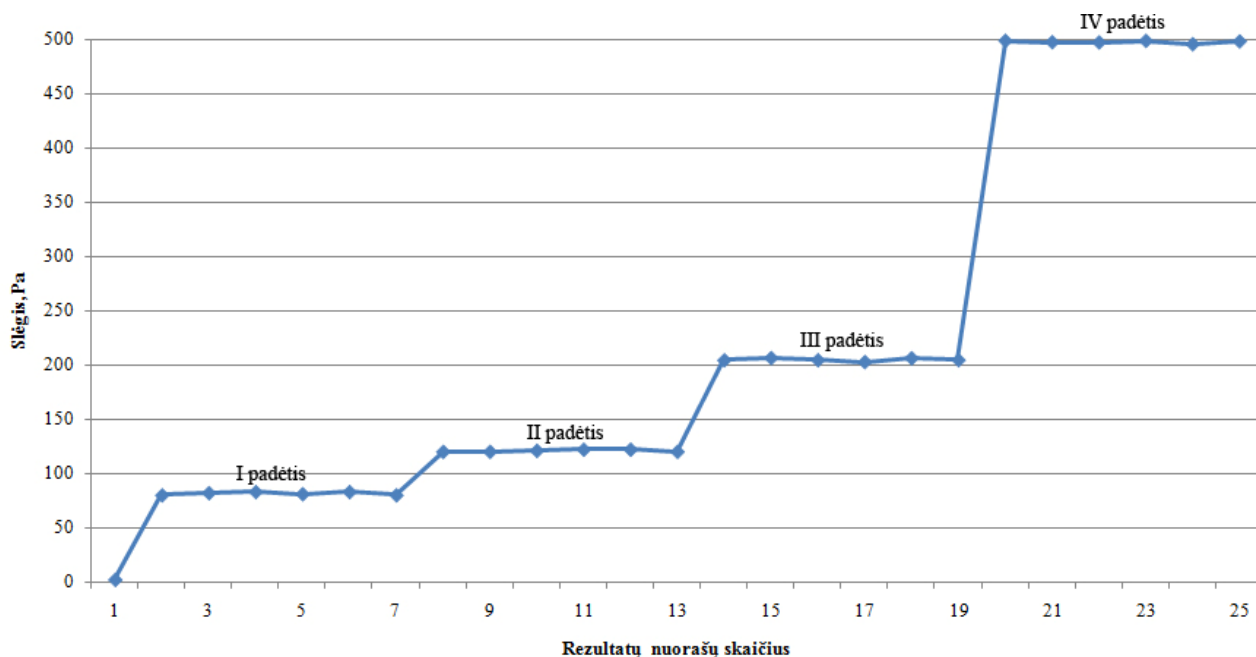
Pagal atliktų bandymų rezultatus, reguliavimo sklendės yra nustatytos ties III padėtimi. Tokiu būdu pasiektas stabilus oro tiekimas ne tik prie maksimalaus ventiliatorių našumo, bet ir prie mažesnio. Nors ir oro transportavimo sistema sumontuota panaudojus oro garso slopintuvus, visgi esant dideliems oro greičiams susidaro nemalonūs triukšmai. Todėl pasirinkus III reguliavimo sklendžių padėtį, yra dar sumažinamas oro judėjimo triukšmas prie maksimalaus ventiliatorių našumo (4.2.3.6 pav.). Taip pat ir ištraukiamojo oro srauto reguliavimo sklendės yra nustatytos ties III padėtimi, nes tiekiamo ir ištraukiamo oro ventiliatoriai identiški ir oro pasipriešinimas panašus. Todėl galima daryti prielaidą, kad suregulius sklendes taip pat kaip ir tiekiamam orui, bus gaunamas toks pat tolygus ir su mažu triukšmu oro pašalinimas iš patalpos (kai sistema veikia be recirkuliacijos).



4.1.12 pav. Oro srauto priklausomybė nuo ventiliatorių greičio

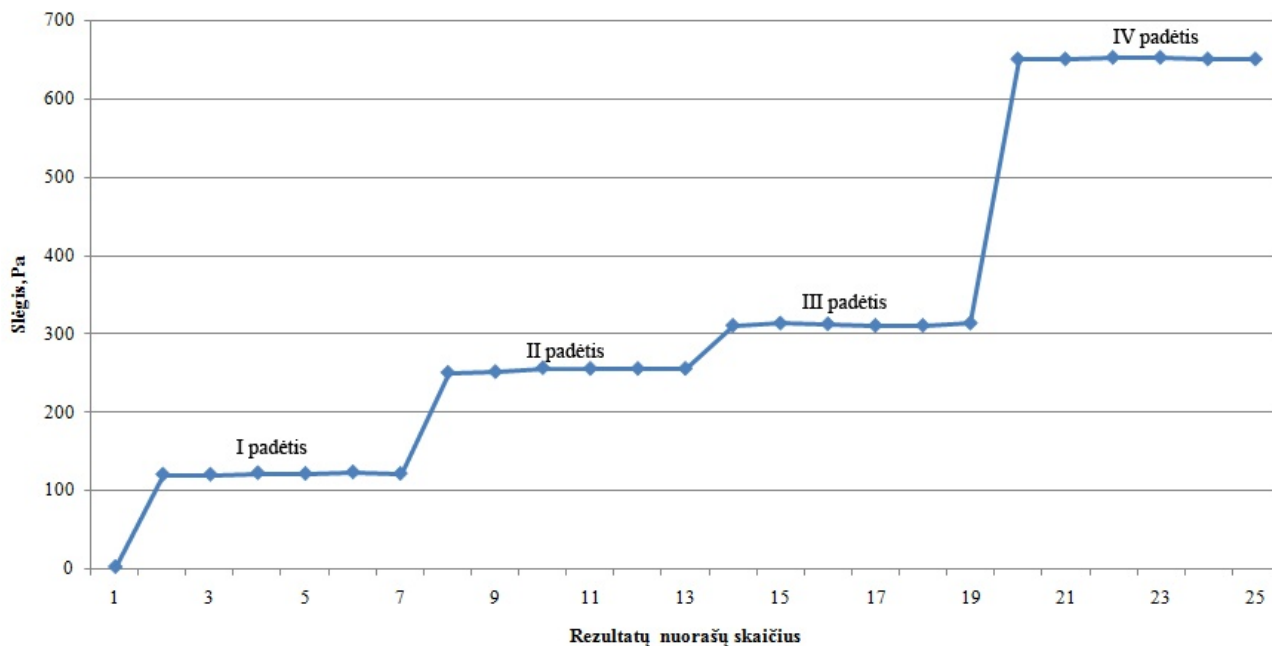


4.1.13 pav. Oro greičio priklausomybė nuo ventiliatorių greičio

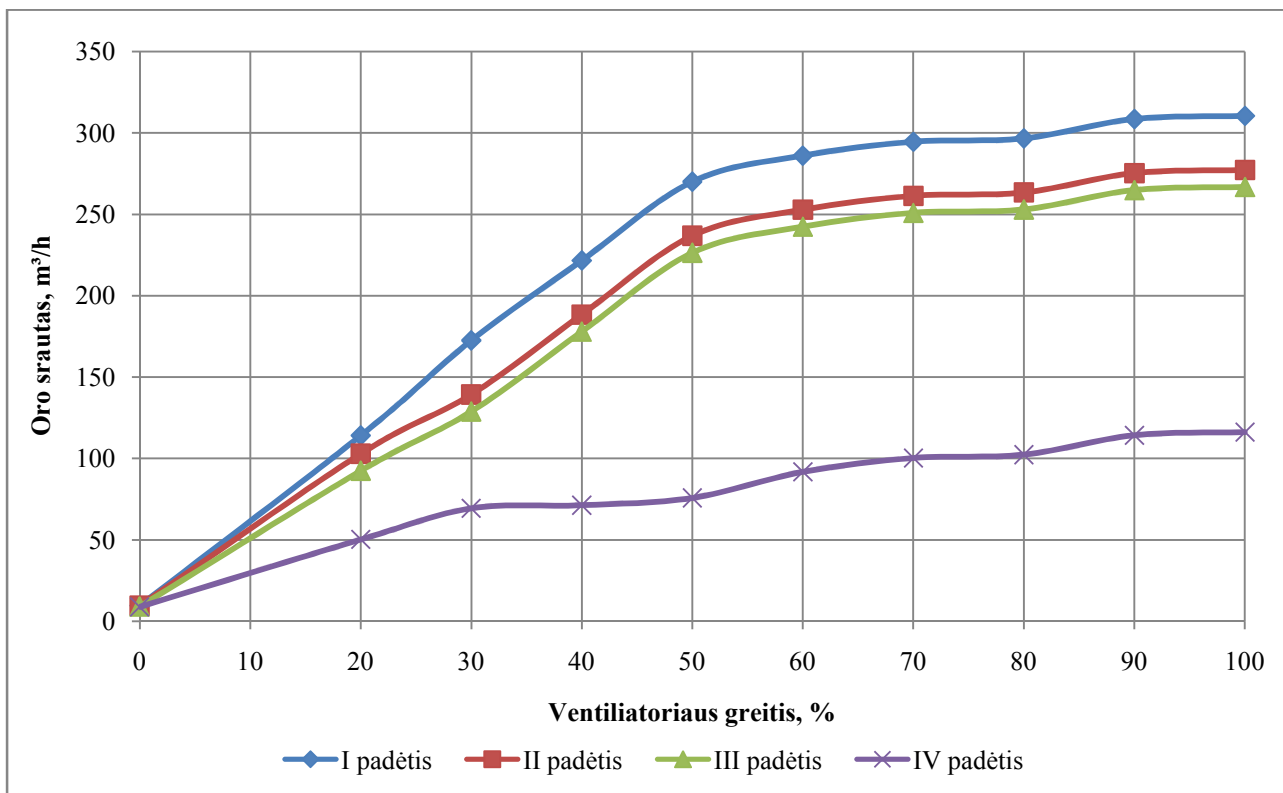


4.1.14 pav. Reguliavimo sklendžių SKR pozicijų įtaka sistemos slėgiui, kai ventiliatorių greitis maksimalus (100%) be recirkuliacijos

Tiriamoji sistema turi galimybę maišyti patalpos orą su lauko oru, ši funkcija dar vadinama recirkuliacija arba oro pamaišymu. Vartotojo valdymo skyde nustatčius „recirkuliacija 100%“ tai reiškia, kad pamaišymo sklendė pilnai uždaryta ir šviežias oras imamas iš lauko. O kai užduodama „recirkuliacija 0% - šviežio oro sklendė uždaryta, pilnai imamas oras iš patalpos. Kai recirkuliacijos sklendė pilnai atsidaro, atitinkamai sumažėja ventiliatoriui pasipriešinimas (apkrova). Nes oras imamas ne per ortakius, o tiesiogiai iš patalpos. Tokiu atveju padidėja tiekiamo oro srautas, slėgis ir greitis (4.1.15 pav., 4.1.16 pav., 4.1.17 pav.). Lyginant gamintojo pateiktus oro srauto ir slėgio parametrus (4.1.1 pav.) su gautais duomenimis bandymo metu, matyti kad gautas oro kiekis panašus deklaruojamajam, t.y. prie 206 Pa - 230 m<sup>3</sup>/h (4.1.18 pav.). Kuo daugiau yra sumaišoma patalpos oro su šviežiu lauko oru, tuo daugiau oro pritekėjimo vyksta per nesandarias patalpos dalis (duris, sienas..), nes sumažėja šalinamo oro kompensacija. Pagrindiniai sistemos gauti rezultatai pateikti 4.1.3 lentelėje.

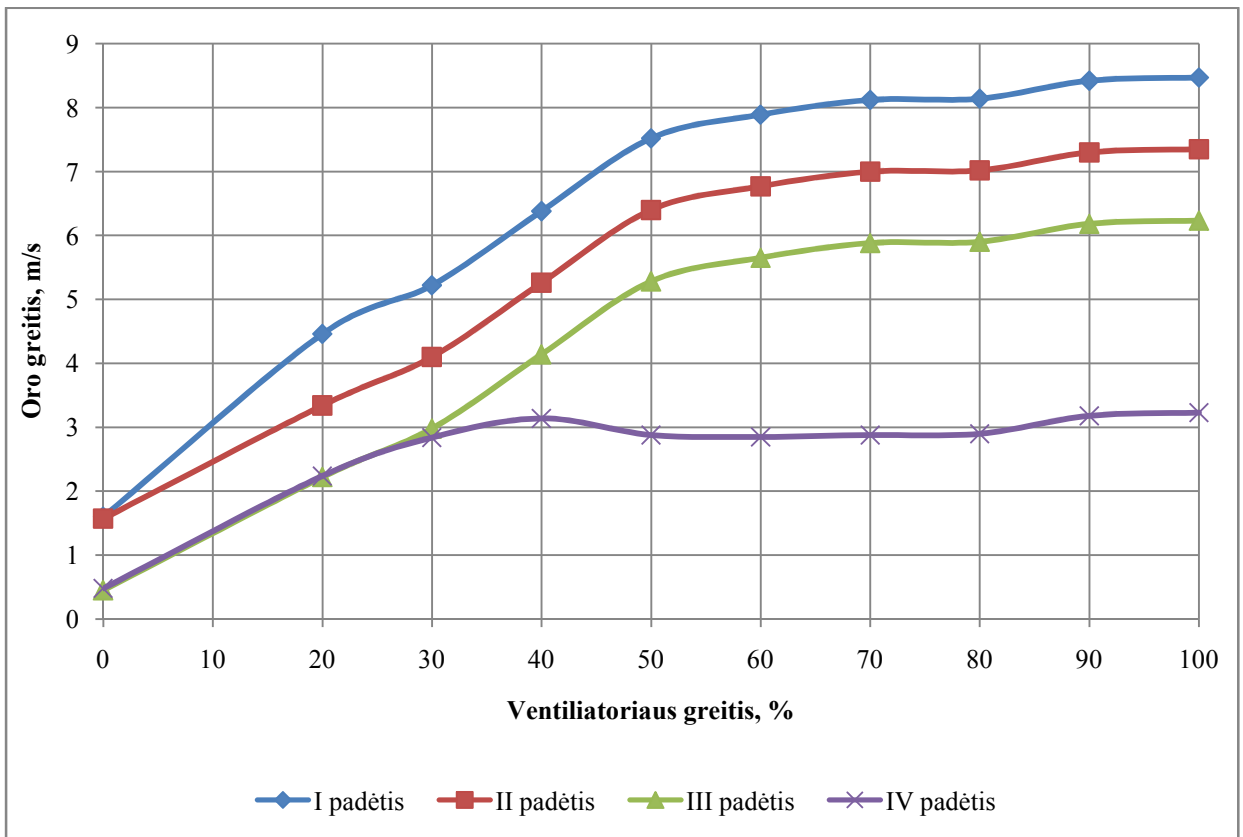


4.1.15 pav. Reguliavimo sklendžių SKR pozicijų įtaka sistemos slėgiui, kai ventiliatorių greitis maksimalus (100%) esant recirkuliacijai

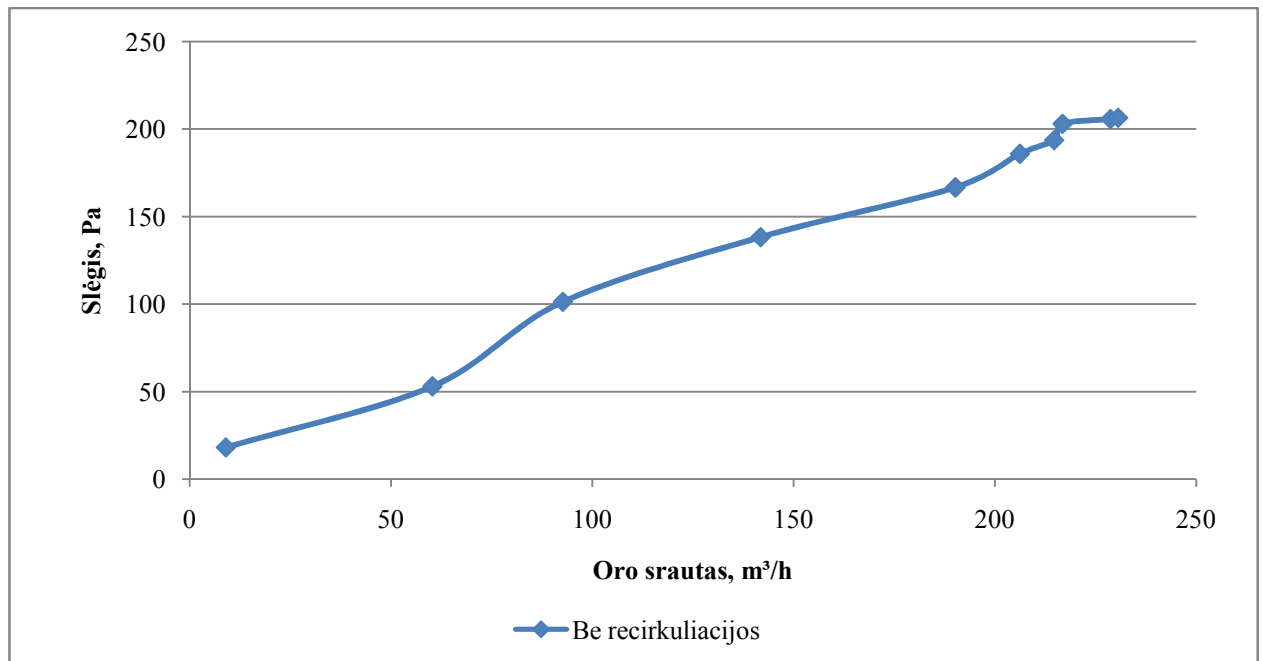


4.1.16 pav. Oro srauto priklausomybė nuo ventiliatorių panaudojimo esant recirkuliacijai (oras imamas iš patalpos)





4.1.17 pav. Oro greičio priklausomybė nuo ventiliatorių panaudojimo esant recirkuliacijai (oras imamas iš patalpos)



4.1.18 pav. Oro srautas priklausomai nuo oro slėgio ortakyje, be recirkuliacijos

Pagrindiniai tiriamosios sistemos, bandymo metu gauti, oro transportavimo parametrai

<b>Be recirkuliacijos (oras imamas iš lauko)</b>	
Tiekiamo, ištraukiamo oro reguliavimo sklendžių padėtis (ir esant recirkuliacijai)	III
Maksimalūs tiekiamo, ištraukiamo oro srautai	230 m <sup>3</sup> /h
Maksimalus palaikomas tiekiamo ir ištraukiamo oro transportavimo sistemos slėgis	206 Pa
Maksimalus tiekiamo ir ištraukiamo oro greitis oro transportavimo sistemoje	5,4 m/s
<b>Su recirkuliacija (oras imamas iš patalpos)</b>	
Maksimalus tiekiamo oro srautas	310 m <sup>3</sup> /h
Maksimalus ištraukiamo oro srautas	230 m <sup>3</sup> /h
Maksimalus palaikomas tiekiamo oro transportavimo sistemos slėgis	310 Pa
Maksimalus palaikomas ištraukiamo oro transportavimo sistemos slėgis	206 Pa
Maksimalus tiekiamo oro greitis oro transportavimo sistemoje	8,5 m/s
Maksimalus ištraukiamo oro greitis oro transportavimo sistemoje	5,4 m/s

## 4.2. PATALPOS MIKROKLIMATO PARAMETRAI

### 4.2.1. Anglies dioksidas ir santykinė oro drėgmė

Didėjant iškastinio kuro kainoms, šiuo metu statybos sektoriuje didelis dėmesys skiriamas efektyviam pastato šiluminės energijos naudojimui bei tinkamo mikroklimato sudarymui. Energijos taupymas ir patalpos oro kokybė yra labai vienas nuo kito priklausomi parametrai. Norint taupyti šiluminę energiją ir tinkamai reguliuoti vidaus oro kokybę, šie du parametrai turi būti vienodo prioriteto. Nes kitu atveju nebus įmanoma pasiekti norimų rezultatų. Kaip prieš tai buvo rašyta, patalpos oro komfortą lemia keli kintamieji, t.y. CO<sub>2</sub> koncentracija, santykinis oro drėgnumas ir kt. Siekiant sudaryti tinkamą patalpos oro kokybės stebėjimo ir valdymo sistemą, valdymo sistemoje yra sumontuoti anglies dvideginio, drėgmės ir slėgio keitikliai. Šie keitikliai yra būtini, norint minimaliai nustatyti oro kokybės parametrus. Pastaruoju metu, Lietuvoje naujos statybos technologijos, izoliacinės medžiagos yra naudojamos tam, kad sumažintų šilumos nuostolius per atitvaras ir kitas pastato konstrukcijas. Tiriamojoje patalpoje sumontuoti sandarūs langai su stiklo paketais. Esant sumontuotiems sandariems langams, galima sutaupyti dalį šilumos energijos, bet tuo pačiu metu sumažėja arba visiškai dingsta vėdinimas per nesandarias pastato konstrukcijas. Kadangi pastatas yra senos statybos, tai jame yra įrengta natūrali pasyvi ventiliacija

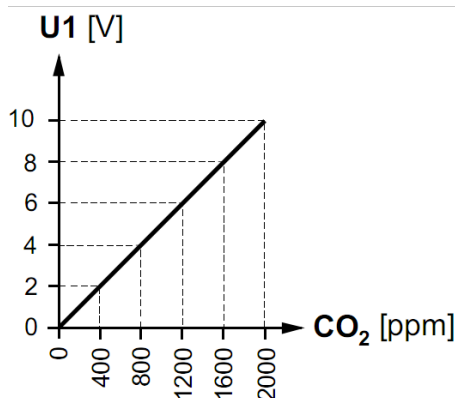
per ventiliacines groteles. Esant šioms beveik nevaldomiems vėdinimams, galima pašalinti dalį anglies dvideginio tuo atveju, jei žmonių kiekis yra mažesnis ir jei šilto – šalto oro ir slėgio skirtumai patalpoje sudaro sąlygas natūraliam vėdinimui. O paskaitų metu šildymo sezonu, CO<sub>2</sub> koncentracijai sumažinti natūralaus vėdinimo tiesiog nepakanka, dėl prastos oro cirkuliacijos ir apykaitos. Nes šildymo metu, dažniausiai langai nedarinėjami.

Tiriamoji patalpa yra 50 m<sup>2</sup>, joje yra 30 vietų. Iš jų 18 sėdimų vietų paskaitoms ir 12 vietų prie kompiuterio. Patalpos oro kokybės tyrimas buvo atliekamas 2011m. balandžio, gegužės mėnesiais. Kadangi pastatas yra senos statybos, tai jame yra įrengta natūrali pasyvi ventiliacija. Kad būtų gauti tikslesni matavimo rezultatai ji yra užsandarinta. CO<sub>2</sub> koncentracijai tiriamojoje patalpoje matuoti yra naudojamas Siemens QPA2060 (4.2.1.1 pav.) keitiklis. Išėjimo įtampos priklausomybė nuo dalelių skaičiaus (ppm) parodyta 4.2.1.2 paveikslėlyje. Santykinėi oro drėgmei patalpoje matuoti naudojamas Siemens QFA2060 keitiklis. Jis sumontuotas tokia pačia korpuse kaip ir CO<sub>2</sub> keitiklis (4.2.1.1 pav.). Išėjimo įtampos priklausomybė nuo santykinės oro drėgmės pateikta 4.2.1.3 paveikslėlyje.

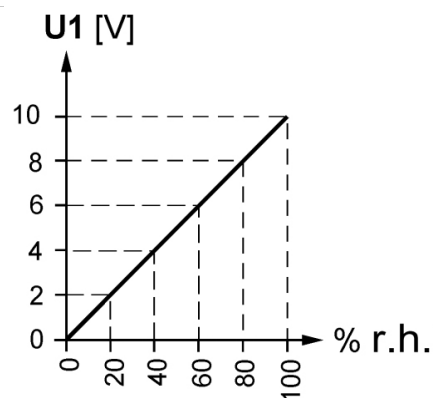
Paveikslėliuose (4.2.4 ir 4.2.5) parodyta anglies dvideginio ir santykinės oro drėgmės pokyčiai kai keičiama oro apykaita naudojant sumontuotą vėdinimo sistemą. Vienu atveju, t.y. balandžio 14 dieną iki 15 valandos vėdinimo agregato ventiliatoriai veikė 30% greičiu, po to vėdinimas visiškai išjungtas. Šiuo atveju recirkuliacija buvo nenaudojama, t.y. oras imamas iš lauko.



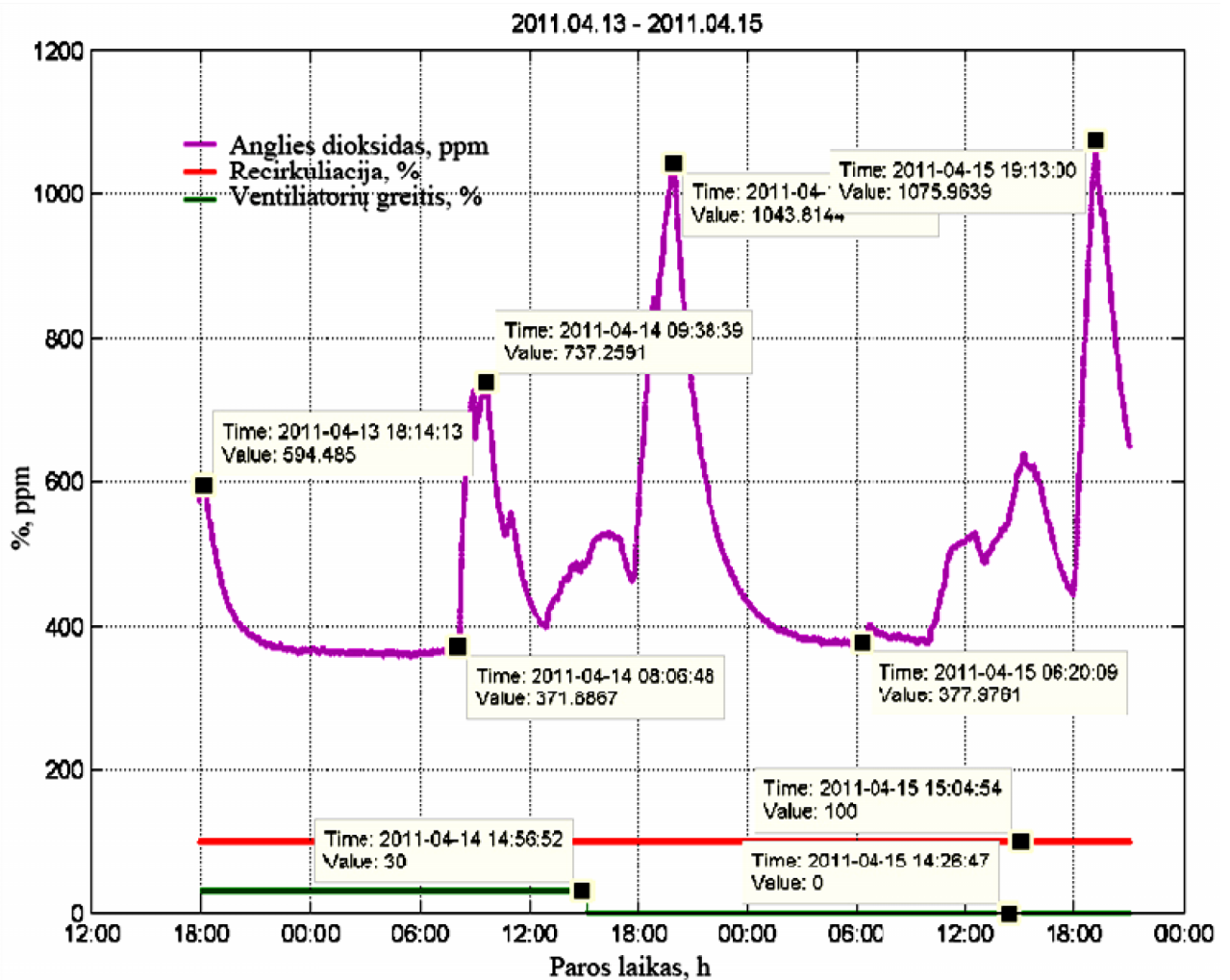
4.2.1.1 pav. Siemens QPA2060 ir QFA2060 keitiklių bendras vaizdas



4.2.1.2 pav. Išėjimo įtampos (U1) priklausomybė nuo CO<sub>2</sub> dalelių skaičiaus (ppm)



4.2.1.3 pav. Išėjimo įtampos (U1) priklausomybė nuo santykinės oro drėgmės (%)



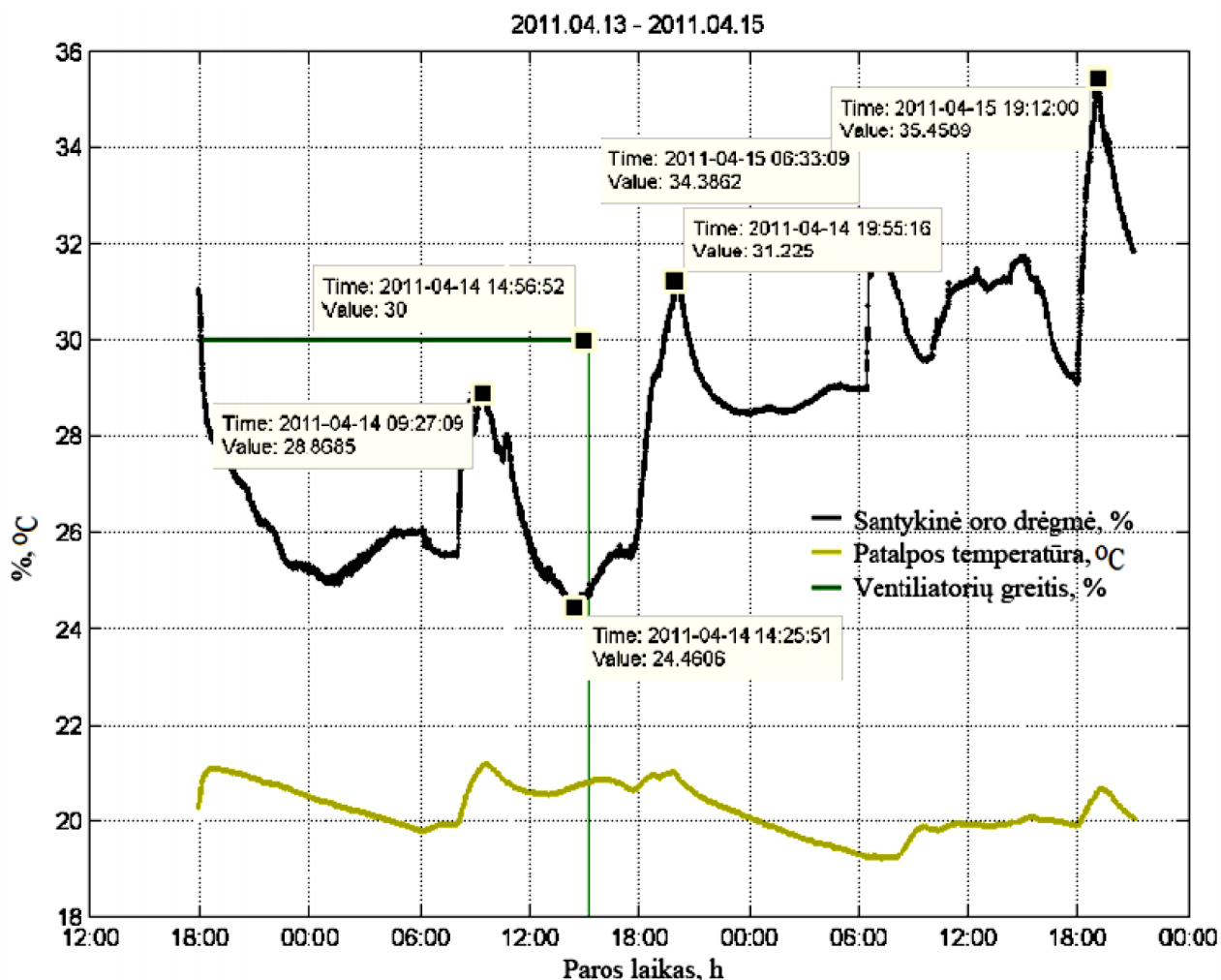
4.2.1.4 pav. Anglies dioksido dalelių skaičius priklausomai nuo ventiliatorių greičio. Be recirkuliacijos (oras imamas iš lauko)

Iš 4.2.1.4 priklausomybės galima matyti, kada prasidėjo ir kada baigėsi paskaitos, t.y. kai vėdinimas buvo įjungtas, 8:00 h prasidėjo paskaita ir 9:38 h - baigėsi, taip pat ir kai vėdinimas buvo išjungtas paskaita prasidėjo apie 18:00 ir baigėsi apie 19:50 h. Šiuo režimu palikta vėdinimo sistema veikė ir 2011-04-14 ir 2011-04-15 dienomis. Per šias paskaitas patalpoje buvo panašus žmonių skaičius su dėstytoju - 9 žmonės.

Tai pagal šiuos rodiklius galima daryti išvadą, kad esant įjungtiems ventiliatoriams mažu greičiu (30%), CO<sub>2</sub> koncentracijos didėjimas patalpoje lėtesnis nei ventiliatorių greitis 0% (išlieka minimalus ventiliatorių greitis aušinimuisi) per tą patį laiko tarpą.

Naudojant priverstinį vėdinimą sumažinamas ne tik anglies dioksidas, bet ir santykinė oro drėgmė (4.2.1.5 pav.). Vadovaujantis Lietuvos higienos normomis HN 69:2003 „Darbo patalpų pakankamos šiluminės aplinkos oro temperatūros, oro santykinio drėgnumo ir oro judėjimo greičio norminės vertės“ ir 2.1.5 santykinės oro drėgmės - temperatūros priklausomybe, šiuo atveju

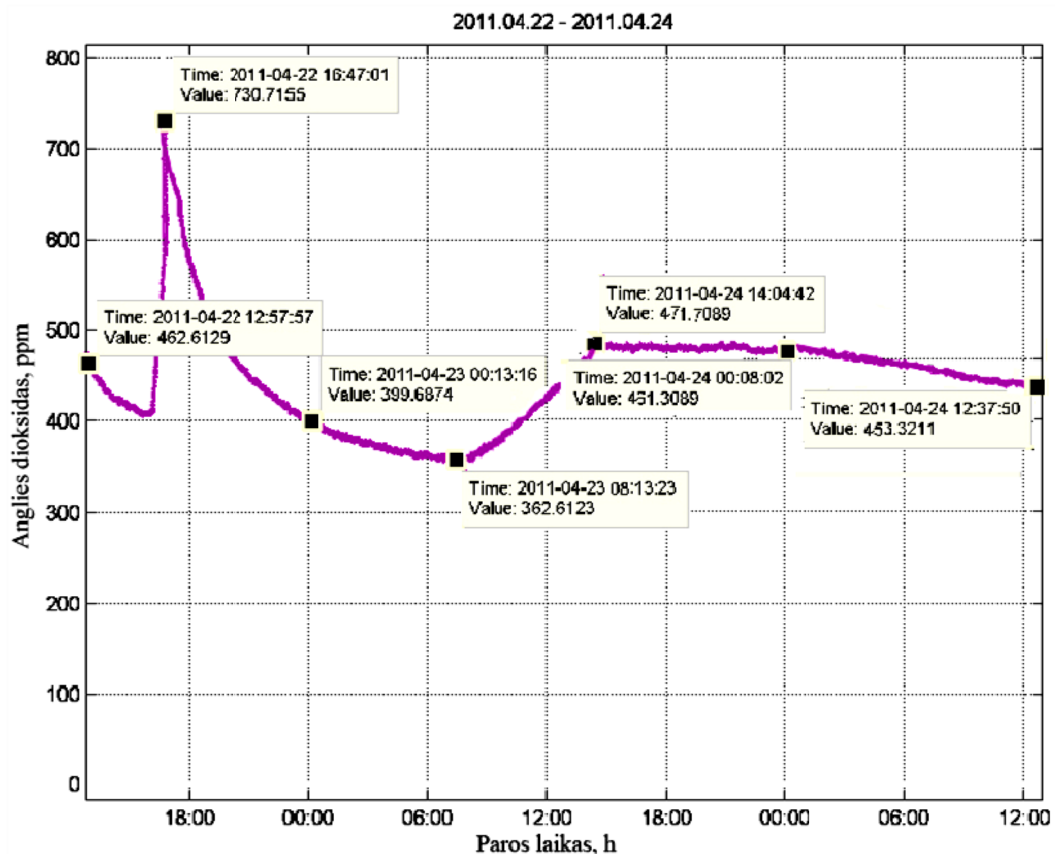
patalpoje santykinė oro drėgmė yra šiek tiek mažesnė. Pagal 2.1.5 pav., patalpos santykinė oro drėgmė turėtų būti apie 40%, nes oro temperatūra svyruoja ties 20 °C (4.2.1.5 pav.).



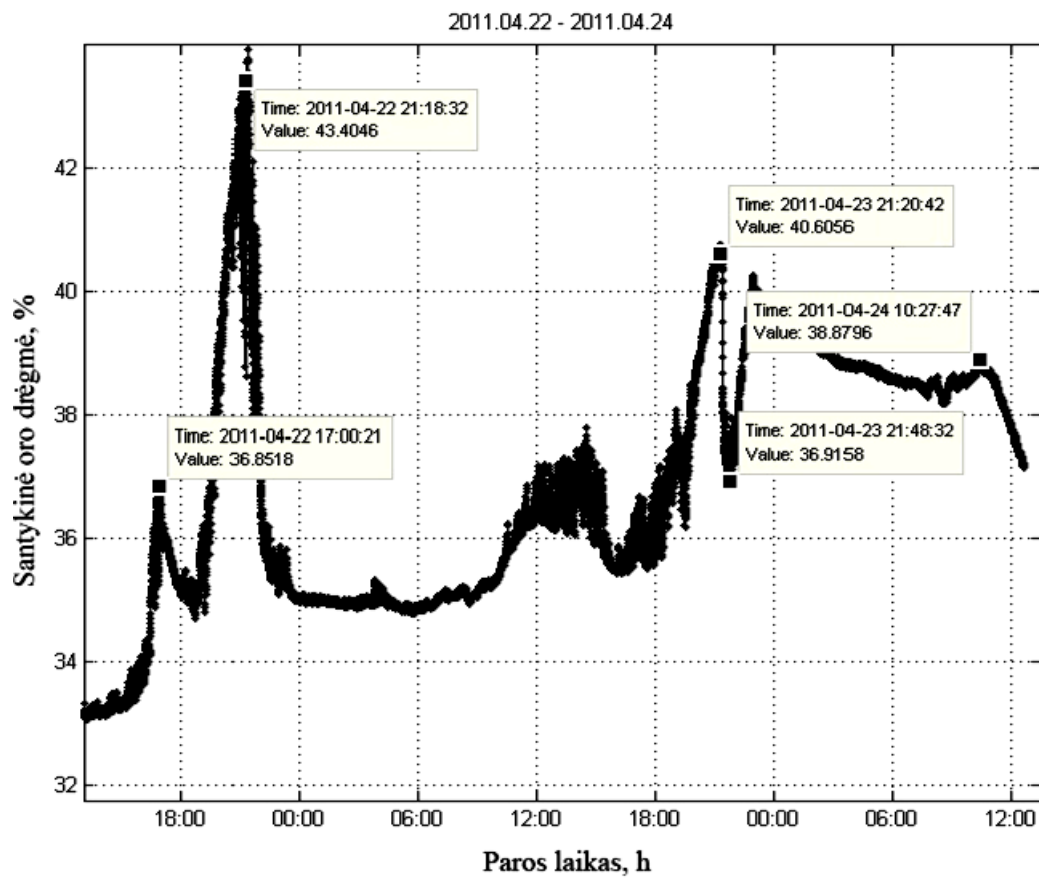
4.2.1.5 pav. Santykinė oro drėgmė, kai ventilatoriaus greitis 30% ir kai ventilatoriai sustabdyti. Be recirkuliacijos (oras imamas iš lauko)

Per pastarąjį laikotarpį oro užterštumas padidėjo ne tik Lietuvoje, bet ir visame pasaulyje. Tą užterštumą, kaip žinoma, įtakojo technikos vystymasis ir įvairūs kiti faktoriai, tokie kaip gamyklų naudojami chemikalai, įvairios neekologiškos elektrinės, didelis automobilių pagausėjimas ir t.t. Pagal Šiaulių miesto oro taršos monitoringo duomenis, mieste didžiausias oro užterštumas yra nuo transporto priemonių išmetamų dujų ir sukeliamų dulkių. Transporto tarša sudaro apie 70% viso miesto taršos (35). Šiaulių universiteto technologijos fakultetas nuo aplinkinių gatvių yra atokiau, bet vėjas gali atnešti orą teršiančių medžiagų ir iki fakulteto pastato. 2011 balandžio 23, 24 dienomis (savaitgalis) paskaitos tiriamojame patalpoje nevyko. Todėl iš 4.2.1.6 paveikslėlio galima matyti, kad anglies dioksido dalelių skaičius padidėjo nuo 362 ppm iki 471 ppm, nors ir žmonių patalpoje nebuvo. Kai kuriais atvejais patalpoje anglies dioksido koncentracija gali būti mažesnė nei patalpoje, todėl dauguma laisvai programuojami valdikliai turi galimybę

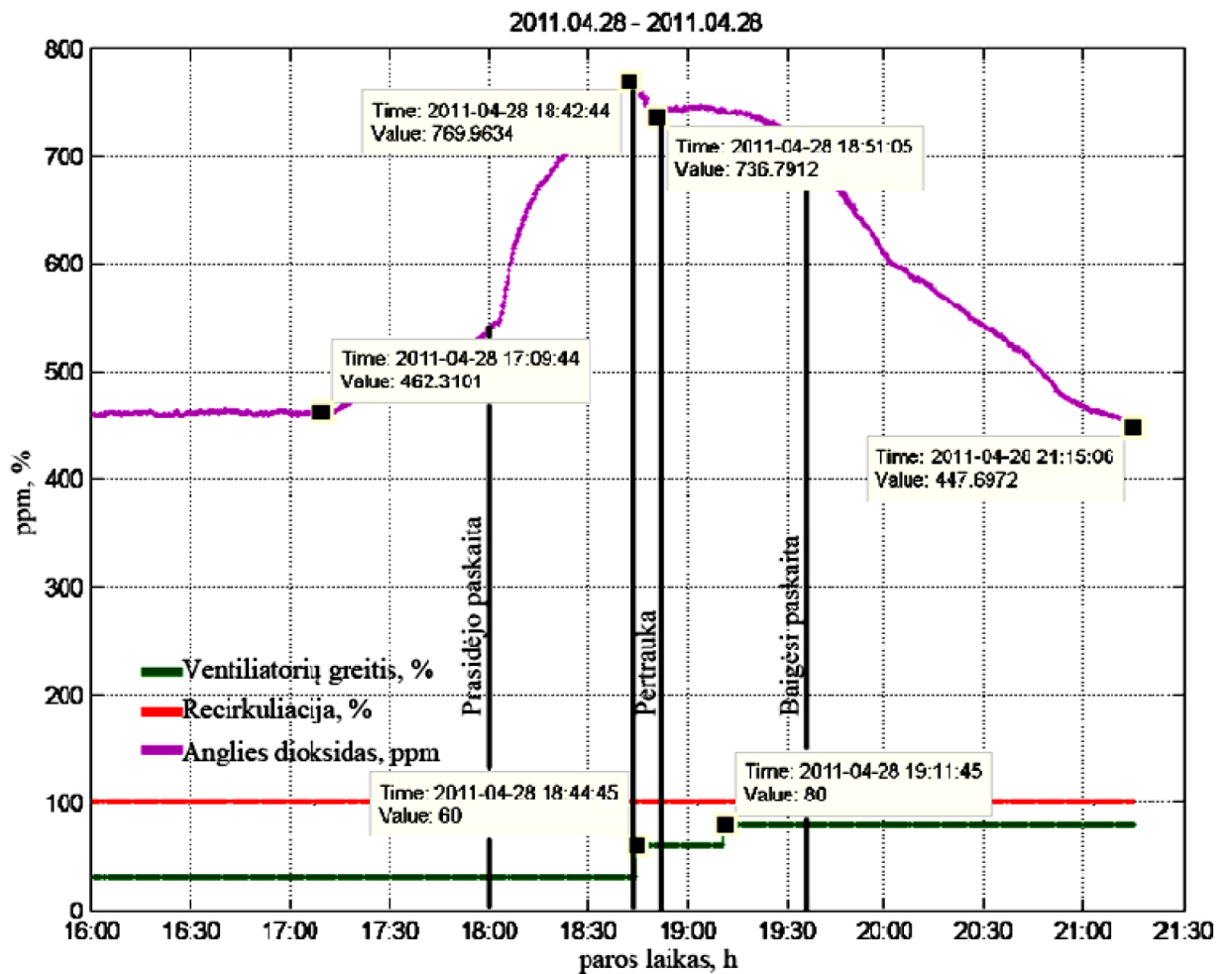
recirkuliaciją reguliuoti ne tik pagal patalpos, tiekiamo oro temperatūrą, bet ir įvertinant lauko oro užterštumą. Tuo metu santykinė oro drėgmė patalpoje padidėjo nežymiai (4.2.1.7 pav.).



4.2.1.6 pav. Lauko oro įtaka patalpos anglies dioksido koncentracijai, kai: ventiliatoriaus greitis 30%. Be recirkuliacijos (oras imamas iš lauko). Žmonių patalpoje nėra.



4.2.1.7 pav. Lauko oro įtaka santykinė patalpos oro drėgmei, kai: ventiliatoriaus greitis 30%. Be recirkuliacijos (oras imamas iš lauko). Žmonių patalpoje nėra.

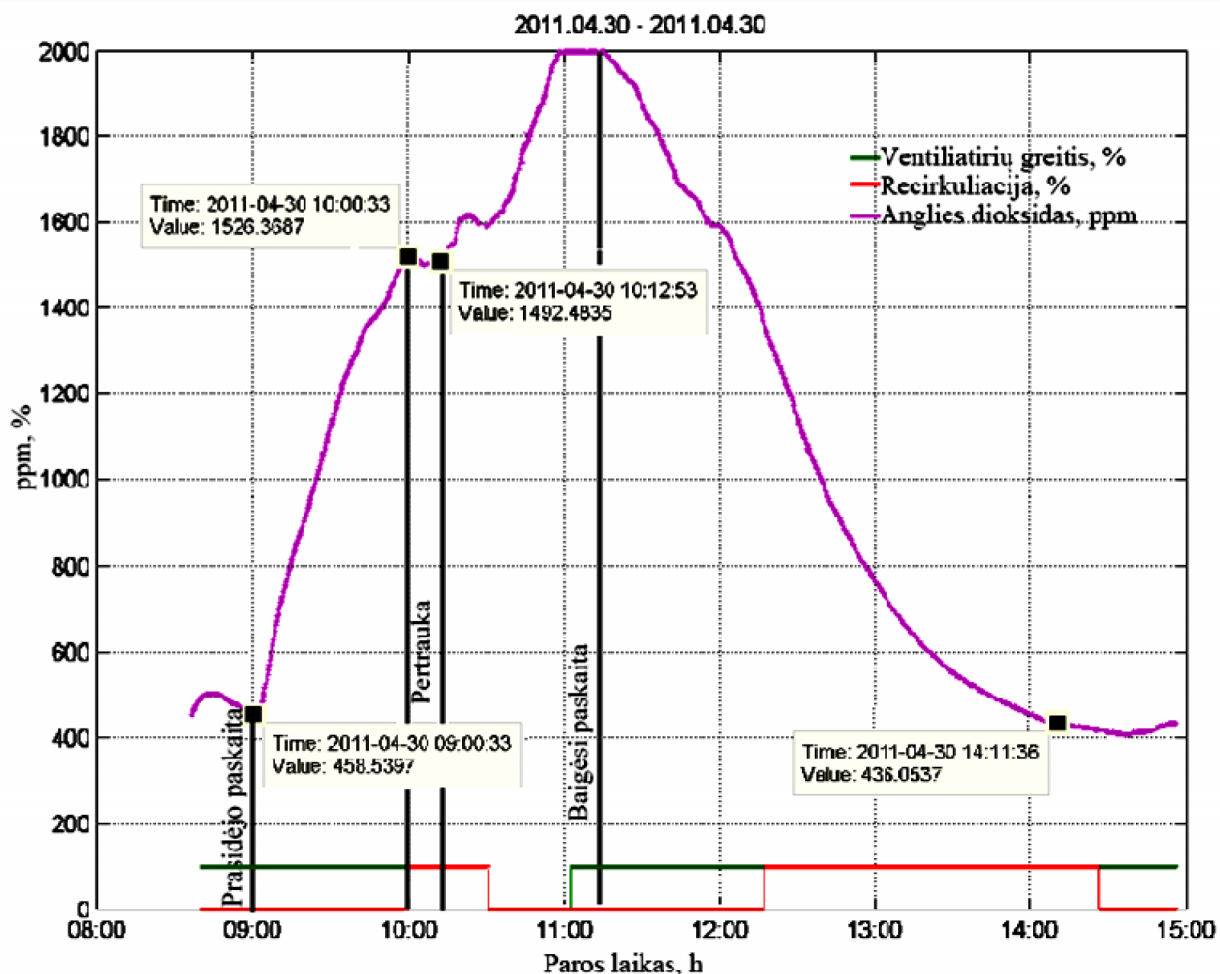


4.2.1.8 pav. Ventilatorių greičių įtaka anglies dioksido koncentracijai. Be recirkuliacijos (oras imamas iš lauko). Žmonių skaičius patalpoje - 5.

Iš 4.2.1.8 paveikslėlio matyti, kad prasidėjus paskaitai ir esant ventiliatoriaus greičiui 30% (recirkuliacija nenaudojama, t.y. 100%) anglies dioksido koncentracija patalpoje pakilo nuo 520 ppm iki 770 ppm. (kai žmonių skaičius patalpoje 5). Pertraukos metu ventiliatorių greitis padidintas iki 60%, tuo metu pradėjo mažėti CO<sub>2</sub> koncentracija. Kai studentai vėl grįžo į auditoriją anglies dioksidas pradėjo vėl didėti. Ventilatorių greitis dar padidinamas ir anglies dioksidas po truputį mažėja.

Iš šio bandymo galima daryti išvadą, kad tyrimui naudojamo rekuperatoriaus tiekiamo oro srauto (šiuo atveju apie 220 m<sup>3</sup>/h) užtenka stabilizuoti patalpos anglies dioksido dalelių skaičių, kai tiriamoje patalpoje būna apie 5 žmonės.

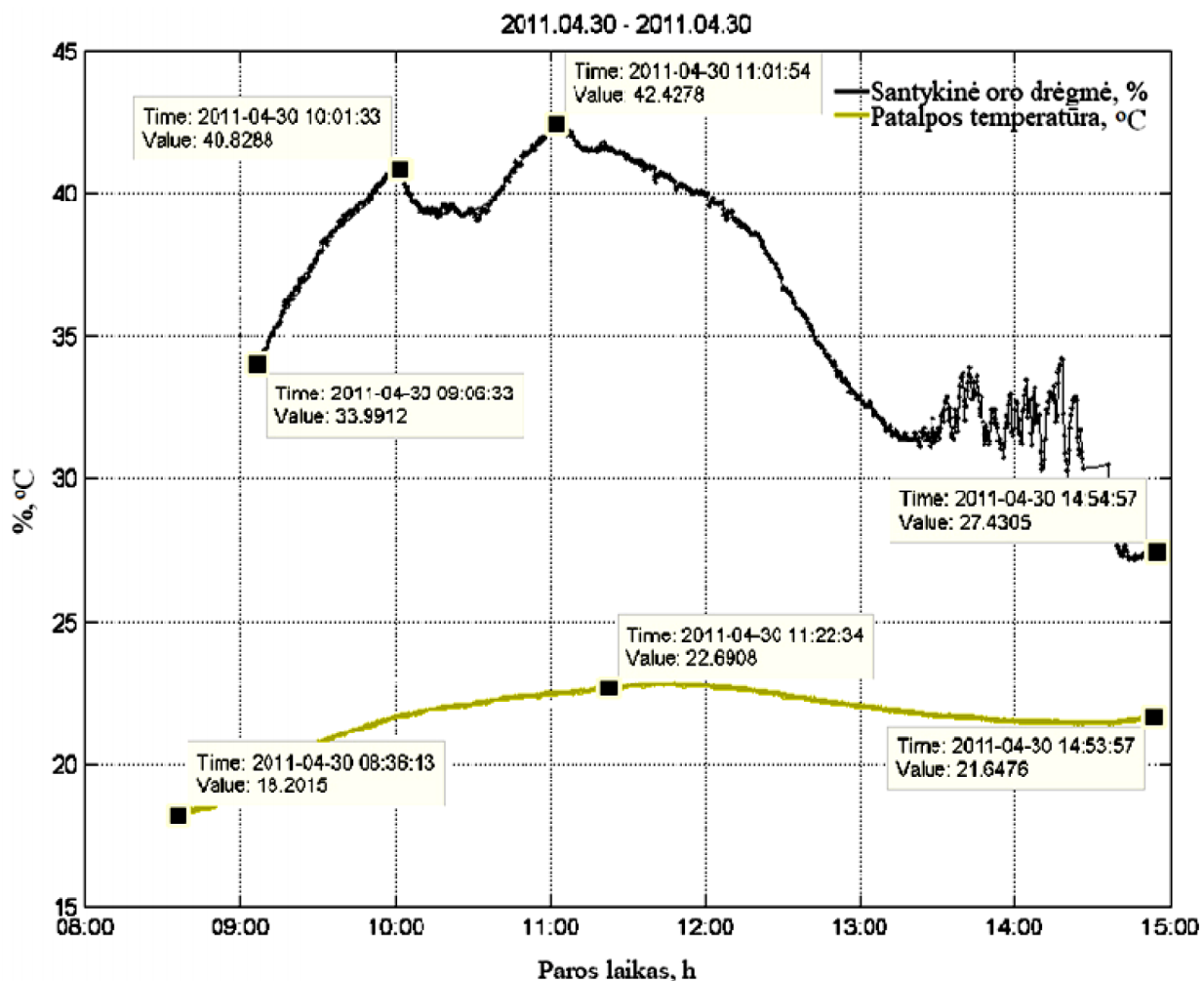




4.2.1.9 pav. Anglies dioksido pokytis. Žmonių skaičius patalpoje 14.

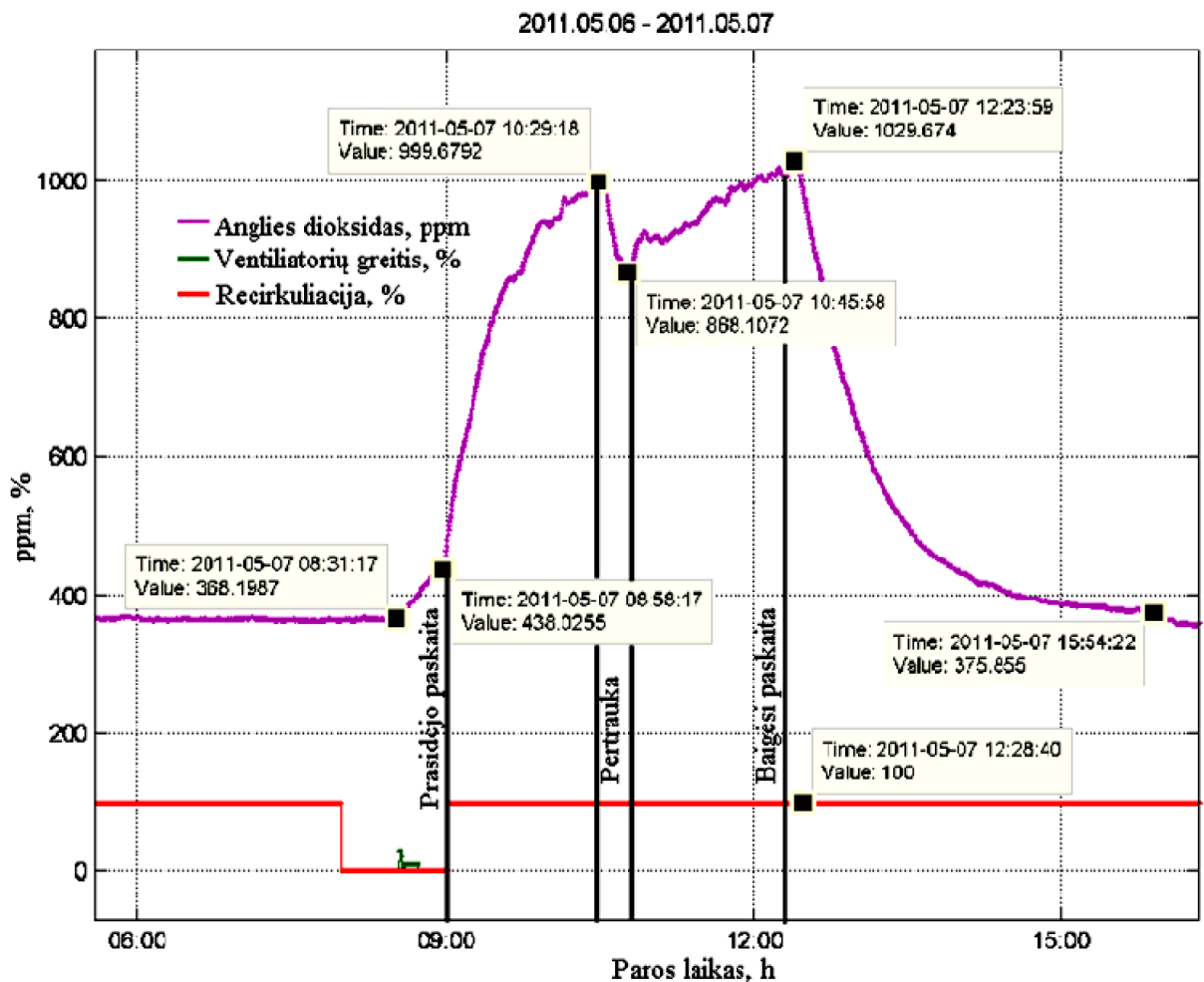
Esant didesniai žmonių skaičiui CO<sub>2</sub> koncentracija patalpoje labai išauga. Tokiu atveju reikalingas didelis vėdinimo sistemos našumas, kad pašalintų susikaupusius teršalus. Iš 4.2.1.9 rezultatų matyti, jog pasibaigus paskaitai 1000 ppm ribą ŠVOK įrenginys pasiekė per 1,5 h. Jei būtų recirkuliacija nenaudojama, šis laiko tarpas turėtų būti mažesnis. O jei paskaita tęstųsi – kreivė turėtų kristi lėčiau. Esant didesniai žmonių skaičiui santykinė oro drėgmė ir temperatūra taip pat didėja (4.2.1.10 pav.). Pagal higienos normas HN 69:2003 patalpoje neviršijama drėgmė.

Šio tyrimo išvada būtų tokia, kad vien pašalinti oro neužtenka esant apie 14 žmonių, reikia į patalpas tiekti pakankamą šviežio oro kiekį, nes kitu atveju teršiančių dalelių kiekis gali žymiai padidėti.



4.2.1.10 pav. Santykinės oro drėgmės ir patalpos oro temperatūros pokytis. Žmonių skaičius patalpoje 14.

Kai žmonių skaičius patalpoje nesikeičia ilgesnį laiką (šiuo bandymo metu buvo 8 žmonės), tai anglies dvideginis patalpoje didėja palaipsniui. Tik pasibaigus paskaitai patalpos užterštumas pradėjo mažėti. Bandymo metu ventiliatorių greitis – maksimalus, oras imamas iš lauko (4.2.1.11 pav.).

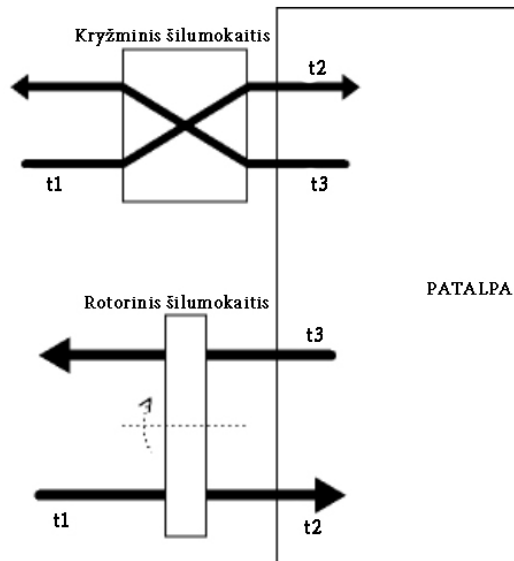


4.2.1.11 pav. Anglies dioksido pokytis. Recirkuliacija, ventiliatorių greitis – 100%. Žmonių skaičius patalpoje - 8.

Šio bandymo išvada galėtų būti tokia: išnaudojant visą sistemos našumą (oras imamas iš lauko ir ventiliatorių greitis 100%), taip pat esant didesniai žmonių skaičiui (šiuo atveju 8) tyrimams naudojama ŠVOK sistema nebūtų pajėgi normalizuoti patalpos CO<sub>2</sub> iki reikiamo lygio. Kai vėdinimo sistema negali normalizuoti užterštumo, reikėtų pertraukos metu pradaryti duris ar langus greitam teršalų pašalinimui. Šaltuoju metų laiku tokiu vėdinimo būdu (kai yra pradaromi langai) galima prarasti nemažai šilumos energijos. Todėl projektuojant ŠVOK sistemas viešosioms įstaigoms reikėtų vadovautis ne patalpos plotu, o pagal prognozuojamą žmonių skaičių.

## 4.2.2 Patalpos, atskirų mazgų temperatūros ir ŠVOK agregato temperatūrinis efektyvumas

Temperatūrinį efektyvumą galima aprašyti taip: tai santykis tarp to, kiek laipsnių tiekiamasis oras šilumokaityje pašilo, bei šalinamo oro ir lauko oro temperatūrų skirtumo, t. y. kiek galėjo pašilti idealiausiomis sąlygomis (4.2.2.1 pav.).



4.2.2.1 pav. Plokštelinio ir rotorinio šilumokaičių šilumos atgavimo principinė schema.  $t_1$  – lauko oro temperatūra,  $t_2$  – tiekiamo oro temperatūra į patalpą,  $t_3$  – ištraukiamas oras iš patalpos.

Šilumos atgavimo efektyvumas priklauso ne tik nuo lauko oro temperatūros, bet taip pat nuo agregato dydžio ir jo transportuoto oro kiekio (debito).

Temperatūros efektyvumas paskaičiuojamas pagal žemiau pateiktą išraišką (4.2.2.1) (36).

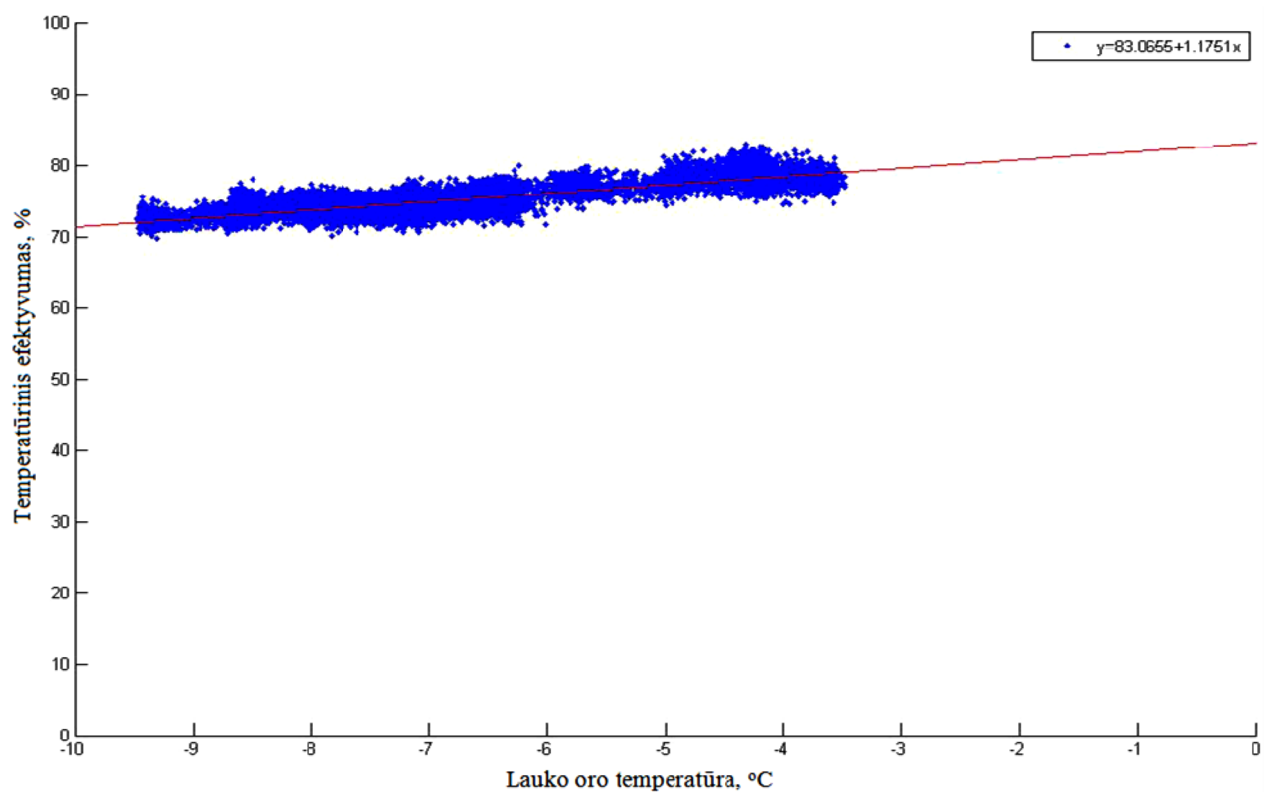
$$\eta_t = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1} \cdot 100\% \quad (4.2.2.1)$$

Čia:  $\eta_t$  – šilumokaičio temperatūrinis efektyvumas, %;  $t_1$  – lauko oro temperatūra, oC;  $t_2$  – oro temperatūra tiekama į patalpą, oC;  $t_3$  – ištraukiamo iš patalpos oro temperatūra, oC.

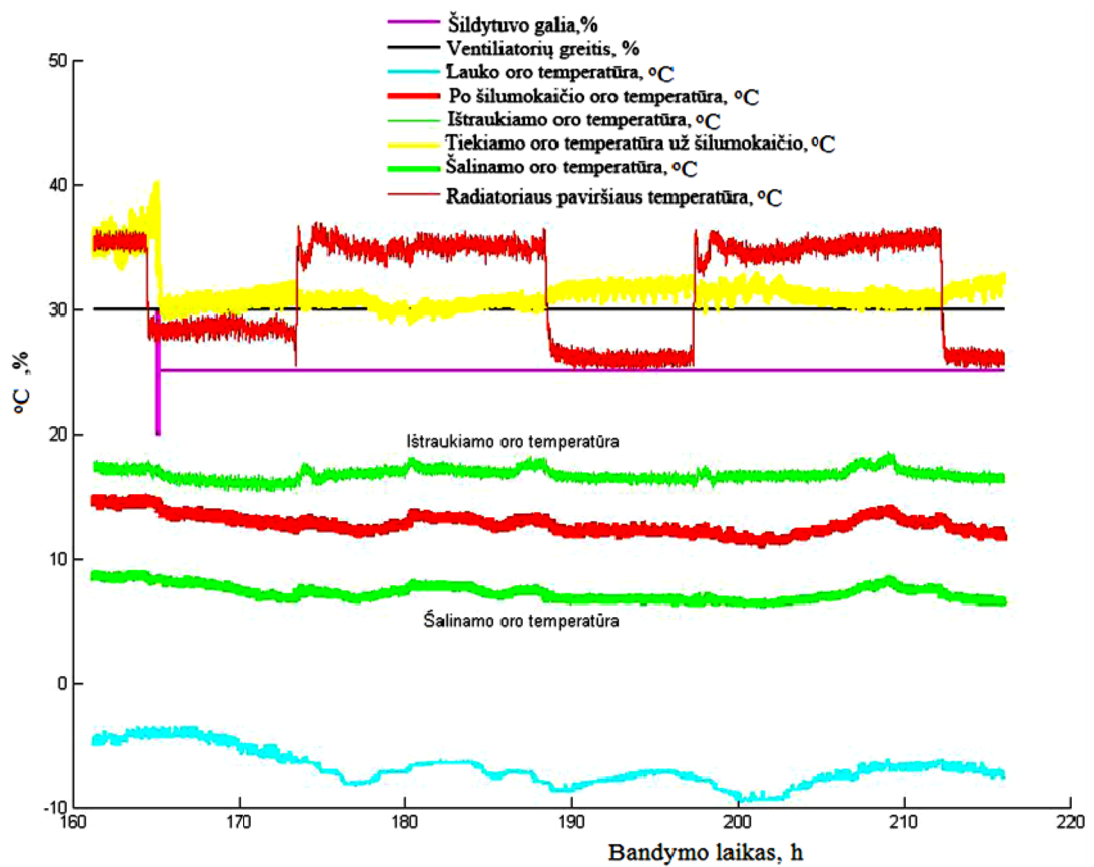
Kai klimatas žiemą yra labai sausas, rekuperatoriai gali susigrąžinti dalį drėgmės iš išmetamo oro, kuri kitu atveju naudojant paprastą vėdinimo būdą (be šilumokaičių) būtų paprasčiausiai išmetama lauk su šalinamu oru. Rekuperatoriai su rotoriniais šilumokaičiais, kurie padengti higroskopine danga, drėgmės iš ištraukiamo oro sugražina žymiai daugiau nei naudojant rotorinį šilumokaitį be dangos. Ir dar mažiau drėgmės sugražina plokšteliniai šilumokaičiai

(popieriniai). Tai padeda išlaikyti didesnę komforto lygį drėgmės atžvilgiu, sumažina statinio elektros sąnaudas oro drėkinimui.

Šilumokaičio temperatūrinio efektyvumo ir agregato atgautos šilumos iš ištraukiamo oro priklausomybė nuo lauko temperatūros, panaudojus realius išmatuotus duomenis ir apskaičiuavus pagal 4.2.2.1 formulę, pateikti 4.2.2.2 paveikslėlyje. Tyrimo metu lauko oro temperatūra svyravo nuo  $-3^{\circ}\text{C}$  iki  $-9^{\circ}\text{C}$ . Iš grafiko (4.2.2.2 pav.) matyti, kad žemėjant lauko oro temperatūrai krenta ir rekuperatoriaus temperatūrinis efektyvumas. 4.2.2.3 paveikslėlyje pateikta atskirų mazgų temperatūrų bandymų matavimų ištrauka. Čia x ašis nurodo bandymo laikotarpį valandomis, t.y. šiuo atveju pateikta ištrauka iš bandymo nuo 160 h iki 216 h.



4.2.2.2 pav. Šilumokaičio temperatūrinio efektyvumo priklausomybė nuo lauko temperatūros

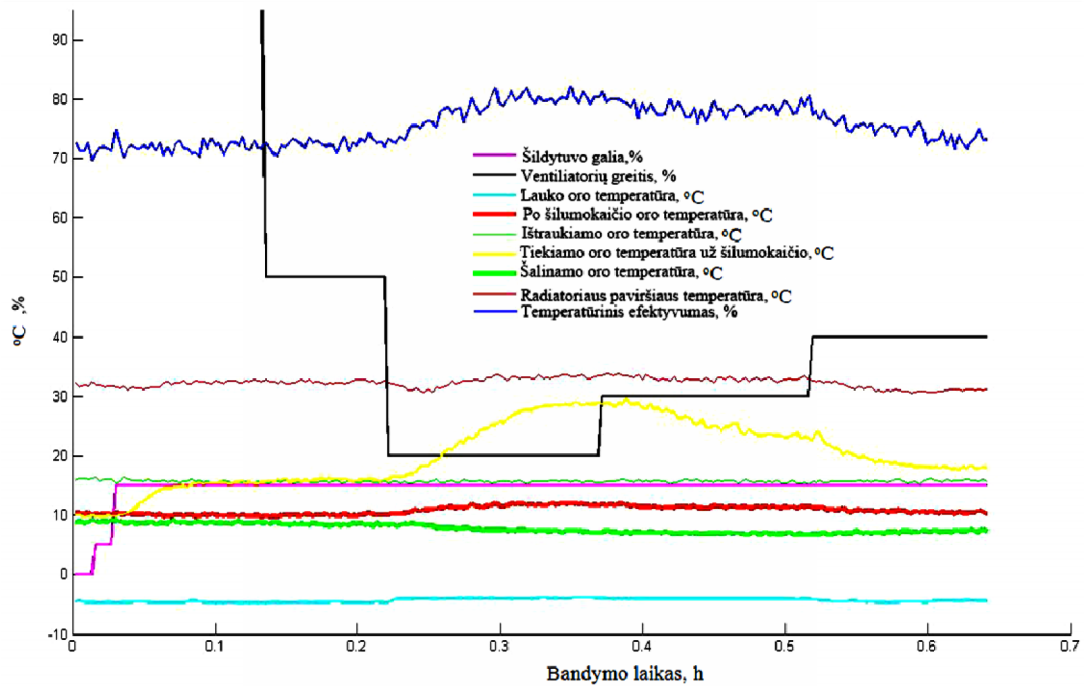


4.2.2.3 pav. Atskirų mazgų temperatūrų bandymo ištrauka

2011 sausio mėnesį buvo atliktas kitas trumpas bandymas, kurio tikslas – gauti duomenis, kaip realiu laiku keičiasi temperatūrinis efektyvumas priklausomai nuo lauko temperatūros ir ventiliatoriaus greičio. Taip pat kokios šildytuvo galios reikia jei ventiliatoriaus greitis keičiamas ir lauko temperatūra pastovi (bandymo metu lauko temperatūra siekė  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Bandymo rezultatai:

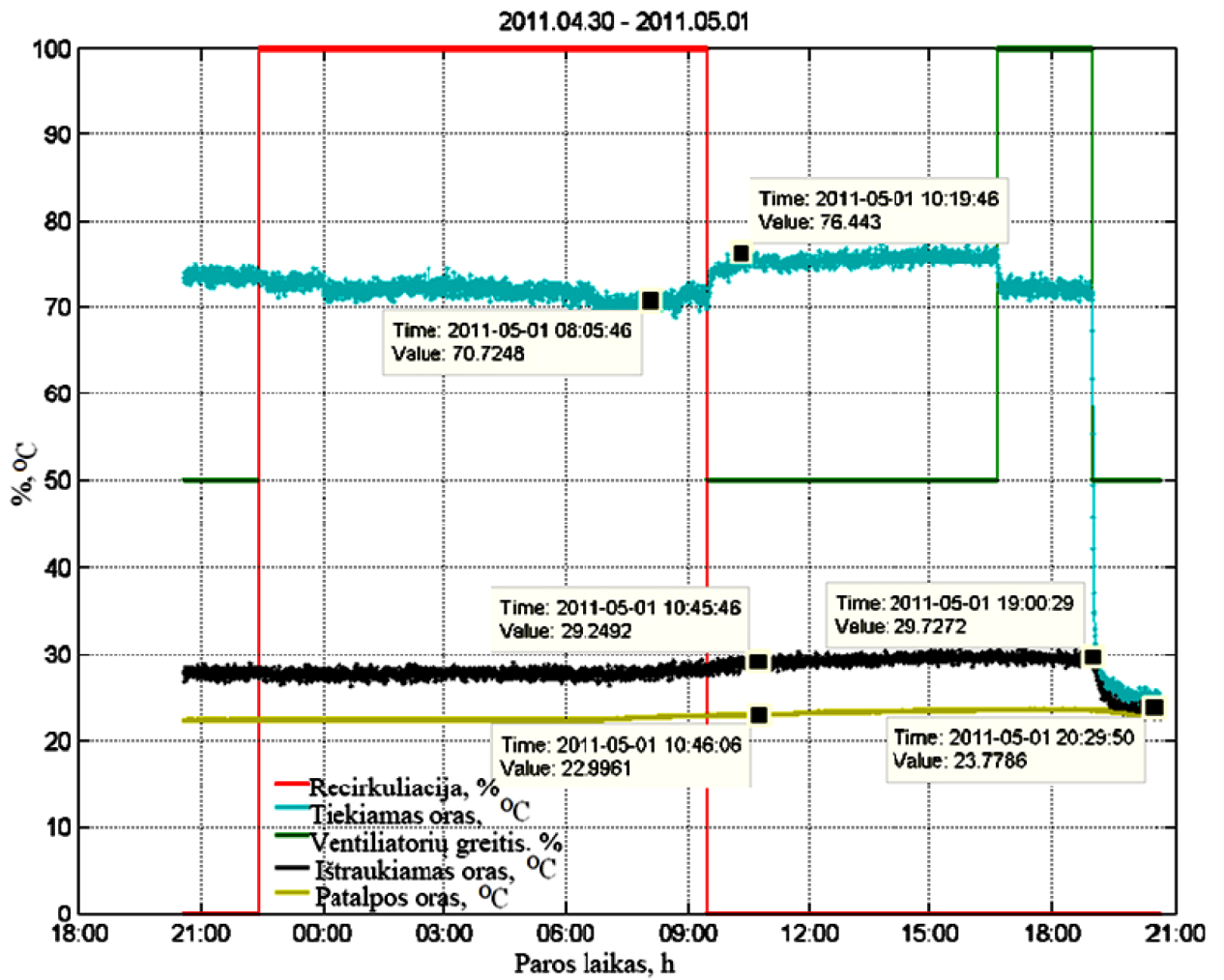
- Esant ventiliatoriaus maksimaliam greičiui ir lauko temperatūrai  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  iš 4.2.2.4 paveikslėlio matyti, kai sumažinamas ventiliatoriaus greitis iki 50 % temperatūrinis efektyvumas beveik nesikeičia, o esant 30% greičiui, efektyvumas keliais procentais padidėja.
- Kai ventiliatoriaus greitis yra nuo 50% iki 100% ir lauko temperatūra  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tiekiamam orui pašildyti iki patalpos temperatūros reikia išoriniui šildytuvui nustatyti apie 15% galios nuo maksimalios (t.y. 390 W iš 4.3.1 pav.). Sumažinus ventiliatoriaus greitį iki 30%, 30% šildytuvo galią atitinkamai galima mažinti (jei nereikia paduoti didesnės temperatūros orą į patalpas nei yra ištraukiamo oro temperatūra).



4.2.2.4 pav. Temperatūrinio efektyvumo ir šildytuvo galios pareikalavimo priklausomybė nuo ventiliatoriaus greičio

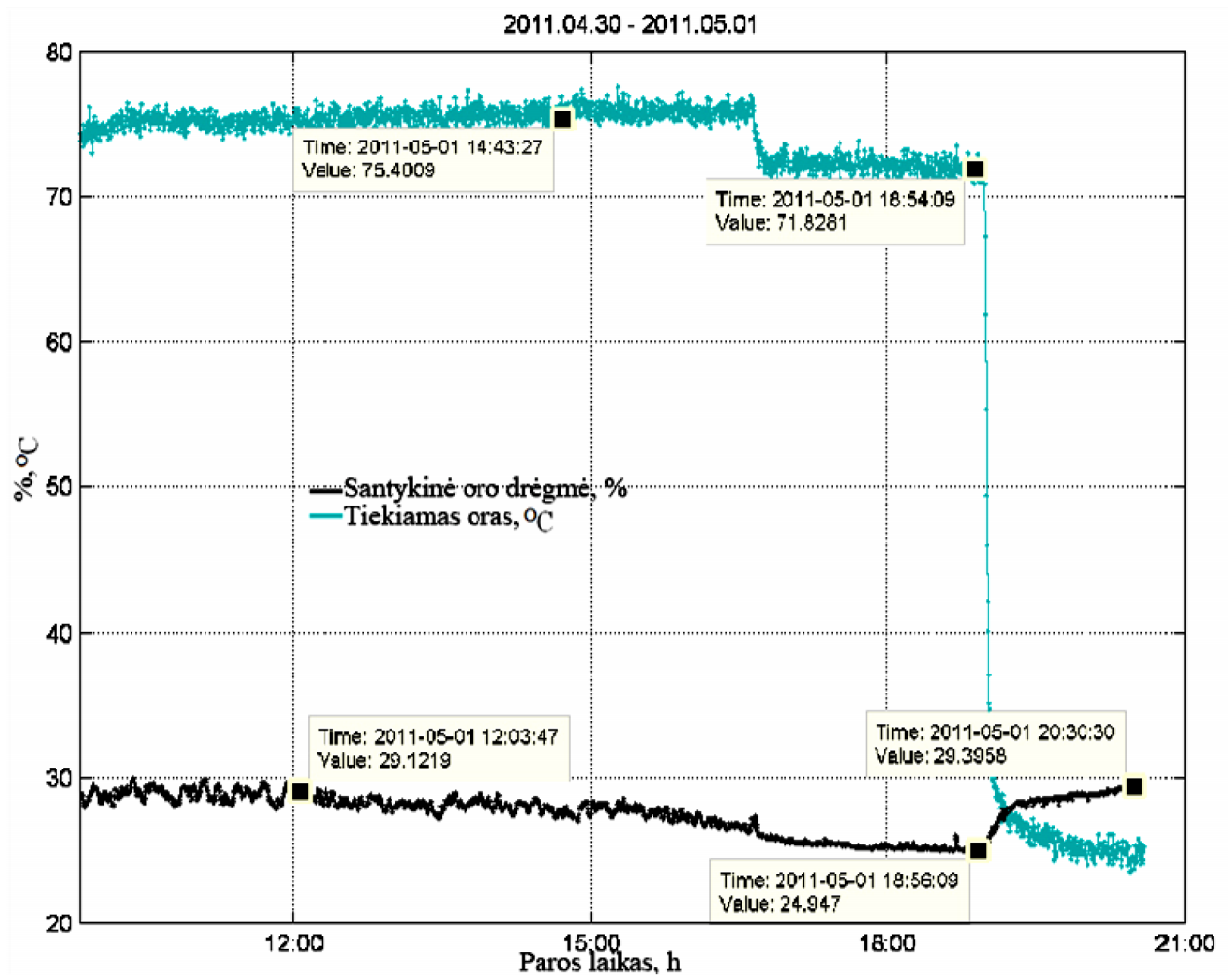
Europoje populiarėja patalpų šildymas oru. Šis šildymo būdas prieš dešimt metų daugiausia išpopuliarėjo JAV. Anot jų, tai yra efektyvesnis ir ekonomiškesnis sprendimas. Šildant vandeniu sistemos naudingumo koeficientas siekia apie 65 proc., o orinio šildymo - apie 90 proc., nes orinio šildymo sistemose nėra tarpinio šilumos nešėjo – vandens (37). Oras šyla ir akimirksniu atkeliauja į patalpas. Naudojant ventiliatorius, šiltas oras ortakiais patalpas pasiekia dar greičiau.

Šildymas oru turi ir trūkumų. Vienas iš jų tai, kad tiekiamo šilto oro pasiskirstymas patalpoje būna prastesnis. Kaip matyti iš bandymo rezultatų (4.2.2.5 pav.) žmogaus jutimo zonoje pritvirtintas temperatūros jutiklis rodo mažesnę temperatūrą, nei ištraukiamojo oro jutiklis. Tai reiškia, kad pašildytas tiekiamas oras pasiskirsto patalpos palubėje ir pašalinamas laukan. Taip pat šildymas oru daugiau sausina patalpos orą (4.2.2.6 pav.), tokiu būdu dar reikalinga papildoma drėkinimo sistema.



4.2.2.5 pav. Temperatūrų skirtumas patalpoje





4.2.2.6 pav. Patalpos drėgmės pokytis, kai šildymas išjungtas

### 4.2.3. Patalpos triukšmo lygis

Triukšmo poveikis organizmui pirmiausia siejamas su triukšmo sukeliamu dirginančio poveikio stiprumu. Triukšmo poveikis žmogaus organizmui priklauso nuo triukšmo pobūdžio (stiprumo, dažnių spektro ir kt.), poveikio, laiko ir trukmės, bei nuo individualių organizmo savybių: amžiaus, sveikatos, jautrumo triukšmui. Jautriausi triukšmui pagyvenę, turintys fizinių bei psichinių negalių, dirbantys triukšmingoje aplinkoje, žmonės (20).

Efektyvus bendravimas paskaitų metu yra būtinas, todėl vėdinimo sistema turi veikti kuo tyliau. Norint gerai susikalbėti, kalbos garso lygis šalia klausytojo ausies turi būti mažiausiai 10 dB aukštesnis negu aplinkos triukšmo lygis.

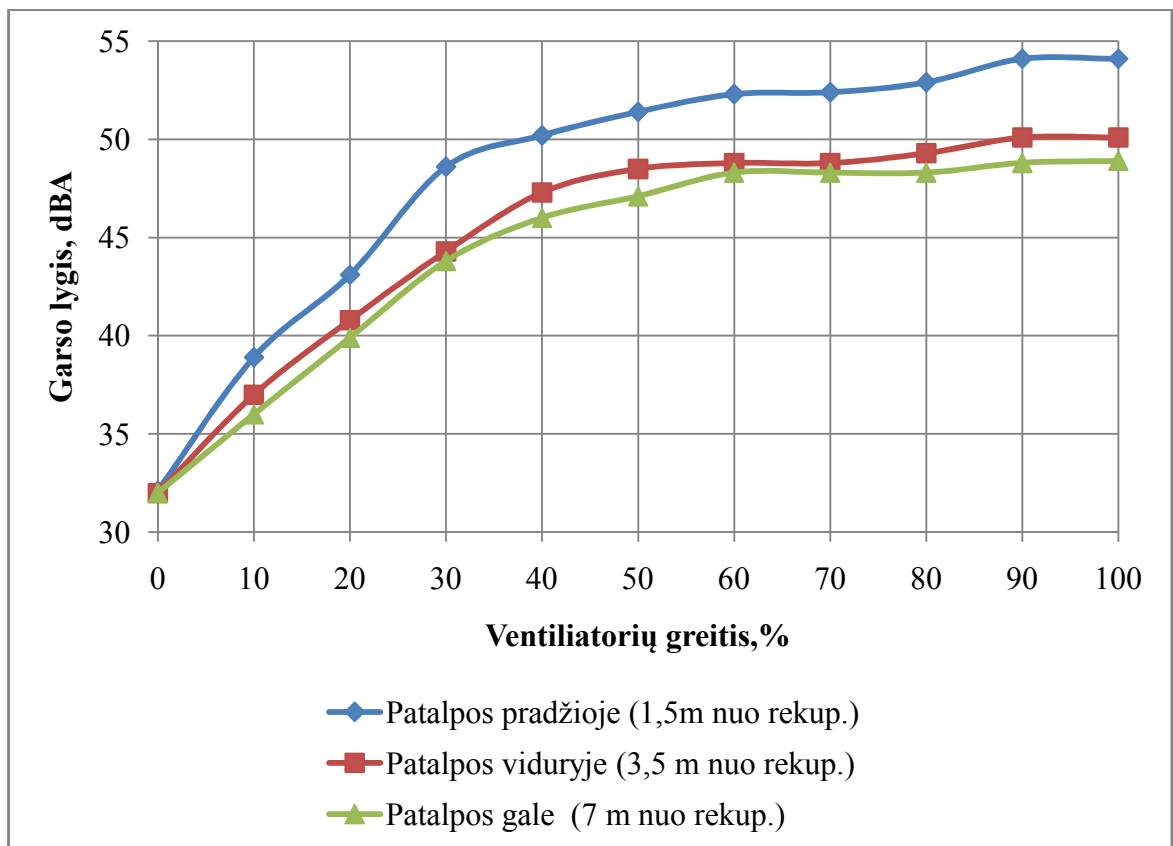
Triukšmo matavimo metodika, pateikta higienos normoje (HN 33-1:2003 „Akustinis triukšmas. Leidžiami lygiai gyvenamojoje ir darbo aplinkoje. Matavimo metodikos bendrieji reikalavimai“), skirta naudoti bet kokių šaltinių (atskirai ar kartu veikiančių nagrinėjamame taške) triukšmui matuoti (38).

Matuojant triukšmo lygį tiriamojoje patalpoje, vadovautasi HN 33-1:2003 („Akustinis triukšmas. Leidžiami lygiai gyvenamojoje ir darbo aplinkoje. Matavimo metodikos bendrieji reikalavimai“) procedūromis (38):

- Triukšmo matavimo metu patalpų langai ir durys turi būti uždaryti, o jeigu triukšmo šaltinis ne pastate, orlaidės turi būti atviros. Kai langai atviri, triukšmo lygis nenormuotas;
- Matavimo metu patalpose turi būti tik darbuotojai, atliekantys matavimus;
- Pastatų patalpose matuojama ne mažiau kaip trijuose taškuose, tolygiai išdėstytuose patalpoje ne arčiau kaip 1 m nuo patalpos sienų ir ne arčiau kaip 1,5 m nuo langų, 1,5 m aukštyje nuo grindų;
- Matuojama 1,5 m aukštyje, nukreipus mikrofoną į garso šaltinio pusę;
- Prieš matavimą nustatomas triukšmo pobūdis. Tam tikslui triukšmo matuoklio dažninės charakteristikos jungiklis nustatomas skalės A padėtyje.
- Matavimo metu mikrofonas nukreipiamas į maksimalaus triukšmo pusę ne mažesniu kaip 0,5 m atstumu nuo asmens, atliekančio matavimus.

Triukšmo lygio bandymas buvo vykdomas tokia tvarka:

1. Didinant nuo minimalaus iki maksimalaus ventiliatorių greičių, išmatuotas trijose patalpos taškuose triukšmo lygis.
2. Atidarius vėdinimo agregato priekinę aptarnavimo panelę, numontavus lanksčius ortakius nuo rekuperatoriaus ir atjungus šalinamo oro ventiliatorių, išmatuotas tiekiamo oro ventiliatoriaus generuojamas triukšmas.
3. Prijungus šalinamo oro ventiliatorių ir atjungus tiekiamąjį, išmatuotas šalinamo oro ventiliatoriaus generuojamas triukšmas.
4. Prijungus tiekiamo ir ištraukiamo oro ventiliatorius, uždarius priekinę aptarnavimo panelę ir prijungus lanksčius ortakius, išmatuoti triukšmo lygiai ortakių posūkiuose.
5. Keičiant oro reguliavimo sklendžių padėtis taip pat ir ventiliatorių greitį, nustatyta reguliavimo sklendžių įtaka šalinamo ortakio sukeliama triukšmui.



4.2.3.1 pav. Garso lygis tiriamojoje patalpoje



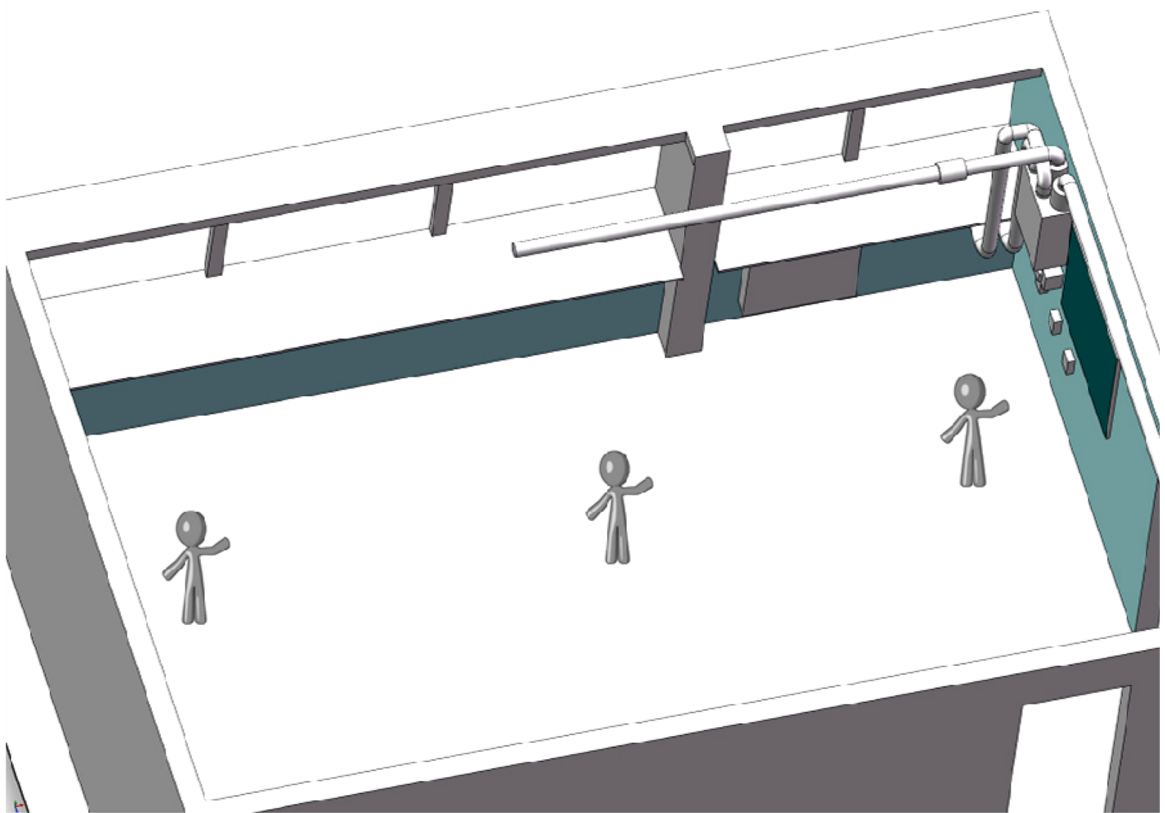
4.2.3.2 pav. Garso lygio matuoklis MS6701

Garso lygiui matuoti buvo naudotasi garso lygio matuokliu MS6701 (4.2.3.2 pav.) (39). Pagal higienos normas HN 33-1:2003, triukšmo matavimai turi būti atliekami keliuose patalpos vietose. Tai tiriamojoje patalpoje matavimai buvo atliekami trijose skirtinguose taškuose, jie parodyti 4.2.3.3 paveikslėlyje. T.y. patalpos pradžioje, viduryje ir gale, atitinkamai metrais: 1,5 m, 3,5 m ir 7 m nuo triukšmo šaltinio (rekuperatoriaus). Atlikus vėdinimo sistemos skleidžiamo triukšmo tyrimą nustatyta, kad tiriamojoje patalpoje triukšmo lygis neviršija leistinų higienos normų. Iš 4.2.3.1 paveikslėlio galime matyti, kad arčiausiai triukšmo šaltinio (1,5 m atstumu), kai jis veikia maksimaliu greičiu, triukšmo lygis siekia 49 dBA. Pagal reikalavimus (2.1.4 lentelė), mokymo auditorijose

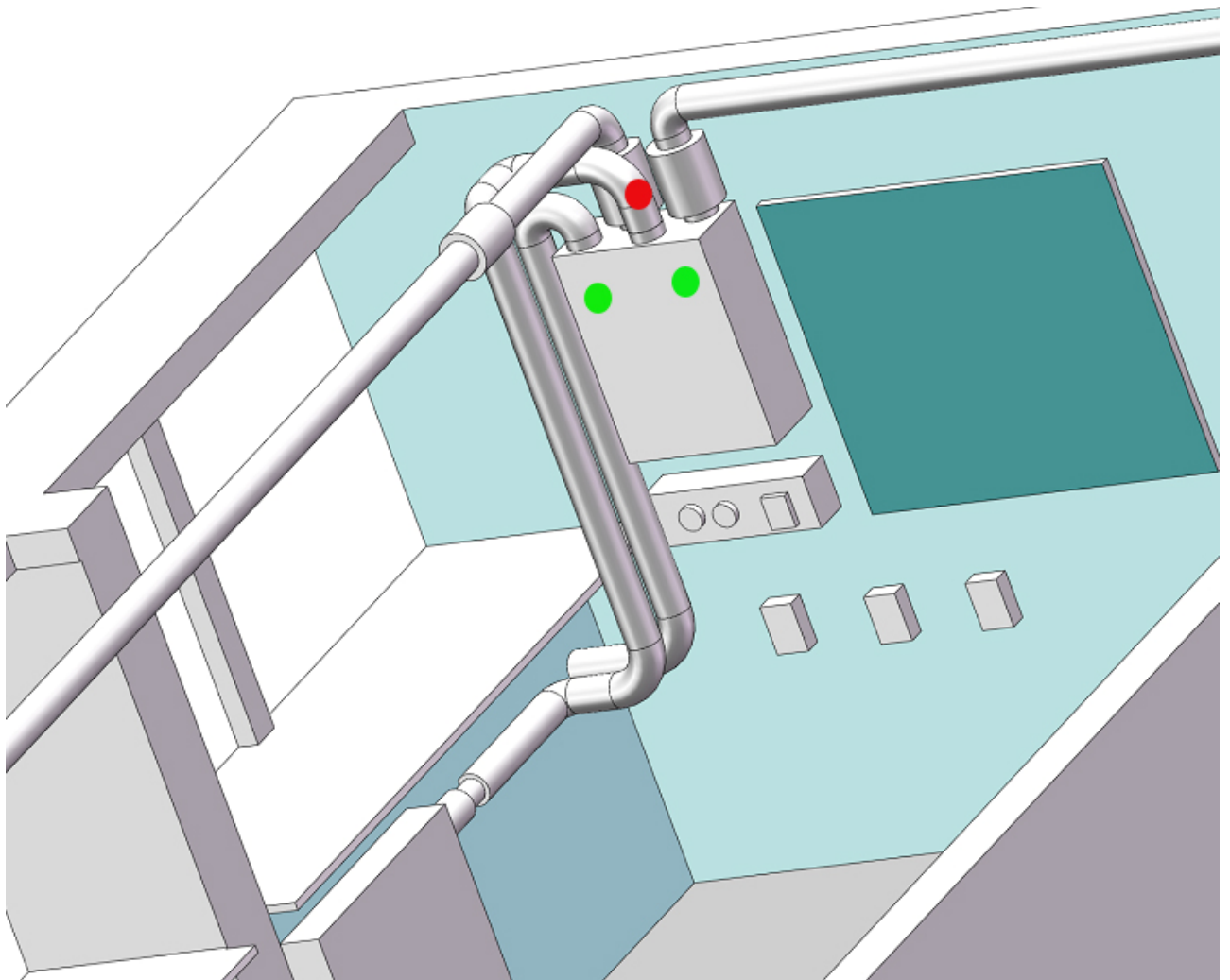
vidutinis garso lygis gali būti 65 dBA. Nors higienos normų išmatuotos reikšmės neviršija, bet esant 49 dBA triukšmo lygiui ir norint aiškiai išgirsti pašnekovą ar dėstytoją jau reikalinga įdėti daugiau pastangų aiškesniam ir garsesniam informacijos perdavimui. Kad būtų galima imtis priemonių triukšmo mažinimui patalpoje, atliktas vėdinimo agregato kiekvieno mazgo, kuris gali sukelti

nepageidaujamą efektą, triukšmo matavimai. Matavimo taškai matyti 4.2.3.4 paveikslėlyje. Tyrimo rezultatai parodė, kad didžiausią triukšmą generuoja ne ventiliatoriai (žali taškai), bet šalinamo oro trintis į ortakio sieneles jo užsilenkimo vietoje (raudonas taškas) (4.2.3.5 pav.). Šviežio oro ortakio posūkiuose triukšmo lygis yra panašus kaip ir ventiliatorių.

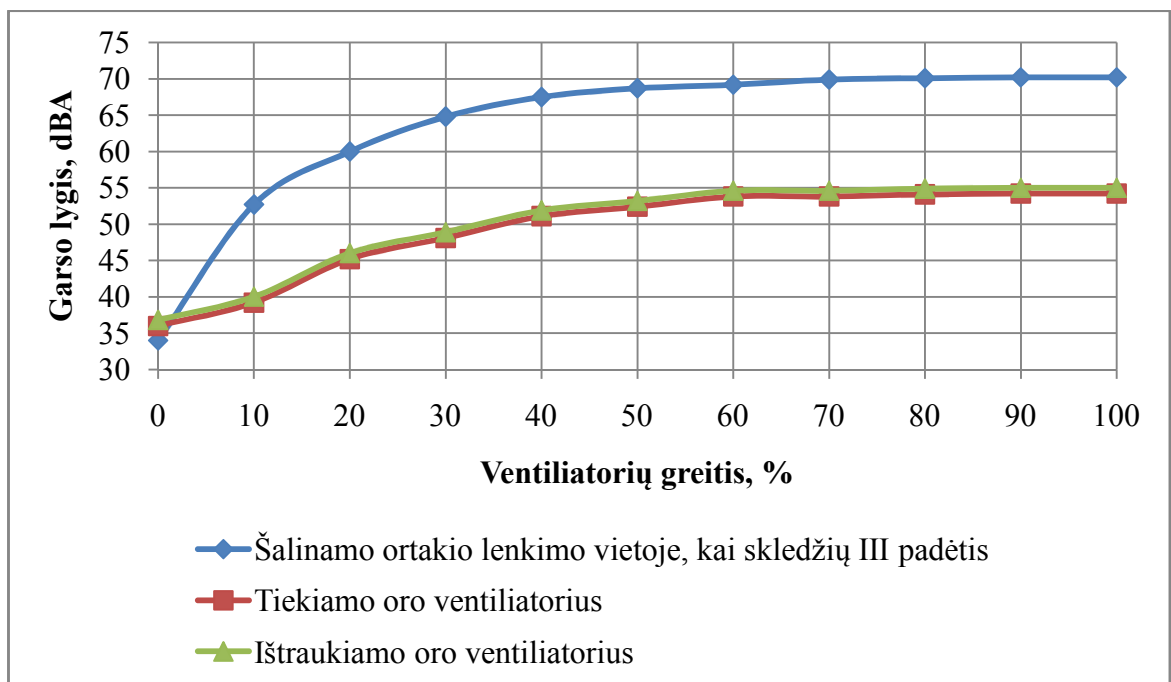
Nustačius, jog didžiausias triukšmas sukeliamas šalinamajame ortakyje, tai atlikus triukšmo matavimus kaičiant reguliavimo sklendžių padėtį pastebėta, kad triukšmo lygis skiriasi (kai sklendės yra ties I arba IV padėtimi) apie 16 dBA . Kad būtų sudarytas kuo mažesnis triukšmas, sklendės sureguliuotos ties III padėtimi (dar įvertinus oro kiekį ( $m^3/h$ ) ir greitį (m/s)).



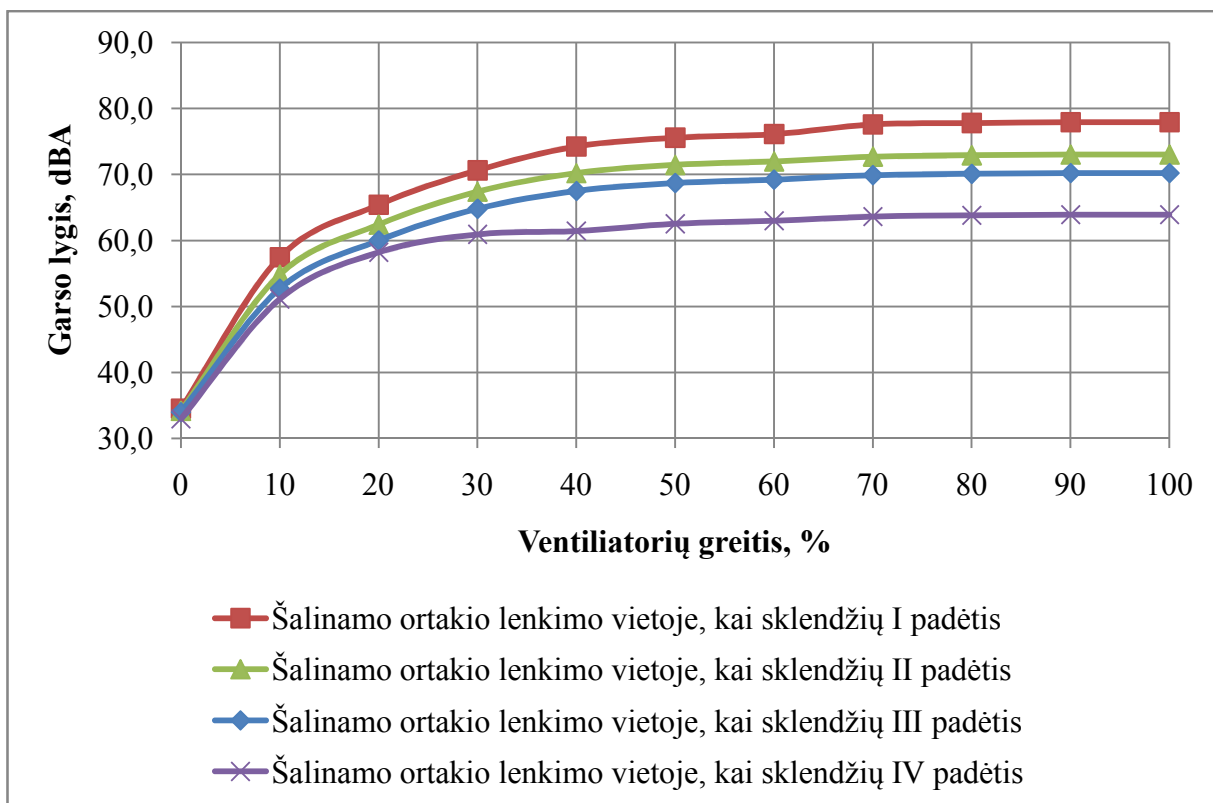
4.2.3.3 pav. Tiriamosios patalpos garso matavimo vietos



4.2.3.4 pav. Vėdinimo agregato mazgų triukšmo matavimo vietos



4.2.3.5 pav. Triukšmo lygis vėdinimo agregato atskirame mazge



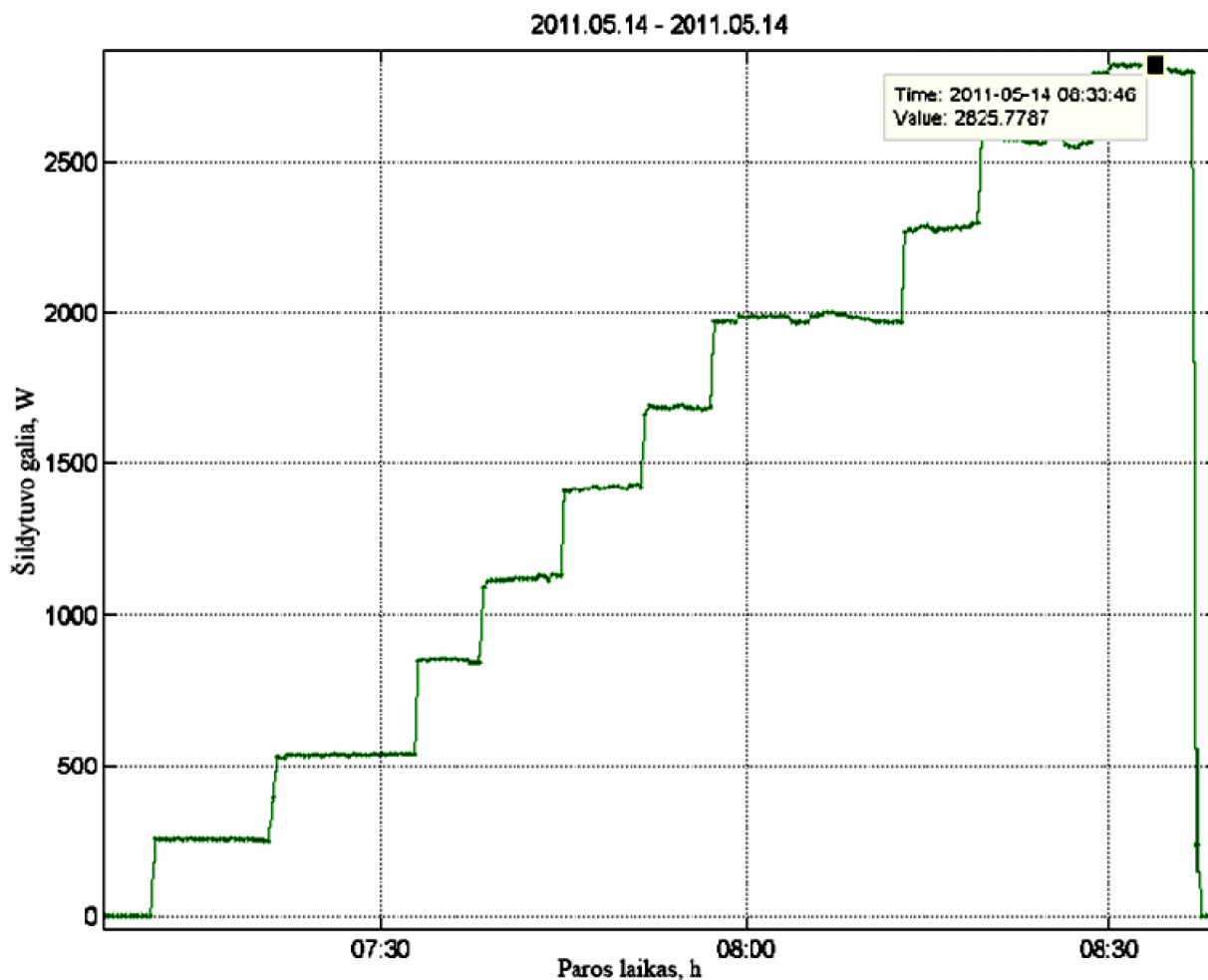
4.2.3.6 pav. Šalinamo ortakio generuojamas triukšmas priklausomai nuo reguliavimo sklendžių padėties

Iš triukšmo lygio tyrimo rezultatų galima daryti išvadą, kad norint sumažinti bendrą tiriamosios patalpos triukšmo lygį, reikia sumažinti šalinamo lankstaus ortakio prijungimo kampą, naudoti papildomus garso slopintuvus ar naudoti papildomą garso izoliacinę medžiagą rekuperatoriaus ortakių prijungimo mazgo izoliavimui. Šio mazgo garso izoliavimas dažniausiai daromas vertikaliems oro tiekimo įrenginiams ir po pakabinamomis lubomis, taip sutaupoma vietos bei negadinamas patalpos estetiškas vaizdas.

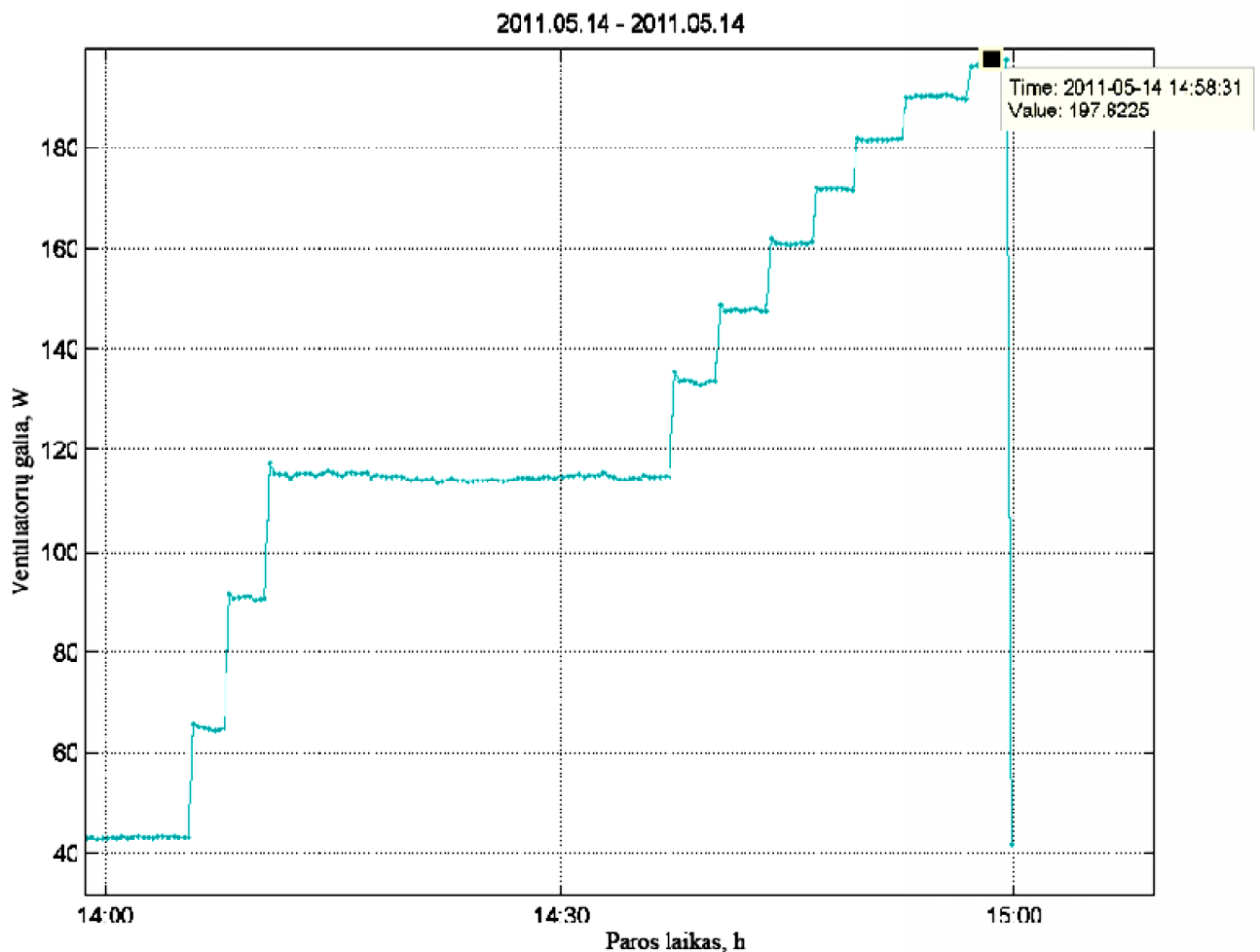
### 4.3 ŠVOK įrenginio naudojami galia

Naudojant priverstinę vėdinimo sistemą energijos sutaupoma mažiau, nei atgaunama šilumos iš šalinamo oro. Kad įrenginys veiktų, jam reikalinga energija atlikti atitinkamiems procesams, t.y. elektros energiją naudoja elektriniai ventiliatoriai, taip pat elektros energijos sunaudojama ir jei reikia papildomai pašildyti tiekiamą į patalpas orą ar apsaugai nuo šilumokaičio

užšalimo, mažąją dalį elektros energijos sunaudoja ir valdymo sistema. Išorinio šildytuvo ir ventiliatorių įtampas ir galios išmatuojamos naudojant izoliuojančių stiprintuvų bloką (40) (4 priedas). Matuojant išorinio šildytuvo ir ventiliatorių energijos sąnaudas, buvo didinama jų galia pakopomis nuo 0% iki 100%. Išmatuotos galios pateiktos 4.3.1 pav. ir 4.3.2 pav.



4.3.1 pav. Šildytuvo galia priklausomai nuo jo panaudojimo. Šildytuvo galia didinama pakopomis, po 10%.



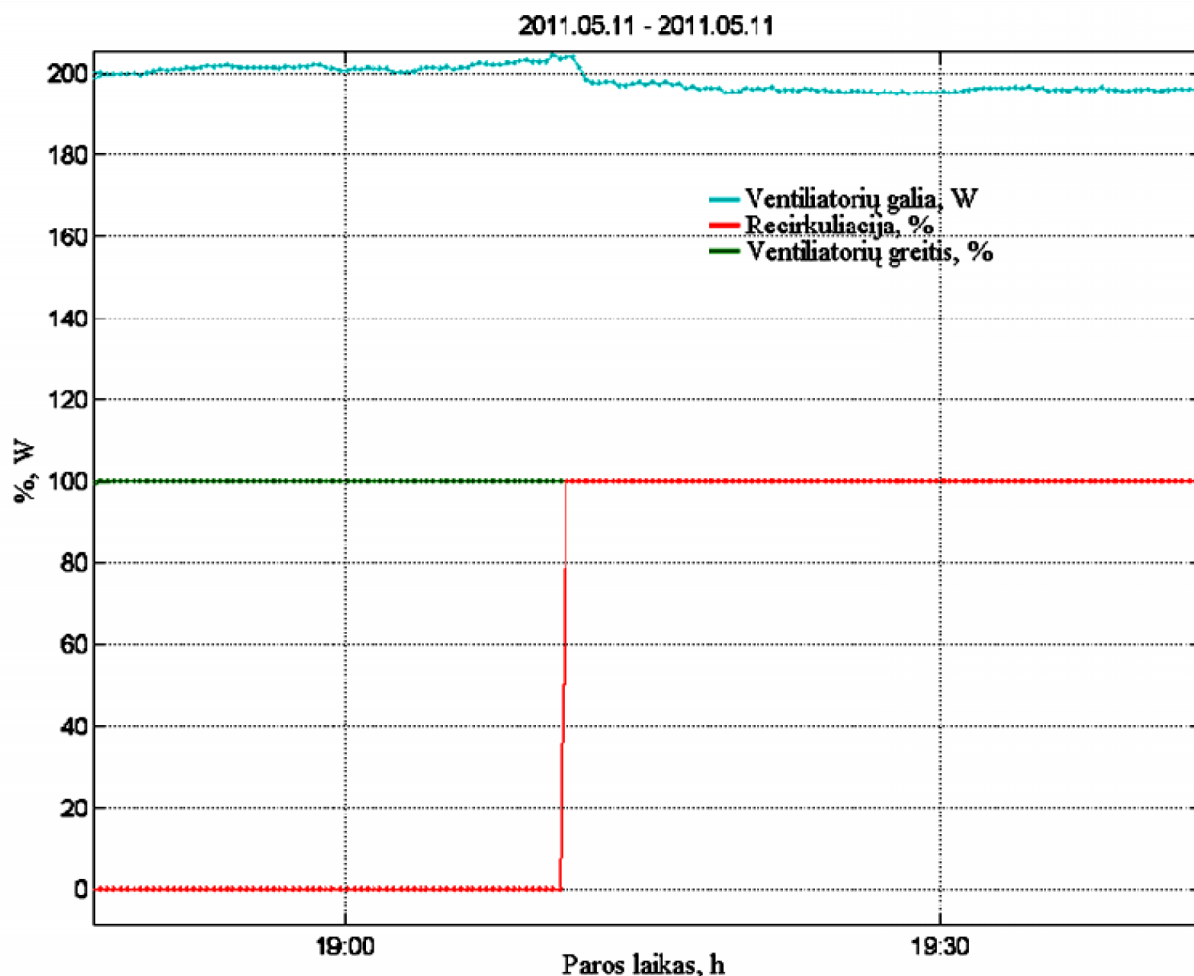
4.3.2 pav. Ventiliatorių galia priklausomai nuo jo panaudojimo. Ventiliatorių galia didinama pakopomis, po 10%. Recirkuliacija nenaudojama

Atliekant ventiliatorių ir išorinio šildytuvo galių matavimus pastebėta, kad oro recirkuliacijos sklendžių padėtis duoda įtaką ventiliatorių pareikalaujamajai galiai iš tinklo. T.y. kai oras imamas iš lauko (recirkuliacija nenaudojama), variklio sparnuotei sukuriama mažesnė apkrova, tai tuo metu mažesnė yra ventiliatoriaus pareikalaujamoji galia. Kai recirkuliacijos sklendė persukama taip, kad orą imtų tiesiai iš patalpos variklio sparnuotė apkraunama daugiau, ventiliatorių bendra sunaudojama galia taip pat išauga. Šis energijos sunaudojimo padidėjimas sumontuotai sistemai yra mažas, bet esant našesniems ŠVOK įrenginiams energijos sunaudojimo skirtumas būtų didesnis. Bandymo rezultatai pateikti 4.3.3 pav.

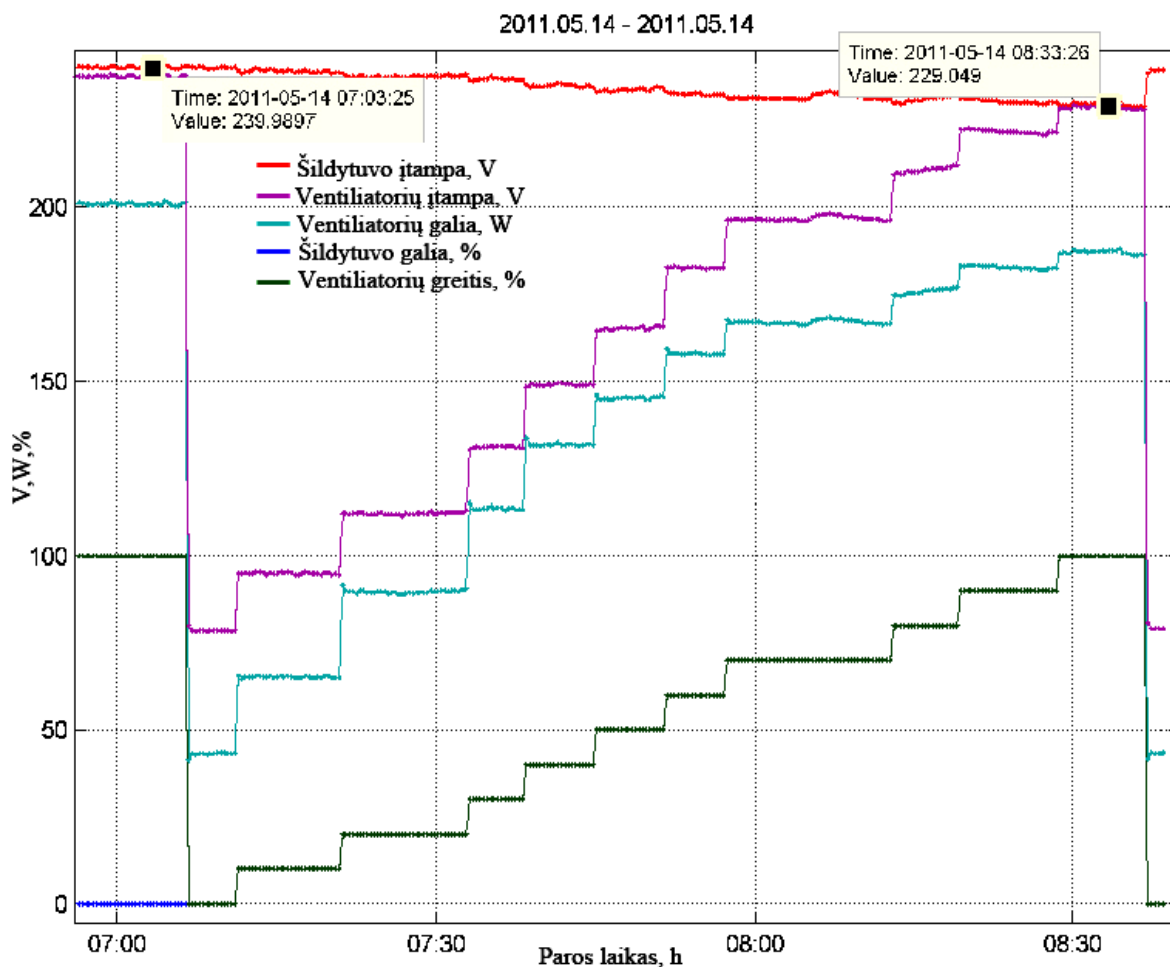
Visa valdymo įranga ir visa jėgos grandinė užmaitinta ta pačia fazine įtampa. Didinant šildytuvo galią po 10% pakopomis, matyti kad didėjant pareikalaujamajai galiai iš tinklo krenta išorinio šildytuvo ir ventiliatorių maitinančios įtampos dydis (4.3.4 pav.). Kai ventiliatoriai maitinami mažesne įtampa, gali keistis ir tiekiamo, ištraukiamo oro srautai. Įtampos kritimas gali būti dėl ŠU TF elektros tinklo nusidėvėjimo arba dėl to, kad šia fazine įtampa fakultete



užmaitinama daugiau elektros vartotojų. Tinklo įtampos kritimo sumažinimui šiuo atveju reikėtų šildytuvo kaitinimo elementus išskaidyti į grupes ir vieną iš grupių kaitinimo elementų jungimą pakeisti į „žvaigždės“ jungimo tipą. Išskaidžius į grupes ir pakeitus kaitinimo elementų elektrinį jungimą, būtų galima užmaitinti šildytuvą panaudojus trifazį tinklą. Todėl pramoniniai elektriniai šildytuvai yra gaminami trifazei tinklo įtampai ir keliomis grupėmis. Tokiu būdu pasiekiamas simetriškas elektros tinklo apkrovimas.



4.3.3 pav. Oro recirkuliacijos sklendžių padėties įtaka ventiliatorių pareikalaujamai galiai iš elektros tinklo



4.3.4 pav. Išorinio šildytuvo įtaka maitinančio tinklo įtampai

4.3.1 lentelė

Pagrindinių elektros įrenginių galios

Išorinio papildomo šildytuvo galia, kW	2,828
Tiekiamo ir ištraukiamo ventilatorių galia, kW. Kai recirkuliacija nenaudojama	0,193
Tiekiamo ir ištraukiamo ventilatorių galia, kW. Kai recirkuliacija naudojama	0,203

Šio bandymo išvada būtų tokia: oro recirkuliacijos sklendžių padėtis įtakoja ventilatorių apkrovai ir energijos sąnaudoms. Esant oro recirkuliacijai, variklių sparnuotės daugiau apkraunamos, todėl energijos sąnaudos padidėja. Kad pasiekti simetriškesnį elektros tinklo apkrovimą ir išvengti įtampos kritimų, galingesnius elektrinius šildytuvus reikia jungti prie trifazio elektros tinklo.

## 5. SISTEMOS TOLIMESNIO IŠPLĖTIMO GALIMYBĖS

ŠVOK sistemos būna įvairių modifikacijų ir įvairių tipų. Kai vartotojas nori įsigyti ŠVOK įrenginį, jis jau turi žinoti, kokius minimalius jo poreikius sistema turi tenkinti. Universiteto tiriamoji sistema yra bazinės modifikacijos, bet ją galima praplėsti panaudojus įvairius priedus, su kuriais galima patalpos oro kokybę reguliuoti efektyviau, t.y. galima kontroliuoti daugiau parametrų, kurie įtakoja patalpos oro kokybę. Toliau yra nurodyti galimi sistemos praplėtimai (priedai prie esamos sistemos) kiekvienai įdiegtai valdymo sistemai, 5.1 lentelė.

5.1 lentelė

Galimi patalpos ŠVOK įrenginio praplėtimai

Eil. nr.	Numeris funkcinėje schemoje <sup>1</sup>	Išplėtimo modulis	Aprašymas	Kokiai valdymo sistemai galima pritaikyti
1	2	3	4	5
1	1	Tiekiamo oro sklendės pavara su spyruokle gražinančiąja pavara	Naudojama tada, jei yra vandeninis šildytuvas ar aušintuvas. Apsaugo šildytuvą ar aušintuvą nuo užšalimo dingus maitinimo įtampai.	IVA; ETA; SA
2	2	Vandeninis šildytuvas	Naudojamas oro pašildymui iki pareikalaujamos temperatūros. Esant kartu ir elektriniui, ir vandeniui oro šildytuvui, tai: vandeninis šildytuvas naudojamas kaip pagrindinis, o elektrinis kaip pagalbinis.	IVA; ETA
3	3	Vandeninis aušintuvas	Naudojamas tiekiamo oro aušinimui.	IVA; ETA
4	4	Aušintuvas su išgaruojančiu šaltnešiu (freoninis aušintuvas)	Naudojamas tiekiamo oro aušinimui.	IVA; ETA; SA
5	5	Antibakterinis elektrodas	Dažniausia naudojamas gydymo įstaigose ir žmonių susibūrimo vietose (mokymo įstaigose)	IVA; ETA
6	6	Oro drėkintuvas (ultragarsinis)	Naudojamas patalpos drėkinimui	IVA; ETA
7	7	Gaisro termostatas	Naudojami tiekiamo ir ištraukiamo oro temperatūrų matavimui (kritinė oro temperatūros riba reguliuojama nuo 60 °C iki 110 °C)	IVA; ETA

1	2	3	4	5
8	-	Savaitinė relė	Naudojama programuojama savaitinė laiko relė, kuri pagal užprogramuotą laiką įjungia/ išjungia arba keičia valdiklio temperatūros reguliavimo režimus.	IVA; SA
9	8	Tiekiamo oro filtras	Naudojamas antro lygio tiekiamo oro filtravimui, naudojant reikiamos klasės oro filtrą	IVA; ETA; SA
10	9	Ištraukiamo oro filtras	Naudojamas šilumokaičio apsaugai nuo užteršimo dulkėmis.	IVA; ETA; SA
11	10	Filtrų skirtuminė slėgio relė	Naudojama filtrų užterštumo indikacijai, kai slėgių skirtumas matuojamas už ir prieš filtrą.	IVA; ETA; SA
12	11	Šilumokaičio skirtuminė slėgio relė	Naudojama šilumokaičio apsaugai nuo užšalimo, kai slėgių skirtumas matuojamas už ir prieš plokštelinį šilumokaitį.	IVA; ETA; SA
13	12	Išgaruojančio šaltnešio skirtuminė slėgio relė	Naudojama freoninio aušintuvo radiatoriaus apsaugai, kai slėgių skirtumas matuojamas už ir prieš radiatoriaus.	IVA; ETA; SA
14	13	Vandeninio aušintuvo/ šildytuvo reguliavimo mazgas	Naudojamas vandeninio aušintuvo ir šildytuvo vandens kiekio ir temperatūros padavimas į atitinkamą radiatorių <sup>2</sup> .	IVA; ETA; SA
15	-	Langų, durų padėties jutikliai	Dėl tikslesnių matavimų naudojami durų ir langų atidarymo/ uždarymo padėties jutikliai.	ETA
16	14	Oro apėjimo sklendė (Bypass)	Naudojama vasaros metu, kai nereikalingas šilumos gražinimas iš šalinamo oro arba patalpos oro vėsinimui, kai lauko temperatūra žemesnė už patalpos.	IVA; ETA; SA

Sutrumpinimai: IVA – išorinė valdymo automatika; ETA – eksperimento tyrimo automatika; SA – standartinė automatika.

<sup>1</sup> Išplėstos sistemos funkcinė schema pateikta E.00.00.00.002.FS brėžinyje

<sup>2</sup> Vandens reguliavimo mazgo skaičiavimo metodika pateikta 2 priede

## IŠVADOS

- Suprojektuota ir realizuota mokymo auditorijos mikroklimato parametrų matavimo sistema. Buvo atlikti pirminiai eksperimentai siekiant nustatyti patalpos CO<sub>2</sub> koncentraciją, šilumos pasiskirstymą ir triukšmo lygį.
- Esant įjungtiems ventiliatoriams mažu greičiu (30% nuostatas), CO<sub>2</sub> koncentracija patalpoje didėja lėčiau negu tada, kai ventiliatorių greitis yra minimalus (0% nuostatas). Patalpoje esančių žmonių skaičius abiem atvejais yra vienodas.
- Sistemos tiekiamo oro srauto užtenka stabilizuoti patalpos anglies dioksido dalelių skaičių, kai tiriamoje patalpoje yra 5 žmonės.
- Kai patalpoje yra daugiau nei 8 žmonės, sistema nėra pajėgi normalizuoti patalpos CO<sub>2</sub> iki reikiamo lygio (<1000 ppm), net ir išnaudojant visą sistemos našumą. Esant 5 – 7 žmonėms patalpoje, CO<sub>2</sub> lygis normalizuojamas.
- Siekiant užtikrinti priimtina CO<sub>2</sub> koncentraciją, reiktų tiekti pakankamą oro kiekį (apie 50 m<sup>3</sup>/h žmogui) arba šiuo atveju reikia pertraukos metu sudaryti papildomą vėdinimą.
- Šildant patalpą papildomu išoriniu šildytuvu, tiekiamo šilto oro pasiskirstymas patalpoje nėra tolygus. Tokiu atveju dalis pašildyto oro ištraukiama iš patalpos. Siekiant tolygiau paskirstyti sušildytą orą, reiktų tiekiamo oro skirstytuvus montuoti kuo arčiau grindų.
- Triukšmo lygis patalpoje neviršija higienos normų ir siekia 54 dBA. Norint sumažinti bendrą tiriamosios patalpos triukšmo lygį, reiktų sumažinti šalinamo lankstaus ortakio prijungimo kampą arba rekuperatorių įrengti kitoje patalpoje.
- Oro recirkuliacijos sklendžių padėtis įtakoja ventiliatorių apkrovai ir elektros energijos sąnaudoms.

Nustatyti sistemos techniniai parametrai:

- Be recirkuliacijos:
  - Maksimalūs tiekiamo, ištraukiamo oro srautai - 230 m<sup>3</sup>/h;
  - Maksimalus palaikomas tiekiamo ir ištraukiamo oro transportavimo sistemos slėgis - 206 Pa;
  - Maksimalus tiekiamo ir ištraukiamo oro greitis oro transportavimo sistemoje - 5,4 m/s.
- Su recirkuliacija:
  - Maksimalus tiekiamo oro srautas - 310 m<sup>3</sup>/h;
  - Maksimalus ištraukiamo oro srautas - 230 m<sup>3</sup>/h;
  - Maksimalus palaikomas tiekiamo oro transportavimo sistemos slėgis - 310 Pa;

- Maksimalus palaikomas ištraukiamo oro transportavimo sistemos slėgis - 206 Pa;
- Maksimalus tiekiamo oro greitis oro transportavimo sistemoje - 8,5 m/s;
- Maksimalus ištraukiamo oro greitis oro transportavimo sistemoje - 5,4 m/s.
- Išorinio papildomo šildytuvo galia - 2,828 kW.
- Tiekiamo ir ištraukiamo ventiliatorių galia, kai recirkuliacija nenaudojama - 0,193 kW.
- Tiekiamo ir ištraukiamo ventiliatorių galia kW, kai recirkuliacija naudojama - 0,203 kW.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Jonkaitis T., Juodis E. Realus ir programiškai sumodeliuotas šiluminis bei ekonominis vėdinimo sistemų šilumos atgavimo įrenginių efektyvumas. *Pastatų inžinerinės sistemos*. 2007 m. 04 26 d., psl. 10-18.
2. Baublys, Juozas. *Darbo saugos administravimas*. Vilnius : GENEROLO JONO ŽEMAIČIO LIETUVOS KARO AKADEMIJA, 2009. Mokomoji knyga. UDK 331.45(075.8).
3. NBN EN 13779 Patalpų oro kokybės valdymo kategorijos. *Eksploatacinių charakteristikų reikalavimai vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemoms*. [Tinkle] 2007 m. [Cituota: 2011 m. kovas 26 d.] [http://www.bbri.be/antenne\\_norm/energie/nl/normen/normen-details/NBN-EN-13779-NI-001.htm](http://www.bbri.be/antenne_norm/energie/nl/normen/normen-details/NBN-EN-13779-NI-001.htm).
4. Matuliauskaitė, A. Oro tarša kietosiomis dalelėmis, jos įtaka gyvenimo kokybei ir taršos mažinimo patalpose priemonės. *Mokslas – Lietuvos Ateitis*. 2009 m., T. I, 5, psl. 114-117.
5. Martinionienė J., Lapinskaitė L., Stankevičienė P. *Ar moki biologiją*. [vert.] 165. Vilnius : Šviesa, 2003. ISBN: 5-430-03639-0.
6. HN 42:2009. *LRS*. [Tinkle] V-1081, 2009 m. gruodžio 29 d. [Cituota: 2011 m. kovo 10 d.] [http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=362676&p\\_query=&p\\_tr2=](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=362676&p_query=&p_tr2=).
7. STR 2.09.02:2005. *Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas*. [Tinkle] 2005 m. birželio 9 d. [Cituota: 2011 m. kovas 26 d.] [http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=257930.D1-289](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=257930.D1-289).
8. Isevičius, E. *Oro kondicionavimas*. [mont.] K. Čiuprinskas K. Karbauskaitė. Kaunas : Technologija, 2007. ISBN978-9955-25-311-2 .
9. P. Čyras, V. Grinius, K. A. Kamiskas, V. Nainys, R. Šukys, J. Tartilas. *Žmonių sauga*. Vilnius : VGTU, 2005.
10. J., King. Termoreguliacija. [Tinkle] 2004 m. [Cituota: 2011 m. 03 22 d.] <http://www.abcbodbuilding.com/magazine04/thermoregulation.htm>.
11. Juodis, E. *Vėdinimas: Vadovėlis*. Vilnius : Technika, 2008. psl. 400.
12. K. Spasokukotskiy, H.-R. Tränkler. Efficiency estimation for demand-driven climate control in buildings. [Tinkle] University of Bundeswehr Munich. [Cituota: 2011 m. balandžio 23 d.] <http://forschung.unibw-muenchen.de/berichte/2006/3vvuipmtmwccetprjbf9vzfgptejvt.pdf>. D-85577.
13. Mollier Diagram. *The Engineering ToolBox*. [Tinkle] [Cituota: 2011 m. kovo 26 d.] [http://www.engineeringtoolbox.com/psychrometric-chart-mollier-d\\_27.html](http://www.engineeringtoolbox.com/psychrometric-chart-mollier-d_27.html).
14. HN 69:2003. *Lietuvos higienos normos HN 69:2003 "Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrij norminės vertės ir matavimo reikalavimai"*. [Tinkle]

- 2004 m. 04 13 d. [Cituota: 2011 m. 01 02 d.]  
[http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_1?p\\_id=230880](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_1?p_id=230880).
15. Deguonies ir CO<sub>2</sub> koncentracija ore . [Tinkle] "Tenko". [Cituota: 2011 m. kovas 27 d.]  
<http://www.tenko.lt/lt/produktai/vedinimas/efektyvusvedinimas/koncentracija.html>.
16. A Guide to Indoor Air Quality. *The Inside Story*. [Tinkle] U. S. Environmental Protection Agency. Indoor Air Quality, 2009 m. [Cituota: 2011 m. balandžio 10 d.]  
<http://www.epa.gov/iaq/pubs/insidest.html>.
17. Kupšytė, D. *Dulkėtumo, mikroklimato ir triukšmo tyrimai fermose*. Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, LŽŪU. 2010.
18. Dėl teršalų, kurių kiekis aplinkos ore vertinamas pagal Europos Sąjungos kriterijus, sąrašo patvirtinimo ir ribinių aplinkos oro užterštumo verčių nustatymo“. *Valstybės žinios*. 2007 m. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos Sveikatos apsaugos ministro 2000 m. spalio 30 d. įsakymas .
19. HN 35:2007. *LRS*. [Tinkle] 2008 m. [Cituota: 2011 m. balandžio 10 d.] Lietuvos higienos norma, Valstybės žinios 145–5858 .  
[http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_1?p\\_id=297779](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_1?p_id=297779).
20. HN 33:2007. *akustinis triukšmas. triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje*. [Tinkle] V-555, 2007 m. liepos 2 d. [Cituota: 2011 m. kovo 29 d.] [http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_1?p\\_id=301455&p\\_query=&p\\_tr2=](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_1?p_id=301455&p_query=&p_tr2=).
21. V.J., Stauskis. *Architektūrinė akustika*. Vilnius : Petro ofsetas, 2007.
22. R., Grubliauskas. *Aplinkos triukšmo ir jo mažinimo, taikant lengvas konstrukcijas. Daktaro disertacija*. Vilnius : Vilniaus Gedimino technikos, 2009.
23. Garsas ir triukšmas. *Garso izoliacija*. [Tinkle] [Cituota: 2011 m. balandžio 26 d.]  
<http://www.garsoizoliacija.lt/1.htm>.
24. Mikrodalelės. *Oro sprendimai*. [Tinkle] [Cituota: 2011 m. balandžio 1 d.]  
<http://www.orosprendimai.lt/oro-filtrai/dulkiu-daleliu-sugaudymas-pagal-klases>.
25. Jan Gustavsson, Alain Ginestet, Paolo Tronville, Marko Hyttinen. *Air Filtration in HVAC systems*. s.l. : REHVA, 2010. T. Nr. 11. ISBN 978-2-930521-01-5.
26. Francesca R. d’Ambrosio Alfano, Laura Bellia, Atze Boerstra, Froukje van Dijken. *Indoor Environment and Energy Efficiency in Schools*. s.l. : REHVA, 2010. psl. 130. T. Nr. 13. ISBN 978-2-930521-03-9 .
27. Kompaktiška rekuperacinė sistema. *ASA, būsto gidas*. [Tinkle] 2008 m. rugpjūtis 7 d. [Cituota: 2011 m. balandis 3 d.] <http://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/173/1/0/1/article/738>.
28. Vėdinimo įrenginiai. [Tinkle] [Cituota: 2011 m. balandis 3 d.] <http://www.salda.lt/lt>.



29. V., Januševičius. *Automatinis valdymas: tiesinių tolydinių sistemų teorija*. 2000. psl. 141. Mokomoji knyga.
30. Balžekas, Kazys. *Automatizavimo sistemų schemotechnika*. Kaunas : Technologija, 2009. psl. 157.
31. Meckler, M. *Carbon dioxide prediction model for VAV system part-load evaluation*. Sausio : Meckler Engineers Group, Encino, CA, 1993. ISSN 0017-940X; CODEN: HPAOAM.
32. Lietuvos Respublikos Seimas HN 69:2003. *Lietuvos higienos normos HN 69:2003 "Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai"*. [Tinkle] 2004 m. 04 13 d. [Cituota: 2011 m. 01 02 d.] [http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_1?p\\_id=230880](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_1?p_id=230880).
33. Elfa. [Tinkle] [Cituota: 2011 m. balandžio 14 d.] [https://www1.elfa.se/data1/wwwroot/assets/datasheets/rr641720-641722\\_e.pdf](https://www1.elfa.se/data1/wwwroot/assets/datasheets/rr641720-641722_e.pdf).
34. High-Resolution multifunction card PCI 1716; ADAM-3968. [Tinkle] [Cituota: 2011 m. sausio 06 d.] <http://support.elmark.com.pl/advantech/pdf/iag/PCI-1716-datasheet.pdf>.
35. Šiaulių miesto savivaldybė. *Šiaulių miesto atmosferos oro kokybė*. [Tinkle] 2011 m. kovo 28 d. [Cituota: 2011 m. balandžio 25 d.] 2010 m. oro monitoringo ataskaita. [http://www.siauliai.lt/shared/view.php?kalba=lt&tema=aplinka-oras&menu=9&linkback=../aplinkos\\_apsauga/informacija\\_apie\\_aplinka.php&title=Oras](http://www.siauliai.lt/shared/view.php?kalba=lt&tema=aplinka-oras&menu=9&linkback=../aplinkos_apsauga/informacija_apie_aplinka.php&title=Oras).
36. Bekker, A. *Biblioteka klimotechniki*. [mont.] G. V. Raznikova. [vert.] L. V. Kazancevoi. Moskva : Technosfera Evroklima, 2005. psl. 170-180.
37. Lukštinskas, Aurimas. Vietoj radiatorių - ortakiai. *Verslo naujienos*. [Tinkle] 2007 m. kovas 26 d. [Cituota: 2011 m. gegužės 01 d.] <http://archyvas.vz.lt/news.php?strid=1002&id=598405>.
38. HN 33-1:2003. LRS. [Tinkle] 2002 m. rugsėjo 3 d. [Cituota: 2011 m. balandžio 26 d.] akustinis triukšmas. leidžiami lygiai gyvenamojoje ir darbo aplinkoje. matavimo metodikos bendrieji reikalavimai. [http://www3.lrs.lt/pls/inter2/dokpaieska.showdoc\\_1?p\\_id=217617](http://www3.lrs.lt/pls/inter2/dokpaieska.showdoc_1?p_id=217617). V-520.
39. Digital Sound Level Meter. [Tinkle] Mastech. [Cituota: 2011 m. balandžio 27 d.] <http://www.p-mastech.com/>.
40. Edvardas, Bielskis. *Praktikos ataskaita*. Technologijos fakultetas, Šiaulių universitetas. Šiauliai : s.n., 2011.
41. UAB Salda Šildytuvai, aušintuvai. *Horizontalaus pajungimo rekuperatoriai RIS H*. [Tinkle] 2011 m. sausio 02 d. [Cituota: 2011 m. gegužės 03 d.] <http://www.salda.lt/lt/products/heaters>.
42. Grundfos. [Tinkle] [Cituota: 2011 m. gegužės 14 d.] <http://www.grundfos.lt/>.
43. A. Valaikienė, K. Motiejūnaitė. Mitai apie patalpų mikroklimatą. *Asa.Lt Būsto gidas*. [Tinkle] 2010 m. lapkritis 11 d. [Cituota: 2011 m. kovas 26 d.] <http://lt.lt.allconstructions.com/portal/block/4/article/11285>.

44. HN 23:2001 Kenksmingų cheminių medžiagų koncentracijų ribinės vertės darbo aplinkos ore. *LRS*. [Tinkle] 2001 m. gruodis 13 d. [Cituota: 2011 m. kovas 27 d.] [http://www3.lrs.lt/pls/inter2/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=157275.645/169](http://www3.lrs.lt/pls/inter2/dokpaieska.showdoc_l?p_id=157275.645/169).
45. Lietuvos Respublikos Seimas STR 2.09.02:1998. *STR 2.09.02:1998 "Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas"*. [Tinkle] 1999 m. sausio 18 d. [Cituota: 2011 m. 01 02 d.] [http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=72616](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=72616).
46. Semiconductor, National. *Mikroscheminiai jutikliai LM35*. [Tinkle] 2000 m. lapkritis. [Cituota: 2011 m. sausio 04 d.] <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/gelisim/elektronik/dosyalar/5/LM35.pdf>.
47. S+S Regeltechnik. *Techninis katalogas*. [Tinkle] [Cituota: 2011 m. 01 02 d.] Techninis katalogas. [http://pdf.archiexpo.com/pdf/s-s-regeltechnik/main-catalogue/Show/53536-18517-\\_122.html](http://pdf.archiexpo.com/pdf/s-s-regeltechnik/main-catalogue/Show/53536-18517-_122.html).
48. Juodis, E. *Vėdinimas*. Vilnius : Enciklopedija, 1998. psl. 352.
49. The engineering ToolBax: Air - Temperature, Pressure and Density. [Tinkle] [Cituota: 2011 m. sausio 05 d.] Oro slėgio priklausomybė nuo temperatūros. [http://www.engineeringtoolbox.com/air-temperature-pressure-density-d\\_771.html](http://www.engineeringtoolbox.com/air-temperature-pressure-density-d_771.html).
50. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba. Vidutinė metinė oro temperatūra Lietuvoje. [Tinkle] [Cituota: 2010 m. 12 27 d.] [http://www.meteo.lt/klim\\_lt\\_klimatas.php](http://www.meteo.lt/klim_lt_klimatas.php).
51. *Realus ir programiškai sumodeliuotas šiluminis bei ekonominis vėdinimo sistemų šilumos atgavimo įrenginių efektyvumas. Pastatų inžinerinės sistemos*. Jonkaitis T., Juodis E. Vilnius : Technika, 2007. Respublikinės mokslinės konferencijos medžiaga.

# BRĚŽINIAI

## **PRIEDAI**

## 1 priedas

### Pagrindiniai oro tiekimo įrenginio gedimai ir jų šalinimo būdai

<i>Gedimas</i>	<i>Gedimo priežastis</i>	<i>Gedimo šalinimo būdas</i>
Nedirba vėdinimo agregatas	Nėra elektros maitinimo	Patikrinti apkrovos jungiklį, automatinius jungiklius, ar jie įjungti. Patikrinti ar saugikliai nesudegę
	Gedimas agregato elektros sujungimuose	Patikrinti maitinimo srovės ir kameros ventiliatorių valdymo elementų elektros srovės įtampą
	Elektros variklio, simistorinio reguliatoriaus gedimas	Keisti elektros variklį, simistorinį reguliatorių
Agregatas netiekia numatyto oro kiekio į patalpą	Elektros srovės maitinimo parametrai neatitinka reikalavimų	Sutvarkyti elektros maitinimą
	Užteršti rekuperatoriaus elementai	Patikrinti, išvalyti
Valdiklio displejus rodo Xx --- / 000	Sugedęs jutiklis	Jei displejus rodo „---“ reikia patikrinti ar nenutrūkęs laidas tarp jutiklio ir valdiklio. Jei displejus rodo „000“ reikia patikrinti ar neužtrumpinti jutiklio pajungimo gnybtai. Taip pat patikrinti jutiklių sujungimus, išmatuokite jutiklio varžą (jutikliam PT100 turi būti 1000Ω prie 0°C). Xx – įėjimo numeris, prie kurio prijungtas temperatūros jutiklis.
Valdiklio displejus rodo „Protection“ simbolį. Nesisuka ventiliatoriai	Suveikusi priešgaisrinė signalizacija.	Praėjus gaisro pavojui, atstatyti priešgaisrinės centralės avarijos signalą.
Indikacinė lemputė ant skydo „Perkaito išorinis šildytuvas“ valdiklio displejus rodo „Protection“ simbolį. Nešildo šildytuvus	Suveikusi rankinė arba automatinė šildytuvo termoapsauga.	Pašalinamos šildytuvo apsaugos suveikimo priežastys nuspaudžiant „Reset“ mygtuką ant šildytuvo korpuso.
Nuotoliniame pultelyje atvaizduojamas simbolis „P“, indikacinė lemputė ant skydo „Aktyvuota priešužšaliminė apsauga“	Padidėjusi rizika šilumokaičiui apšalti	Rekuperatoriaus standartinė valdymo sistema automatiškai reguliuoja priešužšaliminį šildytuvą ir ištraukiamo oro ventiliatoriaus greitį.

## 2 priedas

### Vandens reguliavimo mazgo skaičiavimo pavyzdys

#### 1 žingsnis

- Reikalinga sužinoti šilumos tiekimo sistemos, prie kurios jungiamas vandens reguliavimo punktas, temperatūrinį režimą  $T_p/T_g$  ( $T_p$  – iš šilumos šaltinio gaunama temperatūra, °C;  $T_g$  – gražinamo vandens temperatūra, Tg).
- Iš šildymo prietaiso dokumentacijos reikalingas maksimalus, prie būsimo temperatūrinio režimo, vandens debitas  $V$ , (l/s) ir prie šio debito susidarančius slėgio nuostolius šildymo prietaise  $\Delta p_s$ , (kPa).

#### 2 žingsnis

- Naudodamiesi vandens vožtuvų charakteristikomis, pasirenkame trieigį vožtuvą. Rekomenduojami slėgio nuostoliai vožtuve  $\Delta p_v \geq (\Delta p_s + \Delta p_{RMG} - \Delta p_{AB})$ , bet privalo tenkinti sąlygas  $\Delta p_v \geq 3\text{kPa}$  ir  $0,2 < \Delta p_v / \sum \Delta p < 0,9$ .

#### 3 žingsnis

- Toliau reikia paskaičiuoti suminius slėgio nuostolius  $\sum \Delta p = \Delta p_v + \Delta p_s + \Delta p_{RMG} - \Delta p_{AB}$  kur,  $\Delta p_{AB}$  – reikia užsiduoti (jei nėra nurodyta), kad slėgio skirtumas reguliavimo punkto prijungimo taškuose AB (2.3. pav.) lygus 10 kPa;  
 $\Delta p_{RMG}$  – reikia užsiduoti (jei nėra nurodyta), kad slėgio nuostoliai likusiuose punkto elementuose ir prijungimo prie šildymo prietaiso vamzdyne lygus 20kPa.
- pagal turimus duomenis naudodamiesi pateiktomis kaip pavyzdys siurblių charakteristikomis, pasirenkame reikiamą cirkuliacinį siurblį ir naudotiną jo greitį.

Toliau pateiktas skaičiavimo pavyzdys su realiu vandeniniu šildytuvu AVS 125 (41).

Vandeninio aušintuvo reguliavimo mazgo skaičiavimo metodika analogiška šildytuvo mazgui.

- Šiame pavyzdyje daroma prielaida, kad iš šilumos tiekimo sistemos gaunama  $T_p=80^\circ\text{C}$ , gražinama į šilumos tiekimo sistemą  $T_g=60^\circ\text{C}$ ;
- Maksimalus reikalingas vandens debitas 0,2 l/s (iš gamintojo katalogo);
- $\Delta p_s=5,8$  kPa (iš gamintojo katalogo);
- Įvertinant pirmąją rekomendaciją  $\Delta p_v \geq (\Delta p_s + \Delta p_{RMG} - \Delta p_{AB})$ , suskaičiuojami nuostoliai vožtuve  $\Delta p_v=5,8+20-10=15,8$  kPa;

➤ Turint šį dydį  $\Delta p_v = 15,8$  kPa paveikslėlyje 2.1 esančiose kreivėse surandamas susikirtimo taškas 0,2 l/s su 15,8 kPa. Matyti, kad jis yra tarp kreivių 1,6 ir 2,5. Todėl reikia pasirinkti vieną iš jų:

- Jei 1,6 tai  $\Delta p_v = 25$  kPa;
- 2,5 tai  $\Delta p_v = 10$  kPa.

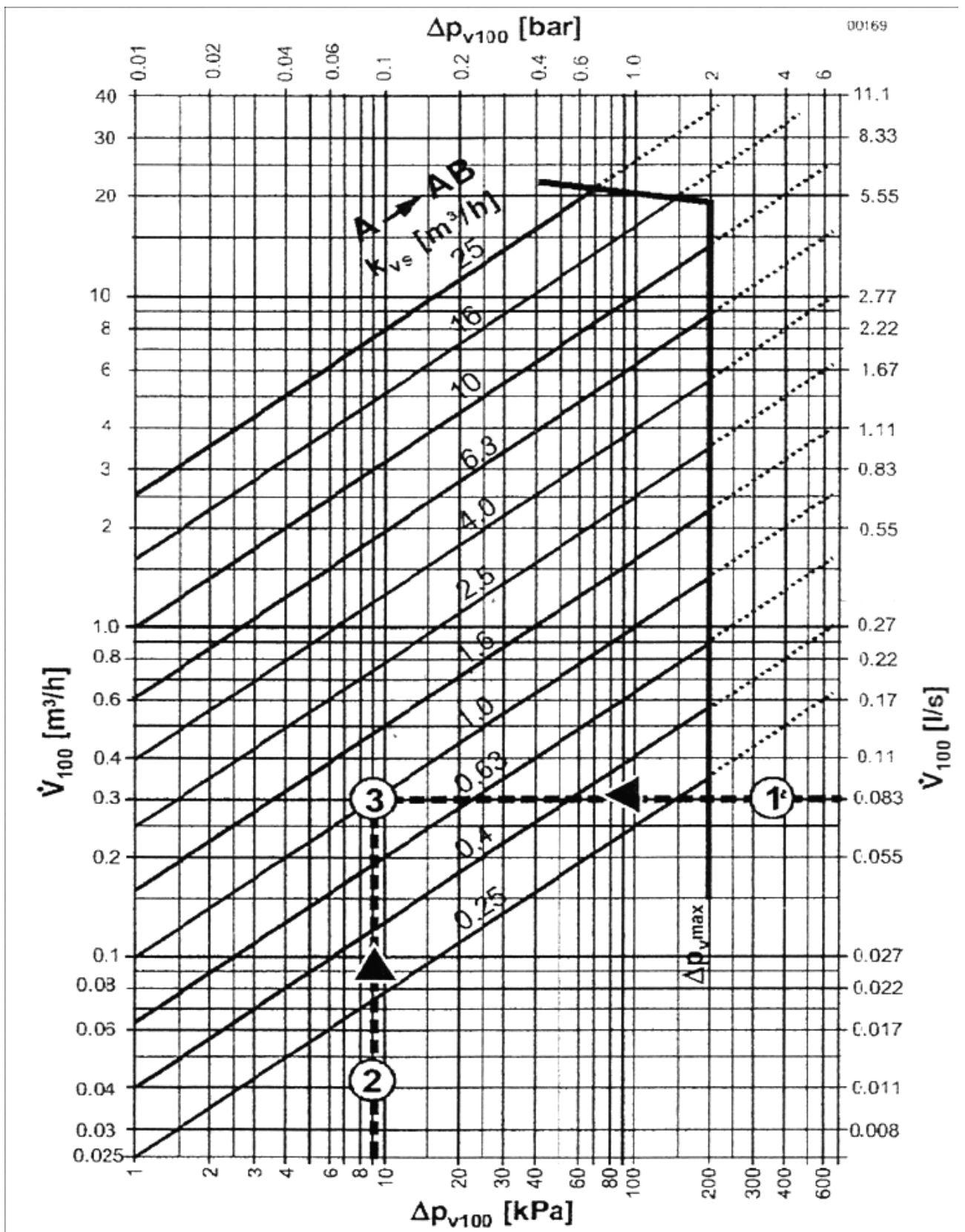
a) Kad patenkinti sąlygą  $\Delta p_v \geq (\Delta p_s + \Delta p_{RMG} - \Delta p_{AB})$  rekomenduojama pasirinkti Kvs-1,6. Tokiu atveju  $\sum \Delta p = 5,8 + 10 + 25 = 40,8$  kPa.  
Tada  $\Delta p_v / \sum \Delta p = 25 / 40,8 = 0,61$  (tenkina).

Turint šiuos rezultatus, yra tikrinamas kuris iš pasirinkto gamintojo siurblių juos tenkina. Šiuo atveju yra naudotasi Grundfos vandens siurblių charakteristikomis – gaunasi 25-6 siurblys, antras greitis (42).

b) Kadangi sąlyga  $\Delta p_v \geq (\Delta p_s + \Delta p_{RMG} - \Delta p_{AB})$  yra rekomendacinė, tai galima pabandyti į ją nekreipti dėmesio ir pasirenkame Kvs-2,5.

Tada  $\sum \Delta p = 5,8 + 10 + 10 = 25,8$  kPa ir  $\Delta p_v / \sum \Delta p = 10 / 25,8 = 0,39$  (tenkina). Turint šiuos duomenis vėl reikia patikrinti kuris iš siurblių juos tenkina – gaunasi 25-4, tai gali užtekti ir pirmojo greičio (2.3 pav.). Galima daryti išvadą, kad:

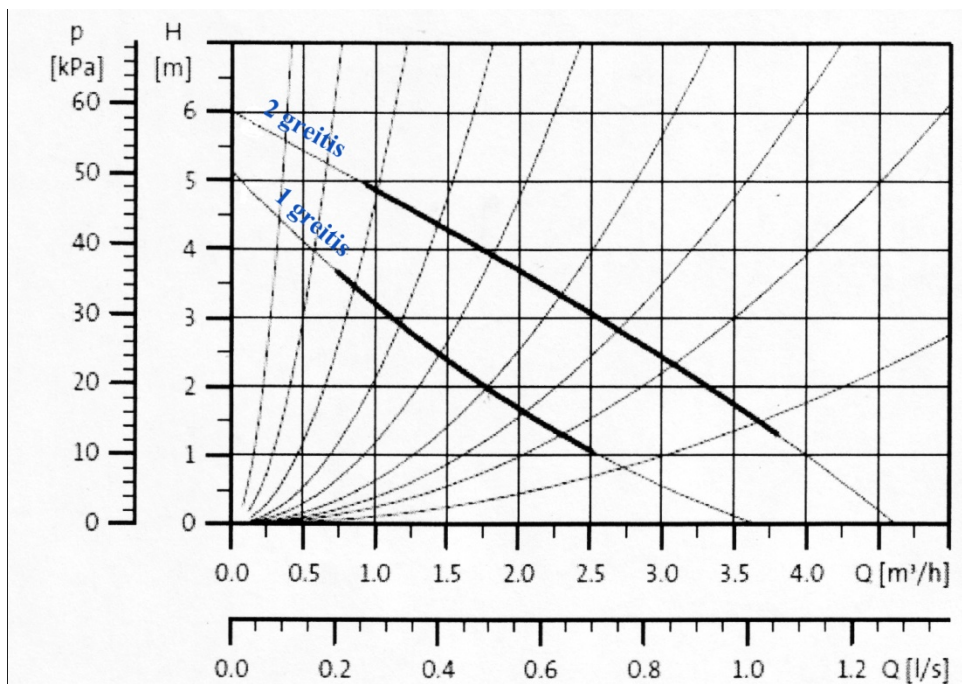
- Variante a) vožtuvas dirbs stabiliau (ypatingai prie minimalių apkrovimų) bus mažesni debito (tuo pačiu ir išeinančio oro temperatūros) svyravimai, bet reikės šiek tiek daugiau el. energijos.
- Variante b) vožtuvo stabilumas mažesnis, gali būti debito (tuo pačiu ir išeinančio oro temperatūros) svyravimai, bet reikės mažiau el. energijos.



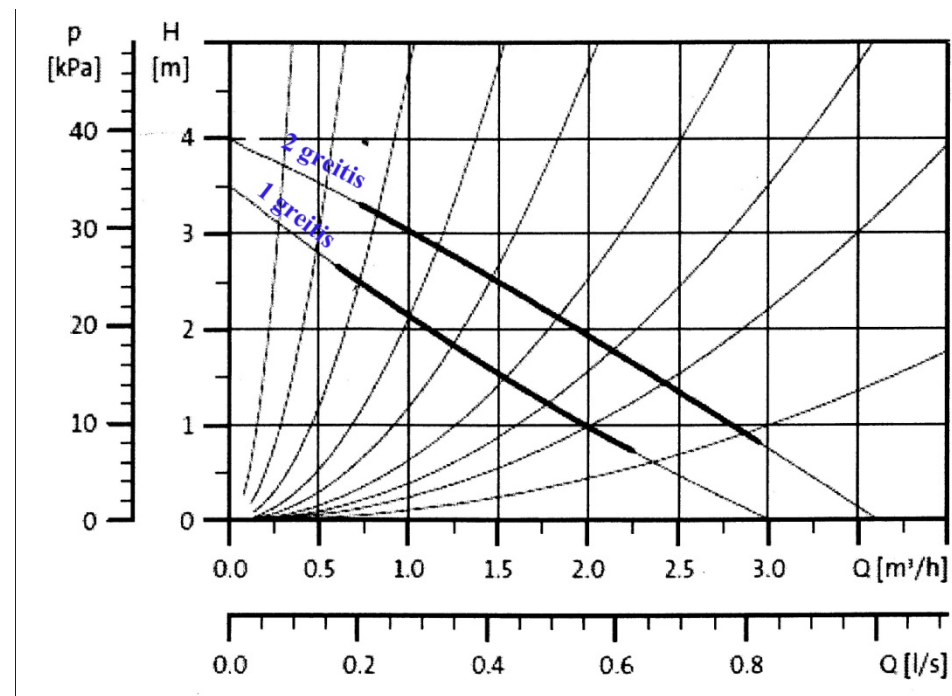
2.1 pav. Siemens VXP45 vožtuvo pralaidumo charakteristikos

$\Delta p_{v,max}$  – maksimalus vožtuvo slėgis, kPa,  $k_{vs}$  – nominalus vandens srautas kai vanduo šaltas (5 ... 30 °C),  $\Delta p_{v100}$  – slėgio kritimas vožtuve kai jis pilnai pradarytas,  $V_{100}$  – debitas per pilnai pradarytą vožtuvą.

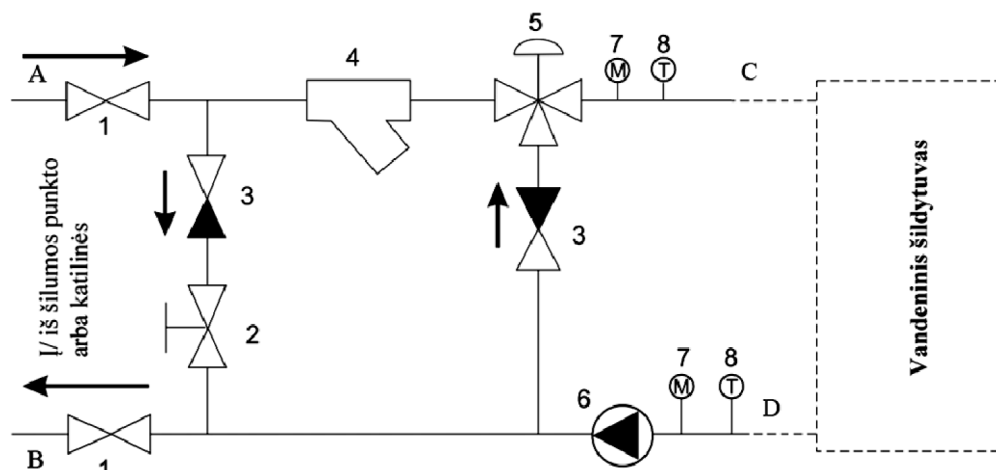




2.2 pav. Grundfos vandens cirkuliacinio siurblio UPBasic 25-6 charakteristikos



2.3 pav. Grundfos vandens cirkuliacinio siurblio UPBasic 25-4 charakteristikos



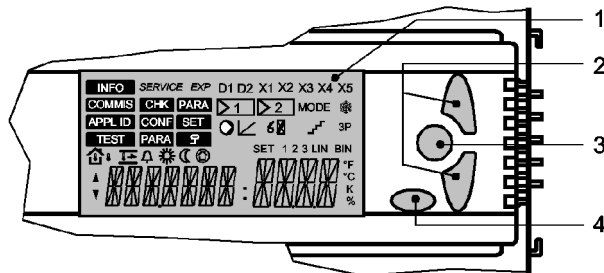
2.3. pav. Vandens reguliavimo punkto struktūrinė schema

- 1 – Įėjimo/ išėjimo vožtuvai; 2 – slėgio sumažinimo vožtuvas; 3 – atgalinis vožtuvas; 4 – filtras; 5 – triegis vožtuvas; 6 – rotorinis siurblys; 7 – manometras; 8 – termometras.

### 3 priedas

## SIEMENS RLU 232 programuojamo valdiklio valdymo elementai

Valdiklio RLU232 valdymo mygtukai parodyti 3.1 paveiksle:



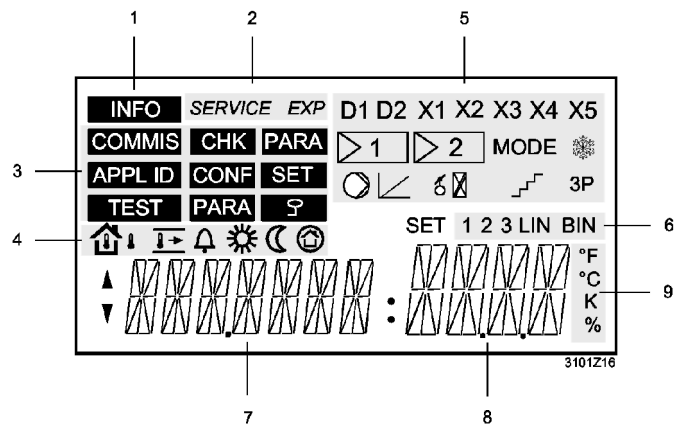
3.1 pav. Valdymo mygtukai

3.1 lentelė

#### Valdymo mygtukų paaiškinimas

<i>Eil. Nr.</i>	<i>Pavadinimas</i>	<i>Ypatybės / funkcija</i>
1	Displėjus	Segmentinis displėjus
2	" + " ir " - " mygtukai	Menu eilutės ar vertės pasirinkimas
3	OK mygtukas	Menu eilutės pasirinkimas ar įvestos vertės patvirtinimas
4	ESC mygtukas	Grįžimas į prieš tai buvusį menu ar panaikinti vertės įvedimą

*Siemens RLU 232 programuojamo valdiklio ekrano segmentai.* Displėjus yra suskirstytas į funkcines grupes (3.2 pav.). Kiekvienas parodytas simbolis priklauso tam tikrai funkcijų grupei. Vartotojui 4 pav. pristatoma bendra esama informacija.













3.2 pav. Displėjaus funkcinės grupės

1. Informacinis puslapis.
2. Vartotojo prieigos lygmuo.
3. Meniu.
4. Matuojamų kintamųjų, darbo režimų parodymai.
5. Funkcinio bloko valdymas: rodo atitinkamos konfigūracijos diagramą.
6. Funkcinių blokų atvejai.
7. Informacinė dalis: duomenų apibūdinimas.
8. Reikšmių dalis: vertė.
9. Vienetai.

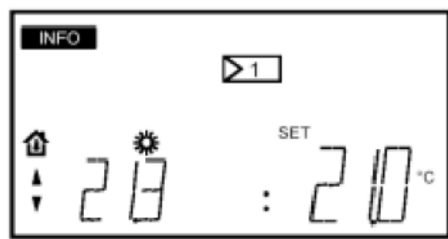
Toliau pateiktoje 3.2 lentelėje parodyti simboliai, kurie naudojami displėjuje ir jų reikšmės. Jos sugrupuotos pagal esamas displėjaus funkcines grupes.

Displėjuje naudojami simboliai ir jų reikšmės

<i>Simbolis</i>	<i>Reikšmė</i>
<b>Veiklos lygis</b>	
	Informacinis lygis
<b>Prieigos lygis</b>	
<i>SERVICE</i>	Serviso lygis
<i>EXP</i>	Administravimo lygis
<b>Meniu</b>	
	Nustatymas, reguliavimas
<b>Matuojamos temperatūros simboliai, darbo režimai</b>	
	Šviežio oro temperatūra
	Ištraukiamo oro temperatūra
	Tiekiamo oro temperatūra
	Klaida
	Komfortiškas režimas
	Ekonomiškas režimas
	Apsauga
<i>Valdymas</i>	
	+ reikšmės pasirinkimas į viršų
	- reikšmės pasirinkimas į apačią
<b>Funkcinio bloko valdymas</b>	
	Valdiklis 1 (arba 2)
	Frost protection FB (užšalimo apsauga)

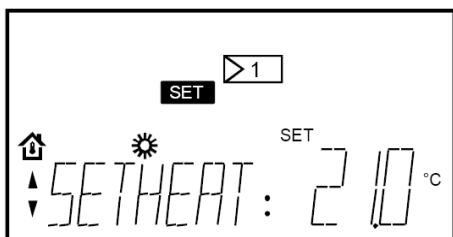
## Siemens RLU 232 valdiklio nustatymai

Į patalpą tiekiamo oro temperatūrą vartotojas nustato programuojamu valdikliu. Pagrindiniame puslapyje rodomos dvi temperatūrų reikšmės: ištraukiamo iš patalpos oro (jei prijungtas GT2 jutiklis) ir nustatyta.



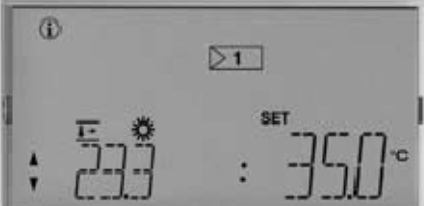
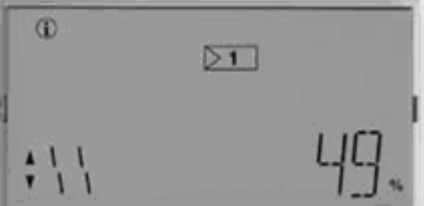
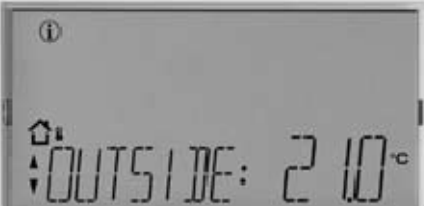
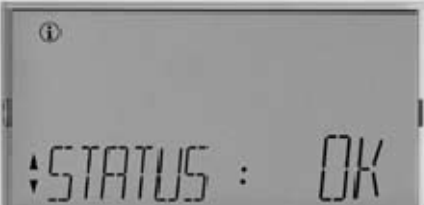


Ištraukiamoji      Nustatytoji

Paspaudus mygtuką OK įeiname į nustatymų meniu, kuriame " + " / " – " mygtukais pasirenkame tiekiamo oro temperatūros SETHEAT puslapį. Temperatūros reikšmė pasirenkama " + " / " – " mygtukais, pvz.: 21,0 °C. Pasirinkus norimą reikšmę dar kartą paspaudžiame OK mygtuką patvirtindami pasirinkimą. Paspaudus ESC grįžtame į pagrindinį puslapį.



## Displėjaus parodymai

Displėjaus parodymai	Paiškinimas
	Rodoma ištraukiamo oro ir nustatytoji temperatūros.
	Valdiklis rodo vandeninio šildytuvo priešūžšalimės apsaugos suveikimą rodama, jei yra vandeninis šildytuvas).
	Rodoma tiekiamo oro ir nustatytoji temperatūros.
	Rodoma šilumokaičio (recirkuliacijos) ir šildytuvo veikimo pakopas. Veiklioji pakopa mirksi. Pirmas brūkšnelių stulpelis (iš kairės) – šildytuvas, antras – šilumokaičio (recirkuliacijos).
	Lauko oro temperatūros parodymai.
	Šitas puslapis rodomas, jei agregatas veikia normaliaame režime. Esant gedimui rodomas gedimo pranešimas.

## 4 Priedas

Edvardas Bielskis

### Praktikos ataskaita

## 2. ATLIKTI DARBAI TECHNOLOGIJOS FAKULTETE

Šiame skyrelyje bus pateikt keletas sukurtos įrangos aprašymų nuo projektavimo pradžios iki galutinio rezultato išvaizdos, aprašant įrenginio vidaus elementų paskirtį ir veikimo principą. Didžioji dalis mano darbų buvo susiję su rekuperatoriaus matavimo sistemų patobulinimu.

Reikėjo praplėsti rekuperatoriaus galimybes padarant jame kelis naujus įrenginius, kurie aprašomi žemiau esančiuose skyreliuose.

Tai pat užsiemiau pedagogine veikla, dėščiau praktikos užsiėmimus antro kurso studentams. Dirbau su jais kelis užsiėmimus. Praktiniuose užsiėmimuose mokiau juos, kaip reikia dirbti su litavimo priemonėmis. Tai pat studentai išmoko pasigaminti nesudėtingas elektronines grandines.

### 2.1. Rekuperatoriaus įrangos patobulinimas

Šis įrenginys instaliuotas 105 auditorijoje Elektos inžinerijos katedroje. Su juo yra atliekami moksliniai tyrimai, susiję su šildymo sistemomis.

Atliekant mokslinius tyrimus su šiuo rekuperatoriumi, prireikė įdiegti naujų įtaisų, kurie praplėstų matuojamų dydžių bei valdomų įrenginių spektrą. Šiuo atveju, rekuperatoriui reikėjo įdiegti maitinimo bloką, SAK (skaitmeninį analoginį keitiklį), izoliuojančių stiprintuvų bloką.

#### 2.1.1. Maitinimo bloko gamyba

Šis maitinimo blokas turi būti skirtas esamiems jutikliams užmaitinti. Anksčiau buvo naudojamas laboratorinis maitinimo šaltinis, o tai nebuvo patogu, todėl buvo nutarta jam sukurti stacionarų maitinimą, integruojant įrangoje atskirą transformatorių ir išlyginant jo srovę, gauti dvi maitinimo įtampas 12V ir 5V.

Turimas transformatorius buvo modulinis, tvirtinamas ant bėgelio, pirminė jo apvija skirta 230V įtampai, antrinės dvi apvijos buvo po 12V. Transformatoriaus galingumas siekė 32VA,

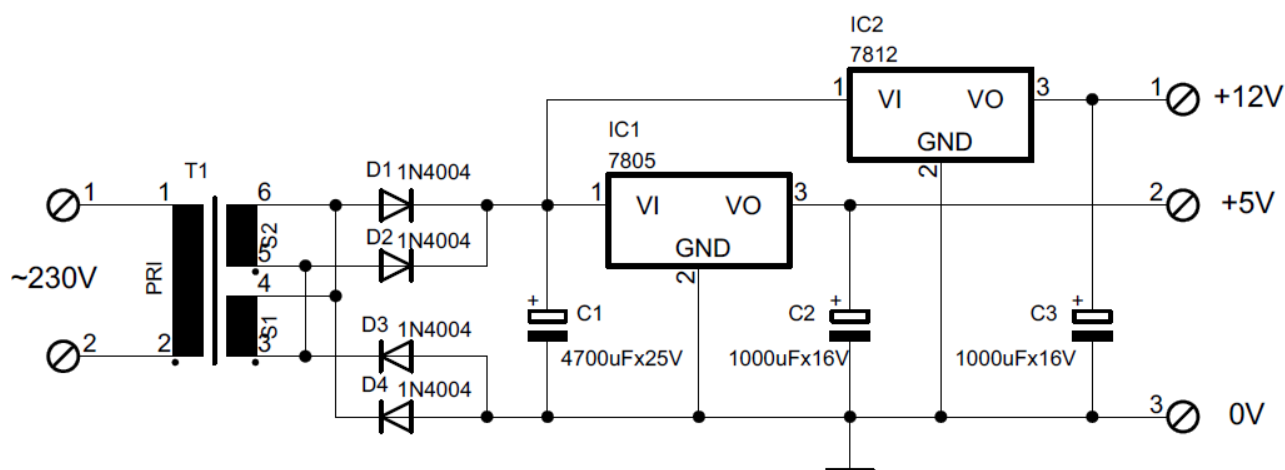


nors čia galinumas nebuvo labai aktualus, nes jautkliai kuriuos reikėjo užmaitinti ėmė tik miliamperų eilės sroves.

Tolimesnėje eigoje susipažinus su esama įrangos dalimi, sukūriau maitinimo bloko schemą, kuri pateikta 2.1 paveiksle. Schemą:

- Lyginimo tiltelis sudarytas iš 4 diodų;
- Trys kondensatoriai skirti pulsacijoms sumažinti;
- Du stabilizatoriai: 7805 – Stabilizuoja įtampą iki 5V ir 7812 – stabilizuoja įtampą iki 12V. Maksimalios srovės vertės šių stabilizatorių siekia po 1,5A.

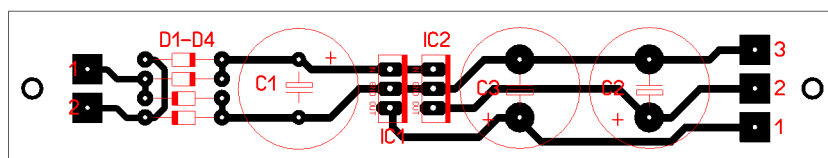
Dvi įtampos reikalingos tam, kad būtų galima maitinti kelių tipų skirtingus jautklus, kuriems reikalinga 12V, o kitiems reikalinga 5V įtampa.



2.1 pav. Maitinimo bloko elektrinė schema jautkliams

Veikimo principas yra labai paprastas (žr. į 2.1 pav.). Transformatorius pažemina 230V kintamą įtampą iki 12V kintamosios įtampos. Antrinės apvijios sujungtos lygiagrečiai apvijų pradžias ir galus sujungiant į bendrą mazgą, taip išnaudojamos abi antrinės apvijios. Toliau diodų tiltelio pagalba kintamoji įtampa yra išlyginama. Tačiau išlygintoji įtampa turi 100% pulsacijas, kurias panaikiname įvedę C filtrą, kurį sudaro kondensatorius C1. Kad gauti pastovias stabilizuotas įtampas, kurios nebūtų priklausomos nuo maitinimo tinklo svyravimų, panaudoti du reikiamų įtampų stabilizatoriai. Stabilizatorių sudaro viduje esanti integrinė schema. Ir maitinimo gnybtų išėjime yra sumontuoti dar papildomi C filtrai, kuriuos sudaro C2 ir C3 kondensatoriai.

Toliau „LAYOUT40“ programa suprojektavau spausdintinę plokštę, kuri pavaizduota 2.2 paveikslėlyje. Ant kurios sulituojuojant detales buvo realizuota 2.1 paveiksle pavaizduota principinė elektrinė schema.



2.2 pav. Ant spausdintinės plokštės realizuota schema

Toliau šis maitinimo blokas buvo realizuotas rekuperatoriaus jutiklių grandinėse.

### 2.1.2. Skaitmeninis-analoginis keitiklis

Šis įrenginys buvo pagamintas todėl, kad įrenginio (rekuperatoriaus) su kompiuteriu sąsajos plokštėje nebebuvo laisvų analoginių įrangos valdymo signalų. Jie jau buvo užimti esamos įrangos, tačiau buvo dar likę daug diskretinių valdymo signalų, kuriuos naudojant būtų galima gauti analoginį valdymo signalą.

Šis skaitmeninis analoginis keitiklis iš kelių loginių (diskretinių) signalų kombinacijos savo išėjime turi suformuoti analoginės įtampos valdymo signalą.

Šiam tikslui buvo panaudoti 8 diskretiniai valdymo signalai. Keičiant šių valdymo signalų reikšmes, gaunamos skirtingos 256 bitų kombinacijos nuo „00000000“ iki „11111111“ ir taip išėjime būtų galima valdyti įtampą norimame intervale nuo 0 iki 10V. Tuomet gaunamas tikslumas vienam bitui siektų:

$$Tikslumas = \frac{U_{out}}{bitų\_sk.} = \frac{10}{256} \approx 0,039 \frac{V}{bitui} \quad (2.1)$$

čia  $U_{out}$  - norima gauti išėjimo įtampa;

$bitų\_sk.$  - visos galimos bitų kombinacijos

Šiuo atveju gautas tikslumas yra pakankamas, todėl pilnai užteks valdymui panaudoti 8 valdymo signalus.

Suprojektuota schema pavaizduota 2.3 paveiksle. Į įrenginio schemą įeina nuosekliai ir lygiagrečiai įėjimų atžvilgiu jungtos varžos, kurios formuoja analoginės įtampos vertes skaitmeninio-analoginio keitiklio išėjime. Tai pat panaudoti du operaciniai stiprintuvai, kuriais koreguojamas šio keitiklio išėjimo signalas.

Pirmasis operacinis stiprintuvas IC1A koreguoja išėjimo įtampos pradinį tašką, kurio norima vertė išėjime turi siekti kuo artimesnę 0V reikšmei. Nes šiuo atveju kitaip 0V įtampos vertės neįmanoma pasiekti, nes loginiu išėjimu žemo lygio vertė siekia 0,7V, todėl ir SAK keitiklio išėjime esant „00000000“ bitų kombinacijai gausime ne 0V, o 0,7V. Kad taip neatsitiktų, naudojamas operacinis stiprintuvas, dirbantis tokiu režimu, kad iš užduotos reikšmės atimtu 0,7V vertę. Ir taip pakoreguojamas signalas iki reikšmės, kuri siekia 0V.

Antrasis operacinis stiprintuvas IC1B dirba neinvertuojančio stiprinimo režimu. Be šio stiprintuvo neįmanoma išėjime būtų gauti 10V, nes loginių signalų aukšto lygio įėjimuose vertė tesiekia 3,5V, todėl šį signalą reikia sustiprinti iki 10V. Šiuo atveju stiprintuvo stiprinimo koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

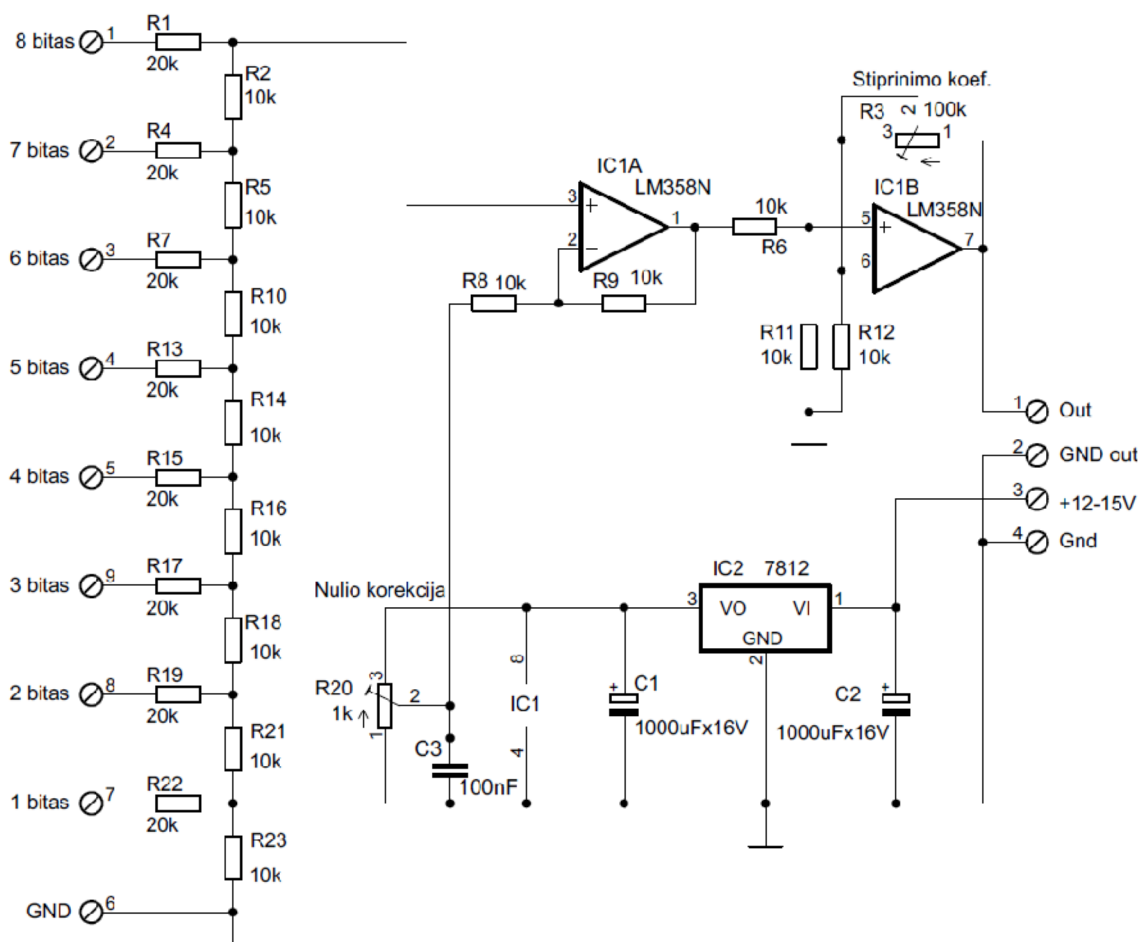
$$k = \frac{1}{2} U_{in} \frac{R1 + R2}{R2} \quad (2.2)$$

čia  $k$  – stiprintuvo stiprinimo koeficientas;

$U_{in}$  - Įėjimo į stiprintuvą įtampa;

$R1$  - grįžtamajame ryšyje esanti varža sujungta su stiprintuvo išėjimu;

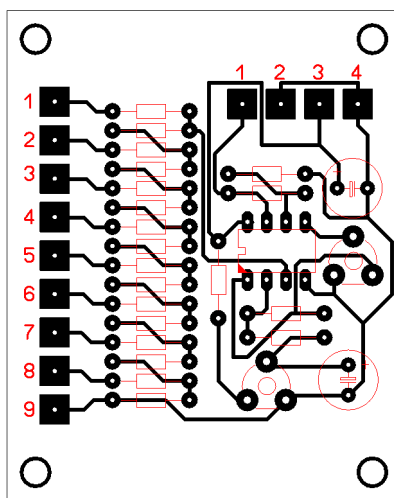
$R2$  - grįžtamajame ryšyje esanti varža sujungta su žemės tašku.



2.3 pav. SAK elektrinė schema

Kaip matyti iš 2.2 formulės, stiprinimo koeficientas priklauso nuo R1 ir R2 varžų. Šiuo atveju stiprinimo koeficientą numatyta keisti su R1 varža (2.3 paveiksle su R3 varža).

Surinktas prietaisas ant spausdintinės plokštės parodytas 2.4 paveiksle.



2.4 pav. SAK bendras vaizdas ant spausdintinės plokštės.

Pagamintą prietaisą, kad jis gerai veiktų reikia suderinti. Derinimas atliekamas prietaisą prijungus jį prie įėjimo signalų. Derinimas atliekamas per du etapus:

- Visuose įėjimuose nustatome žemo lygio logines vertes. Stiprinimo koeficientą nustatome aukščiausio lygio padarant R3 varžą kuo didesnės vertės. Tada prie SAK išėjimo prijungiame voltmetrą ir išmatuojame esančią įtampą. Jei įtampa yra gerokai didesnė nei 0V, tada potenciometru R20 pakoreguojame įtampą privesdami ją kuo arčiau 0V. Šis etapas baigiamas, kai pasiekiami kuo artimesnė 0V vertė.
- Toliau visuose loginiuose įėjimuose nustatome aukšto lygio vertes. Voltmetru išmatuojame SAK keitiklio išėjimo įtampą. Įtampa turi būti 10V. Jei taip nėra, tada koreguojame stiprintuvo stiprinimo koeficientą su R3 varža kol gauname išėjime 10V.

Taip suderintas skaitmeninis-analoginis keitiklis jau gali pilnai reguliuoti įtampą intervale nuo 0 iki 10V keičiant aštuonių loginių įėjimų kombinacijas.

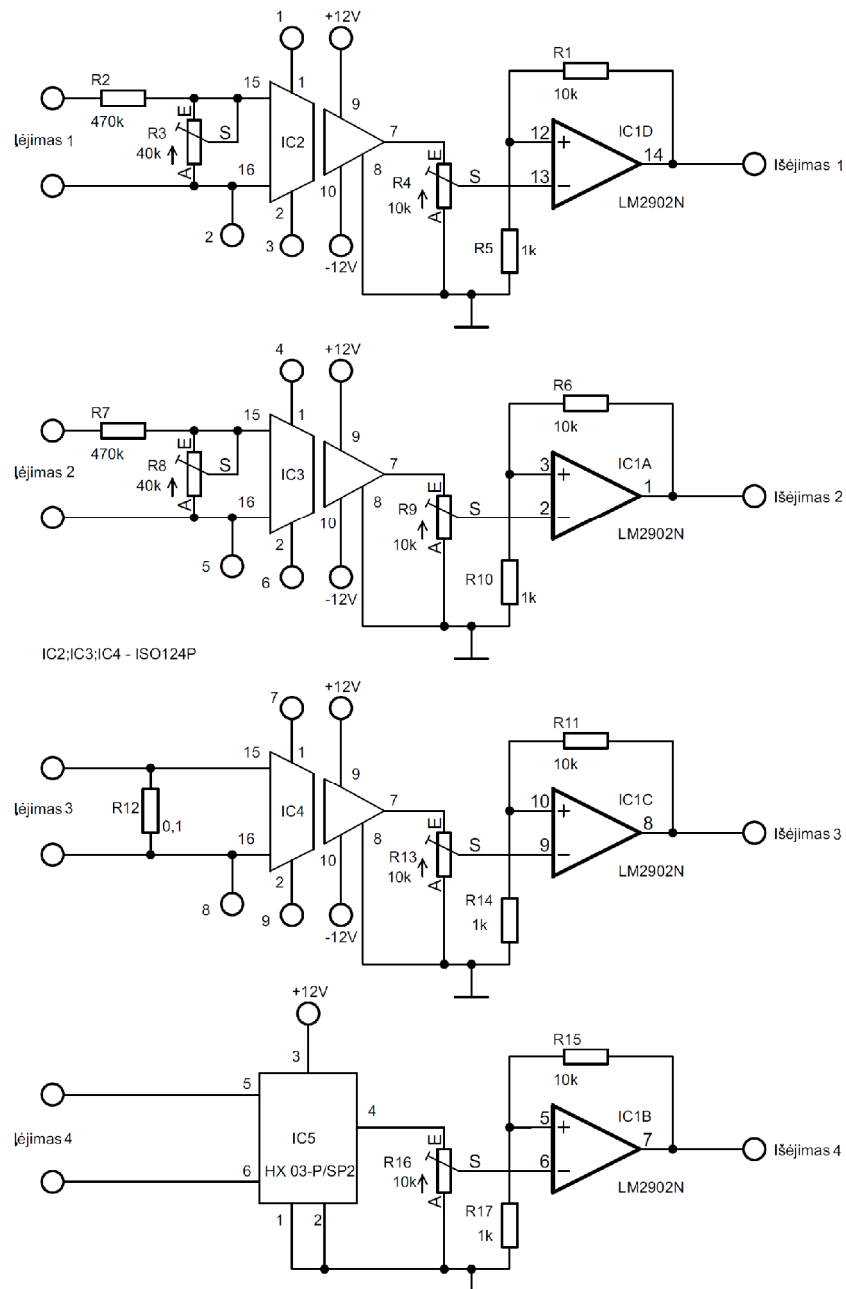
Pagamintas SAK įdiegtas rekuperatoriuje reguliuoja motorizuotos sklendės padėtį keičiant paduodamą įtampą nuo 0 iki 10V.

### ***2.1.3. Izoliuojančių stiprintuvų blokas***

Šis įtaisas buvo reikalingas tam, kad būtų galima išmatuoti kai kurių rekuperatoriaus įrenginių imamą srovę bei maitinimo įtampą.

Izoliuojantys stiprintuvai buvo pasirinkti todėl, kad matuojami dydžiai buvo nuimami iš imtuvų, kurie buvo įjungti į tinklą. O tuo matuojamus dydžius reikėjo paduoti į sąsajos plokštę su kompiuteriu. Kad neatsirastų elektrinis ryšis tarp esamos rekuperatoriaus įrangos ir tinklo, buvo panaudoti izoliuojantys stiprintuvai, kurie garantuos izoliuojantį tarpą, tačiau perduos reikiamus signalus kompiuterio sąsajos plokštei. Šiam tikslui buvo pasirinkti ISO124 tipo izoliuojantys stiprintuvai.

Reikėjo išmatuoti dviejų imtuvų imamas sroves ir ant jų įtampos kritimus. Todėl reikėjo keturių izoliuojančių elementų. Vieno imtuvo srovę nutarta matuoti Holo jutikliu, kuris tai pat izolios matuojamą grandinę nuo rekuperatoriaus aparatūros. Izoliuojančių stiprintuvų schema parodyta 2.5 paveiksle.



2.5 pav. Izoliuojančių stiprintuvų principinė elektrinė schema

Įtampa bus matuojama IC2 ir IC3 izoliuojančiais stiprintuvais paduodant į jų įėjimus tinklo kintamą įtampą į 1 ir 2 įėjimus. Matuojant įtampą ant imtuvo įėjimo gnybtus jungiame lygiagrečiai su imtuvo maitinimo gnybtais.

Srovė bus išmatuojama izoliuojančiu stiprintuvu IC4 ir srovės Holo jutikliu IC5 paduodant kintamą srovę per 3 ir 4 įėjimus.

IC4 matuoja įtampos kritimą ant šunto R12, kurį sudaro keraminis rezistorius, kurio vidinė varža yra  $0,15\Omega$ . Šio rezistoriaus išskaidoma šiluminė galia 10W. Apskaičiuojame maksimalią ilgalaikę srovę, kuri galėtų ilgą laiką tekėti neperkaitindama rezistoriaus:

$$I_{i_{lg.}} = \sqrt{\frac{P_n}{R_n}} \cdot k = \sqrt{\frac{10}{0,15}} \cdot 0,8 = 6,53A \quad (2.3)$$

čia  $I_{i_{lg.}}$  - ilgalaikė srovė, A;

$P_n$  - šunto vardinė išsklaidoma šiluminė galia, W;

$R_n$  - šunto aktyvioji vardinė varža,  $\Omega$ ;

$k$  - atsargos koeficientas įvertinantis aplinką, kurios temperatūra gali būti didesnė už vardinę aplinkos temperatūrą, dėl šios priežasties pablogėja temperatūros atidavimas į aplinką.

Srovės Holo jutiklis HX 03-P/SP2 matuoja srovės nedidesnes kaip 3A, todėl su juo bus matuojama tik negalingo imtuvo srovė.

Abu ampermetrai bus jungiami nuosekliai su matuojama apkrova.

R3 ir R8 potenciometai skirti padidinti arba sumažinti į stiprintuvų įėjimą paduodamas įtampų vertes, taip pareguliuojant stiprintuvų išėjimo signalus.

Tai pat išėjimo signalų korekcijai yra naudojami keturi operaciniai stiprintuvai. Reguluojant per potenciometrus R4, R9, R13, R16 jutiklių įtampas, reguliuojama įtampa į stiprintuvo įėjimą ir taip koreguojamą izoliuojančių stiprintuvų plokštės išėjimų vertės. Visų sumontuotų stiprintuvų stiprinimo koeficientas yra vienodas ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$U_{i_{š.}} = U_{in} \frac{R1 + R2}{R1} = U_{in} \frac{1 + 10}{1} = 11U_{in} \quad (2.2)$$

čia  $U_{i_{š.}}$  - stiprintuvo išėjimo įtampa, V;

$U_{in}$  - stiprintuvo įėjimo įtampa, V;

R1 – rezistorius sujungtas tarp vidurinio maitinimo taško ir neigiamo stiprintuvo įėjimo,  $\Omega$ ;

R2 – neigiamąjį gryžtamąjį ryšį formuojantis rezistorius tarp išėjimo ir neigiamo įėjimo,  $\Omega$ .

Kaip matyti iš 2.2 formulės visi stiprintuvai padidina įtampos amplitudę 11kartų. Tačiau šį stiprinimo koeficientą galime mažinti per įtampos daliklius, kuriuos sudaro potenciometai R4,

R9, R13, R16 ir taip gauti išėjimuose priimtinas vertes, kurios bus paduodamos į sąsajos su kompiuterių plokšte.

Izoliuojantys stiprintuvai ant spausdintinės plokštės bus kartu su maitinimo šaltiniais, kurie maitins izoliuojančius stiprintuvus.

Matavimo grandines reikia užmaitinti su nepriklausomais maitinimo šaltiniais. Nepriklausomus maitinimo šaltinius parodysime panaudojant žeminimo transformatorius. Antrinės transformatorių apvijos bus izoliuotos nuo pirminės apvijos ir neturės elektrinio ryšio tarp tinklo įtampos. Be to taip pat yra elektriškai izoliuotos viena nuo kitos ir antrinės transformatorių apvijos. Todėl taupant plokštėje vietos naudojami maitinimo transformatoriai, turintys dvi antrines apvijas.

Pirmo transformatoriaus antrinės apvijos užmaitins įtampą matuojančius izoliuojančius stiprintuvus.

Antras transformatoriaus su viena antrine apvija užmaitins srovę matuojantį izoliuojantį stiprintuvą. Kita apvija užmaitins visų izoliuojančių stiprintuvų išėjimo dalis, o tai pat ir Holo srovės matuoklį.

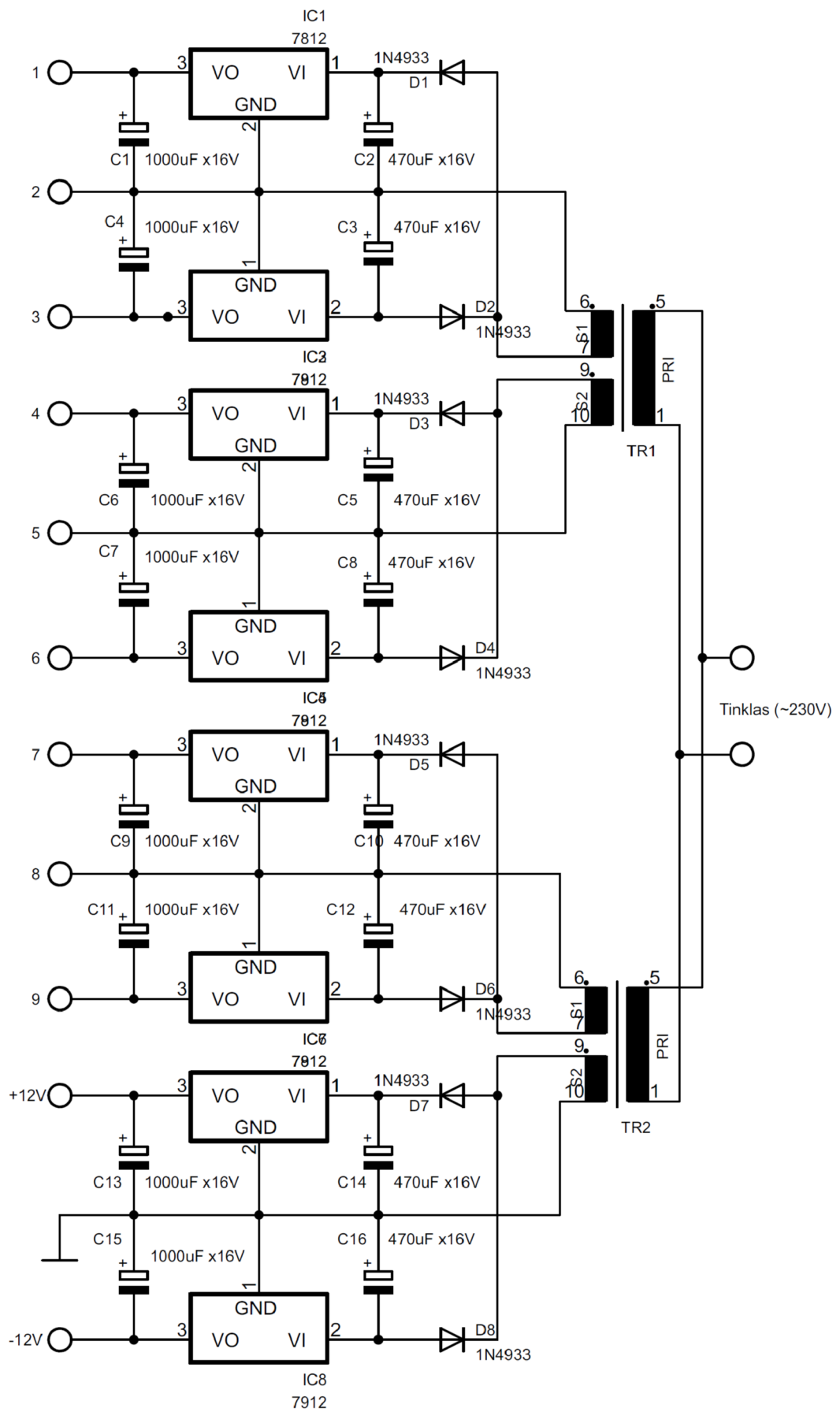
Transformatorių antrinės apvijos įtampas išlyginame ir stabilizuojame stabilizatoriais iki 12V. Visų antrinių apvijų išlygintos įtampos turi būti po dvi t. y. turi turėti neigiamą įtampą -12V ir teigiamą įtampą +12V. Šios dvi įtampos turi turėti bendrą tašką. Neigiama įtampa reikalinga tam, kad stiprintuvas galėtų išėjime parodyti ir neigiamą įtampą turintį sinusinį kintamos įtampos signalą.

Izoliuojančių stiprintuvų maitinimo šaltinio principinė elektrinė schema pateikta 2.6 paveikslėlyje. Gnybtai 1...9 turi jungtis su 2.5 paveikslėlyje parodytais gnybtais. Taip buvo pasielgta todėl, kad schema būtų atrodžiusi dar sudėtingiau.

+12V ir -12V įtampos su viduriniu tašku bus skirtos maitinti stiprintuvų išėjimuose esančias grandines bei srovės holo jutikliui.

Kaip matome iš 2.6 pav. schemas, elektrinis ryšys yra neįmanomas tarp keturių maitinimo šaltinių. Visi operaciniai izoliuojantys stiprintuvai yra izoliuoti per transformatorių apvijų izoliacijas. Izoliacija kaip gamintojas deklaruoja išbandytą 1000V paaukštintą įtampą.





2.6 pav. Maitinimo šaltinis izoliuojantiems stiprintuvams

Kai buvo sugalvota principinė elektrinė schema izoliuojančių stiprintuvų, reikėjo sukurti realią elektrinę schemą ant spausdintinės plokštės ir sulituoti joje elektronikos komponentus.

Spausdintinės plokštės buvo braižomos programiniu paketu „LAYOUT40“. Programa turi pakankamai gausią detalių biblioteką. Tai pat jei reikiamų detalių nėra esamoje bibliotekoje, jas galima susikurti.

Braižant plokštę minėta programa buvo išnaudoti visi trys sluoksniai. Sluoksnio reikšmė atskiriama pagal spalvą:

- Mėlyna – lituojamos detalės, laidai, sujungimai, esantys plokštės apatinėje pusėje.
- Raudona – lipduko iliustracijos ir lituojamos detalės, jungtukai, kištukai. Ši spalva vaizduoja detales, esančias ant plokštės viršutinės dalies.
- Juoda – tai apatinėje plokštės pusėje vaizduojami takeliai, kuriais jungiasi tarpusavyje esantys elementai.

Suprojektavus plokštę reikia atspausdinti jos skaidrę. Skaidrėje turi būti pavaizduota žaliojo sluoksnio atvaizdas, kuriame vaizduojami ryšiai tarp detalių laidžiais takeliais.

Tai pat reikia apdoroti stiklo tekstolito plokštę. Pirmiausia išpjauname jos didį pagal dėžutės viršaus matmenys. Toliau reikia paruošti plokštės paviršiu, jį nutrinant negruba paviršiaus švitrinium popieriumi. Nuvalius mechaniškai paviršių, jį reikia padengti ultravioletinei šviesai jautria lako plėvele – pozityviu fotorezistu, purškiant jį iš flakonėlio. Padengus reikia mažai apšviestoje aplinkoje šildyti 15 minučių  $70^{\circ}C$  temperatūroje.

Paruošus plokštę ant jos uždedame pagamintą skaidrę ir prispaudžiame stiklu, kad būtų skaidrė gerai prigludusi prie plokštės. Toliau apšviečiame ultravioletiniais spinduliais 15-20 minučių plokštės paviršių. Neuždengtos plokštės vietos apšvietus ultravioletiniais spinduliais pakeičia savo savybes.

Baigus apšvietimą ir nuėmus skaidrę, ją įmerkiame į specialų ryškala, kurio pagrindinė veiklioji medžiaga yra natrio hidroksidas. Palaikius 10-15 sekundžių matosi, kad apšviestose plokštės vietose, kurių neuždengė skaidrė, esantis lakas sunyko, o kur buvo uždengta su skaidre, liko skaidrės atvaizdas. Skaidrę reikia laikyti maždaug 10-15 sekundžių, jei ryškalas yra naudojamas pirmą kartą, o sekančius kartus reikia laikyti šiek tiek ilgiau, nes skystis sotinasi ir praranda savo efektines savybes.

Ištraukus iš ryškalo plokštę reikia gerai nuplauti vandeniu. Nuplovus plokštę ją merkiame į specialų skystį, kuris naudojamas varinės folijos sluoksniui ėsinti. Skystis reikiamose vietose (kurios yra nepadengtos laku) išgraužia vario foliją ir lieka tik po laku esantys sluoksniai. Plokštė ėsdinasi apie 1-2 val., priklausomai kokį sotumo laipsnį variu turi tirpalas. Be to didele

dalimi ęsdinimo laikas priklauso ir nuo skysčio temperatūros. Jei temperatūrą padarysime  $50^{\circ}C$ , tai plokštę įmanoma išęsdinti ir per 30 minučių.

Po ęsdinimo tai pat reikia plokštę nuplauti vandeniu ir nuvalyti likusį laką su skiedikliu. Nuvalius paviršių plokštę būna paruošta litavimui. Prieš lituojant plokštę padengiama etilo alkoholiu ištirpdyta kanifolija. Apdžiuvus kanifolijai įkaitintu lituokliu lydmetaliao plėvele padengiame esančius takelius. Baigus litavimą su skiedikliu nuvalome likusį fliusą (kanifolija).

Toliau reikiamose vietose išgręžiamos skylės, kuriose mus montuojamos detalės.

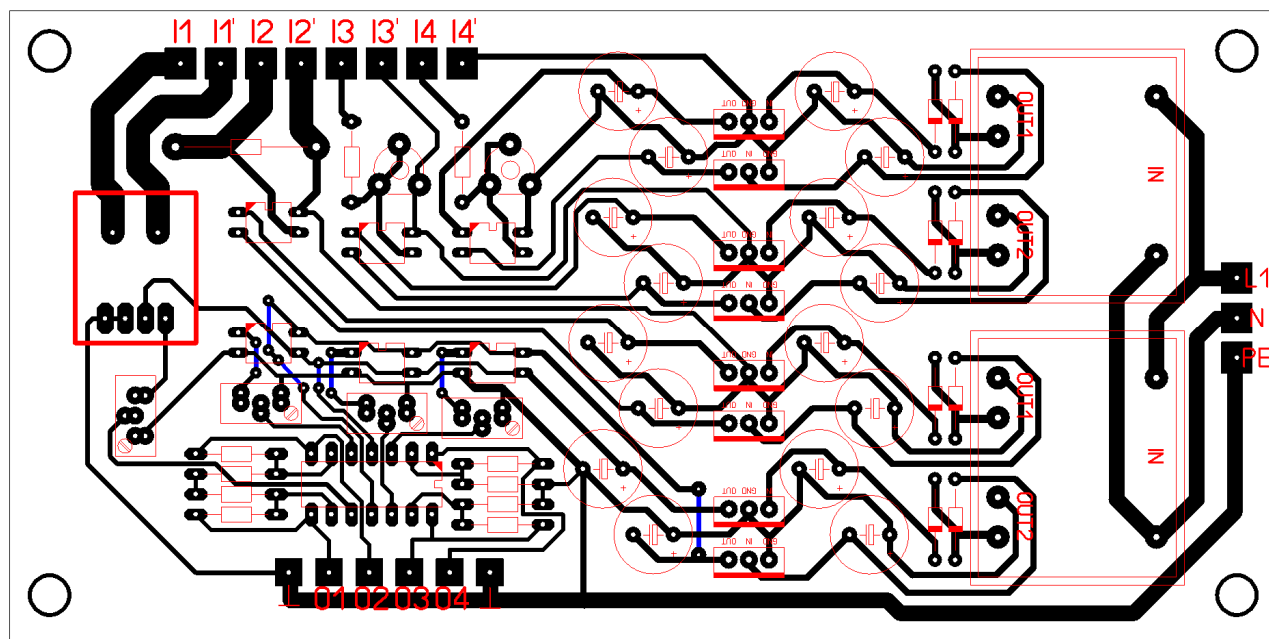
Toliau atliekamas detalių sulitavimas, reikiamų komponentų (potenciometrų, jungtukų, kištukų) montavimas į pagamintą plokštę.

Tai pat pagal tokį algoritmą buvo pagaminta ir maitinimo šaltinio plokštė.

Viršutinė valdymo bloko dalis pavaizduota 2 bręžinyje, maitinimo šaltinio plokštė pavaizduota 3 bręžinyje.

Pirmiausia spausdintinės plokštės vaizdas buvo kuriamas specialia programine įranga braizant sujungimo takelius ir taip sujungiant schemoje nurodytus komponentus.

Nubraižytos plokštės programine įranga vaizdas parodytas 2.7 paveiksle.



2.7 pav. Izoliuojančio stiprintuvo nubraižyta plokštė. Raudona – plokštės viršuje esančios detalės ir iliustracijos; juoda – apačioje esantys elementų sujungimo takeliai; mėlyna – viršuje esantys sujungimai.

Kadangi įėjimai neturi elektrinio ryšio, tai jie turi po du gnybtus, iš kurių vienas pažymėtas In, kur n reiškia įėjimo sekos skaičių, o kitas taip pat tik su štricho ženklų.

Ampermetrų gnybtai yra I1 ir I2, o voltmetrų gnybtai yra I3 ir I4.

Prietaisas jau yra išbandytas ir pajungtas rekuperatoriaus matavimo sistemose, matuoja reikiamų įrenginių naudojamą galią, sudauginus kompiuterine programine įranga gautas srovės ir įtampas iš izoliuojančio stiprintuvo.

## **5 Priedas**