



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Zenonas Kaminskas

**SŪRIŲ BRANDINIMO PATALPŲ KLIMATO PALAIKYMO
SISTEMOS TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas
Prof. dr. Vytautas Markevičius**

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

**ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTRONIKOS INŽINERIJOS KATEDRA**

**SŪRIŲ BRANDINIMO PATALPŲ KLIMATO PALAIKYMO
SISTEMOS TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Elektronikos inžinerija (M2036M21)

Vadovas

(parašas) Prof. dr. Vytautas Markevičius
(data)

Recenzentas

(parašas)
(data)

Projektą atliko

(parašas) Zenonas Kaminskas
(data)

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS

(Fakultetas)

Zenonas Kaminskas

(Studento vardas, pavardė)

Elektronikos inžinerija, M2036M21

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Sūrių brandinimo patalpų klimato palaikymo sistemos tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. gegužės 23 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Zenono Kaminsko** baigiamasis projektas tema „**Sūrių brandinimo patalpų klimato palaikymo sistemos tyrimas**“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Kaminskas, Z. Sūrių brandinimo patalpų klimato palaikymo sistemos tyrimas. Magistrinis baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Vytautas Markevičius; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir Elektronikos fakultetas, Elektronikos inžinerijos katedra.

Kaunas, 2016. 65 psl.

SANTRAUKA

Šio tiriamojo darbo tikslas yra suprojektuoti ir ištirti sūrių brandinimo patalpų klimato palaikymo sistemą.

Pirmoje šio darbo dalyje yra apžvelgiamos patalpų klimato palaikymo sistemos ir jų trūkumai. Sistemose naudojamų komunikacijos standartų apžvalga. Toliau apžvelgiami klimato palaikymo sistemose naudojami jutikliai, jų kvalifikacija, tipai ir veikimo principas.

Projektavimo dalyje aiškinamasi sūrių brandinimui reikalingi patalpos klimato parametrai. Pagal reikalingus parametrus projektuojama klimato palaikymo sistema. Aprašoma klimato palaikymo sistemoje naudojama įranga ir sistemos veikimas. Projektuojamas agresyviai sūrių brandinimo patalpos aplinkai atsparus drėgmės jutiklis.

Atliekamas sukurtų santykinės drėgmės matavimų jutiklio testavimas ir tyrimas. Aprašomas sūrių brandinimo patalpų klimato sistemos tyrimas.

Paskutinėje dalyje apžvelgiami tyrimo rezultatai ir pateikiamos darbo išvados.

Reikšminiai žodžiai

Klimato palaikymo sistema, santykinė drėgmė, jutiklis

Kaminskas, Z Research of storage climate keeping system for cheese ripening. Final project of master degree / supervisor prof. dr. Vytautas Markevičius; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Electronics engineering.

Kaunas, 2016. 65 p.

SUMMARY

The aim of this research is to design and investigate the climate-control system for cheese ripening storage.

The first part of this paper analyses the climate-control systems and their disadvantages. Analysis of the communications standards, which are used in the climate systems. Following, is analysis of the sensors used in climate-control systems, their classification, types and principles of operation.

The design explores the parameters that are required for cheese ripening climate. The climate-control system is designed under the required parameters. Described in detail is the equipment and system operation used for climate-control system. A humidity sensor for an aggressive cheese ripening storage environment is designed. Testing and examination of the designed relative humidity measurement sensor. The description of cheese maturing storage climate-control system analysis.

The final part of this paper reveals the findings and conclusions.

Keywords

Climate keeping system, relative humidity, sensor

TURINYS

Santrauka.....	4
Summary	5
Trumpinių sąrašas	7
Įvadas	8
1. Pastatų klimato kontrolės sistemų apžvalga.....	9
1.1. Apžvalgos tikslas.....	9
1.2. „Siemens“ klimato valdymo sistema.....	9
1.3. „Carel“ klimato valdymo sistema	13
1.4. „Honeywell“ klimato valdymo sistema.....	15
1.5. Komunikacijos standartai naudojami klimato kontrolės sistemose	18
1.6. Apžvalgos išvados.....	21
2. Jutiklių apžvalga naudojamų klimato valdymo sistemose	22
2.1. Jutiklių apžvalgos tikslas.....	22
2.2. Temperatūros jutikliai	22
2.3. Drėgmės jutikliai	24
2.4. CO ₂ jutikliai.....	27
2.5. Jutiklių apžvalgos išvados.....	29
3. Sūrių brandinimo patalpų klimato palaikymo sistemos tyrimas	30
3.1. Tyrimo aktualumas.....	30
3.2. Reikalavimai sūrio brandinimo patalpos mikroklimatui.....	30
3.3. Sūrio brandinimo patalpos drėkinimo sistema	31
3.3.1. Sūrių brandinimo patalpos drėkinimo sistemos veikimo principas	31
3.3.2. Sūrių brandinimo patalpos drėkinimo sistemos tyrimas	32
3.3.3. Sūrio brandinimo patalpos drėgmės alternatyvaus matavimo būdo parinkimas	36
3.3.4. Sūrių brandinimo patalpos santykinės drėgmės jutiklio projektavimas	37
3.5. Sūrio brandinimo patalpos vėdinimo sistema	41
3.6. Sūrio brandinimo patalpos klimato palaikymo sistemos projektavimas	42
4. Sūrių palaikymo patalpos klimato palaikymo sistemos tyrimas	45
4.1. Santykinės drėgmės skaičiavimas	45
4.2. Temperatūros jutiklių ir psichrometro matavimų paklaidos	49
4.3. Psichrometro kalibravimas	55
Išvados	60
Literatūra.....	61
1 priedas.....	65

TRUMPINIŲ SĄRAŠAS

USB (angl. Universal Serial Bus) – universalioji nuosekli duomenų perdavimo magistralė.

HVAC (angl. Heating, Ventilation and Air Conditioning) – mikroklimato kontrolė.

ASCII (angl. American Standard Code for Information Interchange) – amerikos standartiniai kodai tarptautiniams duomenų mainams.

TP (angl. Twisted Pair) – vyta pora.

PLC (angl. Programmable Logic Controller) – programuojamos logikos valdiklis.

LCD (angl. Liquid Crystal Display) – skystųjų kristalų ekranas

RTD (angl. Resistive Temperature Detectors) – rezistyvus temperatūros jutiklis

PTC (angl. Positive Temperature Coefficient) – teigiamas temperatūros koeficientas

NTC (angl. Negative Temperature Coefficient) – neigiamas temperatūros koeficientas

NDIR (angl. Non-Dispersive Infrared) – ne išsklaidyti infraraudonieji spinduliai

RH (angl. Relative Humidity) – santykinė drėgmė

PPM (angl. Parts Per Million) – milijoninės dalys

IVADAS

Šiuolaikiniame moderniam technologijų amžiuje, mes norime kontroliuoti ir valdyti sistemas, nes jos padaro mūsų gyvenimą patogesniu, komfortablesniu, efektyvesniu ir veiksmingesniu. Įvairios sistemos mus supa kiekviename žingsnyje ir kiekvienoje gyvenimo situacijoje, mes nepastebime, kaip šilumos, vėdinimo ir kondicionavimo sistemos palaiko žmogui komfortabiliausią patalpų temperatūrą. Įvairios klimato valdymo sistemos, naudojamos ne tik palaikyti komfortabilų klimatą žmogui, tačiau plačiai naudojamos pramonėje, ypač aplinkos poveikiui jautriose pramonės šakose, tokiose kaip maisto pramonė. Maisto produktų gamyboje naudojama daugybę sistemų, pradedant produkto paruošimo sistemomis ir baigiant produktų pakavimo sistemomis. Greta gamybos sistemų, naudojamos produktui tinkamos klimato aplinkos palaikymo sistemos. Klimato palaikymo sistemos projektuojamos, pagal konkrečiam produktui reikalingus aplinkos parametrus. Sistemos sudaromos iš šildymo, šaldymo, ventiliacijos, drėkinimo ir kitų sistemų, jas sujungiant į vieną ar įvairiai maišant pagal poreikius.

Šitame darbe yra projektuojama ir tiriama klimato palaikymo sistema, pritaikyta naudoti mėlynojo pelėsinio sūrio brandinimo patalpoje, kuriai keliami ypač aukšti reikalavimai. Sūrių brandinimo patalpoje sūris, ne tik nokinamas, bet jame vyksta biologiniai procesai, auginamas mėlynasis pelėsis. Pelėsių auginimui yra reikalingos specifinės, kitos rūšies sūriams nebūdingos sąlygos. Darbe sprendžiami sistemos valdymo ir jutiklių, atsparių agresyviai cheminiai ir biologiniai aplinkai parinkimo ir projektavimo klausimai.

Darbo tikslas. Išanalizuoti rinkoje esančias klimato palaikymo sistemas ir jų naudojamus jutiklius, nustatyti sistemų ir jutiklių trūkumus. Suprojektuoti sistemą sūrių brandinimo patalpos klimatui palaikyti, kuri valdytų visus, mėlynojo pelėsinio sūrio brandinimui reikalingus specifinius klimato parametrus ir saugotų visų parametų duomenis.

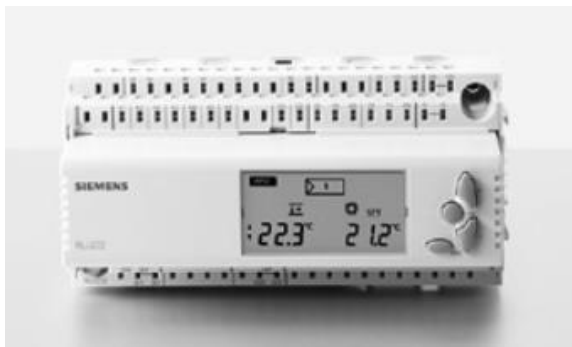
1. PASTATŲ KLIMATO KONTROLĖS SISTEMŲ APŽVALGA

1.1. Apžvalgos tikslas

Apžvalgos metu bandoma nustatyti rinkoje esančių klimato sistemų privalumus ir trūkumus, nustatyti, kokios sistemos naudojamos, ir palyginti skirtingų gamintojų sistemas, naudojamus daviklius, jų veikimo principus ir parametrus; išsiaiškinti sistemų protokolus ir standartus, komunikacijos priemones; nustatyti, kaip atliekamas patalpų klimato parametrų stebėjimas.

1.2. „Siemens“ klimato valdymo sistema

Pastatams keliami skirtingi reikalavimai klimato palaikymo sistemoms, priklausomai nuo patalpų dydžio, žmonių aktyvumo, operacijų laiko ir reikalaujamo komforto lygio. Siemens valdiklis „Synco“ – gali užtikrinti visus šiuos reikalavimus (1.1 pav.). Standartinis valdiklis siūlo maksimalų energijos efektyvumą ir patikimumą. „Synco“ leidžia suprojektuoti įvairiapusę klimato valdymo sistemą, efektyvią kainos ir energijos atžvilgiu. [1]



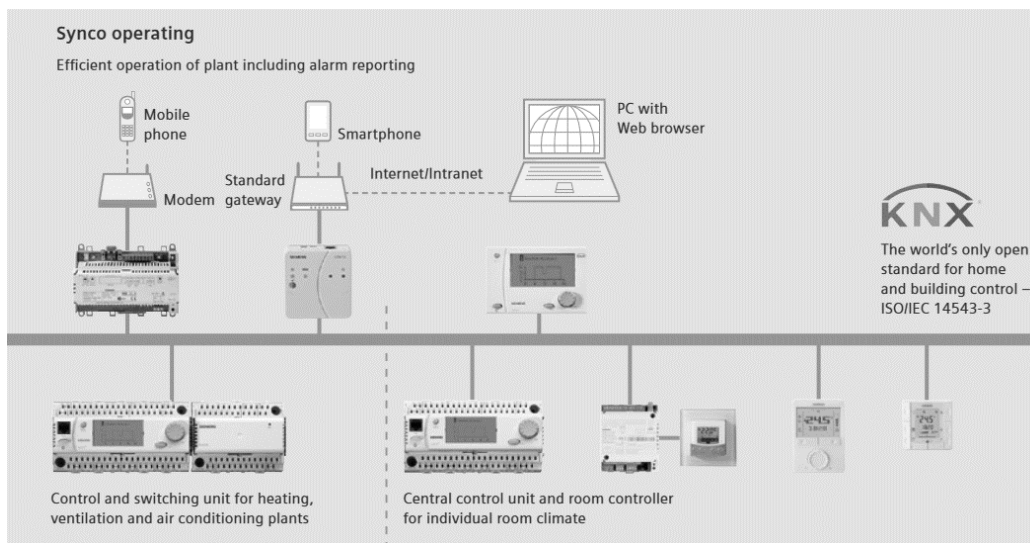
1.1 pav. „Synco“ valdiklis [1 p.11]

Siūlomas platus produktų asortimentas, nuo temperatūros kontrolės iki pilnai sukomplektuotos klimato palaikymo sistemos, kuri užtikrina individualų valdymą kiekvienai patalpai.

Įdiegtas „Synco“ gali būti naudojamas visą objekto eksploatavimo laiką. Net pasikeitus pastato paskirčiai ar jį modernizavus, „Synco“ technologija gali būti naudojama toliau. Dėl modulinės koncepcijos ir komunikacijos suderinamumo valdikliai gali būti išplėsti ir pritaikyti bet kokiai naujai užduočiai. Tai reiškia, kad klimato palaikymo sistemos funkcionalumas gali augti, priklausomai nuo papildomai atsiradusių reikalavimų.

„Synco“ darbas – efektyvus sistemos funkcionavimas su tiesioginiu nuotoliniu valdymu. Pasitelkus „Synco“ web serverį galima valdyti ir stebėti sistemos parametrus iš kompiuterio ar išmaniojo įrenginio, bet kuriuo metu ir iš bet kurios pasaulio vietos. Klaidų stebėjimo sistema, siunčia klaidos būseną ar aptarnavimo žinutes reikiamu metu, jeigu reikalinga, taip pat SMS ar elektroninį laišką. [1]

Atviras duomenų apskaitimas per „KNX“ standartinę magistralę palengvina tarpusavio komunikaciją tarp klimato palaikymo sistemos komponentų (1.2 pav.). „KNX“ magistralė padeda „Synco“ įrenginiams komunikuoti tarpusavyje, apsikeisti proceso ir sistemos duomenimis „LTE Mode“. „KNX“ magistralė naudojama „Synco“ yra žinoma kaip „KNX TP1“. Magistralės topologijos yra trys. Medžio, linijos ir žvaigždės. Šitos topologijos gali būti maišomos. Tačiau žiedo topologija yra negalima. Medžio topologija turi privalumą prieš kitas, kad galima sukurti didžiausią tinklą. Įrenginių fiziniams sujungimams naudojamas vytos poros (CE+ ir CE-) kabelis. [5]



1.2 pav. „KNX“ magistralė [1, p. 9]

„KNX“ magistralė sujungia ne tik klimato valdymo sistemas, bet ir automatikos valdymo įrenginius su klimato ir pastatų valdymo sistemomis. Siemens „LOGO!“ valdiklis turi komunikacijos modulį „CMK2000“, kuris suteikia galimybę paskutinės kartos valdiklį „LOGO!“ integruoti į pastatų ir klimato valdymo sistemą per „KNX“ magistralę. „LOGO!“ tai valdiklis skirtas mažesniems automatikos sprendimams. „LOGO!“ „KNX“ modulis „CMK2000“ su „LOGO!“ valdikliu komunikuoja per „Ethernet“ tinklo kabelį. Jis siunčia daviklių duomenis iš „KNX“ magistralės mazgų į loginį modulį, kur jie yra įterpiami į logines funkcijas. „LOGO!“ valdomos komandos yra siunčiamos į „KNX“ pavaras ir kt. įranga per komunikacijos modulį. [6]

„Synco“ sistemos naudoja temperatūros, drėgmės, oro kokybės, slėgio jutiklius. „Symaro“ – naujo tipo jutikliai, supaprastinantys jutiklių panaudojimo ir montavimo procesus.

Temperatūros jutiklių platus pasirinkimas tinka visoms paprastai matuojamoms temperatūrų riboms. Temperatūros jutikliai naudojami klimato valdymo sistemoje yra skirtingų tipų pagal paskirtį.

QAA – sieniniai patalpų jutikliai, AQR – jutikliai įleidžiami į sieną, QAM – vamzdžių jutikliai, QAE – įleidžiami jutikliai, QAD – priveržiami jutikliai, AQC – lauko jutikliai, QAP – kabeliniai jutikliai.

1.1 lentelė. „Symaro“ temperatūros jutiklių palyginimas [2]

Jutiklis	Temperatūra, °C	Maitinimas	Išėjimas	Apsaugos klasė
QAA	0...50	24 VAC 13...30 VDC	LG-Ni1000/ Pt100/ Pt1000/ NTC 10k/ 0...10VDC/4...20mA	IP30
AQR	0...50	15...36 VDC	0...5 VDC 0...10 VDC 0...20mA/ 4...20mA	IP30
QAM	-50...80	24 VAC 13...30 VDC	LG-Ni1000/ Pt100/ Pt1000/ NTC 10k/ 0...10VDC	IP42/54
QAE	-30...130	24 VAC 13...30 VDC	LG-Ni1000/ Pt100/ Pt1000/ NTC 10k/ 0...10VDC/4...20mA	IP42/54
QAD	-30...130	-	LG-Ni1000/ Pt100/ Pt1000/ NTC 10k	IP54
QAC	-50...70	-	LG-Ni1000/ Pt100/ Pt1000/ NTC 10k/ 0...10VDC/4...20mA	IP54/65
QAP	-30...130	-	LG-Ni1000/ Pt100/ Pt1000/ NTC 10k	IP65

QAA jutiklis naudojamas šildymui, ventiliacijai ir oro kondicionavimo patalpose užtikrinti reikiamą temperatūrą.

AQR jutikliai įleidžiami į sieną yra naudojami šildymui, ventiliacijai, ir oro kondicionavimui. Jie taip pat galimi naudoti su KNX. Jie gali būti naudojami kaip valdikliai kambario temperatūrai ar ventiliacijai, net valdyti apšvietimą. Oro kokybės padėtis gali būti rodomas trejų spalvų LED ekrane.

QAM vamzdžių jutikliai yra skirti naudoti ventiliacijoje ir oro kondicionavimui kaip paduodamo ar šalinamo oro temperatūros jutikliai. Prietaisas yra naudojamas kaip ribojimo, nustatymo ar matavimo jutiklis.

QAE jutikliai yra naudojami ventiliacijai ir oro kondicionavimui kontroliuoti ir riboti tekėjimo temperatūrą, riboti grįžtamą temperatūrą ir valdyti vidaus karšto vandens temperatūrą.

QAD jutikliai yra naudojami fiksuoti vamzdžių temperatūrą, kontroliuoti ar riboti tekančio oro temperatūrą, riboti grįžtamą temperatūrą ir kontroliuoti karšto vandens temperatūrą.

AQC lauko jutikliai yra naudojami šildymui, ventiliacijai ir oro kondicionavimui, kaip nustatymo jutikliai jie pasitelkiami oro kompensavimo valdymui, be to, jie naudojami ir kaip matavimo jutikliai.

QAP jutikliai yra naudojami šildymui, ventiliacijai ir oro kondicionavimui. Jie yra naudojami su atitinkama įranga, pavyzdžiui, kaip priveržiami jutikliai vamzdžiams, saulės kolektoriams ir kaip įmerkiamas jutiklis temperatūrai matuoti. [2]

„Symaro“ drėgmės jutikliai, netgi veikdami sudėtingomis darbo sąlygomis, garantuoja sklandžią eksploataciją metų metus. Dėl naudojamo talpinio matavimo elemento, davikliai pasižymi ilgalaikiu stabilumu ir dideliu tikslumu ir jiems nereikalinga papildoma priežiūra. Mikroprocesorinė technologija ir sudėtingas algoritmas temperatūros kompensavimui užtikrina labai didelį tikslumą visame matavimų diapazone. Jutikliai yra atsparūs dulkiams ir daugumai chemikalų. [3]

Pagal paskirtį „Symaro“ drėgmės jutikliai yra gaminami skirtingų modelių: QFA – buitinis sieninis jutiklis, AQR – buitinis įleidžiamas, QFA – buitinis jutiklis/kontrolieris, QFM – vamzdinis jutiklis, QFM81 – vamzdinis jutiklis/kontrolieris, QXA – kondensato jutiklis.

1.2 lentelė. „Symaro“ drėgmės jutiklių palyginimas [3]

Jutiklis	Drėgmė, %	Temperatūra, °C	Maitinimas	Išėjimas	Apsaugos klasė
AQR	0...95	-15...50	15...36 VDC	0...5 VDC 0...10 VDC 0...20mA/ 4...20mA	IP30
QFA	0...95	-15...50	24 VAC 13...35 VDC	24 VAC 13...35 VDC	IP30
QFM	0...100	-40...70	24 VAC 13...30 VDC	0...10 VDC 4...20mA	IP65
QFM81	15...95	-30...130	-	Relinis	IP30/55
QXA	5...95	-	24 VAC	Relinis	IP40

„Symaro“ oro kokybės jutikliai atitinka visus reikalavimus ir yra tinkami kiekvienam pastatui (1.5 pav.). Aukšto tikslumo jutikliai (CO₂/VOC, CO₂/T ir CO₂/T/r.h.) yra tinkami patalpoms ir vamzdžiams.

AQR – sieninis įleidžiamas jutiklis, QPM – vamzdinis jutiklis, QPA10/20 – sieninis jutiklis, QPA84 – sieninis jutiklis.

1.3 lentelė. „Symaro“ oro kokybės jutiklių palyginimas [4].

Jutiklis	CO ₂ , ppm	Drėgmė, %	Temperatūra, °C	Maitinimas	Išėjimas	Apsaugos klasė
AQR	0...2000	-	-15...50	15...36 VDC	0...5 VDC 0...10 VDC 0...20mA/ 4...20mA	IP30
QPM	0...2000	0...95	-35...50	24 VAC 13...35 VDC	0...5 VDC 0...10 VDC	IP54
QPA10/20	0...2000	0...95	-35...50	24 VAC 13...35 VDC	0...5 VDC 0...10 VDC	IP30
QPA84	-	-	-	230 VAC	Relinis	IP30

AQR jutikliai naudojami ventiliacijose ir oro kondicionavimo įrenginiuose, kad užtikrinti patalpų komfortą ir mažinti energijos suvartojimą. Jie matuoja CO₂ ir VOC koncentracijas, taip ir temperatūrą. Gali būti prijungti per „KNX“ magistralę.

QPM jutikliai yra naudojami ventiliacijos ortakiuose ir kondicionavimo įrenginiuose. QPM21 gali būti naudojamas kaip daviklis pastatų automatikoje, reguliatorius ar kaip indikatorius. Jutiklis nėra skirtas naudoti kaip saugumo prietaisas, užtikrinti apsaugą nuo dujų ar dūmų.

QPA jutikliai naudojami ventiliacijose ir oro kondicionavimo įrenginiuose, kad užtikrinti patalpų komfortą ir mažinti energijos suvartojimą. QPA20 gali būti naudojamas kaip daviklis, skirtas pastatams automatizuoti, kaip reguliatorius ar indikatorius. QPA84 naudojami ventiliacijos įrenginiuose gerinti patalpų oro kokybę ir mažinti energijos suvartojimą. [4]

1.3. „Carel“ klimato valdymo sistema

„pCO“ sistema (1.3 pav.), tai „Carel“ kūrinys, skirtas valdyti klimato sistemą, tai yra 25 metų „Carel“ darbo rezultatas klimato valdymo srityje. Ją sudaro programuojamas valdiklis, vartotojo sąsaja, elektroniniai išsiplėtimo vožtuvai, keitikliai su DC technologija ir komunikacijos sąsajos, nuotolinio valdymo sistema, klimato valdymo sistema yra galinga ir lanksti, gali būti lengvai susieta su plačiai naudojamomis pastato valdymo sistemomis. [10]



1.3 pav. „Carel“ pCO valdikliai [10]

Ji yra lengvai modifikuojama, yra įvairių dydžių, priklausomai nuo įėjimų ir išėjimų skaičiaus ir tipo. Plastikinis korpusas su galimybe montuoti ant DIN bėgelio garantuoja aukštą mechaninį saugumą. Įėjimai ir išėjimai yra skirtinguose sluoksniuose, taip supaprastinimas laidų atskyrimas.

Nauja „Carel“ patentuota ASIC technologija leidžia analoginius kanalus konfigūruoti visų tipų jutikliams reikalingiems klimato kontroliavimo sistemose. Jie taip pat gali būti konfigūruojami, kaip skaitmeniniai įėjimai ar analoginiai išėjimai, padarant sistemos konfigūravimą lankstesnį. [10]

„Itool“ kūrimo aplinka gali būti naudojama programiškai pritaikyti sistemą visiems poreikiams, tokiems kaip valdymo logika, prieinamumas ir parametrų atvaizdavimas ir nuosekli

komunikacija. Sukurta valdymo programa gali būti perkeliama į „pCO“ iš kompiuterio naudojant „plug&play“ USB atmintinę. [9]

„pCO“ serijos terminalai galimi pusiau grafiškais ir grafiškais raidžių-skaitmenų LCD ekranais. Tai leidžia pilnai, paprastai pasiekti visą informaciją, tokią kaip sudėtingų ir svarbių charakteristikų sistemas, „pCO“ sistema siūlo naują asortimentą vartotojo sąsajų su naujausios kartos liečiamų ekranų technologija.

32 bitų mikroprocesorius užtikrina aukštą programos vykdymo greitį. Didelis atminties kiekis leidžia sukaupti temperatūros, slėgio, įrenginių statuso ar įvykių, tokių kaip avarinis signalas, informacija gali būti saugojama ilgą laiko tarpą.

„pCO“ sistema gali sąveikauti su dažniausiai naudojamais komunikacijos standartais, tokiais kaip „BACnet“, „SNMP“, „Lonworks“, „Konnex“ ir „Metasys“. Visi „pCO“ sistemos komponentai gali būti sujungti su „pLAN“ tinklais. Nuosekli komunikacija taip pat gali būti naudojama valdyti protingas pavaras, ventiliatorius, kintamo srauto siurblius, leidžia visos sistemos integravimą ir valdymą. Nuotolinis prisijungimas prie sistemos leidžia pažangiai valdyti nuotoliniu būdu ir atlikti aptarnavimą nuotoliniu būdu. [10]

„Carel“ elektroniniai temperatūros ir drėgmės jutikliai yra suprojektuoti naudoti šildyme, šaldyme ir oro kondicionavime. Visi jutikliai yra suprojektuoti taip, kad dribtų ne vien su „Carel“ valdikliais, bet taip pat su dažniausiai naudojamais standartais visame pasaulyje. Temperatūros ir drėgmės jutikliai siūlo didelį pasirinkimą tarp aktyvios ir pasyvios technologijos, turi plačias matavimo ribas, taip pat yra specialios versijos atsparios korozijai ir užterštai aplinkai. Slėgio keitikliai, gali būti santykinio matavimo versijos, nuo 0 iki 5V ir nuo 4 iki 20mA, taip pat sandarios versijos (montuojami be kapiliaro, tiesiogiai į vamzdyną) geresnį efektyvumą ir tikslumą turintys gaminiai. [12]

„Carel“ oro kokybės davikliai yra svarbus prietaisas pramonėje ir gyvenamosiose pastatuose. Matuoti CO₂ ir kitas dujas „Carel“ siūlo nemažą pasirinkimą jutiklių, kurie atitiktų reikalavimams pramoniniame šaldyme ir oro kondicionavime, kondicionavime prekybos centruose ir kituose vietose. Siūlomi įvairūs jutiklių modeliai: vamzdžiams, įleidžiami, buitiniai ir specialioms aplinkoms. Aktyvių jutiklių išėjimai, gali būti srovės ar įtampos, pasyvių jutiklių išėjimas rezityvinis (NTC, PT1000), kuris yra palaikomas „Carel“ valdiklių.

„Carel“ temperatūros ir drėgmės jutikliai. Temperatūros jutikliai yra keleto tipų: išoriniai ASE*, įleidžiami ASI*, sieniniai ASW*, vamzdiniai ASD* ir specialios paskirties ASP*. Universalūs temperatūros jutikliai yra naudojami įvairiose situacijose. ACET03 versija turi elektroninį stiprintuvą, kuris patalpintas korpuse, kurio apsaugos klasė IP55. Daviklis gali būti pajungtas per 200 metrų kabelį ir generuojamas išėjimas 4...20mA. [13]

1.4 lentelė. „Carel“ temperatūros jutiklių palyginimas [13]

Jutiklis	Drėgmė, %	Temperatūra, °C	Maitinimas	Išėjimas	Apsaugos klasė
DPW	0...100	-15...60	12/24 VAC 9...30 VDC	-0,5...1 VDC 0...10VDC 4...20mA	IP30
DPD	0...100	-15...60	12/24 VAC 9...30 VDC	-0,5...1 VDC 0...1 VDC 0...10VDC 4...20mA	IP40/55
ASIT	0...100	-10...70	12/24 VAC 9...30 VDC	-0,5...1 VDC 4...20 mA	IP55
ASET	0...100	-30...90 30...150	12/24 VAC 9...30 VDC	-0,5...1 VDC 4...20 mA	IP55

„Carel“ gaminami PTC temperatūros jutikliai, gali būti naudojami šaldymo ir šildymo įrenginiuose, matuoti temperatūrą -50°C – $+100^{\circ}\text{C}$ ir 0°C – $+150^{\circ}\text{C}$ ribose. PT100 jutikliai daugiausia naudojami įrenginiuose, kurie dirba temperatūros ribose -50°C – $+400^{\circ}\text{C}$. PT1000 jutikliai naudojami įrenginiuose, kuriuose matuojama temperatūra ribose -50°C – $+250^{\circ}\text{C}$ ir -50°C – $+105^{\circ}\text{C}$. [14]

Oro kokybės jutikliai. Pagrindinės funkcijos: oro kokybės matavimas, kiekybinė analizė teršalų pagal dujų daleles, nustatymas reikiamos jautrumo ribos, kambarių ventiliacijai tik kai reikalinga.

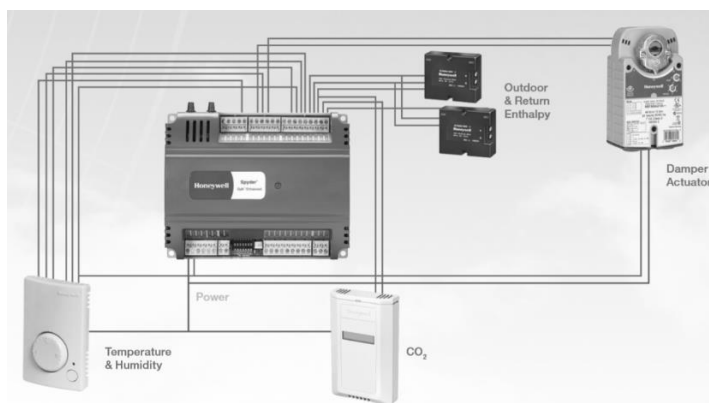
1.5 lentelė. „Carel“ oro kokybės jutiklių parametrai [13]

Jutiklis	Drėgmė, %	Temperatūra, °C	Maitinimas	Išėjimas	Apsaugos klasė	Montavimas
DPWQ	10...90%	0...50	24 VAC/DC	0...10VDC 4...20mA	IP67	Siena
DPDQ	10...90%	0...50	24 VAC/DC	0...10VDC 4...20mA	IP67	Vamzdis

1.4. „Honeywell“ klimato valdymo sistema

„Spyder“ valdiklis, tai „Honeywell“ gaminys, pritaikytas aukštiems šiandienos ir ateities sistemų reikalavimams (1.4 pav.). Platus „Spyder“ modelių pasirinkimas yra paruoštas pilnai palaikyti pastato klimato valdymo reikalavimus, tokius, kaip gamyklinių patalpų klimato kontrolė, ventiliatorių kontrolė, vėdinimo įrenginių valdymas, šildymo siurblių kontrolė ir pan. „Spyder“ valdiklis suteikia puikias programavimo galimybes, jį būtų galima pritaikyti, bet kokiam projektui. Sukurtas dirbti su „WEBs-AX“ sistema, „Spyder“ suteikia universalumą valdyti daugiau pastato sistemų ir lankstumą dirbti su reikiamais protokolais. Pasirinkus bet kurį modelį „Spyder“, „Spyder micro“, „Spyder“ su relėmis, tai bus reikiamas valdiklis, kuris gal būti sumontuotas greitai, patogiai ir paprastai. [15]

„Spyder“ šeimos valdikliai yra naudojami kintamam oro kiekiui ar vienai klimato kontrolės sistemai valdyti. Kiekvienas valdiklis bendrauja per „Lonworks“ arba „BACnet“ tinklo komunikaciją. Kiekvienas valdiklis suteikia lankstumą, turi universalius įėjimus išoriniams jutikliams, skaitmeninius įėjimus ir kombinuotus analoginius išėjimus ir tiristorių valdomus išėjimus. Kiekvienas valdiklis turi „Sylk“ komunikacijos protokolą, kuris suteikia galimybę prisijungti prie kitų „Sylk“ komunikacijos protokolą naudojančių prietaisų. Kiekvienas valdiklis yra programuojamas ir konfigūruojamas naudojant „Niagara Ax Framework“ programinį paketą.



1.4 pav. „Spyder“ valdiklis su jutikliais ir pavara

„Spyder“ valdikliai turi vidinį nuolatinės įtampos maitinimo šaltinį, kas sumažina išlaidas papildomam išoriniam maitinimo šaltiniui ir neprideda papildomų laidų ir kabelių, kai reikia maitinimo drėgmės, temperatūros ar CO₂ jutikliams. „Spyder“ valdikliai turi daug įėjimų ir išėjimų ir maitinami nuolatine įtampa. Jeigu reikalingas mažesnis įėjimų ir išėjimų skaičius, galima pasirinkti „Spyder micro“ valdiklį. Kompaktiškas dydis leidžia sumontuoti juos mažai erdvės turinčiose vietose. [16]

„Zio“ LCD sieninis modulis leidžia valdyti ir stebėti programuojamą valdiklį „Spyder“. „Zio“ siūlo planavimo kontrolės galimybę. Beveik kiekvienas parametras valdiklyje, gali būti peržiūrimas ir keičiamas tiesiogiai, per „Zio“ modulį. „Zio“ moduliai turi temperatūros jutiklį, jungtį tinklui ir LCD ekraną su trimis mygtukais ir dvejais reguliavimo mygtukais. „Zio TR70-H“ modelis turi drėgmės jutiklį.

„Zio lite“ yra sukurtas su daugiau papildomų funkcijų, galimas su ir be ekrano. „Zio lite“ gali fiksuoti ir valdyti temperatūrą, ventiliacijos valdymą, CO₂ parametrus. Visi „Zio“ moduliai turi „Sylk“ komunikacijos protokolą.

„Sylk“ – tai dvejų laidų, poliškumui nejautri magistralė, kuri supaprastina instaliaciją ir atlaisvina pagrindinius įėjimus ir išėjimus, leidžiant sujungti prietaisus, kuriuose naudojamas „Sylk“, nenaudojant įėjimų/išėjimų. Vietoj to, kad naudoti analoginius įėjimus temperatūros jutikliams, galima naudoti „Sylk“ komunikacijos protokolą, o įėjimus ir išėjimus naudoti kitiems prietaisams valdyti. „Sylk bus“ tai protokolas, skirtas komunikuoti su tam tikrais „Honeywell“

jutikliais ir kitais komponentais. „Sylk bus“ jutikliai gali būti maksimaliai nutolę nuo valdiklio per 60 metrų, jeigu naudojama vyta pora. [18]

Visi Spyder valdikliai naudoja keletą procesorių. Pirmas yra 16-bitų „Texas Instruments“ MSP430 šeimos mikroprocesorius, kuris naudojamas įėjimams, išėjimams ir valdymui. Kitas yra 32-bitų „Atmel“ ARM 7 mikroprocesorius, kuris valdo komunikaciją. Flash atminties kiekis 512 kilobaitai, RAM 128 kilobaitai. [17]

„Honeywell“ temperatūros jutikliai yra tikslūs ir patikimi, atsparūs dulksmoms ir drėgmei. Siūloma plati gama temperatūros jutiklių, kurie skirti naudoti lauko sąlygomis ir uždaroje patalpose, įleidžiami ir montuojami į vamzdžius ar montuojami ant sienos (1.11 pav.). [19]

1.6 lentelė. „Honeywell“ temperatūros jutiklių palyginimas [19]

Jutiklis	Temperatūra, °C	Maitinimas	Išėjimas	Apsaugos klasė
C7031B2005	-40...121	--	1097 kΩ PT1000	IP67
C7031J2009	4...82	--	1097 kΩ PT1000	IP67
C7772F1012	7...37	--	10 kΩ NTC	IP55
C7046C1000	4...66	--	3 kΩ NTC	IP55
C7170A1010	-40...125	--	3484 kΩ PT3000	IP67

Drėgmės jutikliai suteikia išskirtinį tikslumą ir patikimumą įrenginiams užtikrinantiems patalpų komfortą, vėdinimo ir oro kondicionavimo įrenginiams ir visur kitur, kur reikalingas griežtas drėgmės kontroliavimas. Didelis tikslumas, stabiliai dirbantys drėgmės keitikliai sukurti naudoti su klimato kontrolės valdikliais, termostatais ir tiesiogiai su skaitmeniniais reguliatoriais. Keraminė technologija leidžia jutikliams dirbti be problemų aukštoje drėgmėje, rūke ir prie kondensacijos. [21]

1.7 lentelė. „Honeywell“ drėgmės jutiklių palyginimas [21]

Jutiklis	Drėgmė, %	Temperatūra, °C	Maitinimas	Išėjimas	Tikslumas
H7625A1008	0...100	-23...70	18...36 VDC 18...28 VAC	0...5 VDC 0...10 VDC 4...20mA	±2%
H7626B2024	0...95	23...60	18...40 VDC 18...28 VAC	0...5 VDC 0...10 VDC 4...20mA	±2%
H7636A2022	0...95	-40...71	18...40 VDC 18...28 VAC	0...5 VDC 0...10 VDC 4...20mA	±3%
H7655A1001	10...95	-40...65	16...40 VDC 16...30 VAC	0...10 VDC	±5%

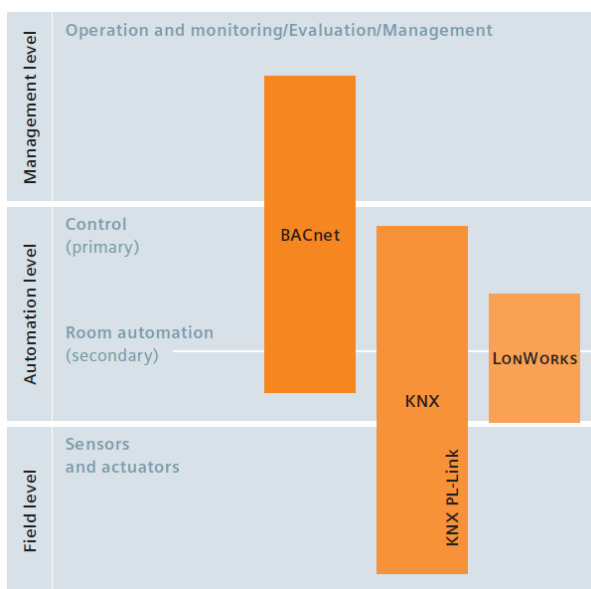
Aukštos kokybės CO₂ jutikliai naudojami, kur reikalinga kontroliuoti ventiliaciją. Anglies dvideginio jutikliai naudojami kartu su klimato sistemos valdikliais, reguliuoti šviežio oro padavimą į patalpas, kad palaikyti reikiamą kiekį CO₂. [22]

1.8 lentelė. „Honeywell“ oro kokybės CO₂ jutiklių palyginimas [22]

Jutiklis	CO ₂ , ppm	Temperatūra, °C	Maitinimas	Išėjimas	Tikslumas ppm	Tipas
C7232A1008	0...2000	0...50	24 VDC	0/2...10 VDC 0/4...20 mA Relinis	±5%	Infraraudonieji spinduliai (NDIR)
C7262A1008	0...2000	0...50	24 VDC	0/2...10 VDC 0/4...20 mA Relinis	±30%	Infraraudonieji spinduliai (NDIR)
C7632B1002	0...2000	0...50	24 VDC	0...10 VDC	±5%	Infraraudonieji spinduliai (NDIR)

1.5. Komunikacijos standartai naudojami klimato kontrolės sistemose

Komunikacijos standartai padeda klimato valdymo sistemoms komunikuoti su kitomis sistemomis, naudojant vieną fizinę duomenų perdavimo terpę, sąveikauti su daugybę jutiklių, padeda integruoti klimato valdymo sistemas į pastato valdymo sistemas.



1.5 pav. Pagrindiniai klimato valdymo komunikacijos standartai [8 p.11]

Klimato palaikymo sistemose dominuoja trys pagrindiniai komunikacijos standartai: „BACnet“, „KNX“, „LonWorks“ (1.5 pav.).

„BACnet“ standartas

„BACnet“ atviras pasaulinis standartas skirtas pastatų automatizavimui ir valdymui. Išskirtinai pritaikytas pastatų automatikai ir valdymui su klimato kontrolės sistemomis, priešgaisrine kontrole, įsilaužimo ir praėjimo kontrolės sistemomis. Integruojant naujas informacines technologijas, tokias, kaip IPv6 protokolą ir WEB tarnybas, „BACnet“ standartas toliau plėtojamas kaip modernus informaciniams technologijoms draugiškas ir įvairiapusiškas protokolas. [8 p.2]

- Aukštas saugumas, nes naudojamas atviras tarptautinis standartas ISO 16484-5
- Nuolatinis „ASHRAE“ organizacijos vykdomas protokolo plėtojimas, pastoviai koncentruojamasi į naujus pastatų reikalavimus
- Nemokama
- Skirtingos perdavimo technologijos, tokios kaip BACnet IP, BACnet LonTalk, BACnet MS/TP.
- Integracija į daug skirtingų tipų įrenginių ir skirtingų gamintojų be papildomos specialios įrangos.

„KNX“ standartas

„KNX“ atviras pasaulinis standartas, skirtas pastatų automatizavimui ir valdymu. Standartas priklauso „KNX“ asociacijai ir yra patvirtintas Europos standarto EN 50090 ir tarptautinio standarto ISO/IEC 14543. Prie „KNX“ asociacijos yra prisijungę daugiau kaip 300 gamintojų. „KNX“ produktai apšvietimo sistemų kontrolei, patalpų klimato valdymui ir apsaugos funkcijoms yra lengvai įdiegiami ir eksploatuojami. Komunikacijai tarp įrenginių, „KNX“ standartas gali naudoti vytos poros kabelius, radijo signalus ar duomenų perdavimo tinklus kartu su interneto protokolais. Kreiptis į „KNX“ magistralę naudojamas CSMA/CA metodas. Su šituo kreipties metodu kiekvienas magistralės vartotojas turi lygias duomenų perdavimo teises. Komunikacijoje nėra valdančiojo įrenginio, duomenys tarp magistralės vartotojų persiunčiami tiesiogiai. [8 p.3]

- Standarto saugumu rūpinasi „KNX“ asociacija.
- Aukščiausias komforto ir apsaugos lygis, tuo pačiu užtikrinant mažą energijos suvartojimą.
- Gamintojų ir produktų nepriklausoma eksploatavimo programinė įranga, užtikrina standartizuotas eksploatavimo procedūras (ETS)
- Perdavimo naudojamos technologijos: KNX TP, KNX RF ir KNX IP
- „Siemens“ yra „KNX“ asociacijos narys ir aktyviai dalyvauja plėtojant „KNX“ standartą.

„LonWorks“ standartas

„LonWorks“ buvo sukurtas „Echelon corp.“ 1988 metais. „LonWorks“ atviras standartas, vienas labiausiai pasaulyje paplitęs standartas, naudojamas pastatų ir namų automatizavimui, bei valdymui. „LonWorks“ standartas priklauso „LonMark“ organizacijai. Daugiau kaip 700 „LonMark“ sertifikuotų produktų iš daugiau kaip 400 kompanijų yra naudojami pastatų automatikoje ir valdyme, eismo ir energijos padavimo valdyme. Protokolas patvirtintas kaip tarptautinis standartas ISO/IEC 14908, Europinis standartas EN 14908, JAV standartas ANSI/CEA-709/852 ir taip pat standartizuotas Kinijoje. „LonWorks“ yra pagrindinis tinklo standartas komerciniuose pastatuose, kurį naudoja nemažai pastatų automatikos sistemų gamintojų, standartizuotų „LON“, įskaitant „Siemens“ pastatų sistemas ir „Honeywell“. [8 p.5]

- „LonWorks“ naudoja skirtingas perdavimo technologijas, tokias, kaip vytos poros kabeliai, jėgos linijos, radijo signalai, optiniai kabeliai, ar internetiniai protokolai (TCP/IP ir UDP/IP)
- Nesudėtingas įdiegimas su pasirinkta skirtinga kabelių tipologija

„Modbus“ standartas

„Modbus“ protokolas, tai pranešimų struktūra išrasta „Modicon“ 1979 metais. Jis naudojamas sukurti valdantis-valdomas / klientas-serveris komunikaciją tarp sumanių įrenginių. Tai atviras „de facto“ standartas, labai plačiai naudojamas pramonei skirtuose įrenginiuose. „Modbus“ yra naudojamas daugybės taikomųjų programų, stebėti ir valdyti įrenginius, komunikacijai tarp sumaniųjų įrenginių, daviklių ir kitų prietaisų. Taip pat naudojamas daugelyje sričių, tokių kaip pastatų, energijos ir eismo sričių sektoriuose, pramonėje. „Modbus“ TCP/IP duomenų perdavimui naudojama Ethernet sąsaja ir TCP/IP protokolas. „Modbus“ RTU/ASCII duomenų perdavimui naudojamas EIA-485 ir EIA-232 sąsajos. RTU režime perduodami duomenys dvejetainiu formatu, o ASCII režime perduodami duomenys tekstiniu formatu, ASCII simboliais. [23]

- Paprastumas.
- Standartinis internetas. Nereikalingos papildomos mikroschemos, galima naudotis standartinio kompiuterio tinklo plokšte komunikuoti su naujai įdiegta įranga.
- Atviras. Nereikalingas licencijos raktas

1.9 lentelė. Komunikacijos standartų palyginimas

Standarto pavadinimas	Komunikacijos greitis	Duomenų perdavimo technologija	Duomenų linijos ilgis	Įrenginių skaičius	Duomenų šifravimas
BACnet	78 Kbit/s – 1,25 Mbit/s	Vyta pora	2700 m	64, tinkle 3200	Ne
	10-100 Mbit/s	Ethernet	100 m	2	Taip
	9,6 Kbit/s - 76,8 Kbit/s.	EIA-485	1200 m	32	Ne
	9,6 Kbit/s – 56 Kbit/s	EIA-232	15 m	2	Ne
	150 Kbit/s - 7,5 Mbit/s	Optika, koaksialinis kabelis	-	-	Ne
	250 Kbit/s	Bevielis ryšys	75 m	65000	Taip
KNX	9600 bit/s	Vyta pora	1000 m	256, tinkle 57600	Taip
	10/100 Mbit/s	Ethernet	100 m	2	Taip
	1200 bit/s	Elektros linija	1000 m	64	Ne
	16,384 Kbit/s	Bevielis ryšys	300 m	-	Ne
LonWorks	78 Kbit/s - 1,25 Mbit/s	Vyta pora	2700 m	64, tinkle 3200	Ne
	10/100 Mbit/s	Ethernet	100 m	2	Taip
	3,6 - 5,4 Kbit/s	Elektros linijos	-	-	Ne
		Bevielis ryšys	100 m	-	Ne
Modbus	9,6 Kbit/s – 12 Mbit/s	EIA-485	1200 m	126	--
	100 Mbit/s 1 Gbit/s	TCP/IP	100 m	128	--

1.6. Apžvalgos išvados

Atlikus klimato palaikymo sistemų apžvalgą, galima teigti, kad apžvelgtos sistemos yra populiarios ir plačiai naudojamos pasaulyje. Jos yra naudojamos ne tik klimato palaikymui, bet ir pastatų valdymui, gali būti integruojamos į kitas sistemas. Visos sistemos naudoja gerai žinomus komunikacijos standartus, BACnet, KNX, Lonworks, Modbus. Kiekvienas klimato palaikymo sistemos gamintojas, turi plačią gamą įvairių jutiklių, valdymo įrenginių, pritaikytų naudoti įvairiose srityse, pradedant buitiniam naudojimui pritaikytų iki skirtų naudoti pramonėje.

Sistemos pritaikytos naudoti įvairiose srityse, tačiau jos nėra labai specializuotos. Pažymima, kad klimato palaikymo sistemos, gali būti naudojamos maisto pramonėje, bet nėra išskirtos ir pritaikytos, maisto pramonės sritims, tokioms kaip sūrių brandinimas ar skirtos sūrių drėkinimui valdyti.

2. JUTIKLIŲ APŽVALGA NAUDOJAMŲ KLIMATO VALDYMO SISTEMOSE

2.1. Jutiklių apžvalgos tikslas

Apžvalgos metu apžvelgiami pagrindiniai jutikliai, naudojami klimato palaikymo sistemose. Kokio tipo ir kokie jutikliai naudojami, koks jutiklių veikimo principas, kokios charakteristikos. Kaip jutikliai dirba agresyvioje aplinkoje, kaip apsaugoti nuo aplinkos poveikio.

2.2. Temperatūros jutikliai

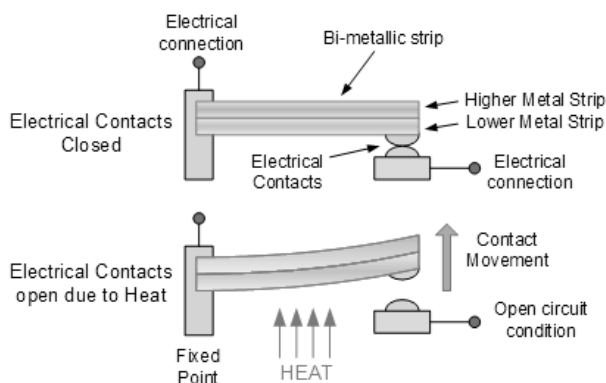
Temperatūros jutiklis matuoja šilumos ar šalčio energijos kiekį, kuris yra sukuriamas objekto ar sistemos ir paverčia temperatūros pojūtį skaitmeninio ar analoginio signalo pavidalu. Egzistuoja daugybė skirtingų rūšių temperatūros jutiklių, kurie visi turi skirtingas charakteristikas, priklausomai kur jie bus naudojami. Temperatūros jutikliai skirstomi į dvi pagrindinės grupes:

Sąlytiniai – šie jutikliai privalo turėti fizinį kontaktą su objektu, kurio temperatūrą reikia matuoti ir naudojantis laidumo principu stebi temperatūros pokyčius. Naudojami kietuose medžiagose, skysčiuose ar dujose plačiame temperatūros diapazone;

Nesąlytiniai – šios rūšies jutikliai naudoja konvekcijos ir spinduliavimo principus temperatūros pokyčiams stebėti. Naudojami skysčiuose ir dujose, kai jutiklis matuoja spinduliuojamą energiją temperatūrai kylant ar krentant.

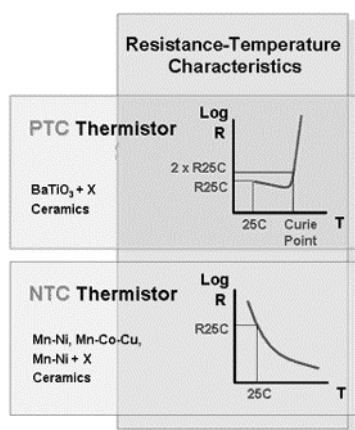
Sąlytiniai temperatūros jutikliai skirstomos į sekančias tris jutiklių grupes: bimetaliniai, rezistyvieniai ir elektroniniai. [25]

Bimetalinių grupei priskiriamas termostatas yra sąlytinis, temperatūros jutiklis arba jungiklis, kurį praktiškai sudaro dvi skirtingo metalo plokštelės sujungtos į vieną, suformuojant bimetalinę juostelę (2.1 pav.). Esant skirtingoms metalų lankstumo savybėms, šaltis ar karštis priverčia juostelę išsilenkti. Bimetalinė juostelė daugiausia yra naudojama vandens šildymo elementuose: karšto vandens katiluose, automobilių aušinimo sistemos radiatoriuose. Privalumas šitų jutiklių, kad jie yra nepriklausomi nuo elektros maitinimo, trūkumas nėra labai tikslūs. [26]



2.1 pav. Termostato principinė sandaros schema [26]

Termistorius – tai termo rezistorius, kuris keičia varžą, keičiantis temperatūrai. Tai yra pasyvus rezistyvusis elementas, per kurį turi tekėti srovė, kad sukurtų įtampos kritimą. Termistorius pagamintas iš keraminių puslaidininkinių medžiagų, tokių kaip, nikelio oksidas, manganas ar kobalto padengto stiklu. Didžioji dauguma termistorių turi neigiamą temperatūrinį koeficientą (NTC). Temperatūros perdavimo charakteristika yra netiesinė, kylant temperatūrai, jų varža mažėja (2.2 pav.). Dalis veikia atvirkščiai, kylant temperatūrai, jų varža didėja, tokie vadinami teigiamą temperatūros koeficientą (PTC) turintys jutikliai. Šio jutiklio pranašumas: reakcijos greitis, tikslumas, pakartojamumas. Dar vienas iš privalumų, kad jie gali dirbti su volto dydžio įtampa, ne su milivoltais, kaip termopora.

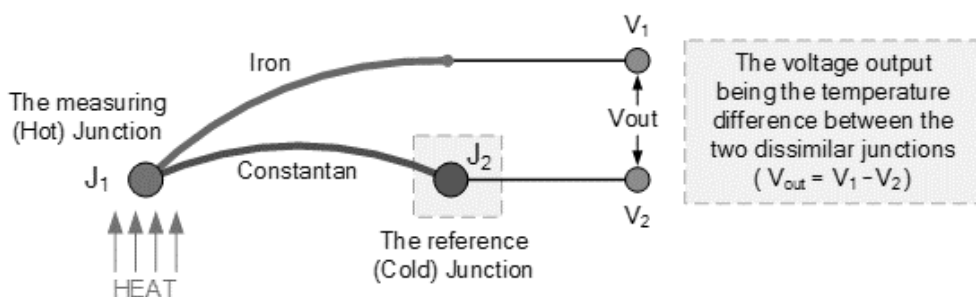


2.2 pav. Termistorių perdavimo charakteristikos

RTD (angl. Resistive Temperature Detectors) – rezistyvusis temperatūros jutiklis. RTD jutikliai pagaminti iš gryno metalų junginio, tokių kaip platina, varis ar nikelis susuktų į spiralę arba plonu sluoksnių padengtu ant keramikos pagrindo, kur temperatūra keičia jutiklių varžą. Varžos ir temperatūros priklausomybė yra tiesinė, duodanti labai tikslius temperatūros matavimus, tačiau nepasižymi dideliu jautrumu, kaip pavyzdžiui $1\Omega/^\circ\text{C}$. RTD turi teigiamą temperatūros koeficientą (PTC). Kadangi RTD jutiklis yra pasyvinio aktyvumo elementas, juo turi tekėti srovė, kad gauti besikeičiančią įtampą. RTD dažniausiai gaminami iš platinos ir yra vadinami PRT (Platinu Resistance Thermometer), visi PT100 jutikliai yra PRT. PT100 jutikliai standartinė varžos reikšmė 100Ω yra 0°C .

Termopora pati dažniausiai naudojama temperatūros jutiklių įvairovėje. Termopora populiarė, dėl savo paprastos konstrukcijos, lengvai naudojama, pasižymi dideliu reakcijos greičiu ir jutiklio dydis labai mažas. Taip pat turi didžiausią matuojamos temperatūros diapazoną nuo -200°C iki 2000°C ir daugiau. Tai termoelektrinis jutiklis, kuris paprasčiausiai yra dviejų skirtingų metalų sankirtos taškas, tokių kaip varis ir konstantanas (vario ir nikelio lydinys), kurie yra suvirinti arba suspausti kartu (2.3 pav.). Vieno metalų sankirta yra laikoma pastovioje temperatūroje, vadinama atramos (šalta) sankirta, kita sankirta vadinama matuojama (šilta). Kai

sankirtos yra skirtingose temperatūrose, susidaro potencialų skirtumas. Termopora yra įtampos jutiklis, kuris matuoja temperatūrą, fiksuojant įtampos pokyčius. [24]



2.3 pav. Termoporos principinė sandaros schema [26]

Integruotos grandinės (IC – Integrated Circuit) temperatūros jutikliai dažniausiai naudojami temperatūros jutikliai šiuolaikinėje elektronikoje. Šitie jutikliai turi tiesinę temperatūros įtampos arba srovės priklausomybę ypatingai prie žemų temperatūrų. Integruotis grandinės jutikliai temperatūrą paverčia skaitmeniniu signalu, taip eliminuojami papildomi analoginiai/skaitmeniniai keitikliai. Kadangi integruotos grandinės jutikliai turi atmintį, jei gali būti labai tiksliai sukalibruoti ir dirbti daug jutiklių turinčioje aplinkoje, komunikacijos tinklų dėka. Jutiklių pagrindas yra silicio puslaidininkiai, todėl matuojamos temperatūros ribos nėra yra nuo -55°C iki 150°C . [24]

2.3. Drėgmės jutikliai

Drėgnumas (santykinis drėgnis, santykinė drėgmė) – terminas, naudojamas apibūdinti vandens garų kiekiui ore. Drėgmės kiekis ore įtakoja žmogaus savijautą, taip pat daugumą gamybos procesų pramonėje. Drėgnumas daro didelę įtaką įvairiems fizikiniams, cheminiams ir biologiniams procesams. Pramonėje stebėti ir valdyti drėgmę yra labai svarbu.

Dažniausiai naudojami vienetai matuoti drėgmę yra santykinė drėgmė procentais (RH – relative humidity), rasos/užšalimo taškas (D/F PT – dew/frost point) ir milijoninė dalys (PPM – parts per million). Santykinis drėgnumas apibrėžiamas kaip vandens garų ore dalinio slėgio ir sočiųjų vandens garų slėgio santykis tam tikroje temperatūroje. Santykinė drėgmė išreiškiama procentais. Santykinė drėgmė R vadinamas ore esančių vandens garų tankio ρ santykis su sočiųjų vandens garų, toje pačioje temperatūroje, tankiu ρ_{sg} išreikštas procentais. [29]

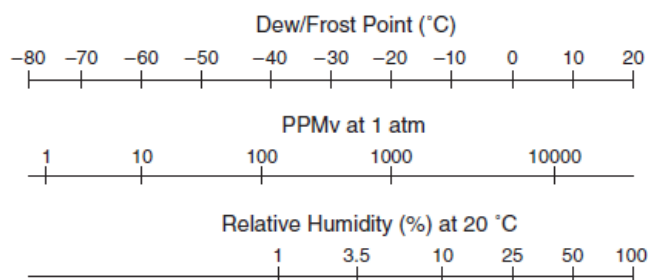
$$R = \frac{\rho}{\rho_{sg}} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

Jei ρ pakeisim vandens garų slėgiu p , o ρ_{sg} – sočiųjų vandens garų slėgiu p_{sg} , tai gausime tokią išraišką:

$$R = \frac{P}{P_{sg}} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

Santykinis oro drėgnumas rodo oro prisotinimo laipsnį: jei $R = 100\%$ – oras prisotintas vandens garais. [29]

Rasos taškas yra temperatūra (virš 0°C) prie kurios vandens garai dujose kondensuojasi į vandenį. Rasos tašku vadinama temperatūra, kurioje vandens garai ore tampa sočiais. Jei į atmosferą patenka didesnis vandens garų kiekis tų, kuris prisotina erdvę, tai vandens garai pradeda kondensuotis ir išsiskiria iš oro rasos arba kritulių pavidalu. Užšalimo taškas, tai temperatūra (žemiau 0°C) prie kurios vandens garai kondensuojasi į ledą. PPM reiškia vandens garų kiekis tūrio vienetu. 2.4 paveiksle matome koreliaciją tarp santykinės drėgmės, PPM ir rasos/užšalimo taško. RH matavimai dengia aukštąją drėgmės dalį, rasos/užšalimo taškas dengia visą drėgmės ribą. Santykinė drėgmė nuolatos naudojama, dėl lengvo supratimo. [30]



2.4 pav. Koreliacija tarp RH, D/F point ir PPM [32]

Drėgmės jutikliai, pagal matavimo vienetus yra dviejų tipų: Santykinės drėgmės (RH) jutikliai ir absoliučios drėgmės jutikliai. Santykinės drėgmės jutikliai yra daugiau naudojami lyginant su absoliučios drėgmės, nes jutikliai yra paprastesni, pigesni ir yra plačiai pritaikomi naudoti įrenginiuose kontroliuojančiuose patalpų oro kokybę ir gamybos procesus.

Mechaninio principu drėgmė matuojama dviem metodais – psichrometriniu ir higrometriniu. Psichrometrinis metodas pagrįstas oro temperatūrų stebėjimu, atliekamu sausuoju ir drėgnuoju termometrais. Higrometrinio metodo principas – plauko arba gyvulio plėvelės reagavimas į oro drėgmę.

Santykinės drėgmės jutikliai skirstomi pagal jų sensoriui naudojamą medžiagą ir pagal darbo principą.

Pagal naudojamą medžiagą jutiklio elementui santykinės drėgmės jutikliai yra trijų tipų: Keraminiai, polimeriniai, puslaidininkiniai.

Pagal darbo principą santykinės drėgmės jutikliai skirstomi į tokius tipus: talpiniai jutikliai, rezistyviniai jutikliai, pjezosorbciniai jutikliai, optiniai jutikliai, ultragarsiniai jutikliai. Populiariausi ir plačiausiai naudojami talpiniai ir rezistyviniai jutikliai, kitų tipų jutikliai nėra plačiai naudojami, dėl jų didelės kainos ir konstrukcinio sudėtingumo. [30]

Talpinio jutiklio veikimas pagrįstas talpos pokyčiu, kintant drėgmei. Talpinis santykinės drėgmės jutiklis susideda iš dviejų elektrodų, tarp kurių patalpintas dielektrikas, tai plona polimero

ar metalo oksido juostelė ir užlieti sluoksniu iš stiklo, keramikos ar silikono (2.5 pav.). Jutimo paviršius padengtas skylėtu metaliniu elektrodu, kuris apsaugo nuo taršos ir kondensacijos. Dielektrinė konstanta tiesiogiai proporcinga santykinei oro drėgmei. Paprastai dielektriko talpumas kinta nuo 0,2 iki 0,5 pF, pakitus 1% santykinei oro drėgmei. Talpiniai jutikliai gali dirbti esant aukštomis aplinkos temperatūroms (iki 200°C) ir pilnai atsistato po kondensacijos.

Talpa elektrodų, kai atstumas tarp elektrodų yra daug kartų mažesnis už kitus elektrodų parametrus skaičiuojami pagal formulę 2.3.

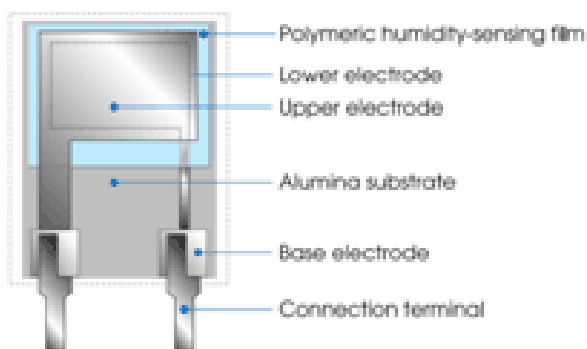
$$C = \frac{Q}{U} \quad (2.3)$$

Elektrinė talpa tarp dviejų plokščių elektrodų apskaičiuojama pagal formulę (2.4), bet tik tada, kai atstumas l tarp elektrodų yra daug kartų mažesnis už jų plotį a ir ilgį b .

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{l} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{ab}{l} \quad (2.4)$$

čia ε_r – santykinė dielektrinė skvarba; $\varepsilon_0 = 8,854188 \cdot 10^{-12}$ [F/m] – vakuumo absoliutinė dielektrinė skvarba arba dielektrinė konstanta; S - plokštelių plotas.

Talpiniai drėgmės jutikliai yra labai tiesiški ir gali matuoti ribose nuo 0% iki 100% RH, tačiau reikalingos papildomos elektros grandinės ir reguliarus kalibravimas. Talpiniai drėgmės jutikliai dominuoja atmosferos ir procesų drėgmės matavime ir yra vienintelio tipo jutikliai, kurie gali matuoti pilname santykinės drėgmės diapazone (0% - 100% RH). [31]

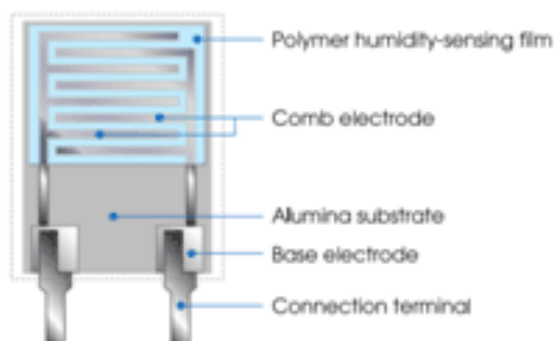


2.5 pav. Talpinio drėgmės jutiklio struktūra [32]

Rezistyvinių jutiklių veikimo principas pagrįstas varžos pokyčiu kintant drėgmei. Rezistyviniis drėgmės jutiklis (2.6 pav.) matuoja drėgmės pokytį, drėgmė keičia elektrinį impedansą drėgmei jautriame sluoksnyje, kuris sudarytas iš laidžių polimerų, druskos ar modifikuotų substratų. Varžos pasikeitimas yra invertuota eksponentės priklausomybė drėgmei ir kinta diapazone nuo 1kΩ iki 100MΩ. Rezistyvinio jutiklio elektrodai dažniausiai gaminami iš brangių metalų, tokių kaip auksas, rutenis panaudojant fotorezisto technologiją ar tiesiog patalpinant į plastiko ar stiklo cilindrą. Uždedamas druskų ar laidaus polimero apvalkalas. Standartinis tikslumas santykinės oro drėgmės ±2%, bet galima pasiekti didesnę tikslumą ±1%,

kur svarbus 1-2% santykinės oro drėgmės pasikeitimas. Jutiklių reagavimo laikas svyruoja nuo 10s iki 30s drėgmei pasikeitus per 63% santykinės drėgmės.

Rezistyvieniai jutikliai susiduria su problema matuojant santykinę drėgmę mažesnę nei 5% RH, nes impedanso pokytis yra per didelis. [31]



2.6 pav. Rezistyvinio drėgmės jutiklio struktūra [32]

2.4. CO₂ jutikliai

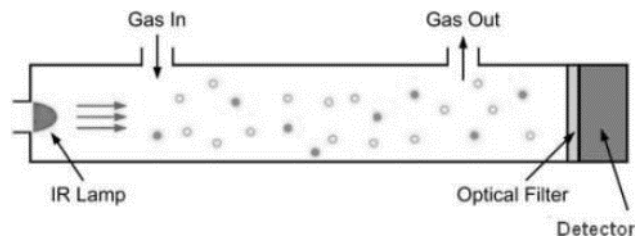
Anglies dioksidas yra bespalvės ir bekvapės dujos, jei yra aukštas dujų lygis, gali būti toksiškos. Anglies dioksido jutikliai, tai prietaisai skirti matuoti anglies dioksido kiekį ore arba produkte. CO₂ jutikliai naudojami srityse pramonėje, žemės ūkyje, oro kokybės sistemose ir t.t. CO₂ jutikliai matuoja dujų kiekį milijoninėmis dalimis (PPM – Parts Per Million) arba tūrio procentais.

Yra du pagrindiniai CO₂ dujų matavimo principai, tai kontaktinis ir bekontaktis matavimas. Be kontaktinis matavimas atliekamas naudojant infraraudonųjų spindulių jutiklius (NDIR – non-dispersive infrared), lazerinius diodus, optines skaidulas, populiariausi ir daugiausia naudojami infraraudonųjų spindulių NDIR jutikliai. Kontaktinis matavimas atliekamas naudojant elektrocheminius jutiklius, tokius kaip metalo oksido, NASICON, polimerais paremti, Severinghaus CO₂ jutikliai. [33]

Kontaktiniai CO₂ jutikliai plačiai naudojami, dėl mažo energijos suvartojimo ir mažo gabarito. Tačiau šio tipo jutiklių trumpas tarnavimo laikas ir mažas jautrumas dujoms. Be kontaktiniai CO₂ jutikliai turi ilgą tarnavimo laiką ir gerą jautrumą dujoms, todėl jie tapo tokie populiariūs.

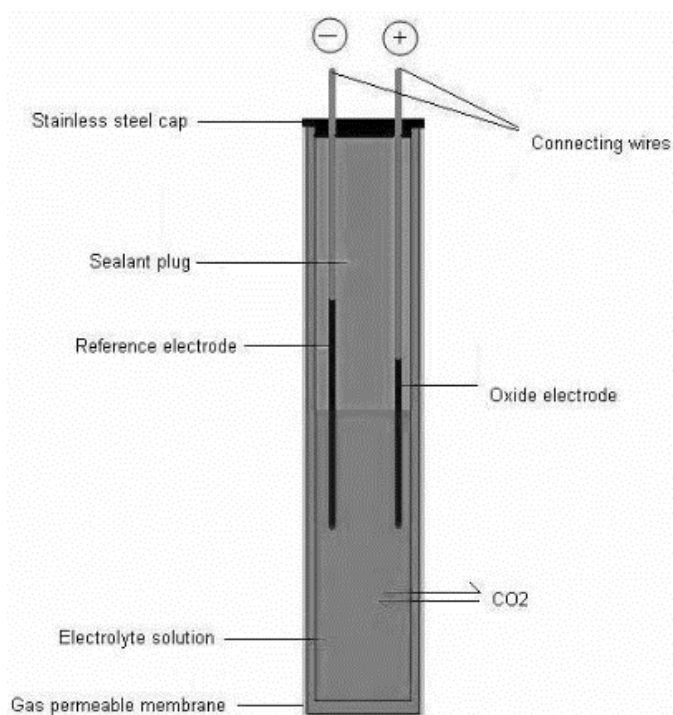
Infraraudonųjų spindulių jutiklių darbo principas paremtas infraraudonųjų spindulių spektro absorbcijos metodu. NDIR jutikliai pagrinde sudaryti iš vamzdžio arba kameros, kurioje viename gale yra infraraudonųjų spindulių šaltinis, o kitame imtuvas (2.7 pav.). Vamzdis užpildytas dujomis, spindulių šaltinis siunčia infraraudonųjų spindulių bangas per vamzdyje esančias dujas, CO₂ dujų molekulės sugeria tam tikro (2,7; 4,3; 15 μm) bangos ilgio spindulius. Optinis filtras,

kuris stovi prieš imtuvą, praleidžia tik tuos spindulius, kurių nesugeria CO₂ molekūlės. Apskaičiuojamas kiekio skirtumas tarp šaltinio išsiųstų ir imtuvo priimtų infraraudonųjų spindulių ir tas skirtumas tiesiogiai proporcingas CO₂ molekūlėms, esančiomis matuojamose dujose. Infraraudonųjų spindulių jutikliai turi jautrumą nuo 20 iki 50 ppm. NDIR CO₂ trūkumas IR spindulių apšvietimo nuokrypiai, jutiklių gabaritai didesni lyginant su elektrocheminiais. [34]



2.7 pav. NDIR jutiklio sandara

Cheminiu pagrindu CO₂ jutiklių veikimo principas paremtas elektrolito tirpalo pH matavimu, kuriame vyksta CO₂ hidrolizė. Jutiklį sudaro pora elektrodų, oksido elektrodas ir atraminis (pastovus) elektrodas, hidrokarbonatinis elektrolito tirpalas, jutiklio apačioje dujoms laidži membrana (2.8 pav.). CO₂ molekūlės esančios tirpale difuzijos būdu per dujoms pralaidžią membraną patenka į jutiklio elektrolito tirpalą. Jutiklyje CO₂ molekūlės reaguoja su vandeniu ir suformuoja anglirūgštę, kuri vėl skyla į hidrokarbonatą ir protonų jonus. Šitie protono jonai mažina elektrolito tirpalo pH, kuris yra matuojamas vidinių elektrodų. [35]



2.8 pav. Vidinė cheminio CO₂ jutiklio sandara

2.5. Jutiklių apžvalgos išvados

Atlikus apžvalgą nustatyta, kad pagrindiniai jutikliai naudojami klimato palaikymo sistemose yra temperatūros, drėgmės, CO₂ kiekio matavimo jutikliai. Išsiaiškintas jutiklių veikimo principas ir pagrindiniai parametrai. Nustatyta, kokio tipo jutiklius, kuriuose srityse tinkamiausia naudoti. Apžvelgus temperatūros jutiklius, išsiaiškinta, kad patogiausi naudoti temperatūros jutiklius su integruotomis elektrinėmis grandinėmis, dėl to kad išėjime gaunamas skaitmeninis signalas. Santykinei drėgmei matuoti plačiose ribose pritaikyti talpiniai jutikliai, tačiau jie turi sudėtingesnes elektrines grandines. CO₂ matavimui populiariausi ir daugiausia naudojami infraraudonuosius spindulius naudojantys jutikliai.

3. SŪRIŲ BRANDINIMO PATALPŲ KLIMATO PALAIKYMO SISTEMOS TYRIMAS

3.1. Tyrimo aktualumas

Maisto pramonėje įvairūs jutikliai yra naudojami produktų gamybos procesų valdyme, stebėjime ir kokybės užtikrinime. Kad analizuoti, projektuoti, vystyti, valdyti ir charakterizuoti biologinius ir aplinkos procesus maisto pramonėje, reikalinga rinkti ir saugoti informaciją. Jutikliai skirti maisto pramonei, skiriasi nuo jutiklių skirtų kitoms pramonėms šakoms, matuojamais parametrais ir darbo aplinka. Dujų, temperatūros, drėgmės ar slėgio matavimo jutikliai maisto pramonėje turi būti atsparūs ekstremalioms temperatūroms, slėgiui, drėgmei ir kitiems parametrams, tokiems kaip maisto pramonės aplinkoje esantys įvairūs mikroorganizmai ir įvairios chemijos priemonės.

Sūrių gamybos ir sūrių brandinimo patalpoms keliami labai aukšti higienos, procesų valdymo ir reikiamo mikroklimato užtikrinimo reikalavimai. Patalpose turi būti užtikrinama reikiama temperatūra, oro drėgmė ir oro kokybė, bei oro judėjimas. Sūrių gamybos pramonėje, visa įranga, kuri liečiasi ar gali turėti sąlytį su gaminamu ar sandėliuojamu maisto produktu, turi būti pagaminta iš medžiagų atitinkančių maisto produktų higienos reikalavimus. Pieno pramonėje, su produktais sąlytį turinti įranga, dažniausiai yra gaminama iš nerūdijančio plieno.

Sūrio nokinimo metu vyksta daugelis mikrobiologinių, biocheminių ir fizikinių, bei cheminių procesų, kurių dėka susiformuoja sūriui būdingos juslinės, cheminės, fizikinės savybės, kurių intensyvumą lemia du pagrindiniai veiksniai: oro temperatūra ir santykinė oro drėgmė. Sūrių brandinimo patalpai keliami ypač aukšti higieniniai, temperatūros ir oro drėgmės reikalavimai [41].

Mėlynojo pelėsinio sūrio klimatą valdo 3 sistemos, t.y. drėkinimo sistema, šaldymo sistema, vėdinimo sistema. Tiksliai valdyti ir kontroliuoti patalpos klimato parametrus, būtina visas tris sistemas sujungti į vieną, bendrai valdomą sistemą.

3.2. Reikalavimai sūrio brandinimo patalpos mikroklimatui

Sūrio su mėlynuoju pelėsiu brandinimo patalpoms, keliami ne tik ypač aukšti higieniniai reikalavimai, bet ir aukšti mikroklimato reikalavimai.

- **Temperatūros palaikymas nuo +6°C iki +10°C**
- **Santykinė drėgmė nuo 90% RH iki 97% RH**
- **Oro kokybė CO₂ < 1500 ppm**

Pagrindinis parametras sūrių brandinimo patalpai yra oro temperatūra. Mėlynojo pelėsinio sūrio brandinimo patalpoje oro temperatūra privalo būti intervale +6°C - +10°C. Tokia optimali temperatūra užtikrina savaiminį mėlynojo pelėsio augimą. Šis technologinis procesas sūriui

suteikia specifinį skonį, bei aromatą. Šiai temperatūrai palaikyti naudojama freoninė oro aušinimo sistema.

Mėlynojo pelėsio vystymuisi – augimui reikalinga drėgmė. Ši drėgmė privalo būti ribose: **90% - 97% RH**. Būtina užtikrinti pelėsinio sūrio brandinimo patalpoje santykinę drėgmę. Šio parametro užtikrinimas mėlynajam pelėsiniam sūriui suteikia geras juslines savybes.

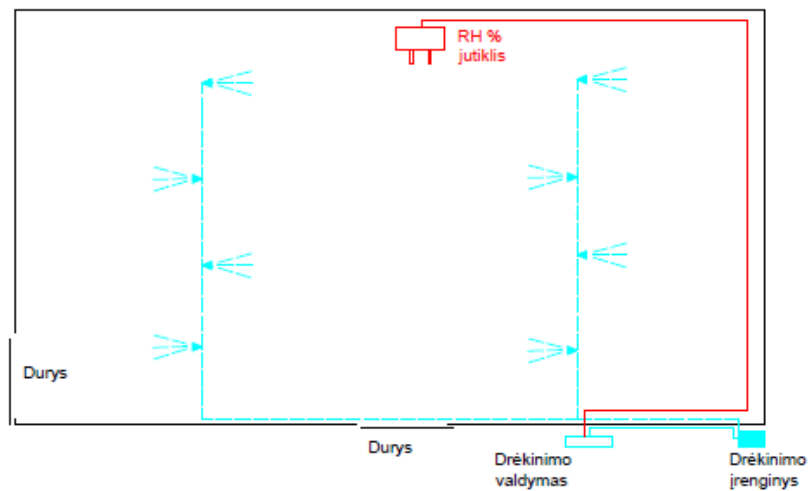
CO₂ kiekis mažiau nei **1500 ppm** ir pakankamas oro judėjimas sūrio brandinimo patalpoje, padeda pelėsio kultūrai pakankamai išplisti po visą sūrio galvą, kad visas sūris tolygiai pasidengtų mėlynuoju pelėsiu.

3.3. Sūrio brandinimo patalpos drėkinimo sistema

Pelėsinio sūrio brandinimo patalpoje santykinė drėgmė negali nukristi žemiau 90% RH, drėgmę patalpoje sukuria ir ją palaiko drėkinimo sistema.

3.3.1. Sūrių brandinimo patalpos drėkinimo sistemos veikimo principas

Drėkinimo sistemą sudaro, aukšto slėgio vandens kompresorius, drėgmės regulatorius, 8 nerūdijančio plieno purkštukai išdėstyti patalpoje ir santykinės drėgmės jutiklis (3.4 pav.)



3.1 pav. Sūrio brandinimo patalpos drėkinimo sistemos įrangos schema

Aukšto slėgio siurblys sukelia vandens slėgį sistemoje iki 70 bar ir per purkštukus vanduo išpurškiamas į patalpą mikrono dydžio lašeliais, taip suformuojamas rūkas patalpoje. Drėgmės regulatoriuje užduodama reikiama patalpos santykinė drėgmė. Santykinės drėgmės jutiklis esantis sūrių brandinimo patalpoje, matuoja santykinę drėgmę, jutiklio išėjimo signalas 4 ÷ 20mA paduodamas į regulatorių. Regulatorius valdo aukšto slėgio siurblių, periodiškai paleidžia siurblių 20 sekundžių. Jeigu patalpoje santykinė drėgmė nustatytose ribose, siurblys nepaleidžiamas.

3.3.2. Sūrių brandinimo patalpos drėkinimo sistemos tyrimas

Dėl sūrių brandinimo patalpoje esančios didelės drėgmės, kuri siekia 90% ÷ 97% RH, drėgmės jutiklių tarnavimo laikas yra labai trumpas, kuris siekia tik 700 valandų. Nors jutiklių specifikacijoje nurodoma apsaugos klasė IP65, jutikliai nustoja dirbti korektiškai dėl drėgmės, cheminių priemonių ir biologinio poveikio, kurie atsiranda augant pelėsiui. Visi išvardinti veiksniai veikia jutiklio elektroniką ir jutiklio matavimo elementą. Sūrių brandinimo patalpoje santykinei drėgmei matuoti, tyrimo metu buvo naudojami trijų skirtingų gamintojų jutikliai (3.5 pav. a, b ir c).



3.2 pav. Santykinės drėgmės matavimo jutikliai, a) „Dixell XH20P“; b) „292-1424-00“; c) „Carel DPDC210“

Jutikliai parinkti atsitiktinai, nebuvo specialiai pritaikomi tyrimui. Jutiklius pateikė drėkinimo sistemos gamintojas, iškilus problemoms su naudojamu drėgmės jutikliu.

Visų 3 tyrimuose naudojamų jutiklių matavimo elementas yra talpinis. Drėkinimo sistemos gamintojas, naudoja tokio tipo jutiklius, nes drėkinimo sistema dirba prie didelės santykinės drėgmės. Talpinių jutiklių savybė, jie labai tiesiški ir santykinę drėgmę matuoja ribose 0% ÷ 100% RH. Talpinis jutiklis, matuoja talpą tarp dviejų elektrodų ir paverčia gautą reikšmę santykinės drėgmės vienetais.

Pirmiausia tyrimas buvo atliekamas su „Carel DPDC210“ santykinės drėgmės jutikliu. „Carel“ yra gerai žinomas klimato valdymo sistemų gamintojas. Šito gamintojo drėgmės jutiklis, turėtų būti patikimas ir ilgą tarnavimo laiką turintis prietaisas. Jutiklio apsaugos klasė IP55 (5x – apsaugotas nuo dulkių ir x5 – apsaugotas nuo vandens srauto). Jutiklio elektrinės grandinės stovi plastikiniame korpuse, o jautrusis elementas apsaugotas akyta plastikine medžiaga, praleidžiančią orą ir drėgmę. Nors jutiklio elektrinės grandinės apsaugotos plastikiniame korpuse, drėgmė, o kartu ir mikrobiologinė, bei cheminė tarša, patenka į vidų ir paveikia elektronikos elementus. Jutiklio plokštės vaizdas pateiktas 3.3 paveiksle. Pagrindiniai komponentai sudarantys jutiklį: mikrokontroleris „CYBC24223A“, 2 operaciniai stiprintuvai „STTS9121“, DC/DC konverteris „ST063AB“ ir matavimo elementas „Sensirion SHT71“. Atlikus spausdinto montažo plokštės apžiūrą, pastebėta, kad ne visa plokštė padengta apsauginiu laku, tai gali būti viena iš priežasčių, elementų sugedimui. Jautriausi jutiklio elektronikos elementai yra kondensatoriai, rezistoriai ir

tranzistoriai. Jutiklio matavimo elementas „SHT71“ yra talpinis, matavimo ribos 0% ÷ 100% RH. Dėl sūrių brandinimo patalpos ore esančios drėgmės ir pelėsio porų, bei mielių augimo, jutiklis pasidengia ore esančiu pelėsiu, dėl to jutiklio išėjimo signalas tampa klaidingas. Taip pat jutiklio kontaktai, oksiduojasi ir užtrumpinamos maitinimo kojos, todėl jutiklis neveikia. „Carel DPDC210“ jutiklio tarnavimo laikas 576 valandos.



3.3 pav. Santykinės drėgmės matavimo jutiklis „Carel DPDC210“ paveiktas drėgmės

Antras pateiktas gamintojo jutiklis yra „292-1424-00“. Tai yra Lenkijoje gaminamas santykinės drėgmės jutiklis, kuris naudoja „Sensirion SHT11“ talpinio tipo, drėgmės matavimo elementą. „SHT11“ jutiklio matavimo ribos 0% ÷ 100% RH. Jutiklio apsaugos klasė IP65 (6x – visiškai sandarus, apsaugotas nuo dulkių ir x5 – apsaugotas nuo vandens srauto). Jutiklis „SHT11“ ir elektrinės grandinės patalpintos ant vienos ilgos spausdinto montažo plokštės, kuri sumontuota plastikiniame korpuse, tik korpuso galas paliktas su kiaurymėmis, kurios uždengtos metaliniu tinkleliu. Elektronikos grandinės nuo matavimo elemento atskirtos gumine pertvara. Jutiklio pagrindiniai elementai „ST LP2951“ žemos įtampos reguliatorius, integruotos grandinės tranzistoriai patalpinti „MQ4AC“ SOP8 korpuse, operacinis stiprintuvas „ST TLC27L2“ ir matavimo elementas „SHT11“. Spausdinto montažo plokštė nepadengta apsauginiu laku. Visą plokštę prieš tyrimą buvo padengti apsauginiu laku, kad išvengti elektrinių grandinių ir elementų oksidacijos, kurios atsirado matuojant santykinę drėgmę su „Carel“ jutikliu. Jutiklio tarnavimo

laikas, be matuojamos reikšmės nuokrypių 696 valandos. Jutiklis rodo aukštą drėgmės reikšmę, iš to galima spręsti, kad tarp jutiklio kontaktų yra trumpas sujungimas. Atlikus jutiklio plokštės apžiūrą, nustatyta, kad jutiklio matavimo elemento „SHT11“ kontaktai oksiduoti (3.4 pav.). Likusios elektrinės grandinės, esančios po lako sluoksniu, švarios ir sveikos.



3.4 pav. Santykinės drėgmės matavimo jutikli „292-1424-00“ paveiktas drėgmės

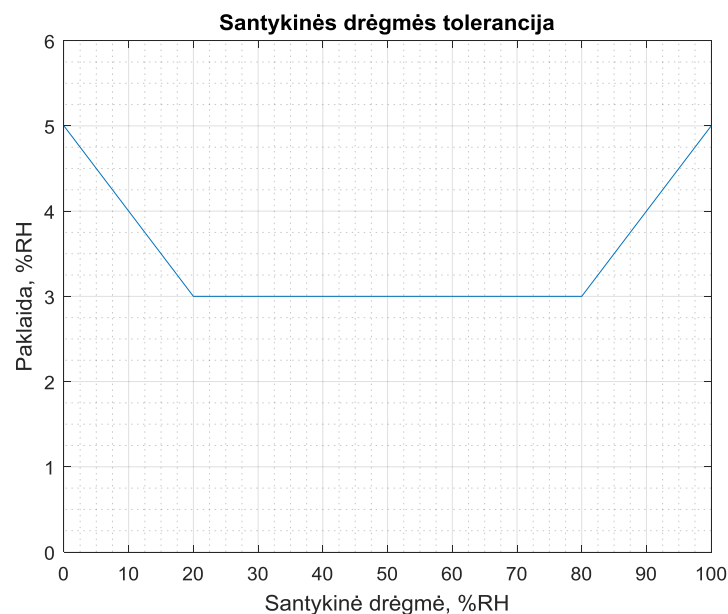
Trečiasis santykinės drėgmės jutiklis naudojamas tyrime „Dixell XH20P“. Tai „Dixell“ gamintojo siūlomas jutiklis, plačiai naudojamas su „Dixell“ klimato valdymo sistemomis. Jutiklio apsaugos klasė IP65, spausdinto montažo plokštė patalpinta plastikiniame korpuse. Jautrusis elementas sumontuotas atskiroje plokštėje ir pajungtas per greitąją jungtį prie pagrindinės plokštės. Matavimo elementas naudojamas jutiklyje talpinio tipo. Jutiklio pagrindiniai elementai „ST TL431“ programuojamas įtampos valdymo mikroschema, operacinis stiprintuvas „ST TS27L2C“ ir integruotos grandinės tranzistoriai patalpinti „MQ4AC“ SOP8 korpuse. Jutiklio matavimo ribos 0% ÷ 99% RH. Tyrimo metu nustatytas tarnavimo laikas 720 valandų, tai ilgiausiai be problemų dirbantis santykinės drėgmės matavimo jutiklis. Jutiklis nustojo veikti dėl oksidacijos ir mikrobiologinės taršos. Jutiklio visi kontaktai pasidengė pelėsiu ir oksidais. Jutiklio plokštės vaizdas pateiktas 3.5 paveiksle.



3.5 pav. Santykinės drėgmės matavimo jutiklis „Dixell XH20P“ paveiktas drėgmės

3.1 lentelė. Santykinės drėgmės jutiklių palyginimas

Parametras	Dixell XH20P	292-1424-00	Carel DPDC210
Matavimo ribos	0% – 99% RH	5% – 95% RH	0% – 100% RH
Temperatūra	0°C - +70°C	-10°C - +70°C	-20°C - +70°C
Maitinimo įtampa	15 ÷ 35 VDC 12 ÷ 24 VAC	8 ÷ 24 VDC	9 ÷ 30 VDC 12 ÷ 24 VAC
Išėjimo signalas	4 ÷ 20 mA	4 ÷ 20 mA	4 ÷ 20 mA
Paklaida	±3%	±3%	±3%
Atsako laikas, pasikeitus drėgmei 63%	15 s	8 s	8 s
Jutiklio tipas	Talpinis	IC talpinis	IC talpinis
Apsaugos klasė	IP65	IP65	IP55
Tarnavimo laikas	720 val.	696 val.	576 val.



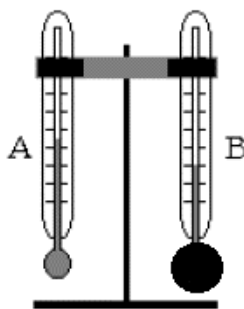
3.6 pav. Santykinės drėgmės jutiklių SHT11 ir SHT71 tolerancija

Drėkinimo sistemos jutiklių tyrimo išvados.

Ištyrus tris skirtingų gamintojų santykinės drėgmės matavimo jutiklius, galima teigti, kad jutiklių tarnavimo laikas labai trumpas, maksimaliai siekia 720 valandų, t.y. 30 dienų. Nors jutiklių specifikacijoje nurodoma apsaugos klasė IP65, tai nepadeda apsaugoti jutiklių nuo drėgmės, mikrobiologinės ir cheminės taršos, kadangi jutiklių matavimo elementas yra atviras aplinkos orui. Dažniausiai gedimas įvyksta matavimo elemente, nes jis yra atviras aplinkai. Jutiklio kontaktai oksiduojasi ir pasidengia drėgnu pelėsiu, dėl ko galiausiai įvyksta trumpas jungimas.

3.3.3. Sūrio brandinimo patalpos drėgmės alternatyvaus matavimo būdo parinkimas

Norint išvengti anksčiau minėtų problemų dėl jutiklių ne sandarumo, chemijos ir biologinio poveikio ir oksidacijos, būtina naudoti kito tipo santykinės drėgmės jutiklius, viena iš alternatyvų naudoti psichrometrą. Psichrometras – tai santykinės drėgmės matuoklis, kuris matuoja drėgmę naudodamas du termometrus, sausąjį ir drėgnąjį (vilgomąjį), apsuktą drėgnu medžiagos gabalėliu. (3.7 pav.)



3.7 pav. Psichrometras [38]

Abu termometrai matuoja oro temperatūrą, drėgnąjo B termometro temperatūra yra mažesnė, nes vanduo esantis aplink termometrą garuoja. Garavimui šiluma naudojama iš medžiagos gabalėlio, esančio ant termometro, todėl temperatūrai mažėjant termometras B rodo žemesnę temperatūrą. Temperatūrų skirtumas, tarp sausojo A ir drėgnąjo B termometrų yra atvirkščiai proporcingas dydis psichrometriniam koeficientui. Kuo skirtumas tarp termometrų didesnis, tuo mažesnė santykinė drėgmė, skirtumui mažėjant, santykinė drėgmė didėja. [38] Santykinės drėgmės lentelė pagal temperatūrų skirtumus pateiktą 1 priede. Lyginant abiejų termometrų temperatūras, santykinės drėgmės nustatymui naudojama lentelė, grafikas, formulės.

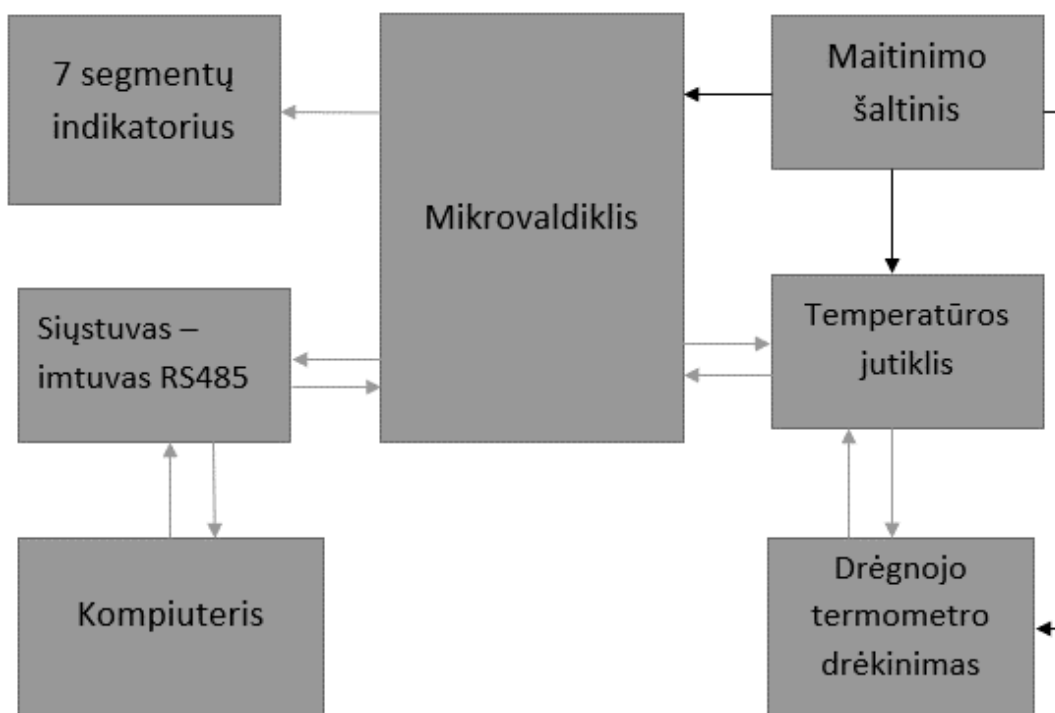
Tradiciniams psichrometrams reikalinga naudoti sočiųjų vandens garų slėgių lentelė, kurioje yra tūkstančiai reikšmių. Patalpinti tokią lentelę į mikrokontrolerį yra milžiniška apkrova jam ir tai riboja mikrokontrolerio atmintis. Be to lentelė nėra tinkama įterptinėms sistemoms. Daug efektyvesnis būdas už lenteles ir tolygios transformacijos naudojimą yra apskaičiuoti santykinę drėgmę naudojantis sauso ir drėgno termometro formulėmis. Šitas būdas tinkamas santykinės drėgmės matavimui pramoniniuose valdymo procesuose.

Palyginus su elektroniais santykinės drėgmės jutikliais, psichrometrai neturi senėjimo problemų ir laikui bėgant mažėjančio tikslumo. Be to, psichrometrai yra labiau tinkami matuoti santykinę drėgmę agresyvioje aplinkoje.

Vienas iš drėkinimo sistemos santykinės drėgmės matavimo jutiklių problemų sprendimo būdų yra naudoti psichrometrą naudojant elektroninius termometrus. Šito psichrometro veikimo principas, toks kaip ir tradicinio psichrometro, tik vietoje spiritinių ar gyvsidabrinų termometrų naudojami skaitmeniniai termometrai.

3.3.4. Sūrių brandinimo patalpos santykinės drėgmės jutiklio projektavimas

Projektuojamą psichrometrą sudaro: mikrovaldiklis, 7 segmentų indikatorius, skaitmeniniai temperatūros jutikliai, komunikacijai siųstuvas-įmтуvas RS-485, vandens lygio palaikymo sistema, skirta drėgnajam temperatūros jutikliui (3.9 pav.).



3.9 pav. Projektuojamo psichrometro struktūrinė schema

Projektuojamą psichrometrą valdo ST Microelectronics mikrovaldiklis „STM32F030“. Kuris yra ARM architektūros Cortex-M0 serijos procesorius, vienas mažiausių ir mažiausiai energijos vartojantis ARM procesorius. Cortex-M0 serijos procesoriai yra didelio našumo, von Neumann architektūros procesoriai. Cortex-M0 yra konfigūruojami 32 bitų RISC procesoriai. [38].

STM32F030C6 savybės:

- ARM 32 bitų Cortex-M0 serijos procesorius, maksimalus dažnis 48 MHz.
- Flash atmintis 32 Kbaitų. SRAM atmintis 4 Kbaitai.

- Maitinimo įtampa nuo 2,4 iki 3,6 VDC
- GPIOs (Bendros paskirties įėjimų/išėjimų) kiekis 39
- 5 kanalų DMA (Direct memory access) kontrolieris.
- 5 laikmačiai (Timers). 4 iš jų bendros paskirties.
- Vienas 12 bitų, 1μs ADC (analoginis-skaitmeninis konverteris) iki 16 kanalų.
- Kalendorius, realaus laiko kontrolieris su pavojaus ir periodiniu žadinimu iš stovėjimo būsenos.
- Komunikacijos sąsajos: I²C, USART, SPI. [39]

Psichrometre temperatūros matavimą atlieka skaitmeniniai temperatūros jutikliai „DS18B20“. Tai skaitmeninis termometras, kuris temperatūrą atvaizduoja skaitmeniniu signalu, konfigūruojamu nuo 9 bitų iki 12 bitų. Informacija yra siunčiama per 1 laidą (1-wire) magistralę, iš kontrolierio reikia prijungti tik vieną duomenų laidą ir vieną žemės laidą. Maitinimas skaitymui, rašymui ir temperatūros konvertavimui, gali būti naudojamas iš duomenų linijos. Jutiklis maitinamas iš 1-laido komunikacijos linijos, kaupdamas energiją vidiniame kondensatoriuje. Kai signalas yra aukšto lygio kondensatorius yra užkraunamas, kai signalas žemo lygio, kondensatorius naudojamas maitinimui, iškraunamas, kol vėl signalas bus aukšto lygio. Kaip alternatyva duomenų linijos maitinimui yra naudojamas išorinis maitinimo šaltinis 3 VDC ÷ 5,5 VDC. Pagrindiniai „DS18B20“ jutiklio parametrai pateikti 3.2 lentelėje.

Kiekvienas „DS18B20“ turi unikalų 64 bitų ilgio serijos numerį, ne vienas „DS18B20“ jutiklis, gali būti naudojamas vienoje, 1-laido duomenų magistralėje. Šitie jutikliai naudojami mikroklimato kontrolei, matuoti temperatūrą pastatuose, įrenginiuose, procesų stebėjimui ir kontrolei. Jutiklio skiriamoji geba yra konfigūruojama 9, 10, 11, 12 bitų. Tai yra lygu temperatūrai 0,5°C, 0,25°C, 0,125°C, 0,0625°C. Jutiklis temperatūros signalą 12 bitų skaitmeniniu signalu paverčia per 750ms. [40]

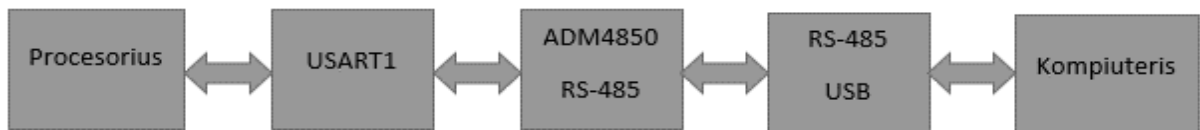
3.2 lentelė. Pagrindiniai jutiklio DS18B20 parametrai [40]

Jutiklis	Matavimo ribos	Skiriamoji geba maks.	Tikslumas	Maitinimo įtampa	Išėjimo signalas
DS18B20	-55°C - +125°C	0,0625°C	±0,5°C	3 ÷ 5,5 VDC	Skaitmeninis 9 bit iki 12-bit

Temperatūros matavimui projektuojame psichrometre naudojami skaitmeniniai jutikliai „DS18B20“ yra didelės apsaugos klasės IP67 ir pagaminti iš nerūdijančio plieno, todėl jie puikiai tinka pelėsinio sūrio brandinimo patalpai. Jutiklis yra atsparus agresyviai aplinkos taršai, todėl tarnavimo laikas neturi būti įtakojamas aplinkos poveikio. Temperatūra iš skaitmeninio temperatūros jutiklio siunčiama į mikrovaldiklį vienu duomenų laidu 12 bitų skiriamąja geba. Temperatūra vaizduojama 7 segmentų indikatoriuje.

Žinant abiejų temperatūros jutiklių, sausojo ir drėgnojo temperatūras, santykinė drėgmė nustatoma pagal grafiką pateiktą 4.2 paveiksle arba naudojant santykinės drėgmės skaičiavimo formules 4.1, 4.2, 4.3.

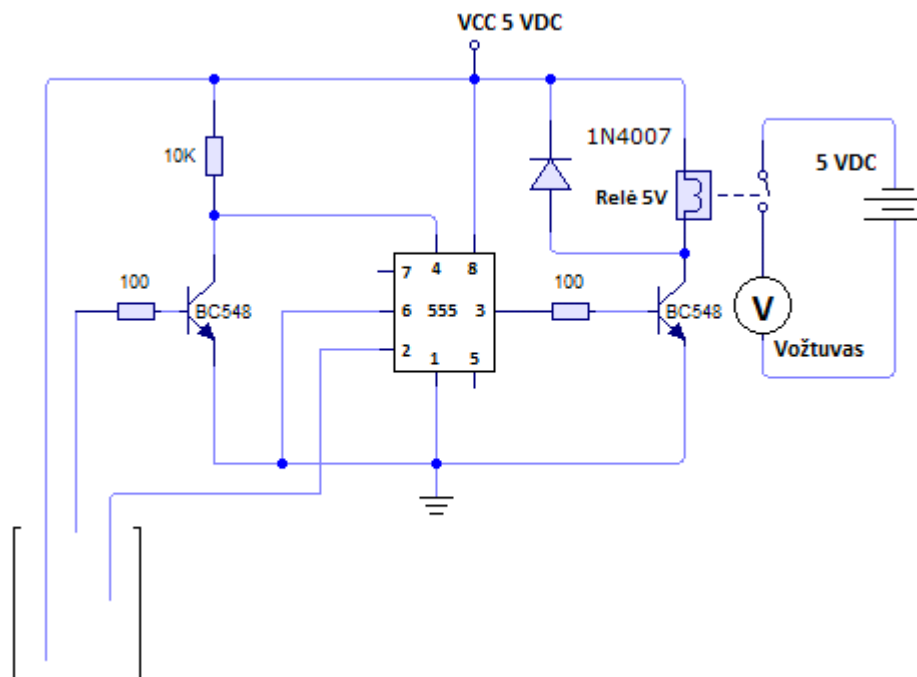
Automatizuojant santykinės drėgmės nustatymo metodą, santykinė drėgmė apskaičiuojama kompiuteriu. Informacija iš temperatūros indikatorius, siunčiama į kompiuterį naudojant RS-485 sąsają. Iš indikatorius mikrovaldiklio „STM32F030“ per USART sąsają, naudojant RS-485 standartą, duomenys siunčiami į kompiuterį. Duomenys per USART sąsają siunčiami į RS485 siųstuvą-įtuvą ADM4850, iš ADM4850 į keitiklį RS485-USB, iš keitiklio į kompiuterį (3.10 pav.).



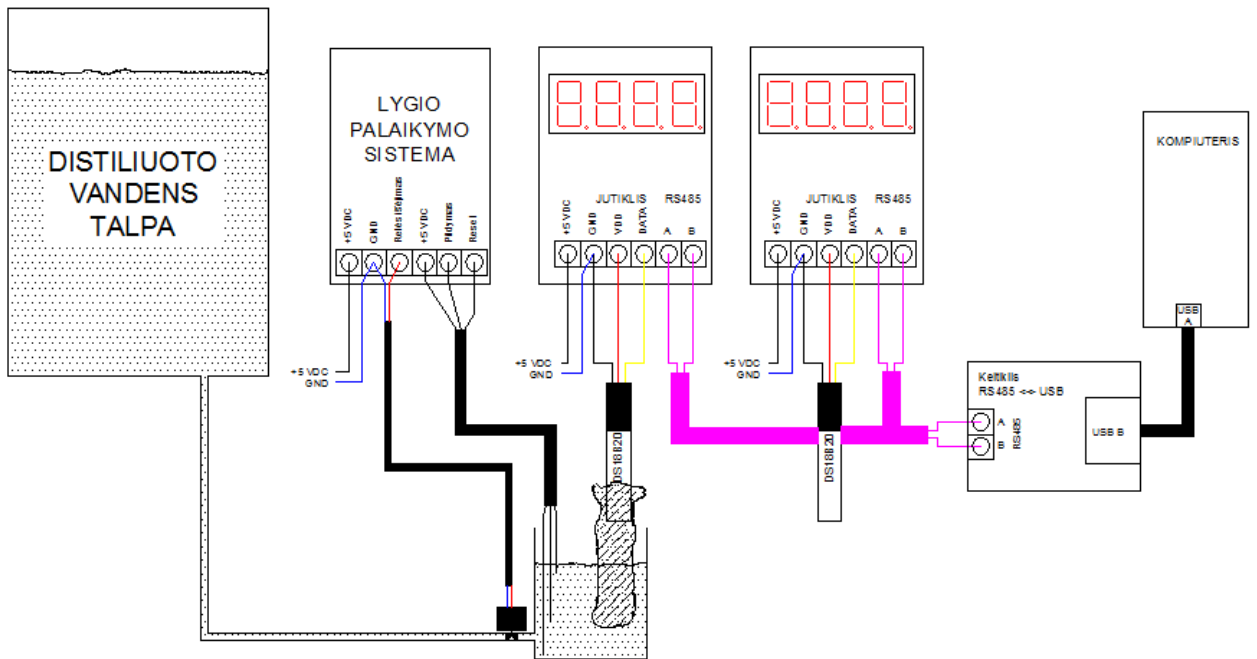
3.10 pav. RS-485 komunikacijos struktūrinė schema

Kompiuteryje duomenys gauti per RS-485 sąsają yra kaupiami ir toliau apdorjami naudojant santykinės drėgmės skaičiavimo lygtis.

Kad užtikrinti drėgmės matavimo sistemos autonomiškumą, reikalinga naudoti automatinį drėgnojo temperatūros jutiklio drėkinimą. Tai autonomiškai veikianti sistema, kuri matuoja vandens lygį drėgnojo termometro inde ir esant žemam distiliuoto vandens lygiui, papildo jį. Vandens pildymo sistemą sudaryta iš distiliuoto vandens talpos, vožtuvo ir elektrinių komponentų: mikroschemos NE555, 2 NPN tranzistorių BC548, keletos rezistorių (3.11 pav.) Panaudojus šią sistemą, užtikrinamas drėgnojo jutiklio pastovus drėgnumas.



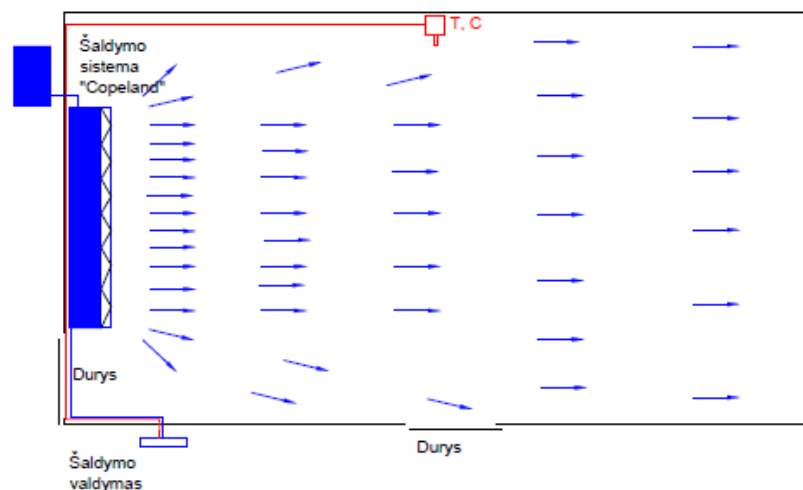
3.11 pav. Vandens lygio palaikymas drėgnajam jutikliui elektrinė schema



3.12 pav. Elektroninio psichrometro įrangos schema

3.4. Sūrio brandinimo patalpos šaldymo sistema

Pelėsinio sūrio brandinimo patalpos oro temperatūrą užtikrina freoninė šaldymo sistema. Temperatūra palaikoma automatiškai, elektroninio valdiklio ir reguliatoriaus, todėl specialaus personalo įsikišimo stabdant ar paleidžiant sistemą nereikia. Sistemą sudaro šaldymo kompresorius, kondensatorius su ventiliatoriais, patalpoje stovintis garintuvas su ventiliatoriais, reguliatorius ir temperatūros jutiklis.



3.13 pav. Sūrio brandinimo patalpos šaldymo sistemos įrangos schema

Orą patalpoje šaldo „Copeland EazyCool“ šaldymo sistema, kompresorius valdo elektroninis valdiklis „Emerson EC2-5X1“. Patalpos temperatūrą reguliuoja reguliatorius „Carel ir33“, jame užduodama reikalinga patalpos oro temperatūra. Sistema „Copeland EazyCool“ užtikrina patalpos temperatūrą nuo +2 iki +5°C. Garintuvas stovi šaldomos patalpos viduje.

Garintuvas – tai įrenginys sudarytas iš vamzdelių, kuriuose skystas šaltas freonas tekėdamas absorbuoja aplinkos šilumą ir atvėsina aplinkui esantį orą, freonas iš skystos fazės virsta dujine ir yra atsiurbiamas kompresoriaus. Atvėsintas oras nuo garintuvo vamzdelių ventiliatoriais nupučiamas tolyn į patalpą. Valdiklis „Emerson EC2-5X1“ yra specialiai sukurtas „Copeand EazyCool“ kompresoriams. Valdiklis valdo kompresoriaus našumą, kondensacijos slėgį. Temperatūros reguliatorius „Carel ir33“ reguliuoja patalpos temperatūrą valdydamas garintuvo ventiliatorius ir vožtuvą. Prie jo prijungtas NTC tipo temperatūros jutiklis matuoja patalpos temperatūrą.

Privalumai.

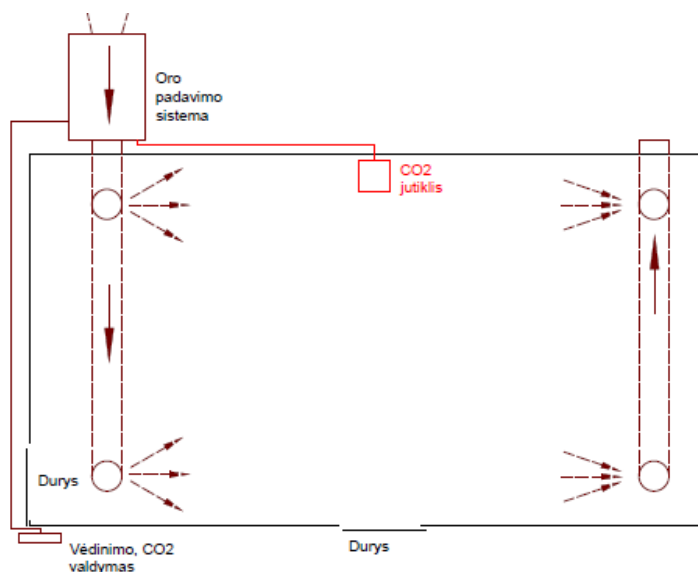
Sistema paprasta, valdymo ir temperatūros reguliavimo valdikliai nesudėtingai valdomi. Turi RS-485 sąsaja duomenų perdavimui ir valdymui. Vartotojui paprasta valdyti, užduoti reikalingą temperatūrą.

Trūkumai.

Sistema nesusieta su kitomis sistemomis, valdoma tiesiogiai reguliatoriuje. Duomenys nekaupiami ir nesiunčiami į kitas sistemas. Patalpoje temperatūrai pavojingai pakilus, nėra pavojaus įspėjimo signalo ir pranešimo. Šaldymo patalpas eksploatuojantys darbuotojai privalo reguliariai 2 – 3 kartus per dieną patikrinti šaldymo patalpose palaikomą temperatūrą, tai atliekama pasižiūrint į reguliatorių „Carel“ ar į patalpoje esantį kontrolinį termometrą.

3.5. Sūrio brandinimo patalpos vėdinimo sistema

Ventiliacijos sistema užtikrina reikiamą oro judėjimą ir CO₂ kiekį sūrių brandinimo patalpoje. Sistema paduoda į patalpą orą iš išorės, taip sumažindama CO₂ kiekį patalpoje ir padidindama oro judėjimą tarp sūrių.



3.14 pav. Sūrio brandinimo patalpos vėdinimo sistemos įrangos schema

Patalpos ventiliacijos sistemą sudaro ventiliacijos kamera su filtrais ir padavimo ventiliatoriumi, oro šalinimo sklendė, CO₂ jutiklis, temperatūros jutiklis ir ventiliacijos valdymo sistema „Siemens LOGO!“.

Ventiliatorius stovintis ventiliacijos kameroje, paduoda orą iš išorės į patalpą. Ventiliacijos kameroje oras filtruojamas ir jeigu reikia atvėsinamas vandens pagalba. Oras iš patalpos šalinamas per šalinimo vamzdžius, atidarius šalinimo sklendę. Oras į sūrio brandinimo patalpą paduodamas, kai patalpoje esančiame ore anglies dioksidas pasiekia 1500 ppm. CO₂ koncentracijai ore pasiekus 1500 ppm, atidaroma išmetimo ir padavimo sklendės, įjungiamas oro padavimo ventiliatorius.

Jutiklis „EE871“ matuoja CO₂ kiekį patalpoje (3.5 pav.)



3.15 pav. CO₂ jutiklis „EE871“

Ventiliacijos sistema valdoma valdikliu „Siemens LOGO!“ (3.8 pav. a). Valdiklis „LOGO!“ yra pramoninis valdiklis, skirtas nedidelės apimties procesams valdyti. Naujos kartos „LOGO!“ valdiklis turi ethernet sąsają ir WEB servisą, tai palengviną sistemos stebėjimą ir valdymą per vietinį tinklą ar internetą. Naudojant papildomą modulį „CMK2000“ valdiklį galima prijungti prie „KNX“ magistralės, taip sujungiant sistemą su kitomis klimato valdymo sistemomis. „LOGO!“ valdikliui turi didelį pasirinkimą modulių, tokių kaip skaitmeniniai įėjimai /išėjimai, analoginiai įėjimai/išėjimai, rezistyvieniai įėjimai, komunikacijos modulius.

Privalumai.

Vėdinimo sistema dirba automatiškai, personalui papildomai nustatymų keisti nereikia, visa informacija pateikiama LOGO! TDE ekrane. Sistema lengvai praplečiama ir atnaujinama dėka naudojamo pramoninio valdiklio „Siemens LOGO!“.

Trūkumai.

Ventiliacijos sistema neturi ryšio su kitomis sistemomis. Esant didelei CO₂ koncentracijai, nesiunčiamas pavojaus pranešimas, nėra kaupiama informacija apie sistemos matuojamus parametrus.

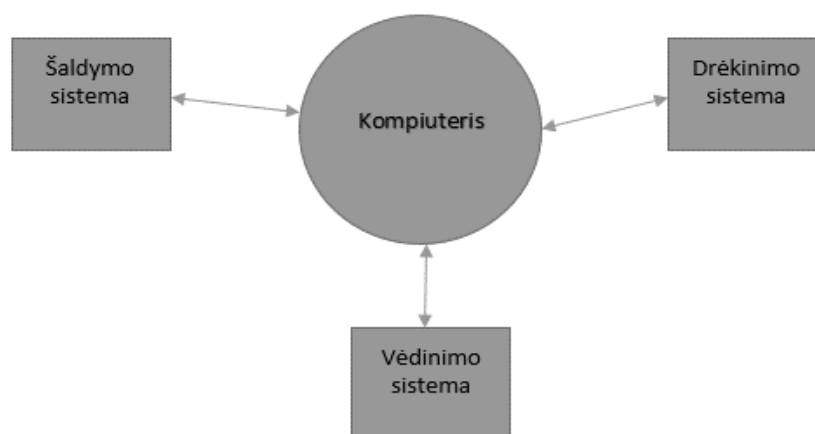
3.6. Sūrio brandinimo patalpos klimato palaikymo sistemos projektavimas

Sūrių brandinimo patalpos klimato palaikymo sistema sujungia tris pagrindines sistemas į vieną sistemą: šaldymą, drėkinimą, ventiliaciją. Visos sistemos turi bendrą trūkumą, kad yra viena nuo kitos nepriklausomos, nesaugomi sistemų duomenys ir nėra įspėjimo sistemos, parametrų

tapus pavojingai aukštiems ar žemiems. Kad išspręsti šitas problemas, sistemas sujungiama į vieną sistemą.

Drėkinimo sistema turi duomenų išėjimą per RS-485 sąsają, drėkinimo sistemos valdymą ir parametrų stebėjimą patogiu atlikti kompiuteriu. Šaldymo sistemos temperatūros indikatorius-reguliatorius „Carel ir33“ turi RS-485 sąsają, šitą sistemą galima prijungti prie kompiuterio per RS-485 sąsają ir valdyti jo pagalba. Vėdinimo sistema valdoma pramoniniu valdikliu „Siemens LOGO!“, turi ethernet sąsają, taip pat galimybę duomenis siųsti per RS-485 sąsają.

Visas tris sistemas sujungti į bendrą sistemą, kaip centrinį valdymo įrenginį naudojant kompiuterį. Struktūrinę sistemos schema pateikta 3.16 paveiksle.



3.16 pav. Sūrių patalpos klimato sistemos schema

Duomenys iš klimato palaikymo sistemų apdorojami ir valdomi naudojant specializuotą programinę įrangą, kuri surenka duomenis gaunamus per RS-485 sąsają. „Carel“ siūloma „PlantVisor“ programinė įranga tinkama klimato palaikymo sistemos valdymui ir duomenų surinkimui (3.17 pav.).

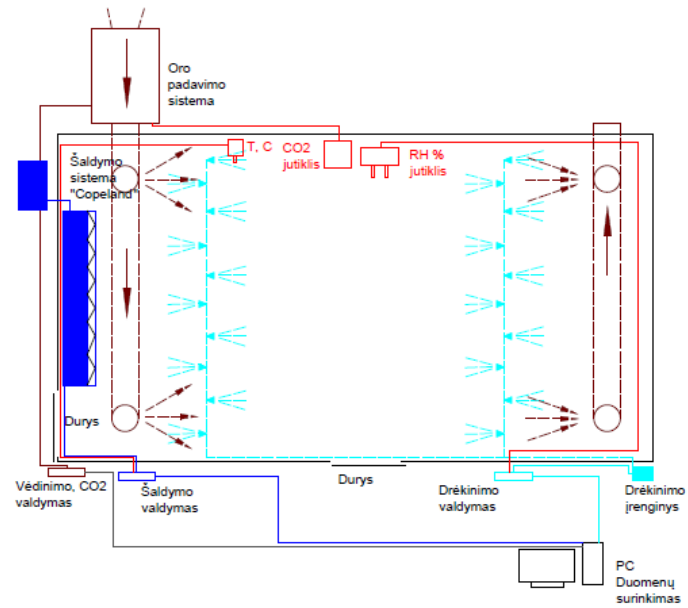
„Plantvisor“ savybės:

- Pateikiami detalūs ir pilni grafikai
- Prietaisai lengvai ir greitai prijungiami ir konfigūruojami
- Įvykių išsaugojimas su papildoma informacija, galima naudoti garso signalus.
- SMS žinučių ar elektroninio laiško siuntimas
- Galima valdyti įrenginius relėmis.
- Sistema pasiekama tinkle, naudojant internetinę naršyklę [42]

Naudojant šitą programinį paketą, sistema yra lengvai valdoma. Pasiekus nurodytus parametrus galima išjungti ar įjungti drėkinimo, šaldymo ar oro padavimo sistemas. Taip saugomi visi sūrių brandinimo patalpoje matuojami dydžiai, kurie bet kada gali būti peržiūrimi ir pateikiami grafiškai.



3.17 pav. Plantvisor progamos langas

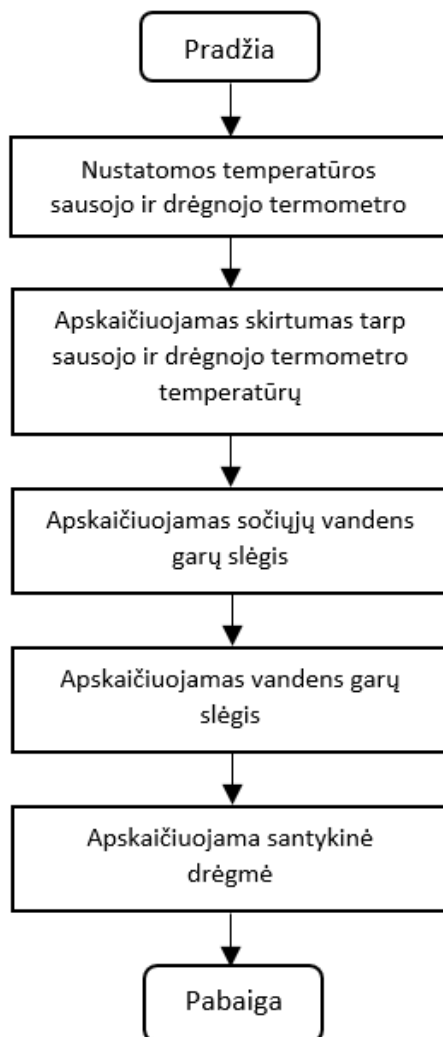


3.18 pav. Sūrio brandinimo patalpos klimato palaikymo sistemos įrangos schema

4. SŪRIŲ PALAIKYMO PATALPOS KLIMATO PALAIKYMO SISTEMOS TYRIMAS

4.1. Santykinės drėgmės skaičiavimas

Psichrometro santykinė drėgmė nustatoma žinant du kintamuosius, t.y. temperatūrą sausojo termometro ir temperatūrą drėgnojo temperatūrą.



4.1 pav. Santykinės drėgmės matavimo algoritmas

Santykinė drėgmė yra santykis drėgno oro garų slėgio ir prisotintų garų slėgio prie duotos temperatūros, kuris yra išreiškiamas %.

$$H = \left(\frac{e}{e_w} \right) \cdot 100\% \quad (4.1)$$

kur H – santykinė drėgmė, %; e – vandens garų slėgis, hPa; e_w – prisotintų vandens garų slėgis, hPa;

Garų slėgis yra vandens garų dalelių slėgis ore, išreiškiamas hPa. Prisotintų garų slėgis yra garų slėgis, kuris yra termodinaminėje pusiausvyroje su vandens paviršiumi, išreiškiamas hPa.

Tekant orui pastoviu greičiu pro drėgną termometrą, šito termometro temperatūra krenta žemiau negu sausojo termometro temperatūra, dėl vandens garavimo nuo drėgno termometro

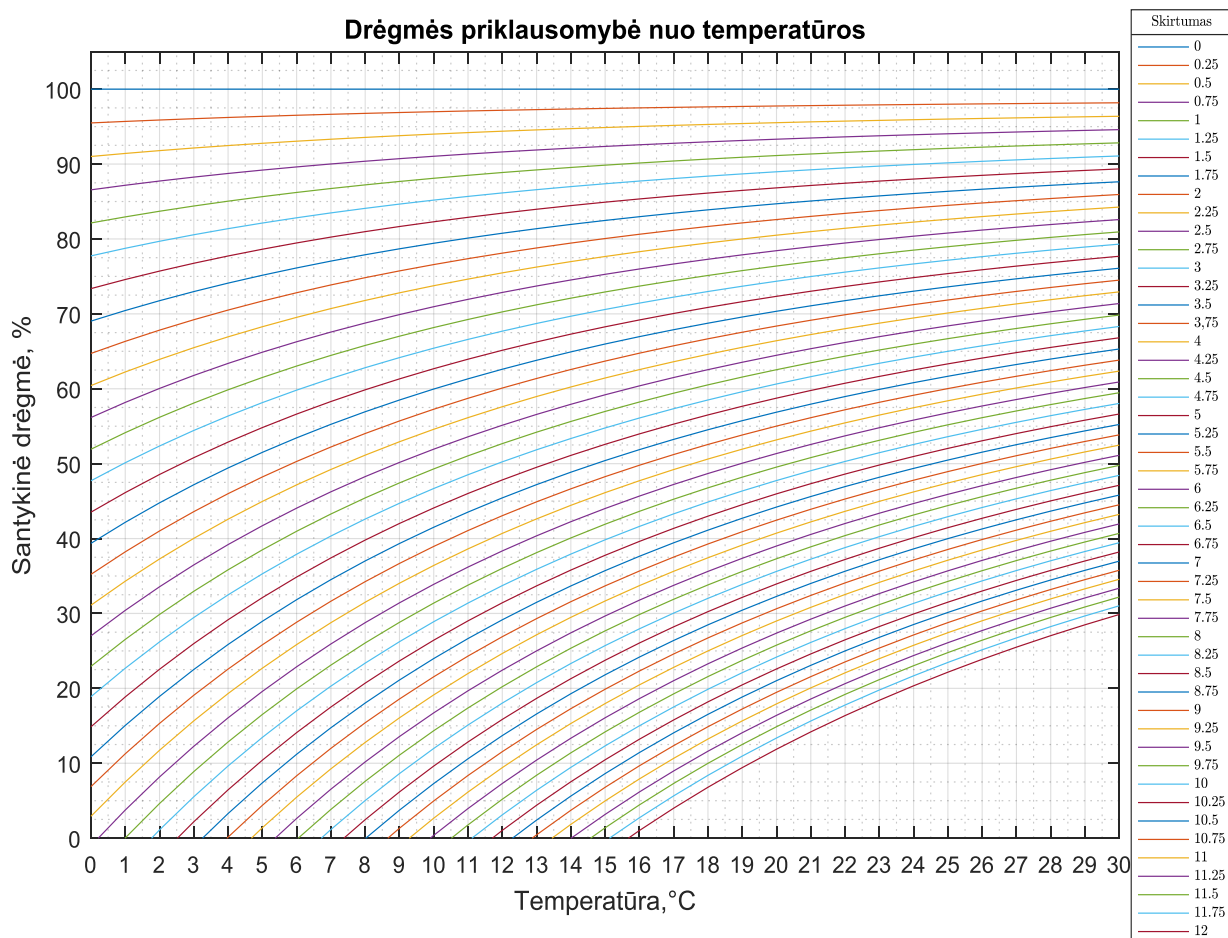
paviršiaus. Kai šiluma iš išorės teka per drėgną termometrą, oras pasiekia pusiausvyrą su šiluma, kuri pašalinama nuo drėgnojo termometro garavimo metu. Naudojant, taip vadinamą Sprung psichrometro formulę, apskaičiuojamas vandens garų slėgis:

$$e = 6,112 \cdot \exp\left(\frac{17,67 \cdot t_w}{t_w + 243,5}\right) - \left(\frac{A}{755}\right) \cdot P \cdot (t - t_w) \quad (4.2)$$

kur $A/755$ psichrometro konstanta, $A = 0,50$ kai drėgnas termometras nėra apšalęs, $A = 0,44$, kai drėgnas termometras apšalęs; e – garų slėgis, hPa; e_w – prisotintų garų slėgis, hPa; P – atmosferos slėgis, hPa, t – sausojo termometro temperatūra, °C; t_w – drėgnojo termometro temperatūra, °C;

$$e_w = 6,112 \cdot \exp\left(\frac{17,67 \cdot t}{t + 243,5}\right) \quad (4.3)$$

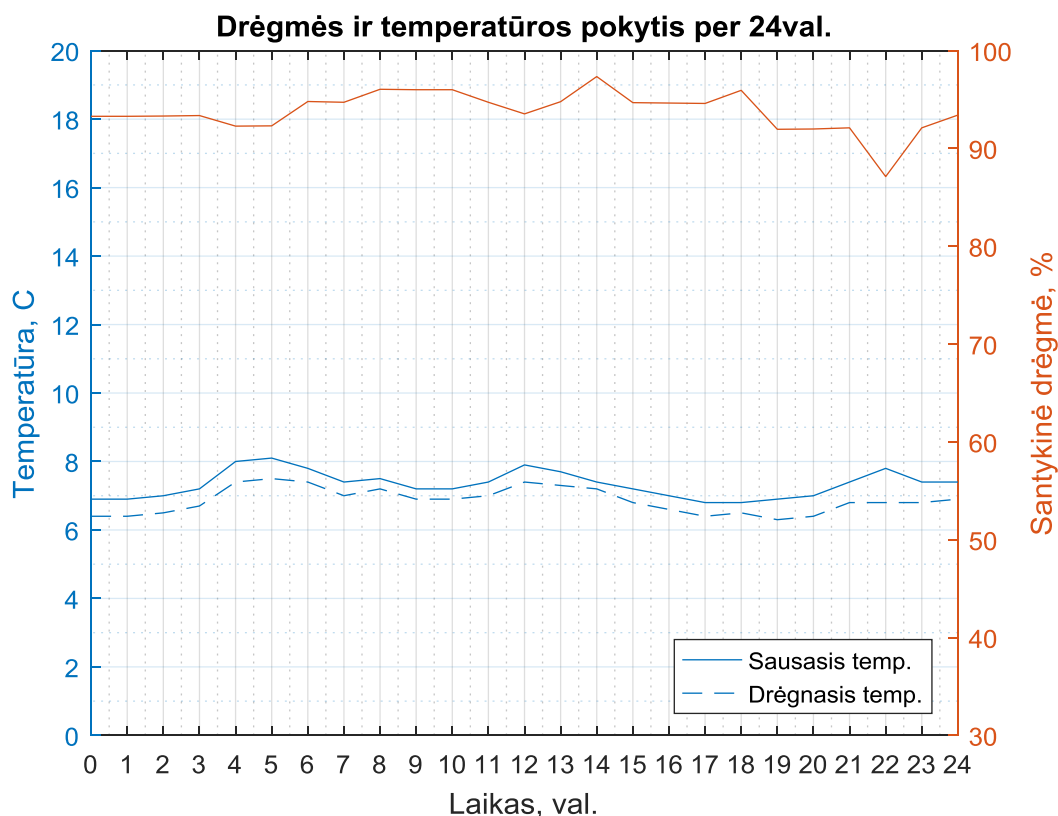
Pagal santykinės drėgmės 4.1 formulę, nubraižomos kreivės (4.2 pav.), kurios vaizduoja santykinės drėgmės priklausomybę nuo sausojo ir drėgnojo termometrų temperatūrų skirtumo. Pagal nubraižytą santykinės drėgmės priklausomybių grafiką (4.2 pav.), galima nustatyti santykinę drėgmę, be skaičiavimų, žinant sausojo ir drėgnojo termometrų temperatūras ir jų skirtumą.



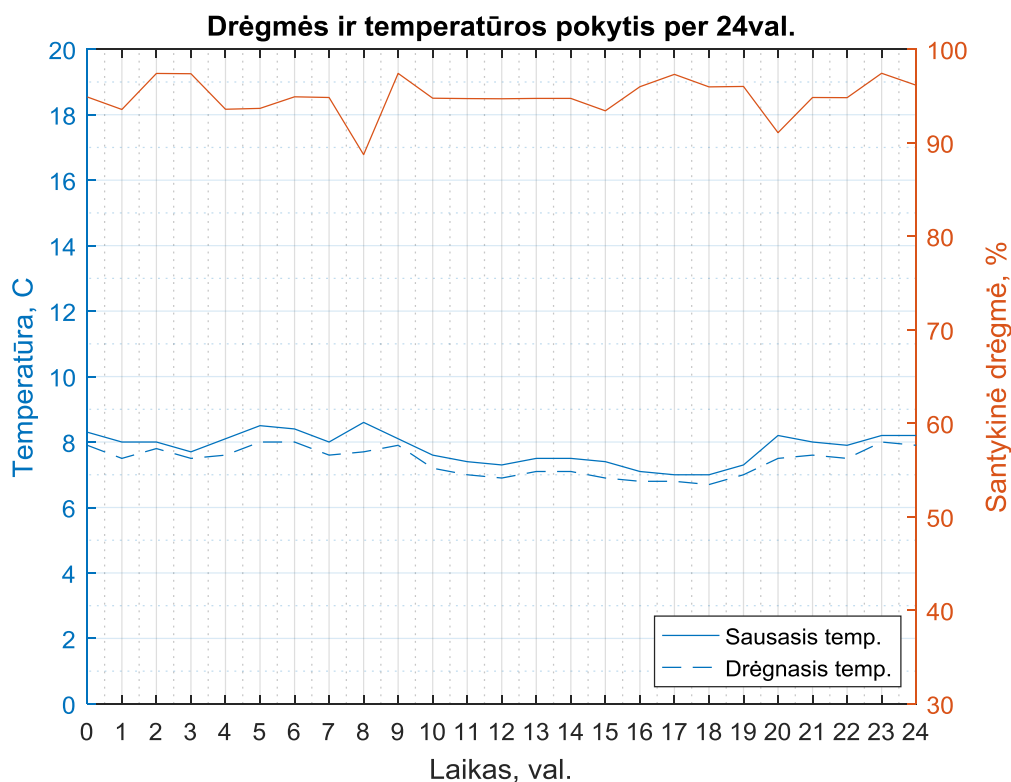
4.2 pav. Santykinės drėgmės nustatymo grafikas

Santykinės drėgmės skaičiavimo eiga

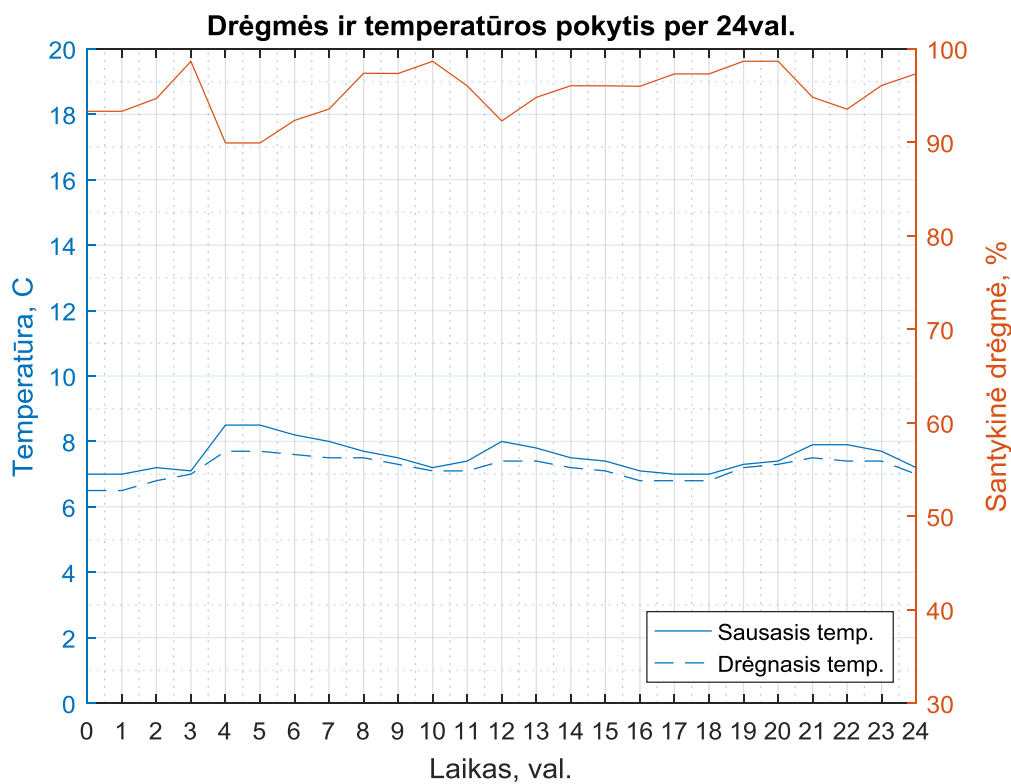
Pirmiausia yra nustatoma drėgnojo termometro temperatūra (t_w), po to sausojo termometro temperatūra (t). Žinant drėgnojo termometro ir sausojo termometro temperatūras, naudojantis 4.3 formule apskaičiuojamas prisotintų garų slėgis (e_w). Garų slėgis (e) yra paskaičiuojamas pagal 4.2 formulę panaudojant gautą prisotintų garų reikšmę. Žinodami vandens garų slėgius, santykinė oro drėgmė (H) nustatoma naudojant 4.1 formulę. Žemiau pateikiami gauti rezultatai, pateikiami grafiškai.



4.3 pav. Santykinės drėgmės pokytis brandinimo patalpoje



4.4 pav. Santykinės drėgmės pokytis veikiant ventiliacijos sistemai brandinimo patalpoje



4.5 pav. Santykinės drėgmės pokytis brandinimo patalpoje

Pateiktose kreivėse matosi, kaip kintant psichrometro jutiklių matuojamai temperatūrai, keičiasi patalpos santykinė oro drėgmė. Kreivėse matomi termometrų temperatūrų skirtumo įtaka santykinės drėgmės reikšmei.

Pagal pateiktas kreives galima spręsti, ne tik, kaip kinta temperatūra ir santykinė drėgmė paros eigoje, bet ir kokią įtaką temperatūrai ir drėgmei daro kitos sistemos: šaldymas ir ventiliacija.

Pagal dvejų parų matavimų rezultatus pateiktus 4.3 paveiksle esančiose kreivėse, galime spręsti, kad didėjant temperatūrai, drėgmė mažėja, mažėjant patalpos oro temperatūrai, santykinė oro drėgmė didėja. Didėjant temperatūrų skirtumui, tarp drėgnojo ir sausojo temperatūros jutiklių, santykinės drėgmės reikšmė mažėja.

Patalpos oro temperatūros didžiausias pokytis $1,2^{\circ}\text{C}$. Temperatūra svyruoja ribose nuo $+6,8^{\circ}\text{C}$ iki $+8,1^{\circ}\text{C}$. Pelėsinio sūrio brandinimo patalpos oro temperatūra turi būti intervale nuo $+6$ iki $+10^{\circ}\text{C}$.

Analizuojant 4.3 paveiksle pateiktas kreives, santykinės drėgmės didžiausias pokytis yra $8,7\%$ RH. Drėgmė svyruoja ribose nuo $89,9\%$ iki $98,6\%$ RH. Pelėsinio sūrio brandinimui, santykinė oro drėgmė mažesnė už 90% RH daro įtaką gamybos procesui, nes sulėtėja pelėsinio sūrio augimas, dėl ko nokinimo laikas yra ilginamas. Pagal pateiktus matavimo rezultatus 4.3 paveiksle esančios kreivės, galima teigti, kad drėkinimo palaikymo sistema dirba nustatytose ribose.

Pagal pateiktus matavimų rezultatus 4.4 paveiksle esančioje kreivėse, matoma, kokią įtaką drėkinimo sistemai daro kita sistema, šiuo atveju oro padavimo į patalpą sistema. Paleidus oro padavimo sistemą, santykinės drėgmės parodymai sumažėja. Drėgmės pokytis $9,9\%$ RH. Santykinė oro drėgmė kinta intervale nuo $87,5\%$ iki $97,4\%$ RH. Oro padavimo sistema įnešą didesnį pokytį oro drėkinime, nes oras iš išorės yra su mažesne santykinė drėgme, todėl sumažėja santykinė oro drėgmė sūrių brandinimo patalpoje.

Analizuojant santykinės drėgmės ir temperatūrų kreives esančias 4.5 paveiksle, galima pastebėti, kad temperatūra kas 8 valandas pakyla iki 8°C po to krenta iki 7°C . Priklausomai nuo temperatūros pokyčio, kinta santykinės oro drėgmės reikšmės. Iš pateiktų kreivių, galime spręsti, kada brandinimo patalpos šaldymo sistemos garintuvas buvo šerkšno tirpinimo stadijoje.

Atliekant pelėsinų sūrių brandinimo patalpos temperatūros ir santykinės drėgmės matavimus ir analizuojant gautus rezultatus, galima nustatyti, kokios procedūros yra vykdomos brandinimo patalpoje tam tikru laiku.

4.2. Temperatūros jutiklių ir psichrometro matavimų paklaidos

Santykinės drėgmės matavimo paklaida priklauso nuo psichrometro temperatūros jutiklių. Temperatūros jutiklio gamintojo deklaruojamas tikslumas yra $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, o skiriamoji geba $0,0625^{\circ}\text{C}$.

Norint išsiaiškinti santykinės drėgmės matavimo prietaiso tikslumą, reikia nustatyti kaip jutiklių paklaida įtakoja drėgmės matavimą.

Atliekami jutiklių paklaidos matavimai prie 6°C temperatūros. Paklaidai nustatyti atliekami 10 matavimų, kai aplinkos temperatūra 6°C, 20°C,

Matavimų paklaida susideda iš: sisteminės prietaiso paklaidos $\Delta x_{s,P}$; atsitiktinės atskaitymo paklaidos $\Delta x_{a,P}$; atsitiktinės matavimų paklaidos $\Delta x_{n,P}$.

1. Apskaičiuojamas aritmetinis vidurkis.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4.6)$$

kur x_i – matuojama reikšmė, n – matavimų skaičius;

2. Apskaičiuojami atsitiktiniai nuokrypiai ir jų kvadratai $(\Delta x_i)^2$

$$\Delta x_i = x_i - \bar{x} \quad (4.7)$$

kur \bar{x} – matavimų vidurkis

3. Patikrinamas atsitiktinių nuokrypių sklaidos simetriškumas

$$\sum_{i=1}^n (\Delta x_i) \approx 0 \quad (4.8)$$

4. Apskaičiuojamas standartinis nuokrypis S ir standartinio vidurkio nuokrypis s .

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n-1}} \quad (4.9)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n(n-1)}} \quad (4.10)$$

5. Apskaičiuojama atsitiktinė matavimo paklaida. Matavimų skaičius $n=10$, tikimybė $P=0,95$,

$$\Delta x_{n,P} = t_{n,P} \cdot S \quad (4.11)$$

kur S – standartinis nuokrypis, Stjudento koeficientas $t_{n,P} = 2,3$

6. Apskaičiuojama atsitiktinė atskaitymo paklaida, tikimybei $P=0,95$.

$$\Delta x_{a,P} = P \cdot \frac{\Delta x_a}{2} \quad (4.12)$$

7. Apskaičiuojama sisteminė prietaiso paklaida (sisteminioji neapibrėžtis), tikimybei $P=0,95$.

$$\Delta x_{rib} = \frac{\delta_r \cdot x_{rib}}{100} \quad (4.13)$$

$$\Delta x_{s,P} = t_{\infty,P} \cdot \frac{\Delta x_{rib}}{3} \quad (4.13)$$

kur Stjudento koeficientas $t_{\infty,P} = 2,0$, jutiklių nurodytas tikslumas δ_r , jutiklio skalės matavimo riba x_{rib} , jutiklio sistemingos paklaidos didžiausia vertė Δx_{rib} ;

8. Apskaičiuojama pilnutinė matavimų paklaida (suminė neapibrėžtis)

$$\Delta x_P = \sqrt{(\Delta x_{s,P})^2 + (\Delta x_{a,P})^2 + (\Delta x_{n,P})^2} \quad (4.14)$$

kur sisteminės prietaiso paklaidos $\Delta x_{s,P}$; atsitiktinės atskaitymo paklaidos $\Delta x_{a,P}$; atsitiktinės matavimų paklaidos $\Delta x_{n,P}$.

9. Santykinė paklaida

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x_P}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (4.15)$$

kur Δx_P – pilnutinė matavimų paklaida;

10. Didžiausia matavimų paklaida

$$\Delta x = \sqrt{(s)^2 + (\Delta x_s)^2 + (\Delta x_a)^2} \quad (4.16)$$

4.2 lentelė. Temperatūros matavimai, kai aplinkos temperatūra +6°C.

Eil. Nr.	x1, °C	$\Delta x1$, °C	$(\Delta x1)^2$, °C	x2, °C	$\Delta x2$, °C	$(\Delta x2)^2$, °C
1	6,06	0,0360	0,0013	6,12	0,0240	0,0006
2	5,94	-0,0840	0,0071	6,12	0,0240	0,0006
3	6	-0,0240	0,0006	6	-0,0960	0,0092
4	6,12	0,0960	0,0092	6,18	0,0840	0,0071
5	6,06	0,0360	0,0013	6,06	-0,0360	0,0013
6	6	-0,0240	0,0006	6,12	0,0240	0,0006
7	6,06	0,0360	0,0013	6,06	-0,0360	0,0013
8	5,94	-0,0840	0,0071	6,06	-0,0360	0,0013
9	6	-0,0240	0,0006	6,06	-0,0360	0,0013
10	6,06	0,0360	0,0013	6,24	0,1320	0,0174
	$\bar{x1} = 6,024$	$\sum_{i=1}^n (\Delta x1) = 0$	$\sum_{i=1}^n (\Delta x1)^2 = 0,0302$	$\bar{x2} = 6,108$	$\sum_{i=1}^n (\Delta x2) = 0$	$\sum_{i=1}^n (\Delta x2)^2 = 0,0418$

Jutiklio Nr.1 paklaida prie +6°C temperatūros:

Pilnutinė matavimų paklaida (suminė neapibrėžtis) $\Delta x_P = 0,330134 \approx 0,33$.

Santykinė matavimų paklaida $\varepsilon_x \approx 5,48\%$.

Didžiausia matavimo paklaida $\Delta x = 0,446^\circ\text{C}$

Matavimų rezultatas: $(6,024 \pm 0,446)^\circ\text{C}$

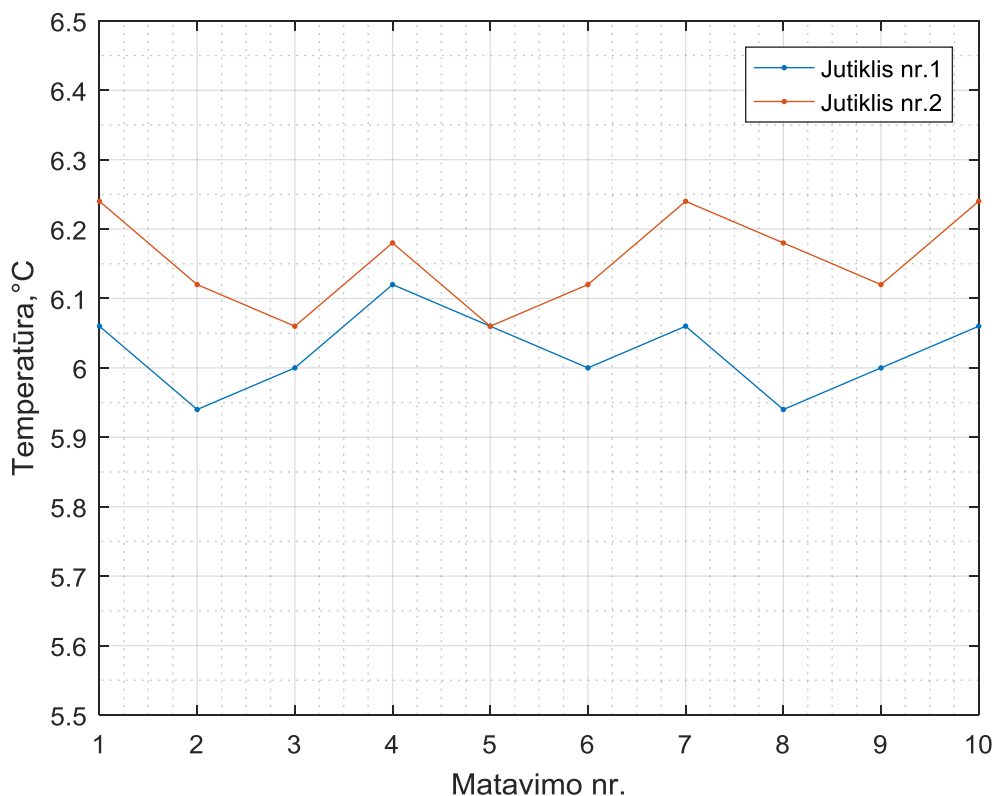
Jutiklio Nr.2 paklaida prie +6°C temperatūros:

Pilnutinė matavimų paklaida (suminė neapibrėžtis) $\Delta x_P = 0,331413 \approx 0,33$.

Santykinė matavimų paklaida $\varepsilon_x \approx 5,38\%$.

Didžiausia matavimo paklaida $\Delta x = 0,448^\circ\text{C}$

Matavimų rezultatas: $(6,108 \pm 0,448)^\circ\text{C}$



4.6 pav. Temperatūros reikšmių išsibarstymas atliekant 10 matavimų

4.3 lentelė. Temperatūros matavimai, kai aplinkos temperatūra $+20^\circ\text{C}$.

Eil. Nr.	$x_1, ^\circ\text{C}$	$\Delta x_1, ^\circ\text{C}$	$(\Delta x_1)^2, ^\circ\text{C}$	$x_2, ^\circ\text{C}$	$\Delta x_2, ^\circ\text{C}$	$(\Delta x_2)^2, ^\circ\text{C}$
1	20,12	0,0180	0,0003	20,06	0,0180	0,0003
2	20,12	0,0180	0,0003	20	-0,0420	0,0018
3	20,06	-0,0420	0,0018	19,94	-0,1020	0,0104
4	20,18	0,0780	0,0061	20,06	0,0180	0,0003
5	20,12	0,0180	0,0003	20	-0,0420	0,0018
6	20	-0,1020	0,0104	19,94	-0,1020	0,0104
7	20	-0,1020	0,0104	20	-0,0420	0,0018
8	20,12	0,0180	0,0003	20,12	0,0780	0,0061
9	20,24	0,1380	0,0190	20,18	0,1380	0,0190
10	20,06	-0,0420	0,0018	20,12	0,0780	0,0061
	$\bar{x}_1 = 20,10$	$\sum_{i=1}^n (\Delta x_1) = 0$	$\sum_{i=1}^n (\Delta x_1)^2 = 0,0508$	$\bar{x}_2 = 20,04$	$\sum_{i=1}^n (\Delta x_2) = 0$	$\sum_{i=1}^n (\Delta x_2)^2 = 0,0580$

Jutiklio Nr.1 paklaida prie $+20^\circ\text{C}$ temperatūros:

Pilnutinė matavimų paklaida (suminė neapibrėžtis) $\Delta x_p = 0,331956 \approx 0,332^\circ\text{C}$.

Santykinė matavimų paklaida $\varepsilon_x \approx 1,65\%$.

Didžiausia matavimo paklaida $\Delta x = 0,449^\circ\text{C}$

Matavimų rezultatas: $(20,10 \pm 0,449)^\circ\text{C}$

Jutiklio Nr.2 paklaida prie $+20^\circ\text{C}$ temperatūros:

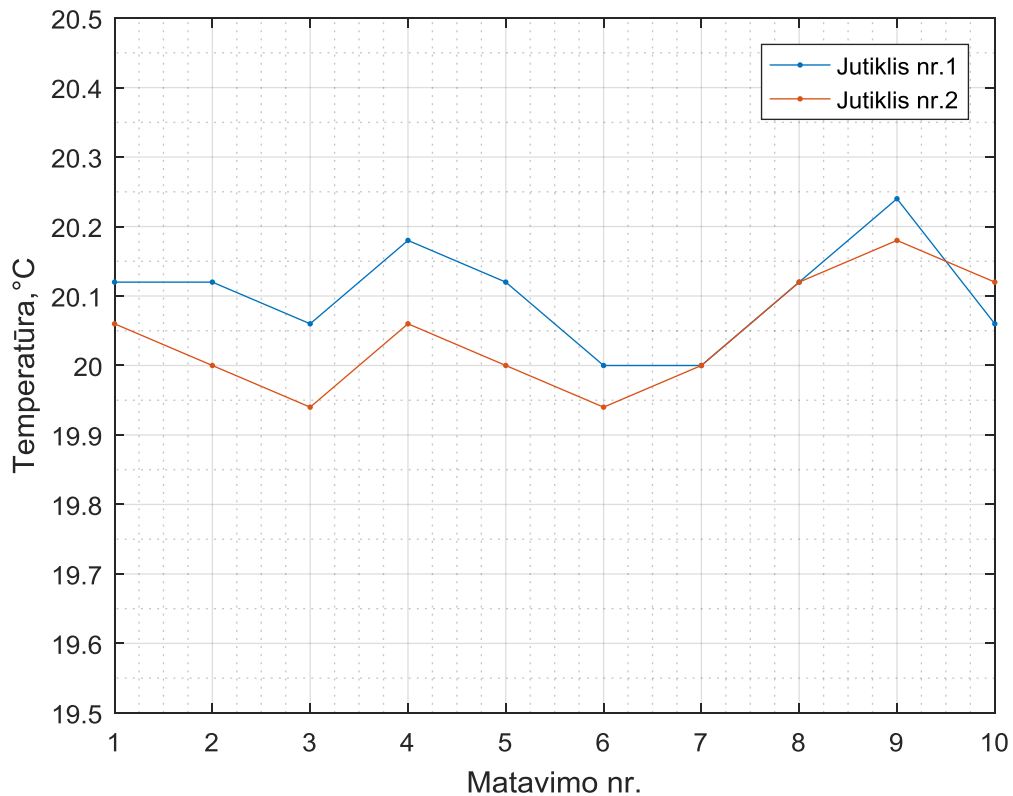
Pilnutinė matavimų paklaida (suminė neapibrėžtis) $\Delta x_p = 0,3325926 \approx 0,333^\circ\text{C}$.

Santykinė matavimų paklaida $\varepsilon_x \approx 1,66\%$.

Didžiausia matavimo paklaida $\Delta x = 0,449^\circ\text{C}$

Matavimų rezultatas: $(20,04 \pm 0,449)^\circ\text{C}$

Įvertinus jutiklių matavimų paklaidą, pagal matavimų grafiką matyti, kad jutikliai neviršija nustatytų paklaidų (4.7 pav.).



4.7 pav. Temperatūros reikšmių išsibarstymas atliekant 10 matavimų

Įvertinus jutiklių matavimų paklaidą, pagal matavimų grafiką matyti, kad jutikliai neviršija paklaidų.

Įvertinant psichrometro paklaidą, naudojamas netiesioginio matavimų paklaidų metodas. Netiesiogiai išmatuoto dydžio paklaida priklauso nuo tiesiogiai išmatuotų dydžių, šiuo atveju sauso ir drėgno termometro temperatūrų. Kiekvieno tiesiogiai matuoto dydžio įtaka z tikslumui priklauso nuo jų funkcinio ryšio $z = f(a, b, \dots)$

Santykinės drėgmės išraiška $H = \frac{e}{e_w}$ diferencijuojama, diferencialo ženklas pakeičiamas paklaidos ženklu Δ . Tai atlikus gaunama tokia išraiška:

$$\Delta H = \Delta \left(\frac{e}{e_w} \right) = \frac{e_w \cdot \Delta e + e \cdot \Delta e_w}{e_w^2} \quad (4.17)$$

kur e , e_w , Δe , Δe_w gaunamos iš pateiktų išraiškų 4.18, 4.19, 4.20, 4.21

$$e_w = 6,112 \cdot \exp\left(\frac{17,67 \cdot t}{243,5 + t}\right) \quad (4.18)$$

$$\Delta e = 6,112 \cdot \exp\left(\frac{17,67 \cdot t_w}{243,5 + t_w}\right) + \left(\frac{A}{755}\right) \cdot P \cdot (\Delta t - \Delta t_w) \quad (4.19)$$

$$e = 6,112 \cdot \exp\left(\frac{17,67 \cdot t_w}{243,5 + t_w}\right) - \left(\frac{A}{755}\right) \cdot P \cdot (t - t_w) \quad (4.20)$$

$$\Delta e_w = 6,112 \cdot \exp\left(\frac{17,67 \cdot t}{243,5 + t}\right) \quad (4.21)$$

kur t – sauso termometro temperatūra; t_w – drėgno termometro temperatūra; Δt – sauso termometro temperatūros absoliutinė paklaida; Δt_w – drėgno termometro temperatūros absoliutinė paklaida; e – vandens garų slėgis; e_w – sočiųjų vandens garų slėgis; Δe – vandens garų slėgio absoliutinė paklaida; Δe_w – sočiųjų vandens garų slėgio absoliutinė paklaida;

Santykinė paklaida ε yra lygi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{\bar{H}} \quad (4.22)$$

kur ΔH – santykinės drėgmės absoliutinė paklaida; \bar{H} – santykinės drėgmės vidurkis;

4.4 lentelė. Temperatūros matavimai ir drėgmės nustatymas

Eil. Nr.	t_s , °C	$(\Delta t_s)^2$, °C	t_d , °C	$(\Delta t_d)^2$, °C	H, %	$(\Delta H)^2$
1	6,06	0,0013	5,56	0,0000	93,07	0,0630
2	5,94	0,0071	5,48	0,0067	93,59	0,0199
3	6,00	0,0006	5,54	0,0005	93,61	0,0259
4	6,12	0,0092	5,68	0,0139	93,91	0,2125
5	6,06	0,0013	5,62	0,0034	93,90	2,3994
6	6,00	0,0006	5,48	0,0067	92,78	0,4476
7	6,06	0,0013	5,54	0,0005	92,80	0,4212
8	5,94	0,0071	5,48	0,0067	93,59	0,0199
9	6,00	0,0006	5,62	0,0034	94,71	1,5901
10	6,06	0,0013	5,62	0,0034	93,90	0,2034
	$\bar{t}_s = 6,02$	$\sum_{i=1}^n (\Delta t_s)^2 = 0,0302$	$\bar{t}_d = 5,56$	$\sum_{i=1}^n (\Delta t_d)^2 = 0,0452$	$\bar{H} = 93,59$	$\sum_{i=1}^n (\Delta H)^2 = 5,4029$

Jutiklio t_s paklaida prie +6°C temperatūros:

Pilnutinė matavimų paklaida (suminė neapibrėžtis) $\Delta x_p = 0,330134 \approx 0,330^\circ\text{C}$.

Santykinė matavimų paklaida $\varepsilon_x \approx 5,48\%$.

Didžiausia matavimo paklaida $\Delta x = 0,446^\circ\text{C}$

Matavimų rezultatas: $(6,02 \pm 0,446)^\circ\text{C}$

Jutiklio t_d paklaida prie +5,5°C temperatūros:

Pilnutinė matavimų paklaida (suminė neapibrėžtis) $\Delta x_p = 0,33146 \approx 0,332^\circ\text{C}$.

Santykinė matavimų paklaida $\varepsilon_x \approx 5,95\%$.

Didžiausia matavimo paklaida $\Delta x = 0,448^\circ\text{C}$

Matavimų rezultatas: $(5,56 \pm 0,448)^\circ\text{C}$

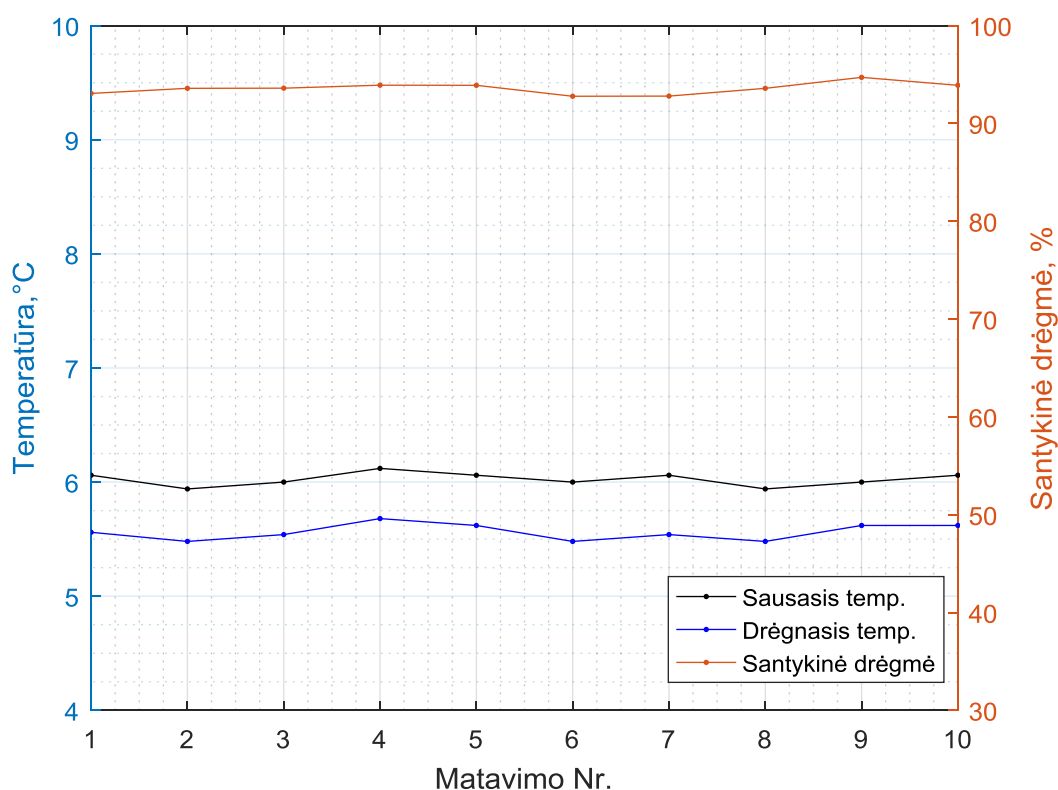
Psichrometro H paklaida prie 93% RH:

Pilnutinė matavimų paklaida (suminė neapibrėžtis) $\Delta x_p = 0,5869 \approx 0,587 \text{ RH}$

Santykinė matavimų paklaida $\varepsilon_x \approx 2,11\%$.

Didžiausia matavimo paklaida $\Delta H = 1,97 \text{ RH}$

Matavimų rezultatas: $(93,59 \pm 1,97)$



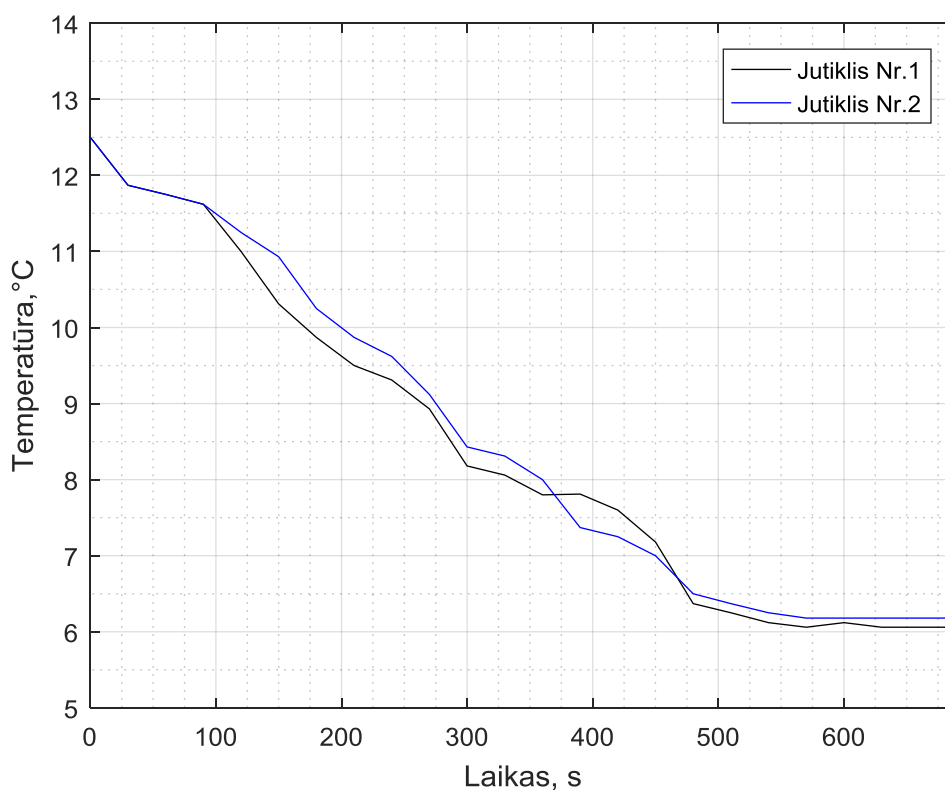
4.8 pav. Temperatūros ir santykinės drėgmės reikšmių išsibarstymas atliekant 10 matavimų

Iš atliktų skaičiavimų matyti, kad suprojektuoto psichrometro drėgmės matavimo paklaida yra $(93 \pm 1,97)\%$. Santykinė santykinės drėgmės paklaida $\varepsilon_x \approx 2,11\%$. Didžiausią įtaką santykinės drėgmės matavimo paklaidai įneša temperatūros jutiklių paklaida.

4.3. Psichrometro kalibravimas

Psichrometras kalibruojamas matuojant temperatūras, kadangi jis sudarytas iš dvejų temperatūros jutiklių. Prieš tai apskaičiuota jutiklių temperatūros matavimo paklaida $\pm 0,446^\circ\text{C}$, esant temperatūrai 6°C . Temperatūros jutikliai kalibruojami 10 min., $+6^\circ\text{C}$ temperatūroje.

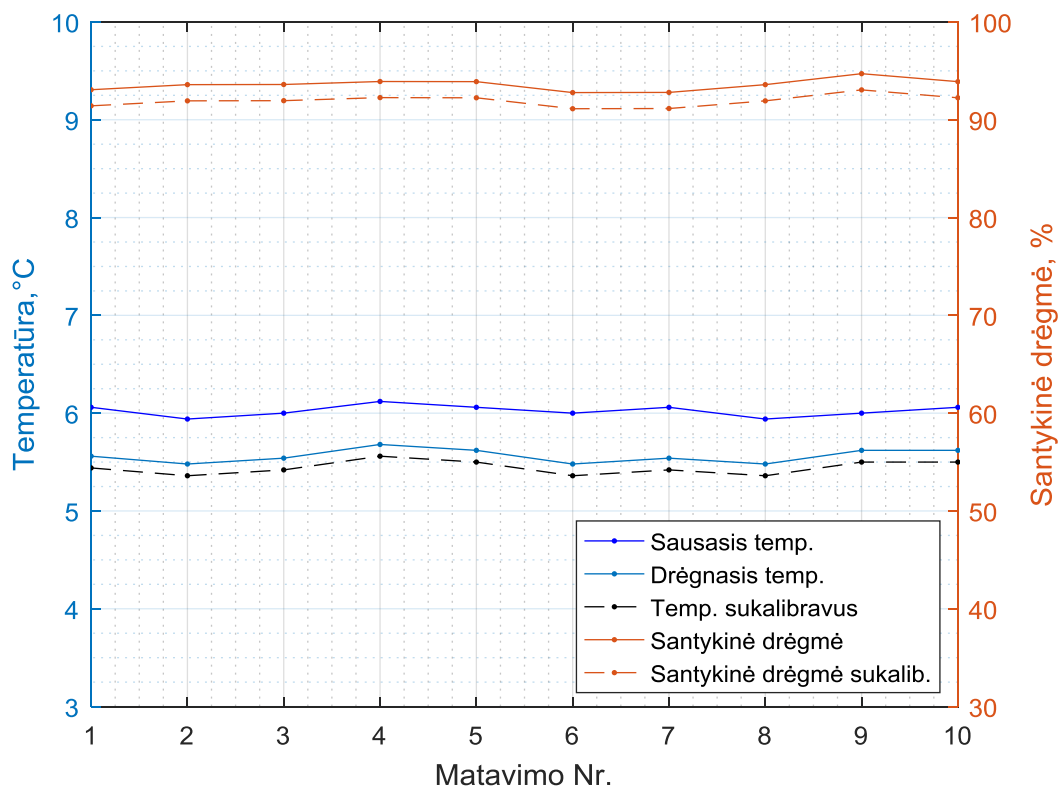
Kalibravimo metu įvertinamas esantis jutiklių temperatūros skirtumas. Abu jutikliai merkami į viena terpę. Kalibravimas atliekamas 10 minučių, kad temperatūros matavimas stabilizuotųsi. Jutiklių kalibravimo rezultatas pateikiamas 4.9 paveiksle. Abu temperatūros jutikliai, nustatytu periodiškumu yra lyginami su trečiu, etaloniniu temperatūros jutikliu, kuris turi metrologinę patikrą.



4.9 pav. Psichrometro jutiklio kalibravimas

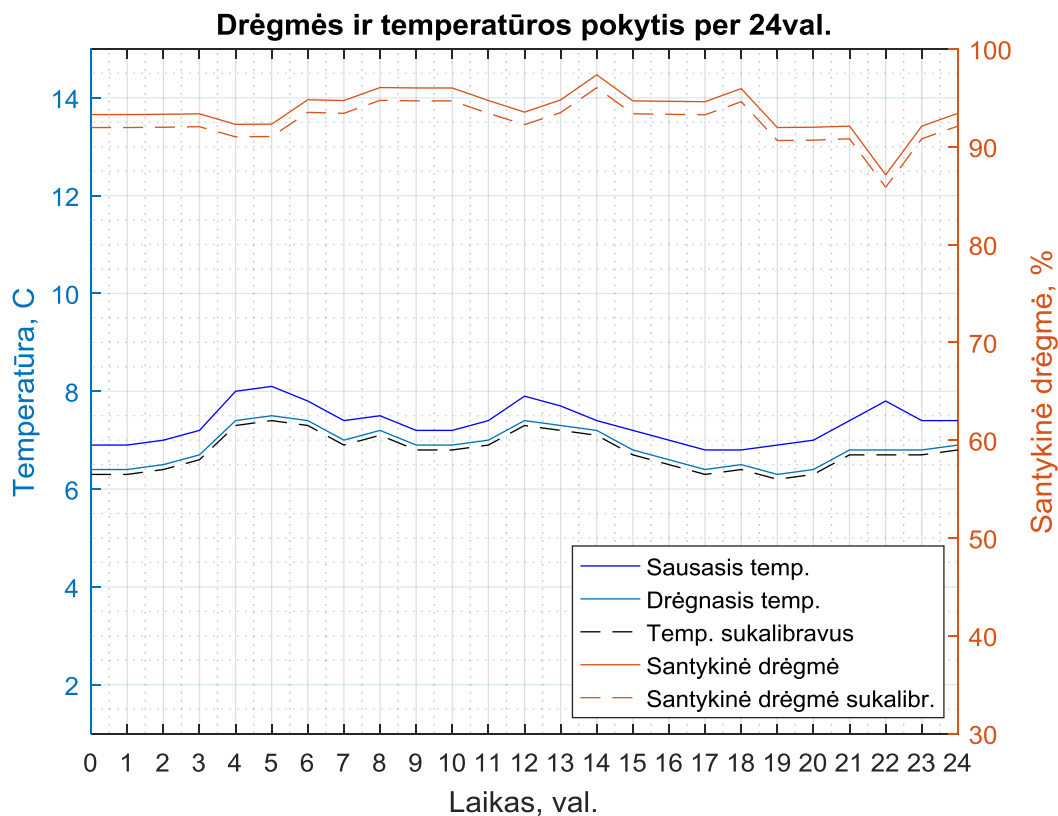
Pagal gautus rezultatus nubraižytoje temperatūrų kreivėje matyti, kaip temperatūros parodymai dėl inercijos kinta vienas kito atžvilgiu, kol tampa stabilūs (4.9 pav.). Po 620 s temperatūra stabilizuojasi, skirtumas tarp jutiklių temperatūrų lygus $0,12^{\circ}\text{C}$. Jutiklio Nr.1 nusistovėjusi temperatūra lygi $6,06^{\circ}\text{C}$, šitas jutiklis naudojamas kaip sausas jutiklis. Jutiklio Nr.2 nusistovėjusi temperatūra lygi $6,18^{\circ}\text{C}$, šitas jutiklis naudojamas, kaip drėgnasis. Kaip atraminis jutiklis parenkamas Nr.1, iš jutiklio Nr.2 rezultatų atimamas jutiklių skirtumas $0,12^{\circ}\text{C}$. Matuojant santykinę drėgmę, lygtyje naudojamos dvi reikšmės, sausojo termometro temperatūra ir sausojo, bei drėgnojo termometrų temperatūrų skirtumas. Atlikus kalibravimą, santykinės drėgmės skaičiavime temperatūrų skirtumas išauga $0,12^{\circ}\text{C}$, vadinasi santykinė drėgmė turi sumažėti.

Apžvelgus gautus rezultatus su įvertintu kalibravimo, matyti, kad temperatūros skirtumui tarp sauso ir drėgno jutiklių temperatūrų padidėjus $0,12^{\circ}\text{C}$, santykinė drėgmė sumažėjo 1,65%. Paskaičiuota didžiausia paklaida prie tokios santykinės drėgmės yra $\pm 1,97\% \text{ RH}$ (4.10 pav.). Galima daryti išvadą, kad kalibravimas sumažino drėgmės matavimo paklaidą iki $\pm 0,32\% \text{ RH}$.

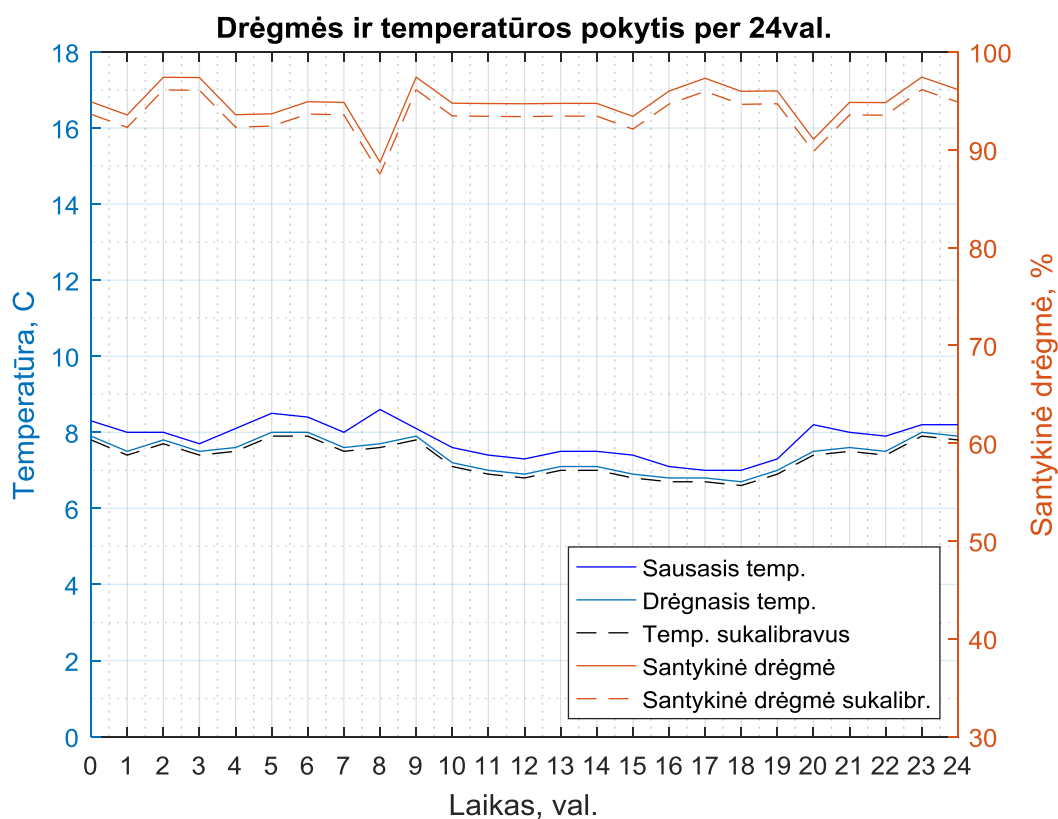


4.10 pav. Santykinės drėgmės pokytis įvertinus kalibravimą

Perskaičiuojami ir palyginami anksčiau gauti santykinės drėgmės matavimo rezultatai su rezultatais, kai įvertintas atliktas jutiklio kalibravimas (4.11 ir 4.12 pav.).



4.11 pav. Santykinės drėgmės pokytis po kalibravimo



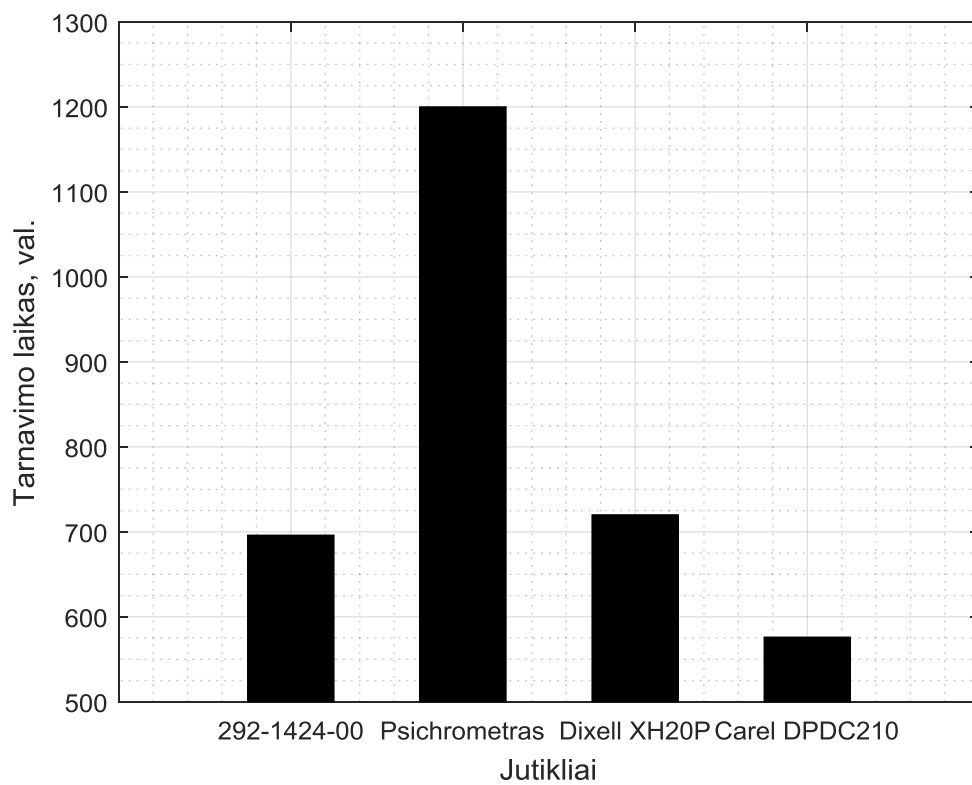
4.12 pav. Santykinės drėgmės pokytis po kalibravimo su ventiliacija

Tarnavimo laikas

Suprojektuotas psichrometras pastatytas sūrio brandinimo patalpos viduryje. Jutiklis buvo tiriamas 1200 val., šis tyrimas atliekamas ir dabar. Po 1200 valandų, jutiklio veiklos sutrikimų nepastebėta, temperatūros jutikliai, turintys sąlyti su patalpos oru, agresyvios aplinkos nepaveikti. Galima teigti, kad suprojektuotas santykinės drėgmės jutiklio tarnavimo laikas ne mažesnis nei 1200 val. ir didesnis. Jutiklio tarnavimo laikas ilgesnis, negu gamintojo siūlomų santykinės drėgmės jutiklių (4.10 pav.) Suprojektuoto drėgmės jutiklio matavimų paklaida $\pm 1,97\%$.

4.5 lentelė. Suprojektuoto psichometro parametrai

Parametras	Psichrometras su skaitmeniniais jutikliais
Matavimo ribos	10% – 100% RH
Temperatūra	-10°C - +85°C
Maitinimo įtampa	5 VDC
Skiriamoji geba	0,0625°C
Paklaida	$\pm 1,97\%$ RH
Išėjimas	RS-485
Atsako laikas, pasikeitus drėgmei 63%	~240 s
Jutiklio tipas	Temperatūros jutikliai
Apsaugos klasė	IP67
Tarnavimo laikas	> 1200 val.



4.13 pav. Jutiklių tarnavimo laikas

IŠVADOS

Pramonėje dažniausiai naudojamos šios klimato palaikymo sistemos: „Siemens“, „Carel“, „Honeywell“. Šių sistemų funkcionalumas gali augti priklausomai nuo vartotojo poreikių, jas galima valdyti nuotoliniu būdu, per web serverį ir integruoti į kitas sistemas. Trūkumas – neturi pritaikymo specifiniams gamybos procesams. Klimato palaikymo sistemos naudoja nemokamus, visiems vartotojams prieinamus ir gerai žinomus komunikacijos standartus.

Dažniausiai klimato palaikymo sistemose naudojami temperatūros, santykinės drėgmės, CO₂ ir slėgio jutikliai. Palyginus visus analizuotus jutiklius, nustatyta, kad sūrių brandinimo patalpoje drėgmei matuoti pagal matavimo diapazoną tinkamiausias talpinio tipo jutiklis. Talpinių jutiklių trūkumas – neatsparūs agresyviai aplinkai.

Suprojektuota ir iširta sūrių brandinimo patalpos klimato palaikymo sistema. Elektroniniam drėgmės matavimui parinktas ir suprojektuotas alternatyvus santykinės drėgmės jutiklis – psichometras. Jutiklis atsparus agresyviai sūrių brandinimo patalpos aplinkai, dėl ko jutiklio tarnavimo laikas prailgėja iki 1200 ir daugiau valandų. Drėgmės matavimo ribos 10% - 100% RH. Jutiklio reagavimo laikas į drėgmės pasikeitimą 240 s, paklaida $\pm 1,97$ santykinės drėgmės matavimo vienetų. Drėgmės jutiklio paklaidą sudaro absoliutinės temperatūros jutiklių paklaidos. Psichometro kalibravimas atliekamas 10 min. kalibruojant temperatūros jutiklius. Kalibravimo metu gauti rezultatai sumažina matavimų santykinę drėgmę iki 1,65 santykinės drėgmės matavimo vienetų, paklaida sumažėja iki $\pm 0,32$ RH.

Mėlynojo pelėsinio sūrio brandinimo patalpos klimatui keliami aukšti reikalavimai. Šaldymas, drėkinimas ir ventiliacija yra sujungti į vieną bendrą klimato palaikymo sistemą, kuri kontroliuojama vienu valdymo įrenginiu. Sistema adekvačiai reaguoja į išorinius klimato sistemos trikdžius, sistemoje naudojami temperatūros, santykinės drėgmės ir CO₂ jutikliai, kurie atsparūs aplinkos poveikiui: drėgmei, cheminiai ir mikrobiologiniai taršai.

Sukurtas ilgo tarnavimo laiko drėgmės matavimo jutiklis, suprojektuota klimato palaikymo sistema užtikrina reikalingus mėlynojo pelėsinio sūrio brandinimo patalpos parametrus, kurie užtikrina technologinį gamybos procesą, sumažina įmonės išlaidas.

LITERATŪRA

1. Synco – simple and energy - efficient HVAC control A comprehensive range of controllers, from stand-alone to communicating for any requirement. [žiūrēta 2016-04-02]. Prieiga per internetą: <https://www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=A6V10254842>
2. Siemens temperature sensors. Flexible sensors for temperature measurement. [žiūrēta 2016-04-02]. Prieiga per internetą: <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/buildingautomation-hvac/hvac-products/hvac-sensors/temperature-sensors/Pages/temperature-sensors.aspx>
3. Siemens humidity sensors. [žiūrēta 2016-04-02]. Prieiga per internetą: <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/buildingautomation-hvac/hvac-products/hvac-sensors/humidity-sensors/Pages/humidity-sensors.aspx>
4. Siemens air quality sensors. [žiūrēta 2016-04-02]. Prieiga per internetą: <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/buildingautomation-hvac/hvac-products/hvac-sensors/air-quality-sensors/Pages/air-quality-sensors.aspx>
5. Synco™ KNX bus communications Device range Synco 700, Synco living, RXB/RXL, RDG, RDF, RDU Basic documentation. [žiūrēta 2016-04-02]. Prieiga per internetą: https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/relatedcontentblock/Documents/KNX_CE1P3127_en.pdf
6. More automation with Logo! and the KNX building system bus. Siemens AG. [žiūrēta 2016-04-02]. Prieiga per internetą: <http://www.siemens.com/press/pool/de/pressemitteilungen/2015/digitalfactory/PR2015110051DFEN.pdf>
7. Siemens pressure sensors. [žiūrēta 2016-04-04]. Prieiga per internetą: <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/buildingautomation-hvac/hvac-products/hvac-sensors/pressure-sensors/Pages/pressure-sensors.aspx>
8. Siemens Communication in building automation. [žiūrēta 2016-04-05]. Prieiga per internetą: <https://www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=A6V10209534>
9. Carel 1tool software. [žiūrēta 2016-04-05]. Prieiga per internetą: <https://www.careluk.com/hvac-control/1tool-software>
10. Carel pCO Sistema. [žiūrēta 2016-04-05]. Prieiga per internetą: <https://www.careluk.com/hvac-controllers/pco-sistema>
11. Carel sensors & protection devices. [žiūrēta 2016-04-05]. Prieiga per internetą: <https://www.careluk.com/hvac-controllers/sensors-protection-devices-0>
12. Temperature and humidity probes. User guide. Carel Technology & Evolution. [žiūrēta 2016-04-06]. Prieiga per internetą: https://www.careluk.com/sites/default/files/file%20uploads/%2B030221275%20Temperature%20%26%20Humidity%20Probes%20User%20Guide_2.pdf

13. Carel temperature and humidity sensors. [žiūrėta 2016-04-06]. Prieiga per internetą: https://www.careluk.com/sites/default/files/file%20uploads/%2B302239511%20Temperature%20%26%20humidity%20sensors%20brochure_7.pdf
14. Temperature probes with PTC, Pt100, Pt1000 sensor. [žiūrėta 2016-04-06]. Prieiga per internetą: <https://www.careluk.com/hvac-control/temperature-probes-ptc-pt100-pt1000-sensor>
15. Honeywell TR70-H/U. [žiūrėta 2016-04-07]. Prieiga per internetą: <https://customer.honeywell.com/en-US/Pages/product.aspx?cat=HonECC%20Catalog&pid=TR70-H/U&category=ComfortPoint%20Controllers&catpath=0#>
16. Honeywell Configurable and Programmable Zone Controllers. [žiūrėta 2016-04-07]. Prieiga per internetą: <https://customer.honeywell.com/en-US/Pages/Department.aspx?cat=HonECC%20Catalog&category=Configurable+and+Programmable+Zone+Controllers&catpath=1.1.2>
17. Honeywell Spyder evolved. The System You Need For Flexibility. [žiūrėta 2016-04-07]. Prieiga per internetą: <https://customer.honeywell.com/resources/techlit/TechLitDocuments/67-0000s/67-7500.pdf>
18. Honeywell Sylk™- Enabled Devices Installation Just Got Faster. Way Faster. [žiūrėta 2016-04-07]. Prieiga per internetą: <https://customer.honeywell.com/resources/Techlit/TechLitDocuments/67-0000s/67-7618.pdf>
19. Honeywell temperature Sensors. [žiūrėta 2016-04-07]. Prieiga per internetą: <https://customer.honeywell.com/en-US/Pages/Department.aspx?cat=HonECC%20Catalog&category=Temperature+Sensors&catpath=1.1.6.2>
20. Wall Modules TR70 AND TR70-H with Sylk™ bus. [žiūrėta 2016-04-07]. Prieiga per internetą: <https://customer.honeywell.com/resources/Techlit/TechLitDocuments/63-0000s/63-2667.pdf>
21. Honeywell humidity sensors. [žiūrėta 2016-04-08]. Prieiga per internetą: <https://customer.honeywell.com/en-US/Pages/Department.aspx?cat=HonECC%20Catalog&category=Humidity+Sensors&catpath=1.1.6.5>
22. Honeywell CO2 sensors. [žiūrėta 2016-04-08]. Prieiga per internetą: <https://customer.honeywell.com/en-US/Pages/Department.aspx?cat=HonECC%20Catalog&category=CO2+Sensors&catpath=1.1.6.3>
23. Modbus home page. About the Protocol. Modbus Organization, Inc. [žiūrėta 2016-04-08]. Prieiga per internetą: <http://www.modbus.org/faq.php>

24. Sensors online. Your Technical Resource for Sensing Communication & Control. Temperature sensor. [žiūrēta 2016-04-10]. Prieiga per internetą: <http://archives.sensorsmag.com/articles/0101/24/index.htm>
25. The Seven Basic Types of Temperature Sensors. [žiūrēta 2016-04-10]. Prieiga per internetą: <http://www.wwdmag.com/water/seven-basic-types-temperature-sensors>
26. Electronics Tutorials. Temperature sensor. [žiūrēta 2016-04-10]. Prieiga per internetą: http://www.electronics-tutorials.ws/io/io_3.html
27. E+E Elektronik. Humidity measurement with highest accuracy. Measure Humidity - Basics [žiūrēta 2016-04-11]. Prieiga per internetą: http://downloads.epluse.com/fileadmin/data/miscellaneous/principles_of_humidity_measurement.pdf
28. School of Computer Science and Software Engineering Faculty Home School Home Current Students Staff. [žiūrēta 2016-04-10]. Prieiga per internetą: <http://teaching.csse.uwa.edu.au/units/CITS4419/lectures/wk2.submissions/carbon-dioxide-sensors-puneet%20verma.pdf>
29. **H.Farahani, R.Wagiran, M.N.Hamidon.** Humidity Sensors Principle, Mechanism, and Fabrication Technologies: A Comprehensive Review. Sensors 2014, ISSN 1424-8220.
30. A Comparison of Relative Humidity Sensing Technologies. HYGROMETRIX Applications Note 2004-2. [žiūrēta 2016-04-12]. Prieiga per internetą: http://pasternack.ucdavis.edu/files/6213/7271/8210/hyd151_read13.pdf
31. **Z.Chen, C.Lu.** Humidity Sensors: A Review of Materials and Mechanisms. SENSOR LETTERS Vol. 3, 274–295, USA, 2005.
32. Humidity Sensor [žiūrēta 2016-04-12]. Prieiga per internetą: <http://www.engineersgarage.com/articles/humidity-sensor>
33. The NDIR CO₂ Sensor Implementation and Temperature Compensation. The Kyungpook National University. [žiūrēta 2016-04-12]. Prieiga per internetą: https://www.google.lt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=30&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwir2ZfsmNLMAhViJpoKHSZsCjE4FBAWCHYwCQ&url=http%3A%2F%2Fwww.atlantis-press.com%2Fphp%2Fdownload_paper.php%3Fid%3D23347&usg=AFQjCNGRbiJuNdVEf00leUzAVqzN3cIniA&bvm=bv.121658157,d.bGs
34. **T.Yasuda, S.Yonemura, A.Tani.** Comparison of the Characteristics of Small Commercial NDIR CO₂ Sensor Models and Development of a Portable CO₂ Measurement Device. Sensors 2012, ISSN 1424-8220.
35. **S.Neethirajan, D.S.Jayas, S.Sadistap.** Carbon Dioxide (CO₂) Sensors for the Agri-food Industry – A Review. Food Bioprocess Technol 2:115–121, 2009
rel 1.0 - 11/02/2005 - Cod.1592004100

36. Installation and Operating Instructions. Emerson Climate Technologies. [žiūrėta 2016-04-14]. Prieiga per internetą:
http://www.emersonclimate.com/europe/ProductDocuments/DixellLiterature/XH10P_XH20P_GB.pdf
37. **A. Audzjonis, A. Čerškus, A. Karpus**. Molekulinės fizikos laboratoriniai darbai. VPU. 2000 m. Vilnius.
38. Cortex-M0 Technical Reference Manual. [žiūrėta 2016-04-16]. Prieiga per internetą:
<http://infocenter.arm.com/help/index.jsp?topic=/com.arm.doc.ddi0432c/CJHGJEBC.html>
39. STM32F030x4 STM32F030x6 STM32F030x8 STM32F030x Manual. [žiūrėta 2016-04-16]. Prieiga per internetą:
<http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/a4/5d/0b/0e/87/c4/4d/71/DM00088500.pdf/files/DM00088500.pdf/jcr:content/translations/en.DM00088500.pdf>
40. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer. Dallas Semiconductor. [žiūrėta 2016-04-16]. Prieiga per internetą:
<https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf>
41. **D. Ivaščenko**. Technologiniai pelėsinio sūrio parametrai. AB Vilkyškių pieninė. 2010 m. Tauragė.
42. PlantVisorPro all you need where you needit. [žiūrėta 2016-04-16]. Prieiga per internetą:
http://www.r744.com/assets/link/CAREL_PLANTVISORPRO_302239351.pdf

1 PRIEDAS.

Temp. °C	Temperatūrų skirtumas tarp sauso ir drėgno termometro, °C																					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0
	Santykinė drėgmė, %																					
5	91	83	75	66	58	50	42	34	26	19												
6	92	84	76	67	60	52	45	37	30	22	15											
7	92	84	77	69	62	54	47	40	33	26	19											
8	92	85	78	70	63	56	49	42	36	29	22	16										
9	93	86	79	71	65	58	51	45	38	32	25	19										
10	93	86	79	73	66	60	53	47	41	34	28	22	16									
11	93	87	80	74	67	61	55	49	43	37	31	26	20									
12	93	87	81	75	69	63	57	51	45	40	34	28	23	18								
13	94	88	82	76	70	64	58	53	47	42	36	31	26	20								
14	94	88	82	76	71	65	60	54	49	44	39	33	28	23	18							
15	94	88	83	77	72	66	61	56	51	46	41	36	31	26	21	18						
16	94	89	83	78	73	68	63	57	52	48	43	38	33	29	24	20						
17	95	89	84	79	74	69	64	59	54	49	45	40	35	31	27	22	19					
18		90	84	79	74	70	65	60	55	51	47	42	37	33	29	24	21	17				
19		90	85	80	75	70	66	61	57	52	48	44	39	35	31	27	23	19				
20		90	85	81	76	71	67	63	58	54	50	45	41	37	33	29	25	22	18			
21		90	85	81	77	72	68	64	59	55	51	47	43	39	35	31	28	24	21	17		
22		91	85	82	77	73	69	64	61	56	52	48	44	41	37	33	30	26	23	19		
23		91	86	82	78	74	70	65	62	58	54	50	46	42	39	35	32	28	25	21	18	
24		91	87	83	78	74	70	66	62	59	55	51	48	44	40	37	33	30	27	24	20	
25		91	87	83	79	75	71	67	63	60	56	52	49	45	42	38	35	32	29	26	22	19