

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS
JŪRŲ TECHNIKOS FAKULTETAS
ELEKTROTECHNIKOS KATEDRA

TVIRTINU _____

Katedros vedėja: prof. Dr. Eleonora Guseinoviėnė
2013

ELEKTRONIKOS IR ELEKTROS INŽINERIJOS MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ
PROGRAMOS „PRAMONĖS ELEKTROS ĮRANGA IR AUTOMATIKA“
(Studijų kodas 612H60002)
MAGISTRO TEZĖS

Alternatyvios energetikos panaudojimo tyrimas
šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo sistemose

Recenzentas: _____
2013

Vadovas: prof. habil. dr. Andrius Antanas Bielskis
2013

Recenzentas: _____
2013

Rengė: TMPE-11, Mantas Leknius
2013

Klaipėda, 2013

Santrauka

Darbe nagrinėjamos alternatyvios energetikos sritys, tai saulės kolektoriai ir vėjo elektrinė. Pagrindinis darbo tikslas – ištirti kurią dalį energijos sąnaudų galima padengti šildyme, vėdinime ir oro kondicionavime naudojant alternatyviąją energetiką.

Šiame darbe pristatoma kombinuota saulės kolektorių ir vėjo elektrinės sistema įdiegta į individualaus namo energetikos sistemą. Atliktas tyrimas, kurio metu nustatyta nedidelio ploto patalpos įšilimas ir atvėsimas naudojant autonominį kolektorinį šildymą. Tyrimo metu naudotas termovizorius padėjo nustatyti kiek galima gauti šiluminės energijos per tam tikrą laiką ir suvartotą energijos kiekį.

Darbe atlikti teoriniai tyrimai ir skaičiavimai, kurie įvertina naudą naudojant kombinuotą energijos gavimo sistemą - šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo srityje.

Summary

We constantly analyze the latest developments in alternative energy solutions especially these concerned with solar electricity plants and wind turbines. The main objective of the research is to collect the data related to traditional energy preservation during our daily operations (mainly ventilation, heating and air conditioning systems) and its subsequent substitution with alternative energy sources.

Therefore, in this research we present and discuss a combined energy solution for selected building supported by latest achievements in solar and wind energy technologies. The research is mainly focusing on heating and cooling of the inside area of an autonomic system.

The thermal visor, used in this research, clearly showed the ratio of gained and consumed energy volumes during specific period of time. In its turn, the theoretical analysis of collected data is evaluating the potential gains from the use of combined alternative energy technologies - mainly in heating, ventilation and air conditioning systems.

Turinys

Santrauka.....	2
Summary	4
Įvadas	7
I. Alternatyvios energetikos panaudojimo tyrimai šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo sistemose	8
1.1 Saulės kolektorinės sistemos.....	8
1.1.1 Garo kompresinė oro kondicionavimo - šaldymo sistema	8
1.1.2 Saulės šilumos energiją naudojanti aušinimo sistema	9
1.1.3 Šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo sistemos modeliavimas ir valdymas	9
1.1.4 Termosifonų sistema	11
1.2 Kombinuotos saulės, vėjo, geoterminės energijos sistemos	11
1.2.1 Saulės energijos, geoterminio šilumos siurblio ir mažų vėjo turbinų panaudojimas šilumai gauti pastatuose.....	11
1.3 Vėdinimo sistemos.....	13
1.3.1 ŠVOK (Šildymas, vėdinimas, oro kondicionavimas) sistemos struktūra ir aprašymas.....	13
1.3.2 Natūrali ventiliacija.....	14
1.3.3 ŠVOK sistemų optimali kontrolė pastatuose	16
1.3.4 Kontroliuojama natūralios šviesos, ventiliacijos, šildymo ir ŠVOK sistemos energiją taupanti komforto sistema	17
II. Gyvenamojo namo energetinių sistemos parametrų nustatymas ir aprašymas	19
2.1 Individualaus gyvenamojo namo charakteristikų aprašymas	19
2.2 Elektros vartotojų elektros energijos poreikių skaičiavimas	19
2.3 Pastato vidutinis šilumos poreikis gruodžio mėnesį.....	21
2.4 Karšto vandens ruošimas naudojant saulės kolektorius efektyvumo tyrimas.....	26
2.5 Individualaus namo energijos poreikių tenkinimas iš alternatyvios energijos gaunama energija	27
2.5.1 Individualaus namo elektros energijos poreikis	28
2.5.2 Saulės kolektorių pagaminamas energijos kiekis	28
III. Individualaus gyvenamojo namo energetinių sistemų struktūra ir komponentai	30
3.1 Individualaus gyvenamojo namo energetinės sistemos struktūra	30
3.2 Saulės kolektoriaus sistemos parinkimas	31
3.3 Namų šilumos ūkio universalus valdiklis	34
3.4 Akumuliacinė talpa AK-SOLAR2 800 litrų.....	35
3.5 Šilumos siurblys su vidiniu bloku HU091.U41 ir išoriniu bloku HN0914.NK1.....	35

3.6 Vėjo elektrinės parinkimas.....	36
3.7 Reikalingų energijos kaupimo elementų talpos apskaičiavimas ir parinkimas.....	39
3.8 Srovės keitiklis 12v - 220v 6000W.....	39
3.9 Įkrovimo reguliatorius VRp – 5500W.....	40
IV. Gyvenamųjų patalpų energetinis eksperimentinis tyrimas ir gautų rezultatų analizavimas.....	40
4.1 Tyrimo metu naudojami prietaisai.....	40
4.2 Eksperimento atlikimo vietos aprašymas.....	42
4.3 Patalpos šildymas ir atvėsinimas naudojant natūralią ventiliaciją. Tyrimo eiga.....	43
4.4 Radiatoriaus šiluminio našumo skaičiavimas.....	48
4.5 Eksperimentinio tyrimo metu gautų duomenų analizė.....	49
Išvados.....	52
Literatūros sąrašas.....	53
Priedai.....	54

Ivadas

Alternatyvios energijos šaltiniai užima didelę dalį energetikos vystymosi pasaulyje. Pastaraisiais metais didėjant iškastinio kuro kainai, poreikiui, bet mažėjant resursams yra vis daugiau dėmesio skiriama alternatyviosios energetikos plėtrai. Mažėjantys pasaulio išteklių verčia ieškoti naujų būdų kaip tenkinti didžiulį energijos poreikį. Pirmaujančios pasaulio šalys stiprina savo pozicijas teikdamos dėmesį į vietinių ir atsinaujinančių energijos šaltinių įsisavinimą. Siekiant sumažinti aplinkos taršą ir šiltnamio efekto grėsmę vis daugiau dėmesio ir lėšų yra skiriama atsinaujinančių energijos šaltinių plėtrai.

Darbo tikslas: ištirti alternatyvios energetikos naudą individualaus namo energetiniams poreikiams tenkinti šildyme, vėdinime ir oro kondicionavimo sistemose.

Lietuvoje saulė šviečia 1800 valandų per metus, o energijos potencialas yra $1000kWh/m^2$. Vidutinis vėjo greitis Lietuvoje 7m/s. Šie skaičiai rodo, kad turint kombinuota alternatyvios energijos gamintojų sistemą galima sutaupyti nuo 15 iki 60% visų energijai skirtų išlaidų.

Tyrimo objektas: tiriamas objektas $30m^2$ patalpa, kurioje suinstaliuota autonominė kolektorinio šildymo sistema.

Didžioji dalis energijos yra panaudojama šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemų darbui užtikrinti. Kad šios sistemos būtų ekonomiškesnės pasaulyje įsivyravo energetinio efektyvumo didinimo tendencija. Daug dėmesio yra skiriama šių sistemų automatizavimui, sistemų naudingumo koeficientui didinti.

Uždaviniai:

1. Individualaus namo energijos poreikis gruodžio mėnesį.
2. Vėjo elektrinės pagaminama elektros energija.
3. Saulės kolektorių pagaminama energija.
4. Kurią energijos poreikio dalį galima patenkinti naudojant alternatyviąją energetiką.
5. Kokios energijos sąnaudos atliekant patalpos šildymo eksperimentą.
6. Alternatyvios energijos gavyba iš saulės kolektorių ir vėjo elektrinės.

Diegiant sistemą kuri naudojama vandens šildymui, oro kondicionavimui ir vėdinimui labai svarbu tinkamai išanalizuoti saulės kolektoriaus ir vėjo elektrinės galimybes, tik tinkamai parinkti sistemų elementai galį užtikrinti nestabdoma ir naudingą sistemos darbą. Šiame tiriamajame darbe apžvelgta panašios sistemos konstrukcija ir individualaus namo energetikos poreikių užtikrinimo galimybė Lietuvoje.

Metodika: Darbe naudojami eksperimentiniai tyrimo metodai duomenims gauti ir analizuoti.

I. Alternatyvios energetikos panaudojimo tyrimai šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo sistemose

Daugumai žmonių yra žinoma, kad energija iš niekur neatsiranda ir niekur nedingsta. Vienos rūšies energija virsta kitos rūšies energija. Šiomis dienomis sukurta įvairių technologijų kurios leidžia gamtos energiją prisijaukinti ir pažaboti savo energijos poreikių tenkinimui. Tuo tarpu kai pasaulyje alternatyvios energijos panaudojimas muša visų laikų rekordus, Lietuvoje tik įgauna pagreitį.

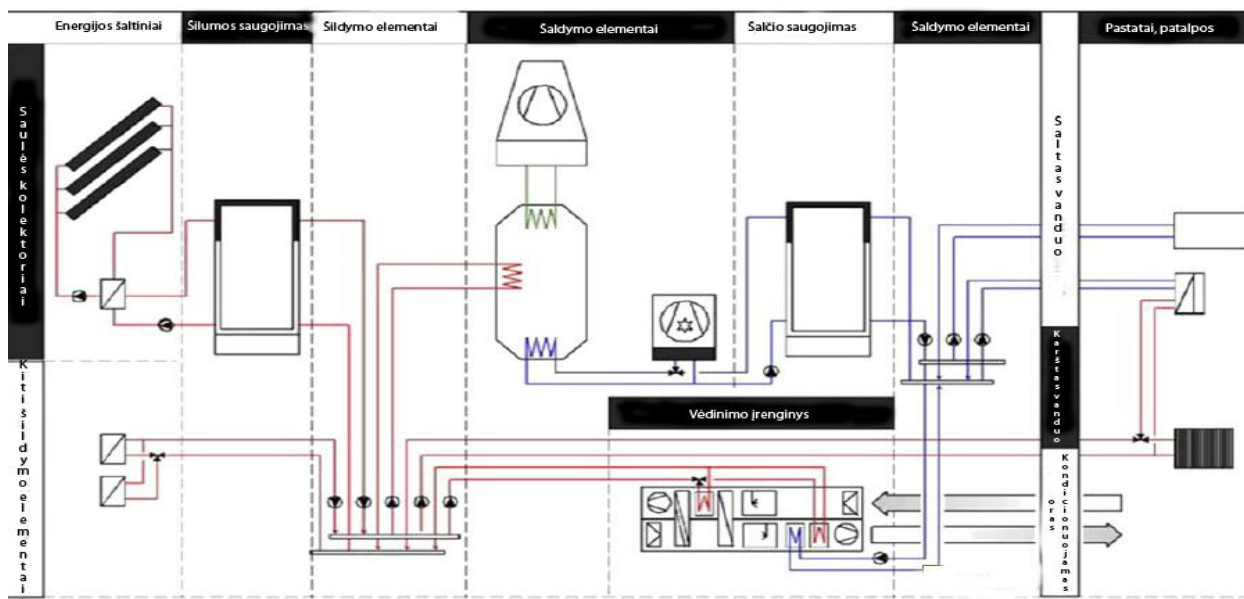
Lietuva savo gamtos energijos ištekliais nenusileidžia tokioms alternatyvios energijos gavybos gigantėms kaip Vokietija ar Norvegija, bet mūsų šalyje tai nėra populiaru.

1.1 Saulės kolektorinės sistemos

1.1.1 Garo kompresinė oro kondicionavimo - šaldymo sistema

Kompresinė garo šaldymo sistema naudojama oro kondicionavimui ir aušinimui plačiai. Sistema veikia uždaros sistemos principu. Uždaroje sistemoje cirkuliuojantis aušinimo skystis aprėpia didžiąją dali visos sistemos. Šaldymo sistema sugeria šilumą iš ją supančios aplinkos ir ją atvėsina naudodama sistemos komponentus. Proceso metu paimta šiluma virsta į garus ir tai kartojasi sudarydama uždara ciklą [5].

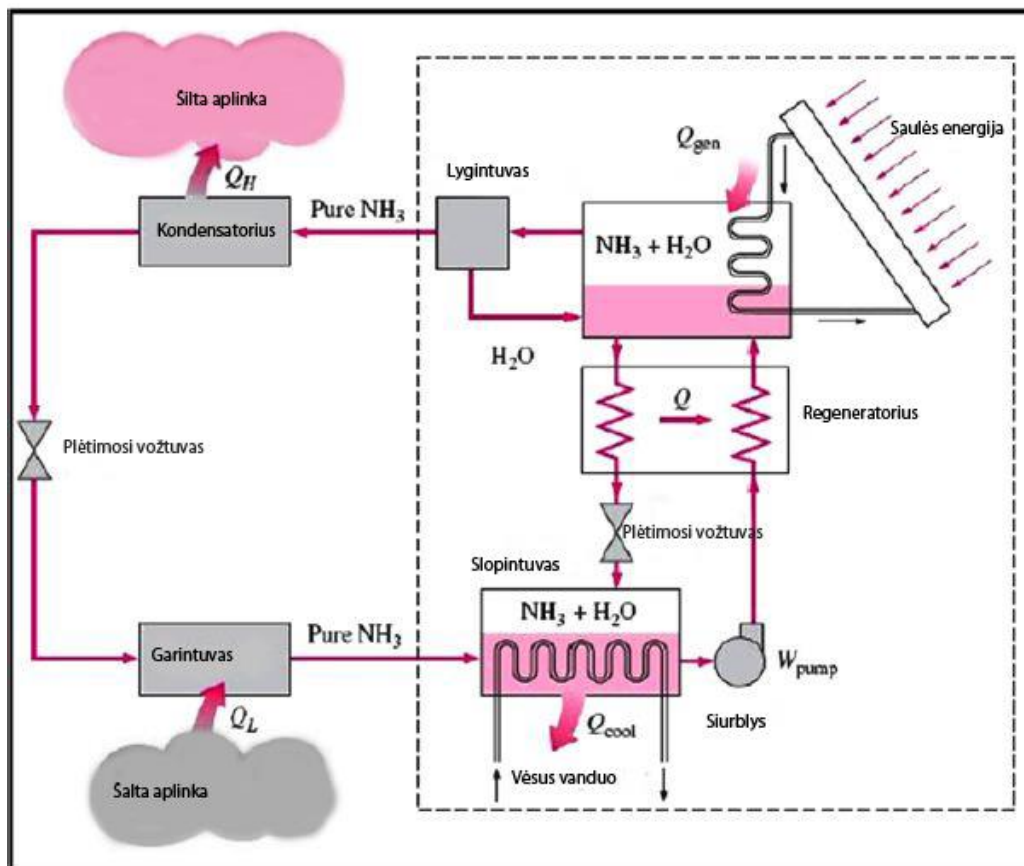
Karno ciklas yra vienas pagrindinių šaldymo būdų. Cikle vykstantys procesai sudaro bendra ciklą kuriame šiluma yra verčiama į mechaninį darbą ir atvirkščiai. Šaldymo ciklo efektyvumas yra proporcingas skirtumui tarp didžiausios ir mažiausios temperatūros pasiektos vieno ciklo metu.



1.1 pav. Saulės – oro kondicionavimo sistema

1.1.2 Saulės šilumos energiją naudoanti aušinimo sistema

1.2 pav. rodo bendrą vandens ir NH₃ pasisavinimą šaldymo cikle. Be sistemos sudedamųjų dalių yra naudojamas lygintuvas užtikrinti nekintantį vandens ir NH₃ kiekį sistemoje [5]. Lygintuvas padeda atskirti vandens garus nuo NH₃, kadangi vanduo yra nepastovios būsenos. Nenaudojant lygintuvo vandens garai užšaltu, todėl sistemos našumas sumažėtų. Siurblys atlieka svarbų vaidmenį šioje sistemoje, nes padidina skysčių spaudimą ir taip užtikrina aušinimo ciklo pastovumą.



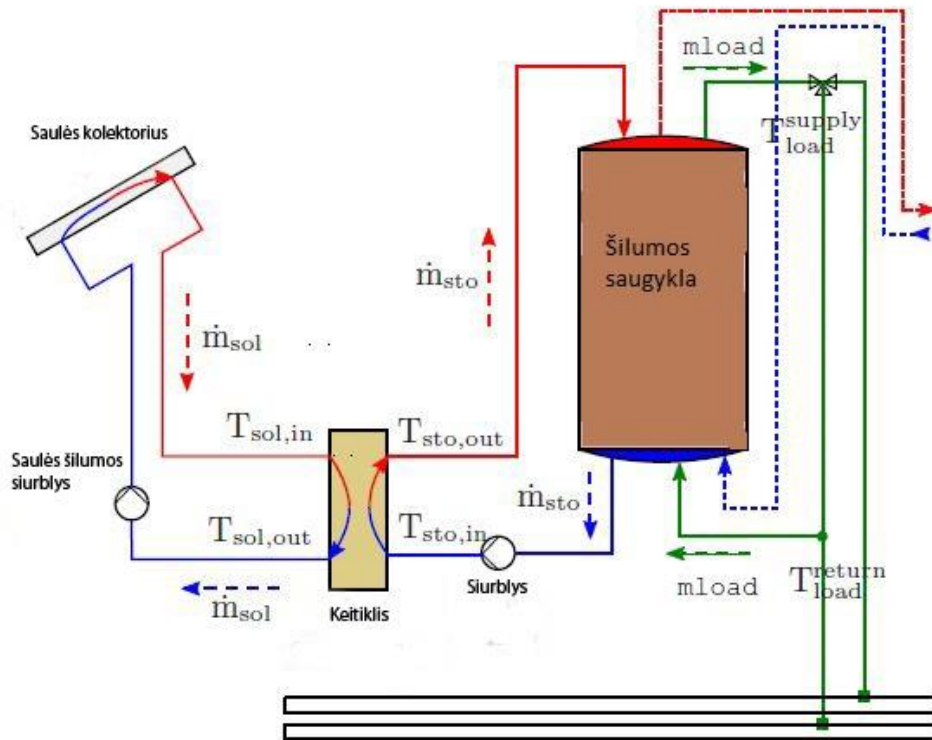
1.2 pav. H₂O - NH₃ aušinimo mechanizmas

1.1.3 Šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo sistemos modeliavimas ir valdymas

ŠVOK sistemos kontroliavimas ir matematinis modeliavimas įtraukiant įrenginį į pastato energetinę bazę [6]. ŠVOK sistemos konfigūracija yra pagrįsta multipleinput-multiple-output (MIMO) modeliu. Valdiklis naudoja saulės siurblių ir palaikymo siurblių užtikrinti nepertraukiamai šalto ir šilto skysčio cirkuliaciją sistemoje, kad kontroliuoti temperatūros pokyčius.

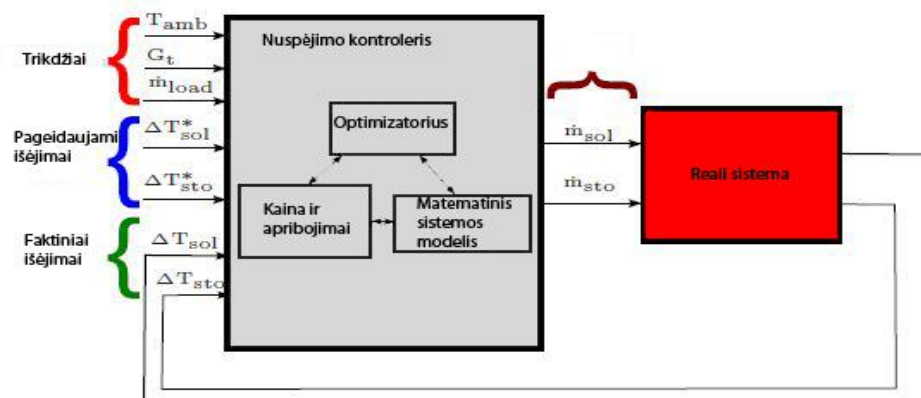
$$\Delta T_{sol} = T_{sol,in} - T_{sol,out} \text{ ir } \Delta T_{sto,out} - T_{sto,in} \quad (1.1)$$

Siurbliai automatiškai įjungiami ir išjungiami priklausomai nuo meteorologinių duomenų. Nuo saulės aktyvumo ir gaunamo šilumos kiekio priklauso sistemos efektyvumas ir jos elementų darbas.



1.3 pav. Šilumos siurblio sistema

Valdymo sistemą matome 1.4 pav. T_{amb} ir G_t pažymėta aplinkos temperatūra ir saulės spinduliuotė (t.y. tiesioginės ir išsklaidytos spinduliuotės suma). Abu kartu yra laikomi kaip sutrikimai kontrolerio, todėl būdami sutrikimais gali būti atmesti. m_{load} yra laikomas veikiančiu trikdžiu rezervuare kaip sutankinto vandens poveikio dėl šilumos siurblio sistemos. m_{sto} ir m_{sol} veikia kaip grįžtamojo ryšio kintamieji ŠVOK kontrolėje [6].

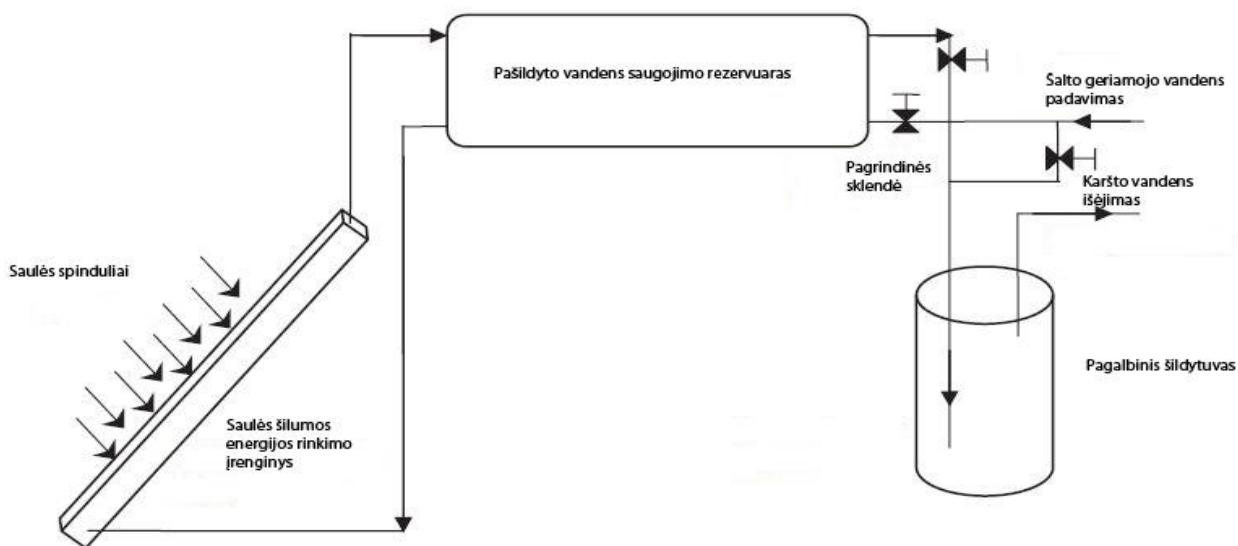


1.4 pav. Valdymo sistema

1.1.4 Termosifonų sistema

Tai pasyvi sistema, kurios veikimo principas yra pagrįstas šilumos energijos tankio transportavimu sistemoje. Šiltas geriamasis vanduo yra pašildomas naudojant saulės kolektorius ir natūralius konvekcijos įrenginius [7].

Saulės kolektoriuose pašildytas vanduo patenka į šilumos saugojimo rezervuarą. Vanduo tampa ne toks tankus dėl saulės šildymo ir plečiasi atsižvelgiant į temperatūros kilimą. Karštas vanduo cirkuliuoja talpykloje, o atvėšęs vanduo grįžta į saulės kolektorius. Šio ciklo intensyvumas priklauso nuo saulės aktyvumo. Termosifonų sistemą galima pamatyti 1.5 pav.

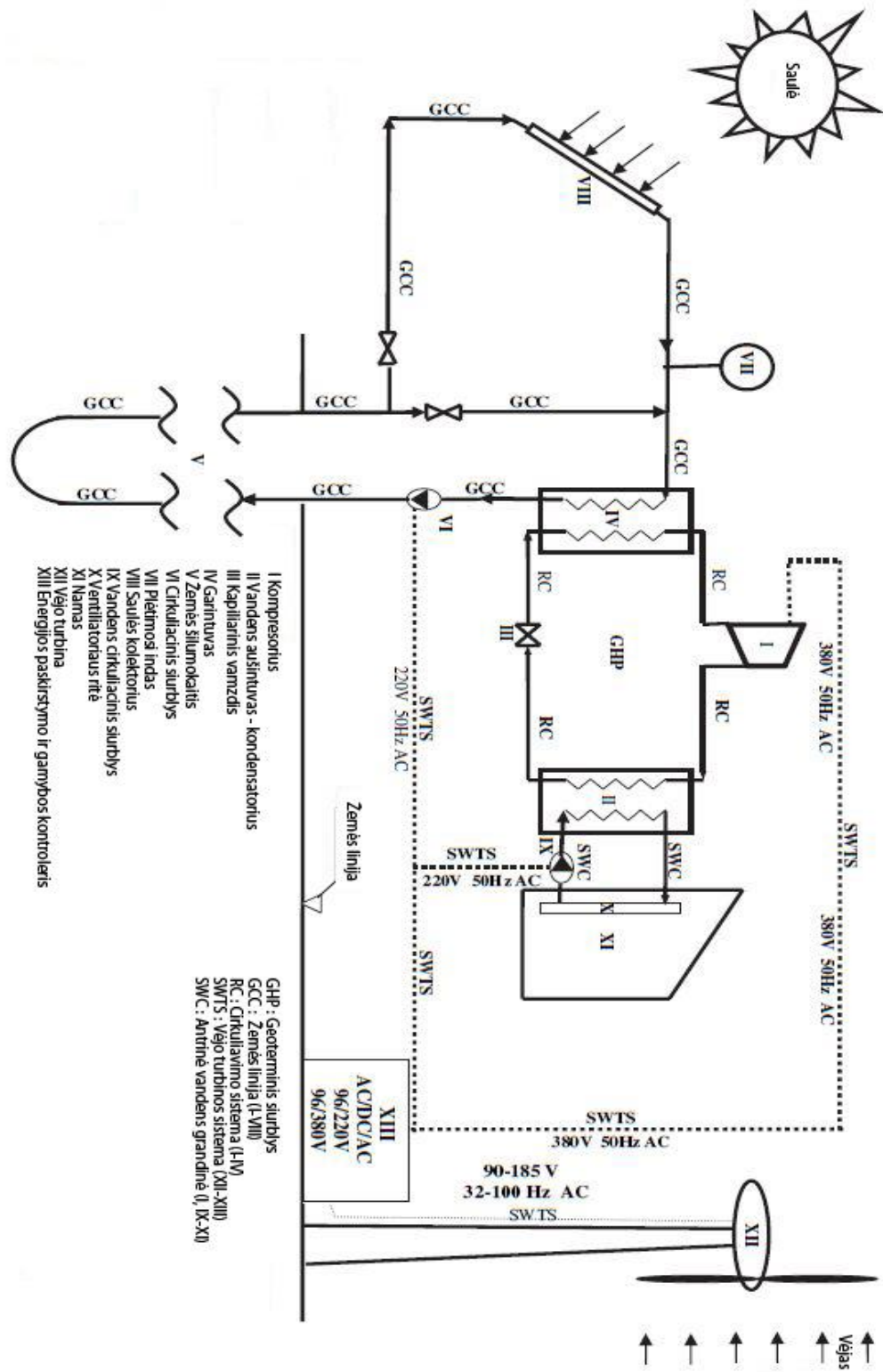


1.5 pav. Termosifonų sistema

1.2 Kombinuotos saulės, vėjo, geoterminės energijos sistemos

1.2.1 Saulės energijos, geoterminio šilumos siurblio ir mažų vėjo elektrinių panaudojimas šilumai gauti pastatuose

Sistemą matome 1.6 pav. 1,5kW vėjo turbinos aprūpina geoterminį šilumos siurblių elektros energija, kuris yra hibridinė sistema kartu su saulės kolektoriais. Sistema sukurta išanalizuoti ar šių sistemų junginys galėtų leisti ženkliai sutaupyti gaunant šilumos energiją iš saulės kolektorių ir geoterminio šilumos siurblio hibridinės sistemos [8].

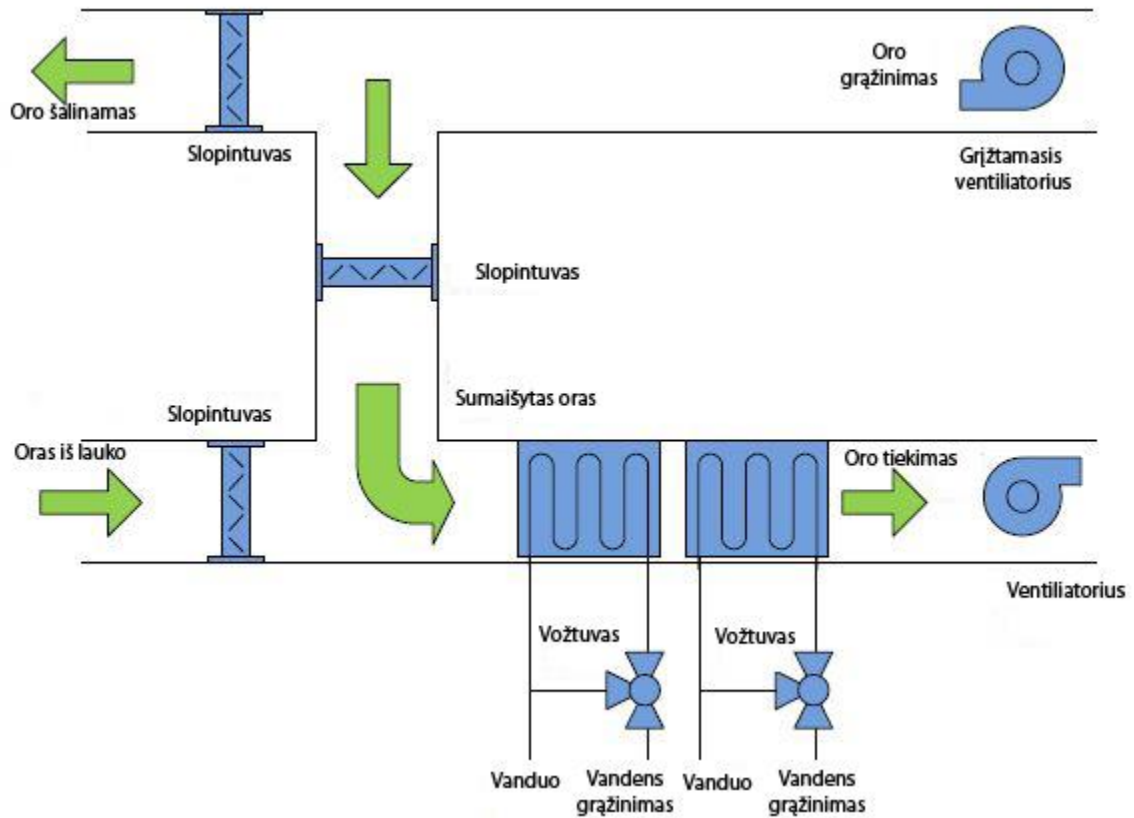


1.6 pav. Saulės energijos, geoterminio šilumos siurblio ir mažos vėjo elektrinės schema

1.3 Vėdinimo sistemos

1.3.1 ŠVOK (Šildymas, vėdinimas, oro kondicionavimas) sistemos struktūra ir aprašymas

ŠVOK sistemos tyrimus remia ERS Energijos resursų stotis (Energy Resource Station). Tyrimus sudaro du nepriklausomi AHUs (air handling units), vėdinimo įrenginiai su tos pačios zonos apkrovomis ir lauko oro sąlygomis. Kiekvienoje AHU sistemoje yra nustatomos keturios šiluminės zonos. 1.7 pav. pateikta AHU schema su šilumos zonomis [9].

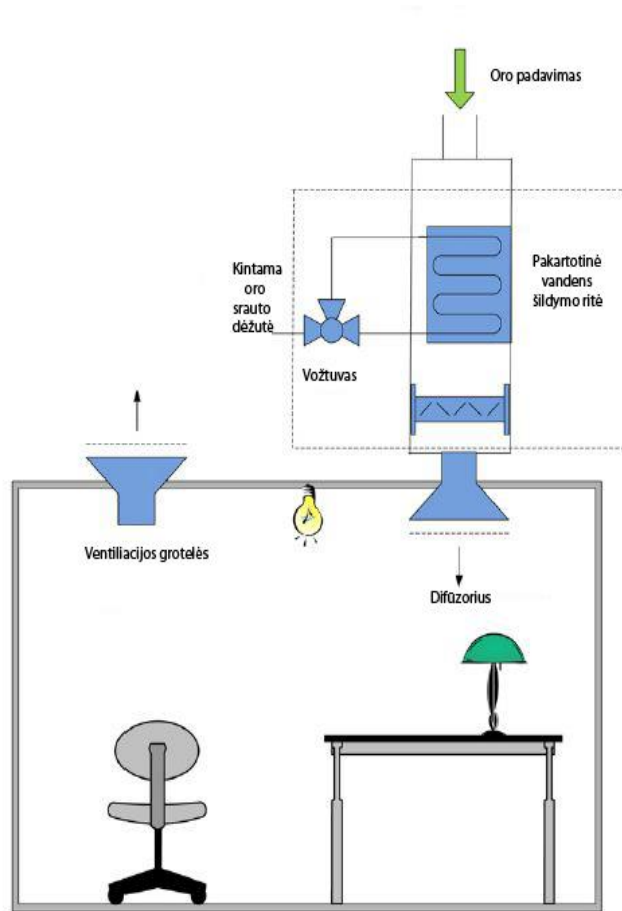


1.7 pav. AHU sistema

Kiekviena VAV yra sujungta su AHU, kad išlaikytu tinkamą temperatūrą šilumos zonose. VAV struktūrą matome 1.8 pav.

Šiuo eksperimentu atliktu ERS buvo siekiama išnagrinėti AHU sistemos energijos sąnaudas, nes ŠVOK sistema sunaudoja didžiąją dalį energijos pastatuose, o ypač biuro patalpose. Kaip pagrindas yra imami du pagrindiniai AHU sistemą įtakojuojantys rodikliai: oro temperatūros ir slėgio rodikliai [1].

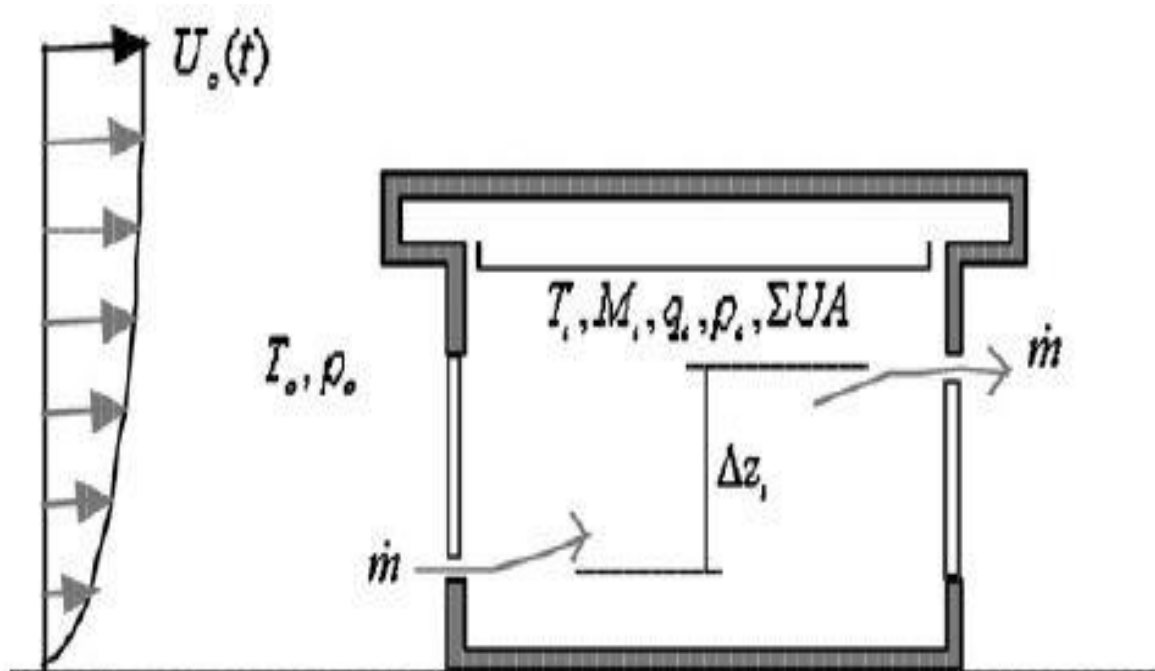
Bendras energijos suvartojimo kiekis tenkantis ŠVOK sistemai apima du aspektus: AHU ir VAV. AHU sistemoje pagrindiniai energijos vartotojai yra: šilumos įrenginiai, ventiliatoriai ir siurbiai. Šis tyrimas yra skirtas tinkamai sumodeliuoti sistemą kuri naudotų mažiau energijos, bet išlaikyti tinkamą sistemos veikimą. VAV sistemoje pagrindinis energijos vartotojas yra pakartotinis šildymas [2].



1.8 pav. VAV sistema

1.3.2 Natūrali ventilacija

Dėl klimato tinkamumo analizės pastate galima išanalizuoti temperatūros pasiskirstymą, tai matome 1.9 pav.[10].



1.9 pav. Vienos zonos pastato modelis

Šiluminės energijos kiekio formulė:

$$KT_i + M \frac{dT_i}{dt} = E \quad (1.2)$$

$$K = \sum UA + mc_p \quad (1.3)$$

$$E = KT_0 + q_i \quad (1.4)$$

čia T_0 -lauko oro temperatūra, C^0 ;

T_i -vidaus oro temperatūra, C^0 ;

q_i - patalpų vidaus ir saulės iššildytos patalpos temperatūrų suma;

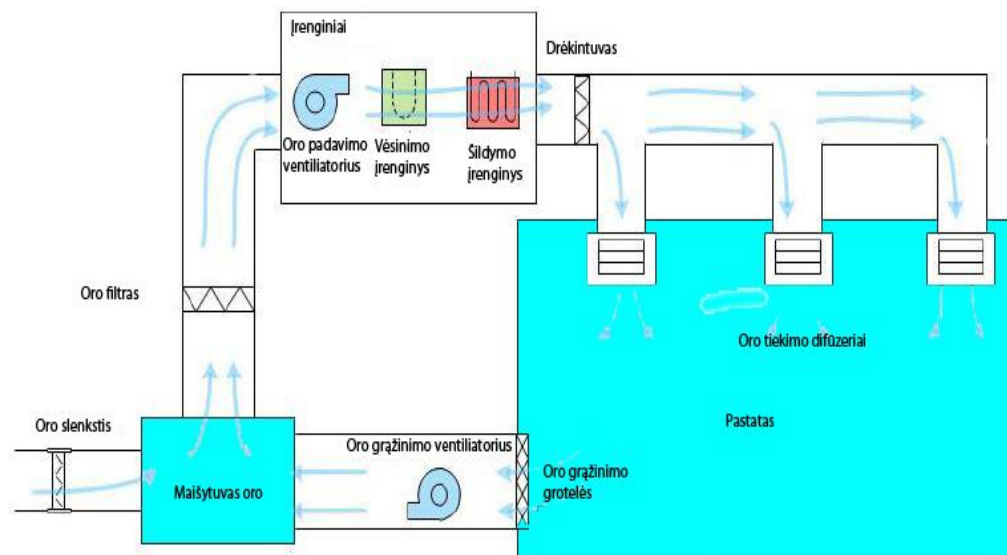
M – vidaus patalpų terminė masė, m;

$\sum UA$ – pastato šiluminė varža, Ω ;

m – ventiliuojamo oro masė, m;

1.3.3 ŠVOK sistemų optimali kontrolė pastatuose

Tinkamas energijos valdymas pastatuose gali padėti palaikyti tinkamas ir patogias gyvenimo sąlygas mažiausiomis energijos kainomis. Šios ŠVOK sistemos veikimo metu galima valdyti kiekvieną sistemos elementą atskirai, tai padeda taupyti energiją. ŠVOK sistema paremta pastato šilumos mainais ir ventiliacija [11]. Tipišką ŠVOK sistemą sudaro oro tiekimo sistema ir oro grąžinimo sistema. Taip pat joje yra šildymo ir vėsinimo elementai, ventiliatoriai, drėkintuvai, oro filtras ir slenksčiai, tai galime pamatyti 1.10 pav.



1.10 pav. ŠVOK sistemos modelis

Šilumos balanso modeliavimas

Šiame modelyje pastatas yra vienos šiluminės zonos, tai energijos balansas turėtų būti pastovus norint išlaikyti pastovią vidaus temperatūrą. Jeigu pastatas gauna arba praranda energiją, tai vidaus temperatūra atitinkamai pasikeis. Patalpų temperatūros kitimas gali būti apskaičiuotas pagal pastato bendrą energijos prieaugį. Temperatūros kitimus pastate galime paskaičiuoti pagal formulę:

$$mc \frac{dT}{dt} = Q_{internal} + Q_{convection} + Q_{HVAC} \quad (1.5)$$

čia m – oro masė patalpoje;

c – specifinė šiluma;

T – vidaus temperatūra;

$Q_{internal}$ - suma vidaus apkrovų;

$Q_{convection}$ – šilumos prieaugis, praradimas;

Q_{HVAC} – šilumos perkėlimas iš HVAC sistemos;

Oro ventiliavimas pastate

Ventiliavimo sistema kintanti pagal paros laiką yra pranašesnė už šias: pagal oro kiekį (VAV) ir pagal reikiamą oro kiekį (DCV). Šie du tipai rodo prastesnius rezultatus energijos panaudojimo efektyvume negu sistema kintanti pagal paros laiką. Gerai vėdinamoje patalpoje CO_2 koncentraciją galima paskaičiuoti pagal šią formulę:

$$V \frac{dA}{dt} = G_{supply} \cdot (A_{supply} - A) + N \cdot L \quad (1.6)$$

čia V – ventiliuojamos patalpos dydis;

A - CO_2 koncentracija ventiliuojamoje patalpoje;

L - vidutinė CO_2 koncentracija tenkanti vienam žmogui;

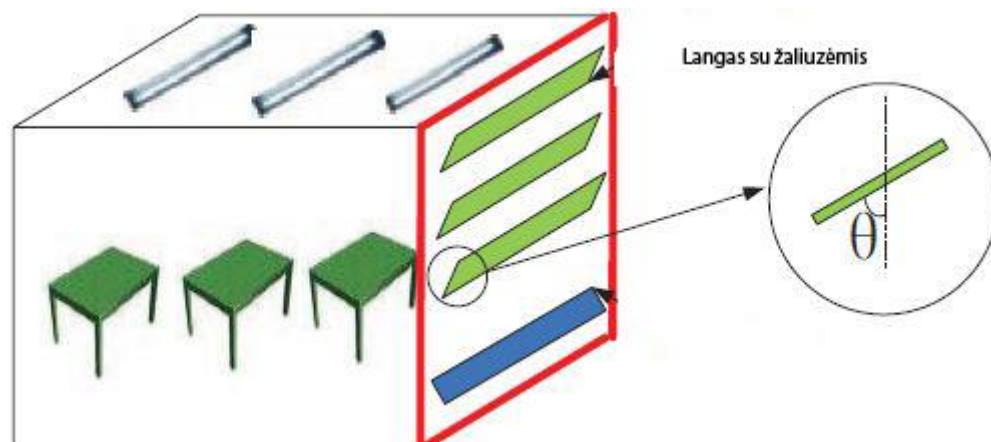
A_{supply} - CO_2 koncentracija tiekiamo oro;

Sistemos plusai ir užduotys

Igyvendinant ŠVOK sistemos kontrolę valdymo strategija koreguojama pagal realiu laiku esančias aplinkos sąlygas. ŠVOK sistemos kontroleris naudoja ankstesnę informaciją, kad tinkamai prognozuotų ir kontroliuotų sistemą ir išvengtų klaidų. ŠVOK kontroleris turi du pagrindinius tikslus: sumažinti energijos sąnaudas ir palaikyti tinkamą patalpų temperatūrą.

1.3.4 Kontroliuojama natūralios šviesos, ventiliacijos, šildymo ir ŠVOK sistemos energiją taupanti komforto sistema

Rengiant žaliuzes, šviestuvus, natūralią ventiliaciją kartu su bendrai kontroliuojama ŠVOK sistema galima sutaupyti didelį kiekį elektros ir šilumos energijos [12]. Tarkime, kad pastatas susideda iš 1 kambario vienam asmeniui. Kiekvienas numeris turi žaliuzes, apšvietimą, langą natūraliai ventiliacijai ir ventiliatorių (FCU – fan coil unit). Šie kambariai turi bendrą šviežaus oro šaltinį (FAU – fresh air unit). Schematinis brėžinys pateiktas 1.11 pav.

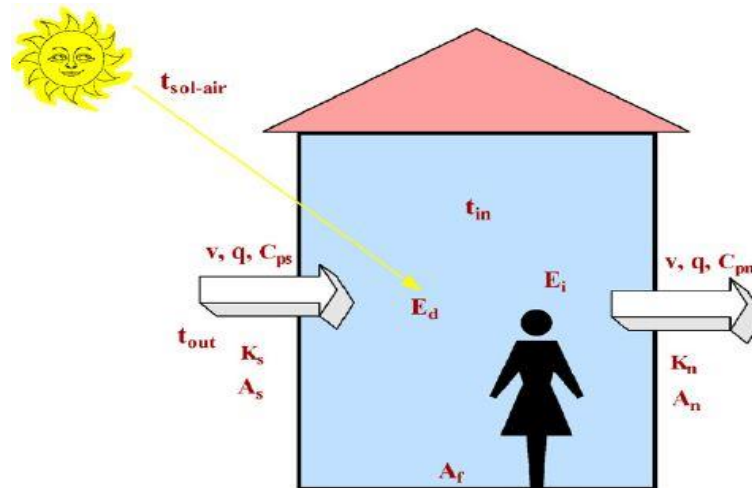


1.11 pav. Natūralios ventiliacijos ir šviesos gavimo būdas

Dėl saulės spindulių atsirandančio natūralaus šilumos ir šviesos prieaugio žalužės turi reguliuojamos, kad nekliudytų spindulių patekimui į pastato vidų. Kampas paskaičiuojamas: θ^k , $k=1, \dots, K$. Aklas kampas turi apatinę ribą, kuri priklauso nuo saulės spindulių kritimo kampo.

Natūralios ventiliacijos apskaičiavimas pagrįstas elementariu pastatų natūralios ventiliacijos skaičiavimais [13].

Kaip veikia natūralus saulės spindulių šildymas pateikta 1.12 pav.



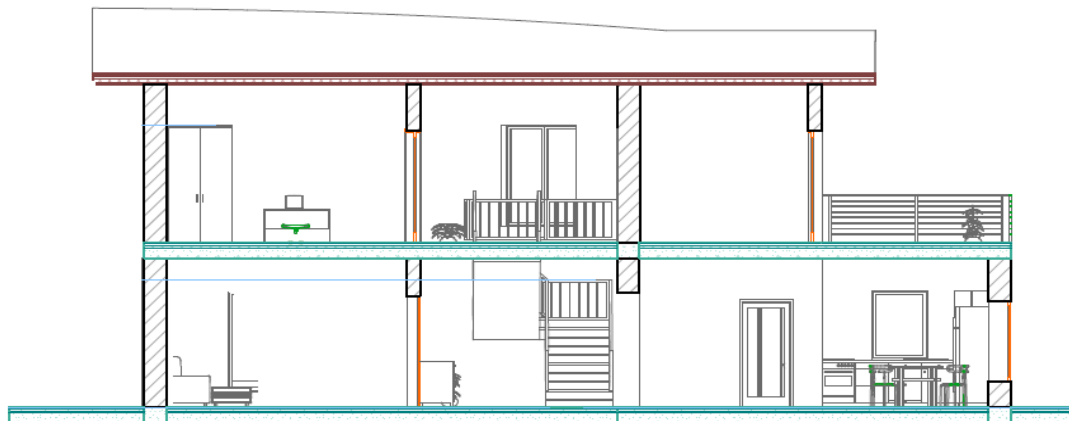
1.12 pav. Natūralus saulės spindulių šildymas

Apžvelgus šiuos mokslinius straipsnius matome, kad visos sistemos turi savų plusų savų minusų. Šio magistrinio darbo pagalba bus mėginama ištirti kokią individualaus namo energijos poreikio dalį galime kompensuoti energija gauta iš alternatyvios energijos.

Investavus į šias sistemas galima sutaupyti iki trečdaliao visų energijos poreikiui išleidžiamų lėšų. Tačiau visos sistemos ganėtinai brangios ir atsiperka per kelis dešimtmečius. Dėl ilgo atsipirkimo laiko ir brangių technologijų lietuviams šios sistemos mažai patrauklios.

II. Gyvenamojo namo energetinių sistemų parametrų nustatymas ir aprašymas

2.1 Individualaus gyvenamojo namo charakteristikų aprašymas



2.1 pav. Individualaus gyvenamojo namo vaizdas iš šono

Tyrimui pasirinktas individualus gyvenamasis namas, esantis Gargždų mieste. Namas pastatytas 2005m. Namas yra $230m^2$, 2 aukštų, 7 kambarių. Gyvenamųjų patalpų aukštis 2,5m. Bendrasis pastato šildymo patalpų plotas yra $230m^2$.

2.2 Elektros vartotojų elektros energijos poreikių skaičiavimas

Pateikiamas elektros energijos vartotojų sąrašas. Vartojamos elektros energijos kiekis yra paskaičiuotas mėnesiui laiko. Kiekvieno iš vartotojų veikimo trukmė nuspręsta pagal vidutinę vartojimo trukmę per parą.

1. 3 televizoriai. Energijos taupymo klasė A. $P=100W$

Poreikis per dieną 4h. $100W \cdot 4h = 400Wh = 0,4kWh$ per dieną vienam televizoriui. Per dieną vienas televizorius naudojamas 4h, tai per mėnesį 120h.
 $0,4kWh \cdot 30 = 12kWh; 12kWh \cdot 3 = 36kWh$

2. Kompiuteris. Dell inspiron 6400

Per mėnesį kompiuteris naudojamas 200h.

$$P = I \cdot U = 19,5 \cdot 3,34 = 65,13W = 0,065kW; 200 \cdot 0,065 = 13kWh$$

3. Šviestuvai (LED). Namie 11 šviestuvų po 4 LED lemputes 2,5W.
 $4 \cdot 0,025kW = 0,1kW$; $11 \cdot 0,1 = 1,1kW$. Vidutiniškai visos lemputės šviečia 3h per parą, tai
 $3 \cdot 1,1 = 3,3kWh$; $3,3 \cdot 30 = 99kWh$
4. Hidroforas AUQB60 2L. $P=0,37kW$
 Per parą naudojamas 1h, per mėnesį 30h. $0,37kW \cdot 30h = 11,1kWh$
5. Elektrinis arbatinukas ZW1300. $P=1,8kW$.
 Per parą naudojamas 0,5h, per mėnesį 15h, tai $1,8kW \cdot 15h = 27kWh$
6. Elektrinė viryklė AEG-Electrolux 41016 VH-WN, A-klasė. $P=0,79kW$
 Naudojama 84h per mėnesį, tai $0,79kW \cdot 84h = 66,36kWh$
7. Magnetofonas Panasonic RX-ES25. $P=0,03kW$
 Naudojamas per dieną 0,5h, per mėnesį 15h, tai $0,03kW \cdot 15h = 0,45kWh$
8. Elektriniai vartai. $P=0,7kW$
 3,5h per mėnesį, tai $3,5h \cdot 0,7kW = 2,45kWh$
9. Lauko apšvietimas. 4 šviestuvai (LED lemputės 11W).
 280h per mėnesį, tai $280 \cdot 0,044kW = 12,32kWh$.
10. Boileris Beril ACJ+ klasės 100 litrų.
 Per parą 1,14kW, tai $30 \cdot 1,14kW = 34,2kWh$
11. Skalavimo mašina SMEG WMF16XS. A klasės. $P=0,95kW$.
 Naudojama 12h per mėnesį, tai $0,95kW \cdot 12h = 11,4kWh$
12. Indaplovė SMEG FA550X. $P=0,058kW$
 Per mėnesį $0,058kW \cdot 30h = 17,4kWh$.
13. Gartraukis Zienger. $P=0,3kW$.
 Per mėnesį 21h, tai $0,3kW \cdot 21h = 6,1kWh$.
14. Mikrobangų krosnelė Panasonic. $P=1,8kW$
 Per mėnesį 15h, tai $15h \cdot 1,8kW = 27kWh$
15. Šilumos siurblys su vidiniu bloku HU091.U41 ir išoriniu bloku HN0914.NK1
 Per mėnesį 124h, tai $124h \cdot 2,1kW = 260,1kWh$

Remiantis šiais vartotojų galimumo skaičiavimais nustatyta, kad elektros energijos poreikis $230m^2$ namui gruodžio mėnesį yra 623,88kWh.

2.3 Pastato vidutinis šilumos poreikis gruodžio mėnesį

Gruodžio mėnesis pasirinktas dėl žemos vidutinės mėnesio temperatūros, kuri siekia $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Remiantis vidutine oro temperatūra gruodžio mėnesį skaičiuosime 230 m^2 individualaus gyvenamojo namo šilumos poreikį, įvertinsime šilumos nuostolius per atitvaras, šilumos prieaugius dėl saulės spinduliavimo [3], [4].

Mėnesio vidutinis projektinis šilumos poreikis patalpos šildymui, Q_h , kWh:

$$Q_h = Q_{el} + Q_{\psi} + Q_v - \eta_0 \cdot Q_{hg} \quad (2.1)$$

$$Q_h = 1403,32 + 358,90 + 538,70 - 0,8 \cdot 1218,49 = 1081,53\text{ kWh}$$

čia: Q_{el} – mėnesio vidutinio projektinio šilumos poreikio dalis šilumos nuostoliams per atitvaras padengti, kWh. Skaičiuojama pagal (2.1) formulę;

Q_{ψ} – mėnesio vidutinio projektinio šilumos poreikio dalis šilumos nuostoliams per ilginis šilumos tiltelius padengti. Skaičiuojama pagal (2.3) formulę;

Q_v – mėnesio vidutinio projektinio šilumos poreikio dalis vėdinimo šilumos nuostoliams padengti, kWh. Skaičiuojama pagal (2.5) formulę;

Q_{hg} – mėnesio vidutinė projektinė (vidiniai + išoriniai šilumos šaltiniai) į patalpą pritekėjusi šiluma, kWh. Skaičiuojama pagal (2.10) formulę;

η_0 – į patalpą pritekančios šilumos panaudos koeficientas, žr. 1 priedo, 1 lentelę.

Nagrinėjamo mėnesio vidutinis projektinis šilumos poreikis pastato šildymui dėl šilumos nuostolių per atitvaras Q_{el} nustatomas, kWh:

$$Q_{el} = \sum \Phi_{el}^m \cdot t \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \quad (2.1)$$

$$Q_{el} = 1886,18 \cdot 31 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 1403,32\text{ kWh};$$

čia: $\sum \Phi_{el}^m$ – patalpos suminiai vidutiniai mėnesio šilumos nuostoliai per atitvaras, W, skaičiuojami pagal, tačiau joje išorės temperatūra θ_e imama vidutinė nagrinėjamo mėnesio išorės temperatūra. Vidutinė daugiametė išorės oro temperatūra, naudotina skaičiavimuose, žr. 2 priedo, 1 lentelę.

t – parų skaičius per nagrinėjamą mėnesį;

24 – valandų skaičius paroje.

Kiekvienos atitvaros dalies, apibūdinamos skirtinga šilumos perdavimo koeficiento verte, projektiniai šilumos nuostoliai Φ_{el} skaičiuojami, W:

$$\Phi_{el} = U \cdot A \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot k_u \cdot (1 + \Delta k_0 + \Delta k_w + \Delta k_h), \quad (2.2)$$

$$\Phi_{el} = 0,4 \cdot 230 \cdot (20 - (-0,1)) \cdot 1 \cdot (1 + 0 + 0 + 0,02) = 1886,18\text{ W};$$

čia: U – atitvaros (atitvaros dalies) šilumos perdavimo koeficientas, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

A – atitvaros (atitvaros dalies) plotas, m^2 ;

θ_i – projektinė vidaus temperatūra, °C;

θ_e – projektinė išorės temperatūra, °C;

k_u – pataisa, jeigu atitvaras tiesiogiai nesusisiekia su išorės, žr. 3 priedo, 1 lentelę.

Δk_o – pataisa dėl atitvaros padėties pasaulio šalių atžvilgiu;

Δk_w – pataisa dėl vėjo įtakos;

Δk_h – pataisa dėl šildymo prietaisų rūšies;

Nagrinėjamo mėnesio vidutinis projektinis šilumos poreikis pastato šildymui dėl nuostolių per ilginus šilumos tiltelius Q_Ψ nustatomas, kWh:

$$Q_\Psi = \sum \Phi_{\Psi^m} \cdot t \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \quad (2.3)$$

$$Q_\Psi = 482,4 \cdot 31 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 358,90 kWh ;$$

čia: $\sum \Phi_{\Psi^m}$ – suminiai vidutiniai mėnesio šilumos nuostoliai per ilginus šilumos tiltelius, W, skaičiuojami pagal, tačiau joje išorės temperatūra θ_e imama vidutinė nagrinėjamo mėnesio išorės. Vidutinė daugiametė išorės oro temperatūra, naudotina skaičiavimuose, žr. 2 priedo, 1 lentelę

Projektiniai šilumos nuostoliai per ilginus šilumos tiltelius Φ_Ψ , tokius kaip gelžbetoninė sàrama virš lango angos, nustatomi pagal formulę, W:

$$\Phi_\Psi = \Psi \cdot l \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot k_u, \quad (2.4)$$

$$\Phi_\Psi = 0,2 \cdot 60 \cdot (20 - (-0,1)) \cdot 2 = 482,4W;$$

čia: Ψ – ilginio šilumos tiltelio šilumos perdavimo koeficientas, W/m·K;

l – ilginio šilumos tiltelio ilgis, m;

Nagrinėjamo mėnesio vidutinis projektinis šilumos poreikis patalpos šildymui dėl vėdinimo nuostolių Q_v nustatomas, kWh:

$$Q_v = Q_{ev} + Q_{in}, \quad (2.5)$$

$$Q_v = 30,26 + 508,44 = 538,70 kWh;$$

čia: Q_{ev} – šilumos poreikis dėl priverstinės vėdinimo sistemos veikimo, kWh. Skaičiuojama pagal (2.6) formulę;

Q_{in} – šilumos poreikis dėl išorės oro infiltracijos, kWh. Skaičiuojama pagal (2.8) formulę;

Nagrinėjamo mėnesio vidutinis projektinis šilumos poreikis pastato šildymui dėl priverstinės vėdinimo sistemos veikimo Q_{ev} , kWh:

$$Q_{ev} = \Phi_{ev} \cdot t \cdot 24 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{t_{wv}}{168}, \quad (2.6)$$

$$Q_{ev} = 683,40 \cdot 31 \cdot 24 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{10}{168} = 30,26 kWh;$$

čia: Φ_{ev} – šilumos nuostoliai dėl priverstinės vėdinimo sistemos veikimo, nustatomi pagal (2.7) formulę;

t_{wv} – vėdinimo sistemos savaitinė veikimo trukmė, h;

t – parų skaičius per nagrinėjamą mėnesį;

24 – valandų skaičius paroje;

168 – valandų skaičius savaitėje ($7 \cdot 24 = 168$).

Projektiniai šilumos nuostoliai dėl priverstinės vėdinimo sistemos veikimo Φ_{ev} skaičiuojami taip, W:

$$\Phi_{ev} = 0,34 \cdot L_{ev} \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot 1, \quad (2.7)$$

$$\Phi_{ev} = 0,34 \cdot 100 \cdot (20 - (-0,1)) \cdot 1 = 683,40W;$$

čia: c – savitoji oro šiluma, $c \cong 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$;

L_{ev} – projektinis tiekiamo į patalpą oro debitas, m^3/h .

Nagrinėjamo mėnesio vidutinis projektinis šilumos poreikis patalpos šildymui dėl išorės oro infiltracijos Q_{in} , kWh:

$$Q_{in} = \Phi_{in} \cdot t \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \quad (2.8)$$

$$Q_{in} = 683,4 \cdot 31 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 508,44kWh;$$

čia: Φ_{in} – šilumos nuostoliai dėl išorės oro infiltracijos, nustatomi pagal (2.9) formulę;

Projektiniai šilumos nuostoliai dėl išorės oro infiltracijos Φ_{in} skaičiuojami taip, W:

$$\Phi_{in} = 0,34 \cdot L_{in} \cdot (\theta_i - \theta_e), \quad (2.9)$$

$$\Phi_{in} = 0,34 \cdot 100 \cdot (20 - (-0,1)) = 683,4W;$$

čia: c – savitoji oro šiluma, $c \cong 0,34 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$;

L_{in} – infiltruojamo oro debitas, m^3/h ;

Mėnesio vidutinė projektinė nuo vidinių bei išorinių šilumos šaltinių į patalpą pritekėjusi šiluma Q_{hg} , kWh:

$$Q_{hg} = Q_{ig} + Q_{sg}, \quad (2.10)$$

$$Q_{hg} = 70,50 + 1147,99 = 1218,49kWh;$$

čia: Q_{ig} – mėnesio vidutinė nuo vidinių šilumos šaltinių išsiskyrusi į patalpą šiluma, kWh. Skaičiuojama pagal (2.11) formulę;

Q_{sg} – mėnesio vidutinė į patalpą iš išorės pritekėjusi šiluma dėl saulės spinduliuotės, kWh. Skaičiuojama pagal (2.20) formulę;

Per nagrinėjamą mėnesį į pastatą nuo vidinių šilumos šaltinių patenkantis vidutinis šilumos kiekis skaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_{ig} = \Phi_{ig} \cdot t \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \quad (2.11)$$

$$Q_{ig} = 1543,01 \cdot 31 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 1147,99 kWh;$$

čia: Φ_{ig} – mėnesio vidutiniai vidiniai šilumos pritekėjimai į pastatą nuo vidinių šilumos šaltinių W, nustatomi pagal (2.12) formulę;

Mėnesio vidutiniai projektiniai vidiniai šilumos pritekėjimai į pastatą nuo vidinių šilumos šaltinių Φ_{ig} nustatomi, W:

$$\Phi_{ig} = A_p \cdot (q_{el} + q_{ea} + q_p) + \Phi_{em} + \Phi_{eq} + \Phi_{hc}, \quad (2.12)$$

$$\Phi_{ig} = 230 \cdot (0,35 + 0,07 + 1,02) + 41,95 + 1048,75 + 122,14 = 1543,01 W;$$

čia: A_p – pastato plotas, m^2 ;

q_{el} – elektrinio apšvietimo sistemos skleidžiamos šilumos srauto tankis patalpos grindų ploto vienetui, W/m^2 . Skaičiuojama pagal (2.13) formulę;

q_{ea} – buities elektros prietaisų skleidžiamos šilumos srauto tankis patalpos grindų ploto vienetui, W/m^2 . Skaičiuojama pagal (2.14) formulę;

q_p – žmonių skleidžiamos šilumos srauto tankis patalpos grindų ploto vienetui, W/m^2 . Skaičiuojama pagal (2.15) formulę;

Φ_{em} – elektros variklių skleidžiamas šilumos srautas, W. Skaičiuojama pagal (2.17) formulę;

Φ_{eq} – technologinių įrenginių skleidžiamas šilumos srautas, W. Skaičiuojama pagal (2.18) formulę;

Φ_{hc} – rankšluosčių džiovintuvų ir karšto vandens vamzdynų skleidžiamas šilumos srautas, W. Skaičiuojama pagal (2.19) formulę.

Šilumos srauto tankiai q nuo vidinių šilumos šaltinių skaičiuojami pagal formules, W/m^2 :

$$q_{el} = k \cdot f \cdot q \cdot t_d \cdot \frac{t_w}{168}, \quad (2.13)$$

$$k=0,6593; f=1,4; q=3; t_d = 3; t_w = 7$$

$$q_{el} = 0,6593 \cdot 1,4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot \frac{7}{168} = 0,3461 W/m^2$$

$$q_{ea} = k \cdot q \cdot t_d \cdot \frac{t_w}{168}, \quad (2.14)$$

$$k=0,6593; q=2,7; t_d = 3; t_w = 7$$

$$q_{ea} = 0,6593 \cdot 2,7 \cdot 3 \cdot \frac{7}{168} = 0,0741 W/m^2;$$

$$q_p = k \cdot f \cdot q \cdot t_d \cdot \frac{t_w}{168}, \quad (2.15)$$

$$k=0,6593; f=1,1; q=2,8; t_d = 12; t_w = 7$$

$$q_p = 0,6593 \cdot 1,1 \cdot 2,8 \cdot 12 \cdot \frac{7}{168} = 1,0153 W/m^2,$$

čia: q – prietaisų arba žmonių skleidžiamo šilumos srauto tankis, W/m^2 , žr. 4 priedo, 1 lentelę.

t_d – veikimo (buvimo) trukmė per parą, h;

t_w – veikimo (buvimo) trukmė per savaitę, paromis;

f – pataisa dėl metų laiko, įvertinanti šviesiojo paros laiko trukmę, žr. 5 priedo, 1 lentelę.

168 – valandų savaitėje skaičius ($7 \cdot 24 = 168$);

k – pataisa dėl žmonių skaičiaus, gaunama pagal (2.16) formulę:

$$k = \left(Z_p \cdot \frac{20}{A_p} \right)^{\frac{1}{2}}; \quad (2.16)$$

$$k = \left(5 \cdot \frac{20}{230} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,6593;$$

čia: Z_p – žmonių skaičius;

A_p – patalpos plotas, m^2 ;

20 – prielaida, jog butuose vienam žmogui vidutiniškai tenka $20m^2$ šildomojo ploto, m^2 .

Elektros variklių skleidžiamas šilumos srautas Φ_{em} , W:

$$\Phi_{em} = 0,2 \cdot \sum P \cdot t_d \cdot \frac{t_w}{168}, \quad (2.17)$$

$$\Phi_{em} = 0,2 \cdot \sum 1678 \cdot 3 \cdot \frac{7}{168} = 41,95W;$$

čia: P – elektros variklių vardinė galia, W;

0,2 – vidutinė elektros variklių galios dalis, virstanti šiluma;

$$\sum P = 0,37 + 0,95 + 0,058 + 0,3 = 1,678kW;$$

Pramonės įmonių technologinių įrenginių skleidžiamas šilumos srautas Φ_{eq} , W:

$$\Phi_{eq} = \sum \Phi_{eq,j} \cdot t_d \cdot \frac{t_w}{168}, \quad (2.18)$$

$$\Phi_{eq} = 8390 \cdot 3 \cdot \frac{7}{168} = 1048,75W ;$$

čia $\Phi_{eq,j}$ – apytikslis kiekvieno įrenginio technologinio proceso metu išskiriamos šilumos srautas, W;

Rankšluosčių džiovintuvų ir karšto vandens tiekimo vamzdynų patalpose skleidžiamas šilumos srautas Φ_{hc} , W:

$$\Phi_{hc} = \sum q_{hc} \cdot l_p \cdot f_t, \quad (2.19)$$

$$\Phi_{hc} = 57,4 \cdot 80 \cdot 0,0266, = 122,14W;$$

čia: q_{hc} – vamzdžio skleidžiamas šilumos srauto tankis, W/m, žr. 6 priedo, 1 lentelę.

l_p – vamzdžio ilgis, m;

f_t – temperatūros pataisa, lygi $\Delta\theta_i/\Delta\theta$, jei yra žinomas faktinis tiekiamo karšto vandens ir aplinkos temperatūrų skirtumas;

$\Delta\theta$ – tiekiamo karšto vandens ir aplinkos projektinių temperatūrų skirtumas.

Per nagrinėjamą mėnesį į pastatą per langus patenkantis vidutinis šilumos kiekis skaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_{sg} = \Phi_{sg} \cdot t \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \quad (2.20)$$

$$Q_{sg} = 94,77 \cdot 31 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 70,50 \text{ kWh};$$

čia: Φ_{sg} – mėnesio vidutiniai išoriniai šilumos pritekėjimai į pastatą dėl saulės spinduliuotės, W, nustatomi pagal (2.21) formulę;

$$\Phi_{sg} = \sum q_{s,j} \cdot s \cdot A_{gl} \cdot a, \quad (2.21)$$

$$\Phi_{sg} = 7,8 \cdot 0,75 \cdot 27 \cdot 0,6 = 94,77 \text{ W};$$

čia: $q_{s,j}$ – vidutinis paros saulės spinduliuotės šilumos srauto tankis, patenkantis pro atitinkamo orientacijos langą per nagrinėjamą mėnesį, W/m^2 ;

s – įstiklintų plotų saulės spinduliuotės praleistiems faktorius;

A_{gl} – įstiklintos lango dalies plotas, m^2 (jei nėra žinoma, – tada $A_{gl} = 0,75 \cdot A$; čia A – lango angos plotas);

Jei nežinomos a_h , a_{in} ir a_c vertės, tai $a = 0,6$.

Suskaičiavus kiek šilumos energijos individualiame gyvenamajam namui reikia gruodžio mėnesį bus galima apytiksliai nuspręsti kokių šilumos įrenginių reikės pastato šildymui. Parinkę įrenginius matysime kurią šilumos energijos dalį galima gauti iš alternatyvios energijos šaltinių.

2.4 Karšto vandens ruošimas naudojant saulės kolektorius efektyvumo tyrimas

Saulės karšto vandens gamybos sistemos ilgalaikio našumo skaičiavimui taikytas „ f ” metodas. Jis parodo, kokia dalis energijos poreikio karštam vandeniui ruošti per metus (mėnesį) yra padengiama saulės kolektoriuje gaminama energija. Šiame metode naudojamos koreliacinės priklausomybės tarp saulės spinduliuotės, kolektoriaus energetinių ir konstrukcinių parametrų [14]. Skaičiavimai atliekami naudojant nedimensinius dydžius X ir Y . Y yra saulės kolektoriaus pagaminto šilumos kiekio santykis su šilumos poreikiu karštam vandeniui gaminti per mėnesį:

$$Y = A \cdot F'_R \cdot (\overline{\tau\alpha}) \cdot H_T \cdot \frac{N}{L} \quad (2.22)$$

$$Y = 8,2 \cdot 0,7 \cdot 1980000 \cdot \frac{31}{3893508000} = 0,0905$$

čia A – saulės kolektoriaus plotas m^2 ;

F'_R – saulės energijos konversijos į šilumą efektyvumo koeficientas visai sistemai (saulės kolektorius + šilumokaitis);

$(\overline{\tau\alpha})$ – saulės kolektoriaus optinis naudingumo koeficientas;

H_T – vidutinis mėnesio paros saulės spinduliuotės, krentančios į pasvirusio kolektoriaus ploto vienetą, kiekis J/m²;

N – mėnesio dienų skaičius;

L – šilumos poreikis per mėnesį J.

Skaičiavimuose taip pat priimta, kad išsklaidyta ir atsispindėta saulės spinduliuotė yra izotropinė ir jos kritimo į horizontalų paviršių kampas yra 60°. Žinant šilto vandens poreikius per parą, vandens minimalią temperatūrą ir į saulės kolektorių įtekančio vandens temperatūrą, galima apskaičiuoti parametą Y , kuris ir parodo saulės kolektoriuje per mėnesį pagaminto šilumos kiekio santykį su visu šilumos poreikiu karštam vandeniui gaminti per mėnesį.

X yra saulės kolektoriaus šilumos nuostolių per mėnesį santykis su šilumos poreikiu karštam vandeniui gaminti per mėnesį:

$$X = A \cdot F'_R \cdot U_L \cdot (T_{ref} - T_a) \cdot \frac{\Delta t}{L}; \quad (2.23)$$

$$X = 8,2 \cdot 1,5 \cdot (100 - (-0,1)) \cdot \frac{2678400}{3893508000} = 0,8470;$$

Žinant X ir Y dydžius, parametras „ f “ apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$f = 1,029 \cdot Y - 0,065 \cdot X - 0,245 \cdot Y^2 + 0,0018 \cdot X^2 + 0,00215 \cdot Y^3 \quad (2.24)$$

$$f = 1,029 \cdot 0,0905 - 0,065 \cdot 0,8470 - 0,245 \cdot 0,0905^2 + 0,0018 \cdot 0,8470^2 + 0,00215 \cdot 0,0905^3 = 0,0374$$

Vakuuminiai saulės kolektoriai yra efektyvesni, lyginant su plokščiaisiais. Nors jų saulės energijos konversijos parametras $F_R \cdot (\overline{\tau\alpha})$ yra artimas plokščiųjų kolektorių, tačiau šilumos nuostoliai yra apie tris kartus mažesni.

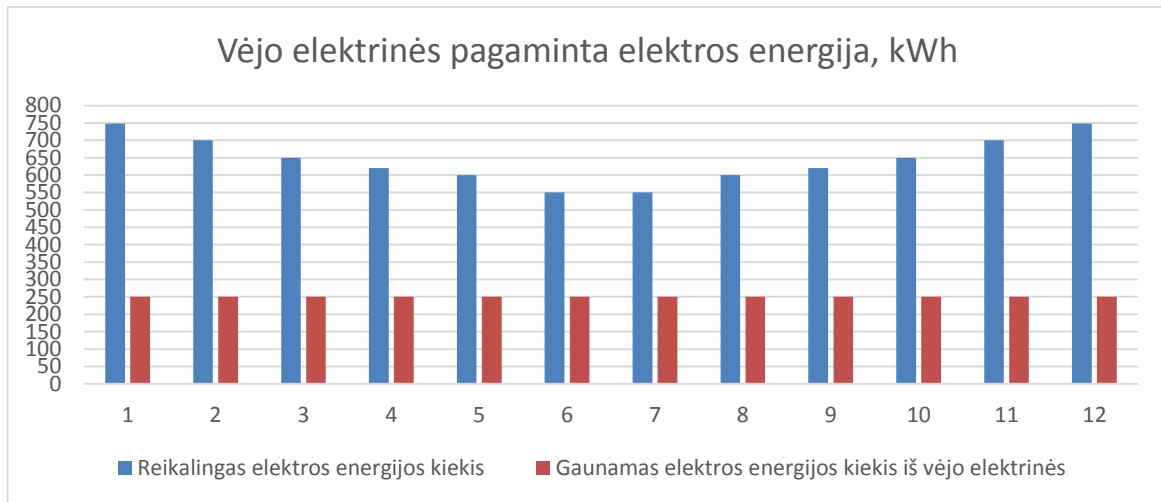
2.5 Individualaus namo energijos poreikių tenkinimas iš alternatyvios energijos gaunama energija

Tinkamai įvertinti kokią naudą duoda mums alternatyvioji energija padės darbe jau apskaičiuoti dydžiai: reikiamas kiekis elektros energijos, reikalingas šilumos kiekis, saulės kolektorių pagaminamas šilumos kiekis, vėjo elektrinės pagamintos elektros energijos kiekis.

Reikalingas elektros energijos kiekis su 20% rezervu yra 748,65kWh, tai yra 8983,80kWh per mėtus. Šilumos poreikis gruodžio mėnesį 1081,53kWh. Gruodžio mėnesis pasirinktas, nes gruodžio mėnesį saulės spinduliuoti yra mažiausia. Žinodami gruodžio mėnesio pagamintos energijos kiekį galėsime surasti ir kitų mėnesių rodiklius, kurie skirsis nuo pasirinkto gruodžio mėnesio.

2.5.1 Individualaus namo elektros energijos poreikis

Pasirinkta vėjo elektrinė yra WINDcore 1,5kW. Vidutinis vėjo greitis pasirinktoje statomos vėjo elektrinės vietoje (Klaipėdos raj., Gargždai) yra 6.5 m/s. Kadangi vėjo greitis visus metus yra nedaug kintantis, tai ši elektrinė pagamins per metus apie 3000kWh elektros energijos, tai vidutiniškai kiekvienam mėnesiui po 250 kWh. 2.2 pav. matome kaip kinta elektros energijos poreikis priklausomai nuo mėnesio. Vasaros mėnesiais elektros energijos poreikis yra mažiausias, tai įtakoja elektros energijos poreikio mažėjimas apšvietimui, šildymo sistemos elektros įrenginių darbo intensyvumo mažėjimas.



2.2 pav. Vėjo elektrinės pagaminta elektros energija

Išnagrinėjus šiuos skaičiavimus ir gautus dydžius matome, kad su WINDcore 1,5kW vėjo elektrine galima patenkinti iki 33% visos reikalingos elektros energijos kiekio.

2.5.2 Saulės kolektorių pagaminamas energijos kiekis

Darbe nagrinėjamas Vitosol 200-T $4 \times 2 m^2$ saulės kolektorius nukreiptas į pietus. Šių kolektorių naudingumo koeficientas $\eta = 0,8$.

Energijos kiekį kurį pagamins saulės kolektorius gausime pagal formulę:

$$E = \eta_K \cdot A \cdot H_T \quad (2.25)$$

$$E = 0,8 \cdot 8 \cdot 1035 = 6624 kWh$$

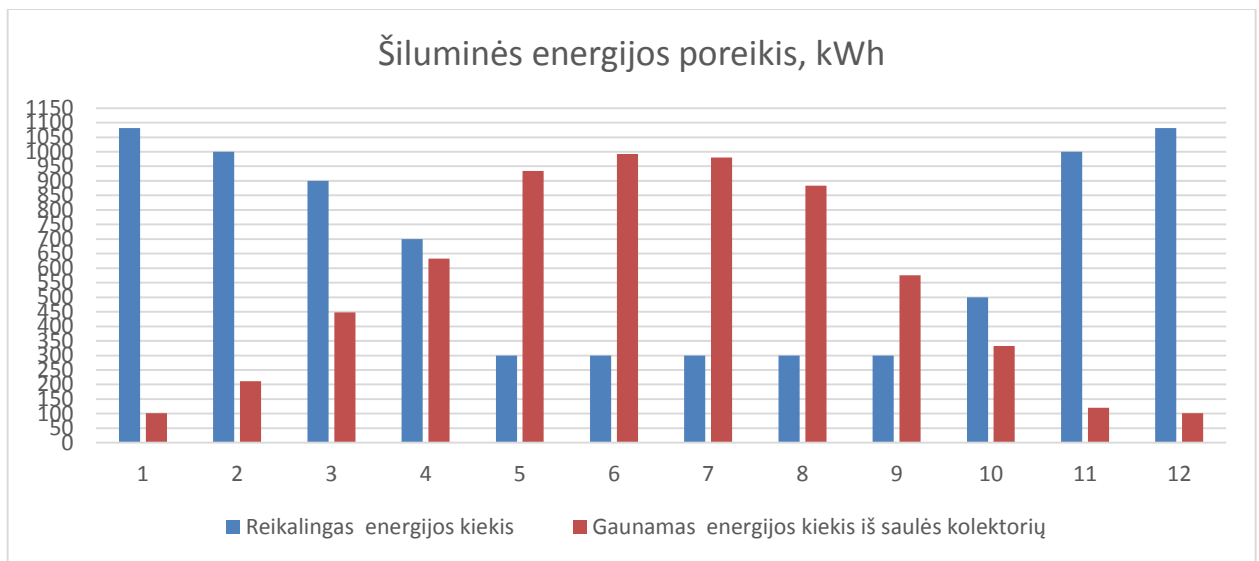
čia: η_K – kolektoriaus naudingumo koeficientas (0,8);

A – bendras saulės kolektoriaus plotas,

H_T – energijos kiekis tenkantis pasvirusiems paviršiams Klaipėdos rajone $1035 kWh/m^2$.

Didžioji energijos dalis pagaminta saulėtaisiais vasaros mėnesiais, kai pastato šildymui šilumos energija nereikalinga.

Saulės kolektorių pagamintos šilumos energijos poreikis skirtingais mėnesiais 2.3 pav..



2.3 pav. Saulės kolektorių pagamintos šilumos energijos poreikis skirtingais mėnesiais

Didžioji šilumos energijos dalis pagaminama šiltuoju metų metu, tai sudaro iki 80% visos pagamintos energijos. Taigi žiemos metu galima patenkinti tik labai mažą energijos dalį. Vadovaudamiesi šiais gautais dydžiais matome, kad saulės kolektoriai šiuo metu tinka tik karšto vandens ruošimui ir daliniam pastato šilumos poreikių tenkinimui.

Išvada:

Pasirinktą gruodžio mėnesį alternatyvioji energija gali patenkinti iki 40% elektros energijos poreikio ir iki 10% šilumos energijos, o balandžio, gegužės, birželio, liepos, rugpjūčio, rugsėjo mėnesiais galima patenkinti iki 80% energijos poreikio. Elektros energijos poreikį kitais mėnesiais taip pat galima patenkinti iki 40%.

III. Individualaus gyvenamojo namo energetinių sistemų struktūra ir komponentai

3.1 Individualaus gyvenamojo namo energetinės sistemos struktūra

Individualaus namo energetinės sistemos komponentai pasirinkti atsižvelgiant į naudingumo koeficientus, tarpusavio suderinamumą. Pagrindiniai kriterijai buvo, kad žmogui būtų paprasta sistemą valdyti. Siekiant supaprastinti valdymą pasirinkta įrengimai su paprastu valdymu, lietuviškas valdiklio meniu palengvina žmogaus žinių įsisavinimą apie sistemą.

Kai temperatūros skirtumas tarp kolektorių temperatūros jutiklių S1 ir akumuliacinės talpos temperatūros jutiklio S2 yra didesnis nei įjungimo temperatūros skirtumas įjungiamas saulės kolektorių įrangos apytakos rato cirkuliacinis siurblys R1.

Jeigu saulės spinduliuotės pakanka geriamojo vandens šildymui, visą buferinį šildymo vandens indą šildo saulės kolektorių įranga. Šildymo katilas papildomai pašildo viršutinę buferinio šildymo vandens indo dalį tik tada, jeigu nepasiekama katilo apytakos rato reguliatoriuje nurodyta nustatytoji temperatūra. Jeigu saulės energijos nepakanka, buferinis šildymo vandens indas saulės energija pašildomas, o viršutinėje dalyje šildymo katilu pabaigiamas šildyti iki pageidaujamos temperatūros.

Jeigu temperatūros skirtumas tarp buferinio indo temperatūros jutiklio S3 ir šildymo apytakos rato grįžtamojo vandens temperatūros jutiklio S4 yra didesnis nei temperatūros skirtumas, perjungimo vožtuvas R2 perjungimas į tokią padėtį, kad grįžtamasis šildymo apytakos rato vanduo į šildymo katilą nukreipiamas per buferinį indą 3.0 pav.. Jeigu taip pašildyto grįžtamojo vandens temperatūra nepakankama, šildymo katilas jį pašildo iki reikalingos paduodamo vandens temperatūros. Kai temperatūros skirtumas nukrenta žemiau, vožtuvas perjungiamas į pradinę padėtį.

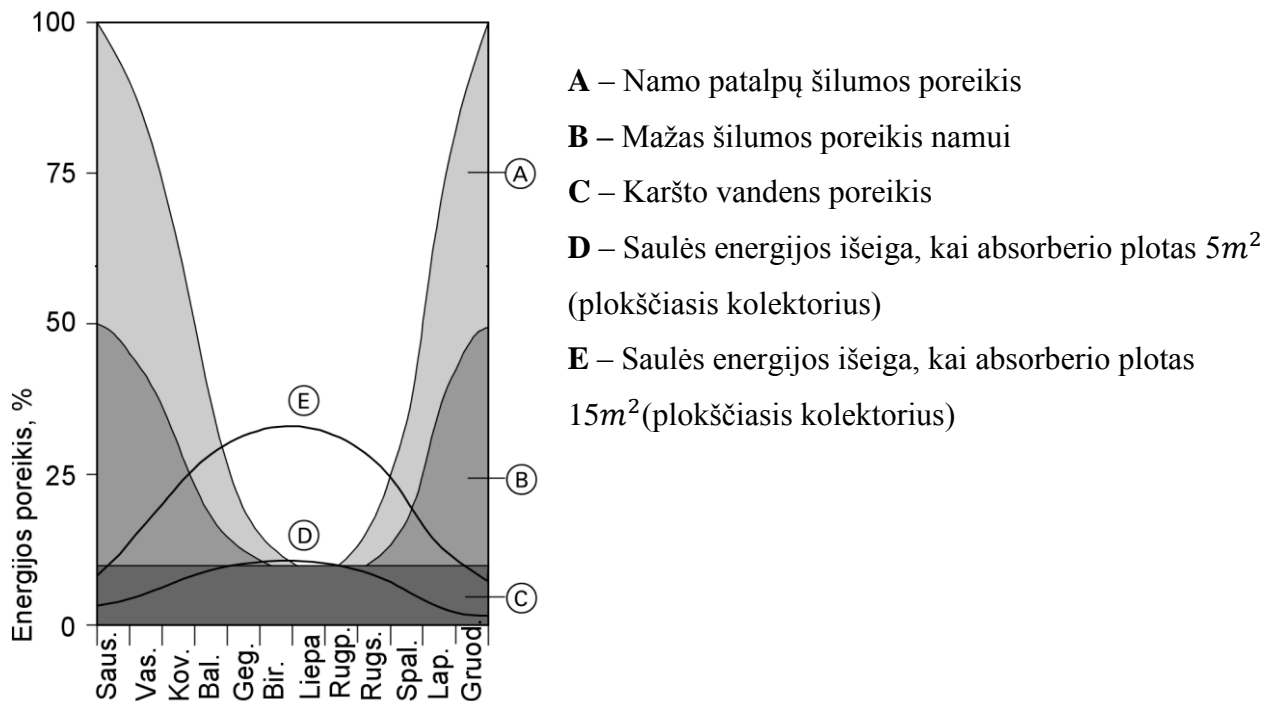
Šilumos siurblio lauko bloko temperatūros jutiklis S6 perduoda informacija šilumos siurblio vidiniam blokui. Šilumos siurblys tik dalinai gali padėti pašildyti vandenį akumuliacinėje talpoje, nes šilumos siurblio naudingumas tiesiogiai priklausomas nuo temperatūros esančios lauke. Šilumos siurblys atlieka ir oro kondicionavimo ir vėsinimo funkciją.

Visi elektriniai įrenginiai yra pajungti prie namų elektros sistemos, kuri yra maitinama iš vėjo elektrinės gautos elektros energijos. Kadangi vėjo elektrinė patenkina tik trečdalį visos reikiamos elektros energijos, tai kita dalis yra gaunama iš elektros tinklų.

3.2 Saulės kolektoriaus sistemos parinkimas

Saulės kolektoriai sumontuoti ant nuolaidaus namo stogo nukreipto į pietus. Pietų kryptis pasirinkta dėl didesnės energijos išeigos. Saulės kolektoriai nukreipti į rytus ar vakarus duoda iki 80 % energijos išeigos. Kolektoriai išdėstyti taip, kad ant jų nekristų medžių ir kaimyninių pastatų šešėliai.

Saulės kolektoriai skirti karštam vandeniui ruošti ir dalinai kompensuoti pastato energijos poreikį šildymui. Atsižvelgti reikia į tai, kad karšto vandens poreikis 5 asmenų šeimai per metus yra pastovus. Karšto vandens ruošimui patalpų šildymui didelę įtaką turi saulės spinduliuotės kiekis. Tiriamajam darbui atlikti pasirinktas gruodžio mėnesis. Gruodžio mėnesį energijos poreikis yra iki 10 kartų didesnis nei atitinkamai birželio ar liepos mėnesį, kai saulės spinduliuotė yra daug aktyvesnė. Saulės energijos pasiūlos ir energijos poreikio priklausomybė nuo mėnesio matome 3.1 pav..



3.1 pav. Saulės energijos pasiūlos ir energijos poreikio priklausomybė nuo mėnesio


Norint realizuoti papildomą patalpų šildymą saulės kolektoriais, reikia pasirinkti palyginus didelį kolektorių plotą, o tai individualaus namo projektui padaryti gali būti problematiška. Pasirinkus didelį kolektorių plotą vasaros metu įrangos apytakos rate gali atsirasti prastovos dėl per didelio šilto vandens kiekio. Norint, kad sistema žiemos mėnesiais veiktų ekonomiškai kolektorių plotas turi būti nuo 2 iki 2,5 kartų didesnis nei reikalingas šilumos poreikiui tenkinti vasaros metu. Atsižvelgiant į šią informa-

ciją saulės kolektoriai gruodžio mėnesį gali patenkinti tik dalį gyventojų poreikio. Kad patenkinti gyventojų poreikius ši sistema turi būti kombinuota su kitais energijos šaliniais.

Penkių asmenų šeimai per parą reikia apie 300 litrų $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ vandens. Buferinio indo tūris nuo 750 iki 1000 litrų priklausomai nuo įrangos techninių charakteristikų. Šiems poreikiams tenkinti reikia 4 vnt. po 2m^2 vakuminių vamzdinių kolektorių.

Saulės kolektorius pasirenkame iš VIESSMANN katalogo. Pasirinkto kolektoriaus tipas Vitosol 200-T $4\text{x}2\text{m}^2$. Techniniai duomenys pateikiami 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Kolektoriaus Vitosol 200-T techniniai duomenys

Kolektorius	Tipas, m^2	Bendras plotas, m^2	Absorberio plotas, m^2	Plotis, mm	Aukštis, mm	Gylis, mm	Svoris, kg
 Vitosol 200-T	2	2,88	2,05	1418	2031	143	51

Vitosol 200-T $4\text{x}2\text{m}^2$ sistemai reikalingi įrenginiai 3.2 lentelėje:

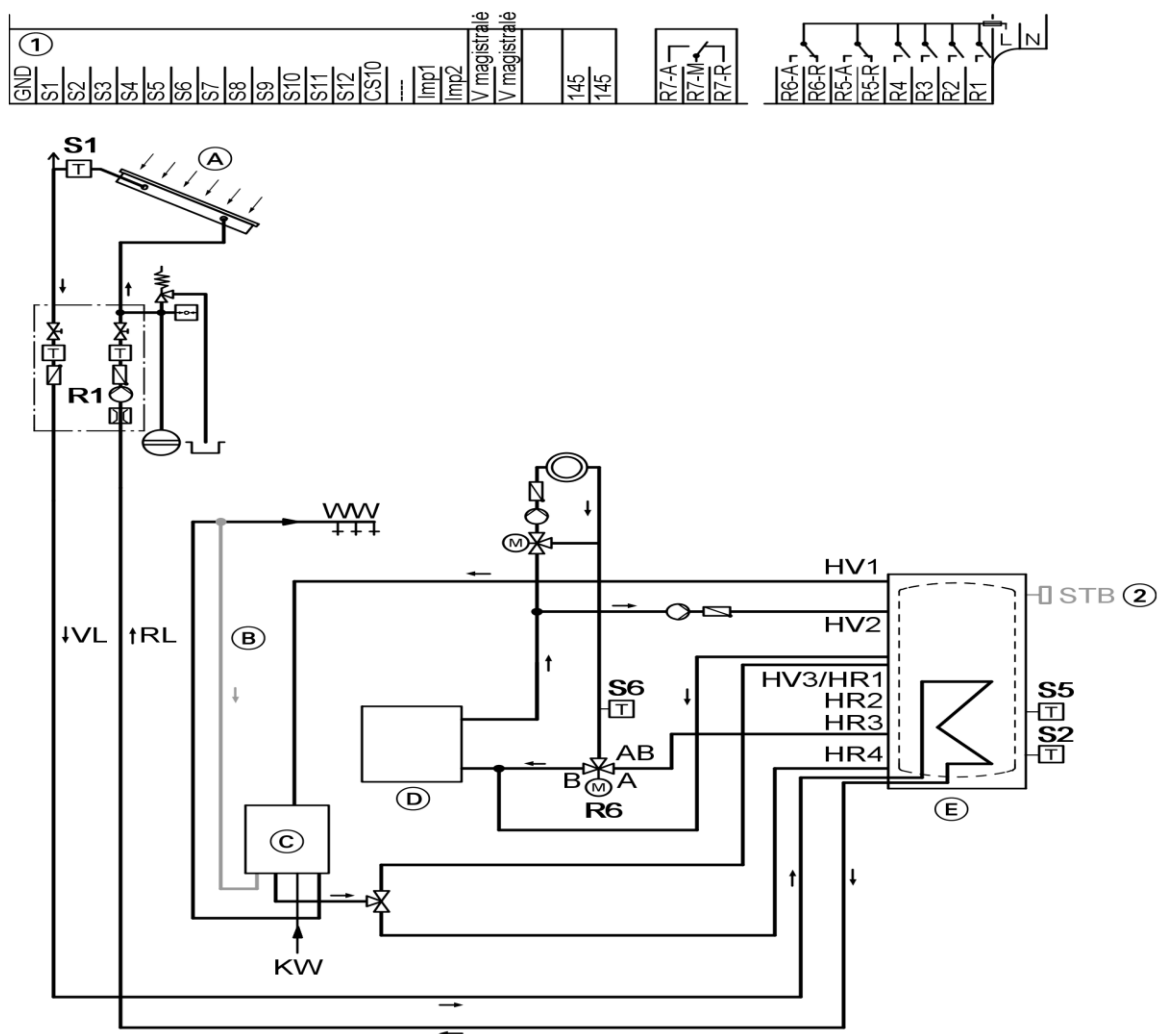
3.2 lentelė. Vitosol 200-T $4\text{x}2\text{m}^2$ sistemai reikalingi įrenginiai

Pozicija schemoje	Pavadinimas	Kiekis, vnt.
	Buferinio šildymo vandens indo saulės energija reguliavimas:	
1	Vitosolic 200	1
S1	Kolektorių temperatūros jutiklis	1
S2	Vandens šildytuvo temperatūros jutiklis	1
R1	Saulės kolektorių įrangos apytakos rato siurblys	1
2	Apsauginis temperatūros ribotuvas	1
	Patalpų šildymo saulės energija reguliavimas:	

S5	Temperatūros jutiklis (buferinis indas), išskrovimas	1
S6	Grižtamojo vandens temperatūros jutiklis (šildymo apytakos ratas)	1
R6	3 krypčių perjungimo vožtuvas	1

Karšto vandens ruošimas naudojant saulės energiją panaudojimo pavyzdys

Kai temperatūros skirtumas tarp kolektorių temperatūros jutiklio S1 ir vandens šildytuvo temperatūros jutiklio S2 yra didesnis nei įjungimo temperatūros skirtumas $\Delta T_{ij.}$, įjungiamas saulės kolektorių įrangos apytakos rato cirkuliacinis siurblys R1, 3.2 pav.



3.2 pav. Montażinė schema vandens šildymui ir patalpų šildymui. **A** – Saulės kolektoriai, **B** – Cirkuliacija, **C** – Šviežio vandens modulis, **D** – Šildymo katilas, **E** – Buferinis šildymo vandens indas.

Saulės kolektorių įrangos apytakos rato siurblys R1 išjungiamas pagal tokius kriterijus:

- Kai temperatūrų skirtumas nukrenta žemiau $\Delta T_{išj.}$.

- Kai viršijama regulatoriaus elektroninio temperatūros ribotuvo temperatūra (maks. ties 95 °C) arba apsauginiu temperatūros ribotuvu (jei reikia) nustatyta temperatūra.

Jeigu saulės spinduliuotės pakanka geriamojo vandens šildymui, visą buferinį šildymo vandens indą šildo saulės kolektorių įranga. Šildymo katilas papildomai pašildo viršutinę buferinio šildymo vandens indo dalį tik tada, jeigu nepasiekiami katilo apytakos rato reguliatoriuje nurodyta nustatytoji temperatūra. Jeigu saulės energijos nepakanka, buferinis šildymo vandens indas saulės energija pašildomas, o viršutinėje dalyje šildymo katilu pabaigiamas šildyti iki pageidaujamos temperatūros.

Patalpų šildymas naudojant saulės energiją

Jeigu temperatūros skirtumas tarp buferinio indo temperatūros jutiklio S5 ir šildymo apytakos rato grįžtamojo vandens temperatūros jutiklio S6 yra didesnis nei temperatūros skirtumas $\Delta T_{6_{ij}}$, perjungimo vožtuvas R6 perjungimas į padėtį „AB-A“; grįžtamasis šildymo apytakos rato vanduo į šildymo katilą nukreipiamas per buferinį indą 3.2 pav.. Jeigu taip pašildyto grįžtamojo vandens temperatūra nepakankama, šildymo katilas jį pašildo iki reikalingos paduodamo vandens temperatūros. Kai temperatūros skirtumas nukrenta žemiau $\Delta T_{6_{ij}}$, vožtuvas perjungiamas į padėtį „AB-B“.

3.3 Namų šilumos ūkio universalus valdiklis

Šilumos ūkui valdyti pasirinktas universalus lietuvių gamintojų sukurtas valdiklis. Valdiklio meniu leidžia pačiam vartotojui lengvai reguliuoti įrenginį pagal savo poreikius ir turimus prietaisus namų šilumos ūkio sistemoje. Valdymas atliekamas per universalias funkcijas ir per jau sukurtus algoritmus:

- Akumuliacinės talpos valdymas
- Cirkuliacinių siurblių valdymas
- Vožtuvų valdymas
- Vėjo elektrinės valdymas
- Saulės kolektorių valdymas
- Saulės elektrinės įkroviklio ir srovės keitiklio valdymas
- Šilumos siurblio valdymas
- Kita

Valdiklis turi galimybę turėti iki 24 išėjimų. Prie valdiklio jungiasi 40 skaitmeninių temperatūros daviklių DS1820. Valdiklis turi LCD ekraną kuriame vartotojui informacija pateikiama lietuvių kalba.

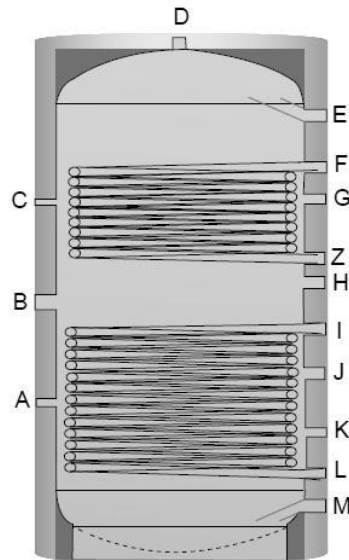
Valdiklio specifikacija

Maitinimas: 10-16V AC/DC, sunaudojama galia iki 2,6W su papildomu displejumi iki 3,5W. Programuojamu išėjimų skaičius iki 24. Išėjimų apkrovos srovė 2A kiekvienam, bet bendra kontrolerio apkrovų srovių suma 10A. Analoginiai jėjimai 0 arba 1.

Šis universalus valdiklis sukurtas taip, kad žmogui būtų paprastą valdyti šilumos ūkį kelių mygtukų paspaudimu. Sistemos ergonominis valdymas suteikia visą informaciją valdiklio ekrane. Avariniai signalai taip pat perduodami į valdiklio ekraną.

3.4 Akumuliacinė talpa AK-SOLAR2 800 litrų

Akumuliacinė talpa pagaminta Vokietijoje iš aukštos kokybės S235JRG2 plieno, pagal DIN 4753 ir Euro standartą EN 12897. Darbinė temperatūra 95 °C, šilumokaičiuose 110 °C. Yra 2 šilumokaičiai: saulės kolektoriams ir šilumos siurbliui. Taip pat numatyta papildoma vieta elektriniam šildytuvui.



3.3 pav. Akumuliacinė talpa AK-SOLAR2 800litrų

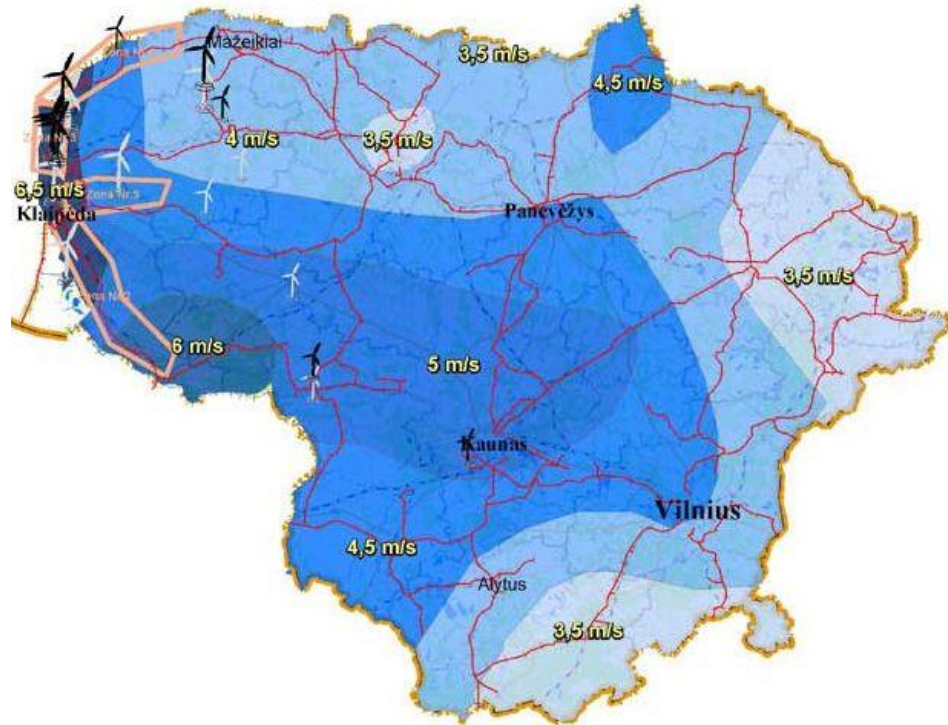
3.5 Šilumos siurblys su vidiniu bloku HU091.U41 ir išoriniu bloku HN0914.NK1

Šilumos siurblys pasižymi 8,54kW šildymo ir 9,00kW šaldymo galingumu. Naudingumo koeficientas 4,09. Suvartojamos elektros energijos kiekis šildant 2088W, šaldant 2200W.



3.4 pav. Šilumos siurblys su vidiniu bloku HU091.U41 ir išoriniu bloku HN0914.NK1

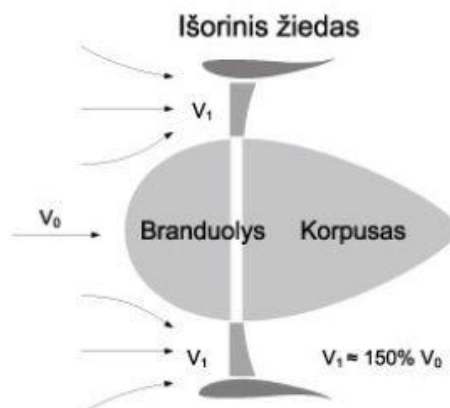
3.6 Vėjo elektrinės parinkimas



3.5 pav. Vidutinis vėjo greitis Lietuvoje 2012m.

Vidutinis vėjo greitis pasirinktoje statomos vėjo elektrinės vietoje (Klaipėdos raj., Gargždai) yra 6.5 m/s.

Vartojamos energijos poreikis $230m^2$ name su 20% elektros energijos rezervu yra 748,65kWh per mėnesį, 8983,8kW per metus.



3.6 pav. Vėjo turbinos schema

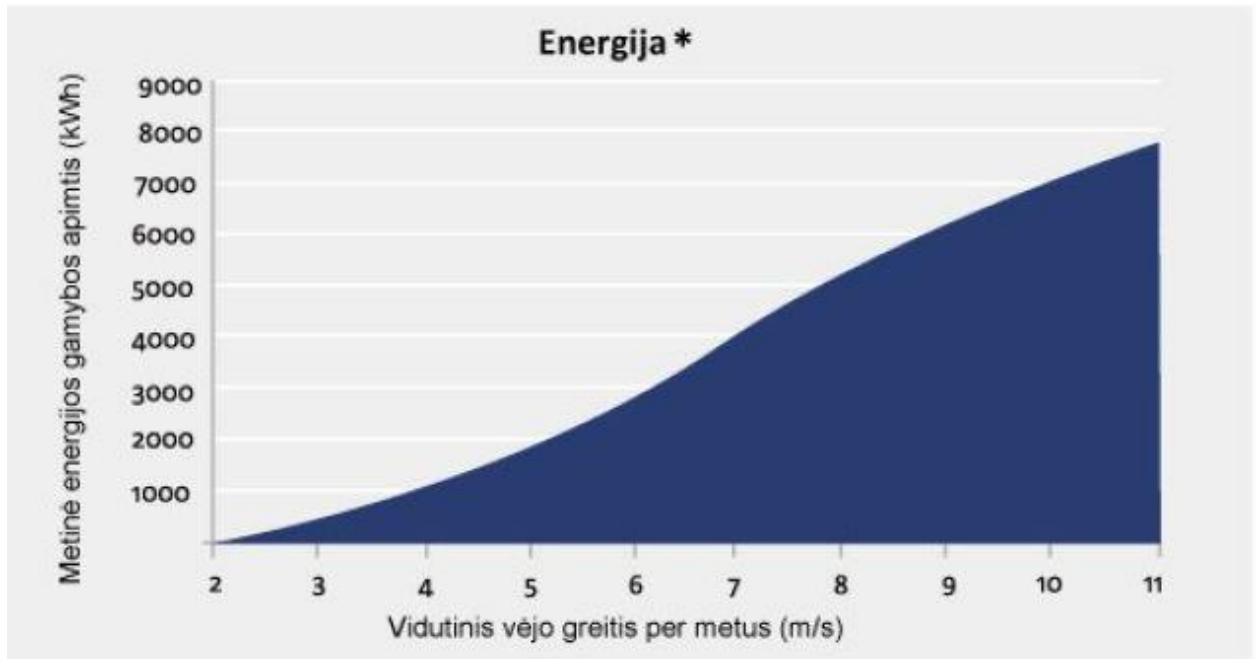
Pasirinkta vėjo elektrinė WINDcore 1,5kW. Vėjo elektrinė pasirinkta remiantis techninėmis charakteristikomis.

3.3 lentelė. Vėjo turbinos techninė specifikacija

Galia	
Nominali galia	1,5kW
Nominalus vėjo greitis	12,5 m/s
Pradinis greitis	1,8 m/s
Kritinis vėjo greitis	25 m/s
Rotorius	
Menčių diametras	1,5m
Menčių skaičius	8
Išorinio žiedo diametras	1,89m
Sukimosi greitis	400rpm
Generatorius	
Generatoriaus tipas	Sinchroninis pastovus magnetas
Jungimas į tinklą	Per inverterį
Kontrolės ir apsaugos sistema	
Sukimosi greičio kontrolė	Menčių pokrypio reguliavimas
Galios ribojimas	Pokrypio reguliavimas
Pagrindinis stabdis	Menčių pokrypio reguliavimas
Avarinis stabdis	Elektromagnetinė stabdymo sistema
Krypties kontrolės sistema	Pasyvus krypties reguliavimas
Turbinos kontroleris	Mikroprocesoriais išmanusis kontroleris
Monitoringas	
Nuolatinis monitoringas	Wipo centrinė bazinė stotis
Sistemos tvarkyklė	WiCo programinė įranga

Kita	
Garso sklaida	<35db

Šioje vėjo elektrinėje panaudota kintamojo menčių kampo technologija, paprastai diegiama didelėse vėjo turbinose gaminamos energijos optimizavimui. Įdiegta programinė įranga nuolat kontroliuoja aerodinaminio profilio kampą, sureguliuodama jį optimaliausiam darbui.



3.7 pav. Vėjo turbinos elektros energijos gamybos priklausomybė nuo vėjo

Žinodami vidutini vėjo greitį vėjo elektrinės statymo vietoje 6,5 m/s galime apytiksliai sužinoti kiek elektros energijos bus pagaminta per metus: 3000kWh, tai yra trečdalis viso individualiame namui reikalingos elektros energijos per metus.

Vėjo elektrinė buvo pasirinkta dėl didelio efektyvumo ir išskirtinai mažo dydžio, kuris yra svarbus žinant, kad alternatyvioji energija bus naudojama individualaus namo energijos poreikiams tenkinti.

WindCore dizainas su išoriniu žiedu bei lašo formos korpusu unikaliai įtakoja galią pagal gerai žinoma Bernulio principą, paspartinant ir suslegiant oro srovę, praeinančią pro turbinos mentes. To rezultatas – gaunamos galios ir bendro efektyvumo padidėjimas, lyginant su įprastine vėjo turbina.

3.7 Reikalingų energijos kaupimo elementų talpos apskaičiavimas ir parinkimas

Dėl savo savybių ir gerų charakteristikų pasirinktas GEL (gelinis) tipo akumuliatorius. Projektuojamoje vėjo jėgainės elektros sistemoje šie Gel energijos kaupimo elementai tinka dėl savo tolerancijos į gilų iškrovimą. Šis energijos kaupiklis priklauso VRLA energijos kaupiklių grupei, kuri pasižymi hermetizuota konstrukcija dėl kurios nesvarbu koku kampu laikysime akumuliatorių.

Pasirinkto energijos kaupiklio specifikacija:

3.4 lentelė. Gelinio tipo akumuliatorius 12V 500Ah

1	Ilga tarnavimo trukmė: nuo 10 iki 18 metų
2	Platus darbinės temperatūros diapazonas
3	Gilaus išsikrovimo galimybė
4	Reguliuojamos sistemos apsauginis vožtuvas
5	Priežiūros nereikalaujantis aptarnavimas

Vėjo elektrinės akumuliatorių parinkimo skaičiuojamoji dalis

GEL akumuliatoriaus 12V 500Ah atiduodama galia:

$$P = 12 \cdot 500 = 6kW \quad (3.1)$$

Savaitei reikalingas elektros energijos rezervas:

230m² namo elektros vartotojai suvartoja 623,88kWh elektros energijos. Reikalingas elektros energijos rezervas yra 20%, tai:

$$623,88 \cdot 20\% = 124,77 \text{ kWh} \quad (3.2)$$

Reikalingas energijos kaupiklių kiekis:

$$\frac{124,77}{6kW} = 21 \text{ vnt} \quad (3.3)$$

Reikalingų energijos kaupiklių skaičius yra 21vnt. Šių energijos kaupiklių užtektų savaitei laiko esant 0,0m/s vėjui (kai vėjo elektrinė negeneruoja elektros energijos).

3.8 Srovės keitiklis 12v - 220v 6000W

Srovės keitiklis skirtas konvertuoti elektros srovę iš 12V į mums reikalingą 220V įtampos srovę. Šis srovės keitiklis pasirinktas dėl savo charakteristikų ir galingumo. Vėjo elektrinė pasirinkta 1,5kW, remiantis vėjo elektrinės generatoriaus atiduodama 218V įtampa šis srovės keitiklis atitiko reikiamus parametrus.

3.5 lentelė. Srovės keitiklio specifikacija:

Įeinanti srovė	11 - 15 V DC
----------------	--------------

Išeinanti srovė	230 V
Dažnis	50Hz
Modifikuotos bangos	-
Apsauga	32x 30 A
Akumuliatorių atjungimas	10,5 V

3.9 Įkrovimo reguliatorius VRp – 5500W

Įkrovimo reguliatorius atsakingas už akumuliatoriaus įkrovimą. Regulatorius apsaugo baterijas nuo perkrovimo, virš įtampių dėl kurių gali sumažėti akumuliatoriaus veikimo laikotarpis. Pagrindinė šio įkrovimo reguliatoriaus funkcija yra apsaugoti akumuliatorių nuo visiško iškrovimo ir perkrovimo. Šis įkrovimo reguliatorius buvo pasirinktas dėl vėjo elektrinės generatoriaus atiduodamos 218V įtampos. Šio reguliatoriaus darbinė įtampa 184-264V kintamos srovės.

3.6 lentelė. Įkrovimo reguliatorius VRp – 550 *specifikacija:*

Vardinė įtampa	230 V AC
Darbinė įtampa	184-264 V kintamosios srovės
Nominalus dažnis	47 ~ 63 Hz
Energijos vartojimo efektyvumą	96%

IV. Gyvenamųjų patalpų energetinis eksperimentinis tyrimas ir gautų rezultatų analizavimas

Tyrimui pasirinktas 30 m² kambarys su individualiu kolektoriniu autonominiu šildymu su reguliavimo prietaisais, leidžiančiais vartotojui reguliuoti patalpų vidaus temperatūrą pagal poreikius. Eksperimento metu tiriamas patalpų įšilimo ir atvėsimo procesas šildant kolektoriniu autonominiu šildymu. Taip pat naudojant natūralią ventiliaciją bus pakartotas patalpų šildymo ir vėsimo eksperimentas. Tyrimas bus atliekamas remiantis termovizoriaus FLIR T335, šilumos skaičiuko, elektroninio vidaus termometro duomenimis.

4.1 Tyrimo metu naudojami prietaisai

- Termovizorius FLIR T335



Tai nedidelis ir funkcionalus termovizorius. Patogus naudoti dėl sukiojamo infraraudonųjų spindulių modulio. Naudojimas paprastas ir prieinamas paprastam vartotojui.

4.1 lentelė. Termovizoriaus FLIR T335 techninės charakteristikos

didelis 3.5" priliečiamas (<i>Touch screen</i>) spalvotas skystųjų kristalų ekranas
temperatūros matavimo diapazonas: -20 °C ÷ +650 °C
paklaida: ±2 °C, ±2%
regos laukas/ min. fokusavimo atstumas: 25° x 19° / 0,4 m
šiluminis jautris (NETD): 0,05°C prie 30°C
sukiojamas infraraudonųjų spindulių modulis (patogu dirbti bet kokioje situacijoje)
integruota 3,1 MPix video kamera su pašvietimu, spalvota
emisijos koeficientas: 0,01 ÷ 1,00
aplinkos darbo temperatūra: -15 °C ÷ +50 °C

- Apskaitos prietaisas RAY Diehl metering heatmeter



Šis šilumos apskaitos prietaisas naudojamas plačiausiai dėl savo patikimumo ir ilgaamžiškumo.

4.2 lentelė. Techninės charakteristikos

Temperatūros diapazonas nuo 5 iki 90 °C
Darbinė temperatūra nuo 0 iki 55 °C
Nominalus darbinis spaudimas 16bar
Montavimo pozicija pagal poreikį

- Radiatorius Delonghi 150x300x1400



Plieninis Delonghi radiatorius: plotis – 150mm, aukštis – 300mm, ilgis – 1400mm.

Maksimalus galingumas 2572W.

Šilumos atidavimo galingumas 1800W.

- Elektroninis temperatūros matuoklis

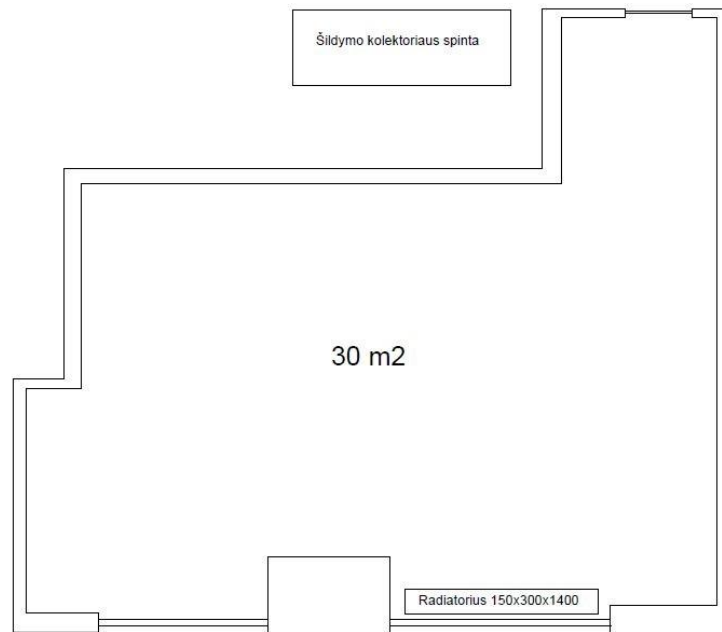


Elektroninis temperatūros matuoklis skirtas vidaus ir išorės temperatūrai matuoti.

Paklaida iki 0,1 °C.

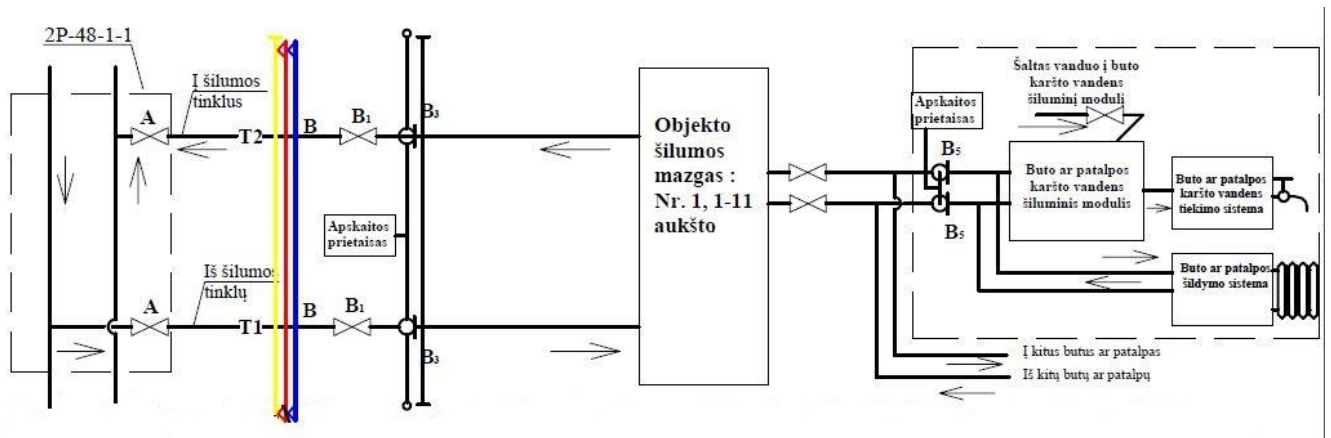
4.2 Eksperimento atlikimo vietos aprašymas

Tyrimui pasirinktas gyvenamojo daugiabučio namo butas su kolektorinio autonominio šildymo sistema. Dėl individualaus šildymo modulių bute šildytis galima po šildymo sezono pabaigos. Tyrimas buvo atliekamas gegužės mėnesį. Patalpos brėžinys pateiktas 4.1 pav.



4.1 pav. Eksperimento vietos brėžinys

Patalpoje yra dveji langai, kurių bendras plotas $9,4 \text{ m}^2$ ir vienos laukinės durys į koridorių kurio temperatūrą lygi tiriamoms patalpoms. Patalpai išildyti skirtas Delonghi $150 \times 300 \times 1400$ radiatorius, kurio maksimali galia 2572 W . 4.2 pav. pateikiama patalpų šildymo ir karšto vandens ruošimo schema.



4.2 pav. patalpų šildymo ir karšto vandens ruošimo schema:

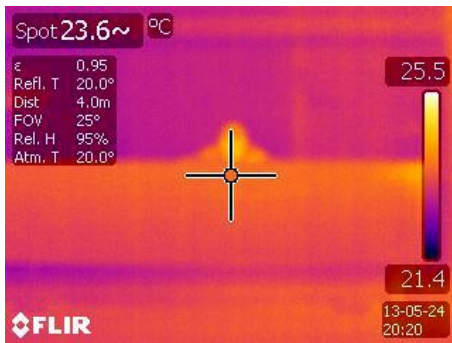
T1, T2 – Šilumnešio tinklai į ir iš objekto šilumos punkto įrenginių, A – sklendės šilumos kame-
roje, B – šilumos įvadas į šilumos punktą, B1 – įvadinės sklendės pieš šilumos apskaitą, B3 – įvadi-
nės šilumos apskaitos įrenginio vieta, B5 – patalpos kontrolinės šilumos apskaitos įrengimo vieta;

4.3 Patalpos šildymas ir atvėsinimas naudojant natūralią ventiliaciją. Tyrimo eiga

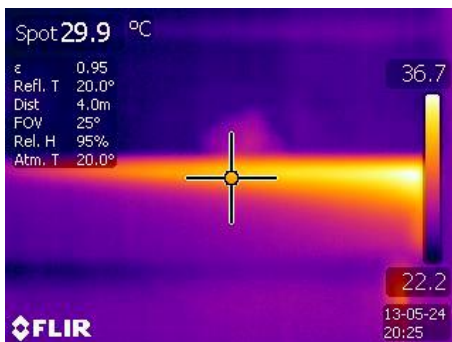
Eksperimentas atliktas gegužės mėnesį, kai vidaus patalpų temperatūra 23,4 °C. Dėl aukštos vi-
daus temperatūros matavimai buvo atliekami kas 5 min. Trumpų matavimų dėka pastebėti neryškus
temperatūrų svyravimai. Kas 5 minutes fiksuojami duomenis: vidaus patalpų temperatūra, suvartotas
energijos kiekis, aukščiausia ir žemiausia temperatūra. Visi matavimai pateikti 5.1 lentelėje.

Matavimų atlikimo eiga:

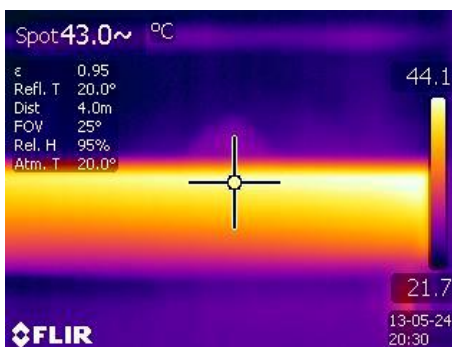
1 matavimas – Termovizoriaus nuotrauka, skaičiuko rodmuo, temperatūros matuoklis



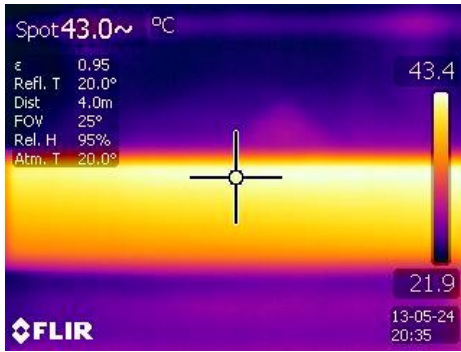
2 matavimas



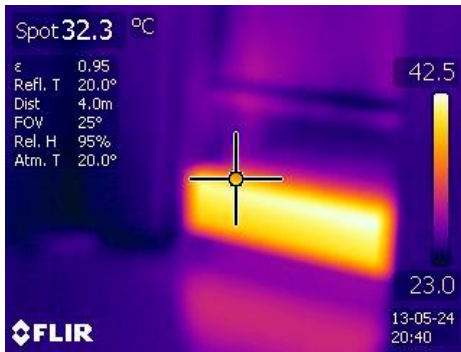
3 matavimas



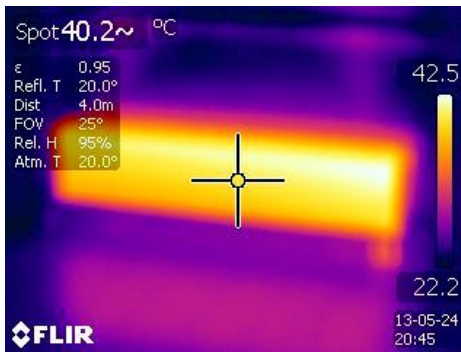
4 matavimas



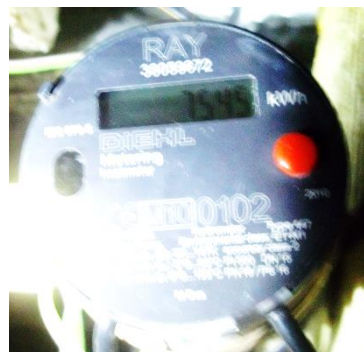
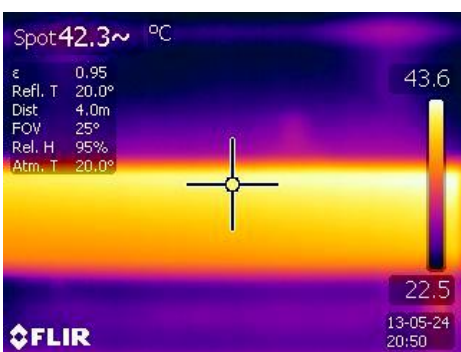
5 matavimas



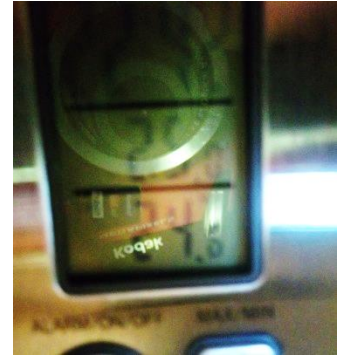
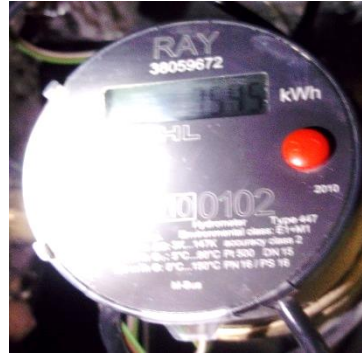
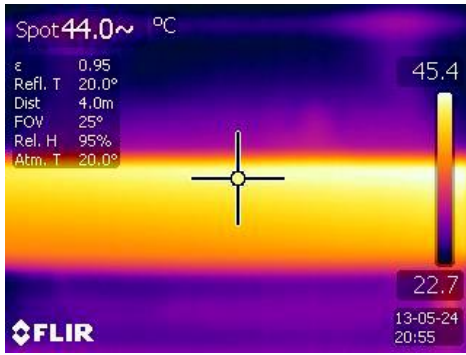
6 matavimas



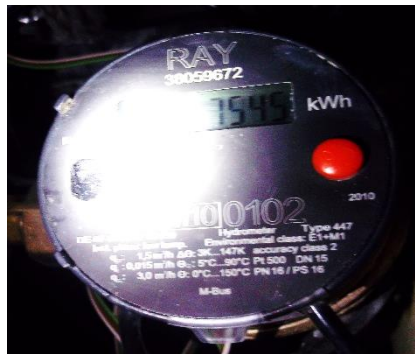
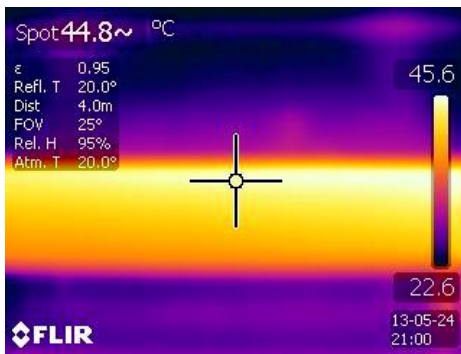
7 matavimas



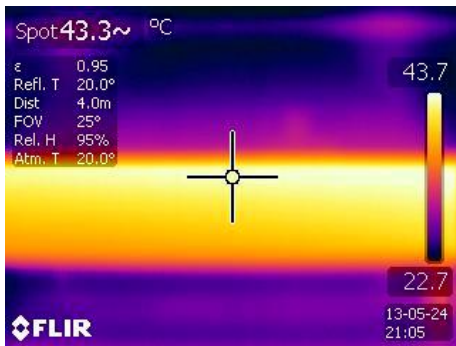
8 matavimas



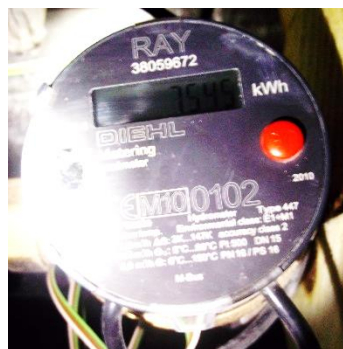
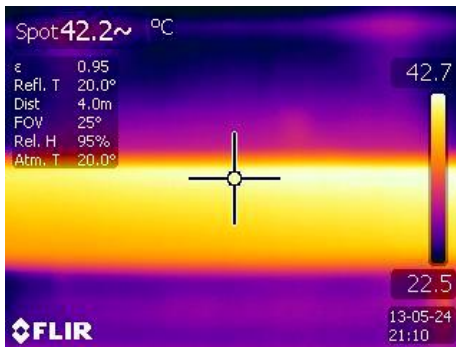
9 matavimas



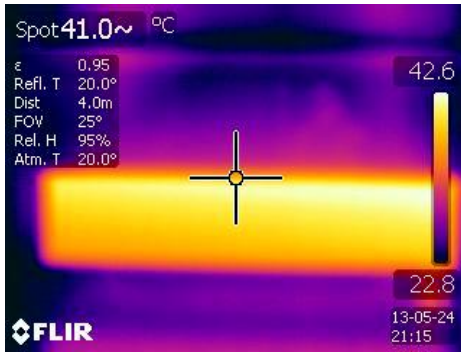
10 matavimas



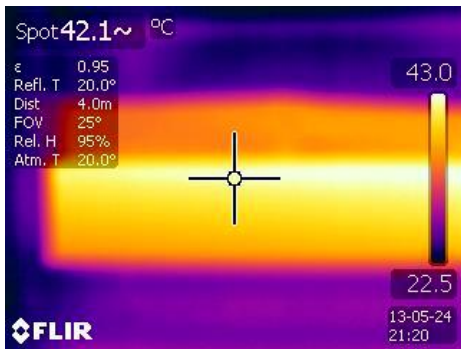
11 matavimas



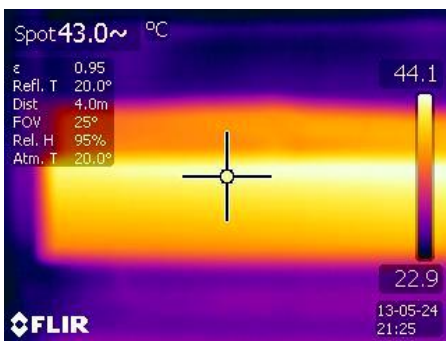
12 matavimas



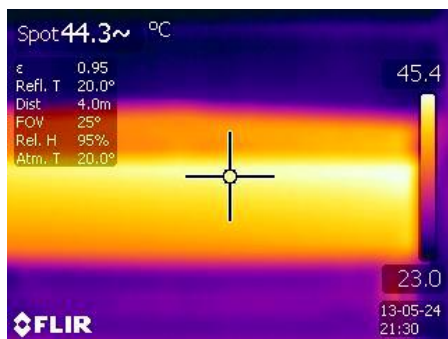
13 matavimas



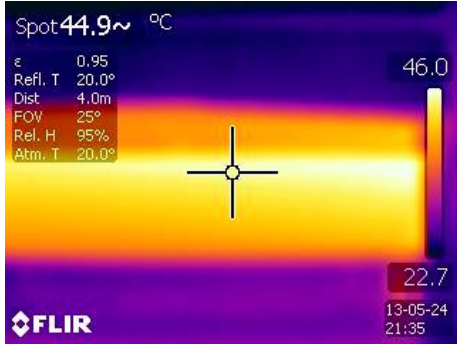
14 matavimas



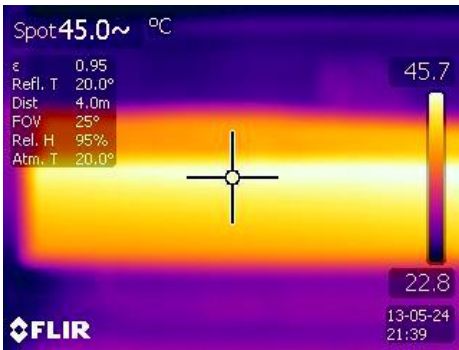
15 matavimas



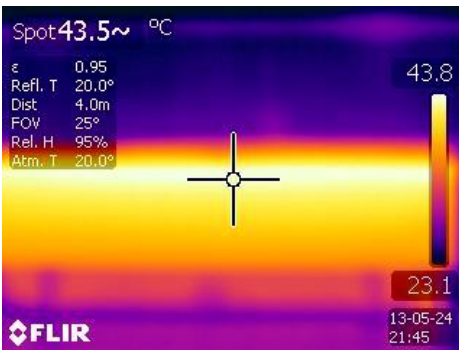
16 matavimas



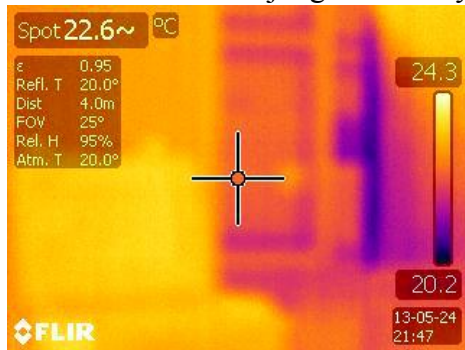
17 matavimas



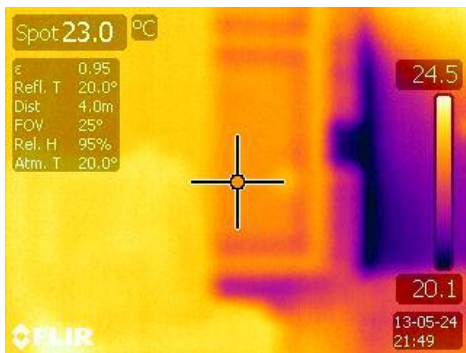
18 matavimas



19 matavimas – atjungiamas šildymas, natūralios ventiliacijos matavimai



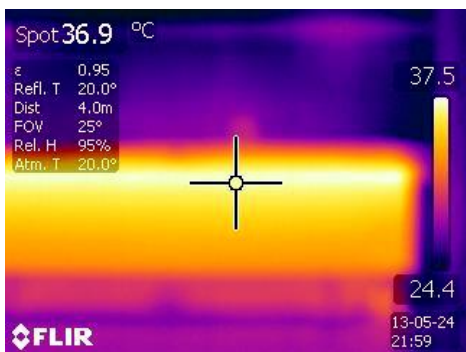
20 matavimas



21 matavimas



22 matavimas



4.4 Radiatoriaus šiluminio našumo skaičiavimas

Šiluminis našumas paviršinei temperatūrai ΔT :

$$\Delta T = \frac{t_1 - t_2}{\ln\left(\frac{t_1 - t_r}{t_2 - t_r}\right)}, \quad (4.1)$$

$$\Delta T = \frac{70 - 55}{\ln\left(\frac{70 - 24}{55 - 24}\right)} = 38,01 K;$$

Čia ΔT – šiluminis našumas kitai paviršinei temperatūrai, K;

t_1 – maksimali šilumnešio temperatūra, 70 °C;

t_2 – minimali šilumnešio temperatūra, 55 °C;

t_r – norima vidaus temperatūra, 24 °C;

Radiatoriaus šiluminis našumas:

$$\Phi = \Phi_s \left(\frac{\Delta TK}{50K} \right)^{1.3}, \quad (4.2)$$

$$\Phi = 2572 \left(\frac{38,01}{50K} \right)^{1.3} = 1800W;$$

Čia n-naudingumo koeficientas;

Φ_s – Radiatoriaus galingumas, 2572W;

4.5 Eksperimentinio tyrimo metu gautų duomenų analizė

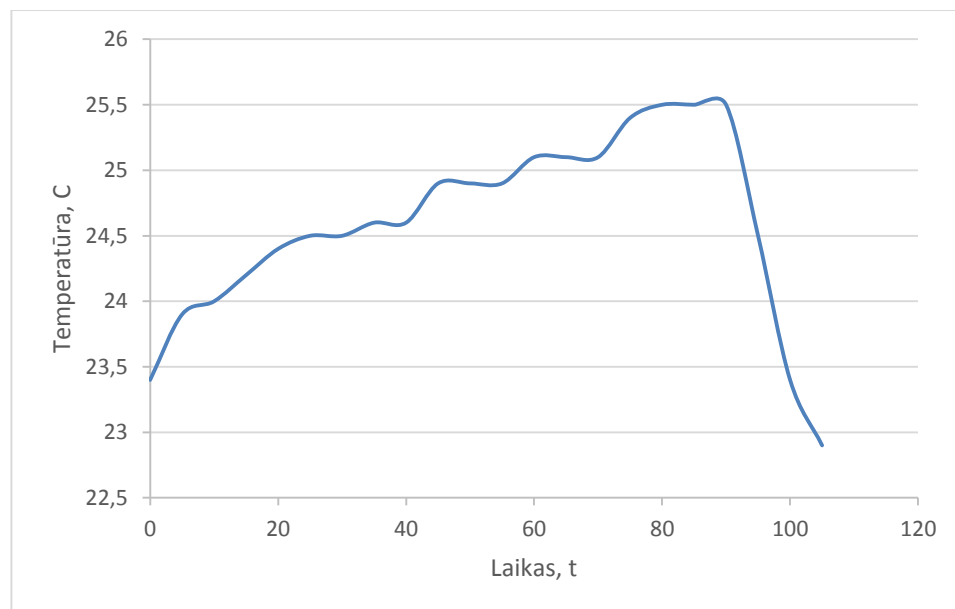
Eksperimento metu gauti duomenys pateikti 4.3 lentelėje. Matavimų rezultatai pateikiami eilės tvarka pagal jų išmatavimo laiką.

4.3 lentelė. Tyrimo rezultatai

Eil. Nr.	Laikas, min	Temperatūra, °C	Sunaudota šilumos energija, kWh	Aukščiausia radiatoriaus temperatūra, °C (Termovizoriaus duomenys)	Žemiausia temperatūra, °C (Termovizoriaus duomenys)
1	0	23,4	7544	25,5	21,4
2	5	23,9	7544	36,7	22,2
3	10	24,0	7544	44,1	21,7
4	15	24,2	7545	43,4	21,9
5	20	24,4	7545	42,5	23,0
6	25	24,5	7545	42,5	22,2
7	30	24,5	7545	43,6	22,5
8	35	24,6	7545	45,4	22,7
9	40	24,6	7545	45,6	22,6
10	45	24,9	7545	43,7	22,7
11	50	24,9	7545	42,7	22,5
12	55	24,9	7545	42,6	22,8
13	60	25,1	7545	43,0	22,5
14	65	25,1	7545	44,1	22,9
15	70	25,1	7545	45,4	23,0

16	75	25,4	7545	46,0	22,7
17	80	25,5	7546	45,7	22,8
18	85	25,5	7546	43,8	23,1
Išjungiamas šildymas ir atidaromas langas					
19	90	25,5	7546	42,2	22,8
20	95	24,5	7546	41,1	22,1
21	100	23,4	7546	39,0	21,0
22	105	22,9	7546	37,5	20,4

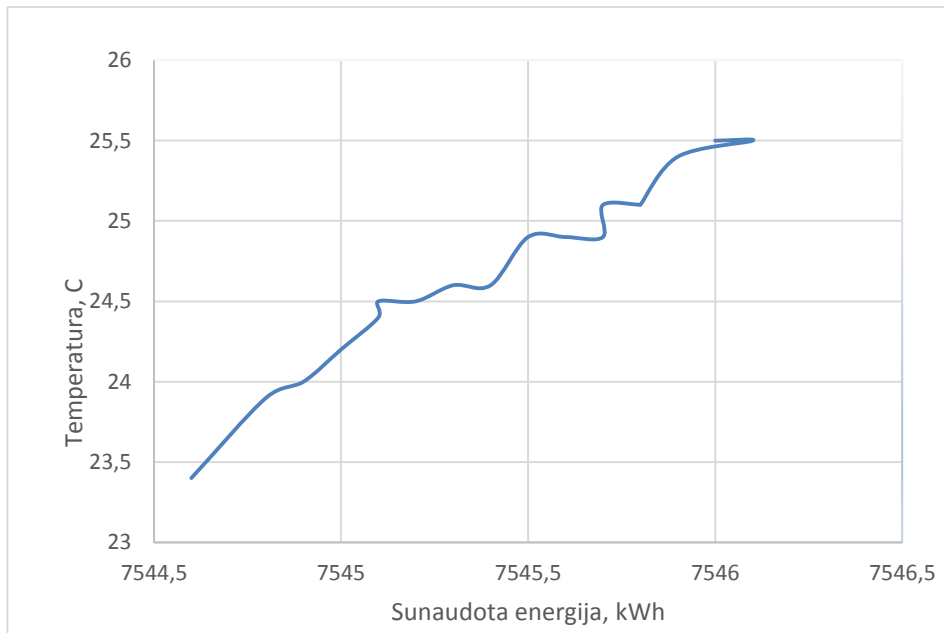
Pateikiamas temperatūros kilimo ir kritimo grafikas 4.3 pav. Temperatūros kilimas didėja tolygiai, nuo +0,1 iki +0,2 °C kas 5 min. Radiatoriaus vidutinė darbinė temperatūra tyrimo metu 42,57 °C. Maksimalia temperatūrą radiatorius pasiekė per pirmąsias 10 min. Šie matavimai patvirtina, kad šildymo elementui pasiekus darbinę temperatūrą patalpa šyla tolygiai.



4.3 pav. Temperatūros kilimo ir kritimo kreivė

Išjungus šildymą po 90 min. ir atidarius langą, natūrali ventiliacija, patalpos temperatūrą į pradinę vertę grąžina per pirmąsias 18 min. Radiatorius vidutinės darbinės temperatūros netenka per pirmąsias 5 min.

Patalpos temperatūra pakelti 1,2 °C buvo sunaudota 1 kWh šilumos energijos 4.4 pav. ir tai užtruko 65 min.



4.4 pav. Energijos sąnaudų priklausomybė nuo temperatūros pokyčio

4.4 lentelėje pateikiamas galimas temperatūros kilimo laikas ir energijos suvartojimo kiekis užsitęsus bandymams.

4.4 lentelė. Galimas energijos sąnaudų ir temperatūros pokytis

Eil. Nr.	Laikas, min	Temperatūros pokytis, °C	Suvalgotas energijos kiekis, kWh
1	65	1,2	1
2	130	2,4	2
3	195	3,6	3
4	260	4,8	4
5	225	6,0	5
6	290	7,2	6
7	355	8,4	7

Išvados

1. Gruodžio mėnesį alternatyvioji energija gali patenkinti iki 40% elektros energijos iki 10% šilumos energijos. Balandžio, gegužės, birželio, liepos, rugpjūčio mėnesiais galima patenkinti iki 80% reikiamos šilumos energijos, tačiau šiltuoju metu laiku šilumos poreikis sumažėja arba visai nereikalingas. Elektros energijos gamyba visus metus išlieka pastovi – 40% visos reikiamos elektros energijos.
2. Esant 6,5m/s vėjo greičiui 1,5kW vėjo elektrinė pagamina iki 3000kWh elektros energijos, o tai yra 33% visos reikiamos elektros energijos.
3. Saulės kolektorių pagaminama šiluminė energija 6624 kWh.
4. Alternatyvios energijos gamybos sistema turi susidėti iš kelių skirtingų sistemų, nes vien saulės kolektoriais ar vėjo elektrine galima patenkinti tik labai nedidelę dalį energijos.
5. Per 5 min. patalpos temperatūra kinta nuo +0,1 iki +0,2 °C laipsnio.
6. Radiatoriaus darbinė vidutinė temperatūra 42,57 °C. Maksimali darbinė temperatūra pasiekama per pirmąsias 10 min.
7. Atjungus šildymą natūralios ventiliacijos pagalba pradinė temperatūra pasiekama per 18 min.
8. Pakelti temperatūrą 1,2 °C laipsnio suvartojama 1 kWh energijos.

Literatūros sąrašas

- [1] Isevičius E. 2007. Oro Kondicionavimas. Kaunas: Technologija.
- [2] Juodis E. 1998. Vėdinimas. Vilnius: Enciklopedija
- [3] STR 2.09.04:2002. Pastato šildymo sistemos galia. Energijos sąnaudos šildymui. Vilnius
- [4] STR 2.01.09:2005. Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas
- [5] Kalkan N. 2012. Užsienio duomenų bazė: straipsnis [interaktyvus], [žiūrėta 2013m. balandžio 10 d.]. Prieiga per internetą: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112004558>>.
- [6] Ferhatbegovic T. 2012. Užsienio duomenų bazė: straipsnis [interaktyvus], [žiūrėta 2013m. balandžio 10 d.]. Prieiga per internetą:< <http://ezproxy.biblioteka.ku.lt:2076/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6237203&queryText%3DModelling+and+design+of+a+linear+predictive+controller+for+a+solar+powered+HVAC+system>>.
- [7] Raisul Islam M. 2013. Užsienio duomenų bazė: straipsnis [interaktyvus], [žiūrėta 2013m. balandžio 10 d.]. Prieiga per internetą:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112005084>>.
- [8] Ozgener O. 2010. Užsienio duomenų bazė: straipsnis [interaktyvus], [žiūrėta 2013m. balandžio 11 d.]. Prieiga per internetą:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544209004046>>.
- [9] Kusiak A. 2011. Užsienio duomenų bazė: straipsnis [interaktyvus], [žiūrėta 2013m. balandžio 11 d.]. Prieiga per internetą:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544211000314>>.
- [10] Emmerich S.J. 2011. Užsienio duomenų bazė: straipsnis [interaktyvus], [žiūrėta 2013m. balandžio 11 d.]. Prieiga per internetą:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778811001691>>.
- [11] Yang R. 2012. Užsienio duomenų bazė: straipsnis [interaktyvus], [žiūrėta 2013m. balandžio 11 d.]. Prieiga per internetą:< <http://ezproxy.biblioteka.ku.lt:2076/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6281687&queryText%3DOptimal+Control+Strategy+for+HVAC+System+in+Building+Energy+Management>>.
- [12] Sun B. 2010. Užsienio duomenų bazė: straipsnis [interaktyvus], [žiūrėta 2013m. balandžio 11 d.]. Prieiga per internetą: < <http://ezproxy.biblioteka.ku.lt:2076/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=5584665&queryText%3DAn+Integrated+Control+of+Shading+Blinds%2C+Natural+Ventilation%2C+and+HVAC+Systems+for+Energy+Saving+and+Human+Comfort>>.
- [13] Luo Z. 2007. Užsienio duomenų bazė: straipsnis [interaktyvus], [žiūrėta 2013m. balandžio 11 d.]. Prieiga per internetą: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132306001193>>.
- [14] Eugenijus P. 2007. Karšto vandens ruošimo naudojant saulės kolektorius efektyvumo tyrimai. Kaunas: Energetika.

Priedai

1 priedas

1 lentelė. Į patalpas pritekančios šilumos Q_{hg} , kWh, panaudos koeficientas, η_0

Taikoma priemonė		Panaudos koeficientas, η_0
Nėra patalpos šildymo prietaisų reguliavimo įtaisų		0,1
Šildymo sistema <u>nereguliuojama</u> pagal išorės temperatūrą	Rankinis patalpos šildymo prietaisų reguliavimas, reguliuojant retai	0,1
	Rankinis patalpos šildymo prietaisų reguliavimas, reguliuojant nuolatos	0,2
	Patalpos šildymo prietaisų reguliavimas termostatiniais ventiliais	0,7
Šildymo sistema <u>reguliuojama</u> pagal išorės temperatūrą	Rankinis patalpos šildymo prietaisų reguliavimas, reguliuojant retai	0,3
	Rankinis patalpos šildymo prietaisų reguliavimas, reguliuojant nuolatos	0,5
	Patalpos šildymo prietaisų reguliavimas termostatiniais ventiliais	0,8

2 priedas

1 lentelė. Vidutinės išorės oro temperatūros

Vietovė	Mėnuo												Šildymo sezono		Metinė
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	<10 °C	<8 °C	
Biržai	-5,7	-5,2	-1,2	5,5	12,1	15,7	16,7	15,9	11,4	6,7	1,5	-3,2	0,1	-0,8	5,9
Telšiai	-4,7	-4,4	-0,9	4,8	11,2	14,9	16,4	15,7	11,5	7,0	1,7	-2,3	0,7	-0,2	5,9
Šiauliai	-5,1	-4,7	-1,0	5,2	11,8	15,5	16,7	16,1	11,7	7,0	1,8	-2,6	0,6	-0,3	6,0
Panevėžys	-5,3	-4,7	-0,6	5,6	12,3	15,7	17,1	16,2	11,7	6,9	1,9	-2,9	0,4	-0,4	6,2
Klaipėda	-2,8	-2,6	0,3	5,0	10,6	14,3	16,6	16,8	13,3	9,0	3,9	-0,1	1,9	1,0	7,0
Vėžaičiai	-4,0	-3,7	-0,4	5,1	11,3	14,9	16,3	15,9	11,9	7,6	2,5	-1,5	1,2	0,3	6,3
Laukuva	-5,3	-4,7	-1,2	4,8	11,3	14,9	16,1	15,5	11,2	6,7	1,4	-2,8	0,5	-0,5	5,7
Utena	-6,0	-5,2	-1,2	5,5	12,2	15,6	16,8	15,9	11,4	6,6	1,4	-3,2	0,1	-0,8	5,8
Dūkštas	-6,8	-5,9	-1,9	5,2	12,1	15,5	16,8	15,9	11,2	6,2	0,9	-3,8	-0,3	-1,2	5,5
Dotnuva	-5,4	-4,7	-0,8	5,6	12,3	15,8	17,0	16,4	11,8	6,9	1,7	-2,5	0,1	-0,4	6,2
Raseiniai	-5,4	-4,7	-1,0	5,3	11,7	15,2	16,4	15,8	11,5	6,8	1,6	-2,8	0,5	-0,1	5,9
Šilutė	-3,8	-3,3	0,3	5,7	11,7	15,3	16,7	16,3	12,4	8,0	2,9	-1,1	1,5	0,7	6,8
Nida	-3,2	-2,9	-0,1	4,9	11,0	15,3	17,2	17,3	13,7	9,2	3,9	-0,1	1,6	0,8	7,2
Ukmergė	-5,7	-4,8	-0,8	5,9	12,5	15,7	16,8	16,2	11,8	7,0	1,8	-2,8	0,5	-0,4	6,1
Kaunas	-5,2	-4,3	-0,4	5,8	12,4	15,8	16,9	16,4	11,9	7,1	1,8	-2,3	0,7	0,2	6,3
Vilnius	-5,5	-4,5	-0,1	6,4	13,3	16,7	18,0	17,0	12,3	7,2	1,9	-2,2	0,2	-0,7	6,7
Kybartai	-4,4	-3,7	0,2	6,2	12,4	15,4	16,9	16,5	12,4	7,8	2,5	-1,9	1,0	0,1	6,7
Varėna	-5,8	-4,6	-0,7	6,0	12,3	15,7	16,9	16,2	11,7	6,7	1,9	-2,8	0,5	-0,5	6,1

3 priedas

1 lentelė. Nesusisiekiančių su išorės oru atitvarų pataiso koeficiento k_u vertės

Eilės Nr.	Atitvara	k_u vertė
1.	Perdangos po pastoge su skardiniu, čerpiniu, šiferiniu stogu be ruloninio pakloto; sutapdinti stogai su vėdinamu oro pasluoksniu po danga	1,0
2.	Perdangos po pastoge, kai stogas dengtas rulonine danga	0,9
3.	Sienos, durys ir langai į įstiklintą balkoną	0,8

4 priedas

1 lentelė. Vidinių šilumos šaltinių šilumos srauto tankis q , W/m^2 , patalpų grindų ploto vienetai

Pastato paskirtis	Veikimo trukmė per parą, h	Vidaus nustatytoji temperatūra, °C	Šilumos srauto tankis q , W/m^2		
	Veikimo trukmė per savaitę, paromis		Apšvietimas	Prietaisai	Žmonės
Gyvenamieji namai	24/7	20	3	2,7	2,8
Ligoninės, slaugos įstaigos	24/7	22	8	1,0 - 2,0	6,0
Pirtys ir baseinai	12/7	26	10	0,3	6,0
Senelių, vaikų namai	24/7	21	5	0,5	6,0
Bibliotekos	10/6	20	12	0,3	4,0
Maisto prekių parduotuvės	9/6	20	15	4,0	10,0
Pramoninių prekių parduotuvės	9/6	20	15	1,0	10,0
Vaikų darželiai	9/5	20	12	0,5	8,0
Viešbučiai	24/7	20	8	1,0	2,0
Sporto, fizinės kultūros salės	14/7	18	13	0,3	10,0
Įstaigos	9/5	20	12	4,0	4,0
Muziejai	8/7	20	10	0,5	2,0
Mokyklos	10/5	20	13	2,0	12,0
Įmonės	9/5	10 - 20	8	3,0	2,0

5 priedas

1 lentelė. Pataisa f šilumos pritekėjimams į patalpas dėl metų laiko, įvertinant šviesiojo paros laiko trukmę

Mėnuo	Šilumos pritekėjimams į patalpas nuo	
	Apšvietimo sistemų	Žmonių
Sausis, vasaris, lapkritis, gruodis	1,4	1,1
Kovas, balandis, rugsėjis, spalvis	0,95	1,0
Gegužė, birželis, liepa, rugpjūtis	0,6	0,85

6 priedas

1 lentelė. Karšto vandens gyvatukų ir cirkuliacinių vamzdžių skleidžiamas šilumos srauto tankis, q_{hc} , W/m

Išorinis vamzdžio skersmuo, mm	Šilumos srauto tankis, q_{hc} , W/m , kai karšto vandens temperatūra					
	60 °C	55 °C	50 °C	45 °C	40 °C	35 °C
Horizontalūs neizoliuoti atvirai pakloti metaliniai vamzdžiai						
21,3	47,3	42,0	36,8	31,5	26,3	21,0
26,8	57,8	51,3	44,9	38,5	32,1	25,7
33,5	69,0	61,3	53,7	46,0	38,3	30,7
42,3	85,5	76,0	66,5	57,0	47,5	38,0
48	95,3	84,7	74,1	63,5	52,9	42,3
60	116,3	103,3	90,4	77,5	64,6	51,7
Vertikalūs neizoliuoti atvirai pakloti metaliniai vamzdžiai						
21,3	35,3	31,3	27,4	23,5	19,6	15,7
26,8	44,3	39,3	34,4	29,5	24,6	19,7
33,5	55,5	49,3	43,2	37,0	30,8	24,7
42,3	70,5	62,7	54,8	47,0	39,2	31,3
48	80,3	71,3	62,4	53,5	44,6	35,7
60	100,5	89,3	78,2	67,0	55,8	44,7

Pastabos:

1. Vidutinis šilumos srauto tankis nuo vamzdynų apskaičiuotas, įvertinus natūralią konvekciją.
2. Patalpų temperatūra 20 °C.