



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Ernesta Matukaitė

**ALTERNATYVIOS PASTATO ŠILDYMO SISTEMOS,
NAUDOJANČIOS SAULĖS ENERGIJĄ, PROJEKTAVIMAS**

Baigiamasis bakalauro projektas

Vadovas

Doc. dr. Romas Rutkauskas

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
AUTOMATIKOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas
Doc. dr. Gintaras Dervinis

**ALTERNATYVIOS PASTATO ŠILDYMO SISTEMOS,
NAUDOJANČIOS SAULĖS ENERGIJĄ, PROJEKTAVIMAS**

Baigiamasis bakalauro projektas
Automatika ir valdymas (kodas 612H66001)

Vadovas

Doc. dr. Romas Rutkauskas

Recenzentas

Doc. dr. Kęstutis Brazauskas

Konsultantas

Doc. Renaldas Urniežius

Projektą atliko

Ernesta Matukaitė

KAUNAS, 2015

TVIRTINU:

KTU Elektros ir elektronikos fakulteto

_____ katedros vedėjas

2015.....

BAKALAURO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui:

Ernestai Matukaitei

Grupė

1. Darbo tema:

Lietuvių kalba:

Alternatyvios pastato šildymo sistemos, naudojančios saulės energiją, projektavimas

Anglų kalba:

Alternative building heating system by using solar energy.

Patvirtinta 2015 m. _____ mėn. _____ d. dekanų potvarkiu Nr. _____

2. Darbo tikslas:

Suprojektuoti saulės energijos išteklius naudojančią šildymo sistemą, papildančią klasikinę tipinę (elektra, dujos, biokuras, malkos) namo šildymo sistemą.

3. Reikalavimai ir sąlygos:

Praktikos metu surinkti ir susisteminti duomenis apie realią situaciją Lietuvos energetikos pramonėje ir problemas, išskylančias integruojant įvairias energijos rūšis.

4. Projekto struktūra:

1. Apžvelgti naudojamų alternatyvių atsinaujinančių energijos šaltinių įvairovę, jų panaudojimo ir praktinio pritaikymo aspektus.
2. Išnagrinėti netiesioginių (ir teisinių) veiksnių įtaką, integruojant alternatyvios energijos šaltinius į vieningą sistemą.
3. Apžvelgti sezoniškumo ir kitus faktorius, įvertinant galimybes šildymo sistemoje integruoti alternatyvius energijos išteklius.
4. Suprojektuoti sistemą saulės energijai sukaupti ir panaudoti šildymo reikmėms.
5. Parinkti ir pagrįsti būtinus sistemos automatikos elementus, jų sąveiką bei valdymui reikalingas komunikacijas.

5. Ekonominė dalis: Įvertinti sistemos kaštus bei atsipirkimo terminus.

6. Grafinė dalis.

Pateikti suprojektuotos sistemos brėžinius, technologines bei elektrines schemas.

7. Ši užduotis yra neatskiriama bakalauro baigiamojo projekto dalis

8. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas

iki 2015-05-30

(data)

Užduotį gavau:

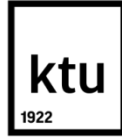
Ernesta Matukaitė

(data)

Vadovas:

Doc. R.Rutkauskas

(data)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

(Fakultetas)

(Studento vardas, pavardė)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Alternatyvios pastato šildymo sistemos, naudojančios saulės energiją, projektavimas“
AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Ernestos Matukaitės** baigiamasis projektas tema „Alternatyvios pastato šildymo sistemos, naudojančios saulės energiją, projektavimas“ 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)

Matukaitė E. Alternatyvios pastato šildymo sistemos, naudojančios saulės energiją, projektavimas. *Bakaluro darbas/ vadovas* doc. dr. Romas Rutkauskas; Kauno Technologijos Universitetas. Elektros ir elektronikos fakultetas, Automatikos katedra. Kaunas, 2015. 30 psl.

SANTRAUKA

Šių dienų aktuali tema ir problema nauji energijos gavimo būdai ir brangstančios šildymo sąskaitos. Problemai spręsti tinkama saulės energija kuri šuo metu sparčiai vystoma ir kuriamos naujausios technologijos maksimaliam išgavimui.

Darbo tikslas - išanalizuoti saulės energijos kiekį Lietuvoje ir suprojektuoti alternatyvią pastato šildymo sistemą, naudojančią saulės energiją. Pagrindiniai darbo uždaviniai yra apžvelgti saulės energijos kiekį Lietuvoje, taip pat netiesioginių veiksnių įtaką ir suprojektuoti šildymo sistemą, naudojančią saulės energiją bei parinkti būtinus sistemos elementus kuri tiktų 2 asmenims su 300 l poreikiu per dieną.

Atsižvelgiant į gautus tyrimų rezultatus saulės energijos išteklių Lietuvoje yra pakankami, plėtoti saulės energetiką. Per metus saulės būna vidutiniškai 1800 valandų, 7 - 8 mėnesius, priklauso nuo klimato sąlygų. Suprojektuota šildymo sistema pritaikyta 2 asmenų šeimai su 3 vakuuminiais kolektoriais ir 300 l akumuliacine talpa atsipirktų per 5 metus ir padėtų sumažinti išlaidas už šildymą. Saulės energija – ateities technologija, tą patvirtina Europos Sąjungos direktyvos nurodančios padidinti energijos gavybą iš atsinaujinančių energijos šaltinių.

Matukaitė E. Design of Alternative Building Heating System by Using Solar Energy. *Bachelor* project / supervisor doc. dr. Romas Rutkauskas; Kaunas University of Technology, Electrical and Electronics Faculty, Department of Automation. Kaunas, 2015. 30 page.

SUMMARY

To start with, relevant subject of these days is new energy pathways and the problem is rising prices of heating bills. To solve the problem solar energy is the right decision which is rapidly developing cutting-edge technology for maximum extraction.

The aim of this project is to analyze the amount of solar energy in Lithuania and to create an alternative design of the heating system by using solar energy. The main tasks are to review the solar energy in Lithuania, as well as indirect impacts and design of heating systems by using solar energy and last, but not least, choose the necessary elements for the system that would be applied for 2 persons with a need of 300 litres per day.

Taking into account of the results of the research solar energy resources are sufficient to develop solar energy in Lithuania. Furthermore, during the year an average hours of the sun are 1,800 for 7 - 8 months depending on weather conditions. Moreover, design of heating system adapted for a family of 2 people and uses 3 vacuum collectors and 300 liters storage tank. System pays off over 5 years and would reduce costs for heating. Finally, solar energy - the future of technology, that proves the European Union directive which indicates to increase energy production from renewable energy sources.

Turinys

ĮVADAS.....	8
1. ANALITINĖ SAULĖS ENERGIJOS TYRIMŲ DALIS.....	9
1.1. Saulės energijos kiekis Lietuvoje	9
1.2. Lietuvoje taikomi įstatymai saulės energijos gamybai	10
1.3. Saulės energijos įrangos pagaminamas kiekis ir atsiperkamumas.....	11
1.4. Šilumnešio temperatūros atvaizdavimas Simulink	12
1.5. Pastatų energijos poreikiai ir patarimai padėsiantys sumažinti energijos naudojimą.....	14
1.6. Nulinės energijos pastato įgyvendinimo Lietuvoje analizė	16
2. ŠILDYMO SISTEMOS, NAUDOJANČIOS SAULĖS ENERGIJĄ, PROJEKTAVIMAS.....	18
2.1. Šildymo sistema naudojanti saulės energiją	18
2.2. Įrangos parinkimas.....	21
2.2.1. Saulės kolektoriai	21
2.2.2. Valdiklis	23
2.2.3. Kombinuota akumuliacinė talpa - vandens šildytuvas	25
2.2.4. Dujinis katilas.....	25
2.2.5. Siurblys.....	26
2.2.6. Išsiplėtimo indas.....	27
2.3. Eksploatacijos ypatumai	28
IŠVADOS.....	29
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	30
PRIEDAI	32

ĮVADAS

Temos naujumas ir aktualumas. Sparčiai augant ir besivystant civilizacijoms, energijos poreikis ir naudojimas sparčiai augo pastatų grupėje, kurioje daugiausiai energijos sunaudojama šildymui, apšvietimui ir statybai, įvairios rūšies pastatams (pramoninės, komercinės bei visuomeninės paskirties (biurams, mokykloms, ligoninėms, viešbučiams ir kt.) bei gyvenamiesiems namams).

Per praėjusį laiką žmonija sunaudojo tiek neatsinaujinančių energijos išteklių, kiek per tūkstantmečius nuo savo gyvavimo pradžios, todėl nauji energijos gavimo būdai yra šių dienų aktuali tema ir tuo pačiu problema. Saulės energija tam yra labai tinkamas būdas, sparčiai vystyti ir kurti naujausias technologijas naujam išgavimui.

Darbo problema. Tikriausiai ne daug kas žino, kad Lietuvoje nuo 2021 m. bus reikalavimas, kiekviename naujai statomame name, naudoti bent 50 proc. energijos, išgautos iš atsinaujinančių energijos šaltinių, nes Europos Sąjungos direktyva nurodo iki 2020 m. energijos išgavimą, iš atsinaujinančių šaltinių, padidinti iki 20 proc. Kita aktuali problema Lietuvoje, tai didelės šildymo sąskaitos.

Darbo tikslas - išanalizuoti saulės energijos kiekį Lietuvoje ir suprojektuoti alternatyvią pastato šildymo sistemą, naudojančią saulės energiją.

Darbo uždaviniai:

1. Išnagrinėti sezoniškumo ir kitus faktorius, įvertinant galimybę panaudoti saulės energiją šildymo sistemai;
2. Apžvelgti netiesioginių veiksnių įtaką, integruojant saulės energiją į šildymo sistemą;
3. Suprojektuoti šildymo sistemą, naudojančią saulės energiją ir parinkti būtinus sistemos elementus.

1. ANALITINĖ SAULĖS ENERGIJOS TYRIMŲ DALIS

1.1. Saulės energijos kiekis Lietuvoje

Metinis saulės energijos kiekis Lietuvoje didesnis nei 1000 kWh/m², krentantis į 1 m² horizontalų ploto paviršių. Kiekvienais metais jos kiekis gali svyruoti į vieną ar į kitą pusę. Daugiausiai energijos tenka 5 mėnesiams (nuo balandžio iki rugpjūčio mėn.) (žr. 1 lentelę). Energija kinta priklausomai nuo meteorologinių sąlygų, paros ir metų laiko. Naktį ji yra lygi nuliui, apsiniaukusią dieną – keli procentai. Geriausi rezultatai pasiekiami, kai daug saulės spindulių pasiekia kolektorių šaltu oru, nes sniegas atspindi spindulius, kuriuos surenka kolektoriai. Daugiausia saulėtų valandų per metus – Nidoje, mažiausiai - Biržuose (žr. 1 lentelę) [1].

1 lentelė. Saulėtų valandų skaičius Lietuvoje

Eil.Nr.	Vietovė	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Per metus
1.	Šilutė	39	68	131	185	263	287	274	264	169	103	41	30	1836
2.	Nida	37	65	131	189	265	290	281	254	171	102	42	30	1857
3.	Kaunas	40	68	128	175	251	265	256	238	160	99	41	30	1751
4.	Vilnius	41	70	126	165	243	250	243	234	150	96	42	30	1690
5.	Telšiai	37	66	126	182	263	286	266	242	169	104	45	32	1818
6.	Šiauliai	36	65	125	176	263	277	261	243	167	100	42	29	1784
7.	Klaipėda	34	65	122	180	264	285	274	252	167	100	40	28	1811
8.	Utena	39	68	123	170	248	259	252	229	151	95	40	28	1702
9.	Biržai	28	59	119	170	254	266	258	233	149	89	29	16	1670
10.	Dotnuva	31	62	128	180	263	279	269	249	163	96	32	20	1772
11.	Kybartai	47	75	134	180	254	268	260	241	165	105	48	38	1815
12.	Lazdijai	46	74	134	181	257	271	262	244	166	105	47	36	1823
13.	Varėna	32	64	125	167	252	260	252	243	151	92	33	20	1691

1.2. Lietuvoje taikomi įstatymai saulės energijos gamybai

Kaip ir visame pasaulyje, taip ir Lietuvoje, vis daugiau siūlo įsigyti saulės energijos įrangą, tačiau žmonės neskuba pirkti dėl biurokratizmo (įstatymų spragos). Saulės fotovoltinių elektrinių aktyvus įvedimas buvo sustabdytas dėl per didelės grąžos kainos, nes už pagamintą energiją „Lesto“ įmonei reikia mokėti 14 euro centų, o naujam saulės energijos tiekėjui būtų mokama trigubai daugiau – beveik pusė euro, buvo galima mažinti kainą tiekėjams, bet judėjimas Vyriausybėje buvo nutrauktas [2], tačiau norintiems neparduoti saulės šviesos energijos elektrinės gaminamą energiją, o ją panaudoti savo reikmėms, pagal Lietuvos įstatymus yra numatyti reikalavimai.

Pagal įstatymo, Nr. XI-1375, 49 straipsnį, atsinaujinančių išteklių energiją naudojančių energijos gamybos įrenginių projektavimo ir statybos reikalavimus:

1. Atsižvelgiant į nedidelės įrengtosios galios elektrinių (iki 350 kW), naudojančių atsinaujinančius energijos išteklius, ribotą dydį ir galimą poveikį ir siekiant išvengti neproporcingos finansinės bei administracinės naštos, atsakingos institucijos užtikrina, kad nedidelės įrengtosios galios elektrinių projektavimui ir statybai būtų taikomi supaprastinti reikalavimai, nereikalaujant rengti detaliųjų planų ir keisti pagrindinę žemės naudojimo paskirtį, jei tai neprieštarauja vietos tvarkymo ir naudojimo reglamentams.

2. Kaimo vietovėse statant pavienes ne didesnės kaip 350 kW įrengtosios galios vėjo elektrines ir (ar) saulės šviesos energijos elektrines, nereikalaujama keisti žemės naudojimo paskirties, rengti detaliųjų planų ir keisti bendrojo plano sprendinių, jei tai neprieštarauja vietos tvarkymo ir naudojimo reglamentams.

3. Mažesnės kaip 30 kW įrengtosios galios vėjo elektrinėms, saulės šviesos energijos elektrinėms, saulės šilumos energijos kolektoriams, šilumos siurbliams taikomi šie supaprastinti reikalavimai:

- saulės šviesos energijos elektrinėms, saulės šilumos energijos kolektoriams, šilumos siurbliams netaikomi žemės paskirties atitikties reikalavimai, poveikio aplinkai vertinimo procedūra, nereikalingas leidimas statyti ir poveikio visuomenės sveikatai vertinimas;

- vėjo elektrinės žemės sklype turi būti įrengtos taip, kad trumpiausias atstumas iki sklypo ribos būtų didesnis už įrenginio ilgį, plotį arba aukštį pasirenkant didžiausią iš šių trijų matmenų. Šie įrenginiai įrengiami pagal atitinkamų įrenginių gamintojo įrengimo ir eksploataavimo taisykles. Joms netaikomi žemės paskirties atitikties reikalavimai, poveikio aplinkai vertinimo procedūra, nereikalingas leidimas statyti ir poveikio visuomenės sveikatai vertinimas. Gretimuose gyvenamosios paskirties sklypuose vėjo elektrinės skleidžiamo triukšmo lygis turi atitikti sveikatos apsaugos ministro nustatytus triukšmo ribinius dydžius;

- teisės aktų nustatyta tvarka šie įrenginiai gali būti perkelti į kitą vietą. Tokiu atveju turi būti parengti dokumentai apie įrenginių efektyvumo ir ekologiškumo parametrų kaitos stebėseną ankstesnėje jų buvimo vietoje.

4. Ant pastatų statomos ar į pastatus integruojamos saulės šviesos energijos elektrinės, saulės šilumos energijos kolektoriai, iki 30 kW įrengtosios galios vėjo elektrinės, neviršijančios teisės aktuose nustatyto triukšmo lygio, ir šilumos siurbliai įrengiami be statybą leidžiančio dokumento [3].

Saulės energijos panaudojimo galimybė šilumos gamybai kaip sudedamoji dalis numatoma panaudojant atsinaujinančių energijos išteklius tenkinant energijos poreikius. Atsinaujinančių energijos išteklių įstatyme numatoma, kad vyriausybės įgaliota institucija parengs stogų panaudojimo energijos gamybos programą iš saulės šviesos energijos bei teigiama, jog rengiant atsinaujinančios energijos plėtros planą būtina įvertinti ar reikia kurti naują infrastruktūrą centralizuotam šilumos ir vėsumos energijos tiekimui įgyvendinant 2020 m. nacionalinius planinius rodiklius [4].

ES direktyvose nurodyta, kad iki 2020 metų, 20 proc. gaunamos energijos turėtų būti išgaunama iš atsinaujinančių šaltinių, todėl energiją taupančių išmaniųjų namų turėtų būti daugiau nei yra dabar. Yra numatyta 20 proc. sumažinti CO₂ dujų išmetimą ir 20 proc. padidinti energijos efektyvumą [3].

Pagrindiniuose dokumentuose numatoma galimybė naudoti saulės energiją šilumai ir vėsumai, bet nėra įgyvendinamųjų poįstatyminių teisinių dokumentų normuojančių, apibrėžiančių saulės energijos panaudojimą tenkinant šilumos poreikius [4].

1.3. Saulės energijos įrangos pagaminamas kiekis ir atsiperkamumas

Galimybė panaudoti saulės kolektorius karštam vandeniui ruošti, o šaltuoju metu – šildyti, turi būti gerai apgalvota ir ekonomiškai pagrįsta.

Skirtingais duomenimis paskaičiuota, kad saulės energijos įranga atsipirktų per 5 metus.

Buvo atliktas tyrimas [5], kurio skaičiavimuose priimta, kad 2 asmenų šeima sunaudoja 300 l/per dieną, o šiluma yra gaunama iš 3 kolektorių.

Šildant tą patį vandens kiekį, elektriniu tūriniu vandens šildytuvu, kurio galia 6 kW, metinės išlaidos sudarys 766.5 € (1.1). Elektros tinklų 1 kWh šilumos kaina yra 0,14 € centų.

$$6 \text{ kW} * 2.5 \text{ h} * 0.14 \text{ €} * 365 = 766.5 \text{ €/per metus} \quad (1.1)$$

Sistemai parinkti trys vakuuminiai saulės kolektoriai Suntask SCM30 – 02 [6]. Techninėse charakteristikose nurodyta, kad saulės kolektoriaus nominali galia yra 1864 W, o absorberio plotas lygus 2,429 m². Pagal tai galima apskaičiuoti kokį šilumos kiekį saulės kolektorius pagamins per metus žinant, kad metinis saulėtų valandų skaičius yra 1600 valandos:

$$\frac{1864 \text{ W}}{2,429 \text{ m}^2} = 0,767 \text{ kW/m}^2 \quad (1.2)$$

$$0,767 \text{ kW/m}^2 * 1600 \text{ h} = 1072 \text{ kWh/m}^2/\text{per metus} \quad (1.3)$$

Pagal Lietuvos šilumos tiekėjų asociaciją [7]. Tam, kad 1 litro vandens temperatūrą būtų galima pakelti 1°C, reikia sunaudoti apie 4,2 kJ šilumos. Šis dydis vadinamas vandens tūrio savitąja šiluma. Karštas vanduo šildomas nuo 10 °C iki 55 °C.

Įkaitinti boileriui iki 55°C dienai ar kartui reikia 15,8 kWh šilumos kiekio (1.5), o metams 5767 kWh šilumos (1.6). Boileris sušyla per 2 - 3 valandas (1.7).

$$4,2 \text{ kJ} = 0,00117 \text{ kWh/l} \quad (1.4)$$

$$45^\circ\text{C} * 300 \text{ l} * 0,00117 \frac{\text{kWh}}{\text{l}} = 15,8 \text{ kWh/dienai} \quad (1.5)$$

$$15,8 \text{ kWh} * 365 = 5767 \text{ kWh/metams} \quad (1.6)$$

$$\frac{15800 \text{ Wh}}{3 * 1864 \text{ W}} = 2,8 \text{ h} \quad (1.7)$$

Pagal 1 lentelę, tarkime, kad per metus saulėtų dienų skaičius parinktoje vietovėje yra 1600 valandos, tuomet pagal saulės kolektorių nominalią galią ir įvertinus, kad šiluma gaunama iš trijų kolektorių, apskaičiuojamas šilumos kiekis per metus, kuris yra lygus 8947 kWh/per metus (1.8). Kolektorių pagaminta šiluma kainuos 11,2 €/per metus (1.9), energijos iš elektros tinklų reikės tik siurblio darbui.

$$3 * 1864 \text{ W} * 1600 \text{ h} = 8947 \text{ kWh/per metus} \quad (1.8)$$

$$\frac{50 \text{ W}}{1000} * 1600 \text{ h} * 0,14 \text{ €/kWh} = 11,2 \text{ €/per metus} \quad (1.9)$$

1.4. Šilumnešio temperatūros atvaizdavimas Simulink

Formulė (1.10), apskaičiuoja saulės galią:

$$P_{\text{saulės}} = \delta * (T_{\text{šilumnešio}} - T_{\text{aplinkos}}) + C * \left(\frac{dT}{dt}\right) + P_{\text{nuėmimo}} \quad (1.10)$$

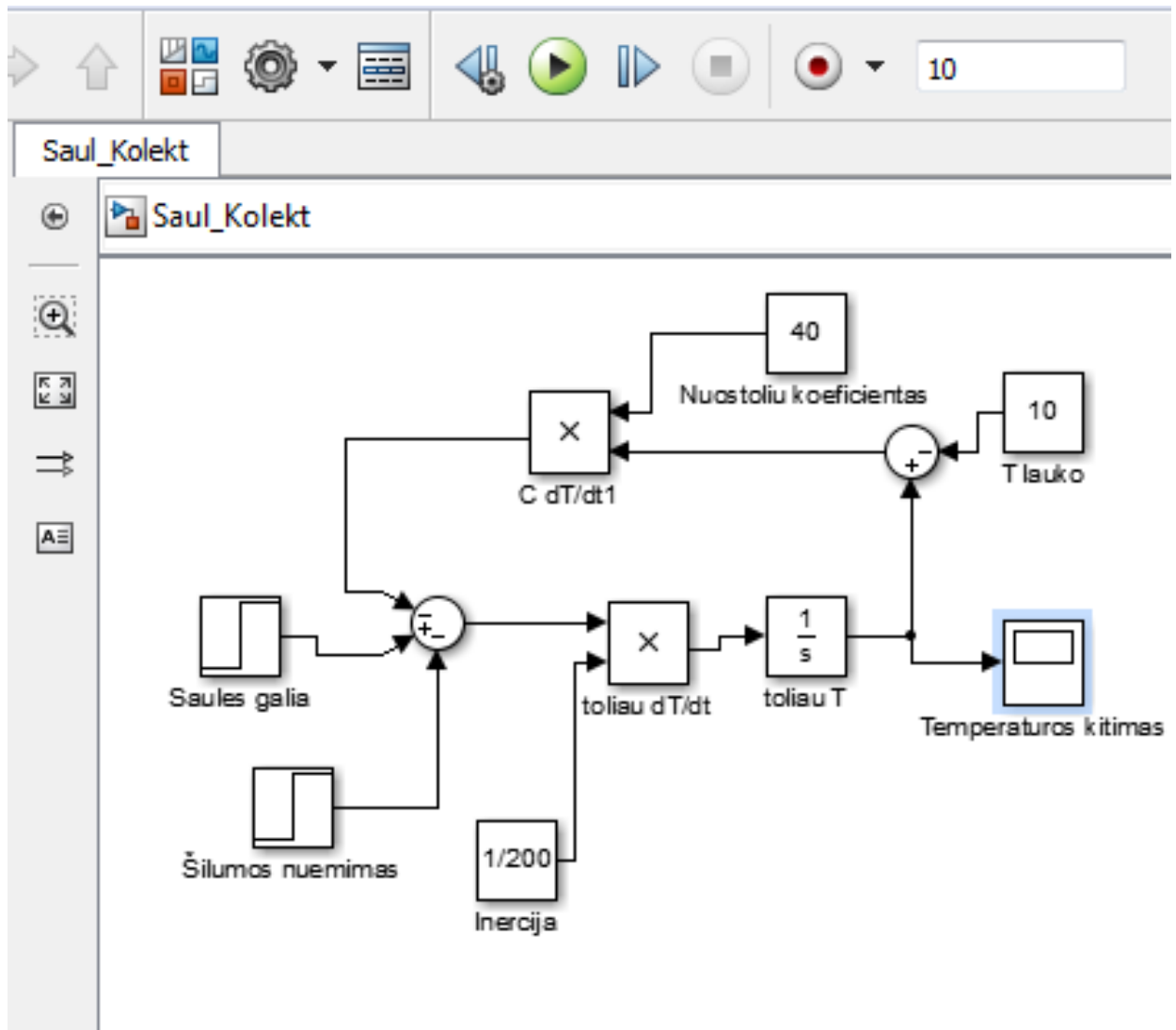
Iš (1.10) formulės, $P_{nuemimo}$ - tai šilumos nuėmimas, galia reikalinga įkaitinti boileriui. Kai inercijos koeficientas lygus nuliui, tai nuostolių koeficientas į aplinką lygus:

$$\delta = \frac{P_{saulės} - P_{nuemimo}}{T - T_{aplinkos}} \quad (1.11)$$

Iš (1.10) formulės taip pat galima apskaičiuoti šilumnešio temperatūros augimo greitį:

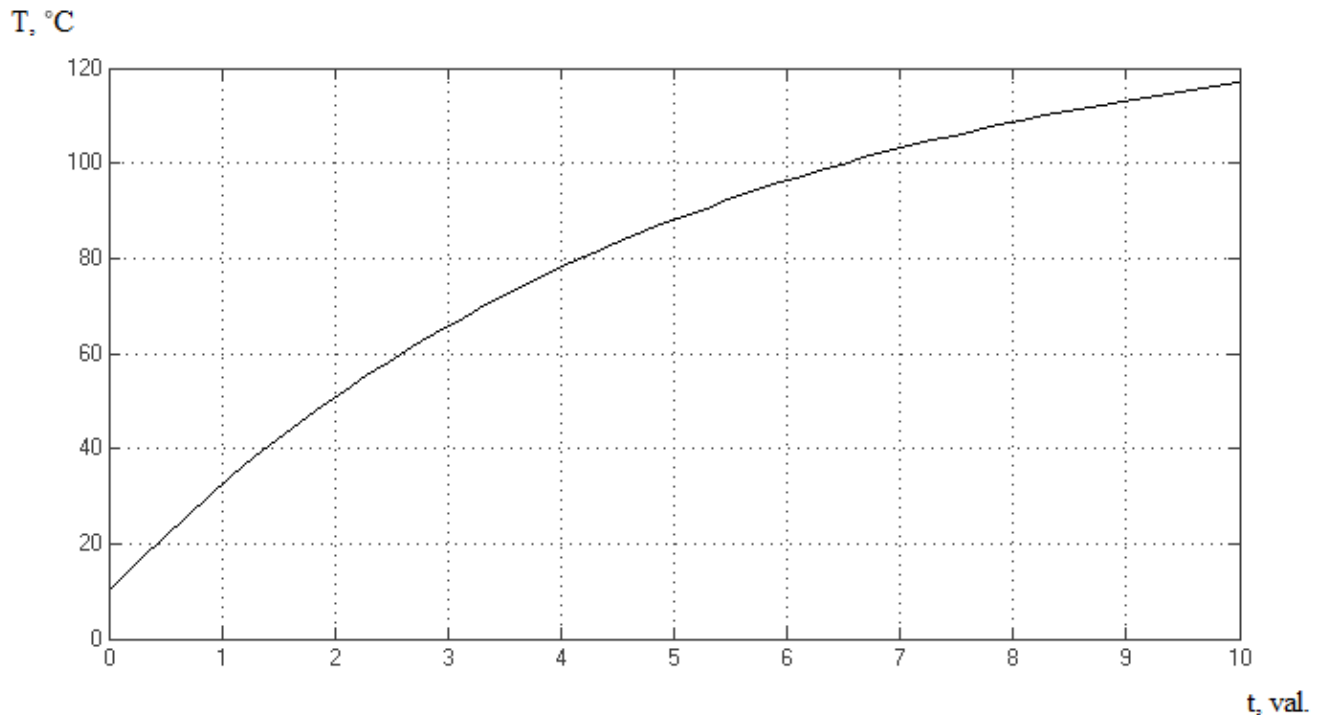
$$\frac{dT}{dt} = \frac{P_{saulės} - \delta * (T_{šilumnešio} - T_{aplinkos}) - P_{nuemimo}}{C} \quad (1.12)$$

Remiantis formulėmis ir iš empirinių duomenų, buvo sukurtas Simulink programos modelis (žr. 1 pav.).



1 pav. Simulink programos modelis

Pagal Simulink programos modelį (žr. 1 pav.), kai lauko oro temperatūra 10°C , šilumnešio temperatūrai nuo 10°C įkaisti iki 80°C reikia 4 valandų, tuomet šilumnešys bus perduotas į šilumokaitį (žr. 2 pav.).



2 pav. Šilumnešio temperatūros kitimas

Skirtumas kuris yra nuo 80°C iki 120°C lygus 40°C (žr. 2 pav.) ir pagal tai galima apskaičiuoti pernešamos šilumos kiekį žinant, kad 1°C pakelti sunaudojama $4,2\text{ kJ}$ šilumos.

1.5. Pastatų energijos poreikiai ir patarimai padėsiantys sumažinti energijos naudojimą

Pastatuose energija naudojama siekiant palaikyti optimalų mikroklimatą ir gyvenimo ar darbo sąlygas. Lietuvoje tam reikalinga tiek šiluminė, tiek elektros energija. Priklausomai nuo pastato tipo, šiluminės energijos poreikiai labai skiriasi.

Pagal tai, kiek energijos pastatuose sunaudojama per metus, jie skirstomi į kelias grupes (žr. 2 lentelę). Mažai energijos naudojančių pastatų bendras metinis šilumos poreikis neviršija 85 kWh/m^2 .

2 lentelė. Pastatų šiluminės energijos poreikis ir šilumos nuostoliai per metus

Pastato tipas	Nuostoliai per atitvaras, kWh/m ²	Energijos poreikis vandeniui šildyti, kWh/m ²	Nuostoliai dėl vėdinimo, kWh/m ²	Bendras metinis šilumos poreikis, kWh/m ²	Energinio naudingumo klasė
Seni	160–300	15	50	225–365	D, E, F, G
Šiuolaikiniai	80	15	50	145	C
Mažai energijos naudojančios	35	15	35	85	A*, B
Pasyvieji	10	15	5	30	A*
Energiją gaminantys (Energy plus)	Energijos iš atsinaujinančių išteklių pastate pagaminama daugiau, nei suvartojama				A
* – kai naudojama atsinaujinančių išteklių energija					

Projektuojant mažai energijos naudojančius pastatus svarbu:

1. Kompaktiška pastato forma;
2. Gerai apšiltintos ir sandarios atitvaros;
3. Rūpestingai sudurtos konstrukcijos;
4. Tiesioginis saulės energijos naudojimas pro langus;
5. Laikinas langų apšiltinimas naktį naudojant langines ar žaliuzes;
6. Vėdinimo sistema su šilumograža;
7. Paprastai reguliuojama šildymo sistema;
8. Vandens šildymas naudojant saulės kolektorius;
9. Taupus elektros energijos naudojimas, naudojant A buitinę įrangą.

Gerai apšiltinus pastatus sumažėja šilumos poreikis. Kai pastatas gerai apšildytas, jam reikia nedaug energijos. Patalpas šildo net nedidelis saulės spindulių kiekis.

Laikantis aukščiau išvardintų principų, panašiomis į Lietuvos klimato sąlygomis, galima sutaupyti 1/3 – 2/3 patalpoms šildyti reikalingos energijos. Pasaulinėje praktikoje yra pavyzdžių, kai pasyviuosiuose pastatuose naudojama tik saulės energija [8].

1.6. Nulinės energijos pastato įgyvendinimo Lietuvoje analizė

Nulinio arba kitaip dar vadinami plusinio energijos suvartojimo namai, šildymo tikslams nesunaudoja jokios papildomos energijos. Visus tokio namo energijos išteklius kompensuoja papildomai gauta ir salyginai „nekainuojanti“ energija – saulės kolektorių, geoterminio šildymo ir kitų naujų technologijų pagrindu gauta energija [9].

Tokio tipo namai gamina savą energiją tiek, kiek jos suvartoja ar daugiau, negu jos reikia, jie turi gryną nulinį energijos vartojimą ir yra nepriklausomi nuo paslaugų tiekėjo.

Siekiant įvertinti nulinės energijos pastato įgyvendinimo perspektyvas ir viziją Lietuvoje, atlikta silpnųjų, stipriųjų, grėsmių ir galimybių analizė.

Stiprybės:

- Suinteresuotų grupių (investuotojų, vystytojų, projektuotojų, produkcijos gamintojų) noras vienyti jėgas ir įgyvendinti bandomuosius projektus;
- Pakankamai aukšto lygio mokslinė bazė su dideliu potencialu atlikti tyrimus ir skaičiavimus (UAB „Arginta“ šiuo metu įrengta ir veikia saulės elektros jėgainė, veikianti kaip industrinė saulės elektros laboratorija, nuo 2010 m. rugsėjo 9 d. pagal sutartį su „Lesto“ atiduoda saulės elektrą į Lietuvos elektros tinklą [10]).

Silpnybės:

- Patirties neturėjimas plėtojant nulinės energijos namo projektus;
- Neišvystyta arba neegzistuoja nulinės energijos namo įgyvendinimui reikalingų produktų ar medžiagų (pavyzdžiui, aukštos šiluminės varžos langų) vietinė gamybos bazė;
- Nepalankios klimato sąlygos;
- Dėl informacijos stokos nesusiformavęs teigiamas visuomenės požiūris;
- Nepakankamas valstybės alternatyvios energijos panaudojimo skatinimas ir rėmimas.

Galimybės:

- Rėmimasis kitų šalių patirtimi plėtojant nulinės energijos namo projektus;
- Darnus galimas mokslo–gamybos–verslo „trikampio“ bendradarbiavimas siekiant įgyvendinti projektą;
- Europos Sąjungos ar kitų jos institucijų paramos įsisavinimas įgyvendinant šilumos energiją tausojančius pastatų projektus;
- Dėl kuro kainų augimo, t.y. didėjančių šildymo išlaidų, taps vis populiareesnė energijos taupymo idėja.

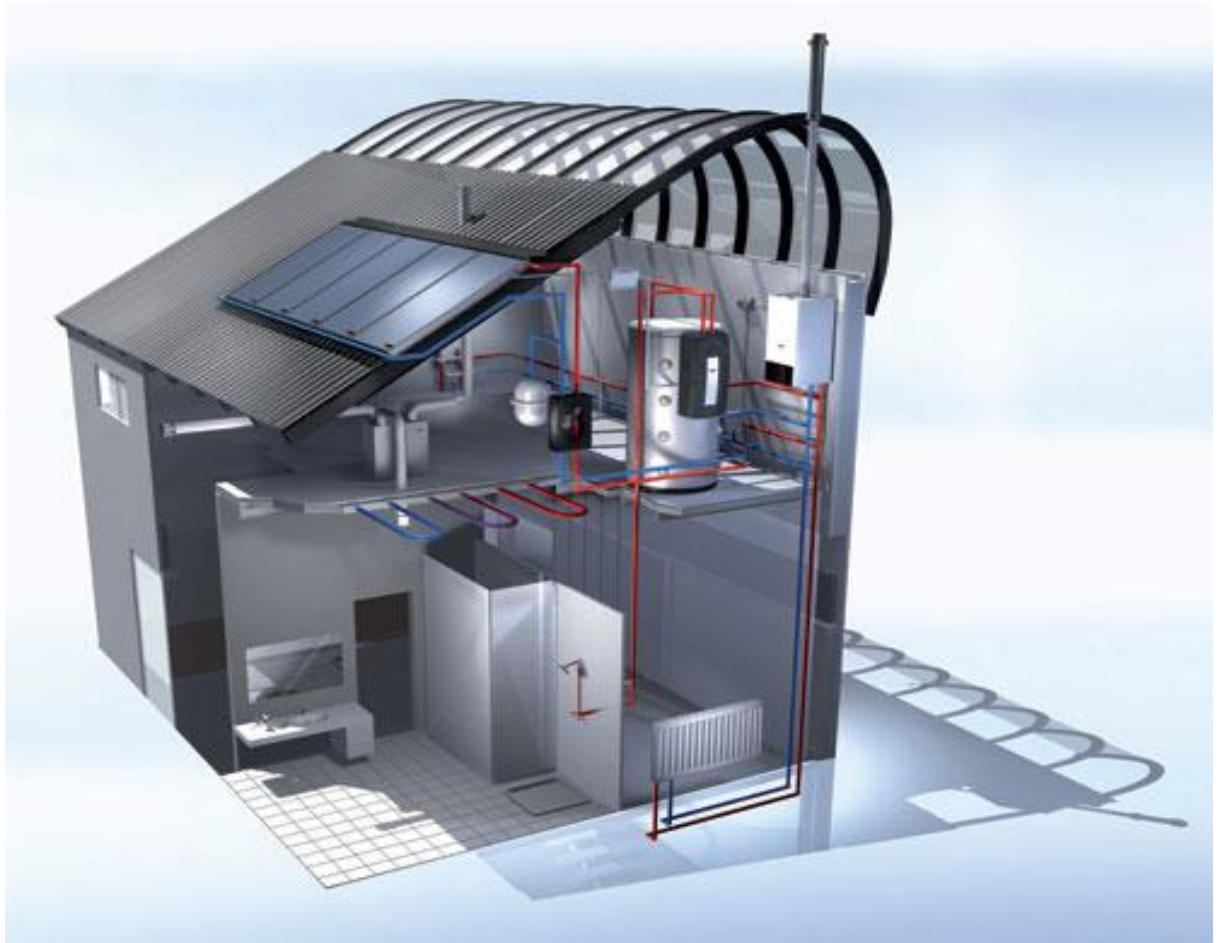
Grėsmės:

- Sąstingis statybų sektoriuje dar labiau pabrangins nulinės energijos namo statybą;
- Ekonominės krizės padariniai – sustoję ekonomikos augimo tempai ir mažėjančios gyventojų pajamos apsunkins galimybę investuoti ar įsigyti brangesnius, energiją taupančiu namų tipus;
- Nėra patirties statyti nulinės energijos namą.

Pateikta analizė parodo, kad Lietuvoje nulinės energijos namo koncepciją pritaikyti teoriškai įmanoma, tačiau būtų ganėtinai sudėtinga, ir tai lemia ne tik nepakankamai palankios klimato sąlygos, bet ir per mažas valstybės, gamintojų, investuotojų dėmesys [11].

2. ŠILDYMO SISTEMOS, NAUDOJANČIOS SAULĖS ENERGIJĄ, PROJEKTAVIMAS

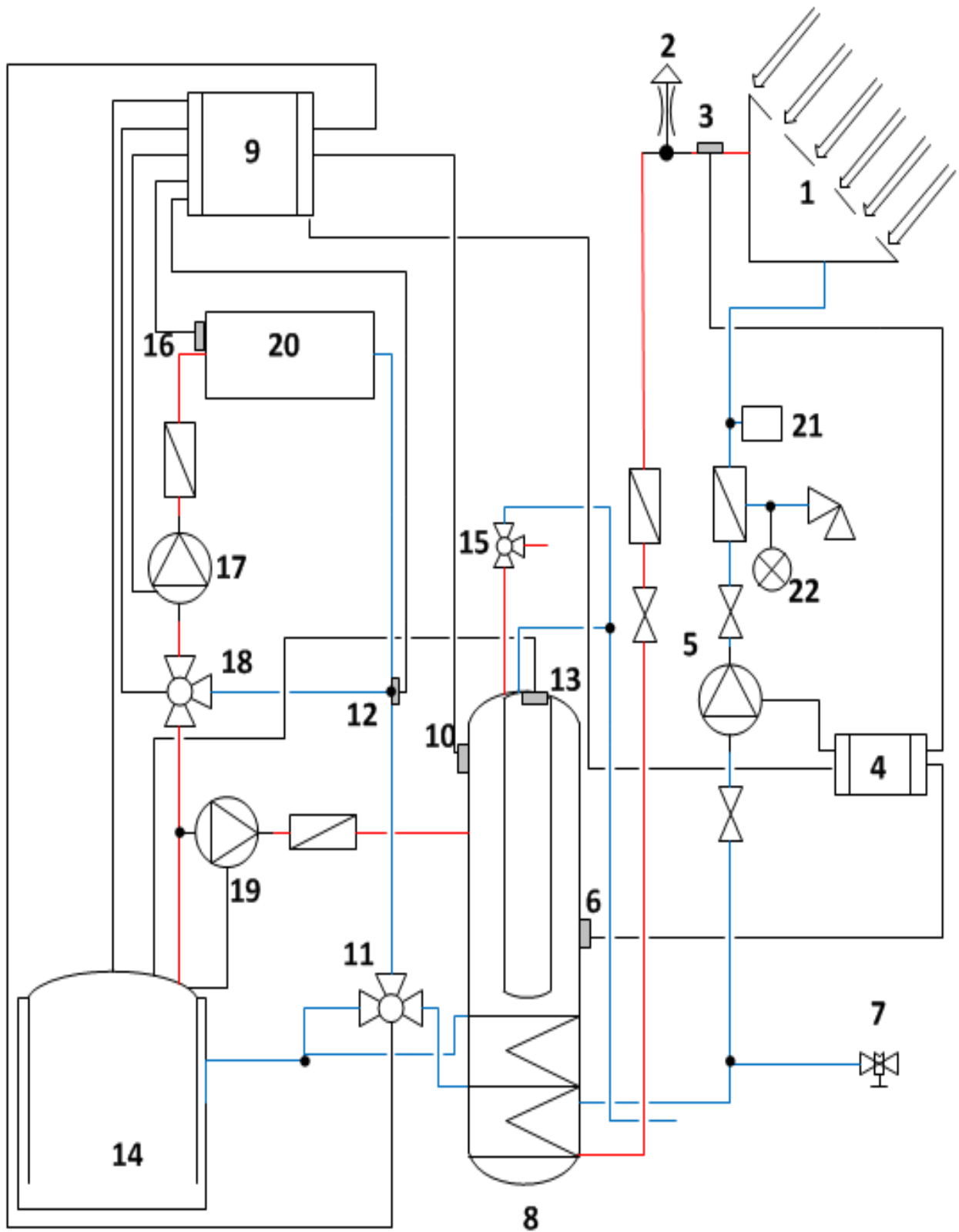
2.1. Šildymo sistema naudojanti saulės energiją



3 pav. Šildymo sistema, naudojanti saulės energiją

Projektuojant saulės kolektoriai gali būti įrengiami ant pastato stogo, namo sienos ar kitoje vietoje. Svarbiausia yra jų orientacija (geriausia – pietų kryptis), kolektoriaus plokštumos pasvirimo kampas turėtų būti apytiksliai lygus 45° . Dėl difuzinės šviesos spinduliuotės didesnę savo nominalinės galios dalį terminiai saulės kolektoriai pasiekia net ir apsiniaukusią dieną [12].

Pagal saulės energijos šildymo sistemos veikimą, buvo suprojektuota schema (žr. 4 pav.) ir aprašytas sistemos ir įrenginių veikimo principas.



4 pav. Pastato karšto vandens ir šildymo sistemos projektavimo schema

Schemos komponentų (žr. 4 pav.) analizė, kurią sudaro [13]:

- 1 – Saulės kolektorius
- 2 – Nuorintojas
- 3 – Kolektoriaus jutiklis
- 4 – Valdiklis
- 5 – Siurblio armatūros grupė
- 6 – Akumuliacinės talpos jutiklis
- 7 – Pildymo ir išleidimo sklendė
- 8 – Dviguba akumuliacinė talpa
- 9 – Valdiklis
- 10 – Akumuliacinės talpos jutiklis
- 11 – 3 eigų perjungimo vožtuvas su pavara
- 12 – Grįžtamojo srauto temperatūros jutiklis
- 13 – Karšto vandens temperatūros jutiklis
- 14 – Dujinis katilas su reguliatoriumi
- 15 – Termostatinis karšto vandens vožtuvas
- 16 – Pamašymo kontūro jutiklis
- 17 – Pamašymo kontūro siurblys
- 18 – 3 eigų perjungimo vožtuvas su pavara
- 19 – Akumuliacinės talpos karšto vandens ruošimo siurblys
- 20 – Radiatorius
- 21 – Išsiplėtimo indas
- 22 – Manometras

Į kolektorių (1) (žr. 4 pav.), tiekiamas šilumą pernešantis skystis – propilenglikolis, kurio tiekimas reguliuojamas hidraulinio siurblio (5) ir izoliuotų vamzdžių pagalba. Raudona linija žymi vamzdžius, kuriuose cirkuliuoja sušildytas šilumą pernešantis skystis, o mėlyna – šaltas. Kai saulės energija sušildo kolektoriuje esantį šilumą pernešantį skystį iki užduotos temperatūros, valdiklis (4) perjungia šilumnešio tėkmę iš saulės kolektorių į akumuliacinę talpą (8), jos šildymui.

Akumuliacinė talpa (8) yra dviguba, pritaikyta saulės energijai ir dujiniam katilui (14). Dažniausiai prie apatinio šilumokaičio, kuris yra talpoje, prijungiamas saulės kolektorių cirkuliacijos ratas, o prie viršutinio – šiuo atveju, dujų katilas. Kai saulės kiekis pakankamas, paruošiamas perteklinio karšto vandens kiekis, kuris sukaupiamas akumuliacinėse talpos ir naudojamas kada saulės intensyvumo nepakanka (karštas vanduo turi būti mažiausiai 50 laipsnių temperatūros, antraip kyla pavojų dėl legionella bakterijų), automatiškai įsijungia papildomas šilumos šaltinis - dujinis katilas, kurio valdymą reguliuoja valdiklis (9). Akumuliacinė talpa (8)

yra tinkama ne tik dujiniam katilui, bet ir kitoms vandeninėms šildymo sistemoms: skysto ar kieto kuro katilams ar šilumos siurbliams.

Į akumuliacinę talpą (8) yra panardintas boileris, į kurį paduodamas šaltas vanduo ir kuriame cirkuliacijos principu, kai šaltas vanduo leidžiasi žemyn, o karštas kyla į viršų, ruošiamas karštas vanduo, taip pat į talpos vidų įmontuota gilzė su karšto vandens temperatūros jutikliu. Nustačius norimą vandens temperatūrą, karštas vanduo per termostatinio sumaišymo vožtuvą (15) pasiekia vartotoją.

Radiatorių (20) šilumnešys pasiekia per 3 – jų eigų perjungimo vožtuvą su pavara (18), kurią reguliuoja valdiklis (9), jei reikia yra pamaišomas iki reikiamos temperatūros ir siurblio (17) pagalba pasiekia radiatorių.

Ant stogo prie kolektoriaus montuojamas nuorintojas (2), kuris išleidžia orą iš vamzdžių, ir jutiklis (3). Kai jutiklio varža nuo temperatūros pasikeičia, daviklis perduoda valdymo signalą į valdiklį (4), kuris fiksuoja temperatūrą saulės kolektoriuje ir reguliuoja siurblių (5).

Valdiklis (9) reguliuoja pamaišymą bei šilumos perdavimą į radiatorių ir dujų katilo veikimą.

Prie siurblio (5) montuojamas filtras ir manometras (22) slėgiui matuoti. Esant avariniam situacijai suveikia apsauginis vožtuvas ir šilumą pernešantis skystis yra išleidžiamas iš vamzdžių ar atvirkščiai papildomas, tam naudojama sklendė (7).

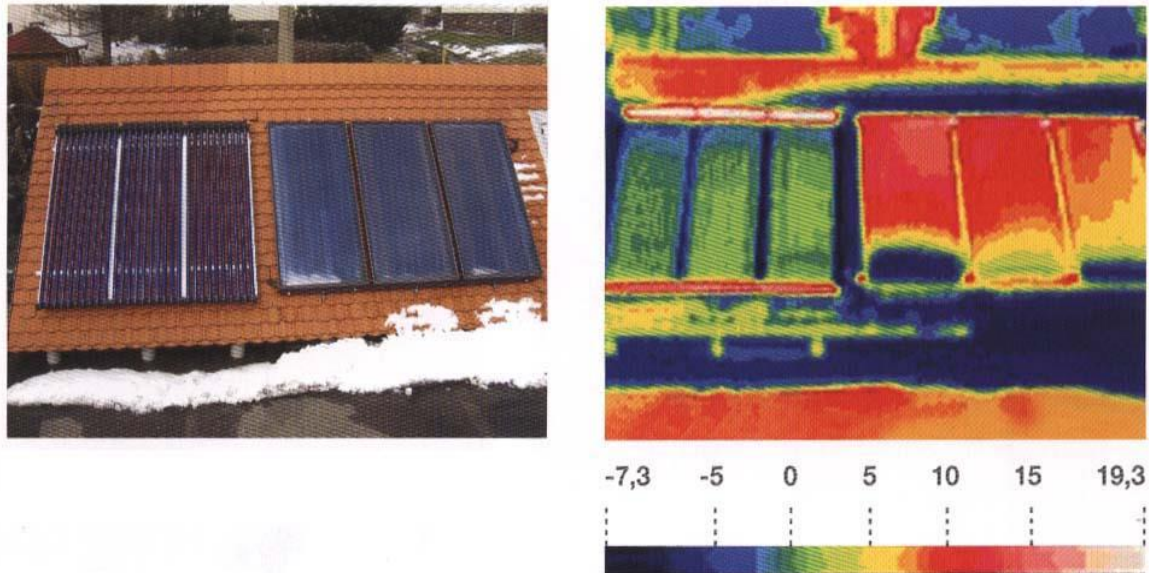
Išsiplėtimo indas (21) reikalingas, nes šilumos nešėjas (vanduo) yra nespūdas, tai yra jį spaudžiant (stengiantis sumažinti jo tūrį) staigiai padidėja slėgis, taip pat didėjant vandens temperatūrai, didėja jo užimamas tūris, todėl šildymo sistemos tūris turėtų būti kintamo tūrio [14].

2.2. Įrangos parinkimas

Pagal principinę projektavimo schemą (žr. 4 pav.) ir atliktus skaičiavimus (žr. 1.3. skyrius), parinkau pagrindinius įrenginius reikalingus sistemos darbui:

2.2.1. Saulės kolektoriai

Saulės kolektorių tipai yra du: vakuuminiai ir plokštieji kolektoriai, kurie veikia tokiu pačiu energijos absorbcijos principu, bet skiriasi tik sugertos šilumos nuostolių į aplinką dydis. Jį lemia šilumokaita tarp absorberio ir aplinkos.



5 pav. Saulės kolektorių energijos nuostoliai matuojami termografinė nuotrauka [15]

Termografinėje nuotraukoje (žr. 5 pav.) pavaizduoti vakuuminių ir plokščiųjų kolektorių energijos nuostoliai į aplinką. Spalvos atitinka paviršiaus temperatūrą celsijaus laipsniais. Matyti, kad dėl nesandarumo didžioji dalis absorbuotos energijos prarandama į aplinką. Įvertinus nuostolius į aplinką, akivaizdu, kad vakuuminiai kolektoriai – efektyvesnė investicija [15], todėl sistemai parinkau vakuuminį saulės kolektorių Suntask SCM30-02. (žr. 6 pav.), reikėtų 3 kolektorių.



6 pav. Vakuuminis kolektorius Suntask SCM30-02

Vamdziai sumontuoti ant saulės energiją atspindinčio ekrano, kuris padidina absorbuojamos energijos kiekius, nes energija atspindima ir į vamzdžio apatinę dalį [16].

3 lentelė. Vakuuminio kolektoriaus techninės charakteristikos

Saulės kolektoriaus tipas:	šiluminio vamzdelio
Vakuuminių vamzdelių skaičius:	30
Kolektoriaus paviršiaus plotas:	4,55 m ²
Absorberio plotas:	2,429 m ²
Kolektoriaus aukštis:	1980 mm
Kolektoriaus plotis:	2370 mm
Kolektoriaus storis:	125 mm
Svoris:	86 kg
Vakuuminio vamzdelio ilgis:	1800 mm
Vakuuminio vamzdelio diametras:	58 mm
Skysčio tūris kolektoriuje:	1,82 l
Absorbcijos koeficientas:	95 +/- 1 %
Emisijos koeficientas:	5 +/- 1 %
Saulės kolektoriaus nominali galia:	1864 W
Naudingumo koeficientas:	66%
Šiluminių nuostolių koeficientas a ₁ W/(m ² K):	1.5
Šiluminių nuostolių koeficientas a ₂ W/(m ² K ²):	0.02
Maksimali darbinė temperatūra:	180°C / 221°C
Maksimalus darbinis slėgis / testuota slėgiu:	12 / 25 bar

2.2.2. Valdiklis

Valdikliuose numatytos funkcijos: sistemos apsauga nuo perkaitimo, programinis papildomo cirkuliacinio siurblio valdymas, galimybė valdyti triegį vožtuvą, apsauga nuo sistemos peršalimo, elektrinio kaitinimo elemento valdymas ir kt. Renkantis valdiklį rekomenduojama netaupyti, kadangi galingesni valdikliai užtikrins sistemos valdymo lankstumą ir galimybę keisti sistemą ateityje.

3 saulės kolektorių sistemai parinktas daigafunkcinis valdiklis OVENTROP - „Regtronic RM-B“ (žr. 7 pav.).



7 pav. Daugiafunkcinis valdiklis

Prie sienos montuojamas šildymo ir saulės kolektorių sistemos valdiklis „Regtronic RM-B“ turintis 14 išėjimų su relėmis (iš jų 13 puslaidininkinių relių su sukimosi greičio reguliavimu ir 1 standartinė relė, neturinti potencialo) ir 4 išėjimus impulso trukmės moduliacijos būdu (PWM) valdomiems aukšto efektyvumo siurbliams. Šie išėjimai taip pat gali būti pritaikyti 0 – 10 V išvesčiai.

„Regtronic RM-B“ gali valdyti Saulės kolektorių sistemas su į rytus ir į vakarus nukreiptais kolektoriais ir keletu kaupiklių bei nuo lauko temperatūros priklausomus mišriuosius ir tiesioginius šildymo kontūrus.

Iš anksto užprogramuoti funkciniai blokai supaprastina sistemos parametrų nustatymą ir leidžia apjungti keletą šilumos šaltinių (pvz. skystojo kuro, dujų ar kietojo kuro katilus).

Įvairios pasirenkamosios funkcijos, pvz., sluoksniuotosios kaupiklio krovos, šilumos mainų, šilumos pareikalavimo, boilerio krovos, kietojo kuro katilo, maišytuvo valdymo, šilumos kiekio apskaitos, vamzdinio kolektoriaus funkcija, Drainback pasirinktis, termostato funkcija, temperatūrų skirtumo ΔT valdymo, šiluminės dezinfekcijos, cirkuliacijos ir kitos, kurias galima aktyvuoti per intuityvią vartotojo sąsają.

Sąsajos: magistralė S - BUS, skirta jungti prie duomenų registruotuvo (datalogger) „CS-BS“, SD kortelės lizdas skirtas duomenų įrašymui ir nustatymo verčių perdavimui bei programinės įrangos atnaujinimui.

Prie valdiklio „Regtronic RM - B“ galima prijungti iki 5 išplėtos modulių „Regtronic EM - B“ – tokiu būdu sistemos valdiklis gali turėti iki 39 išėjimo relių, leisiančių įgyvendinti individualius sistemų sprendimus [22].

2.2.3. Kombinuota akumuliacinė talpa - vandens šildytuvas

Didelio paviršiaus ploto ir tūrio karšto geriamojo vandens ruošimo talpa ir sumontuotas papildomas šilumokaitis (žr. 8 pav.) leidžia kombinuoti saulės kolektorius ir dujinį katilą. Rezerviniam talpos pašildymui talpoje numatyta ir vieta elektriniam tenui.



8 pav. Dviguba akumuliacinė talpa

Nominalus bendras talpos tūris – 304 l, kuris atitiktų 2 asmenų poreikius. Maksimalus darbinis slėgis termofikacinio vandens – 3 bar., o karšto buitinio vandens – 6 bar. [17].

2.2.4. Dujinis katilas

Šildymui ir šilto vandens paruošimui, kai neužtektų saulės energijos, parinkau dujinį kondensacinį prie sienos tvirtinamą katilą CGB – K40 – 35 (žr. 9 pav.). Katilo ypatumai: dirba su gamtinėmis ir suskystintomis dujomis, priverstinis dūmų šalinimas, uždara degimo kamera, nerūdijančio plieno ruošimo šilumokaitis, ištraukiamas šilumokaitis [18].



9 pav. Dujinis katilas CGB – K40 - 35

Dujinio katilo konstrukcija ir techniai duomenys pateikti prieduose (žr. Priedai 1).

2.2.5. Siurblys

Siurblys HUPA Solar 25-6.0 U 180 (žr. 10 pav.) cirkuliacinis siurblys, tinkantis saulės kolektorių sistemoms.



10 pav. Siurblys HUPA Solar 25-6.0 U 180

Savybės:

- Galia 54-97W;
- Našumas maks. 3.2 m³/val.;

- Slėgis iki 6 m;
- Skirti naudojimui saulės kolektorių sistemose;
- Darbinės terpės temperatūros diapazonas yra nuo -10°C iki $+110^{\circ}\text{C}$;
- Galima naudoti ir namų šildymo sistemose [19].

2.2.6. Išsiplėtimo indas

Išsiplėtimo indas 24 l Elbi DS 24 (žr. 11 pav.), kurio tūris - 24 litrai, tinkamas saulės kolektorių sistemose, nes pritaikytas propilenglikolio mišiniui.



11 pav. Išsiplėtimo indas

Techniniai duomenys:

- Gamintojas - Elbi;
- Modelis - DS 24 CE;
- Priešslėgis - 3 bar;
- Maks. slėgis - 8 bar;
- Maks.darbinė temperatūra - $+110^{\circ}\text{C}$ Trumpalaikė (iki 2 val.) maks. temperatūra - $+130^{\circ}\text{C}$;
- Indo skersmuo - 320 mm;
- Indo aukštis - 355 mm;
- Pajungimas - $3/4''$ [20].

2.3. Eksploatacijos ypatumai

Saulės kolektorių sistemos tinkamas įrenginių parinkimas yra svarbiausias etapas. Jei sistema bus per maža - nepatenkins reikalaujamo energijos poreikio, jei per didelė - kels problemų - dažnai užvirs šilumos nešėjas, suveikins apsauginis vožtuvas (sistemą reikės papildyti šilumos nešėju), dėl dažnų kritinių situacijų sutrumpės sistemos tarnavimo laikas, taip pat bus netikslingai panaudotos lėšos sistemos įrengimui [21].

Kad sistema dirbtų efektyviai, būtina užtikrinti optimalų šilumos nešėjo debitą kolektoriuje, tą atlieka valdikliai. Galima naudoti cirkuliacinius siurblius su keičiamu siurblio dažniu, tačiau jų kaina yra labai ženkliai didesnė ir esant nedideliam energijos suvartojimui, sutaupyta energija neatsipirks labai ilgai, tačiau net ir paprasčiausi cirkuliaciniai siurbliai turi galimybę perjungti darbo režimus (našumą). Tą tikslinga atlikti pasikeitus sezonui, bet daugelis saulės sistemų valdiklių patys atlieka cirkuliacinio siurblio darbo režimo keitimą, todėl cirkuliacinis siurblys veikia tik tokia galia, kuri yra būtina perduodant šilumą boileryje.

Ypatingą dėmesį reikia skirti boilerio tipo, dydžio ir pajungimo schemos parinkimui. Įsigyti kombinacinį boilerį su keliais gyvatukais, nes vienu iš jų cirkuliuoja saulės kolektoriuje pašildytas srautas, kitame – esant būtinumui – srautas iš katilo. Taip abi sistemos papildo viena kitą ir gaunamas maksimalus ekonominis efektas. Jei vasaros metu šiluma akumuliuojama, saulės kolektoriai gali patenkinti 100 proc. šiluminės energijos poreikių. Bendras sukaupto karšto vandens kiekis yra didesnis ir pilnai užtikrina karšto vandens poreikius nuo kovo mėn. pradžios iki lapkričio mėn. pabaigos.

Svarbu nustatyti sistemos rodiklius – temperatūrų skirtumas, prie kurių sistema būtų paleidžiama, reikėtų perreguliuoti priklausomai nuo sezonų. Šaltesniais periodais tikslinga išnaudoti ir minimalius temperatūrų skirtumus. Efektyvus šilumos perdavimo procesas laikomas, kai temperatūrų skirtumas sudaro bent 20 - 30 °C.

Sudėtingas sistemas, kuriose įrengti valdikliai su papildomomis funkcijomis, galima automatiškai perjungti šiltam vandeniui ruošti arba šildymo sistemoms papildyti, priklausomai nuo temperatūrų šildymo sistemoje ir saulės apšvietos [15].

IŠVADOS

Apibendrinus analitinių tyrimų medžiagą ir suprojektavus saulės energiją naudojančią sistemą, išskirtos šios pagrindinės išvados:

1. Saulės energija – ateities technologija, tą patvirtina Europos Sąjungos direktyvos nurodančios padidinti energijos gavybą iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Atsižvelgiant į gautus tyrimų rezultatus, vidutinis saulėtų valandų skaičius Lietuvoje yra 1600 valandų per metus: pagal tai parinktas saulės kolektorius pagamintų 1072 kWh/m²/per metus šilumos kiekį, o eksploatacinės metinės išlaidos bus 11,2 €. Įranga ir įrengimas atsipirktų per 5 metus ir padėtų sumažinti išlaidas už šildymą.

2. Pagal formules bei empirinius duomenis sukurtas Simulink programos modelis. Atlikus paskaičiavimus parodyta, kad projektuojamai šildymo sistemai pakaks trijų vakuuminių saulės kolektorių.

3. Pateikta visos sistemos struktūra ir įrenginių veikimo aprašymas. Sukomplektuota reikalinga pagrindinė įranga, savo parametrais tenkinanti projektui keliamus reikalavimus. Suprojektuota sistema įvertina saulės energija šildomų sistemų specifiką bei veikimą ir orientuota 2 – ū asmenų šeimos poreikiams patenkinti.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

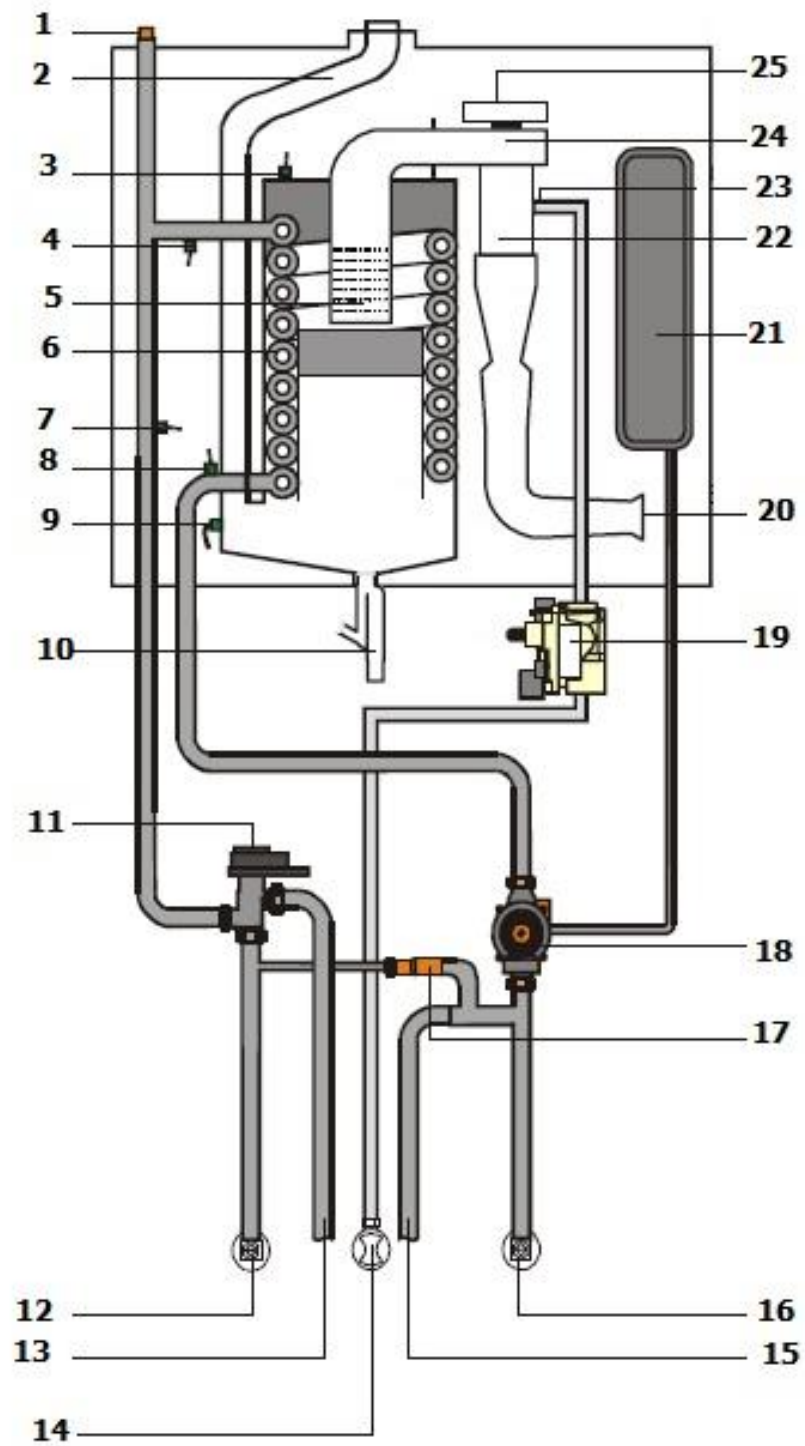
1. *Saulėtos dienos* [Žiūrėta 2015-05-25]. Prieiga per internetą: <<http://www.saulės baterija.lt/saulės-baterijos/saulėtos-dienos-lietuvoje>>.
2. *Profesorius: užtektų 3-5 tūkst. litų butui atsijungti nuo elektros tinklo*, RŪTA JUOZAPAITYTĖ, žurnalas „Taupūs namai“ (2014 m. kovo 7 d.) [Žiūrėta 2015-05-01]. Prieiga per interą: <<http://www.delfi.lt/projektai/archive/profesorius-uztektu-3-5-tukst-litu-butui-atsijungti-nuo-elektros-tinklo.d?id=64103024>>.
3. *Lietuvos Respublikos Atsinaujinančių Išteklių Energetikos Įstatymas*, (2011 m. gegužės 12d.) Nr. XI-1375, Vilnius [Žiūrėta 2015-05-03]. Prieiga per internet: <http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=398874>.
4. *SDHplus Naujos verslo galimybės naudojant saulės energiją centralizuotos šilumos ir vėsumos tiekimui* [Žiūrėta 2015-05-05]. Prieiga per internetą: <<http://www.solar-district-heating.eu/LinkClick.aspx?fileticket=Jva9QpmMRuA%3d&portalid=0>>.
5. JOLANTA VANSOVIČ, *Saulės energijos panaudojimas šiluminės energijos gamybai* (2006 m.).
6. [Žiūrėta 2015-05-26]. Prieiga per internetą: <<http://www.saulessiluma.eu/index.php/prekiu-katalogas/product/9-58-1800-30-slaitiniam-stogui-suntask-kinija>>.
7. [Žiūrėta 2015-05-26]. Prieiga per internetą: <http://www.lsta.lt/files/Leidiniai/SILUMOS_vartotojo_vadovas/Silumos_vartotojo_VADOVAS.pdf>.
8. EDITA MILUTIENĖ, *Saulės energijos naudojimas* [Žiūrėta 2015-03-25]. Prieiga per internetą: <http://www.ekokarta.lt/uploads/failai/Atsinaujinanti_energija_Saulės_energija.pdf>.
9. *Saulės energijos panaudojimas ir perspektyvos*, EDITA MILUTIENĖ, Lietuvos saulės energetikos asociacija [Žiūrėta 2015-03-25]. Prieiga per internetą: <[http://www.lsta.lt/files/seminarai/121026_KTU%20konf/05_Saulės%20energijos%20panaudojimas%20ir%20perspektyvos%20\(E.Milutiene\).pdf](http://www.lsta.lt/files/seminarai/121026_KTU%20konf/05_Saulės%20energijos%20panaudojimas%20ir%20perspektyvos%20(E.Milutiene).pdf)>.
10. DOMANTAS ZUBKA, *Nulinės energijos pastato koncepcija ir jos pritaikymas* [Žiūrėta 2015-04-15]. Prieiga per internetą: <<http://dspace.vgtu.lt/bitstream/1/960/1/D.Zubka.pdf>>.

11. *Saulės kolektoriai* [Žiūrėta 2015-05-04]. Prieiga per internetą: <<http://technikonus.lt/saules-kolektoriai/>>.
12. *Terminė saulės energija* [Žiūrėta 2015-05-12]. Prieiga per internetą: <http://www.idejasildymui.lt/Termine_Saules_energija>.
13. *Saulės energijos technologjos* [Žiūrėta 2015-05-05]. Prieiga per internetą: <http://www.sanistal.lt/uploads/media/Wolf_saules_energijos_tehnologijos.pdf>.
14. *Kam reikia išsiplėtimo indo ir kaip jis yra padarytas* [Žiūrėta 2015-05-12]. Prieiga per internetą: <<http://www.jsm.lt/lt/322-kam-reikia-issipltimo-indo-ir-kaip-jis-yra-padarytas-.html>>.
15. [Žiūrėta 2015-05-25]. Prieiga per internetą: <<http://www.saulessistemas.lt/skirtumai.html>>.
16. [Žiūrėta 2015-05-25]. Prieiga per internetą: <<http://www.saulessiluma.eu/index.php/prekiu-katalogas/product/9-58-1800-30-slaitiniam-stogui-suntask-kinija>>.
17. [Žiūrėta 2015-05-26]. Prieiga per internetą: <<http://saulessiluma.eu/index.php/prekiu-katalogas/product/91-300-140-talpa-talpoje-kombinuota-akumuliacine-talpa>>.
18. [Žiūrėta 2015-05-26]. Prieiga per internetą: <<http://www.katilucentras.lt/katilai/pakabinamas-dujinis-kondensacinis-katilas-wolf-cgb-k40-35/>>.
19. [Žiūrėta 2015-05-26]. Prieiga per internetą: <<http://vandensmulkmenos.lt/Cirkuliacinis%20siurblys%20HUPA%20Solar%2025-6.0%20U%20180,Solar%2025,%20?search=hupa>>.
20. [Žiūrėta 2015-05-26]. Prieiga per internetą: <http://www.elmitra.lt/preke/issipltimo-indas-24-l-elbi-ds-24.2419/group_id-188//>.
21. *Saulės kolektorių projektavimas ir simuliaciniai modeliai* [Žiūrėta 2015-05-12]. Prieiga per internetą: <<http://www.elmitra.lt/index.php?module=editablec&action=separated&id=124>>.
22. [Žiūrėta 2015-05-29]. Prieiga per internetą: <http://www.idejasildymui.lt/Sildymo_Saules_kol_sistvaldikliai>.

PRIEDAI

1. Dujinio katilo konstrukcija (žr. 1 pav.):

1. Rankinis nuorintojas
2. Dūmtraukis
3. Temperatūros ribotuvas (tik CGB-24)
4. Temperatūros ribotuvas
5. Degiklis
6. Šilumokaitis
7. Paduodamos į sistemą vandens temperatūros daviklis
8. Grįžtančio iš sistemos vandens temperatūros daviklis
9. Dūmų temperatūros daviklis
10. Sifonas kondensato nubėgimui
11. Trieigis vožtuvas
12. Paduodamo į sistemą vamzdyno prijungimo atvamzdis
13. Paduodamo į tūrinį vandens šildytuvą vandzyno prijungimo atvamzdis
14. Dujų prijungimo atvamzdis
15. Grįžtančio iš tūrinio vandens šildytuvo vamzdyno prijungimo atvamzdis
16. Grįžtančio iš sistemos vamzdyno prijungimo atvamzdis
17. Persipylimo vožtuvas
18. Šildymo sistemos cirkuliacinis siurblys
19. Dujų vožtuvas
20. Oro paėmimo anga
21. Išsiplėtimo indas
22. Dujų ir oro sumaišymo kamera
23. Dujų reguliavimo vožtuvas
- 24-25. Ventilatorius



1 pav. Dujinio katilo konstrukcija

1 lentelė. Dujinio katilo techniniai duomenys

Minimali galia, kW:	8
Naudingumo koeficientas, %:	109
Maksimalus darbinis slėgis, bar:	3
Maksimali leistina vandens temperatūra, °C:	95
Dūmtraukio pajungimo angos diametras, mm :	125/80
Maksimali dūmų temperatūra, °C:	90
Įtampa, V/Hz:	230/50
Srovės stiprumas, A:	3.15
Naudojamas galingumas, W:	145
Apsaugos klasė:	IPX4D
Aukštis, mm:	855
Plotis, mm:	440
Gylis, mm:	393
Prijungimo atvamzdžių diametras, mm:	32
Svoris, kg:	48

Papildomi literatūros šaltiniai:

1. *Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe*, European Commission Joint Research Centre Institute for Energy and Transport (JET) [Žiūrėta 2015-04-10]. Prieiga per internetą: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eur.htm>>.
2. *Solar energy simplified* [Žiūrėta 2015-03-25]. Prieiga per internetą: <<http://www.free-ebooks.net/ebook/Solar-Energy-Simplified>>.