



**UAB „AF – TERMA“**

**TAIKOMASIS MOKSLINIS TYRIMAS (STUDIJA)**



**„PAVYZDINIO SAULĖS ENERGIJOS IR BIOKURO  
NAUDOJIMO PROJEKTO, ĮRENGUS ŠILUMAI GAMINTI  
KAČERGINĖS VAIKŲ SANATORIJOJE SAULĖS  
KOLEKTORIŲ IR MEDIENOS ATLIEKOMIS KŪRENAMĄ  
KATILINĘ, EFEKTYVUMO TYRIMAI BEI REKOMENDACIJŲ  
TOLIMESNIAM TOKIŲ PROJEKTŲ TAIKYMUI  
PARENGIMAS“**

**Studijos ataskaita**

**Darbo vadovas:**

**Dr. Vykintas Šuksteris**

\_\_\_\_\_  
parašas

**Lietuvių kalbos redaktorė:**

**Vaiva Misytė**

\_\_\_\_\_  
parašas

**Kaunas  
2007**

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <b>Ataskaitos pavadinimas:</b><br>Pavyzdinio saulės energijos ir biokuro naudojimo projekto, įrengus Kačerginės vaikų sanatorijoje saulės kolektorių šilumai gaminti ir medienos atliekomis kūrenamą katilinę, efektyvumo tyrimai bei rekomendacijų tolimesniam tokių projektų taikymui parengimas   |   | <b>Išleidimo data:</b><br>2007/10/31   |  |
|  |   | <b>Etapas ir pavadinimas:</b><br>Galutinė ataskaita  |  |
| <b>Vadovas:</b><br>Dr. Vykintas Šuksteris  | <b>Autoriai:</b><br>J. Šuksteris, D. Barysa, R. Jonynas<br>R. Kiveris |  | <b>Psl. sk./ Priedų psl. sk.:</b><br>46      |
| <b>Užsakovas:</b><br>Ūkio ministerija  | <b>Sutarties data:</b><br>2007/06/05                                  | <b>Sutarties Nr.:</b><br>8-197   | <b>Ataskaitos identifikatorius:</b><br>8-197 |
| <b>Sutarties pavadinimas:</b><br>Pavyzdinio saulės energijos ir biokuro naudojimo projekto, įrengus Kačerginės vaikų sanatorijoje saulės kolektorių šilumai gaminti ir medienos atliekomis kūrenamą katilinę, efektyvumo tyrimai bei rekomendacijų tolimesniam tokių projektų taikymui parengimas  |   |  |  |
| <b>Anotacija:</b><br>Šioje studijoje analizuojama biokuro ir saulės energijos panaudojimo patirtis Kačerginės vaikų sanatorijoje, kur šilumos gamybai įrengta saulės karšto vandens ruošimo sistema ir medienos atliekomis kūrenama katilinė; įvertintas tokios sistemos veikimo efektyvumas bei parengtos rekomendacijos analogiškų projektų diegimui.<br>Biokuru ir saulės energija pagamintos šilumos energijos matavimai, analizė ir modeliavimas buvo atliekami ir vasaros, ir šildymo sezono laikotarpiais. Studijoje įvertinta: šilumos energijos gamybos kaštai, deginant įvairias medienos atliekų rūšis, metinio suvartoto karšto vandens kiekio balansas (vandenį ruošiant saulės kolektoriuose ir katilinėje, deginant medienos atliekas), šilumos suvartojimas pastatuose, metiniai vidaus oro temperatūros kitimai sanatorijos pastatuose, kombinuotos saulės-biokuro sistemos šilumai gaminti ekonominiai rodikliai, apžvelgti aplinkosauginiai ir kiti privalumai, nagrinėjamas vien tik (t.y. atskirai paimtos) saulės karšto vandens ruošimo sistemos efektyvumas ir poveikis aplinkai.<br>Darbo eigoje atliktas ir Kačerginės vaikų sanatorijos pastatų energijos vartojimo efektyvumo auditas.<br>Rekonstruota šiluminio ūkio sistema Kačerginės vaikų sanatorijoje - tai integruotas, vienintelis Lietuvoje veikiantis tokio sprendimo variantas - bioenergijos ir saulės energijos kombinacija, kuri, kaip parodė kelerių metų eksploataavimo patirtis, yra patikima tiek techniniu požiūriu, tiek ekonomine prasme. |   |  |  |
| <b>Reikšminiai žodžiai:</b><br>biokuras, medienos atliekos, šilumos energija, saulės spinduliuotė, saulės energija, saulės kolektoriai   |   |  |  |
| <b>Ataskaita perduota:</b><br>Ūkio ministerijai (3 kopijos)<br>Archyvui (1 kopija)   |   | <b>Lietuvių kalbos redaktorė</b><br><br>Vaiva Misytė   |  |
| UAB „AF-TERMA“<br>Europos pr. 110<br>LT-46351, Kaunas  |   | Telefonas: 8 37 337989<br>Faksas: 8 37 337991<br>E-paštas: info@afterma.lt<br>WWW: http://www.afterma.lt |  |

## TURINYS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS</b> .....  | <b>3</b>  |
| <b>LENTELIŲ SĄRAŠAS</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>ANOTACIJA</b> .....  | <b>6</b>  |
| <b>ĮVADAS</b> .....   | <b>7</b>  |
| <b>1 METODIKA</b> .....   | <b>9</b>  |
| <b>1.1 ĮRENGINIŲ APRAŠYMAS</b> .....  | <b>13</b> |
| 1.1.1 Šilumos kiekio skaitikliai .....  | 13        |
| 1.1.2 Temperatūros matavimo duomenų kaupikliai .....  | 15        |
| 1.1.3 Saulės spinduliuotės matavimai .....  | 16        |
| <b>1.2 BUHALTERINIAI DUOMENYS</b> .....   | <b>16</b> |
| 1.2.1 Elektros energijos apskaita biokuro katilinėje .....  | 16        |
| 1.2.2 Biokuras .....  | 17        |
| 1.2.3 Vandens poreikiai.....  | 18        |
| <b>2 MATAVIMO IR SKAIČIAVIMO DUOMENŲ ANALIZĖ</b> .....  | <b>18</b> |
| <b>2.1 ŠILUMOS ENERGIJOS GAMYBA VASAROS IR ŠILDYMO SEZONO METU, NAUDOJANT BOKURĄ IR SAULĖS ENERGIJĄ</b> .....   | <b>18</b> |
| <b>2.2 ŠILUMOS SUVARTOJIMAS PASTATUOSE</b> .....  | <b>25</b> |
| <b>2.3 METINIAI VIDAUS ORO TEMPERATŪROS KITIMAI SANATORIJOS PASTATUOSE</b> .....  | <b>28</b> |
| <b>2.4 ŠILUMOS ENERGIJOS GAMYBOS KAŠTAI, DEGINANT ĮVAIRIAS MEDIENOS ATLIEKAS</b> .....  | <b>30</b> |
| <b>2.5 METINIO SUVARTOTO KARŠTO VANDENS KIEKIO BALANSAS, RUOŠIANT VANDENĮ SAULĖS KOLEKTORIUOSE, KATILINĖJE, DEGINANT MEDIENOS ATLIEKAS, NAUDOJANT ELEKTROS ENERGIJĄ</b> ..... | <b>32</b> |
| <b>2.6 SAULĖS BUTINIO KARŠTO VANDENS RUOŠIMO SISTEMA SANATORIJOJE</b> .....   | <b>35</b> |
| <b>2.7 SAULĖS BUTINIO KARŠTO VANDENS RUOŠIMO SISTEMOS INDIVIDUALIAM NAMUI VEIKIMO MODELIAVIMAS</b> .....  | <b>37</b> |
| <b>2.8 GAMTOSAUGINIAI SANATORIJOJE ĮRENGTOS ŠILUMOS GAMYBOS SISTEMOS PRIVALUMAI</b> .....   | <b>40</b> |
| <b>2.9 ŠVIETĖJIŠKA NAUDA</b> .....  | <b>41</b> |
| <b>3 KOMBINUOTOS SAULĖS-BIOKURO SISTEMOS ŠILUMOS GAMYBAI EKONOMINIAI APLIKOSAUGINIAI IR KITI PRIVALUMAI</b> .....   | <b>41</b> |
| <b>4 IŠVADOS IR TOLIMESNĖS SAULĖS ENERGIJOS IR BOKURO NAUDOJIMO PROJEKTŲ TAIKYMO REKOMENDACIJOS</b> .....   | <b>43</b> |
| <b>5 LITERATŪRA</b> .....   | <b>46</b> |

**PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS**

|  |    |
|--|----|
| 1 pav. Sanatorijos pastatų, katilinės, saulės kolektorių išdėstymo, šildymo ir karšto vandens trasų įrengimo schema. ....  | 9  |
| 2 pav. Katilinės ir biokuro sandėliavimo vieta.....  | 11 |
| 3 pav. Saulės kolektoriai Kačerginės vaikų sanatorijoje.....   | 12 |
| 4 pav. Tipinė skaičiavimo programos TSOLPro 4.3 saulės karšto vandens ruošimo sistemos schema.....   | 13 |
| 5 pav. Šiluminės energijos gamybos biokuro katilinėje ir saulės kolektoriuose bei šilumos kiekio matuoklių išdėstymo schema. ....                                      | 14 |
| 6 pav. Šilumos energijos gamybos 2004-2007 m. šildymo sezonais biokuro katilinėje priklausomybė nuo vidutinių išorės temperatūrų kitimo.....                           | 19 |
| 7 pav. Medienos kuro atliekų santykinės drėgmės įtaka gaminamai šiluminei energijai. ....  | 21 |
| 8 pav. 2004 – 2007 m. saulės spindulinės energijos, krentančios į 45° plokštumą, intensyvumo kitimas, priklausomai nuo metų mėnesių.....                               | 22 |
| 9 pav. saulės energijos į 45° sumontuotą saulės kolektoriaus plokštumą (1) ir saulės kolektoriuje pagamintos energijos kiekio (2) priklausomybė nuo mėnesių sekos..... | 24 |
| 10 pav. Energijos sąnaudos įvairios paskirties pastatuose, priklausomai nuo išorės - lauko temperatūros ir nuo visiems pastatams šildymui reikalingo kiekio.....       | 27 |
| 11 pav. Oro kaitos matavimo rezultatai atsitiktinai pasirinktose sanatorijos patalpose.....  | 27 |
| 12 pav. Langų pralaidumas atsitiktinai pasirinktose sanatorijos patalpose.....   | 27 |
| 13 pav. Vidaus patalpų temperatūrų kitimas įvairios paskirties pastatuose 2005-2006 m. šildymo sezono metu.....  | 29 |
| 14 pav. Saulės kolektoriuje pagaminta šiluminė energija 2004-2007 m., priklausomai nuo saulės spinduliuotės intensyvumo. (2007m. matuota I-VIII mėnesiais).....        | 33 |
| 15 pav. Karšto vandens ruošimas biokuro katile ir saulės kolektoriuje. 1.- Biokuro katilas, 2.- Saulės kolektorius, 3.- Bendra karšto vandens gamyba.....              | 34 |
| 16 pav. Dviejų kontūrų saulės karšto vandens ruošimo sistema individualiam namui.....  | 38 |

**LENTELIŲ SARAŠAS**

|   |    |
|---|----|
| 1 lentelė. Sanatorijos pastatų paskirtis, šildomi plotai ir šildymo galia .....   | 9  |
| 2 lentelė. Biokuro katilinės techniniai duomenys .....  | 10 |
| 3 lentelė. Saulės kolektorių techniniai duomenys .....  | 11 |
| 4 lentelė. Sanatorijos biokuro katilinėje ir pastatuose įrengti šilumos kiekio skaitikliai .....  | 13 |
| 5 lentelė. Temperatūros kaupiklių „Tinitag Ultra“ techninės charakteristikos .....  | 15 |
| 6 lentelė. Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos patvirtinti tarifai.....  | 16 |
| 7 lentelė. Elektros energijos sąnaudos biokuro katilinėje. ....   | 16 |
| 8 lentelė. Medienos atliekų techniniai duomenys .....   | 17 |
| 9 lentelė. Biokuro katilinėje sudeginto kuro kiekis ir jo kaina.....  | 17 |
| 10 lentelė. Pagaminta šiluminė energija biokuro katilinėje ir išorės lauko vidutinės temperatūros .....   | 20 |
| 11 lentelė. Švedų kompanijos Aquasol BIG 10,5 plokščių saulės kolektorių efektyvumo parametrai.....   | 22 |
| 12 lentelė. Saulės karšto vandens ruošimo sistemoje pagaminta energija .....  | 23 |
| 13 lentelė. TSOLPro 4.3, Retscreen SWH skaičiavimo programomis apskaičiuotų ir realiai išmatuotų saulės kolektoriuje energijų palyginimas .....   | 25 |
| 14 lentelė. Tiekama šiluma pastatams šildyti, priklausomai nuo pastatų paskirties ir lauko temperatūros kitimo.....   | 26 |
| 15 lentelė. Pastatų vidaus temperatūrų kitimas įvairios paskirties pastatuose .....   | 29 |
| 16 lentelė. Šilumos energijos gamybos kaštai biokuro katilinėje .....   | 30 |
| 17 lentelė. 2005 - 2006 m šilumos savikaina .....   | 31 |
| 18 lentelė. Karšto vandens gamyba 2005-2007 m. laikotarpiu biokuro katilinėje ir saulės kolektoriuje.....   | 34 |
| 19 lentelė. . TSOLPro 4.3, Retscreen SWH. skaičiavimo programomis apskaičiuotas ir realiai saulės kolektoriuje išmatuotas karšto vandens ruošimo sistemos ir saulės kolektorių efektyvumas .....                              | 35 |
| 20 lentelė. Saulės karšto vandens ruošimo sistemos techniniai-ekonominiai rodikliai (ekonominiai rodikliai lentelėje pateikiami be pridėtinės vertės mokesčio).....   | 35 |
| 21 lentelė. „Viessmann“ montuojamų ant stogo dangos dviejų kontūrų karšto vandens ruošimo sistemų, susidedančių iš plokščiojo saulės kolektoriaus, akumuliacinės talpos ir valdymo automatikos kainos (2006 m. kainynas)..... | 36 |

|   |    |
|---|----|
| 22 lentelė. Saulės energijos sistemos atsipirkimo laikas, esant įvairioms elektros energijos kainoms .....  | 39 |
| 23 lentelė. Saulės energijos sistemų įrengimų subsidijavimo poreikis, esant skirtingoms elektros energijos kainoms.....   | 39 |
| 24 lentelė. CO <sub>2</sub> emisijų išmetimai į atmosferą, deginant įvairių organinį kūrą .....   | 40 |
| 25 lentelė. CO <sub>2</sub> emisijos sumažinimas dėl saulės energijos panaudojimo, lyginant su įvairių rūšių iškastinio kuro deginimu (įvertinus ir katilo n.v.k.)..... | 41 |

## ANOTACIJA

Šios studijos metu ištirtas pavyzdinis saulės energijos ir biokuro naudojimo projektas Kačerginės vaikų sanatorijoje, kur šilumos gamybai buvo įrengta saulės kolektorių ir medienos atliekomis kūrenama katilinė, įvertintas sistemos efektyvumas bei parengtos tokių tolimesnių projektų taikymo rekomendacijos.

Analizė atlikta vasaros ir šildymo sezono metu, kai buvo naudojamas biokuras ir saulės energija, šilumai pagaminti. Taip pat analizėje įvertinti: šilumos energijos gamybos kaštai, deginant įvairias medienos atliekas, metinio suvartoto karšto vandens kiekio balansas (vandenį ruošiant saulės kolektoriuose, katilinėje, deginant medienos atliekas), šilumos suvartojimas pastatuose, metiniai vidaus oro temperatūros kitimai sanatorijos pastatuose, kombinuotos saulės-biokuro sistemos šilumai gaminti ekonominiai, aplinkosauginiai ir kiti privalumai. Studijos eigoje atliktas ir Kačerginės vaikų sanatorijos pastatų energijos vartojimo efektyvumo auditas, parengtos tolimesnio saulės energijos ir biokuro naudojimo projektų taikymo rekomendacijos, kurios yra ekonomiškai pagrįstos.

Rekonstruota šiluminio ūkio sistema Kačerginės vaikų sanatorijoje - tai integruotas, vienintelis Lietuvoje veikiantis tokio sprendimo variantas - bioenergijos ir saulės energijos kombinacija, kuri, kaip parodė kelerių metų eksploataavimo patirtis, yra patikima tiek techniniu požiūriu, tiek ekonomine prasme. Visa tai buvo pasiekta, padidinant sistemos energetinį efektyvumą, gaminant, paskirstant bei naudojant energiją pastatuose, sumažinus sanatorijos kaštus energetiniams poreikiams ir anglies dvideginio išmetimą į aplinką, senąją energijos gamybos būdą pakeičiant nauju, t.y. bioenergija bei saulės energija.

**Raktažodžiai:** biokuras, medienos atliekos, šilumos energija, saulės spinduliuotė, saulės energija, saulės kolektoriai.

## ĮVADAS

Nuo 2002 m. rudens Kačerginės vaikų sanatorijoje veikia saulės ir biokuro energiją naudojanti karšto vandens ruošimo ir šildymo sistema. Švedų energetikos agentūra (STEM), pasitelkusi savo šalies investicinę klimato programą (SICIP), skirtą tobulinti energetikos sektorių ir mažinti teršalų, sukeliančių šiltnamio efektą, išmetimą į aplinką, įgyvendino šį projektą. Tai atitinka Kioto protokolo reikalavimus ir Nacionalinės energijos vartojimo efektyvumo didinimo programos nuostatas [1], o taip pat pagrindinius šilumos ir energetikos strategijos tikslus [2, 3]. Saulės energijos panaudojimo galimybės yra labai didelės, ko negalima pasakyti apie biokurą, t.y. medienos perdirbimo įmonių technologines atliekas (skiedras ir pjuvenas), kurios santykinai pigios ir lengvai pasiekiamos. Paskutiniaisiais metais ši kuro rūšis buvo naudojama labai intensyviai, jos resursai [4] yra riboti, todėl svarbu gautą energiją išnaudoti efektyviai su mažiausiais nuostoliais. Buvo atlikta išsami analizė, įvertinta jo įtaka klimatui bei aplinkai ir numatytos visos su projekto vykdymu susijusios išlaidos.

Vaikų sanatorija yra Kačerginės gyvenvietėje, įsikūrusioje 20 km atstumu nuo Kauno. 1960 metais įkurtoje sanatorijoje nuolat gydoma apie 100 vaikų. Prieš šio projekto įgyvendinimą šiluma pastatų šildymui buvo tiekama iš trijų senų, krosninį kurą deginančių, katilų. Buitinis ir šildymui skirtas karštas vanduo buvo tiekiamas senais susidėvėjusiais požeminiais vamzdynais. Dėl didelių vandens ir šilumos nuostolių sistemos efektyvumas buvo prastas. Pastatų šiluminė izoliacija taip pat bloga - santykinis šilumos suvartojimas, įvertinant visus nuostolius, viršijo 250 kWh/m<sup>2</sup>. Palyginus su visu sanatorijos metiniu biudžetu, santykinai didelės šildymo išlaidos buvo sunki našta sanatorijos administracijai. Kiekvienais metais reikėjo pirkti daugiau nei 100 tonų skysto kuro.

VĮ „Energetikos agentūros“ Energijos taupymo programos direkcija, taip pat Lietuvos energetikos instituto specialistai norėjo įrengti demonstracinį saulės energijos panaudojimo projektą, būtent, Kačerginėje. Gera geografinė padėtis, sena brangiu skystu kuru kūrenama katilinė, vaikų gydymui ir reabilitacijai reikalinga švari aplinka ir galimybė plačiau tarp vaikų paskleisti atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimo privalumus sąlygojo tokį apsisprendimą.

Įgyvendinant projektą, buvo siekiama šių tikslų:

- padidinti sistemos energetinį efektyvumą gaminant, paskirstant bei naudojant energiją pastatuose;
- sumažinti sanatorijos kaštus energijos poreikiams;



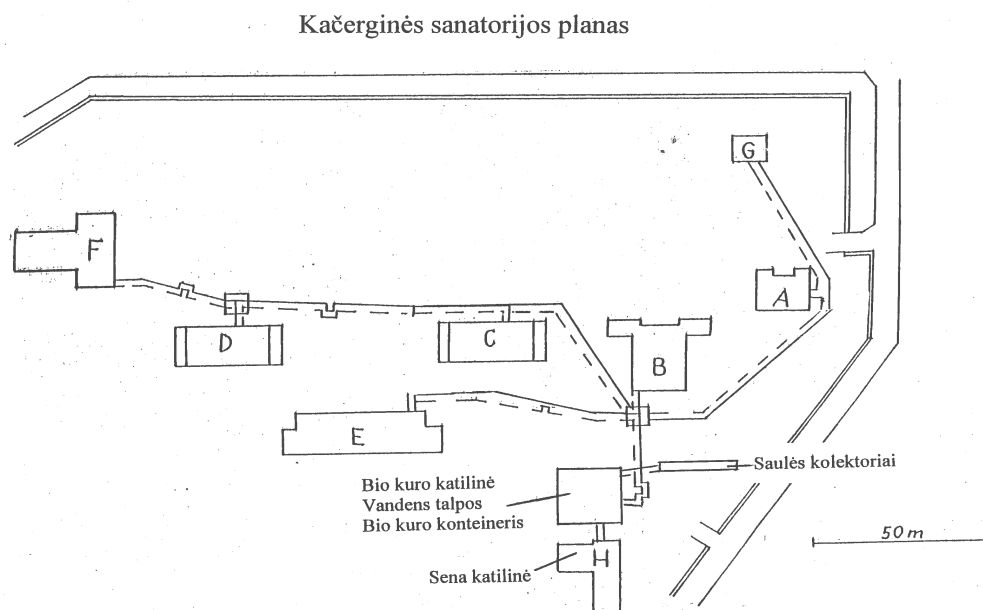
- sumažinti anglies dvideginio išmetimą į aplinką, senąją energijos gamybos būdą pakeičiant nauju, t.y. bioenergija bei saulės energija;
- pademonstruoti integruoto sprendimo variantą - bioenergijos ir saulės energijos kombinaciją, kuri būtų patikima tiek techniniu požiūriu, tiek ir ekonomine prasme;
- užmegzti glaudesnę bendradarbiavimą tarp Švedijos ir vietinių biokuro ir saulės kolektorių gamintojų.

Igyvendinus projektą, tam tikra skiriamų piniginių lėšų dalis, kuri bus sukaupta, mažinant energijos kaštus, yra panaudojama šios sanatorijos pastatų renovacijai, taip pat sanatorijos jaunųjų pacientų gydymo ir buities sąlygų gerinimui.

5 metų projekto eksploataavimo patirtis ir 2006 – 2007 m. įrengtų energijos kiekių matavimo duomenų analizė leido atlikti pavyzdinio saulės energijos ir biokuro naudojimo projekto išsamius apibendrinimus ir įvertinti efektyvumą. Buvo parengtos medienos atliekomis kūrenamų katilinių ir saulės karšto vandens ruošimo sistemų tolimesnių tokių projektų taikymo rekomendacijos.

## 1 METODIKA

Sanatorijoje yra 9 įvairios paskirties pastatai, kurių bendras šildomas plotas siekia 2319 m<sup>2</sup>. Nauja biokuro katilinė ir saulės kolektoriai yra įrengti šalia senos katilinės. Naujai paklotų šilumos tiekimo ir karšto vandens trasų ilgis siekia apie 0,7 km. Sanatorijos pastatų, katilinės, saulės kolektorių išdėstymo ir šiluminių trasų įrengimo schema pateikta 1 pav.



1 pav. Sanatorijos pastatų, katilinės, saulės kolektorių išdėstymo, šildymo ir karšto vandens trasų įrengimo schema.

Sanatorija įkurta 1960 metais ir buvo skirta vaikų gydymui tik vasaros metu. Pastaruoju metu sanatorija veikia ištisus metus. Įstaigos pastatų paskirtis, šildomi plotai ir šildymo galia pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Sanatorijos pastatų paskirtis, šildomi plotai ir šildymo galia

|   | Pastato paskirtis         | Šildomi pastatų plotai, m <sup>2</sup> | Šildymo galia, kW |
|---|---------------------------|--|-------------------|
| A | Administracinis pastatas  | 140,7                                  | 27                |
| B | Mokykla-valgykla          | 331,6                                  | 55                |
| C | I-as gyvenamasis korpusas | 293,5                                  | 50                |

|   |                             |               |            |
|---|-----------------------------|---------------|------------|
| D | II-as gyvenamasis korpusas  | 293,4         | 50         |
| E | III-as gyvenamasis korpusas | 608,1         | 100        |
| F | Fizioterapinė gydykla       | 419,7         | 75         |
| G | Laboratorija                | 77,3          | 18         |
| H | Sena katilinė, skalbykla    | 155,3         | 35         |
|   | Iš viso                     | <b>2319,7</b> | <b>410</b> |

Atskirame konteineryje įrengtas 600 kW biokurą (medieną ir jos atliekas) deginantis katilas su automatine kuro saugykla ir kuro padavimo sistema, ventiliatoriumi, multiciklonu, dūmų valymo ir automatinio valdymo sistemomis (1 pav.). Šią biokuro katilinę projektavo, įrangą tiekė, montavo ir paruošė eksploatacijai Švedijos kompanija „Hotab Gruppen“ kartu su AB „Kazlų Rūdos metalas“. Pagrindiniai biokuro katilinės techniniai duomenys pateikti 2 lentelėje. Katilinės ir biokuro sandėliavimo vieta pateikta 2 pav.

2 lentelė. Biokuro katilinės techniniai duomenys

|  |  |
|--|--|
| Katilo galia                           | 0,6 MW   |
| Kuras:                                 | Medžio pramonės medienos atliekos (skiedra, pjuvenos), santykinė drėgmė - 35-55% |
| Skaičiuotina biokuro energetinė vertė: | 2,0 kWh/kg   |
| Kuro talpykla                          | 30 m <sup>3</sup>  |
| Gamintojas                             | HOTAB Eldningsteknik Halmstad, Švedija   |



2 pav. Katilinės ir biokuro sandėliavimo vieta

Visai netoli katilinės, ant žemės pastatyto rėmo, sumontuoti plokštieji saulės kolektoriai tiekia šilumą karšto vandens ruošimui. Jų bendras plotas sudaro 77,28 m<sup>2</sup>. Saulės kolektorių sistemą projektavo ir įrengė Švedijos kompanija „Aquasol“. Saulės kolektorių techniniai duomenys pateikti 3 lentelėje, o jų bendras vaizdas parodytas 3 pav.

3 lentelė. Saulės kolektorių techniniai duomenys

|   |                      |
|---|----------------------|
| Vienos sekcijos Aquasol BIG 10,5 plotas         | 11.04 m <sup>2</sup> |
| Vienos sekcijos Aquasol BIG 10,5 aktyvus plotas | 10.5 m <sup>2</sup>  |
| Sekcijų skaičius, vnt.                          | 7                    |
| Bendras saulės kolektorių plotas                | 77,28 m <sup>2</sup> |
| Absorberis                                      | Juodas chromas       |
| Šilumos izoliacija                              | 75mm                 |
| Korpusas  | Duraliuminis         |

Saulės kolektorių sistema yra dviejų kontūrų, su tarpiniu šilumokaičiu, kas leidžia saulės kolektorių kontūre naudoti neužšalantį skystį.

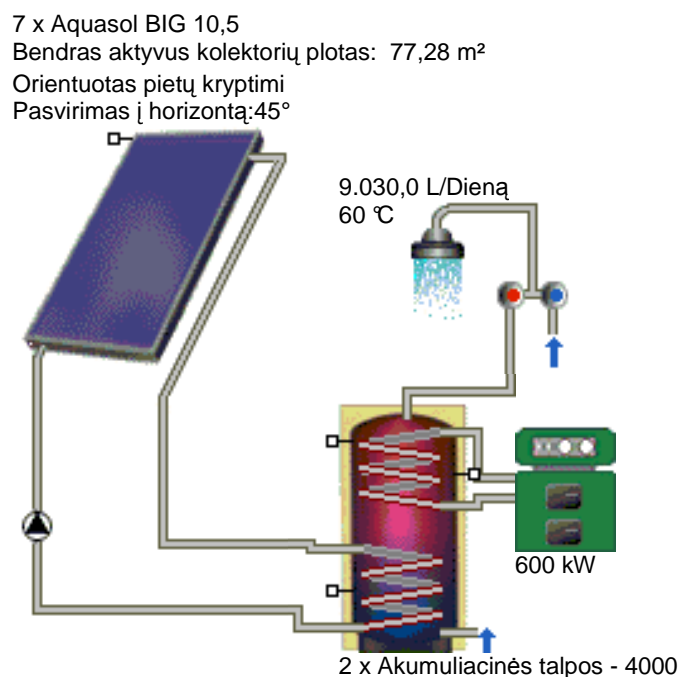


3 pav. Saulės kolektoriai Kačerginės vaikų sanatorijoje

Siekiant detaliau išanalizuoti saulės kolektoriuose norminiais metais gaminamos šiluminės energijos galimybes ir palyginti šiuos duomenis su mūsų paskaičiuotomis reikšmėmis, pasinaudota 2 programinės įrangos paketais: TSOLPro 4.3 bei Retscreen SWH. Jie leido apskaičiuoti karšto vandens gamybą sanatorijoje saulės kolektoriais ir įvertinti kolektorių efektyvumą. Tipinė saulės karšto vandens ruošimo sistemos schema pateikta 4 pav.

Skaičiuojamąją sistemą sudaro šie pagrindiniai elementai:

- 7 x Aquasol Big 10,5 saulės kolektoriai;
- 2 x 4000 l karšto vandens talpos;
- Cirkuliacinio siurblio mazgas;
- Biokuro katilas 600 kW.
- Skaičiuotina šalto vandens temperatūra – 8 °C
- Vandens poreikis žmogui 60 l/parai



4 pav. Tipinė skaičiavimo programos TSOLPro 4.3 saulės karšto vandens ruošimo sistemos schema

## 1.1 ĮRENGINIŲ APRAŠYMAS

### 1.1.1 Šilumos kiekio skaitikliai

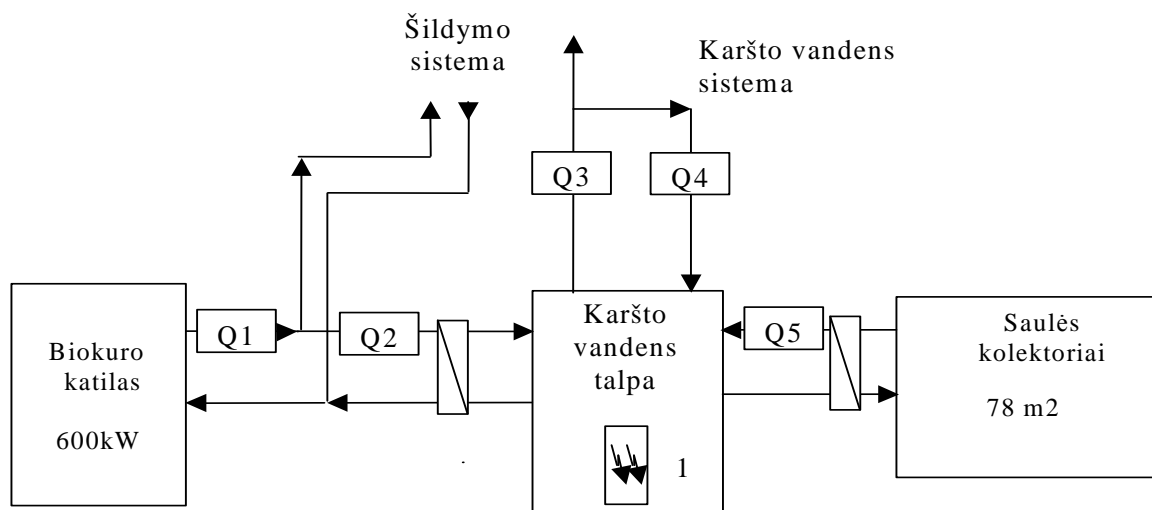
Pagaminta šiluminė energija biokuro katile ir saulės kolektoriuose buvo skirta karštam vandeniui ruošti ir pastatams šildyti. Siekiant įvertinti jos panaudojimą, buvo sumontuoti šilumos kiekio skaitikliai ir monitoringo metu atlikta išsami apskaita. Sanatorijos biokuro katilinėje ir pastatuose įrengti šilumos kiekio skaitikliai aprašyti 4 lentelėje.

4 lentelė. Sanatorijos biokuro katilinėje ir pastatuose įrengti šilumos kiekio skaitikliai

| Nr. | Skaitiklių taikymas       | Matuoklio tipas ir gamintojas           | Kiekis | Matavimai  |
|-----|---------------------------|---|--------|--|
| 1   | Saulės kolektorių sistema | Šilumos kiekio matuoklis, Siemens, OP 7 | 1      | Matuoja saulės kolektoriuose pagamintos energijos kiekį karšto vandens ruošimui. Pastatytas karšto vandens |

|   |                                 |   |   |   |
|---|---------------------------------|---|---|---|
|   |                                 |   |   | tiekimo į talpą – akumuliatorių-linijoje  |
| 2 | Pastatų šildymo sistema         | Šilumos kiekio matuoklis, Kamstrup, 25.0m <sup>3</sup> /h         | 1 | Matuoja visą energiją, pagamintą biokuro katile. Pastatytas išėjimo iš biokuro katilo linijoje.   |
| 3 | Karšto vandens ruošimo sistema  | Šilumos kiekio matuoklis, Kamstrup, 2.5 m <sup>3</sup> /h Compact | 1 | Matuoja energijos kiekį, tiekiamą į karšto vandens šilumokaitį. Pastatytas tarp tiekiamo šildymo sistemos tiekimo linijos ir karšto vandens šilumokaičio. |
| 4 | Karšto vandens ruošimo sistema  | Šilumos kiekio matuoklis, Kamstrup, 6.0 + 3.0 m <sup>3</sup> /h.  | 2 | Matuoja paduodamo į sistemą ir cirkuliacinio karšto vandens energijos kiekius. Pastatyti tiekiamoje ir cirkuliacinėje karšto vandens linijose.            |
| 5 | Atskirų pastatų šildymo sistema | Šilumos kiekio matuoklis, Kamstrup, 2.5 m <sup>3</sup> /h Compact | 3 | Pastatyta po vieną šilumos kiekio skaitiklį įvairios paskirties sanatorijos pastatuose (III-as gyvenamasis korpusas, mokykla, fizinė terapijos gydykla).  |

Šiluminės energijos gamybos biokuro katilinėje ir saulės kolektoriuose bei šilumos kiekio matuoklių išdėstymo schema pateikta 5 pav.



5 pav. Šiluminės energijos gamybos biokuro katilinėje ir saulės kolektoriuose bei šilumos kiekio matuoklių išdėstymo schema.

Q1 - visos pagamintos biokuro katile šiluminės energijos matuoklis, Q2 – šilumos, tiekiamos į karšto vandens šilumokaitį, energijos matuoklis, Q3 – karšto vandens, tiekiamo sanatorijos pastatams, energijos matuoklis, Q4 – recirkuliacinės karšto vandens tiekiamo linijos

energijos matuoklis, Q5 – karšto vandens, pagaminto saulės kolektoriuose, šiluminės energijos matuoklis, 1- elektrinis kaitintuvas (6 kW)

Šilumos kiekio skaitiklis Q1 matuoja visą pagamintą biomasės katilė energiją, o Q2 - šilumos kiekį, tiekiamą į karšto vandens ruošimo šilumokaitį. Šių skaitiklių parodymų skirtumas yra energija, tiekama pastatams šildyti. Siekiant sumažinti karšto vandens tiekimo nuostolius sanatorijoje, yra įrengta karšto vandens recirkuliacinė linija, todėl šilumos kiekio skaitikliai Q3 ir Q4 matuoja paduodamo į sistemą ir cirkuliacinio karšto vandens energijos kiekius. Šie skaitikliai taip pat matuos karšto vandens kiekį ir vasaros metu. Šilumos kiekio skaitiklis Q5 skirtas nustatyti saulės kolektoriuose pagamintą energijos kiekį.

### 1.1.2 Temperatūros matavimo duomenų kaupikliai

Norint tiksliau įvertinti šilumos suvartojimą pastatuose buvo matuojamos patalpų vidaus temperatūros. Tam tikslui bus patalpinti temperatūros kaupikliai “Tinitag Ultra” (Anglija) įvairios paskirties sanatorijos pastatuose, (gyvenamajame korpuse III, mokykloje ir fizioterapijos gydykloje), kurie fiksavo temperatūros pokyčius kas 30 min. Taip pat buvo matuojami ir išorės oro temperatūros pokyčiai. Pagrindinės temperatūros kaupiklių “Tinitag Ultra” techninės charakteristikos pateiktos 5 lentelėje.

5 lentelė. Temperatūros kaupiklių “Tinitag Ultra” techninės charakteristikos

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Maksimalus matavimų skaičius | 8000 vnt.                                      |
| Darbo pradžios vėlavimas     | iki 45 dienų                                   |
| Matavimų stabdymas           | kai atminties blokas pilnas, po “n” atskaitymų |
| Matavimų tipai               | faktinis, min, max                             |
| Matavimų ribos               | -40°C iki +85°C                                |
| Jutiklio tipas               | 10K NTC , patalpintas korpuso viduje           |



### 1.1.3 Saulės spinduliuotės matavimai

Saulės energijos spinduliuotė buvo matuojama optinio piranometro Pribor (Rusija) pagalba. Saulės spinduliuotės intensyvumas stebėtas kiekvieną mėnesį. Kitos suminės saulės spinduliuotės reikšmės į horizontalių paviršių ir oro vidutinės mėnesio temperatūrų reikšmės buvo gautos iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos.

Matavimų ir skaičiavimų rezultatai parodė saulės kolektorių veikimo efektyvumą. Taip pat buvo galima įvertinti aplink kolektorius augančių medžių įtaką pagamintos šiluminės energijos kiekiui, nes saulės energijos naudojimo požiūriu kolektorių pastatymo vieta nėra ideali – kartais šviesiu paros metu medžiai sukuria tam tikrą šešėlį.

## 1.2 BUHALTERINIAI DUOMENYS

### 1.2.1 Elektros energijos apskaita biokuro katilinėje

Bendra biokuro katilinėje esančių ir veikiančių variklių galia yra artima 30 kW. Katilinėje taip pat įmontuotas greitaigis 6 kW elektrinis vandens šildytuvas. Sanatorijos administracija už suvartotą elektros energiją atsiskaito pagal Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos galiojančius tarifus (6 lentelė). 2005-2007 metų elektros energijos sąnaudos biokuro katilinėje pateiktos 7 lentelėje.

6 lentelė. Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos patvirtinti tarifai

| Tarifo pavadinimas  | Matavimo vnt. | Tarifas (be PVM) |
|---|---------------|------------------|
| Dvinaris galios dedamosios ir diferencijuotos pagal laiko intervalus energijos dedamosios tarifas |               |                  |
| 1. Galios dedamoji *  | Lt/kW/mėn.    | 1,5              |
| 2. Minimalių apkrovų  | ct/kWh        | 23,9             |
| 3. Vidutinių apkrovų  | ct/kWh        | 29,8             |
| 4. Maksimalių apkrovų   | ct/kWh        | 42,9             |
| 5. Švenčių ir poilsio dienomis  | ct/kWh        | 23,9             |

7 lentelė. Elektros energijos sąnaudos biokuro katilinėje.

| Metai | kWh   |
|-------|-------|
| 2005  | 25491 |
| 2006  | 25347 |
| 2007* | 16115 |

\* Elektros energijos sąnaudos I-VIII mėn.

## 1.2.2 Biokuras

Biokuras tiekiamas iš netoli Kačerginės miestelio esančių medžio apdirbimo įmonių. Kurą savo transportu pristato kuro gamintojas. Biokuro katilinėje deginama spygliuočių medienos pjuvenos ir skiedros (8 lentelė). Tiekėjai atvežtą kurą matuodavo erdmetriais (erdm) ir kietmetriais ( $m^3$ ). Glaudumo rodiklis  $P$  ( $P=V(erdm)/V(ktm(m^3))$ ) biriom pjuvenom ir skiedrom priimtas 0,3-0,4. Biokuro katilinėje sudeginto kuro kiekis ir jo kaina pateikti 9 lentelėje.

8 lentelė. Medienos atliekų techniniai duomenys

| Medžio atliekos                      | Medžio atliekų tankis | Peleningumas: | Glaudumo rodiklis | Šiluminė vertė |          |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------|-------------------|----------------|----------|
|                                      | kg/ktm                | % (kg/kg)     | % (ktm/erdm)      | MWh/ktm        | MWh/erdm |
| Birios pjuvenos                      | 686                   | 1             | 25                |                | 0,5      |
| Medienos apdorojimo pramonės skiedra | 823                   | 1             | 35                | 1,99           |          |

9 lentelė. Biokuro katilinėje sudeginto kuro kiekis ir jo kaina.

| Kūrenimo sezonas | Biokuras |     | Biokuro kaina | Biokuro energetinės vertės kaina |
|------------------|----------|-----|---------------|----------------------------------|
|                  | erdm     | ktm | Lt su PVM     | Lt/kWh                           |
| 2004-2005        |          | 839 | 41740         | 0,0259                           |
| 2005-2006        | 2053     |     | 36338         | 0,0356                           |
| 2006-2007*       | 1749     |     | 36526         | 0,0418                           |

\* I-VIII mėnesiai

Kaip matyti iš biokuro energetinės vertės kainos, ji kasmet nuolat didėjo, netgi nežiūrint į tai, kad 2004-2005 metais buvo perkama technologinė skiedra, o vėliau jau gerokai prastesnis kuras – pjuvenos. Tai susiję su bendromis viso organinio kuro brangimo tendencijomis ir didesniu technologiniu medienos ir medienos atliekų poreikiu.

### 1.2.3 Vandens poreikiai

Šalto vandens apskaitos nėra. Vanduo imamas iš nuosavo šulinio, naudojant siurbli.

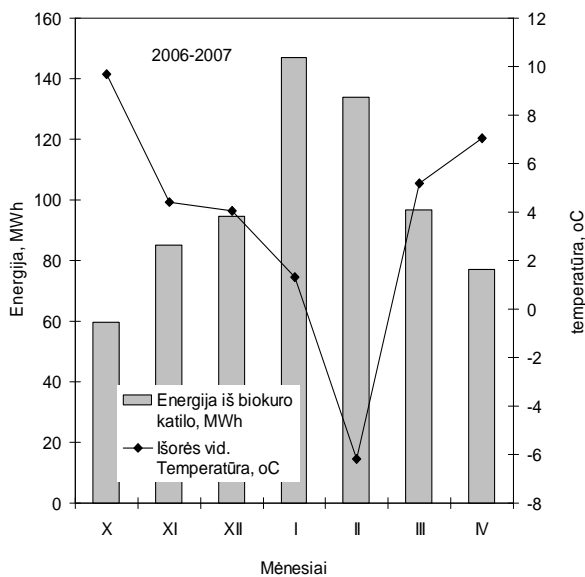
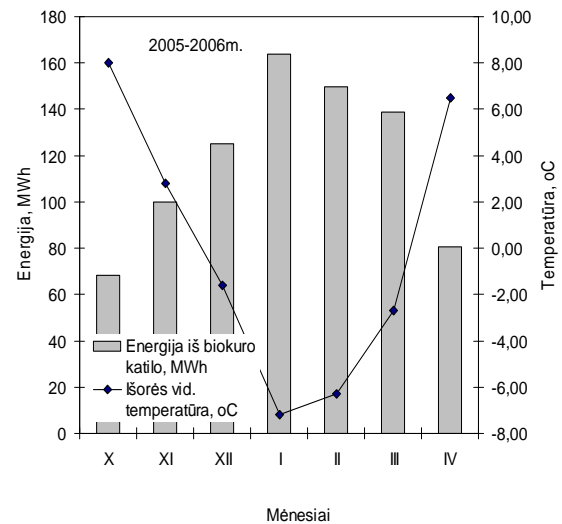
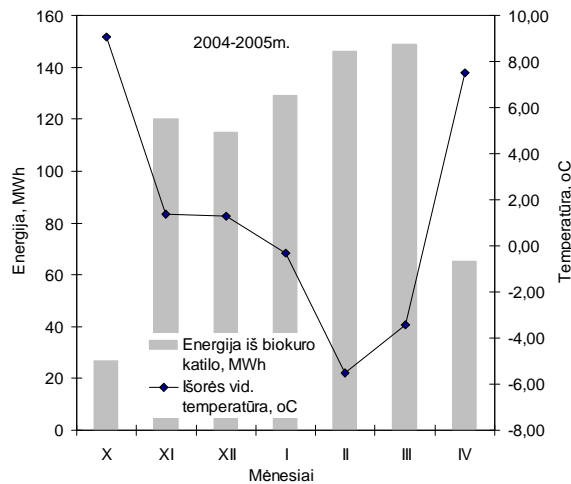
## 2 MATAVIMO IR SKAIČIAVIMO DUOMENŲ ANALIZĖ

### 2.1 ŠILUMOS ENERGIJOS GAMYBA VASAROS IR ŠILDYMO SEZONO METU, NAUDOJANT BOKURĄ IR SAULĖS ENERGIJĄ

Mediena ir jos atliekos visais laikais buvo naudojamos Lietuvoje, tačiau ne centralizuotai energijos gamybai, o buitiniam vartojimui, dažniausiai gyvenamojo būsto šildymui. Medienos ruošos atliekos – viršūnės, šakos, smulkūs stiebai, retinami jaunuolynai, žievės ir kt., taip pat medienos apdirbimo pramonės atliekų dalys – pjuvenos, skiedros, atraizos, drožlės, žievės, kaip energijos šaltinis, - nebuvo naudojamos. Švedų specialistai, ruošdami Kačerginės sanatorijos šilumos ūkio renovacijos projektą, kaip tik ir pasiūlė medienos atliekas (skiedras, pjuvenas) panaudoti šilumos gamybai.

2004 m., įrengus biokuro katilinėje pirmus šiluminės energijos matuoklius, buvo galima atlikti išsamią biokuro deginimo ir pagamintos energijos apskaitą. Sanatorijos katilinėje degintos medžio atliekos, kurių didžiąją dalį, t.y. apie 60 %, sudarė birios medžio pjuvenos, o kitą dalį - medienos apdorojimo pramonės skiedra. 2004-2005 m. šildymo sezono metu buvo deginama tik skiedra, o kitais (2005 - 2006 m. ir 2006 – 2007 m.) - tik birios medžio pjuvenos. Efektyvų biokuro deginimą katilinėje įtakoja kuro rūšis, išorės lauko temperatūrų kitimas ir meteorologinės sąlygos. Prieš šildymo sezono pradžią ir jo metu kuras buvo sandėliuojamas atviroje aikštelėje, todėl krituliai (lietus, sniegas) neigiamai veikė kuro kokybę.

Šildymo sezonas sanatorijoje prasidėdavo spalio mėn. pradžioje ir trukdavo iki balandžio mėn. pabaigos. Pagaminta šilumos energija biokuro katile buvo tiekama pastatams šildyti ir karštam vandeniui ruošti. Bendra šilumos energijos gamyba 2004 - 2007 metų šildymo sezonais, priklausomai nuo vidutinės išorės temperatūrų kitimo, pateikta 6 pav.



6 pav. Šilumos energijos gamybos 2004-2007 m. šildymo sezono biokuro katilinėje priklausomybė nuo vidutinių išorės temperatūrų kitimo

2004 - 2005 m. šildymo sezonu biokuro katilinėje buvo deginama medienos apdorojimo pramonės skiedra, atvežta iš medienos apdirbimo įmonės, esančios šalia Kačerginės. Kuro sudėtyje pasitaikė daug dervų, tad šildymo sezono metu teko 5 kartus stabdyti biokuro katilą ir valyti užterštus jo vamzdžius. Katilinėje nuolat (kas valandą) fiksuoti išmetamųjų dūmų temperatūrų kitimai. Užterštų vamzdžių valymo pradžią rodydavo labai padidėjusi išmetamųjų dūmų temperatūra. Ji pakildavo iki 195 – 200 °C, kai tuo tarpu, esant normaliam biokuro deginimui, išmetamųjų dūmų temperatūra siekdavo 145 -170 °C. Šio šildymo sezono metu buvo sudeginta 839 ktm. medienos apdorojimo pramonės skiedrų ir pagaminta 751 MWh. šiluminės energijos (10 lentelė). Mūsų skaičiavimai parodė, kad dėl jau minėto sakingo kuro apie 40 % viso kuro buvo sudeginta neefektyviai.

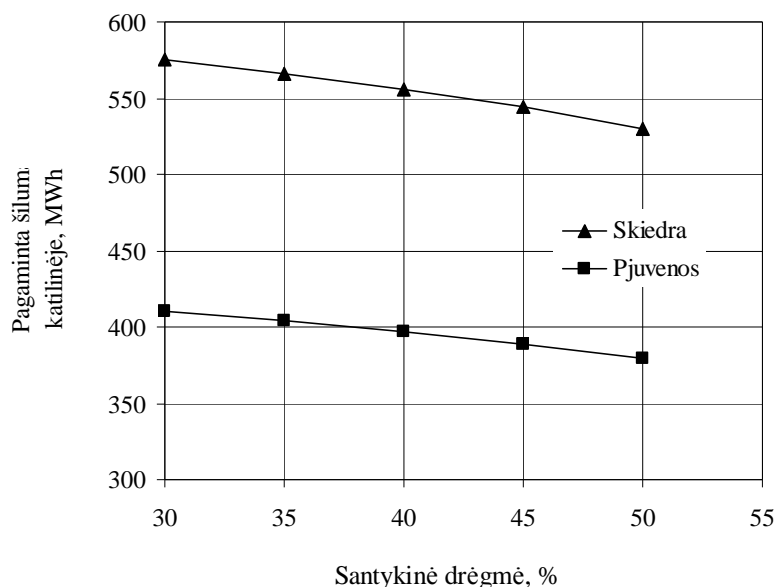
Per kitus du šildymo sezonus (2005 – 2006 m., 2006 – 2007 m.) katilinėje buvo sudeginta 2053 ir 1749 erdm. birių pjuvenų ir pagaminta atitinkamai 826 ir 694 MWh šiluminės energijos (10 lentelė).

10 lentelė. Pagaminta šiluminė energija biokuro katilinėje ir išorės lauko vidutinės temperatūros

| Šildymo sezonas | Biokuras |     | Tvid  | Šiluma iš katilinės, Q1 | Katilinės n.v.k. |
|-----------------|----------|-----|-------|-------------------------|------------------|
|                 | erdm     | ktm | °C    | MWh                     |                  |
| 2004-2005       |          | 839 | 1,44  | 751                     | 0,466            |
| 2005-2006       | 2053     |     | -0,07 | 831                     | 0,814            |
| 2006-2007       | 1749     |     | 3,64  | 694                     | 0,798            |

Katilinės naudingo veiksmo koeficientas buvo apskaičiuotas, įvertinus nupirkto kuro energetinę vertę ir išmatuotą pagamintos šilumos kiekį.

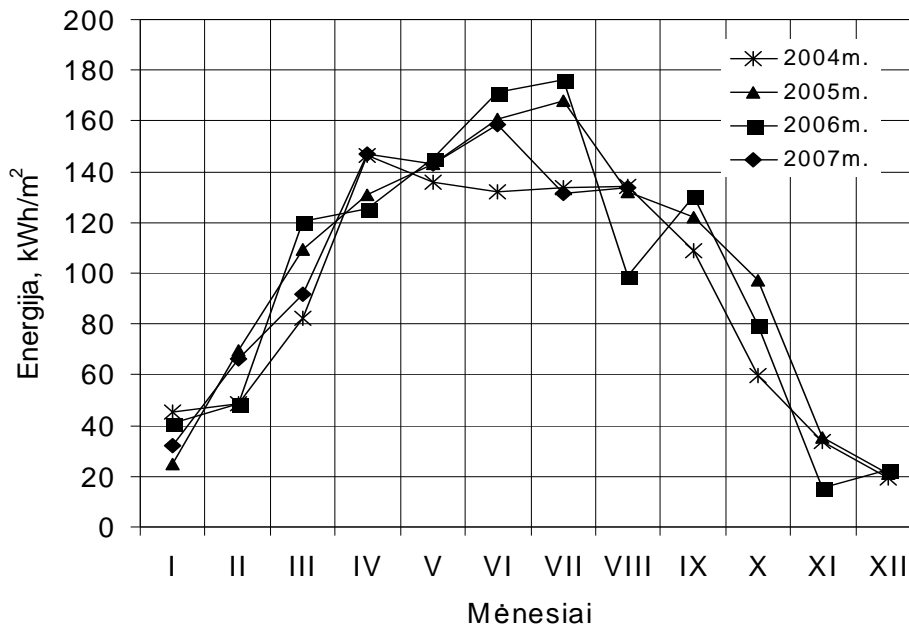
Katilinėje pagamintos energijos kiekis priklauso nuo daugelio faktorių, bet vienas svarbesnių yra medžio atliekų santykinė drėgmė. Tiekėjams atvežus kurą, jis saugomas šalia katilinės įrengtoje atviroje aikštelėje. Kūrenimo sezonui kuras pradamas kaupti nuo rugsėjo mėnesio. Jei rugsėjo – spalio mėnesiais oras saulėtas ir mažai lietingų dienų, jo santykinė drėgmė mažėja, bet, nesant dengtai saugyklai, kuro drėgmės kiekį įtakoja meteorologinės sąlygos. Buvo apskaičiuota katilė pagamintos energijos kiekio įtaka, kūrenant įvairios santykinės drėgmės kuro atliekas (7 pav.). Jei katilė sudeginama 1000 erdm. skiedros ir jos santykinė drėgmė padidėja nuo 30 iki 50 %, katilė gaminamos energijos kiekis sumažėja 45 MWh. Analogiškai deginant pjuvenas, energijos kritimas sudaro 35 MWh.



7 pav. Medienos kuro atliekų santykinės drėgmės įtaka gaminamai šiluminei energijai.

Kaip jau anksčiau minėta, 2004-2005 metais buvo mokomasi efektyviai eksploatuoti katilinę. Sakingas kuras, nepakankamas katilų kaitinamųjų paviršių valymas, per aukšta išmetamųjų dūmų temperatūra galiausiai davė žemą metinį n.v.k. Tuo tarpu vėlesni metai, net ir deginant prastesnį kurą - pjuvenas, parodė, kad katilinė pakankamai efektyvi, ir degimo procesus įmanoma kokybiškai valdyti.

Kačerginės vaikų sanatorijoje šiluma generuojama ne tik iš biokuro, bet ir pasitelkiant saulės energiją. Sumontuota 77,28m<sup>2</sup> bendro ploto saulės kolektorių sistema ruošia karštą vandenį ir tiekia jį į bendrą sanatorijos karšto vandens tiekimo sistemą (5 pav.). Skirtingai nei biokuro katilinėje saulės karšto vandens tiekimo sistema nuo jos eksploatacijos pradžios buvo aprūpinta šiluminės energijos skaitikliu, todėl galima pateikti platesnę karšto vandens ruošimo sistemos darbo analizę. 8 pav. nurodytas 2004 – 2007 m. saulės spindulinės energijos, krentančios į 45° plokštumą, intensyvumas. Aukščiausias saulės spinduliuotės suminis metinis intensyvumas buvo stebimas 2005 m. ir lygus 1214,4 kWh/m<sup>2</sup>. Silpniausiai saulė švietė 2004 m. Metinis saulės energijos kiekis siekė 1079,1 kWh/m<sup>2</sup>. Į visą kolektoriaus paviršių krentanti saulės spinduliuotė 2004, 2005, 2006, 2007 m. atitinkamai siekė 79.3, 89.3, 86.4 ir 25.6 MWh.



8 pav. 2004 – 2007 m. saulės spindulinės energijos, krentančios į 45° plokštumą, intensyvumo kitimas, priklausomai nuo metų mėnesių

Kačerginės vaikų sanatorijoje ant žemės pastatyto rėmo sumontuoti švedų kompanijos Aquasol BIG 10,5 plokštieji saulės kolektoriai. Kolektorių orientavimo azimutas yra 0°, t.y. tiksliai orientuoti į pietus, o polinkio kampas į horizontą sudaro 45°. Tai atitinka sąlygas, kurios užtikrina optimaliausią karšto vandens gamybą saulės kolektoriuose (nevertinant atskirų momentų, kad medžiai dalinai sukuria tam tikrą šešėlį). 11 lentelėje pateikti Kačerginės sanatorijoje sumontuotų švedų kompanijos Aquasol BIG 10,5 plokščiųjų saulės kolektorių efektyvumo parametrai. Jie yra aukšti ir artimi kitų firmų, gaminančių plokščius kolektorius, parametrams.

11 lentelė. Švedų kompanijos Aquasol BIG 10,5 plokščiųjų saulės kolektorių efektyvumo parametrai

| Kolektorių tipas | Konversijos faktorius $\eta_0$ , % | Šilumos nuostolių koeficientas $k_0$ , W/m <sup>2</sup> xK | Šilumos nuostolių koeficientas $k_1$ , W/m <sup>2</sup> xK |
|------------------|------------------------------------|--|--|
| Aquasol BIG 10,5 | 80,04                              | 3,557  | 0,0073   |

Priklausomai nuo saulės spinduliuotės intensyvumo, kolektoriuose karštas vanduo yra gaminamas visais metų mėnesiais. Matavimų duomenys rodo, kad daugiausia karšto vandens buvo paruošta 2005m. Šis kiekis siekė 32,98 MWh. 2004 ir 2006 m. buvo pagaminta atitinkamai 29,03 ir 30,88 MWh šiluminės energijos. Daugiausia energijos patiekta 2005 m. liepos mėn.- net 5,46 MWh. Žiemos mėnesiais pagamintos energijos kiekiai yra maži. Saulės spinduliuotė siekia

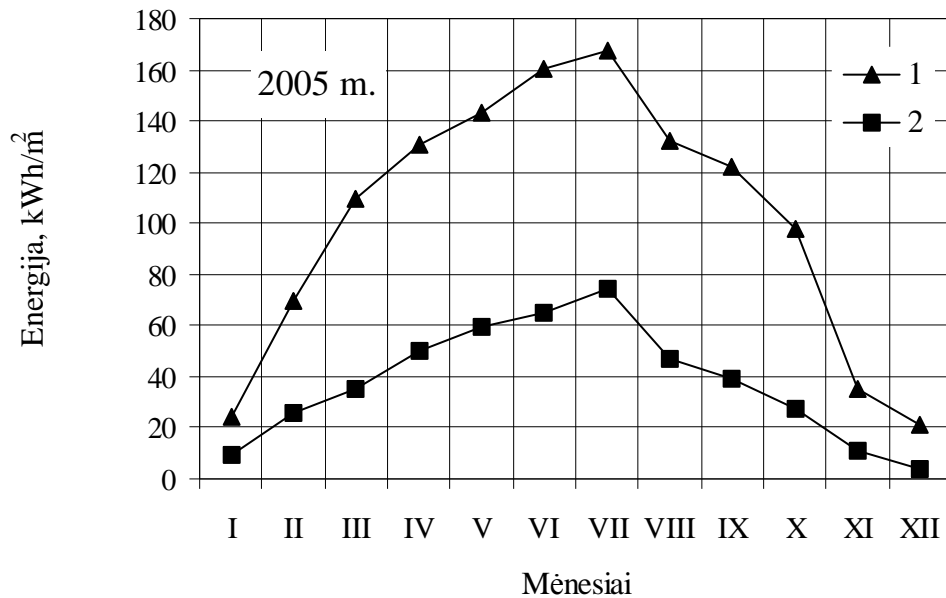
apie 30 - 45 kWh/m<sup>2</sup>, bet kolektoriuose ji nebuvo verčiama į šilumą, nes dažnai trukdė sniego danga, dengianti kolektorius. Sniegas buvo valomas nuo kolektorių, bet po atodrekių tai atlikti tapdavo sudėtinga, o kartais ir neįmanoma. 12 lentelėje pateikti duomenys apie saulės karšto vandens ruošimo sistemoje pagamintą šiluminę energiją.

12 lentelė. Saulės karšto vandens ruošimo sistemoje pagaminta energija

| Mėnesiai | 2004                | 2005                | 2006                | 2007                |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|          | Saulės energija, Q5 | Saulės energija, Q5 | Saulės energija, Q5 | Saulės energija, Q5 |
|          | MWh                 | MWh                 | MWh                 | MWh                 |
| I        | 0,68                | 0,70                | 0,80                | 0,60                |
| II       | 1,56                | 1,90                | 1,30                | 0,80                |
| III      | 2,8                 | 2,57                | 2,88                | 2,72                |
| IV       | 4,1                 | 3,70                | 3,22                | 4,01                |
| V        | 3,96                | 4,40                | 3,54                | 4,24                |
| VI       | 3,89                | 4,78                | 4,92                | 4,97                |
| VII      | 3,72                | 5,46                | 5,37                | 3,54                |
| VIII     | 3,4                 | 3,46                | 2,98                | 3,92                |
| IX       | 2,6                 | 2,90                | 3,14                |                     |
| X        | 1,52                | 2,02                | 2,15                |                     |
| XI       | 0,55                | 0,80                | 0,26                |                     |
| XII      | 0,25                | 0,30                | 0,32                |                     |
| Iš viso: | 29,03               | 32,98               | 30,88               | 24,8                |

Krentančios į kolektorių saulės energijos ir pagamintos šilumos išmatuoti kiekiai 2005 metais pavaizduoti 9 pav..





9 pav. saulės energijos į 45° sumontuotą saulės kolektoriaus plokštumą (1) ir saulės kolektoriuje pagamintos energijos kiekio (2) priklausomybė nuo mėnesių sekos

Kaip buvo aprašyta 1 skyriuje (Metodika) ir siekiant detaliau išanalizuoti saulės kolektoriuose norminiais metais gaminamos šiluminės energijos galimybes, pasinaudota dviem programinės įrangos paketais: TSOLPro 4.3 bei Retscreen SWH, kurie leido apskaičiuoti karšto vandens gamybą sanatorijoje, naudojant saulės kolektorius, bei įvertinti kolektorių efektyvumą. Skaičiavimuose priimtas karšto vandens vartojimas – 9030 l per parą. Karšto vandens temperatūra - 60 °C. Skaičiavimai atlikti pagal artimiausio miesto, t.y. Kauno, klimatologinius duomenis. Programa suskaičiavo į saulės kolektoriaus paviršių krintančią saulės spinduliuotę, pagamintą energiją saulės kolektoriuje, taip pat energiją, tiekiamą į karšto vandens sistemą.

Atliekant realius matavimus sanatorijos saulės karšto vandens ruošimo sistemoje taip pat buvo išmatuota į saulės kolektoriaus paviršių krintanti saulės spinduliuotė ir energija, tiekiamą į karšto vandens sistemą. Skaičiavimo programos ir matavimo duomenų palyginimas pateiktas 13 lentelėje.

13 lentelė. TSOLPro 4.3, Retscreen SWH skaičiavimo programomis apskaičiuotų ir realiai išmatuotų saulės kolektoriuje energijų palyginimas

| Matuojamas parametras   | TSOLPro 4.3<br>skaičiavimo<br>programa | Retscreen SWH<br>skaičiavimo<br>programa | Matavimų<br>rezultatai                           |
|---|--|--|--|
|   | Visa energija                          | Visa energija                            | Visa energija<br>vidutiniškai<br>(2004 – 2006 m) |
|   | MWh/metus                              | MWh/metus                                | MWh/metus  |
| Į kolektoriaus paviršių krintanti saulės spinduliuotė               | 83,09                                  | 83,05                                    | 84,99  |
| Pagaminta energija saulės kolektoriuje                              | 41,78                                  | 41,53                                    | 30,96  |
| Santykinė šilumos gamyba saulės sistemoje, kWh/m <sup>2</sup> metus | 540,6                                  | 537,4                                    | 400,6  |

Palyginus mūsų matavimų ir TSOLPro 4.3 skaičiavimo programa apskaičiuotą į kolektoriaus paviršių krintančią saulės spinduliuotę, matyti, jog dydžiai yra labai panašūs. Išmatuota 2004 - 2006 m. lygi 84,99 MWh, o TSOLPro 4.3 ir Retscreen SWH skaičiavimo programa nurodo, jog visa energija atitinkamai yra 83,09 ir 83,05 MWh. Skaičiavimo programa apskaičiuota energija tiekama į karšto vandens sistemą skiriasi nuo mūsų matavimų maždaug 25 %. Neatitikimą galima paaiškinti tuo, kad Kačerginėje saulės kolektoriai yra sumontuoti pušyne ir, esant saulėtam orui, jie yra pilnai apšviečiami tik nuo 11 val. dienos. Be to, matyt, nepakankamai buvo valomi ir kolektorių stiklai, nes prie pat esančioje katilinėje periodiškai užkraunamas kuras ir sukeliama daug dulkių.

## 2.2 ŠILUMOS SUVARTOJIMAS PASTATUOSE

Sanatorijoje yra 8 įvairios paskirties šildomi pastatai. Pastatų sienos sumūrytos baltomis silikatinėmis plytomis išorinėje pusėje ir skylėtomis keraminėmis - vidinėje pusėje. Sienos storis kartu su išorės ir vidaus tinko apdaila sudaro 55 mm. Projektinė tokių sienų šiluminė varža 0,72 m<sup>2</sup>K/W. Langai mediniai, dvigubi, varstomi į vidų. Jų konfiguracija įvairi, o plotai kinta nuo 1,5 iki 6,9 m<sup>2</sup>. Šilumos perdavimo koeficiento vertė - apie 2,75 W/(m<sup>2</sup>K). Pastatų palėpės be šilumos izoliacijos, jų šiluminė varža - apie 0,7 m<sup>2</sup>K/W. Tai buvo įvertinta tik pagal medžiagas ir jų storius, neatliekant šiluminių matavimų. Blogiausia padėtis yra su senomis išorės durimis, kurios, dažnai vaikstant sanatorijos jauniems pacientams, retai kada būna gerai uždarnos.

Siekiant įvertinti sanatorijos pastatų šilumos poreikį ir palyginti su visu reikalingu kiekiu šildymui, buvo matuotos šilumos sąnaudos šildymui įvairios paskirties pastatuose, t.y. III-ame

gyvenamajame korpuse, mokykloje ir fizioterapinėje gydykloje. Šie pasirinkti todėl, kad juose jaunieji pacientai praleidžia didžiąją dienos dalį. Pastatų naujai įrengtuose šilumos punktuose šilumos kiekio skaitikliais buvo matuojamas pastatų šildymui sunaudotos energijos kiekis (4 lentelė). Taip pat apskaičiuotos vidutinės santykinės šilumos sąnaudos kWh/m<sup>2</sup> (14 lentelė).

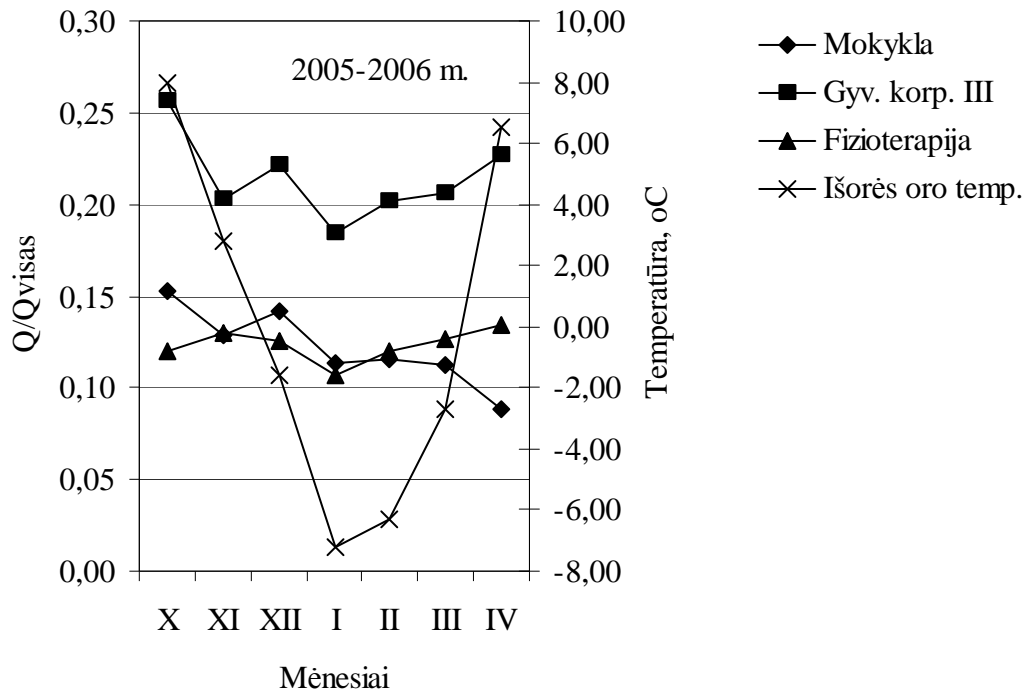
14 lentelė. Tiekama šiluma pastatams šildyti, priklausomai nuo pastatų paskirties ir lauko temperatūros kitimo

| Šildymo sezonas | T <sub>išorė</sub> | Visi pastatai |                    | Mokykla |                    | Gyv. korp. III |                    | Fizioterapinė gydykla |                    |
|-----------------|--------------------|---------------|--------------------|---------|--------------------|----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|                 | °C                 | MWh           | kWh/m <sup>2</sup> | MWh     | kWh/m <sup>2</sup> | MWh            | kWh/m <sup>2</sup> | MWh                   | kWh/m <sup>2</sup> |
| 2004-2005       | 1,44               | 645,46        | 278                | 87      | 263                | 132            | 217                | 48                    | 176                |
| 2005-2006       | -0,07              | 737,13        | 318                | 89      | 268                | 154            | 253                | 89                    | 213                |
| 2006-2007       | 3,64               | 601,97        | 260                | 72      | 218                | 123            | 202                | 73                    | 173                |

Lentelėje pateikti duomenys rodo, kad šilumos sąnaudos pastatams šildyti yra didelės. 2005 - 2006 m. šildymo sezono metu buvo patiekta 737,13 MWh energijos, o santykinės šilumos sąnaudos siekė 318 kWh/m<sup>2</sup>. Tai galima paaiškinti tuo, jog yra šildomi 8 atskiri su didelėmis energijos sąnaudomis pastatai. Mokykloje ir III-ame gyvenamajame korpuse per visus pateiktus šildymo sezonus santykinės šilumos sąnaudos gausiai viršijo 200 kWh/m<sup>2</sup> ribą, t.y. kur kas daugiau nei Lietuvos vidurkis. Fizioterapinėje gydykloje santykinės šilumos sąnaudos šildymui 2004-2005 m. šildymo sezono metu palyginus žemos, nes atskirais mėnesiais buvo nešildomos kai kurios patalpos. Šis pastatas yra dažniausiai lankomas, ir jaunieji pacientai retai sandariai užveria senas lauko duris.

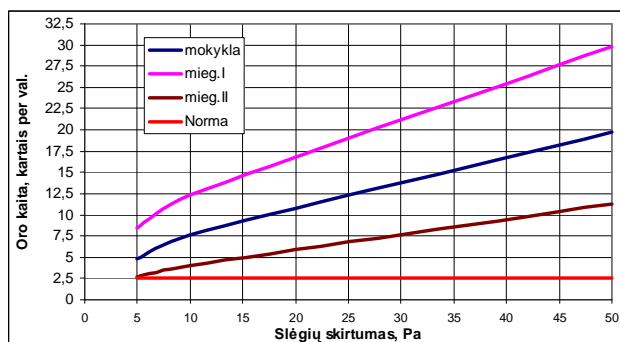
Visais atvejais nebuvo palaikoma reikalaujama temperatūra patalpose, nebuvo norminės šilumos suvartojimo vertės, o tai liudytų, kad palaikyti patalpose reikiamą temperatūrą nepavyksta, kadangi dalis energijos dar turi būti panaudota karšto vandens paruošimui. Tuo būdu pastatų renovacija tampa neišvengiamu ir neatidėliotinu dalyku.

Šilumos kiekio skaitikliai buvo sumontuoti mokomajame, gyvenamajame ir gydomajame korpusuose. Gauti tyrimo duomenys rodo įvairių sanatorijos pastatų šilumos poreikį, palygintą su visu reikalingu šildymui kiekiu (10 pav.).

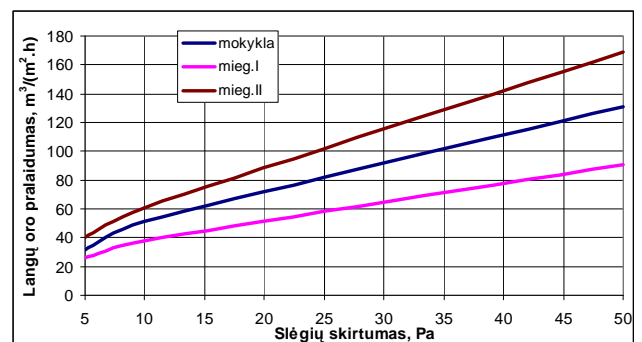


10 pav. Energijos sąnaudos įvairios paskirties pastatuose, priklausomai nuo išorės - lauko temperatūros ir nuo visiems pastatams šildymui reikalingo kiekio.

Siekiant detaliau įvertinti pastatų būklę, buvo atlikti oro pralaidumo matavimai trijose patalpose (mokykloje ir miegamuosiuose korpusuose). Oro slėgių skirtumui sudaryti ir oro srautui sukurti panaudotas „blowing door“ įtaisas. Patalpų sandarumas turi būti tikrinamas, esant 50 Pa slėgio skirtumui. Papildomai buvo atlikti matavimai prie 10 ir 5 Pa. 10 Pa atitinka 5 m/s vėjo (vidutinės klimato sąlygos) sukuriama dinaminį slėgį. 5 Pa atitiktų 1-2 m/s vėjo greitį, buvusį matavimų metu. Matavimų rezultatai pateikti 11 pav. oro kaitos pavidalu ir 12 pav. perskaičiavus langų ploto vienetui patalpose.



11 pav. Oro kaitos matavimo rezultatai atsitiktinai pasirinktose sanatorijos patalpose



12 pav. Langų pralaidumas atsitiktinai pasirinktose sanatorijos patalpose

Gauti rezultatai gerokai viršija leistinas vertes, nurodytas [5]. Langų pralaidumas, esant 50 Pa slėgių skirtumui, neturi būti daugiau kaip  $5 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ , o visais trim išmatuotais atvejais jis buvo didesnis už  $30 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ , nors netgi pagal statybos laikotarpio normas turėtų būti ne daugiau  $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$  prie 10 Pa. Esant tokiam atvejui, sanatorijos pastatų sandarumą galima vadinti kritiniu. Būtų tikslinga patikrinti visų pastatų sandarumą, siekiant patikslinti šiuo metu esamus šilumos nuostolius.

Ypatingą dėmesį reikėtų skirti vėdinimo sistemos tvarkymui, nes pagal higienos normas [6] valgyklos, fizinės terapijos ar laboratorijos patalpose darbo metu palaikoma atitinkamai nuo 3,6 iki 18 kartų oro apykaita, o orui pašildyti tuomet reikia maždaug tiek šilumos, kiek jos šiuo metu sunaudojama šildymui. O miegamųjų vėdinimui - 2,5 kartinės oro apykaitos. Nepalaikant atitinkamų parametru, gali sumažėti gydymo efektyvumas. Vėdinimo trūkumo sukeltos problemos mokyklose gana išsamiai analizuojamos [7], o sanatorijoje į higieninių sąlygų sudarymą tenka žiūrėti kur kas rimčiau.

Pastatuose pakeitus langus ir duris naujais, papildomai apšiltinus pastoges, įrengus šiuolaikines vėdinimo sistemas, galima būtų sumažinti šilumos poreikius 30 – 50 %. Vien tik dėl šiluminių savybių pagerinimo sutaupyti apie 30 - 35 % šilumos poreikio. Langų ploto sumažinti nesiūloma dėl higieninių sumetimų: sergantiems vaikams reikia daugiau šviesos, nes pamokos ruošiamos ir klasėse, ir miegamuosiuose. Būtų tikslinga apšiltinti sienas bent 5 cm storio šiluminės izoliacijos sluoksniu, nors šios priemonės atsipirkimo laikas yra palyginus ilgas. Taip pat reikia atsižvelgti, kad išorinė apdaila turi būti atsparesnė, nei paprastai.

### **2.3 METINIAI VIDAUS ORO TEMPERATŪROS KITIMAI SANATORIJOS PASTATUOSE**

Vertinant pastatų šilumos suvartojimą, buvo būtina matuoti patalpų temperatūros kitimus. Tam tikslui gyvenamajame pastate, mokykloje ir fizinės terapijos gydykloje patalpinti temperatūros kaupikliai (5 lentelė) „Tinitag Ultra“ (Anglija). Šiuose pastatuose jaunieji pacientai praleidžia visą dieną. Taip pat buvo matuojami ir temperatūros kitimai lauke.

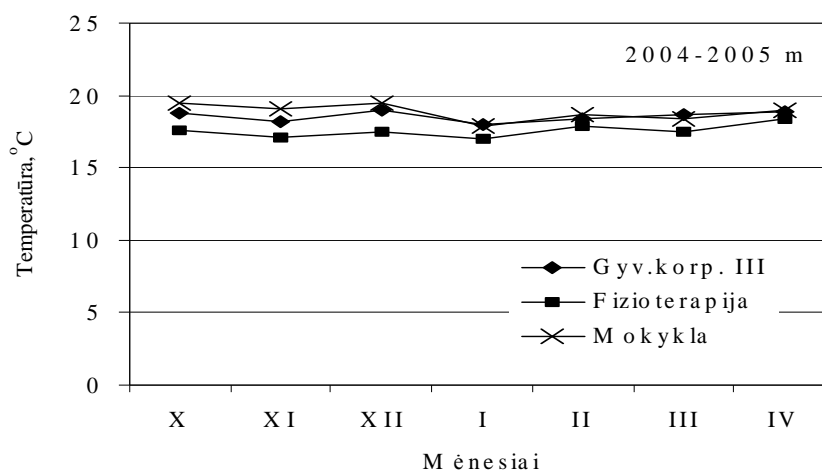
Gauti eksperimentiniai duomenys rodo, kad temperatūros kitimai pastatuose šildymo sezono metu įvairiai reaguoja į lauko temperatūros pokyčius, ir įvairios paskirties pastatų temperatūros yra skirtingos. Mokykloje vidaus temperatūros buvo aukščiausios ir mažiausiai svyruojančios. Temperatūros kitimo ribos siekė 18,91 - 19,46 °C. Kituose pastatuose - gyvenamajame ir fizinės terapijos, kuriuose vaikai gydomi, mokosi ar ilsisi, - vidutinė daugiametė temperatūra buvo žemesnė ir siekė 18,97 ir 17,64 °C. Visuose pastatuose vidutinės temperatūros

neatitinka tų higienos normų. [8]. Pastatų vidaus temperatūrų kitimas įvairios paskirties pastatuose pateiktas 15 lentelėje.

15 lentelė. Pastatų vidaus temperatūrų kitimas įvairios paskirties pastatuose

| Šildymo sezonas | $T_{išorė}$ | IIIas-gyv. korp. | Fizioterapija | Mokykla |
|-----------------|-------------|------------------|---------------|---------|
|                 | °C          | °C               | °C            | °C      |
| 2003-2004       | 1,23        | 18,9             | 17,76         | 19,03   |
| 2004-2005       | 1,44        | 18,6             | 17,57         | 18,91   |
| 2005-2006       | -0,07       | 19,4             | 17,6          | 19,46   |
| Iš viso:        | 0,87        | 18,97            | 17,64         | 19,12   |

Temperatūrų kitimas 2004 - 2005 šildymo sezono metu pateiktas 13 pav. Temperatūrų svyravimai įvairiais mėnesiais pastebimi visuose pastatuose. Žemiausia temperatūra buvo fizioterapijos pastate, kur ji siekė tik 17,0 - 18,4 °C. Kai kuriose patalpose buvo papildomai įjungiami ir elektriniai šildytuvai. Sausio mėn. visuose pastatuose pastebimas temperatūrų žemėjimas, ir tas pokytis dalinai paaiškinamas Šv. Kalėdų ir Naujųjų metų šventėmis, kai didelė dalis pacientų yra išvykę į namus, tad dalyje patalpų temperatūra yra žeminama.



13 pav. Vidaus patalpų temperatūrų kitimas įvairios paskirties pastatuose 2005-2006 m. šildymo sezono metu

## 2.4 ŠILUMOS ENERGIJOS GAMYBOS KAŠTAI, DEGINANT ĮVAIRIAS MEDIENOS ATLIEKAS

Šildymo sezono metu automatizuotas biokuro katilas degina medžio pjuvenas ir drožles. Pagamintos energijos kiekis priklauso nuo deginamo kuro kokybės. Katilinei kuras tiekiamas iš netoli Kačerginės esančių medienos perdirbimo įmonių. Kuras matuojamas erdmetrisiais arba kietmetrisiais. Į tiekiamo kuro kainą yra įtraukiamos ir transportavimo išlaidos. Elektros energijos sąnaudų kainos struktūra ir lentelė yra pateiktos skiltyje 1.1.2 (Metodika). Kaip jau buvo minėta, už sunaudotą vandenį sanatorijos administracija nemoka. Visus būtinus katilinės eksploatavimo ir remonto darbus atlikdavo katilinės personalas. Eksploatavimo išlaidos naujoje biokuro katilinėje buvo nežymios ir per metus siekė vidutiniškai 400 – 500 Lt. Įvertinus visus veiksnius, lemiančius šilumos energijos gamybą katilinėje ir atlikus skaičiavimus, šilumos energijos gamybos kaštai pateikti 16 lentelėje.

2004 - 2005 m. šildymo sezono metu buvo kūrenama tik medžio apdorojimo pramonės skiedra. Kaip buvo pažymėta skyriuje 2.1, kūrenimo metu biokuro katile ši sakinga skiedra deginama neefektyviai, todėl, siekiant pateikti būtiną kiekį šiluminės energijos pastatams šildyti ir karštam vandeniui ruošti, jos reikėjo pirkti papildomai. Dėl to išlaidos biokurui tapo sąlyginai didelės. Mūsų atlikti skaičiavimai parodė, kad buvo sudeginta apie 40 % daugiau kuro.

Kitais šildymo sezonais buvo kūrentos birios pjuvenos ir 3 – 7 % medžio apdorojimo pramonės skiedros. Bet kadangi degintos skiedros dalis bendrame tiekiamo kuro balanse šildymo sezono metu buvo labai nedidelė, tai skaičiuojant buvo priimta, jog naudotos tik pjuvenas.

16 lentelė. Šilumos energijos gamybos kaštai biokuro katilinėje

| Šildymo sezonas | Biokuras |     | Išlaidos biokurui įskaitant transportą<br>Lt su PVM | Išlaidos elektros energijai katilinėje<br>Lt su PVM | Biokuro katile pagaminta šiluminė energija<br>MWh | Energinės gamybos kaštai biokuro katilinėje<br>Lt/kWh |
|-----------------|----------|-----|---|---|---|---|
|                 | erdm     | ktm |   |   |   |   |
| 2003-2004       | 2155     | 0   | 17342,18  | 3159,5  | 856   | 0,024   |
| 2004-2005       | 0        | 839 | 41740,25  | 12745,5   | 750,95  | 0,073   |
| 2005-2006       | 2053     | 0   | 36338,1   | 12673,5   | 831   | 0,059   |
| 2006-2007       | 1749     | 0   | 36525,78  | 8057,5  | 693,72  | 0,064   |

17 lentelė. 2005 - 2006 m šilumos savikaina

|  |               |               |
|--|---------------|---------------|
| Metinė šilumos gamyba (vidutiniškai)           | 831           | MWh/m         |
| Biokatilinės galingumas                        | 600           | kW            |
| Investicija (katilinės įranga ir montažas)     | 676.400       | Lt            |
| Išlaidos kurui                                 | 36.338        | Lt/m          |
| Išlaidos elektrai, vandeniui                   | 12.674        | Lt/m          |
| A&E išlaidos (vidutiniškai)                    | 500           | Lt/m          |
| DU ir SoDra                                    | 24000         | Lt/m          |
| Pagrindinių įrengimų amortizacijos laikotarpis | 15            | m             |
| Santykinė investicija                          | 1.127         | Lt/kW         |
| <b>Gaminamos šilumos savikaina</b>             | <b>0,1427</b> | <b>Lt/kWh</b> |

Senoje, prieš rekonstrukciją sanatorijos katilinėje per kūrenimo sezoną, priklausomai nuo meteorologinių sąlygų, sukūrento skysto kuro kaina siekė 110 - 118 tūkst. Lt/m. Elektros energija 20 tūkst. Lt/m. Atsarginės dalys kainavo per 15 - 18 tūkst. Lt/m. Viso išlaidų susidarydavo už 145 - 160 tūkst. Lt. Taigi energijos gamybos kaštai skystu kuru kūrenamoje katilinėje viršydavo 0,2 Lt/kWh. Matome, kad rekonstravus katilinę, šilumos gamybos savikaina tesudaro, apytikriai, 70% ankstesnės kainos.

**Santykinė įrangos ir montažo kaina.** Katilinėje sumontuotų įrengimų santykinė (jos galingumo atžvilgiu) kaina yra labai didelė (1.127 Lt/kW), nes Lietuvoje šis rodiklis, vidutiniškai, tesiekia 500 Lt/kW. Tuo būdu, atliktos sąlyginai aukštos investicijos gerokai padidina šilumos gamybos savikainą, kadangi amortizacinių atskaitymų dedamoji savikainos struktūroje dvigubai didesnė negu kitose Lietuvos biokatilinėse.

**Šilumos gamybos savikaina.** Visa biokuro katilinės įranga buvo pateikta nemokamai, sanatorijai nereikėjo naudoti nuosavų lėšų ar imti banko paskolą projekto įgyvendinimui ir į šią aplinkybę buvo atsižvelgta skaičiuojant šilumos gamybos savikainą.

Visgi, ta aplinkybė, kad sumontuoti švediški įrengimai yra brangūs, neigiamai veikia ir šilumos gamybos savikainą. Jeigu įrangos kainų lygis būtų buvęs artimas Lietuvos vidurkiui, t.y. jeigu ji būtų buvusi dvigubai pigesnė, šilumos gamybos savikaina būtų apytikriai 20% mažesnė ir tesiektų 115,6 Lt/MWh (žiūr. duomenis sekančioje lentelėje):

|                                      |         |       |
|--------------------------------------|---------|-------|
| Metinė šilumos gamyba (vidutiniškai) | 831     | MWh/m |
| Biokatilinės galingumas              | 600     | kW    |
| Investicija (įranga ir montažas)     | 338.200 | Lt    |
| Išlaidos kurui                       | 36.338  | Lt/m  |
| Išlaidos elektrai, vandeniui         | 12.674  | Lt/m  |
| A&E išlaidos (vidutiniškai)          | 500     | Lt/m  |

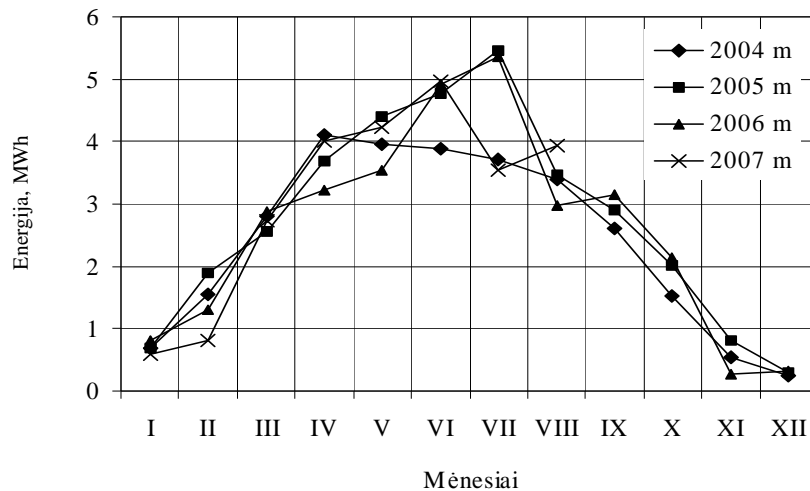


|  |               |               |
|--|---------------|---------------|
| DU ir SoDra                                    | 24000         | Lt/m          |
| Pagrindinių įrengimų amortizacijos laikotarpis | 15            | m             |
| Santykinė investicija                          | 564           | Lt/kW         |
| <b>Gaminamos šilumos savikaina</b>             | <b>0,1156</b> | <b>Lt/kWh</b> |

## 2.5 METINIO SUVARTOTO KARŠTO VANDENS KIEKIO BALANSAS, RUOŠIANT VANDENĮ SAULĖS KOLEKTORIUOSE, KATILINĖJE, DEGINANT MEDIENOS ATLIEKAS, NAUDOJANT ELEKTROS ENERGIJĄ

Atliekant sanatorijos šilumos ūkio rekonstrukciją, buvo pertvarkyti šildymo ir karšto vandens tiekimo tinklai. Siekiant sumažinti karšto vandens tiekimo nuostolius, įrengta karšto vandens recirkuliacinė linija su skaitikliais. Šie skaitikliai matuoja karšto vandens kiekį ir vasaros metu. Katilinėje taip pat įrengtas šilumos kiekio skaitiklis Q2 (4 lentelė, 2 pav.), matuojantis šildymo metu šilumos kiekį, tiekiamą į karšto vandens ruošimo šilumokaitį. Jei pastatų šildymas priklauso nuo lauko oro temperatūros, tai karšto vandens poreikį lemia jaunųjų pacientų (karšto vandens vartotojų) skaičius. Šis skaičius įvairiais metais ir metų mėnesiais būna skirtingas. Vasaros mėnesiais jis didžiausias ir kartais siekia iki 90 pacientų. Be to, papildomą karšto vandens poreikį padidino fizinė terapija gydykloje pradėtos vykdyti įvairios vandens masažinės procedūros.

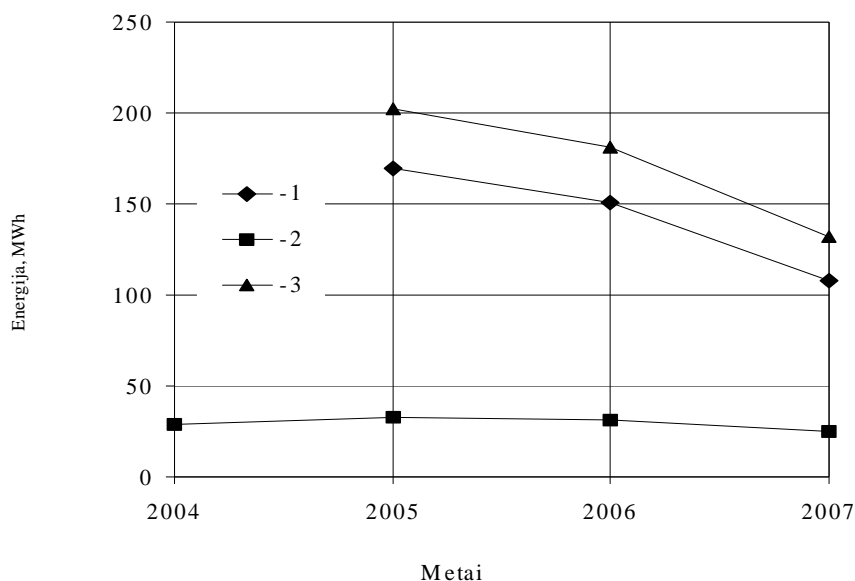
Saulės kolektoriuose pagamintas karšto vandens kiekis matuotas nuo 2004 m., nes skaitiklis įrengtas tik sumontavus saulės sistemą. Buvo apskaičiuotas pagamintos energijos kiekis 2004 - 2007 m., priklausomai nuo saulės spinduliuotės intensyvumo (14 pav.). Brėžinyje pateikti duomenys rodo, kad iš saulės kolektorių, kurių bendras plotas yra 76.2 m<sup>2</sup> nuo IV iki IX mėn., buvo pagaminama nuo 3 iki 5, 3 MWh energijos, o žiemos mėnesiais - nuo 0,2-1,5 MWh.. Gruodžio mėnuo yra mažiausiai produktyvus.



14 pav. Saulės kolektoriuje pagaminta šiluminė energija 2004-2007 m., priklausomai nuo saulės spinduliuotės intensyvumo. (2007m. matuota I-VIII mėnesiais)

Karštas vanduo, kaip šildymui skirta energija, tiekiami į visus sanatorijos pastatus. Daugiausia yra suvartojama fizioterapinėje gydykloje, ruošiant maistą, ir gyvenamuosiuose pastatuose. Karšto vandens apskaitos atskiruose pastatuose, kaip tai yra padaryta pastatų šildymo atveju, nėra. 14 pav. pateikti duomenys rodo, kad biokuro katilė per 2005 m. karšto vandens pagaminta energija siekė 169,74 MWh, o 2006 m. - 150,5 MWh. 2007 m. matavimai atlikti I-IX mėnesiais.

Biokuro katilinės ir saulės kolektorių eksploatavimo patirtis rodo, kad vis tik pagrindinis šaltinis karšto vandens gamyboje vasaros ir žiemos mėnesiais yra biokuro katilas. Saulės kolektoriai 2005, 2006 ir 2007 m. pagamino atitinkamai 16,3, 17, 18,7 % viso reikalingo karšto vandens. Šiltuoju metų laikotarpiu (V-IX mėn.) ši dalis yra kiek didesnė. Kaip kito karšto vandens gamyba 2005 - 2006 m. laikotarpiu biokuro katilinėje ir saulės kolektoriuje, rodo 17 lentelėje pateikti duomenys:



15 pav. Karšto vandens ruošimas biokuro katile ir saulės kolektoriuje. 1.- Biokuro katilas, 2.- Saulės kolektorius, 3.- Bendra karšto vandens gamyba

18 lentelė. Karšto vandens gamyba 2005-2007 m. laikotarpiu biokuro katilinėje ir saulės kolektoriuje

| Laikotarpis | Karšto vandens gamyba |                    |                  |                    |                     |                    |
|-------------|-----------------------|--------------------|------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|             | 2005 m.               |                    | 2006 m.          |                    | 2007 m. (I-IX mėn.) |                    |
|             | Biokuro katilinė      | Saulės kolektoriai | Biokuro katilinė | Saulės kolektoriai | Biokuro katilinė    | Saulės kolektoriai |
|             | MWh                   | MWh                | MWh              | MWh                | MWh                 | MWh                |
| V-IX        | 70,69                 | 20,99              | 56,18            | 19,95              | 52,16               | 16,67              |
| %           | 77,1                  | 22,9               | 73,8             | 26,2               | 75,8                | 24,2               |

Atliekant Kačerginės šiluminio ūkio rekonstrukciją, buvo suprojektuotas ir sumontuotas papildomas 6 kW galios elektrinis kaitintuvas, kurio paskirtis - papildomai kaitinti vandenį. Jo eksploataavimo laiką gali registruoti įrengtas laikmatis. Karšto vandens ruošimo patirtis parodė, kad šiltuoju metų laikotarpiu, kai šildymas neveikia ir saulės kolektorius tiekia maksimalų karšto vandens kiekį, juo buvo pasinaudota retai. Kaip matyti iš 18 lentelės pateiktų duomenų, V-IX mėnesiais karšto vandens gamyba biokuro katile yra didelė ir siekė 2005 ir 2006 m. siekė 70,69 ir 56,18 MWh energijos atitinkamai, o atskirais mėnesiais ji kito nuo 10 iki 18 MWh. Jei, pavyzdžiui, paimtume mėnesio minimalų energijos poreikį 10 MWh, tai vidutiniškai per dieną reikėtų 333 kWh energijos. Maksimaliai 14 val. per parą veikiantis papildomas elektrinis kaitintuvas patiektų tik apie 84 kWh energijos. Biokuro energijos gamybos kaina yra kelis kartus

mažesnė nei elektros energijos. Dėl šių priežasčių elektrinio kaitintuvo panaudojimas netenka prasmės.

2.1 skyriuje buvo nagrinėta, kaip naudojant 2 programinės įrangos paketus - TSOLPro 4.3 bei Retscreen SWH - apskaičiuota pagaminta šilumos energija saulės kolektoriuose. Programų paketų dėka apskaičiuotas karšto vandens ruošimo sistemos ir saulės kolektorių efektyvumas palygintas su matavimo rezultatais. Jie pateikti 19 lentelėje.

19 lentelė. . TSOLPro 4.3, Retscreen SWH. skaičiavimo programomis apskaičiuotas ir realiai saulės kolektoriuje išmatuotas karšto vandens ruošimo sistemos ir saulės kolektorių efektyvumas

| Matuojamas parametras                       | Skaičiavimo programa |               | Matavimų rezultatai |         |
|---|----------------------|---------------|---------------------|---------|
|   | TSOLPro 4.3          | Retscreen SWH | 2005 m.             | 2006 m. |
|   | %                    | %             | %                   | %       |
| Karšto vandens ruošimo sistemos efektyvumas | 21,5                 | 22            | 16,3                | 17      |
| Saulės kolektorių efektyvumas               | 50,3                 | 48            | 39,59               | 36,10   |

## 2.6 SAULĖS BUITINIO KARŠTO VANDENS RUOŠIMO SISTEMA SANATORIJOJE

Iš bendros šilumos energijos gamybos sistemos išskyrus saulės karšto vandens ruošimo sistemą bei remiantis 2004 – 2007 m. jos eksploatavimo patirtimi, techniniai - ekonominiai rodikliai būtų tokie (žr. 20 lentelėje):

20 lentelė. Saulės karšto vandens ruošimo sistemos techniniai-ekonominiai rodikliai (ekonominiai rodikliai lentelėje pateikiami be pridėtinės vertės mokesčio)

|                                      |              |                     |
|--------------------------------------|--------------|---------------------|
| Metinė šilumos gamyba (vidutiniškai) | 30,83        | MWh/m               |
| Saulės kolektoriaus plotas           | 77,28        | m <sup>2</sup>      |
| Investicija (įranga ir montžas)      | 190.000      | Lt                  |
| Metinės A&E išlaidos (vidutiniškai)  | 500          | Lt                  |
| Amortizacijos laikotarpis            | 15           | m                   |
| Santykinė investicija                | 2.459        | Lt/m <sup>2</sup>   |
| Santykinė metinė šilumos gamyba      | 400          | kWhm <sup>2</sup> m |
| <b>Gaminamos šilumos savikaina</b>   | <b>0,427</b> | <b>Lt/kWh</b>       |

**Šilumos gamybos savikaina.** Visa saulės karšto vandens ruošimo sistemos įranga buvo pateikta nemokamai: sanatorijai nereikėjo naudoti nuosavų lėšų ar imti banko paskolą projekto įgyvendinimui, ir į šią aplinkybę buvo atsižvelgta, skaičiuojant šilumos gamybos savikainą. Vertinant, kad įrangos amortizacijos laikotarpis yra 15 m., o metinės sistemos aptarnavimo ir eksploatacijos (A&E) išlaidos neviršija 500 Lt/m, *gaminamos šilumos energijos savikaina sudaro 427 Lt/MWh*. Tai gerokai viršija bet kurios kitos šiuo metu šalyje naudojamos energijos rūšies, netgi elektros energijos (0,33 Lt/kWh su PVM), kainą.

Tačiau bendrą sistemos ekonomiškumą blogina tai, kad saulės kolektorius iš dalies užstoja pušys, ir pilnai saulė kolektorių apšviečia tik nuo 11 val. dienos. Dėl šios priežasties kolektoriaus gaminamos šilumos kiekis yra apie 25 % mažesnis. Įvertinus šią aplinkybę, *perskaičiuota saulės sistemos šilumos energijos savikaina sumažėtų iki 0,342 Lt/kWh* ir susilygintų su elektros energijos kaina.

Be to, šilumos gamybos savikaina tiesiogiai priklauso nuo amortizacijos laikotarpio. Skaičiavime priimtas 15 m. laikotarpis galėtų būti ir didesnis, kadangi saulės sistemų elementai gaminami iš ilgaamžių medžiagų – vario, nerūdijančio plieno ir t.t. Taigi skaičiuojant, kad įrangos nusidėvėjimas sieks 20 m., šilumos energijos gamybos savikaina sumažėtų iki *0,260 Lt/kWh*.

**Santykinė įrangos ir montazo kaina.** Kačerginėje sumontuotos įrangos kaina santykinai (saulės kolektoriaus ploto atžvilgiu) yra gana didelė (2459 Lt/m<sup>2</sup>); ji nedaug skiriasi nuo mažų, individualiems namams skirtų sistemų santykinės kainos. Palyginimui pateikiamos žinomo EB energetinės įrangos gamintojo „Viessmann“ saulės sistemų komplektų individualiems namams kainas:

21 lentelė. „Viessmann“ montuojamų ant stogo dangos dviejų kontūrų karšto vandens ruošimo sistemų, susidedančių iš plokščiojo saulės kolektoriaus, akumuliacinės talpos ir valdymo automatikos kainos (2006 m. kainynas)

| Eil. Nr. | Tipas      | Saulės kolektoriaus plotas, m <sup>2</sup> | Akumuliacinė talpa, m <sup>3</sup> | Įrangos kaina, Lt/kompl. be PVM | Montažo kaina, Lt/kompl. be PVM | Sąlyginė kaina, Lt/m <sup>2</sup> be PVM |
|----------|------------|--|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|
| 1        | Vitocell-B | 4,6  | 300                                | 10168                           | 3500                            | 2971                                     |
| 2        | Vitocell-B | 4,6  | 400                                | 11726                           | 3500                            | 3310                                     |
| 3        | Vitocell-B | 6,9  | 500                                | 15020                           | 4000                            | 2756                                     |

## 2.7 SAULĖS BUITINIO KARŠTO VANDENS RuošIMO SISTEMOS INDIVIDUALIAM NAMUI VEIKIMO MODELIAVIMAS

Naudojant programų paketą RETScreen® SWH3 bei atsižvelgiant į Kačerginės sistemos eksploatacijos patirtį, buvo modeliuojamas karšto vandens ruošimo sistemos individualiam namui darbas (žr. 16 pav.). Pasirinktos komplektacijos saulės sistema tenkina vidutinės šeimos karšto vandens poreikius ir technologiškai yra optimali Lietuvos klimato sąlygomis.

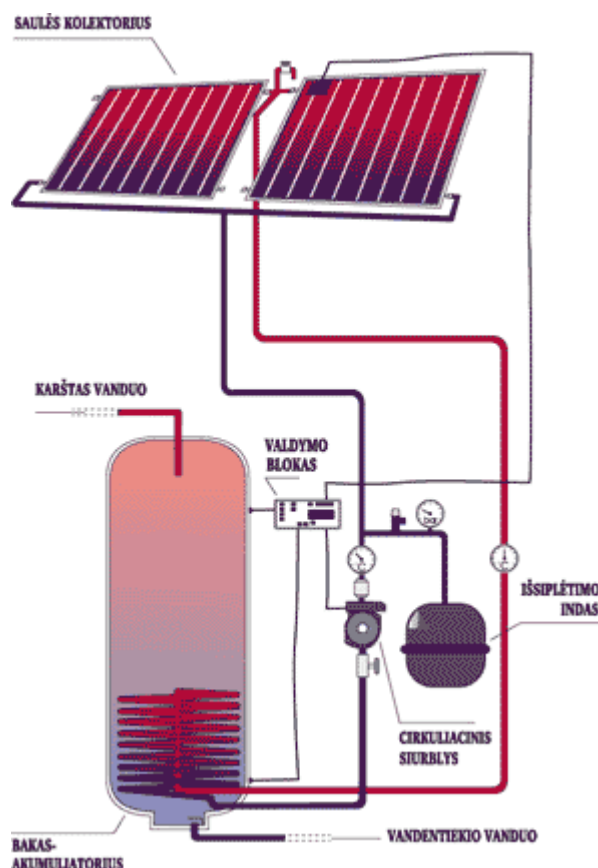
### Modeliavimo tikslas:

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | Įvertinti iš saulės į karšto vandens energiją transformuojamą energijos kiekį                               |
| <input type="checkbox"/> | Palyginti vandens šildymo saulės energija su tiesioginiu elektriniu vandens šildymu ekonomiškumą            |
| <input type="checkbox"/> | Įvertinti subsidijavimo lygį saulės karšto vandens sistemoms, kad jų įrengimas taptų patrauklus vartotojams |

### Prielaidos modeliavimui: *dviejų kontūrų saulės karšto vandens ruošimo sistema individualiam namui*

|                          |  |                              |
|--------------------------|--|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Saulės kolektoriaus plotas   | 5,26 m <sup>2</sup> ;        |
| <input type="checkbox"/> | Saulės kolektoriaus plotas   | plokščiasis (ne vakuumuotas) |
| <input type="checkbox"/> | Akumuliacinės talpos tūris   | 500 l;                       |
| <input type="checkbox"/> | Eksploatacijos periodas  | ištisus metus                |
| <input type="checkbox"/> | Klimatiniai duomenys   | Kauno meteo stotis;          |
| <input type="checkbox"/> | Įrangos ir montažo kaina **  | 16000 Lt                     |
| <input type="checkbox"/> | Įrangos tarnavimo laikas   | 25 m                         |
| <input type="checkbox"/> | Diskonto norma   | 6%                           |
| <input type="checkbox"/> | Energijos brangimas, viršijantis infliacijos lygį  | 2%                           |
| <input type="checkbox"/> | Infliacija   | 3%                           |
| <input type="checkbox"/> | Karšto vandens ruošimas naudojant saulės energiją lyginamas su tiesioginiu vandens šildymu elektra |                              |

\*\* Įvertinta, remiantis Viessmann ir UAB TERMA gaminių ir paslaugų 2007 m. įkainiais



16 pav. Dviejų kontūrų saulės karšto vandens ruošimo sistema individualiam namui

**Modeliavimo rezultatai:**

|                          |  |                          |
|--------------------------|--|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Eksploatacijos periodu saulės pagaminama šilumos energija                        | 1930 kWh;                |
| <input type="checkbox"/> | Santykinė (saulės kolektoriaus ploto atžvilgiu) metinė sistemos energijos gamyba | 367 kWh/m <sup>2</sup> m |
| <input type="checkbox"/> | Paprastasis atsipirkimo laikas, elektros energijos kainai esant 0,33 Lt/kWh      | 17,7 m                   |

Modeliavimas parodė, kad skaičiuojant pagal anksčiau iškeltas sąlygas, tokios sistemos atsipirkimo laikas sudaro 17,7 m, kitaip tariant, lyginant su elektriniu vandens šildymu ir esant dabartinei (0,33 Lt/kWh) elektros energijos kainai, vandens ruošimas saulės energija ekonomiškai neatsiperka. Net ir įvertinus šiltnamio dujų emisijos sumažėjimą, projektas netaptų ekonomiškai patraukliu. Tačiau elektros energijos kainos artimiausiu metu neišvengiamai kils: 2007 m pabaigoje prognozuojamas elektros energijos pabrangimas iki 0,39 Lt/kWh, o 2010 m pradžioje iki 0,45 Lt/kWh. 22 lentelėje pateikiamas saulės sistemos atsipirkimo laikas, esant anksčiau minėtoms elektros kainoms ir išliekant saulės sistemos kainai 16000 Lt; tačiau, kaip matyti iš lentelės duomenų, saulės sistema ekonomiškai neatsiperka (atsipirkimo laikotarpis visais atvejais viršija (6÷7 m) netgi elektros energijos kainai esant 0,45 Lt/kWh.

22 lentelė. Saulės energijos sistemos atsipirkimo laikas, esant įvairioms elektros energijos kainoms

| Pavadinimas                    | Matavimo vnt. | Elektros energijos kaina, Lt/kWh |      |      |
|--------------------------------|---------------|----------------------------------|------|------|
|                                |               | 0,33                             | 0,39 | 0,45 |
| Paprastasis atsipirkimo laikas | m             | 17,7                             | 13,0 | 10,3 |

Siekiant, kad saulės energijos naudojimas vartotojams taptų ekonomiškai patraukliu, saulės karšto vandens ruošimo sistemų įrengimą būtina subsidijuoti. 23 lentelėje pateikiami duomenys apie reikalingą subsidijų apimtį salės sistemai, kad atsipirkimo laikotarpis neviršytų 7 m, esant įvairioms elektros energijos kainoms.

23 lentelė. Saulės energijos sistemų įrengimų subsidijavimo poreikis, esant skirtingoms elektros energijos kainoms

| Pavadinimas   | Matavimo vnt.           | Elektros energijos kaina, Lt/kWh |            |            |
|---|-------------------------|----------------------------------|------------|------------|
|   |                         | 0,33                             | 0,39       | 0,45       |
| Paprastasis atsipirkimo laikas                                    | m                       | 7                                |            |            |
| Reikalinga subsidija sistemai įrengti                             | Lt                      | 3612                             | 2754       | 1940       |
|   | %                       | 23 %                             | 17 %       | 12 %       |
| <b>Santykinė subsidija ( saulės kolektoriaus ploto atžvilgiu)</b> | <b>Lt/m<sup>2</sup></b> | <b>682</b>                       | <b>520</b> | <b>366</b> |

Esant dabartinei elektros energijos kainai, t.y. 0,33 Lt/kWh, saulės sistemos įrengimui būtų reikalinga subsidija, sudaranti 23% (3612 Lt) jos įrengimo kainos, tačiau, jeigu elektros energija pabrangtų iki 0,45 Lt/kWh (sistemos įrengimo kainai nesikeičiant), analogiškos saulės sistemos įrengimo išlaidas pakaktų subsidijuoti 12% (1940 Lt), ir atsipirkimo periodas neviršytų 7 m. Vertinant subsidijų poreikį saulės kolektoriaus 1m<sup>2</sup> įrengimui, jis sudaro 682 ÷ 366 Lt/ m<sup>2</sup>, priklausomai nuo elektros energijos kainos, kurią reikėtų mokėti vandenį tiesiogiai šildant elektra..

Subsidijavimo įtaką individualių saulės energijos karšto vandens ruošimo sistemų plėtrai ir aplinkosaugai, jeigu elektros energijos kaina vartotojams sudarytų 0,39 Lt/kWh, galėtų pailiustruoti sekantis pavyzdys:

|                                     |   |                       |
|-------------------------------------|---|-----------------------|
| <b>subsidijoms skyrus 1 mln. Lt</b> | <input type="checkbox"/> įrengiamų saulės sistemų indiv. namuose skaičius.: | 363 vnt;              |
|                                     | <input type="checkbox"/> įrengiamų saulės kolektorių plotas:                | 1910 m <sup>2</sup> ; |
|                                     | <input type="checkbox"/> CO2 emisijos sumažėjimas, karštą vandenį ruošiant: |                       |



|  |                      |         |
|--|----------------------|---------|
|  | ○ elektra            | 440 t/m |
|  | ○ gamtinėmis dujomis | 142 t/m |
|  | ○ mazutu             | 196 t/m |
|  | ○ krosniniu kuru     | 187 t/m |

## 2.8 GAMTOSAUGINIAI SANATORIJOJE ĮRENGTOS ŠILUMOS GAMYBOS SISTEMOS PRIVALUMAI

Didėjant organinio kuro suvartojimui pasaulyje, didėja ir atmosferos užterštumas CO<sub>2</sub>. Jo kiekis atmosferoje yra beveik 25 % didesnis negu prieš šimtą metų. Išsivysčiusiose pasaulio šalyse dedamos didelės pastangos artimiausiu metu sumažinti CO<sub>2</sub> išsiskyrimą. Vienas tokių žingsnių būtų biokuro deginimas.

Sanatorijos katilinėje yra deginamas lengviausiai paimamas ir pigiausias kuras - medienos perdirbimo įmonių technologinės atliekos (skiedra, pjuvenos). 3 skyriuje apskaičiuota vasaros ir šildymo sezono metu, naudojant biokurą, pagaminta šilumos energija, ir tas kiekis 2004-2007 m. vidutiniškai siekdavo apie 800 MWh per metus.

Jeigu sanatorijos katilinėje būtų deginamas ne biokuras, o iškastinis organinis kuras ir generuojama 800 MWh šiluminės energijos, sudeginamo įvairių rūšių kuro kiekiai ir CO<sub>2</sub> emisija būtų tokia (žr. 24 lentelėje):

24 lentelė. CO<sub>2</sub> emisijų išmetimai į atmosferą, deginant įvairių organinį kurą

| Kuro rūšis                      | Kuro kiekis, t | CO <sub>2</sub> , t | CO <sub>2</sub> emisijos faktorius [tCO <sub>2</sub> /MWh] |
|---------------------------------|----------------|---------------------|--|
| Krosninis kuras                 | 74,7           | 237                 | 0,267  |
| Akmens anglis                   | 177,8          | 363                 | 0,341  |
| Durpės                          | 443,9          | 407                 | 0,382  |
| Suskystintos dujos              | 68,9           | 202                 | 0,227  |
| Gamtinės dujos, nm <sup>3</sup> | 95608          | 180                 | 0,202  |

Vertinant tik saulės energijos naudojimo įtaką aplinkai, kitoje lentelėje pateikiamos CO<sub>2</sub> emisijos sumažėjimo apimtys. Taigi jeigu Kačerginės vaikų sanatorijos saulės kolektoriaus vidutiniškai per metus gaminamą šilumos kiekį tektų gaminti, deginant iškastinį kurą, CO<sub>2</sub> tarša siektų 6,8 ÷ 19,3 t/m, priklausomai nuo organinio kuro rūšies (žr. 25 lentelėje).

25 lentelė. CO<sub>2</sub> emisijos sumažinimas dėl saulės energijos panaudojimo, lyginant su įvairių rūšių iškastinio kuro deginimu (įvertinus ir katilo n.v.k.)

| Kuro rūšis        | Gaminama šiluma | Emisijos faktorius **  | Metinė CO <sub>2</sub> emisija | Sąlyginė CO <sub>2</sub> emisija |
|-------------------|-----------------|------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
|                   | MWh/m           | t CO <sub>2</sub> /MWh | t/m                            | t/m m <sup>2</sup>               |
| Elektros energija | 30,84           | 0,626                  | 19,31                          | 0,2498                           |
| Gamtinės dujos    | 30,84           | 0,202                  | 6,84                           | 0,0886                           |
| Mazutas           | 30,84           | 0,279                  | 9,66                           | 0,1249                           |
| Krosninis kuras   | 30,84           | 0,267                  | 9,14                           | 0,1183                           |

\*\* lentelėje pateikiamos standartinės emisijų faktorių vertės, naudotos, rengiant nacionalinį apyvartinių taršos leidimų paskirstymo planą 2005 - 2007 metams

Priklausomai nuo kuro rūšies, perskaičius saulės kolektoriaus ploto atžvilgiu, kiekvieno saulės kolektoriaus m<sup>2</sup> įrengimas mažina CO<sub>2</sub> emisiją 89÷250 kg/metus.

## 2.9 ŠVIETĖJIŠKA NAUDA

Kačerginės sanatorijoje gydomi įvairaus amžiaus jaunieji pacientai. Per tuos metus, kai buvo rekonstruota katilinė ir sumontuoti saulės kolektoriai, joje gydėsi šimtai ligonių. Jie grįžta į namus, savo mokyklas, sužinoję apie atsinaujinančius energijos šaltinius - saulę ir biokurą, kurie, besigydam sanatorijoje, jiems teikė šilumą.

## 3 KOMBINUOTOS SAULĖS-BIOKURO SISTEMOS ŠILUMOS GAMYBAI EKONOMINIAI APLIKOSAUGINIAI IR KITI PRIVALUMAI

Švedų specialistai, ruošdami Kačerginės sanatorijos šilumos ūkio renovacijos projektą, pasiūlė šilumos gamybai panaudoti medienos atliekas bei įrengė efektyvią saulės karšto vandens ruošimo sistemą. Šios priemonės leido gerokai pagerinti šildymo ir karšto vandens ruošimo sistemų efektyvumą ir spręsti gamtosauginius klausimus.

Šilumos gamybos ir tiekimo sistemos efektyvumo padidėjimas gaminant, paskirstant bei vartojant energiją pastatuose buvo pasiektas:

- sumontavus atskirame konteineryje 600 kW biokurą (medieną ir jos atliekas) deginantį katilą su kūrykla, automatine kuro talpa, ventiliatoriumi, multiciklonu, kuro tiekimo, dūmų valymo ir automatinio valdymo sistemomis;

- įrengus 76.2 m<sup>2</sup> ploto saulės kolektorius, tvirtinamus ant žemės, su talpa-akumulatoriumi, galinčius tiekti 30-33 MWh karšto vandens per metus;
- sumontavus lanksčius, izoliuotus varinių vamzdžių šildymo, karšto ir šalto vandens tinklus;
- kiekviename sanatorijos pastate įrengus naujus šilumos punktus su šilumokaičiu, cirkuliaciniu siurbliu ir būtina reguliavimo įranga;
- įrengti šilumos energijos apskaitos prietaisai leido stebėti, registruoti ir efektyviai valdyti tiekiamus į pastatus šilumos srautus.

Eksplotacijos metu išryškėjo šie kombinuotos saulės-biokuro sistemos šilumai gaminti privalumai:

1. Sanatorijos kaštai energetiniams poreikiams žymiai sumažėjo. Sutaupytos lėšos yra skiriamos sanatorijos pastatų renovacijai, jaunųjų pacientų gydymo, mokymo sąlygų ir gerbūvio gerinimui.
2. Buvo pademonstruotas integruotas sprendimo variantas - bioenergijos ir saulės energijos kombinacija, kuri, kaip parodė kelerių metų eksploatavimo patirtis, yra patikima tiek techniniu požiūriu, tiek ir ekonomine prasme. Reikia pažymėti, kad šis veikiantis objektas kol kas yra vienintelis tokio pobūdžio Lietuvoje ir kaip demonstracinis projektas galėtų susilaukti didesnio potencialių klientų dėmesio analogiškomis sistemoms įsirengti.
3. Katilinės darbas tapo visiškai automatizuotas, nereikalaujantis nuolatinės priežiūros - sumažėjo žmogiškojo faktoriaus įtaka eksploatuojant katilinę.
4. Veikianti saulės karšto vandens sistema papildomai per metus gali tiekti 15 - 20 % viso reikiamo karšto vandens kiekio. Vasaros metu - 25 – 30 % karšto vandens poreikio.
5. Pasiiekti sanatorijos saulės karšto vandens ruošimo sistemos eksploataciniai rodikliai:
  - vidutinis metinis efektyvumas: 35 - 37%;
  - vidutinis metinis pagaminamos šilumos kiekis kolektoriaus ploto atžvilgiu: 400 kWh/m<sup>2</sup>.
6. Sanatorijos saulės karšto vandens ruošimo sistemos eksploatavimo aplinkosauginis efektas – kiekvienas įrengto saulės kolektoriaus m<sup>2</sup> per metus sumažina CO<sub>2</sub> emisiją 89÷250 kg/m (priklausomai nuo to, kokios rūšies iškastinis kuras buvo naudotas karšto vandens ruošimui).

#### 4 IŠVADOS IR TOLIMESNĖS SAULĖS ENERGIJOS IR BIOKURO NAUDOJIMO PROJEKTŲ TAIKYMO REKOMENDACIJOS

Kačerginės vaikų sanatorijoje rekonstruotas šiluminis ūkis sėkmingai veikia jau 5 metus. Šio ūkio eksploatavimo patirtis, o taip pat 2006 – 2007 m. eksploatacijos gautų duomenų analizė leidžia pateikti sekančias išvadas ir rekomendacijas.

##### Išvados

1. Išlaidos šilumos gamybai, pradėjus eksploatuoti medienos atliekomis kūrenamą katilinę lyginant su buvusia skysto kuro katiline, vidutiniškai sumažėjo apie 3 kartus ir leido sutaupyti iki 100 000 Lt per metus.
2. Gerai eksploatuojamų sąlyginai mažo galingumo automatizuotų medžio atliekų deginimo katilinių išmatuotas naudingo veikimo koeficientas siekia 79 – 81 procentą.
3. Krosninio kuro pakeitimas medienos atliekomis, įrengus 600 kW galingumo katilinę, leido sumažinti CO<sub>2</sub> išmetimus 237 tonomis per metus arba 0,267 t/MWh.
4. Vidutinė pagamintos šilumos biokuro katilinėje yra 14,3 cnt/kWh (įvertinus įrengimų amortizaciją per 15 metų), kintamoji kainos dalis (kuras, elektra) sudarė 5,9 - 6,4 cnt/kWh.
5. Realus Kačerginėje sumontuotos biokuro katilinės (investicijos 1127 Lt/kW) atsipirkimo laikas pagal eksploatacinius duomenis sudaro 5,7 metų.
6. Prie vidutinės Lietuvoje įrengiamų bio kuro katilų kainos 500 Lt/kW, statinis atsipirkimo laikas vidutiniškai sudarytų 3,2 metų.
7. Detalus sanatorijos pastatų energetinis auditas parodė, kad santykinės šilumos sąnaudos nagrinėtu periodu siekė 318 kWh/m<sup>2</sup>. Tai ženkliai viršija 200 kWh/m<sup>2</sup> ribą, t.y. kur kas daugiau nei Lietuvos vidurkis
8. Atlikus pastatų sandarumo matavimus gauta, kad langų pralaidums 6 kartus viršija dabar galiojančius norminius reikalavimus ir 3 kartus viršija pastatų statybos laikotarpiu galiojusias normas.
9. Visuose sanatorijos pastatuose vidutinės temperatūros neatitinka galiojančių higienos normų. Būtina artimiausiu metu ieškoti galimybių renovuoti sanatorijos pastatus, kas leistų sumažinti energijos naudojimą 30 – 50 procentų.

10. Saulės energija per metus vidutiniškai pagamino apie 20 MWh šilumos, kas sudaro 400 kWh/m<sup>2</sup> metus. Esant optimaliam kolektorių išdėstymui išvengiant šešėlių, Lietuvos sąlygomis galima gauti apie 520 kWh/m<sup>2</sup> metus.
11. Nagrinėtoje technologinėje sistemoje saulės energija pagamina iki 20 procentų reikalingos šilumos karšto vandens tiekimui. Vasarą ši dalis yra didesnė ir siekia 30 procentų.
12. Saulės energijos panaudojimo sistemoje pagamintos šilumos kaina yra 0,427 Lt/kWh. Įvertinus, kad bendrą sistemos ekonomiškumą blogino tai, kad saulės kolektorius iš dalies užstojo pušys, gerai suprojektavus sistemą energijos gamyba padidėtų 25 %. Tuomet perskaičiuota saulės sistemos šilumos energijos savikaina sumažėtų iki 0,342 Lt/kWh.
13. Kačerginėje įrengta saulės energijos panaudojimo sistema sumažino CO<sub>2</sub> metinius išmetimus 9,14 tonos.
14. Įrengtas vienas m<sup>2</sup> saulės kolektoriaus leidžia sumažinti CO<sub>2</sub> išmetimus 0,25 tonos, jei saulės energija pakeičia elektrą, 0,12 tonos jei pakeičia krosnių kurą ir 0,089 tonos – jei gamtines dujas.
15. Be valstybės paramos saulės energijos panaudojimo sistemų atsipirkimo laikas, lyginant net ir su vandens šildymu elektra, prie dabar esančios elektros energijos kainos viršija 17 metų, o prie prognozuojamos 45 cent/kWh 2010 metais – 10 metų.
16. Skyrus 1 mln litų paramos per metus galima būtų įrengti 363 individualiems namams skirtas sistemas arba 1910 m<sup>2</sup> saulės kolektorių, sutaupyti 701 MWh elektros energijos ir sumažinti CO<sub>2</sub> išmetimus 440 t.

## **Rekomendacijos**

1. Aplinkosauginės būklės respublikoje gerinimui, organinio kuro taupymui ir toliau tikslinga skatinti biokuro bei saulės sistemų naudojimą.
2. Prieš įgyvendinant kiekvieną biokuro katilinės projektą, reikia įvertinti biokuro išteklių potencialą regione, veikiančių ir kitų projektuojamų biokatilinių galią ir tik tada prognozuoti galimą biokuro katilinės instaliuotą galią. Kiekvieno didesnio objekto eksploataavimo efektyvumas priklausys nuo visų kuro kainos dedamųjų, t.y. nuo pačio kuro ir jo transportavimo kainos.
3. Saulės energijos sistemų karšto vandens ruošimui įdiegimo skatinimui, reikalinga valstybės parama. Kad sistemos įsirengimas individualiam vartotojui taptų ekonomiškai

patrauklus, subsidijų apimtys prie šiandieninių elektros energijos kainų turėtų būti ne mažesnės kaip 3612 Lt individualaus namo sistemai, arba 682 Lt 1m<sup>2</sup> saulės kolektoriaus ploto. Tai sudaro apie 23 % sistemos įrengimų ir montavimo darbų kainos.

## 5 LITERATŪRA

1. Nacionalinė energijos vartojimo efektyvumo didinimo 2006–2010 metų programa, patvirtinta Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2006 m. gegužės 11 d. nutarimu Nr. 443 (Žin., 2006, Nr. 54-1956) ([http://www.ena.lt/main\\_veikla\\_vartojimas.htm](http://www.ena.lt/main_veikla_vartojimas.htm)).
2. Lietuvos Respublikos šilumos ūkio įstatymas (Žin., 2003, Nr. 51-2254).
3. Nacionalinė energetikos strategija, patvirtinta Lietuvos Respublikos Seimo 2007 m. sausio 18 d. nutarimu Nr. X-1046 (Žin., 2007, Nr. 11-430).
4. Vrubliauskas S. Biomass utilization for energy purposes in Lithuania // Proceedings of the World Renewable Energy Congress VII, 29 June – 5 July 2002, Cologne, Germany. P. 5. (CD, ISBN: 0 08 044079 7).
5. Statybos techninis reglamentas STR 2.05.01:2005. Pastatų šiluminė technika, Vilnius 2005
6. Statybos techninis reglamentas STR 2.09.02:2005 „Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas
7. Ignatavičius, Č., Ignatavičius, G., Tuomas, E. 1997-2000 metų mokyklų renovacijos rezultatai. Vilnius: Homo Liber, 2002. p 123
8. Higienos normos HN 42-2004 Gyvenamųjų ir viešosios paskirties pastatų mikroklimatas“ (Žin., 2004, Nr. 105-3911).