



## SAULĖS KOLEKTORIAUS, PAGAMINTO IŠ RECIKLINIŲ MEDŽIAGŲ, EFEKTYVUMO TYRIMAS

**Jonas Matijošius, Arūnas Jakštas**

*Mašinų gamybos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,*

*J. Basanavičiaus g. 28, LT-03224 Vilnius, Lietuva*

*El. paštas: arunasj@m.e.vtu.lt*

*Įteikta 2005 09 02, priimta 2005 09 15*

**Santrauka.** Straipsnyje nagrinėjama reciklinių medžiagų naudojimo Saulės energijos kolektoriams (SK – toliau Saulės kolektoriams) gaminti galimybės. Tuo būdu siekiama mažinti aplinkos užterštumą gamybos ir statybos atliekomis. Kolektoriai tampa pigesni. Sprendžiant šią problemą pagamintas bandomasis pavyzdys – 100 litrų metalinis bakas. Jo šiluminei izoliacijai bei rėmui naudota stiklo vata ir medienos atliekos. Atlikus eksperimentinius tyrimus, įvertinta bandomojo pavyzdžio atsparumas staigiems temperatūros svyravimams ir nustatytas efektyvumas esant skirtingoms meteorologinėms sąlygoms. Rezultatai parodė, jog kolektorius, pagamintas iš reciklinių medžiagų, yra gerų eksploatacinių savybių.

**Raktažodžiai:** Saulės kolektorius, reciklinės medžiagos, efektyvumas.

## EFFICIENCY INVESTIGATION OF SOLAR COLLECTORS MADE OF RECYCLING MATERIALS

**Jonas Matijošius, Arūnas Jakštas**

*Dept of Machine Building, Vilnius Gediminas Technical University,*

*J. Basanavičiaus g. 28, LT-03224 Vilnius, Lithuania*

*E-mail: arunasj@m.e.vtu.lt*

*Received 2 Sept 2005; accepted 15 Sept 2005*

**Abstract.** Recycling materials for construction of solar collectors are considered in this paper. In this way it is possible to reduce pollution of the environment littered up with industrial and building waste and scrap. The collectors become cheaper and cheaper. In order to tackle the problem a testing prototype was made – a metal tank of 100 l volume – and glass wool and sawdust were used for heat insulation. Experimental tests were conducted, the estimates of resistance to sudden variations of temperature and efficiency under different meteorological conditions were established during testing. The test results showed that solar collectors made of recycling materials possessed good exploitation properties.

**Keywords:** solar collector, recycling materials, efficiency.

### 1. Įvadas

Šiame darbe vienu metu sprendžiamos kelios problemos – Saulės energijos bei reciklinių medžiagų panaudojimo galimybės. Trumpai apibūdinsime kiekvieną iš jų.

Saulės energija priklauso atsinaujinančių energijos šaltinių grupei, yra pigi, ekologiškai švari ir iš esmės

neišsenkanti. Ją naudoti skatintina visame pasaulyje, nes, palyginti su kitais išgaunamų ribotų išteklių ir teršiančiais aplinką energijos šaltiniais, kaip antai: nafta, dujos, anglis, – Saulės spinduliuotės energija turi neabejotinų pranašumų.

Mūsų sąlygomis tai leidžia taupyti finansinius išteklius importuojamo iškastinio kuro sąskaita; mažinti pri-

klausomybę nuo importinio kuro tiekėjų; didinti energijos tiekimo patikimumą; kurti naujas darbo vietas ir didinti gyventojų užimtumą atsinaujinančių energijos išteklių gavybos ir naudojimo infrastruktūroje [1].

Atsinaujinantys energijos ištekliai (AEI) ES šalyse nevienodai ir nepakankamai naudojami. Turint mintyje vis didėjančią ES priklausomybę nuo kuro importo, augantį susirūpinimą globaliniu klimato atšilimu, vis dar neaiškia atominės energetikos ateitį, AEI labai perspektyvi, nepaisant to, kad dabar šie ištekliai gali būti ir brangesni, ir sunkiau prieinami, juos eksploatuoti būtinos naujos technologijos. Nors dar 1997 m. ES šalys numatė ambicingą tikslą – 2010 m. pirminės energijos balanse AEI turi siekti 12 % – tačiau daugelis šalių nepakankamai deda pastangų, kad tą tikslą pasiektų: nuo 1997 m. iki 2001 m. penkiolikos ES šalių (ES-15) AEI dalis pirminės energijos balanse padidėjo nuo 5,4 % iki 6 %. Pagnarinęję praėjusio dešimtmečio tendencijas, matome, kad kai kurios šalys labai padidino AEI dalį savo pirminės energijos balansuose (Švedija, Suomija, Italija), tačiau kai kuriose šalyse ši dalis lieka labai maža (Anglija, Olandija, Airija) [2].

Kitas problemos aspektas – reciklinių medžiagų panaudojimas. Kaip žinome, reciklinės – tai tokios medžiagos, kurios jau buvo panaudotos gamybos ar technologiniame procese, tada surinktos kaip atliekos, perrūšiuotos ir nukreiptos antriniam naudojimui. Taip naudojant žaliavas, sprendžiamos kelios užduotys: pirmiausiai atliekų utilizavimas. Kaip žinome, yra daug pramonės šakų, kurios medžiagas gaminiams parenka taip, kad panaudojus, jas kaip atliekas galima būtų nukreipti panaudoti antrą kartą, ar natūraliomis gamtos sąlygomis jos pačios suirtų neteršdamos aplinkos. Išsprendžiama ir kita užduotis – gamybai ar technologiniams procesams nebūtinos papildomos žaliavos, nes panaudojamos reciklinės medžiagos, kurių charakteristikos artimos pirminių žaliavų.

Atliekant šį darbą buvo siekiama šias problemas sujungti į vieną, spręsti kartu. Vienas iš problemos sprendimo būdų buvo sukurti demonstracinį Saulės kolektorių (SK) iš reciklinių medžiagų. Jo efektyvumas ištirtas mūsų klimatinėmis sąlygomis.

Daugelyje šalių, ypač pietinių, SK yra populiarūs, nes, kaip jau minėta, yra pigūs, neteršia gamtos. Izraelyje net priimtas įstatymas, reglamentuojantis SK naudojimą statant nuosavus namus. Dažniausiai SK paskirtis – karštam vandeniui ruošti, bet yra ir kitų jų naudojimo sferų: vandens gėlinimui, pastatams šildyti, elektrai gaminti. Kaip žinome, pasaulyje vartojama vis daugiau energijos, tai susiję su kai kurių didžiųjų pietryčių Azijos valstybių ekonomikos augimu, bendru industrializacijos lygio kilimu, naujų pramonės šakų atsiradimu. Tradiciniai energijos šaltiniai – nafta, dujos – jau pasiekę vartojimo piką, ir dėl riboto jų kiekio kasmet senka šių šaltinių atsargos. Kyla kitų energijos šaltinių – anglies, branduolinės energijos, ir tuo pat metu atsinaujinančių energijos šaltinių – Saulės – hidroenergetikos – bumai. Atsižvelgiant į tai, kad anglies ir branduolinės energetikos šaltinių ištekliai taip pat yra riboti, tampa akivaizdus

atsinaujinančių energijos šaltinių pranašumas.

Atsinaujinantys energijos ištekliai pasaulyje pasiskirstę tolygiau nei organinio kuro, tačiau ekonominių atsinaujinančių energijos išteklių potencialą gerokai riboja tam tikri veiksniai, kaip antai: žemės naudojimo, eksploatavimo konkurencija, aplinkosauginiai reikalavimai, Saulės energijos panaudojimo trukmės ribos. Siekiant atsinaujinančių energijos išteklių projektų patrauklumo, primant sprendimus dėl jų įgyvendinimo, gali būti taikoma išplėstinė išlaidų bei naudos analizė, bet ir ekonominių ir aplinkosauginių rodiklių, t. y. išorinių energijos gamybos sąnaudų įvertinimas. Kadangi atsinaujinančių energijos išteklių išorinės energijos gamybos sąnaudos mažiausios, tokių išteklių panaudojimo efektyvumas, palyginti su tradicinių kuro rūšių, atlikus išplėstinę analizę gali akivaizdžiai padidėti [3].

## 2. Tyrimo objektas

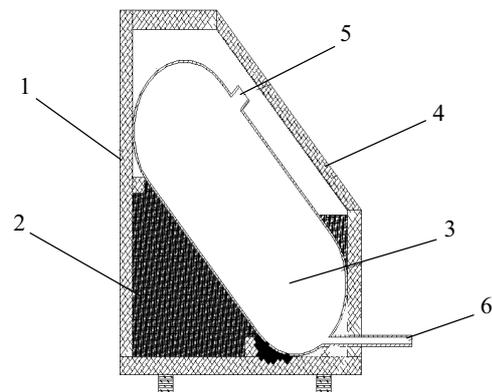
Saulės kolektorius absorbuoja saulės spindulių šilumą ir perduoda jame cirkuliuojančiam vandeniui.

Lietuvoje dėl daugelio priežasčių Saulės kolektoriai dar tėra retenybė. Tuo atžvilgiu, manau, padėtų demonstracinių gaminių sukūrimas.

Pirmieji Saulės kolektoriai buvo pagaminti praeito šimtmečio pabaigoje. Tačiau pradėjus deginti naftą ir dujas, pamiršti. Ir tik prieš trisdešimt metų jie vėl pradėti naudoti daugelyje pasaulio šalių.

1 pav. pateikta tiriamo SK schema, 2 pav. – nuotrauka.

Kiekvienas iš SK elementų yra paimtas iš atliekų. Pagal LR atliekų tvarkymo įstatymą (787–1998–06–16; *Žin.*, 1998, Nr. 61–1726) Lietuvoje gali būti trijų tipų sąvartynai: pavojingų, komunalinių ir inertinių atliekų. Kol kas tokia sąvartynų sistema Lietuvoje nėra sukurta, bet ateityje, jei būtų plėtojama ši gamybos šaka, atliekas būtų galima imti iš inertinių atliekų sąvartyno [4].



1 pav. Saulės kolektoriaus schema: 1 – rėmas; 2 – šilumos izoliacija – stiklo vatos ir medžio pjuvenų sluoksniai; 3 – bakas–akumulatorius; 4 – skaidri danga – polietilenas; 5 – įleidimo vamzdelis; 6 – išleidimo vamzdelis

Fig 1. Solar collector scheme



2 pav. Saulės kolektorius

Fig 2. Solar collector

Rėmas, pagamintas iš medienos apdirbimo atliekų, turi būti gerai apšiltintas ir sandarus. Kai rėmas nesandarus, keičiantis temperatūrai, ant jo vidinio paviršiaus, pirmiausiai ant skaidrios dangos, iškrinta kondensatas. Jis blogai praleidžia saulės spindulius, gadina rėmą. Be to, pro nesandarumus prarandama šiluma. Šiluminės izoliacijos dalis – medienos pjuvenos – kaip ir rėmas imamos iš medienos atliekų. Kita šiluminės izoliacijos dalis – stiklo vata. Bakas-akumulatorius – 3 mm storio plieno (ISO 4957:1999) 100 litrų kanistras. Skaidri danga – polietilenas. Ji praleidžia saulės spindulius ir neleidžia šilumai išeiti iš rėmo, tačiau ją reikia keisti kas sezoną. Ji plačiai naudojama kaip dengiamoji medžiaga, nepraleidžia infraraudonųjų spindulių, todėl sudaro geras sąlygas šiltnamio efektui. Taigi šios medžiagos lengvai prieinamos, o jų utilizavimas, ypač stiklo vatos, ganėtinai brangus procesas. Pagrindiniai Saulės kolektoriaus parametrai pateikti 1 lentelėje.

### 3. Tyrimų metodika

Buvo atliekami šie SK tyrimai:

1. maksimalaus išilimo;
2. atsparumo staigiam išoriniam temperatūrų pokyčiui;
3. atsparumo staigiam vidiniam temperatūrų pokyčiui;
4. ilgaamžiškumo [5].

Bandant SK buvo siekiama šių tikslų:

Pirmojo bandymo tikslas – SK galimybių išlikti aukštų temperatūrų, kurios pasiekiamos dėl saulės ekspozicijos poveikio be vandens cirkuliacijos, pažeidimų patikra.

Antrojo bandymo tikslas – nustatyti SK galimybes atlaikyti šilumos smūgius, atsirandančius, kai ant išilusio nuo Saulės spinduliuotės SK patenka šalto vandens (pavyzdžiui, dėl netikėto lietaus saulėtą giedrą dieną).

Trečiojo bandymo tikslas – išsiaiškinti SK galimy-

### 1 lentelė. Saulės kolektoriaus parametrai

Table 1. Solar collector parameters

Parametrai	Reikšmės
Kolektoriaus paviršiaus plotas, m <sup>2</sup>	0,72
Sugeriančios plokštės medžiaga	3 mm plieno lakštas
Vandens išilimo temperatūra, C°	55 ± 10
Masė be vandens, kg	226
Talpa, l	100
Skaidri danga	polietilenas
Šiluminė izoliacija	stiklo vatos ir pjuvenų sluoksniai
Prognozuojamas eksploatavimo laikas, metais	10

bes atlaikyti šilumos smūgius, kai į išilusį nuo Saulės spinduliuotės SK tiekiamas šaltas vanduo.

Ketvirtąjį bandymo tikslas – sukurti pigius ir pakankamai efektyvius SK karštam vandeniui ruošti.

Šių bandymų būtinumą galima būtų pagrįsti.

Pirmasis bandymas reikalingas modeliuojant situaciją, kai atliekami darbai nuo pirminio SK montavimo iki jo pripildymo darbinės medžiagos ir avarijose, kurių metu darbinė medžiaga išteka arba nustoja cirkuliuoti kontūre, ir dėl to atsiranda SK pažeidimų.

Antrasis bandymas reikalingas modeliuojant situaciją, kai ant SK patenka netikėtai prasidėjęs lietus saulėtą giedrą dieną, esant netinkamiausioms tam sąlygoms – nesant darbinės medžiagos cirkuliacijos. Tiriama dėl to atsiradę SK pažeidimai.

Trečiasis bandymas reikalingas modeliuojant situaciją, kai SK pripildomas vandens ilgalaikiam naudojimui tada, kai vanduo buvo išpiltas, ir tiriama dėl to atsiradę SK pažeidimai.

SK ilgaamžiškumo bandymai reikalingi modeliuojant situaciją, kai SK naudojamas ilgą laikotarpį, ir tiriama jo pagrindiniai parametrai.

Bandymai atlikti tam tikra tvarka.

Pirmasis bandymas: SK statomas į pietus, bet nėra pripildomas vandens. Visi įėjimo-išėjimo vamzdeliai hermetizuojami, kad būtų išvengta šilumos nutekėjimo dėl natūralios oro cirkuliacijos. Prie SK montuojamas termometras.

SK leidžiama išilti esant ne mažesnei kaip 245W/m<sup>2</sup> spinduliuotei stacionariosiomis sąlygomis, t. y. jo orientacija nekeičiama ne mažiau kaip 2 valandas. Bandymas atliekamas esant ne mažesnei kaip 20° C oro temperatūrai, kai vėjo greitis ne didesnis kaip 2 m/s.

Bandymo metu matuojamas spinduliuotės srauto tankis, išorinio oro temperatūra, vėjo greitis.

Atliekant antrąjį SK bandymą procedūra ta pati kaip ir pirmojo bandymo metu.

Prie SK prijungiamas termometras, SK leidžiama išilti esant ne mažesnei kaip 245W/m<sup>2</sup> spinduliuotei stacionariosiomis sąlygomis ne mažiau kaip 1 valandą, tada ne mažiau kaip 15 minučių purškama 5° C – 30° C tem-

peratūros vandeniui. Vandens išeiga – 0,03–0,05 kg/(s×m<sup>2</sup>) 1 m<sup>2</sup> ploto. Purškama tolygiai visas SK plotas. Bandymas atliekamas esant ne mažesnei kaip 20 °C oro temperatūrai. Bandymo metu matuojama: spinduliuotės srauto tankis, išorės oro ir vandens temperatūros.

Trečiasis bandymas: SK statomas į pietus, bet nėra pripildomas vandens. Prijungiamas vandens čiaupas.

Skaidri danga iš išorės nuplaunama vandeniui ir švariai nuvaloma. Prie SK prijungiamas termometras.

SK leidžiama įšilti esant ne mažesnei kaip 245W/m<sup>2</sup> spinduliuotei stacionariosiomis sąlygomis, kai išorinio oro temperatūra ne mažesnė kaip 20 °C, per 1 valandą, esant užsuktam vandens čiaupui. Tada čiaupas atsukamas ir į SK ne mažiau kaip 5 minutes tiekiamas ne aukštesnės kaip 30 °C temperatūros vanduo. Vandens dozės ne mažesnės kaip 0,02kg/s 1 m<sup>2</sup> SK ploto.

Ketvirtasis bandymas atliekamas per 6 mėnesių laikotarpį, šviesiu paros laiku, esant pliusinei išorinio oro temperatūrai. SK pripildomas darbinės medžiagos, jam leidžiama įšilti ne mažiau kaip 7 valandas. Tada išleidžiama ir pripildoma iš naujo.

Vienas iš pagrindinių rodiklių, apibūdinančių kolektoriaus energetinius parametrus, yra efektyvumo koeficientas, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\eta = \frac{V\rho c(t_{v1} - t_{v2})}{A \sum_0^{\tau} G_i \tau_i}$$

čia  $V$  – rezervuaro tūris, l;  $\rho$  – vandens tankis, kg/l;  $t_{v1}, t_{v2}$  – vidutinė vandens temperatūra rezervuare bandymo pradžioje ir pabaigoje, C°;  $c$  – vandens specifinė šiluma, kJ/(kg×C°);  $G_i$  – pilnutinė kolektoriaus paviršiaus apšvita per  $\tau_i$  laikotarpį, W/m<sup>2</sup>;  $\tau_i$  – laiko intervalas, s [6].

#### 4. Tyrimo rezultatai

Pirmojo bandymo rezultatas yra informacija apie SK pažeidimų pobūdį, įtrūkimus ar dujų išsiveržimą pro šiluminę izoliaciją.

Laikoma, kad SK išlaikęs bandymą, kai neaptinkama įtrūkių, dujų proveržio pro šiluminę izoliaciją ar negrįžtamųjų deformacijų. Tokių reiškinių nepastebėta, todėl SK bandymą išlaikė.

Antrojo ir trečiojo bandymų rezultatas yra informacija apie SK deformacijų ir įtrūkių pobūdį.

Ir apipurškus SK vandeniui, ir staigiai pakeitus bako vidaus temperatūrą, jokių įtrūkimų ar formos pokyčių vizualiai apžiūrėjus nepastebėta, todėl SK bandymą išlaikė.

SK bandymų rezultatus iliustruoja šie grafikai:

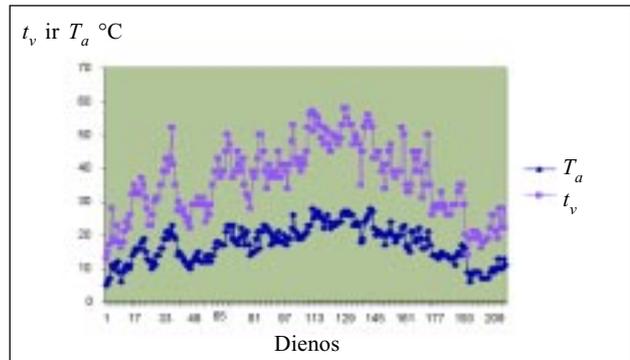
a) Saulės spinduliuotės intensyvumo  $G$ , vidutinės darbinės medžiagos temperatūros rezervuare  $t_v$  ir aplinkos temperatūros  $T_a$  kitimo;

b) tūrinio SK efektyvumo koeficiento  $\eta$  priklausomybės nuo komplekso  $(t_v - T_a) / G$  [7].

Per visą bandymo laikotarpį (2004 balandžio – spa-

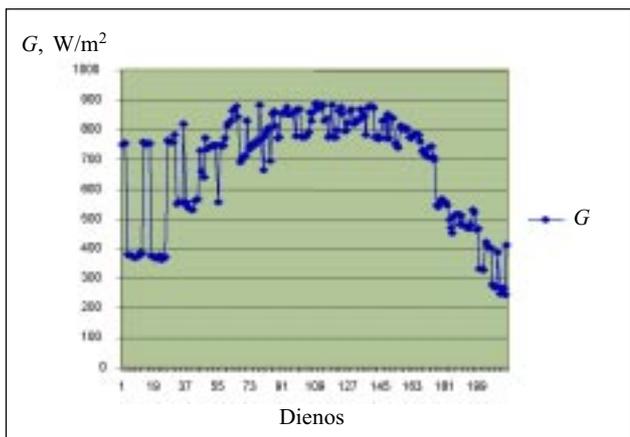
lio mėnesius) pasitaikė palyginti geri orai. Nors vasaros pradžia buvo neįprastai šalta, bet tai kompensavo šiltas ruduo. Bendras šilumos, sunaudotos vandeniui pašildyti per šį laikotarpį, kiekis – 43,318 GJ.

Saulės spinduliuotės intensyvumo  $G$ , vidutinių darbinės medžiagos temperatūrų rezervuare  $t_v$  ir aplinkos temperatūrų  $T_a$  kitimo grafikais pavaizduoti 3–6 pav.



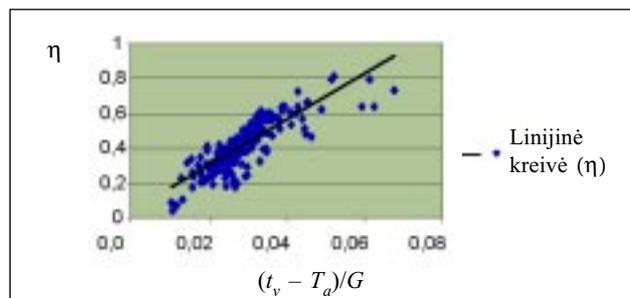
3 pav. Vidutinės vandens temperatūros  $t_v$  ir aplinkos temperatūros  $T_a$  kitimo grafikais

Fig 3. Alteration diagram of average water temperature  $t_v$  and environmental temperature  $T_a$



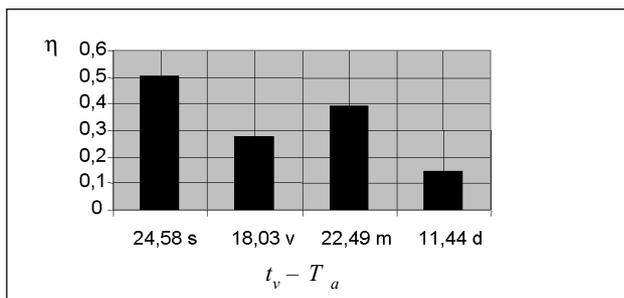
4 pav. Apšviestumo  $G$  kitimo grafikais

Fig 4. Alteration diagram of illumination  $G$



5 pav. Kolektoriaus naudingumo koeficiento  $\eta$  priklausomybė nuo komplekso  $(t_v - T_a)/G$

Fig 5. Dependence of collector efficiency  $\eta$  upon complex  $(t_v - T_a)/G$



**6 pav.** Naudingumo koeficiento  $\eta$  priklausomybė nuo temperatūrų skirtumo  $t_v - T_a$  (*s* – saulėta diena, *m* – mažo debesuotumo, *v* – visutinio debesuotumo, *d* – didelio debesuotumo diena)

**Fig 6.** Dependence of efficiency  $\eta$  upon temperature difference  $t_v - T_a$

## 5. Tyrimo priemonės

Atliekant tyrimus naudotasi:

- piranometru *SolData 80SP*;
- integratoriumi *SolData 80–220*;
- termometru.

*SolData 80 SP* piranometras (7 pav.) yra visuotinė – tiesioginė ir difuzinė Saulės radiacijos intensyvumo matuoklis, kurio jutiklis yra silicio Saulės elementas. Matuojant mažėjančios radiacijos intensyvumą, piranometras yra toje pat plokštumoje kaip ir SK.

Piranometro jutiklis generuoja elektros srovę, kurios stiprumas tiesiog proporcingas apšviestumo intensyvumui. Išėjime matuojama įtampa ant termokompensacinės varžos. Piranometro išėjimo įtampos dydis yra tiesiogiai proporcingas apšviestumo intensyvumui. Termokompensacinė varža eliminuoja įtampos pokyčius, atsirandančius dėl jutiklio temperatūros svyravimų. Piranometro *SolData 80SP* techniniai duomenys pateikti 2 lentelėje.

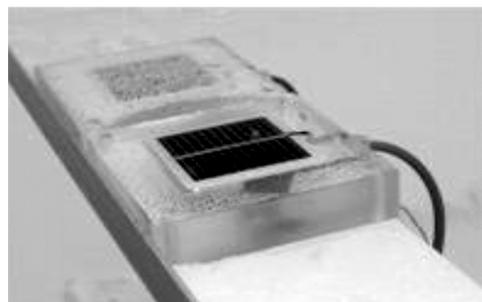
*SolData 80–220* integratorius matuoja bendrą krantančios Saulės spinduliuotės energijos kiekį per pasirinktą laiką. Kadangi piranometras matuoja momentinį apšviestumo intensyvumą, bendram per tam tikrą laiką krantančios energijos kiekiui nustatyti piranometro rodmenis reikia integruoti laike.

Įtampos / dažnio keitiklyje piranometro signalas verčiamas į impulsus, kurių dažnis tiesiogiai proporcingas piranometro signalo stiprumui. Įtampos / dažnio keitiklio impulsai registruojami kaupiklyje.

**2 lentelė.** Piranometro *SolData 80SP* techniniai duomenys

**Table 2.** Technical parameters of pyranometer *SolData 80SP*

Charakteristikos	Reikšmės
Jautrumas	163 mV, esant standartiniam 1000 W/m <sup>2</sup> apšviestumui
Temperatūrinė kompensacija	± 1 %, kai temperatūra 0–50° C
Matavimo tikslumas	± 3 % Pasaulinės meteorologinės organizacijos I klasės prietaisų atžvilgiu
Matmenys	100 × 100 × 28 mm



**7 pav.** *SolData 80 SP* piranometras

**Fig 7.** Pyranometer *SolData 80SPT*

**3 lentelė.** Integratoriaus *SolData 80–220* techniniai duomenys

**Table 3.** Technical parameters of integrator *SolData 80–220*

Charakteristikos	Reikšmės
Įėjimas	<i>SolData 80SP</i> piranometras
Išėjimas	kWh/ m <sup>2</sup> , MJ/ m <sup>2</sup>
Analogo-kodo keitiklio jautrumas	150 HZ/mV
Matmenys	150 × 60 × 175 mm
Svoris	550 g
Maitinimas	<i>NiCd</i> akumulatorius, 220 V 50 Hz adapteris

Kaupiklio duomenys apdorojami mikroprocesoriumi, ir indikatorius rodo energijos kiekį, MJ/m<sup>2</sup>.

$$1 \text{ kWh/m}^2 = 3,6 \text{ MJ/m}^2.$$

Integratorius kalibruojamas su naudojamu piranometru. Integratoriaus *SolData 80–220* techniniai duomenys pateikti 3 lentelėje [8].

## 6. Išvados

1. Saulės kolektorius iš reciklinių medžiagų tinka naudoti, nes bandymų metu neaptikta jokių įtrūkimų ar deformacijų.

2. Vidutinis šio kolektoriaus naudingumo koeficientas siekia 0,417: saulėtą dieną vidurkis – 0,503; mažai debesuotą – 0,389; vidutinio debesuotumo – 0,273, didelio debesuotumo – 0,147.

3. Skatinant platesnį Saulės energijos vartojimą bei reciklinių medžiagų naudojimą tikslinga sukurti Saulės kolektorių iš reciklinių medžiagų gamybos ir diegimo programą.

## Literatūra

1. Vrubliauskas, S.; Krušinskas, V. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažinimas naudojant atsinaujinančius energijos šaltinius. *Aplinkos inžinerija* (Environmental Engineering), IX t., Nr. 1, Vilnius, 2001, p. 61–66.
2. Jankauskas, V. Elektros energijos, pagamintos naudojant atsinaujinančius energijos išteklius, rėmimo būdai. *Energetika*. Nr. 4, Kaunas, 2004, 1–11 p.

3. Štreimikienė, D. Išorės gamybos sąnaudos naudojant tradicinius atsinaujinančius energijos šaltinius. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, Vol XII, Suppl 1, Vilnius: Technika, 2004.
4. Ką turėtų žinoti verslininkas apie aplinkos apsaugos reikalavimus Lietuvai tapus Europos Sąjungos nare. Vilnius, LR Ūkio ministerija, Lietuvos pramoninkų konfederacija, 2004. 152 p.
5. Šuksteris, V.; Kiveris, R. Saulės energijos panaudojimo galimybės Lietuvoje. Vilnius: VĮ „Energetikos agentūra“, 1996. 33 p.
6. Sunden, Bengt; Vilemas, Jurgis. Advances in heat transfer engineering. New York, Kaunas: Begell House, Lithuanian energy institute, 2003. 852 p.
7. Ресурсосберегающие экотехнологии: возобновление и экономия энергии сырья и материалов. Гродно, НАН Белоруссии, 2001. 235 с.
8. [www.soldata.dk](http://www.soldata.dk)

**Jonas MATIJOŠIUS.** Master, Dept of Machine Building, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Master of Mechanical Engineering (engineering of alternative energetics) (2005), Bachelor of Mechanical Engineering (2003), (VGTU).

Publications: author or 1 research paper. Research interests: equipment of alternative energetics, waste management.

**Arūnas JAKŠTAS.** Dr, Assoc Prof, Dept of Machine Building, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Doctor of Science (theory of mechanisms, machines and automatic lines), Kaunas Polytechnic Institute (KPI), 1973. First degree in Mechanical Engineering, KPI, 1968. Publications: author of 68 scientific publications, 28 inventions. Research interests: vibration isolation of mechanical systems, equipment of alternative energetics.