



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Karolis Šimoliūnas

**KARŠTO VANDENS RUOŠIMO SISTEMOS MODERNIZAVIMAS
PANAUDOJANT SAULĖS KOLEKTORIUS**

Baigiamasis bakalauro projektas

Vadovas

Prof. dr. Alvydas Kondratas

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
GAMYBOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Doc. dr. Kazimieras Juzėnas

KARŠTO VANDENS RUOŠIMO SISTEMOS MODERNIZAVIMAS
PANAUDOJANT SAULĖS KOLEKTORIUS

Baigiamasis bakalauro projektas
Mechatronikos studijų programa (kodas 612H73001)

Vadovas

Prof. dr. Alvydas Kondratas

Recenzentas

Doc. dr. Inga Skiedraitė

Projektą atliko

Karolis Šimoliūnas

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

(Fakultetas)

Karolis Šimoliūnas

(Studento vardas, pavardė)

Mechatronika (kodas 612H73001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Karšto vandens ruošimo sistemos modernizavimas panaudojant saulės kolektorius“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Karolio Šimoliūno** baigiamasis projektas tema „Karšto vandens ruošimo sistemos modernizavimas panaudojant saulės kolektorius“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Šimoliūnas, K. Karšto vandens ruošimo sistemos modernizavimas panaudojant saulės kolektorius. Bakalauro baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Alvydas Kondratas; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, gamybos inžinerijos katedra.

Kaunas, 2015. 48 psl.

SANTRAUKA

Šio darbo tikslas yra modernizuoti karšto vandens ruošimo sistemą, esančią vaikų darželyje, panaudojant saulės kolektorius, įdiegiant apsaugą nuo šilumnešio perkaitimo. Jis gali įvykti kuomet sistemoje nėra cirkuliacijos (sugedus cirkuliaciniam siurbliui, ar įvykus kitam cirkuliacinės sistemos elemento gedimui). Šilumnešiui perkaitus jis netenka savo fizikinių savybių. Darbe nagrinėjami saulės energijos panaudojimo tipai, šioje sistemoje reikia naudoti šiluminę energiją, kadangi ji turi efektyvesnę energijos pernešimą, nei verčiant saulės energiją į elektros energiją ir tuomet pašildant vandenį, be to sistema tampa sudėtingesnė. Pateikta techninė užduotis pagal užduoties sąlygas, kuri būtina projektinei daliai. Projektinėje dalyje atliekami skaičiavimai, parenkami saulės modulio bei šilumnešio apsaugos nuo perkaitimo komponentai. Modeliavimo dalyje su SolidWorks programa suprojektuojama tvirtinimo konstrukcija prie esamų sąlygų, atliekami stiprumo bandymai, kuomet stogas yra skardinis dvišlaitis, jo polinkio kampas su horizontale 40° . Remiantis skaičiavimais saulės energijos panaudojimas yra efektyvus, kadangi šios sistemos dėka karšto vandens poreikis padengiamas 60%. Pagaminta detalė pritaikyta prie esamų sąlygų, jos stiprumas patikrintas įvertinus, saulės kolektorių bei konstrukcijos svorius, atsargos koeficientas lygus 20, o įlinkis yra tik $1,768 \cdot 10^{-3}$ mm, stiprumas tenkinamas, taigi net ir žiemą esant drėgnam sniegui konstrukcija neįlinks.

SUMMARY

The goal of this bachelor project is to adapt the solar energy collector to the existing water heating system and design coolant protection against overheating. This could happen when there is no circulation in the system and then if coolant is overheating, it loses its properties. System requires the use of thermal energy, because it has a more efficient energy transfer than converting solar energy into electrical energy and just then heating water, thus the system becomes more complex. Technical task describes current conditions, which are necessary for the design part. At this stage calculations are made as well as components are chosen for the solar module, heat transfer and overheating protection. Modeling was done using SolidWorks program, which is needed to test the strength of mounting construction, considers roof top material and 40 degree angle of double sided roof. According to calculations this system produced 60 percent of hot water used. Designed element has a high safety factor of (20), which was calculated using solar panels and construction weight. The displacement is only $1,768 \cdot 10^{-3}$ mm, so even in winter when wet snow is concentrated on the construction, it would not break.

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Tvirtinu:

Gamybos inžinerijos
katedros vedėjas

(parašas, data)

Kazimieras Juzėnas

(vardas, pavardė)

**BAKALAURO STUDIJŲ BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS
Studijų programa MECHATRONIKA**

Bakalauro studijų, kurias baigus įgyjamas magistro kvalifikacinis laipsnis, baigiamasis darbas yra mokslinio tiriamojo ar taikomojo pobūdžio darbas (projektas), kuriam atlikti ir apginti skiriama 12 kreditų. Šiuo darbu bakalauras turi parodyti, kad yra pagilinęs ir papildęs pagrindinėse studijose įgytas žinias, įgijęs pakankamai gebėjimų formuluoti ir spręsti aktualią problemą, turėdamas ribotą ir (arba) prieštaringą informaciją, savarankiškai atlikti mokslinius ar taikomuosius tyrimus ir tinkamai interpretuoti duomenis. Baigiamuoju darbu bei jo gynimu bakalauras turi parodyti savo kūrybingumą, gebėjimą taikyti fundamentines mokslo žinias, socialinės bei komercinės aplinkos, teisės aktų ir finansinių galimybių išmanymą, informacijos šaltinių paieškos ir kvalifikuotos jų analizės įgūdžius, skaičiuojamųjų metodų ir specializuotos programinės įrangos bei bendrosios paskirties informacinių technologijų naudojimo įgūdžius, taisyklingos kalbos vartosenos įgūdžius, gebėjimą tinkamai formuluoti išvadas.

1. Darbo tema

Karšto vandens ruošimo sistemos modernizavimas panaudojant saulės kolektorius
Modernisation of hot water preparation system using solar collectors

Patvirtinta dekanu 2015 m. gegužės mėn. 11 d. įsakymu Nr. ST17-F-11-1

2. Darbo tikslas

Modernizuoti karšto vandens ruošimo sistemą, esančią vaikų darželyje, panaudojant saulės kolektorius bei įdiegiant apsaugą nuo šilumnešio perkaitimo.

3. Darbo struktūra

Atlikti saulės energiją naudojančių sistemų analizę karšto vandens šildymui, analizuojant saulės kolektorius. Parinkti saulės modulio bei šilumnešio apsaugos komponentus. Sudaryti sistemos valdymą. Suprojektuoti saulės kolektorių tvirtinimo konstrukcijas. Atlikti ekonominį įvertinimą. Pateikti brėžinius.

4. Reikalavimai ir sąlygos

Tiekiamo vandens temperatūra turi būti 50-55 °C. Stogo polinkio kampas nuo horizontalės – 40°. Grebėstų žingsnis – 0,21 m. Sistemos darbui ir valdymui naudoti 230 V vienfazę įtampą. Sistemos eksploatavimas turi atitikti keliamus ES saugos reikalavimus.

5. Darbo pateikimo terminas 2015 m. birželio mėn. 1 d.

6. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo darbo dalis

Išduota studentui _____

Užduotį gavau _____

(studento vardas, pavardė)

(parašas, data)

Vadovas _____

(pareigos, vardas, pavardė)

(parašas, data)

TURINYS

ĮVADAS	7
1. INFORMACIJOS ŠALTINIŲ APIE SAULĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMĄ ANALIZĖ	8
1.1. Saulės energijos panaudojimas	8
1.1.1. Pasyvus saulės energijos panaudojimas	8
1.1.2. Aktyvus saulės energijos panaudojimas	10
1.2. Saulės energijos panaudojimas Kaune	13
1.3. Saulės kolektorių padėtis	14
1.4. Techninė užduotis	15
2. PROJEKTINĖ DALIS	16
2.1. Saulės modulio komponentų parinkimas	18
2.1.1. Saulės kolektorių ploto apskaičiavimas	18
2.1.2. Akumuliacinių talpų parinkimas	19
2.1.3. Išsiplėtimo indai	20
2.1.4. Cirkuliacinio saulės modulio siurblio parinkimas	21
2.1.5. Kiti komponentai	22
2.2. Saulės modulio šilumnešio apsauga nuo perkaitimo	27
2.2.1. Saulės modulio šilumnešis	28
2.2.2. Saulės apsaugos uždengimo medžiaga	28
2.2.3. Vamzdinio variklio parinkimas	29
2.3. Valdymas	31
2.4. Darbų sauga	32
3. TVIRTINIMO KONSTRUKCIJOS MODELIAVIMAS	33
3.1. Stogo modeliavimas	33
3.2. Tvirtinimo detalių modeliavimas	33
3.3. Sumodeliuotų komponentų surinkimas	35
3.4. Tvirtinimo detalės stiprumo grafikai	36
4. SAULĖS MODULIO EKONOMINIS KOMPONENTŲ KAINŲ SKAIČIAVIMAS	38
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI	40
LITERATŪRA	41
PRIEDAI	45

ĮVADAS

Atsinaujinanti energija šiomis dienomis tampa vis aktualesnė, jos šaltinius stengiamasi išnaudoti savoms reikmėms. Nepriklausomai nuo atsinaujinančios energijos tipo, pagal panaudojimą jos skirstomos į tiesioginį, kuomet yra energija gaunama naudojant tiesiogiai saulės energiją (apie tai plačiau bus nagrinėjama pirmame skyriuje, „Saulės energijos panaudojimas“ poskyryje), taip pat netiesioginį – tai biokuro, hidroenergijos, geoterminės bei vėjo energijos, kurių atsiradimas netiesiogiai yra įtakojamas saulės energijos, pavyzdžiui: vėjas susidaro nuo žemės paviršių netolygaus įkaitimo, garavimo procesų ir karšto oro masių šilimo bei vertikalios konvekcijos ir horizontalios advekcijos, visa tai vyksta taip pat saulės dėka.

Kalbant apie energijos perdavimo efektyvumą, pastaroji vėjo energija gali siekti 45 %, geoterminė 35 %, vandens net iki 85 %, tačiau projekte šių energijos tipų panaudoti negalima, taigi šiuo atveju realiausias variantas naudoti saulės energiją, kurios efektyvumas gali siekti 20 % [1], todėl savaime suprantama, kad galima tikėtis padengti tik dalį suvartojamos energijos¹. Kauno lopšelio – darželio „Ažuoliukas“ projekto sprendimuose nagrinėjamas ir pateikiamas saulės energijos panaudojimas su tikslu padengti dalį suvartojamos energijos, skirtos karšto vandens ruošimui. Be viso šito darbe numatoma suprojektuoti saulės modulio (sistema, kurią sudaro eilė komponentų) apsaugą, kurios tikslas išvengti šilumnešio perkaitimo.

Mechatronikos bakaularo studijų baigiamojo darbo tikslas modernizuoti karšto vandens ruošimo sistemą, esančią vaikų darželyje, panaudojant saulės kolektorius bei įdiegiant apsaugą nuo šilumnešio perkaitimo. Atliekant saulės energijos panaudojimo sistemų tipų analizę, parenkami sistemos komponentai, valdymo dalis, pateikti principiniai sprendimai, sistemos brėžiniai ir sistemos modeliavimo dalis, suprojektuoti konstrukciją, tinkančią atlaikyti saulės kolektorius bei apsaugos sistemos komponentus. Baigiamojo projekto uždaviniai:

1. Atlikti saulės energiją naudojančių sistemų analizę karšto vandens šildymui, analizuojant saulės kolektorius;
2. Parinkti saulės modulio bei šilumnešio apsaugos komponentus;
3. Sudaryti sistemos valdymą;
4. Suprojektuoti saulės kolektorių tvirtinimo konstrukcijas;
5. Atlikti ekonominę įvertinimą.

¹ Kalbama apie karšto vandens poreikio tenkinimą (galima išreikšti karšto vandens kiekiu arba vandens pašildymo energija), kuris gali siekti iki 80%. [7]

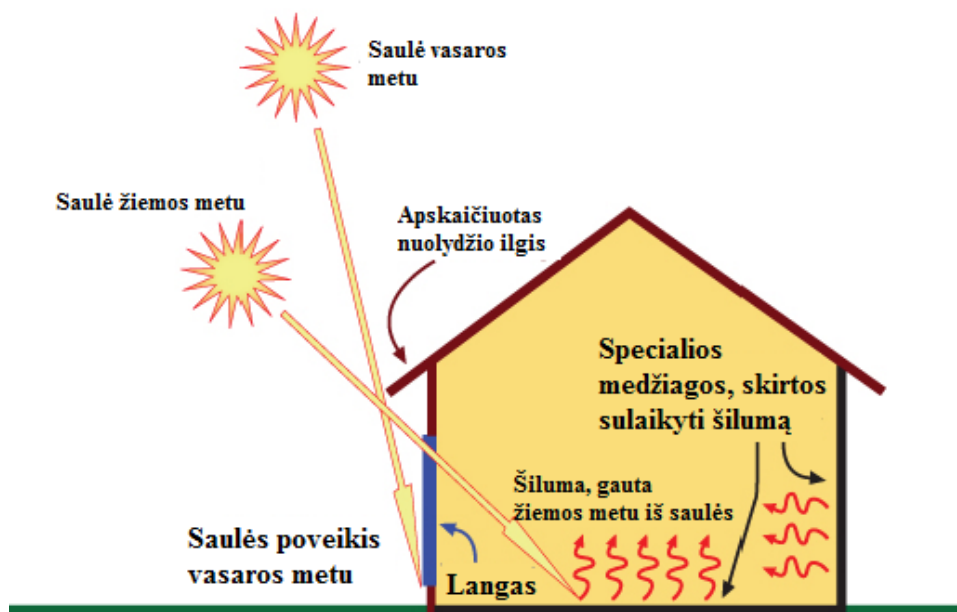
1. INFORMACIJOS ŠALTINIŲ APIE SAULĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMĄ ANALIZĖ

1.1. Saulės energijos panaudojimas

Šiame poskyryje bus nagrinėjamas tiesioginis saulės energijos panaudojimas skirtingo tipo sistemoms. Pagal panaudojimą galima suskirstyti į: pasyvų (žr. 1.1.1 skyrių) ir aktyvų (žr. 1.1.2 skyrių) saulės energijos panaudojimą. Dažniausiai saulės energija naudojama namų šildymui, apšvietimui, elektros tiekimui bei karšto vandens ruošimui. Vis dėlto saulės energijos panaudojimas labai priklauso nuo daugelio faktorių: vieni iš svarbiausių faktorių yra mėnesis ir paros laikas, kadangi saulės pozicija nuolat keičiasi, todėl reikalingas sistemos orientavimas pagal pagrindinį energijos šaltinį. Toliau bus trumpai apžvelgiama kiekviena sistema, pasveriami jų pranašumai ir pritaikoma šiam projektui.

1.1.1. Pasyvus saulės energijos panaudojimas

Pasyvi saulės panaudojimo technologija orientuota į pastato dizainą, tam naudojamos specialios medžiagos: langams, sienoms bei grindiniui. Pagrindinis tikslas – žiemos metu saulę panaudoti šildymui, todėl reikalingi papildomi skaičiavimai tam, kad vasaros metu išvengtų tiesioginių saulės spindulių ir per daug neprikaitinti patalpų [2]. Taigi tokiu atveju yra labai svarbus nuolydžio ilgis (žr. 1.1 pav.), kuris „blokuotų“ vasaros metu saulės spinduliuojamą šilumą (esminis saulės spindulių kampas, tenkantis į langą), poveikis būtų minimalus, kadangi reikalinga saulės energija žiemą, kuri būtų panaudota šildymui.



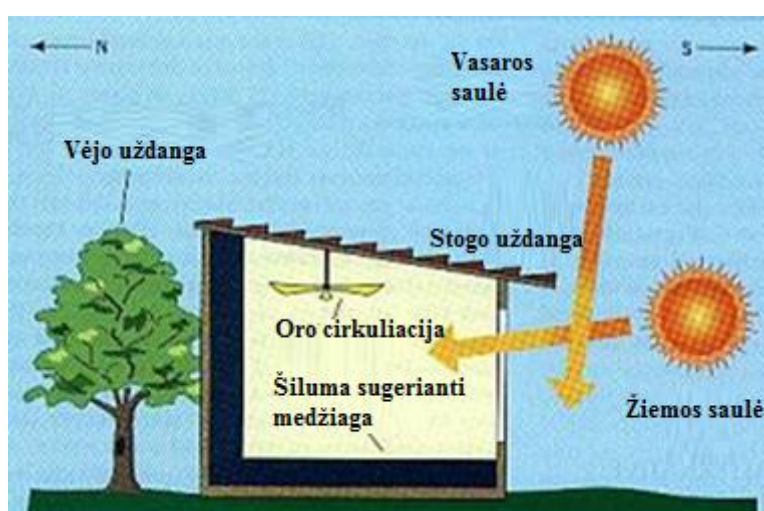
1.1 pav. Pasyvi technologija [3]

Šioje technologijoje nenaudojami mechaniniai ar elektriniai įrenginiai, kaip pavyzdžiui siurbliai, viskas vyksta natūralios šilumos konvekcijos dėka. Be šio saulės spindulių energijos

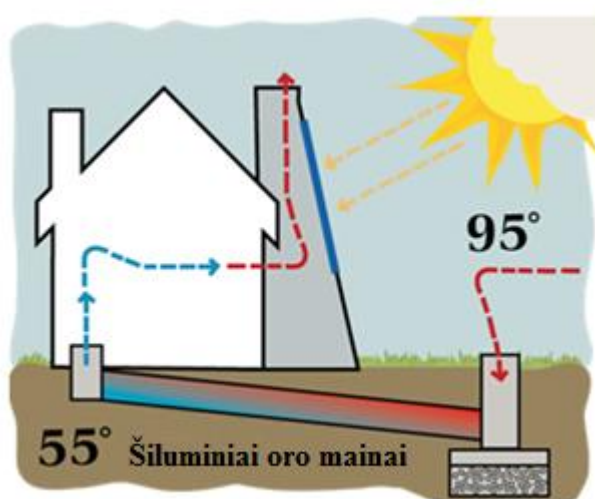
panaudojimo dar taip pat yra: dizainas, skirtas pagerinti dienos metu apšvietimą namuose, pašildyti vandenį, tačiau tam turi būti didelis saulėtumas [2].

Veikianti panašiu principu kaip ir anksčiau minėta technologija, tik šiuo atveju (žr. 1.2 pav.) papildomai naudojama uždanga nuo vėjo („landscaping“) ir patalpų viduje integruojamas ventiliatorius („heat circulation“), skirtas pašildyto oro cirkuliacijai. Nepaisant to, jog šioje sistemoje yra ventiliatorius ji vis tiek priskiriama prie pasyvaus saulės energijos panaudojimo [4].

Taip pat įdomi pasyvios saulės panaudojimo technologijos sistema, kuomet ant cirkuliacinio kamino montuojamos saulės panelės (spinduliavimą sugerianti medžiaga). Tikslas – padidinti ventiliacijos intensyvumą. Šios sistemos veikimas: oras pašildomas ir kuomet jis karštas kyla kaminu į viršų, traukia vėsų orą. Taip vyksta pastovi ventiliacija („Heat Exchange“, žr. 1.3 pav.) [5].



1.2 pav. Kamino technologija [4]

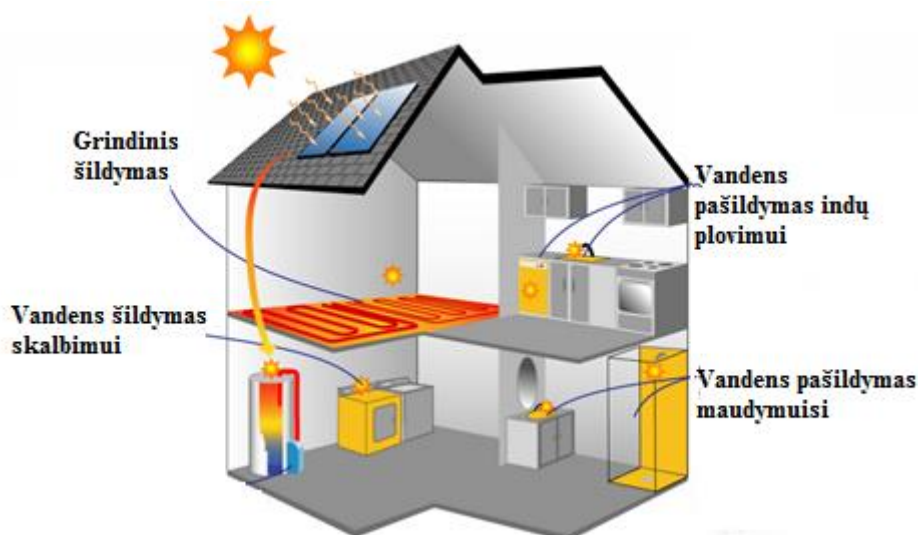


1.3 pav. Kamino technologija [5]

Šios technologijos naudojamos prieš statant namus, nes tuomet pagal saulę orientuojamas namas, taigi iš anksto sudarinėjama tinkama konstrukcija, parenkamos medžiagos.

1.1.2. Aktyvus saulės energijos panaudojimas

Skirtingai nuo prieš tai aptartų technologijų, naudojami siurbliai, skirti skysčio cirkuliacijai sistemoje (turima omenyje šilumnešį, kuris dažniausiai būna parenkamas pagal temperatūros parametrus, kad žiemos metu neužšaltų), taip pat ventiliatoriai, kur pastarieji reikalingi temperatūros paskirstymui patalpoje, o šis principas panašus į prieš tai aptartą pasyvią saulės energijos panaudojimo technologiją, tačiau čia naudojamos panelės (priklausomai nuo energijos: šiluminė ir elektros energija) [6]. Aktyvų panaudojimą galima pritaikyti įvairiems poreikiams, jei naudojami saulės kolektoriai, tai: karšto vandens ruošimui, pavyzdžiui grindiniam šildymui, maudymuisi ar kitoms reikmėms (skalbinui, indaplovei, žr. 1.4 pav.). Prie populiarešnių pasirinkimų esant perteklinei energijai, galima dalį gautos šilumos panaudoti baseinų ar daliniam patalpų šildymui [7].



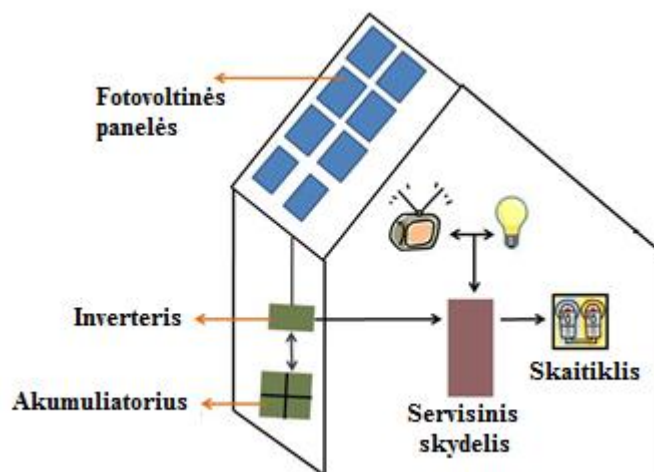
1.4 pav. Vandens pašildymas buitiniams reikmėms [6]

Fotovoltinė sistema

Fotovoltinė sistema skirta saulės energiją paversti į elektros energiją, tai atliekama saulės panelių (kuriuose sumontuota daug foto elementų) dėka, surenkami tiesioginiai saulės spinduliai [8]. Sistemą sudaro (žr. 1.5 pav.) fotovoltinės panelės („photovoltaic panels“), inverteris – nuolatinės srovės į kintamąją pakeitimui, servisinė valdymo dalis (gautos energijos naudojimas, pavyzdžiui apšvietimui), taip pat skaitiklis – gautos energijos fiksavimui. Papildomai be šių komponentų dar gali būti baterijos, kurios skirtos kaupti energiją. Dažniausiai tokios sistemos naudojamos su keleta panelių kombinacija ir yra tvirtinamos ant stogų arba stovų ant žemės, kadangi kitaip komerciniais tikslais neapsimokėtų (brangi investicija) įgyvendinti tokio tipo sistemą (tokiu atveju sistemos energijos konvertavimo efektyvumas gali būti pasiekiamas iki 27 %, kuomet kalbama apie energijos konvertavimą) [8].

.Dažniausiai saulės panelės kvadratiniam metre yra apie 150 W, taigi gali teikti apie 0,75 kWh energijos į dieną, įskaičiavus oro sąlygas bei turint omenyje, jog panelės labai jautrios šešėliui. Priklausomai nuo investavimo, šios sistemos atsipirkimas vertinamas nuo 10-20 metų [8].

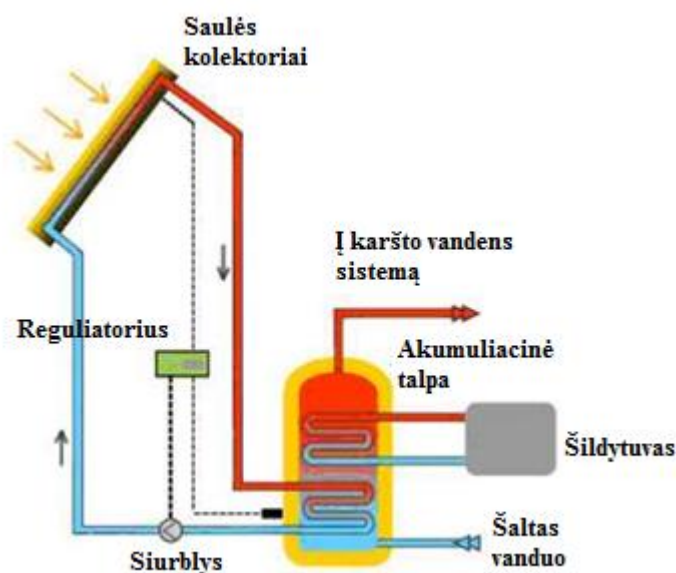
Fotovoltinės sistemos kur kas brangesnės nei terminės saulės kolektorių sistemos ir labiau tinkamos generuoti elektros energiją, nei dar konvertuoti gautą energiją vandens pašildymui.



1.5 pav. Fotovoltinė sistema [9]

Saulės kolektorių sistema

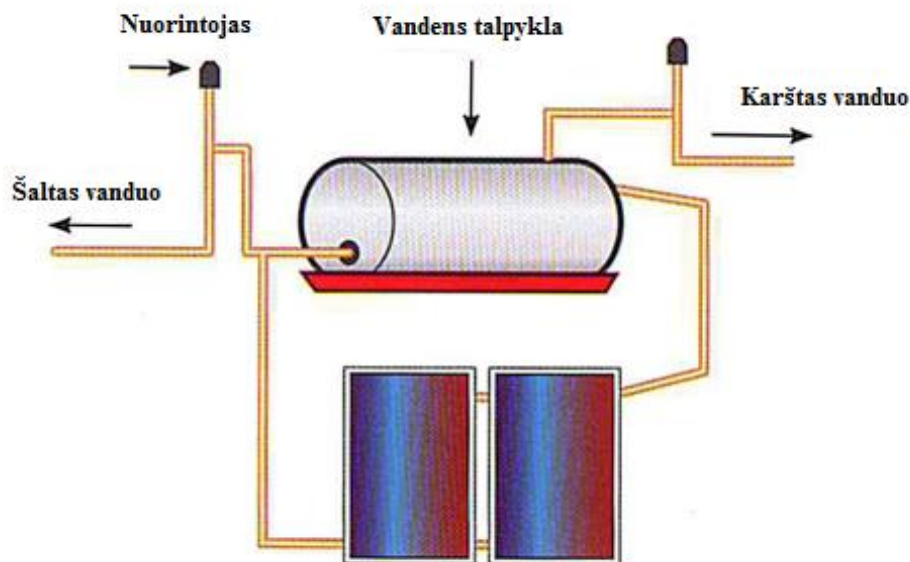
Netiesioginę saulės kolektorių sistemą (žr. 1.6 pav.) sudaro saulės kolektoriai, kurie sugeria saulės spindulius, todėl savaime suprantama, jog jų efektyvumas priklauso nuo aplinkos veiksnių kaip pavyzdžiui debesuotumas.



1.6 pav. Netiesioginė saulės kolektorių sistema [10]

Šiai sistemai reikalingas valdiklis tam, kad stebėti temperatūras ir valdyti siurblio („pump“) paleidimą, to pasekoje šilumnešis teka per saulės modulį. Kitas sistemos elementas vandens talpa, kuri veikia kaip tarpininkė pašildant vandenį ir galutiniame rezultate tiekiant jį į čiaupus. Šildytuvus („boiler“) skirtas vandens pašildymui (pašildoma naudojant kaitinimo elementą) naudojamas, kuomet nėra pakankamai šilto vandens (pavyzdžiui netinkamos sąlygos naudoti saulės energiją). Yra ir sudėtingesnių sistemų, kuomet šilumnešis varo turbiną, kuri sujungta su elektriniu generatoriumi, taip generuojant elektrą [11].

Tiesioginė saulės kolektorių sistema (žr. 1.7 pav.) skiriasi tuo, jog cirkuliacija per kolektorius vyksta naudojant geriamą vandenį. Ji yra kur kas pigesnė ir paprastesnė sistema, tačiau verta paminėti, jog nėra skirta žiemos metui, taigi tokiu atveju neturi apsaugos nuo užšalimo, būtina prieš žiemos sezoną išleisti iš sistemos vandenį, taip reikalaujama bereikalingo papildomo darbo. Taigi šią sistemą projekte būtų netikslinga naudoti, todėl toliau apžvelgiami netiesioginės sistemos saulės kolektorių tipai.

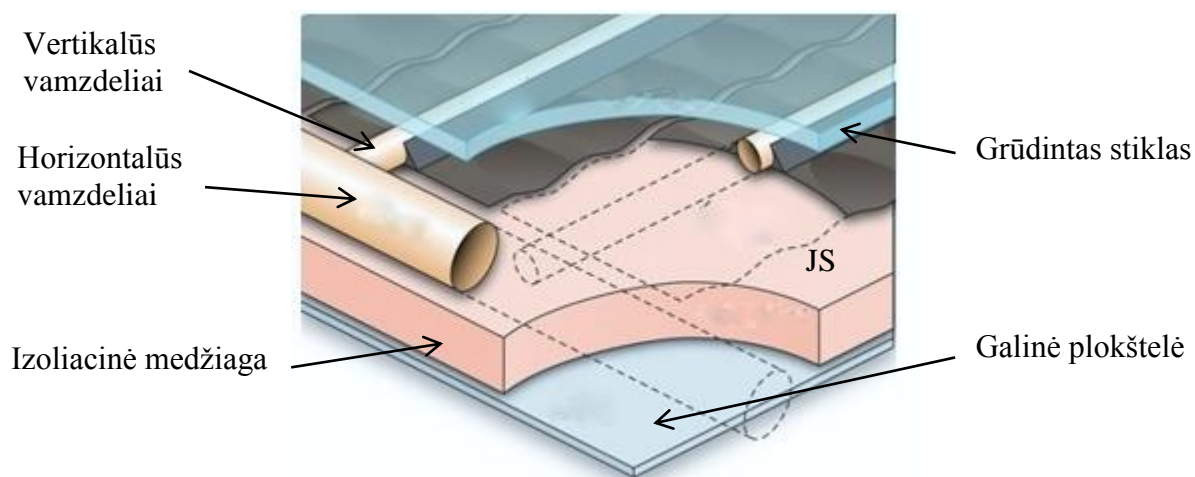


1.7 pav. Tiesioginė saulės kolektorių sistema [12]

Saulės kolektorių tipai skirstomi į: plokščiuosius ir vakuuminius. Vakuuminiai kolektoriai, kurių panelėse vamzdeliai įtvirtinti lygiagrečiai ir sujungti kitu vamzdeliu, juo šilumnešis įteka ir išteka. Vamzdeliai yra stikliniai vakuuminiai cilindrai, o jų viduje padengta tokia pati medžiaga kaip plokščiuosiuose saulės kolektoriuose. Taip pat yra naujesnio tipo vakuuminių kolektorių, kai vidiniu vamzdeliu teka šilumnešis, o išorine dalimi grįžta jau pašildytas [13]. Tolimesnis veikimas ir sistemos sandara panaši kaip ir plokščiųjų saulės kolektorių, šildytuve (dar kitaip vadinama akumuliacine talpa) pašildo atitekėjusį šaltą vandenį.

Plokščiųjų kolektorių paviršius dengtas grūdintu stiklu („glazing“), todėl yra tvirtas ir atsparus stipriam lietuvi, krušai bei sniegui.

Sandara gana paprasta (žr. 1.8 pav. JS skaidrumo jutiklis), panelę sudaro horizontalūs viršutinėje bei apatinėje dalyje („headers“) ir juos jungiantys vertikalūs („risers“) vamzdeliai, saulės spindulius sugerianti medžiaga („absorber plate“), izoliacinė medžiaga nuo karščio („insulation“) ir galinė plokštelė („back plate“). Šilumnešis tiekiamas iš vandens talpyklos į horizontalų apatinį saulės panelės kolektorių, tuomet pakyla vertikaliais elementų vamzdeliais (šilumnešis tuo metu pašildomas) ir per viršutinį panelės kolektorių išteka į akumuliacinės talpos šilumokaitį. Šilumnešis pratekėdamas akumuliacinės talpos šilumokaičiu pašildo geriamą vandenį esantį toje talpoje [13].



1.8 pav. Plokščiųjų saulės kolektorių panelė [14]

Apibendrinant, tinkamiausi šiuo atveju yra plokštieji saulės kolektoriai, nors vakuuminiai yra šiek tiek efektyvesni, tačiau jie apytiksliai tris kartus brangesni (žr. 4 priedą) bei reikalauja daugiau priežiūros (vyksta išsivakumavimas). Tarnavimo trukmė taip pat skiriasi, plokštieji kolektoriai tarnauja du kartus ilgiau [7].

Sutelkta saulės energija

Sutelktos saulės energijos sistema yra pavadinta dėl to, kad jos sudėtyje yra naudojami veidrodžiai, skirti sukongcentruoti kuo daugiau saulės spindulių į kuo mažesnę plotą, negana to veidrodžiai seka saulę. Visa sutelkta energija kaitina skystį (gali pasiekti apie 538 °C temperatūrą), kuris teka vamzdeliais pro vandens rezervuarus siekiant jį užvirinti, kad susidarytų garai. To pasekoje garai suka turbiną, kuri užkrauna generatorių ir toliau gaunama elektros energija [15].

1.2. Saulės energijos panaudojimas Kaune

Sekanti svarbi dalis yra daugiametė vidutinė saulės spinduliuojama saulės šilumos energija į paviršiaus plotą Kaune, kadangi pastatas yra šiame mieste.

Kaip matoma (žr. 1.9 pav.) jis yra orientuotas į pietus, o tai yra labai svarbu, kadangi tokiu atveju pastačius kolektorius, saulės energijos gaunama daugiausiai, neskaitant polinkio kampo (žiūrėti sekantį poskyrį „Saulės kolektorių padėtis“). Pagal šalto ir karšto vandens, elektros šilumos energijos suvartojimo duomenų deklaraciją, šiltojo meto duomenys pateikti lentelėje (žr. 1.1 lentelę), jie bus naudojami tolimesniuose skaičiavimuose, kadangi aktualu tik nuo balandžio iki rugsėjo mėnesio kuomet saulės energijos kiekis tenkantis paviršiui Kaune siekia 12,77-15,77 MJ/m² (žr. 1.2 lentelę). Vidutinis metinis saulės švietimo laikas Kaune (1790 h) yra panašus lyginant su kitomis Europos šalimis (kuriose saulės energijos sistema gana nemažai išplėtota) kaip pavyzdžiui Vokietija, todėl taip pat tinkama ir Lietuvai [7].



1.9 pav. Margio g. 17 [16]

1.1 lentelė. Vandens pašildymas bei vartojimas (2012-2014 m.) [17]

Energijos rūšis	Mato vnt.	Balandis	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Iš viso per apskaitinį laikotarpį
Vandens pašildymas (2012m.)	kWh	6112,73	2650	1710	1120,00	90	2140	13822,73
Vandens vartojimas (2012m.)	m ³	160	130	105	78	47	130	650,00
Vandens pašildymas (2013m.)	kWh	6112,73	2780,00	1510,00	1200,00	130,00	2180,00	13912,73
Vandens vartojimas (2013m.)	m ³	130	130	102	78	78	130	648,00
Vandens pašildymas (2014m.)	kWh	6112,73	2970,00	1690,00	1270,00	60,00	2070,00	14172,73
Vandens vartojimas (2014m.)	m ³	171	91	97	48	30	120	557,00

1.2 lentelė. Saulės energijos kiekis tenkantis paviršiui [18]

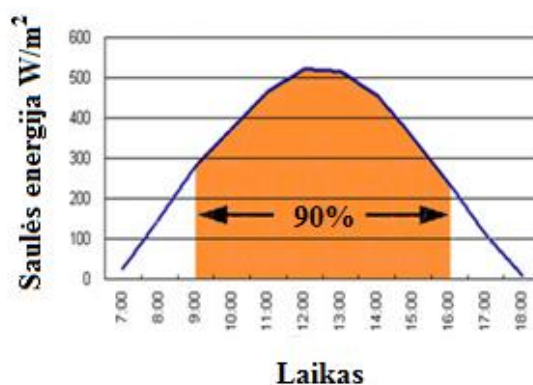
Mėnuo	Balandis	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Iš viso
H _T , MJ/m ²	15,77	18,84	18,93	18,39	16,84	12,77	34,61

1.3. Saulės kolektorių padėtis

Sekantis svarbus nagrinėjimo etapas yra polinkio kampas (koku kampu saulės kolektoriai yra pastatyti prieš saulę nuo vertikalės). Šiltuoju laikotarpiu (nuo balandžio iki rugsėjo mėnesio) tinkamiausias kampas yra 40°. Panaudojant saulės energiją Lietuvoje galima padengti apie 50 % reikalingos karšto vandens ruošimo energijos. Karštas vanduo turi siekti iki 55 °C [7]. Anot, UAB „Terma“ specialistų, kuomet planuojamas vartojimas šiltuoju metu, tai siektinas kampas yra 30-40°, o galimas 20-50° [7]. Kadangi Kauno lopšelio-darželio „Ąžuoliukas“ stogas yra 40°, remiantis inžinieriaus Charles R. Landau 30 ir 40° tyrimo duomenimis (žr. 3 priedą), paskaičiuota, jog procentais

šis kampas yra tinkamesnis, todėl tai dar kartą patvirtina, jog konstrukcija vertikaliai saulės kolektorių panelių pasukimui nereikalinga, esamu stogo polinkio kampu spinduliavimas pavasari didesnis – 16 %, o vasarą netgi 18 % [20].

Pastato orientacija į pietus yra tinkama, nes realus saulės energijos efektyvumas yra nuo 9 iki 16 h, turima omenyje, jog tame 12 h laikotarpyje gaunama 90 % energijos (žr. 1.10 pav.) [19].



1.10 pav. Saulės energijos pasiskirstymas 12 h laikotarpyje [19]

1.4. Techninė užduotis

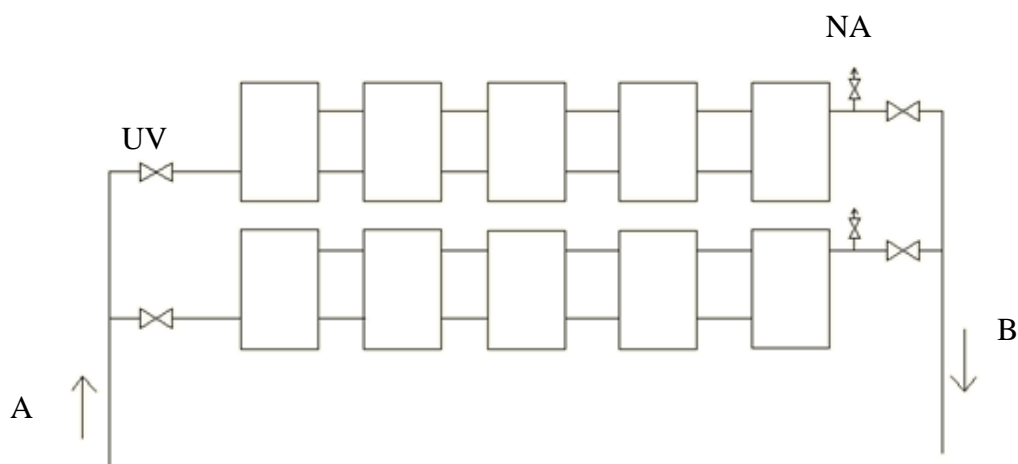
Technine užduotimi nusakomi kuriamo produkto prie esamų sąlygų reikalavimai, kurie yra neatsiejama dalis nuo projektinės dalies. Toliau nustatomos Kauno lopšelio-darželio „Ažuoliukas“ pastato techninė užduotis:

- Įrangos (akumuliacinės talpos) išdėstymas pastate, šiuo atveju tinkama šiluminio mazgo patalpa, kurios išmatavimai 3 x 6 m (žr. Priedą 1 „Šiluminio mazgo vieta darželio išplanavime“);
- Vandentiekio įvadas DN 40;
- Tiekiamo vandens temperatūra turi būti 55 °C;
- Kontroliuoti temperatūrą tiekiamo karšto vandens sistemoje bei temperatūrą akumuliacinėse talpose;
- Vandens poreikio vidurkis šiltuoju metu (balandžio – rugsėjo mėn.) 618,33 m³;
- Karšto vandens temperatūros palaikymui sistemoje naudojamas termofikatas;
- Pastato aukštis 10 m iki viršutinės šlaitinio stogo dalies;
- Pastato šlaitas nukreiptas į pietus;
- Skardinis dvišlaitis stogas;
- Montuoti sistemą ant pietinio šlaito; stogo polinkio kampas nuo horizontalės 40°; grebėstų žingsnis 0,21 m;
- Sistemos darbui ir valdymui naudoti 230 V vienfazę įtampą;
- Elektroninę dalį montuoti servisiniuose skydeliuose; elektroninius įrenginius jungtis prie esamo įžeminimo (įžeminimo kontūro pajungimo vieta šiluminiame mazge).

2. PROJEKVINĖ DALIS

Projektinėje dalyje aprašoma karšto vandens ruošimo sistema, nagrinėjamas saulės modulis, jam priklausantys: saulės kolektorių panelės, automatiniai nuorintojai, akumuliacinės talpos, vožtuvai, išsiplėtimo indai, siurblio modulis, temperatūros jutikliai, saulės modulio šilumnešio apsaugos nuo perkaitimo dalyje priklausantys varikliai, apsauginė medžiaga bei saulės kolektorių stiklo skaidrumo nustatymo jutikliai, panaudojant fotorezistorius. Šiame skyriuje atliekami sistemos komponentų parinkimų skaičiavimai.

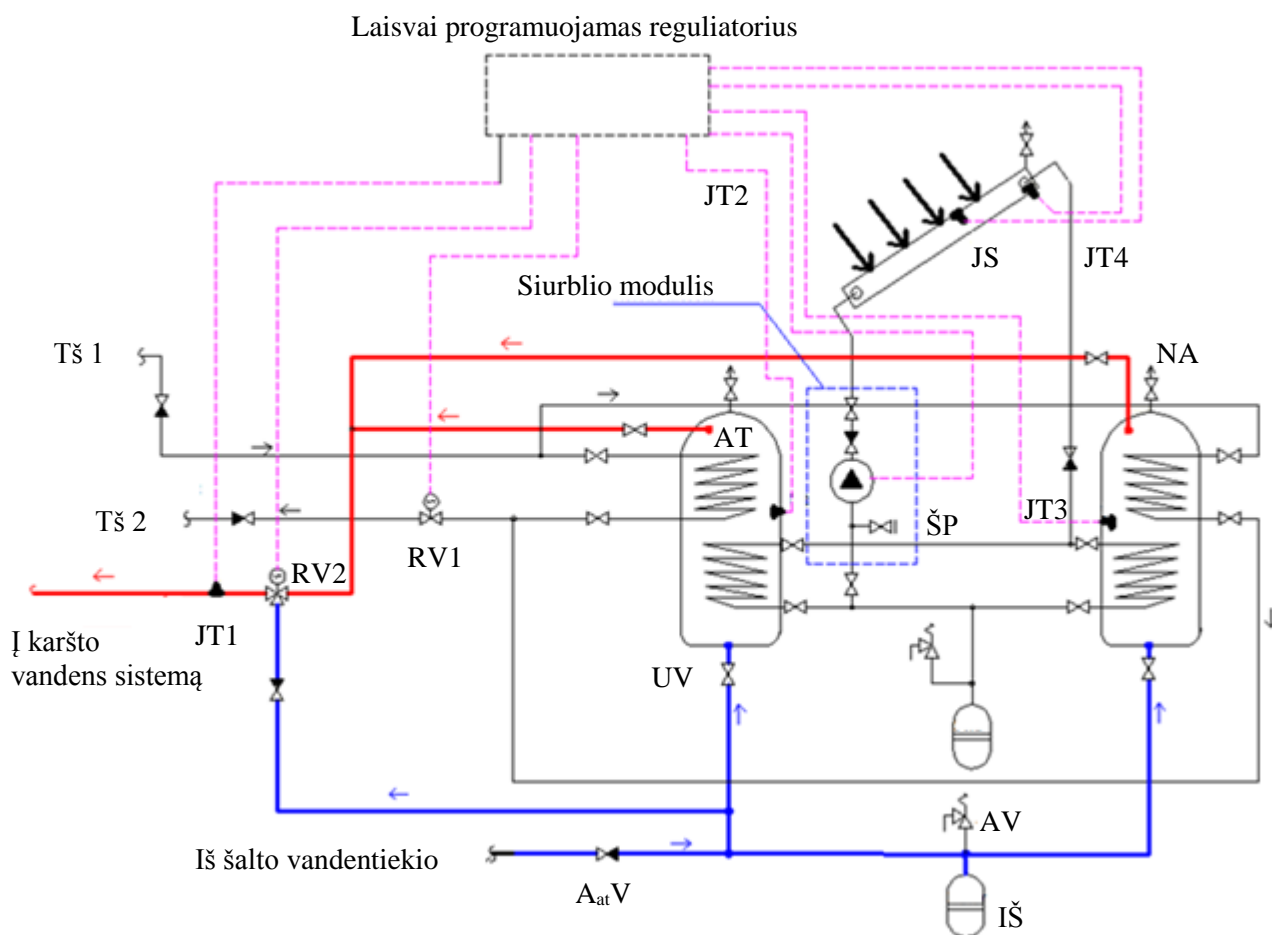
Saulės kolektorių panelių schematinis pavaizdavimas (žr. 2.1 pav.) po parinkimo, t. y. jų išdėstymas ant stogo bei grupavimas. Sujungimas sudarytas kuo paprastesnis, šilumnešis perduodamas grupėmis, taigi turi du įėjimus bei du išėjimus per uždaromuosius vožtuvus (pažymėta *UV*) bei automatinius nuorintojus (*NA*). Norint išimti saulės kolektorius, reikėtų užsukti *UV* siekiant nutraukti šilumnešio tekėjimą, tada išleidžiamas šilumnešis iš pačių kolektorių panelių (šilumnešis susikaupęs kolektorių vamzdeliuose). Raidėmis pažymėta tekėjimo kryptis, *A* kryptimi šilumnešis teka į kolektorių paneles pro *UV*, taip pasiekiant apatinį horizontalų (anksčiau minėtą „headers“) vamzdelį, skystis toliau kyla į viršutinę dalį („risers“ vamzdeliais), vis pereidamas į kitą panelę, kol pasiekiamas išėjimas pro automatinius nuorintojus ir *B* kryptimi šilumnešis grįžta į sistemą.



2.1 pav. Saulės kolektorių panelių schematinis pavaizdavimas

Toliau matyti karšto vandens ruošimo sistema (žr. 2.2 pav.), kuri yra nuolat valdoma laisvai programuojamo regulatoriaus-valdiklio (valdomosios dalys pažymėtos rausvai raudona punktyrine linija), kaip pavyzdžiui *RV2*, kuris skirtas maišyti karštą geriamą (raudona pastorinta linija) su tiekiamu iš vandentiekio šaltu (mėlyna pastorinta linija) vandeniu. Karšto vandens sistemos temperatūrai tikrinti naudojamas *JT1* (temperatūros jutiklis), kuris skirtas tikrinti į karšto vandens sistemą tekančio vandens temperatūrą. *RVI* vožtuvas, taip pat valdomas regulatoriaus, skirtas tam, kad jei būtų nepakankama temperatūra karšto vandens sistemoje, būtų atidaromas vožtuvas ir vykdytų

cirkuliaciją taip pašildydamas vandenį akumuliacinėse talpose. Atbuliniai vožtuvai (pažymėti $A_{at}V$) rodo vandens tekėjimo kryptį (baltas trikampiukas vaizduoja praleidžiamą kryptį, juodas – negalima kryptis). $JT2$ ir $JT4$ yra lyginami vienas kito atžvilgiu, kuomet $JT4$ išmatuota temperatūra yra didesnė už jutiklio $JT2$ išmatuotą temperatūrą, siurblio modulis yra paleidžiamas (pažymėta dalis mėlyna punktyrine linija). Sistemos šilumnešio papildymui naudojama jungtis (pažymėta $\check{S}P$), papildymui numatoma papildymo stotelė, kadangi pagal pateiktą vandens suvartojimą tai bus nemaža sistema (akumuliacinės talpos paskaičiuotos tolimesniame poskyryje). Pakilus nustatytam slėgiui tiekiamo šalto vandens ar šilumnešio sistemoje yra naudojami apsauginiai vožtuvai (pažymėta AV).



2.2 pav. Suprojektuota karšto vandens ruošimo sistemos schema

2.2 pav. schemos žymėjimo paaiškinimai: $JT1$, $JT2$, $JT3$ ir $JT4$ – temperatūros jutikliai, $RV1$ – reguliuojantis vožtuvas šilumos tinklų termofikato padavimui į šilumokaitį (akumuliacinė talpa AT). $RV2$ – elektrifikuotas karšto vandens paruošimo (pamaisymo) vožtuvas, AV – apsauginis vožtuvas. $A_{at}V$ – atbulinis vožtuvas, JS – saulės kolektorių skaidrumo jutiklis (fotorezistorius, montavimo vieta parodyta 1.8 pav.). 250 l ir 50 l – $I\check{S}$ tai išsiplėtimo indai (parinkimas nurodytas 2.13 skyrelyje), NA – automatiniai nuorintojai, $\check{S}P$ – šilumnešio papildymo jungtis, UV – uždaromasis vožtuvas, termofikatas $T\check{s}1$ ir $T\check{s}2$.

2.1. Saulės modulio komponentų parinkimas

Saulės modulio cirkuliacinę dalį sudarantys komponentai:

- saulės kolektoriai;
- vamzdžiai;
- jutikliai;
- akumuliacinės talpos;
- siurblys;
- išsiplėtimo indai geriamo vandens talpoms bei šilumnešio sistemai;
- kiti elementai.

Toliau bus nagrinėjamas Kauno lopšelio-darželio „Ažuoliukas“ vandens pašildymas bei vartojimas (žr. 1.1 lentelę) to pasekoje apskaičiuojant kolektorių plotą.

2.1.1. Saulės kolektorių ploto apskaičiavimas

Šioje dalyje pateikiami saulės kolektoriaus ploto skaičiavimai, kurie reikalingi nusakyti kiek galima padengti Kauno lopšelio-darželio „Ažuoliukas“ karšto vandens poreikį. Vidutinis bendras 6 mėnesių vandens suvartojimas yra $618,33 \text{ m}^3$, skaičius gautas paėmus 2012-2014 metų duomenis ir radus jų vidurkį. Tačiau, šiuo atveju, tolimesniems skaičiavimams reikalingas karšto vandens suvartojimas. Iš Kauno lopšelio-darželio „Ažuoliukas“ duomenų (žr. 1.1 lentelę) matyti vidutinis vandens pašildymui suvartotas energijos kiekis (šiltuoju metu, t.y. 6 mėn. laikotarpiu) yra $13969,40 \text{ kWh}$. Pagal nustatytą normą [21] vienam kubiniam karšto vandens metrui paruošti reikia 51 kWh , tokiu atveju turimą energijos kiekį padaliname iš normos ir gauname 6 mėnesių suvartojimą – $273,909 \text{ m}^3$. Taip pat ploto apskaičiavimui reikalingas karšto vandens paros suvartojimas, kadangi šiltojo meto dienų suma – 131 diena (neįskaičiavus savaitgalių, t.y. 52 dienos), parai – $2,091 \text{ m}^3$ (t.y. 2091 litrų). Toliau vidutinė saulės spindulinė energija H_{TV} randama (žr. 2.1 formulę) panaudojant balandžio – rugsėjo mėnesių duomenis.

$$H_{TV} = \frac{\sum_{m\acute{e}n} }{6} = \frac{15,77 + 18,84 + 18,93 + 18,39 + 16,84 + 12,77}{6} = 16,92 \text{ MJ/m}^2 \quad (2.1)$$

Apskaičiavus vidutinę saulės spindulinę energiją ir naudojantis 2.2 formule randamas saulės kolektoriaus plotas A_v (m^2) vandeniui šildyti (dengiant 60 % karšto vandens poreikio, todėl $V_p = 1254$ litrai) [22]:

$$A_v = \frac{V_p \cdot c_v \cdot (t_2 - t_1)}{\eta_v \cdot H_{TV}}, \quad (2.2)$$

čia: V_p – reikalingas šilto vandens kiekis (litrais) per parą (60 % poreikio); c_v – specifinė tūrinė vandens šiluma, $c_v = 4160 \text{ J}/(^{\circ}\text{C}\cdot\text{l})$; t_1 – vandentiekio vandens temperatūra, $t_1 \approx 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$; t_2 – šilto vandens temperatūra tūriniame šildytuve, $t_2 \approx 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$; η_v – vidutinis kolektoriaus efektyvumo koeficientas per dieną $\approx 0,4$, H_{TV} – vidutinė saulės spindulinė energija, krentanti į vieną kv. metro kolektoriaus paviršiaus plotą per parą balandžio – rugsėjo mėnesiais, J/m^2 .

$$A_v = \frac{1254 \cdot 4160 \cdot (50 - 10)}{0,4 \cdot 16,92 \cdot 10^6} = 30,83 \text{ m}^2$$

Tolimesnis saulės kolektorių panelių modelio parinkimas bus nagrinėjamas išsiplėtimo indu skaičiavimo skyriuje, kadangi bus reikalinga apskaičiuoti kokia yra saulės panelių bendra talpa skirta šilumnešiu [23].

2.1 lentelė. Saulės kolektorių panelės duomenys [24]

Tipas	PFM-S 3.3
Paviršiaus plotas, m^2	3,312
Gabaritiniai matmenys (aukštis, plotis, storis), mm	2802 / 1182 / 62
Svoris be skysčio, kg	53
Skysčio talpa, l	1,9
Pajungimai, mm	4 x $\varnothing 22$ spec. jungtims
Korpusas	profiliuotas aliuminis
Šilumos izoliacija	25 mm, nedegi akmens vata ($25 \text{ kg}/\text{m}^3$)-A1(EN13501)
Skaidri danga	4 mm spec. grūdintas stiklas
Absorberis	aliuminio plokštelė su variniais vamzdeliais
Absorberio danga	selektyvinė, titano nito oksidas
Sugėrimas, %	95 ± 1
Išspinduliavimas, %	5 ± 2
Maksimali temperatūra, $^{\circ}\text{C}$	≥ 180
Darbinis slėgis, bar	10
Efektyvumas, %	81

2.1.2. Akumuliacinių talpų parinkimas

Toliau tūrinio vandens šildytuvo tūris litrais (V_{sp}) apskaičiuojamas (žr. 2.3 formulę) [25]:

$$V_{sp} = \frac{1,75 \cdot V_p \cdot (t_w - t_1)}{t_2 - t_1} \quad (2.3)$$

čia: t_1 – vandentiekio vandens temperatūra, $t_1 \approx 10 - 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$; t_2 – šilto vandens temperatūra tūriniame šildytuve, $t_2 \approx 45 - 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$; t_w – šilto vandens temperatūra čiaupe, $t_w \approx 40 - 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$$V_{sp} = \frac{1,75 \cdot 1254 \cdot (50 - 10)}{50 - 10} = 2194,5 \text{ l}$$

2.1.3. Išsiplėtimo indai

Šaltuoju metu saulės kolektorių vamzdeliuose turi būti minimalus 1 bar viršslėgis. Darbiniu metu (dar vadinamu šiltuoju metu) sistemos slėgis turėtų būti maždaug apie 2 bar. Esant avariniam atvejui šilumnešis išsiveržtų pro apsaugos vožtuvą, tačiau nežymiems pasikeitimams naudojamas išsiplėtimo indas, į kurį subėgtų šilumnešis [22].

Dalį sistemos skysčio tūrio sudarys saulės kolektorių vamzdeliuose esantis skystis. Pagal apskaičiuotą plotą parenkami saulės kolektoriai „TiSUN PFM-S 3.3“ (2.1 lentelė), kuriuose telpa 1,9 l tūrio, kadangi reikia pasiekti A_v plotą, kuriam reikalinga 10 kolektorių panelių, todėl bendras jų tūris yra 19 l, o bendras sistemos skysčio kiekis apskaičiuojamas, prieš tai suradus vamzdeliuose esantį skysčio tūrį pagal vamzdelio plotą (vidinis skersmuo 38 mm, turima omenyje prieš paskirstomuosius vamzdžius, nes kolektorių pajungimai 22 mm, žr. 2.1 lentelę). Skaičiuojama pagal 2.4 formulę [27].

$$V_{vamzd} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2.4)$$

čia d – vidinis vamzdelio skersmuo.

$$V_{vamzd} = \frac{(3,8 \cdot 10^{-2})^2 \cdot \pi}{4} \cdot 300 = 34l$$

Norint gauti bendrą sistemos tūrį, dar taip pat reikia pridėti akumuliacinių talpų spiralese tūrį. Jis žinomas iš techninių duomenų (žr. 2.9 lentelę), 1500 l talpos spiralėje – 18,5 l ir 13 l antroje akumuliacinėje talpoje.

$$\text{Taigi } V_A = 19 + 34 + 18,5 + 13 = 84,5 l \quad (2.5)$$

Saugos pagalvės (čia turima omenyje šilumnešio) V_V tūris litrais surandamas taip (tūris negali būti mažesnis kaip 3 l, kitu atveju jis prilyginamas 3 l) [26]:

$$V_V = V_A \cdot 0,005 = 84,5 \cdot 0,005 = 0,422 l \quad (2.6)$$

čia V_A – sistemos skysčio tūris;

Tačiau reikia įvertinti, jog minimalus saugos pagalvės tūris turi būti 3 l, todėl $V_V = 3 l$.

Tūrio padidėjimas litrais sistemai šylant V_2 apskaičiuojamas [26]:

$$V_2 = V_A \cdot \beta \quad (2.7)$$

čia β – plėtimosi koeficientas, nuo -20 iki 120 °C $\beta = 0,13$;

$$V_2 = 84,5 \cdot 0,13 = 10,99 l$$

Leistinas galinis viršslėgis p_e , bar [26]:

$$p_e = p_{si} - 0,1 \cdot p_{si} = 10 - 0,1 \cdot 10 = 9 \text{ bar} \quad (2.8)$$

čia p_{si} – apsaugos vožtuvo išpūtimo slėgis, jis yra lygus 10 bar, tai yra nurodyta kolektoriaus techniniuose duomenyse.

Pirminis membraninio plėtimosi indo azoto slėgis p_{st} , bar [26]:

$$p_{st} = 1 + 0,1 \cdot h = 1 + 0,1 \cdot 8 = 1,8 \text{ bar} \quad (2.9)$$

čia h – sistemos aukštis; montavimas vyks 8 m aukštyje.

Galiausiai randamas membraninio slėginio plėtimosi indo tūris. Tai apskaičiuojama pagal 2.10 formulę [22]:

$$V_N = \frac{(V_V + V_2 + z \cdot V_k) \cdot (p_e + 1)}{(p_e - p_{st})} \quad (2.10)$$

čia: V_N – vardinis membraninio slėginio plėtimosi indo tūris, l; z – kolektorių skaičius; V_k – kolektoriaus tūris, l;

$$V_N = \frac{(3 + 10,99 + 10 \cdot 1,9) \cdot (9 + 1)}{(9 - 1,8)} = 45,82 \text{ l}$$

Tada gaunamas $V_N = 20,11$. Parenkamas standartinis išsiplėtimo indas „Reflex N 50“, kurio vardinis tūris 50 l.

Parinkus šilumnešio išsiplėtimo indą, taip pat reikalinga parinkti geriamo karšto vandens sistemos išsiplėtimo indą, kurio parinkimas paprastesnis, rekomenduojamas tūris yra 10 % sistemos tūrio. Taip yra todėl, kad vanduo nuo 0 iki 100 °C plečiasi apie 4 % savojo tūrio. Taigi šiuo atveju buvo parinkta 1500 l ir 750 l akumuliacinės talpos, todėl parenkamas standartinis išsiplėtimo indas „Reflex N 250“, kurio vardinis tūris 250 l [28].

2.1.4. Cirkuliacinio saulės modulio siurblio parinkimas

Svarbiausia cirkuliacinio siurblio užduotis yra palaikyti šilumnešio cirkuliaciją saulės kolektorių sistemos vamzdyne. Nors dažniausiai tokioms sistemoms naudojami apie 50 W kintamos srovės siurbliai [21], tačiau ši sistema yra individuali, naudojant 2.11 formulę [29].

$$P_{cirk} = \frac{q \cdot \rho \cdot g \cdot h}{3,6 \cdot 10^6} \quad (2.11)$$

čia: P_{cirk} – cirkuliacinio siurblio galia, kW; q – debitas (pagal rekomendacijas 2,27 [26]) m³/h;

ρ – šilumnešio tankis (kuris parinktas 3.2 poskyryje), kg/m^3 ; g – gravitacijos pagreitis ($9,81 \text{ m/s}^2$);
 h – sistemos aukštis (8 m) [29].

$$P_{\text{circ}} = \frac{2,27 \cdot 1040 \cdot 9,81 \cdot 8}{3,6 \cdot 10^6} = 0,051 \text{ kW}$$

Pagal apskaičiuotą galią parenkamas siurblio modulis Sunex GPS 70 ST 15/7 yra trijų greičio padėčių su galingumu 40 / 48 / 54 W. Jame dar integruota srauto matuoklis, manometras, balansinis ventilis, atbulinės eigos vožtuvo ir greitojo atjungimo jungties išsiplėtimo indai (šiuo atveju saulės modulio daliai). Papildoma informacija: prijungimas movinis arba flanšinis, elektros tiekimas 230 V / 50 Hz, projektinė maksimali temperatūra 110 °C, bei projektinis slėgis – 1 Mpa (10 bar).

2.1.5. Kiti komponentai

Parenkami pagrindiniai komponentai ir nurodomos jų techninės charakteristikos. Sistemai taip pat bus reikalingi temperatūros jutikliai, kurie būtų tinkami darbinėmis sąlygomis (temperatūra -50 iki +180 °C), o rinkoje tokiomis savybėmis pasižymi ITP PT1000 temperatūros jutiklis [30]. Įvertinant tai, kad oro dulketumas, apneša elementų stiklo plokštumas, ko pasekoje sumažėja stiklų skaidrumas ir tai turi neigiamą poveikį saulės elemento efektyvumui. Projekte papildomai numatytas įrengti skaidrumo sekimo įrenginys, kuris skirtas analizuoti skaidrumo lygį ir perduoti perspėjantį signalą į šilumos punkto valdiklį. Aptarnaujantis personalas pastebėjęs signalą turi nuvalyti stiklų paviršius. Tam reikalui yra panaudotas fotorezistorinis jutiklis, kurio varža esant pakankamai skaidriam stiklui yra lygi 1 kΩ, tamsoje ~10 kΩ (signalizacijos suveikimo riba numatyta valdymo dalyje, žr. 2.7 pav.). Taip pat siekiant nustatyti ar vamzdžiai nėra pažeisti (turima omenyje šilumnešio nuotekį) reikalingas kontaktinis manometras, kuris suveiktų prie nustatytos vertės (parenkama derinimo metu), jo techniniai duomenys pateikti 2.2 lentelėje. Saulės modulio valdymui parenkamas laisvai programuojamas Honeywell Excel 50 reguliatorius, kadangi reikia sudaryti programos algoritmą, pagal sudarytas valdymo logines dalis (žr. 2.4 poskyrį), kai kurie dydžiai bus nustatomi montavimo metu [31].

2.2 lentelė. Kontaktinis manometras [32]

Techniniai duomenys	
Maksimalus slėgis	16 bar
Maksimali temperatūra	200 °C
Matavimo sistema	nerūd. pl. AISI316L

Apsauginis vožtuvas

Apsauginiai vožtuvai yra apsauga, skirta avariniam atvejui, kuomet sistemoje padidėja slėgis (riba nustatoma rankiniu būdu). Šiai sistemai reikia apsauginio vožtuvo, kurio projektinis slėgis 10 bar ir 120 °C projektinė temperatūra [34].

Uždaromasis vožtuvas

Uždaromieji vožtuvai (moviniai ventiliai, žr. 2.3 lentelę) OR VAR reikalingi sistemai tuo atveju jei reikalingas kurio nors komponento pakeitimas (žr. 2.2 pav. kuomet UV išdėstyti prie akumuliacinių talpų, siurblio modulio).

2.3 lentelė. Uždaromasis vožtuvas [35]

Techniniai duomenys	Reikalavimai
Ventilio tipas	Rutulinis
Korpusas	Bronzinis (rečiau ketinis)
Prijungimas	Srieginis
Projektinė temperatūra:	
šildymo sistemai	Tmaks.=120 °C
karštam vandeniui	Tmaks.=70 °C
šaltam vandeniui	Tmaks.=15 °C
Projektinis slėgis	PN=1,6 MPa

Atbulinis vožtuvas

Atbulinis vožtuvas (žr. 2.4 lentelę) montuojamas sistemoje, norint praleisti vandens srautą tik viena kryptimi.

2.4 lentelė. Atbulinis vožtuvas [36]

Techniniai duomenys	Reikalavimai
Korpusas	Bronzinis arba ketinis
Prijungimas	Srieginis arba flanšinis
Projektinė temperatūra:	
šildymo sistemai	Tmaks.=120 °C
karštam vandeniui	Tmaks.=70 °C
šaltam vandeniui	Tmaks.=15 °C
Projektinis slėgis	PN=1,6 MPa

Reguliuojantis vožtuvas su elektros pavara bei pamaišymo vožtuvas

Elektros pavara (žr. 2.5 bei 2.6 lenteles) suveikia gaudama signalą iš laisvai programuojamo reguliatoriaus, uždaro arba atidaro vožtuvą, tokiu būdu reguliuodama šilumnešio srautą sistemoje [37].

2.5 lentelė. Reguliuojantis vožtuvas su elektros pavara [24]

Techniniai duomenys	Reikalavimai
Korpusas	Bronzinis arba ketinis
Prijungimas	Srieginis arba flanšinis
Vožtuvo sandarumas	Maks. 0,05 % nuo kvv
Maksimalus uždaromas slėgio perkrytis	Maks. 16 bar
Reguliavimo ribos	> 50:1
Projektinė temperatūra	Tmaks.=120 °C
Projektinis slėgis	PN=1,6 MPa
Vožtuvo elektros pavara	Reversinė su reduktoriumi
Elektros tiekimas	Iš valdymo spintos
Maitinimo įtampa	230 V
Dažnis	50 Hz
Pavaros eigos laikas šildymo vožtuvui	50-300 sek.
Pavaros eigos laikas karšto vandens vožtuvui	10-50 sek.
Aplinkos temperatūra	Nuo 0 iki +55 °C
Apsaugos klasė	IP 54

2.6 lentelė. Pamaišymo vožtuvas su pavara VRG230, ARA 600 [37]

Techniniai duomenys	
Projektinė temperatūra	t maks. = 110 °C / 130 °C
Minimali temperatūra	t min. = -10 °C
Montavimas	DN 15-50
Darbinis slėgis	1 MPa (10 bar)
Sukimo momentas	6 Nm
Sukimo kampas	90°
Aplinkos temperatūra	maks. +55 °C, min. -5 °C

Vamzdžiai

Vamzdynų montavimui yra naudojami plieniniai vamzdžiai (sujungiami elektriniu virinimu žr. 2.7 lentelę), kuomet jų skersmuo didesnis arba lygus 65 mm, o esant mažiau 50 mm reikalingi plieniniai vandens-dujų vamzdžiai [33].

2.7 lentelė. Vamzdžiai [38]

Techniniai duomenys	Reikalavimai
Plieno rūšis ir standartas	ST 33 DIN1700
Plieno mechaninės savybės:	
tempimo įtempimas	Rm=310÷540 N/mm ²
takumo riba	REH=185 N/mm ²
pailgėjimo koeficientas	As ≥ 17 %
Vamzdžio darbo režimas:	
projektinis slėgis	P=1,06 MPa
projektinė temperatūra	T=0-120 °C
Vamzdžio sienelės storis:	
DN15	S ≥ 2,65 mm
DN25 ÷ 40	S ≥ 3,25 mm
DN50	S ≥ 3,65 mm
Paviršiaus apsauga	Nudažytas apsauginiais dažais
Tiekimas	Be movų ir sriegių

Užpildymo stotis

Bendras sistemos tūris 84,5 l gali būti užpildomas rankiniu būdu (pompavimu), bet siūloma užpildyti ją automatiškai, kad atsitikus avariniam atvejui (kai pro apsauginį vožtuvą išpurškiamas šilumnešis) galima būtų vėl papildyti sistemą.

Pasirenkama SUNEX BS30 sistemos papildymo stotis (žr. 2.8 lentelę). Ji taip pat tinkama kai reikalingas greitas oro pašalinimas ar sistemos praplovimas.

2.8 lentelė. Užpildymo stotis [24]

Matmenys (aukštis / plotis / gylis)	1000 x 430 x 470 mm
Svoris (tuščios)	20 kg
Skysčio talpa	30 l
Maksimalus srautas	65 l/min
Kėlimo aukštis	43 m
Siurblio galia	(230 V), W 1100
Maksimali darbinė temperatūra	35 °C

Akumuliacinės talpos

Akumuliacinės talpos (parinkimo dalis 2.1.2 poskyryje, techniniai duomenys pateikti žr. 2.9 lentelę), reikalingos geriamojo vandens pašildymui, naudojant šiuo atveju du kontūrus, kai

šildoma termofikatu ir šilumnešiu (pavyzdžiui glikoliu). Šio sistemos komponento brėžinys reikalingas norint įsivaizduoti dėl galimo pastatymo patalpose (žr. 1 priedą).

2.9. lentelė. Akumuliacinės talpos [25]

	Fish 750 S4	Fish 1500 S4
Talpa, l	750	1500
Maksimali darbinė temperatūra (talpa / spiralės) °C	95 / 100	95 / 100
Maksimalus slėgis (talpa / spiralės)	10 / 10 bar	10 / 10 bar
Spiralės talpa viršus / apačia, l	9,2 / 12,9	15,4 / 18,5
Diametras su izoliacija, mm	950	1050
Šalto vandens prijungimas mm, h1	360	310
Karšto vandens nuvedimas, mm h7	1690	1990
Recirkuliacija, mm h6	1465	1477
Aukštis (su izoliacija), mm H	2050	2310
Iš saulės kolektoriaus, mm h4	1030	1160
Į saulės kolektorius, mm h2	360	310
Lizdas temperatūros davikliui 1, mm h3	595	534
Lizdas temperatūros davikliui 2 mm h5	1495	1477
Flanšas, mm h1 l	510	450
Svoris (tuščios), kg	320	590
Šalto / karšto vandens prijungimai, coliais "	1½ (DN40)	1½ (DN40)
Recirkuliacijos prijungimas, coliais "	¾ (DN20)	¾ (DN20)
Oro išleidimas, coliais "	1	1
Flanšas, mm Ø	280	280
Temperatūros jutikliai prijungimai, coliais "	½	½

Šilumos izoliacija

Sistemoje naudojama izoliacija, siekiant išvengti šilumos nuostolių, jos savybės: nesugeria vandens ir yra mechaniškai atspari. Ši medžiaga dažniausiai yra sudaryta iš mineralinės ar akmens vatos, kurios tankis 100 kg/m³, o šilumos laidumo koeficientas $\lambda = 0,038$ W/mK. Priklausomai nuo darbinės temperatūros, laikoma, jog temperatūra ant izoliuoto paviršiaus yra tokia: kai daugiau už 100 °C, izoliuoto paviršiaus temperatūra mažiau 45 °C ir kai darbinė temperatūra mažiau už 100 °C izoliuoto – mažesnė nei 35 °C.

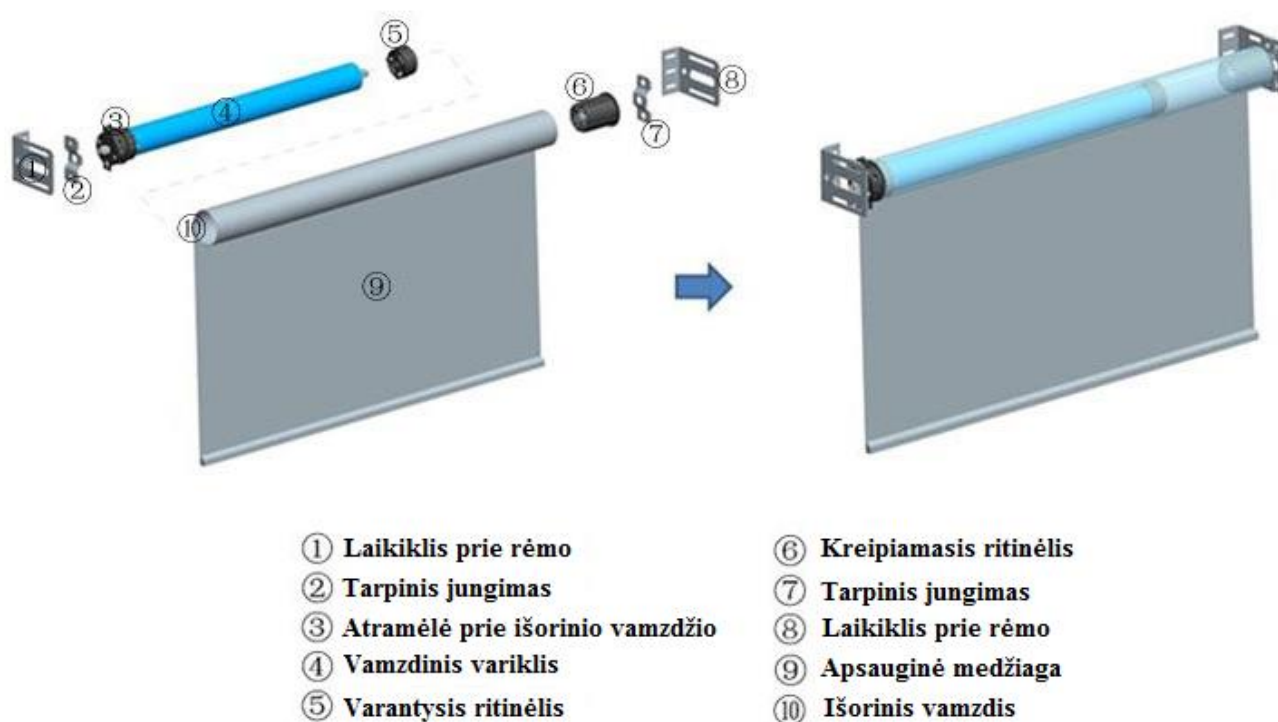
Toliau matoma (žr. 2.10 lentelę), kokio storio reikia izoliacijos, priklausomai nuo vamzdžio skersmens.

2.10 lentelė. Šilumos izoliacija [38]

Sąlyginis vamzdžio skersmuo, mm	Šilumos izoliacijos storis, mm
25÷50	40
70÷200	60

2.2. Saulės modulio šilumnešio apsauga nuo perkaitimo

Saulės modulio sistemai reikalinga apsauga (žr. principą 2.3 pav.) nuo šilumnešio užvirimo, kai naudojamas labai mažas karšto vandens kiekis arba išvis nenaudojamas (savaitgalio dienomis). Esant aktyviai saulei, elementuose šilumnešio temperatūra gali pasiekti aukštą temperatūrą, kurios plėtimasis išaugs slėgio padidėjimą sistemoje, ko pasekoje suveiks apsauginis vožtuvas ir išleis dalį šilumnešio į atsarginę talpą. Praradus dalį šilumnešio sistemoje, slėgis bus nepakankamas, todėl kiekvieną kartą reikėtų papildyti sistemą. Be to viršijus darbinę temperatūrą šilumnešio savybės keičiasi, tad tokiu atveju reikėtų kiekvieną kartą perkaitinus skystį, jį pakeisti nauju, siekiant turėti tokį patį efektyvumą.



- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| ① Laikiklis prie rėmo | ⑥ Kreipiamasis ritinėlis |
| ② Tarpinis jungimas | ⑦ Tarpinis jungimas |
| ③ Atramėlė prie išorinio vamzdžio | ⑧ Laikiklis prie rėmo |
| ④ Vamzdinis variklis | ⑨ Apsauginė medžiaga |
| ⑤ Varantysis ritinėlis | ⑩ Išorinis vamzdis |

2.3 pav. Roletas su pavara [39]

Pirma buvo svarstyta idėja, jog reikia dėti grotelių sistemą, uždengiančią saulės kolektorių, tačiau tai būtų neefektyvu, kadangi dalį spinduliuotės jie uždengtų net ir tada kai to nereikia. Sekanti svarbi dalis yra mechaninės dalies atsparumas saulei, vėjui, lietai. Reikalinga kuo paprastesnė bei lengvesnė konstrukcija ir pats mechanizmas. Šias savybes atitinka roletas (žr. 2.3 pav.), skirtas uždengti langus nuo saulės šviesos. Čia visas mechanizmas integruotas vamzdyje (pažymėta nr. 4),

todėl jam ne kliūtis aplinkos poveikis. Tvirtinimai gana paprasti, įmanoma pritaikyti prie būsimos saulės kolektorių panelių konstrukcijos. Detalesnis mechanizmo veikimas aptariamas 2.2.3. skyriuje [39].

2.2.1. Saulės modulio šilumnešis

Šilumnešis reikalingas pašildyti vartojamą vandenį, kuris yra akumuliacinėse talpose. Šiai užduočiai dažniausiai naudojami etilenglikolis ar propilenglikolis. Tačiau pastarasis yra ekologiškai švarus (atitinka Europos vaistų reglamento švarumo reikalavimus, direktyva 2011/62/ES), todėl toksiškumas mažas bei nėra pavojingas sprogimo ir gaisro atveju. Propilenglikolis turi antikorozijos, gero šilumos laidumo ir ilgaamžiškumo savybes (žr. 2.11 lentelę). Esant ilgalaikiui kontaktui su žmogaus oda jis neturi dirginančių savybių, tačiau esant jautriam arba alergiškam žmogaus organizmui įkvėpus garų gali būti dirginantis poveikis [40].

Siekiant išvengti užšalimo vamzdžiuose žiemos metu, koncentratą reikia maišyti su distiliuotu vandeniu, jų tūrinis santykis – 50 %. Tokiu santykiu šilumnešis (jau sumaišytas) užšaltų prie -32 °C šalčio [40].

2.11 lentelė. Propilenglikolio savybės [40]

Cheminė formulė	C ₃ H ₈ O ₂
Darbinė koncentrato temperatūra	-50 °C iki +170 °C
Tankis	1040 kg/m ³
Koncentrato Virimo temperatūra	188,2 °C
Molinė masė	76,09 g/mol

2.2.2. Saulės apsaugos uždengimo medžiaga

Saulės atspindėjimui reikalinga medžiaga praleidžianti kuo mažiau saulės spinduliuojamos energijos, ji turi būti standi ir pakankamai lengva, kad galėtų variklio pagalba judėti kreipiančiąja konstrukcija. Ši medžiaga sudaryta iš: 37,5 % poliesterio ir 62,5 % akrilo putų. Medžiagos svoris 490 g / m² (± 7 %), storis – 0,52 mm (± 5 %) [41]. Kad medžiagos kampai nekliūtų, išlaikytų formą, nesusikraipytų ir neišlinktų naudojamas gale pritvirtintas metalinis vamzdelis (įtvirtinamas susiuvus gale medžiagos kilpą ir perverus). Norint palaikyti medžiagą įtemptą reikia taip pat dėti konstrukcijos galuose spyruoklę, bet tai nustatoma atliekant montavimo darbus. Pagal panelių išmatavimus, vienoje eilėje įskaičiavus tarpus susidaro 7 m ilgis, taigi tam tikslui reikalingas lengvas metalas, todėl pasirenkamas 7 m aliuminis su matmenimis 16 x 1 mm (kaina 4,35 € / kg). Tolimesniems skaičiavimams reikia surasti projektuojamą svorį konstrukcijoje. Pradžioje apskaičiuojama medžiagos,

o po to aliuminio vamzdelio masė. Kadangi žinoma, jog stogo kampas yra 40° taigi jėga nuo medžiagos svorio projektuojasi ir yra apskaičiuojama pagal 2.12 formulę [42]:

$$m_{medžiagos} = x \cdot y \cdot m_{kv} \cdot \cos(40^\circ) \quad (2.12)$$

čia x – išilgai kolektorių eilės ilgis, y – plotis dviejų eilių, m_{kv} – medžiagos svoris 490 g/m^2

$$m_{medžiagos} = 7 \cdot 6 \cdot 0,49 \cdot 0,766 = 15,45 \text{ kg}$$

Aliuminio vamzdelio masė apskaičiuojama naudojant 2.13 formulę [42]:

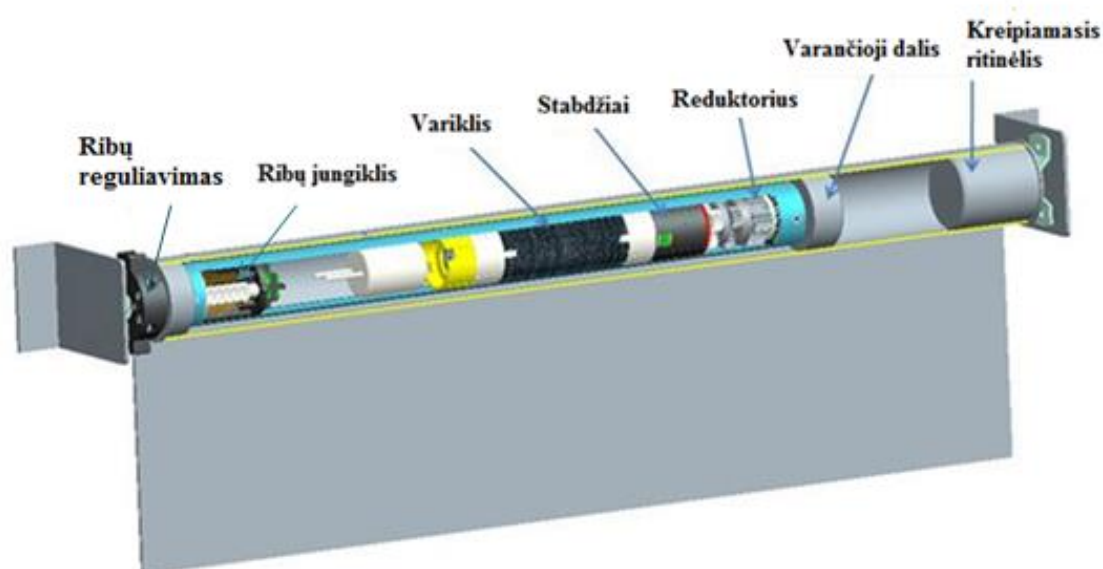
$$m_{alium} = (d_{alium}^2 \cdot (d_{alium} - 2 \cdot t_{alium})^2) \cdot x \cdot \rho_{alium} \quad (2.13)$$

čia d_{alium} – skersmuo, t_{alium} – storis, ρ_{alium} – aliuminio tankis 2700 kg/m^3

$$m_{alium} = (d_{alium}^2 \cdot (d_{alium} - 2 \cdot t_{alium})^2) \cdot x \cdot \rho_{alium} = 42000 \cdot 2700 \cdot 10^{-9} = 1,13 \text{ kg}$$

2.2.3. Vamzdinio variklio parinkimas

Svarbiausia saulės modulio šilumnešio apsaugos nuo perkaitimo dalis yra vamzdinio variklio mechanizmas (žr. 2.4 pav.), jis parinktas dėl paprastumo ir dėl to, kad yra integruotas, jo darbo neįtakoja aplinkos veiksniai (saulė, vėjas ar lietus).



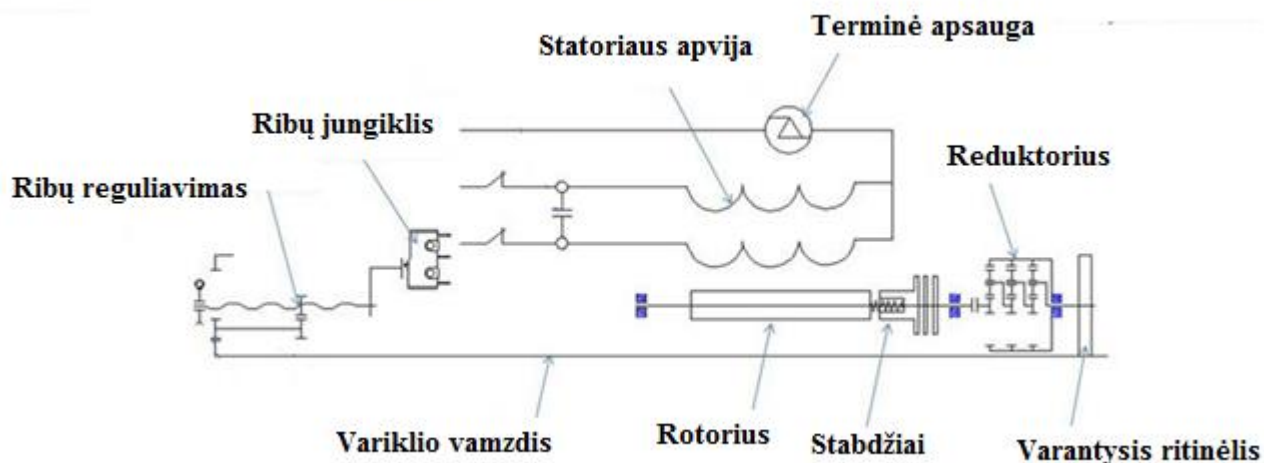
2.4 pav. Vamzdinio variklio sandara [39]

Jo veikimo principas gana paprastas, pirmasis komponentas – variklis, kurio viduje rite (statoriumi) tekant srovei sukuriamas magnetinis laukas ir tada šerdis (rotorius) pradeda sukintis.

Sekantis – stabdžiai, kurie yra su spyruokle, ji reikalinga staigiai sustabdyti sukimąsi, padavus įtampą spyruoklė atsilaisvina, nutraukus – susitraukia ir priglunda prie variklio dalies [39]. Reduktorius naudojamas siekiant sumažinti išorinio ritinėlio greitį. Varančioji dalis (varantysis ritinėlis) liečiasi su išoriniu vamzdeliu taip priversdamas jį sukčiai (sąveikoje nuo variklio). Kreipiamasis ritinėlis skirtas galo įtvirtinimui. Galiausiai ribų jungiklis naudojamas nustatyti pradinę bei galinę padėtis (kuomet apsauginė medžiaga ištiesiama arba susukama).

Tai vertėtų pavaizduoti kinematinė schema (žr. 2.5 pav.), matoma kaip komponentai yra sujungti ir išdėstyti mechanizme. Anksčiau nepaminėta – terminė apsauga, ji skirta išjungti sukimąsi, kuomet kas nors užstrigę ir tokiu atveju pradeda gadinti mechanizmą, taigi pasiekus tam tikrą temperatūrą mechanizmas išsijungia [39]. Sekantis šios dalies nagrinėjimas yra vamzdinio variklio parinkimas.

Kadangi ištiesta medžiaga yra sunkiausia, priimame apskaičiuotus svorius pagal 2.12 ir 2.13 formules. Žinant vamzdiniam varikliui tenkantį svorį, galima parinkti modelį iš lentelių [43].



2.5 pav. Vamzdinio variklio kinematinė schema [39]

Turint variklio duomenis galima paskaičiuoti per kiek laiko uždanga nusileis. Apskaičiuojamas linijinis greitis (2.14 formulė [44]) ir galiausiai randama, jog veiksmas pagal 2.15 formulę truks 2 min 52 s.

$$v = r \cdot RPM \cdot 0,10472 = \frac{45}{2 \cdot 1000} \cdot 15 \cdot 0,10472 = 0,035 \text{ m/s} \quad (2.14)$$

čia: r – spindulys = 45 / 2 mm, daliname iš tūkstančio dėl matavimo vienetų keitimo (verčiama metrais), RPM – apsisukimai per minutę.

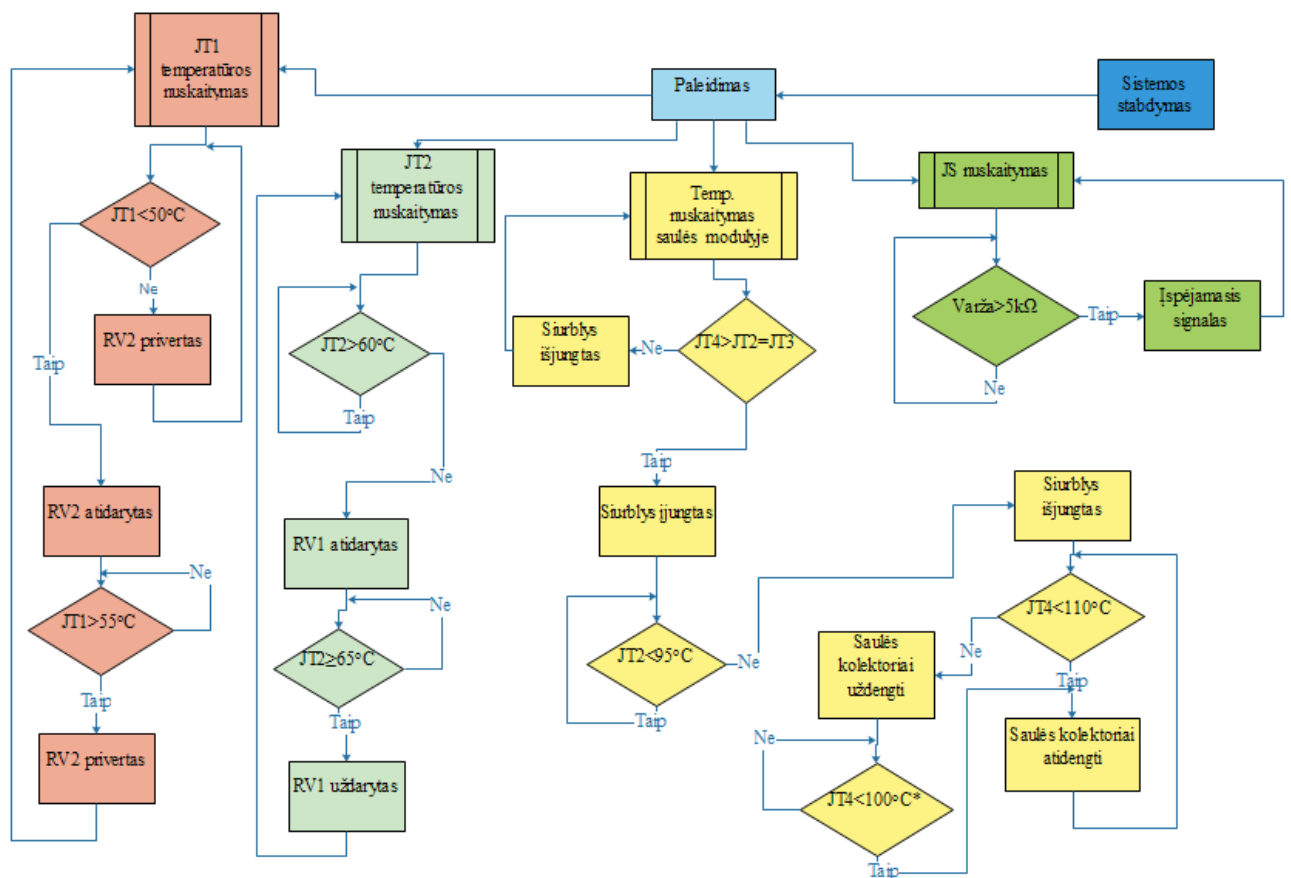
$$t = \frac{y}{v} = \frac{6}{0,035} = 172 \text{ s} = 2 \text{ min } 52 \text{ s} \quad (2.15)$$

čia: y – medžiaga išvyniota ilgyje m.

Pranašumas pasirinkto variklio (TMDC-12-60-50-15-RB, 15 RPM) yra tas, jog įtampa saugi (12 V), dingus elektrai galima būtų vis tiek uždengti saulės kolektorius (tačiau jau rankiniu būdu). Tik šio variklio valdymui reikalingas papildomas jungiklis, skirtas keisti poliariškumą (DPDT), to pasekoje būtų keičiama sukimosi kryptis. Reikia pastebėti, jog jungiklis turi būti trijų padėčių, norint išvengti vamzdinio variklio gadinimo.

2.3. Valdymas

Šioje dalyje aprašomos valdymo loginės dalys (schematinis pavaizdavimas sudarytas naudojantis programine įranga „Edraw Max“), kur blokai suskirstyti pagal spalvas.



2.6 pav. Valdymo schemos loginės dalys

Žalia dalis (dešinėje)– saulės kolektorių skaidrumo jutiklis ir su juo susiję veiksmai, pavyzdžiui reguliatoriui tikrinant varžą yra nustatyta riba, ties kuria įsijungtų signalinis įspėjimas

(lemputė) prižiūrinčiamam darbuotojui, pranešant, jog kolektorių stiklą reikėtų nuvalyti. Geltonasis blokas atsakingas dėl saulės modulio siurblio paleidimo, kai lyginami temperatūrų jutikliai (vienas prie saulės kolektoriaus, kiti du prie akumuliacinių talpų). Kada kolektoriaus temperatūra aukštesnė už vandens esančio akumuliacinėje talpoje siurblys paleidžiamas ir propilenglikolis pradeda cirkuluoti sistemoje, to pasekoje šildydamas vandenį. Geltonajame bloke pažymėta JT4* (žr. 2.6 pav.), temperatūra parenkama derinimo metu, kadangi praktiškai reikėtų išmėginti per kiek laiko atvėsta ta dalis, norint išvengti bereikalingo apsaugos mechanizmo cikliško uždarymo / atidarymo veiksmo. Šviesiai melsvas blokas reikalingas, kuomet saulės nėra arba tiesiog paduodamas į karšto vandens sistemą poreikis nėra pakankamas. Šis sistemos blokas (kalbama apie raudonąjį) skirtas karšto vandens pamaišymo reguliavimui, esant mažesniai už 50 °C vandeniui praveriamas vožtuvas, šiuo veiksmu pakeldamas vandens temperatūrą.

2.4. Darbų sauga

Siekiant užtikrinti darbuotojų bei aplinkinių asmenų saugumą, atliekant darbus ar profilaktinę priežiūrą reikia vadovautis atitinkamais reikalavimais, papildomai paminėtas sistemos poveikis aplinkai bei elektros įrenginių projektavimo sauga. Remiantis norminiais dokumentais surašomi reikiami darbo saugos reikalavimai (asmens apsaugos priemonės, darbai aukštyje, darbų sauga, sistemos poveikis aplinkai) [33]:

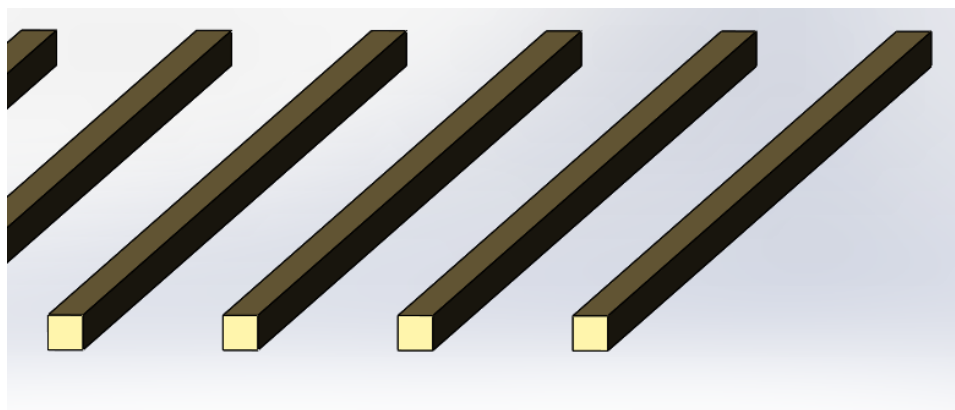
- Asmens apsaugos priemonės (šalmas, neslidūs batai, speciali apranga);
- Pagal nurodymus darbai aukštyje [1]: prisirišti su diržu, aptarnaujant sistemą ant stogo; apraišai su tvirtinimosi vieta nugaroje ir prie krūtinės, automatinis kritimo blokatorius arba lynas su šoko absorberiu;
- Darbų sauga atliekant virinimo darbus; elementus galima keisti tik įsitikinus, kad vamzdynuose nėra vandens; dėl lygiavimo;
- Darbų metu patalpos vėdinamos; pasirūpinama įspėjamaisiais ženklais;
- Darbų sauga su abrazyviniais ir metalo pjovimo įrankiais;
- Priešgaisrinis saugumas atliekant montavimo darbus (t.y. paruošti gesintuvai);
- Saugos darbo atlikimas su elektros įrenginiais: elektros įrenginių montavimo darbai; atitvarai dirbant su elektra (kuomet įrenginio atjungimas negalimas);
- Šilumos punkte siurbliai, elektros pavaros privalo būti įžeminti; kabelių projektavimas gali būti numatomas su atsarga, jei įvadinė galia bus didinama ateityje; atnaujinami pastato vidaus paskirstymo spintos įrenginiai;
- Išsiliejus šilumnešiui į aplinką poveikio nėra, kadangi jis ekologiškai švarus.

3. TVIRTINIMO KONSTRUKCIJOS MODELIAVIMAS

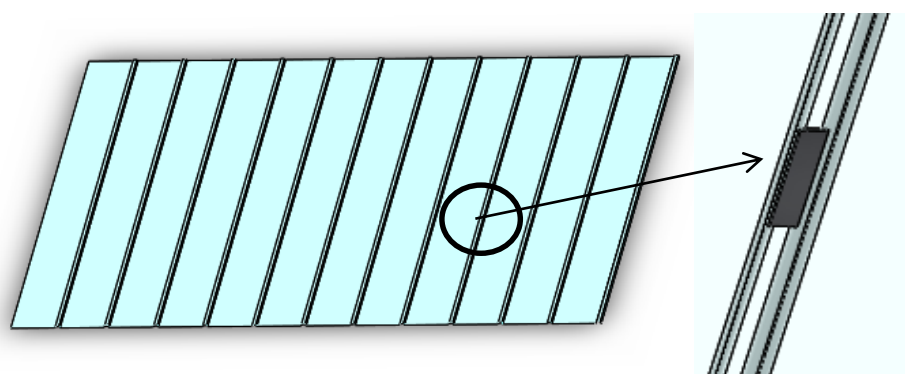
Šiame skyriuje bus kuriamas pastato stogo (grebėstai, skardinė dalis), bei tvirtinimo modeliai, atliekami stiprumo bandymai, norint įsitikinti ar pagaminta detalė atlaikys apkrovą.

3.1. Stogo modeliavimas

Iš pradžių sumodeliuojama stogo dalis – grebėstai, kurie tvirtinami skersai gegnių (žr. 3.1 pav.), prie kurių ketinama tvirtinti pagamintą detalę. Sumodeliuojama tikra pastato stogo skardinė dalis (žr. 3.2 pav. pavaizduotas tik vienas stogo šlaitas ant kurio montuojamos saulės kolektorių panelės). Rodykle pažymėta stogo prapjovimo dalis, skirta prakišti iš apačios pagamintą detalę, kuri tvirtinama varžtais prie grebėstų. Išpjovimas daromas iš pradžių šiek tiek pragrėžus skardą, tuomet toliau pjaunama su pjūkliuku. Prapjovimą reikia gruntuoti, nudažyti tokia pačia kaip stogo spalva, sumontavus padengti šalčiui bei drėgmei atspariu silikonu.



3.1 pav. Grebėstai

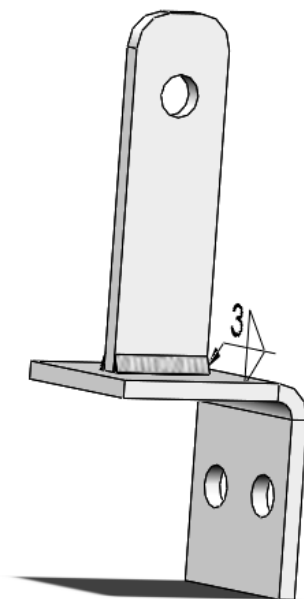


3.2 pav. Skardinė dalis

3.2. Tvirtinimo detalių modeliavimas

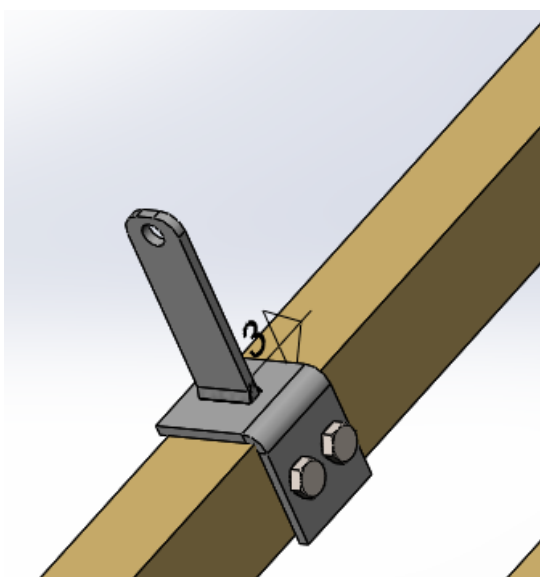
Tolimesnis žingsnis – detalės gaminimas. Ji daroma iš nerūdijančio plieno AISI 316 (padidinto atsparumo korozijai), pradžioje reikalinga plokštelė, ji lenkiama panaudojus presą

(200 kg/cm² sulenkimas vyksta per centrą). Vėliau elektriniu suvirinimu (3 mm virinimo siūlė) pritvirtinama auselė ir galiausiai pragražiamos 12 mm skylės (žr. 3.3 pav.) bei užapvalinami kampai.

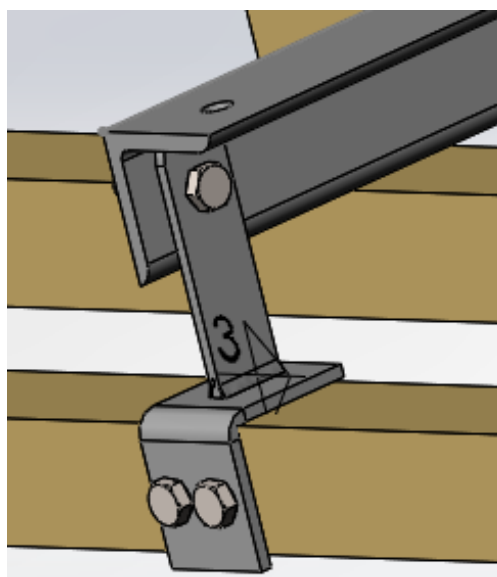


3.3 pav. Pagaminta detalė

Toliau pritvirtinama detalė prie grebėsto (žr. 3.4 pav.) dviem varžtais (programoje parenkami hex bolt grade C ISO 4016). Sekantis etapas rėmo tvirtinimas per skylę (žr. 3.5 pav.). Rėmas sudarytas iš lygiašonio kampuočio ir lovio (parinkti pagal standartą, žr. 5 bei 6 priedą). Detalė yra 5 mm storio, auselė 100 mm aukščio (brėžinį žr. 2 priede). Reikia dvylikos tokių detalių, norint užtikrinti pakankamą stiprumą, bus montuojama kas dvi saulės kolektorių paneles horizontaliai ir vertikalčiai galuose bei per vidurį.



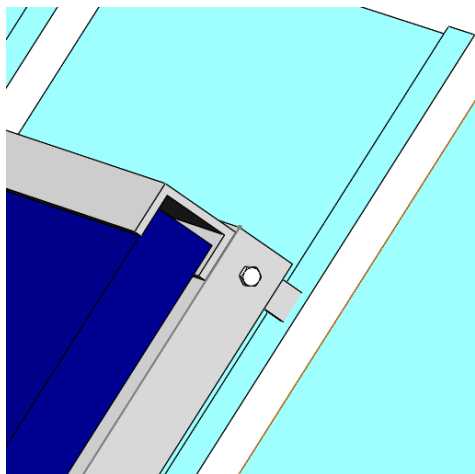
3.4 pav. Tvirtinimas prie grebėsto



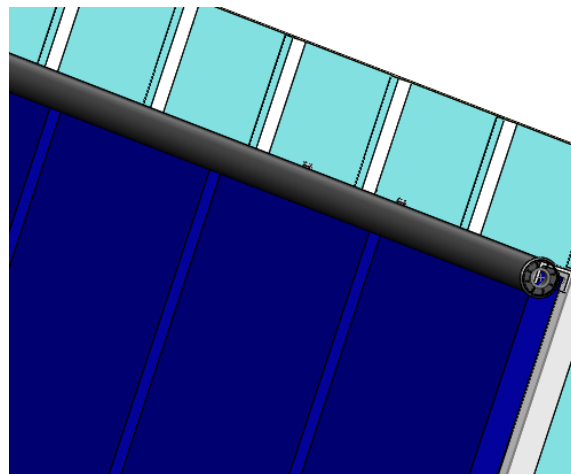
3.5 pav. Rėmo tvirtinimas prie detalės

3.3. Sumodeliuotų komponentų surinkimas

Šiame poskyryje surenkami sumodeliuoti komponentai, 3.7 pav. parodytas saulės kolektorių įtvirtinimas į lovį, bei pagamintos detalės tvirtinimas prie rėmo taip pat prakišimas pro stogo lakštų sujungimą, 3.8 pav. parodyta vamzdinio variklio įrengimo vieta išilgai sujungtų saulės kolektorių grupės.

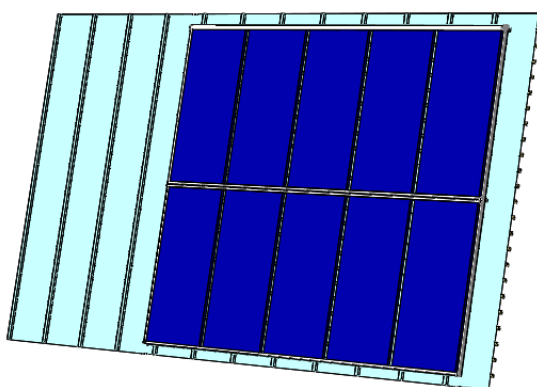


3.7 pav. Montažinė konstrukcija

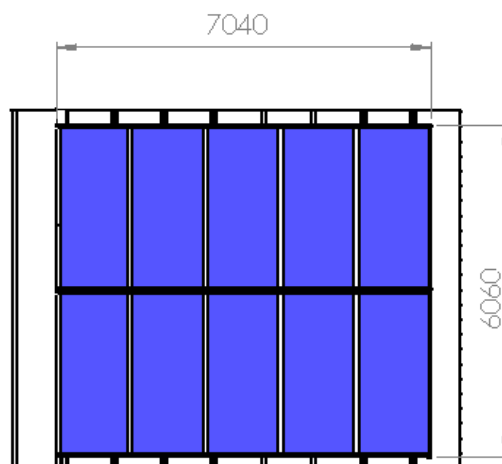


3.8 pav. Vamzdinio variklio įrengimo vieta

3.9 pav. parodytas saulės elementų išdėstymo vaizdas ir 3.10 pav. – jų gabaritiniai matmenys, tarpai tarp kolektorių 85 mm, lakštų jungimo žingsnis 810 mm.

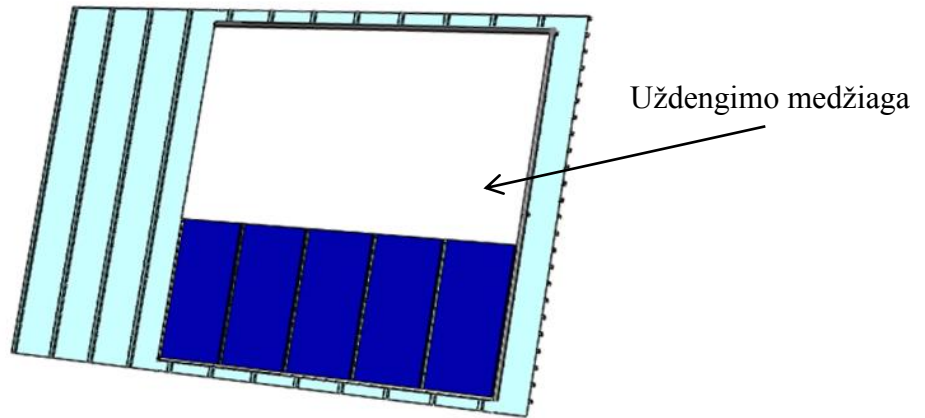


3.9 pav. Saulės elementų išdėstymas



3.10 pav. Saulės elementų išdėstymo gabaritiniai matmenys

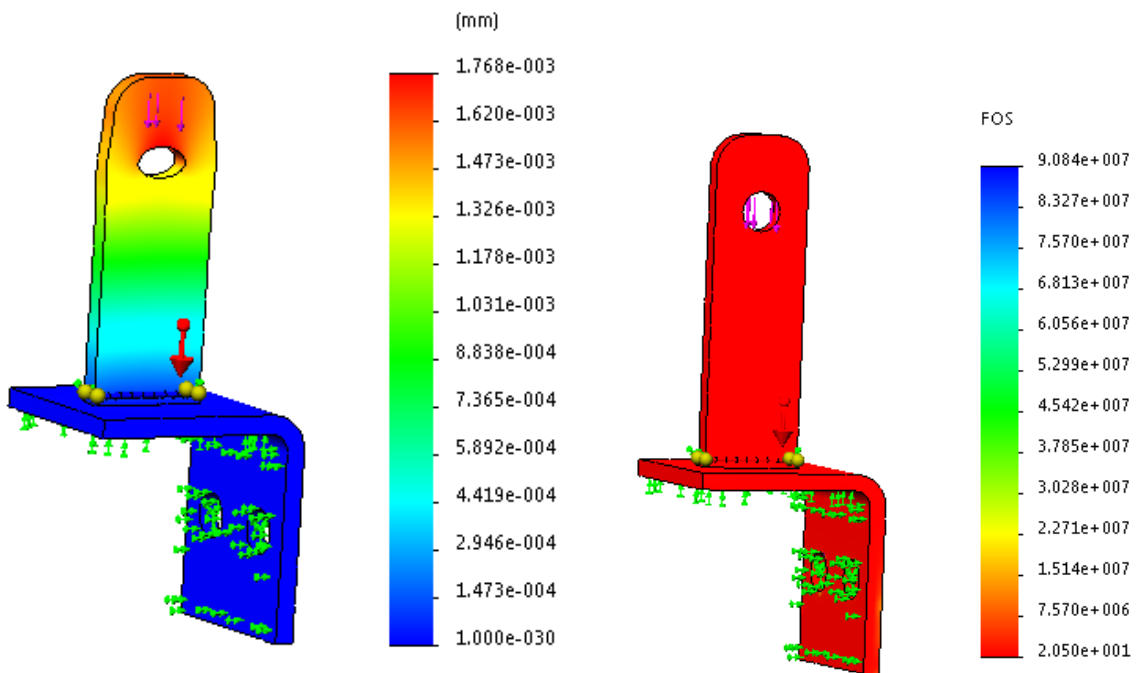
Galiausiai pavaizduojama uždengimo medžiaga (žr. 3.11 pav.), kuri išleidžiama esant sistemoje didelei temperatūrai, laisvai programuojamas reguliatorius suveikia ir paduoda signalą vamzdiniam varikliui, jog reikia išleisti medžiagą.



3.11 pav. Uždengimo medžiagos išleidimas

3.4. Tvirtinimo detalės stiprumo grafikai

Reikia apskaičiuoti apkrovą tenkančią vienai auselei. Sudaromas baigtinių elementų metodo tinklelis. Programoje parenkama medžiaga – nerūdijantis plienas AISI 316 (padidinto atsparumo korozijai). Įtvirtinimas ir pridėtos jėgos pavaizduotos (žr. 3.12 pav.), detalė tvirtinama prie grebėsto (plokštuma pažymėta žalios spalvos rodyklėmis). Pridedama savojo svorio jėga (raudona spalva) ir violetine spalva pažymėta jėga tenkanti skylėi, toliau atliekami skaičiavimai (3.12 pav. įlinkių ir 3.13 atsargos koeficiento grafikai).



3.12 pav. Detalės įlinkio grafikas

3.13 pav. Detalės atsargos koeficiento grafikas

Jėgos nustatytos įvertinus, jog keturioms auselėms tenka 106 kg saulės kolektorių panelių svoris (vienas sveria 53 kg, žr. 2.1 lentelę). Šį svorį reikia padalinti iš keturių ir taip gaunama, jog vienai auselei tenka 29,15 kg. Auselę gniuždo taip pat rėmo konstrukcija. Lovio svoris yra 7,9 kg/m (žr. 6 priedą), todėl dauginama iš 7 m ir gaunama, jog svoris yra 49,63 kg. Taip pat lygiašonio

kampuočio svoris apskaičiuojamas 6,83 kg/m (žr. 5 priedą) dauginant iš 6 m lygus 41,04 kg. Taigi konstrukcijos masių suma dalinama iš keturių (vienai auselei tenka 22,67 kg). Taip pat reikia įvertinti vamzdinio variklio (1,8 kg) su medžiaga svorį (16,58 kg, skaičiuota 2.2.2 poskyryje). Padalinus šių svorių sumą iš keturių gaunama, jog auselei tenka 27,27 kg. Galiausiai sudedama su kolektorių panelių svoriu. Taigi reikia pridėti ant pagamintos detalės 564,2 N jėgą. Atlikus atsargos koeficiento patikrinimą gauta didelė atsarga $n = 20$ ir mažas įlinkis $1,768 \cdot 10^{-3}$ mm.

Taip pat reikia apskaičiuoti susidariusį momentą, kadangi detalė yra pasvirusi (žr. 3.4 pav.), todėl naudojantis 2.12 formule atliekami pakeitimai, pridedamas petys (auselės aukštis 100 mm) bei konstrukcijos ir apsauginės dalies svoris susidaręs ant pagamintos detalės skylės. Taigi momentas randamas naudojant 3.1 formulę [48].

$$m_{medžiagos} = P \cdot h \cdot \sin(40^\circ) = 564,5 \cdot 0,1 \cdot 0,745 = 42,1 \text{ Nm} \quad (3.1)$$

čia: P – veikianti konstrukcijos ir apsauginės dalies jėga, h – auselės aukštis.

4. SAULĖS MODULIO EKONOMINIS KOMPONENTŲ KAINŲ SKAIČIAVIMAS

Šioje dalyje pateikiamas darbe parinktų komponentų sąrašas. Remiantis internetinių parduotuvių dabartinėmis kainomis sudaryta sistema įvertinta 15.182,19 €, tačiau darbų kainos nėra įskaičiuotos bei nėra žinoma kiek reikės pakeisti vamzdžių termofikatui, karštam (pasiekti vartotoją)/ šaltam vandeniui (tiekti į akumuliacines talpas) tiekti, vamzdžius dengti šilumos izoliacija, ar prireiks atnaujinti elektros įrenginius.

Kainos nurodytos 2015 m. UAB „Lemona“, UAB „Terma“, UAB „ITP“, UAB „Mikludava“, UAB „E-Santechnika“, UAB „Dūmsta“, UAB „Elektros prekės“, vamzdinio variklio RollerTrol™ Automation Systems bei VŠĮ elektroninė parduotuvė „Saulės sistemos“.

4.1 lentelė. Saulės modulio komponentų kainų skaičiavimas

Saulės modulio komponentas	Vnt. kaina	Kiekis	Kiekio kaina
Fotorezistorius	1,17 €	10	11,70 €
ITP PT1000 temperatūros jutiklis (-50-180°C)	19,36 €	4	77,44 €
Akumuliacinė talpa SUNEX FISH 1500 S4	1.451 €	1	1.451,00 €
Akumuliacinė talpa SUNEX FISH 750 S4	984,71 €	1	984,71 €
Dvigubas gofruotas nerūdijančio plieno vamzdis DN 20	329,01 €	2	658,02 €
TiSUN PFM-S 3.3 saulės kolektoriaus panelė	952,53 €	10	9.525,31 €
Reflex N 50 išsiplėtimo indas	67 €	1	67,00 €
Reflex N 250 išsiplėtimo indas	358 €	1	358,00 €
Apsauginis vožtuvas	44,89 €	2	89,78 €
SUNEX BS30 užpildymo stotis	477,88 €	1	477,88 €
Automatinis nuorintojas	8,63 €	4	34,52 €
SUNEX, GPS 70 siurblio modulis	346,97 €	1	346,97 €
Pamaišymo vožtuvas su pavara VRG230, ARA 600	180,72 €	2	361,44 €
Atbulinis vožtuvas ITAP, d 1½	21,70 €	3	65,10 €
20 l propilenglikolio koncentratas	71,83 €	2	143,66 €
Medžiaga (avila twilight khaki) 6 x 7m kaina	107,49 €	1	107,49 €
Vamzdinis variklis	339,77 €	1	339,77 €
Stogo sandarinimo detalė	29,83 €	1	29,83 €
Kontaktinis manometras	52,57 €	1	52,57 €
Iš viso:			15.182,19 €

Pagal skyrelį 2.1.1. „Saulės kolektorių ploto apskaičiavimas“ paskaičiuojama kiek pinigų bus sutaupoma per metus naudojant saulės kolektorius (žr. 4.1 lentelę).

4.1 lentelė. Karšto vandens kainų skaičiavimas

	60% poreikio padengto karšto vandens	Karšto vandens pagal deklaraciją
Suvartojimas per parą, m ³	1,25	2,09
Suvartojimas darbo dienomis šiltuoju metu (131 diena), m ³	164,27	273,92
Kaina šiltuoju metu (tarifas 3,66 €/m ³), €	601,24	1002,55
Per metus sutaupoma, €		401,31

Skaičiavimams priimama, jog kolektoriai pasirinktą dieną dengia karšto vandens poreikį 60%. Pagal 2.1.1 skyrelį 60% atitinka minėtą reikšmę $V_p = 1254$ l ir pagal atliktus skaičiavimus darbo dieną suvartojama 2091 l (lentelėse kiekis pakeistas į kubinius metrus, dėl kainų skaičiavimų). Karšto vandens kaina 3,66 Eur/m³ (žr. 7 priedą).

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Karšto vandens ruošimo sistema modernizuota, saulės kolektoriai parinkti, apsauga nuo šilumnešio perkaitimo įdiegta, darbe buvo pateikti principiniai sprendimai, sistemos modeliavimo dalis, suprojektuota konstrukcija, tinkanti atlaikyti saulės kolektorius bei apsaugos sistemos komponentus. Pateikiamos išvados pagal darbo uždavinius:

1. Parinkti plokštieji saulės kolektoriai, nes jie rečiau genda, yra pigesni, tarnauja du kartus ilgiau nei vakuuminiai. Esantis 40° šlaitinio stogo polinkio kampas nuo horizontalės tinkamas, tai nustatyta analizės dalyje.

2. Parinkti komponentai atitinka techninę užduotį, saulės kolektoriai tenkina 60% karšto vandens poreikį.

3. Sudarytos valdymo dalys. Jos suskirstytos į: saulės modulio siurblio paleidimo, saulės kolektorių skaidrumo jutiklio, karšto vandens pamaišymo reguliavimo, karšto vandens sistemos temperatūros palaikymo dalis.

4. Pagaminta detalė atitinka stiprumo reikalavimus, jos atsargos koeficientas $n = 20$, o jos įlinkis yra tik $1,768 \cdot 10^{-3}$ mm. Taigi net ir žiemą esant drėgnam sniegui ant konstrukcijos, ji bus tvirta ir neįlinkis.

5. Atliktas ekonominis įvertinimas, sistema kainuotų 15.182,19 €, neįskaičius darbų kainų. Taip pat atliktas karšto vandens kainų skaičiavimas, šiltuoju metu su šia saulės kolektorių sistema galima sutaupyti iki 401,31 €.

LITERATŪRA

1. Rebecca Scudder. Compare the Efficiency of Different Power Plants, 2010 m. [žiūrėta 2015 03 20] Prieiga per internetą:
<http://www.brighthubengineering.com/power-plants/72369-compare-the-efficiency-of-different-power-plants/>
2. Doerr, Thomas. Passive Solar Simplified: Easily design a truly green home for Colorado and the West. 2012, Nr.1, p. 10-19.
3. Springtimehomes. [žiūrėta 2015 03 25] Prieiga per internetą:
<http://www.springtimehomes.com/files/designscience2048483674.jpg>
4. Solarenergyfacts. [žiūrėta 2015 04 22] Prieiga per internetą: <http://solarenergyfactsblog.com/wp-content/uploads/2012/03/passive-solar-energy.jpg>
5. Solar innovations. Kimberly Oldham, Solar Chimney, 2011 m. [žiūrėta 2015 03 20] Prieiga per internetą: <http://www.solarinnovations.com/solar-energy-products/solar-chimney/>
6. Solar insolation. [žiūrėta 2015 03 28] Prieiga per internetą: <http://solarinsolation.org/wp-content/uploads/2012/05/solar-heating-systems2.png>
7. Terma/produktai/saulės kolektorių sistemos. SAULĖS KOLEKTORIŲ PANAUDOJIMO PAVYDŽIAI IR PERSPEKTYVOS LIETUVOJE. [žiūrėta 2015 04 15] Prieiga per internetą:
<http://www.terma.lt/sites/default/files/files/Saules%20perspektyvos%202013.pdf>
8. Photovoltaic Systems. [žiūrėta 2015 04 02] Prieiga per internetą:
<http://photovoltaics.sustainablesources.com/>
9. H.Ramesha. Solar is so, like, in. [žiūrėta 2015 03 16] Prieiga per internetą:
<https://hramesha.wordpress.com/2008/10/08/solar-is-so-like-in/>
10. SCOTTISH PLASTICS AND RUBBER ASSOCIATION. [žiūrėta 2015 03 20] Prieiga per internetą: http://www.spra.org.uk/sites/spra/files/imagecache/fullsize/gl_1.jpg
11. Chuck Marken. Solar Collectors ...Behind the Glass, 2009 m. [žiūrėta 2015 04 14] Prieiga per internetą: <http://www.homepower.com/articles/solar-water-heating/equipment-products/solar-collectors-behind-glass>
12. Solargeysers. [žiūrėta 2015 04 09] Prieiga per internetą: <http://www.solargeysers.co.za/wp-content/uploads/2011/08/Bladsy-64.jpg>
13. Ulrike Jordan, Klaus Vajen. Domestic solar water heating. [žiūrėta 2015 03 25] Prieiga per internetą: http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/09-10/Hybrid_systems/solar-thermal.htm
14. Homepower. [žiūrėta 2015 04 11] Prieiga per internetą:
http://www.homepower.com/sites/default/files/articles/ajax/docs/3_Flat-Plate-detail-shadows.jpg

15. Katie McKissick. Tower of power. [žiūrėta 2015 03 16] Prieiga per internetą:
<http://climatekids.nasa.gov/concentrating-solar/>
16. Google maps. Margio g. 17. [žiūrėta 2015 02 22] Prieiga per internetą:
<https://www.google.lt/maps/place/Margio+g.+17,+Kaunas+44226/@54.8923574,23.9357833,352m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x46e7227e9a9dd691:0x7ae82985aa07898c>
17. Lentelę pateikė Kauno lopšelis-darželis „Ąžuoliukas“. Vandens pašildymo bei suvartojimo deklaracija.
18. Balčiūnas P., Janušonienė V., Janušonis S. Kaip saulės šviesą paversti elektra. Mokslininkų sąjungos institutas. 1999.
19. Gear Solar, Solar Thermal Technologies. [žiūrėta 2015 02 20] Prieiga per internetą:
<http://www.gearsolar.com/SolarThermal.aspx>
20. Charles R. Landau, Optimum Tilt of Solar Panels 2014 m. [žiūrėta 2015 02 20] Prieiga per internetą: <http://www.solarpaneltilt.com/>
21. Silute.lt Pirmasis būdas. Karšto vandens tiekimas, norma. [žiūrėta 2015 04 25] Prieiga per internetą: http://www.silute.lt/publ/laikini/karsto_vand_tiekimas.htm
22. Katalogas „VIESSMANN“. [žiūrėta 2015 02 14] Prieiga per internetą:
http://www.viessmann.lt/etc/medialib/internet/pdf/saules_sist_.Par.88560.File.File.tmp/vitosol200f_projekt.pdf
23. Šateikis I., Lynikienė S. Atsinaujinančios energijos šaltinių naudojimo projektiniai skaičiavimai. Metodiniai patarimai. Lietuvos žemės ūkio universitetas, Kaunas-Akademija-Raudondvaris, 2007.- 48 p. Formulės
24. Saulės kolektorių panelės duomenys. Katalogas „Terma“. [žiūrėta 2015 03 20] Prieiga per internetą: <http://www.terma.lt/lt/Downloads/PROSPEKTAS%202011.01.pdf>
25. Katalogas „VIESSMANN“. [žiūrėta 2015 02 14] Prieiga per internetą:
http://www.viessmann.lt/content/dam/internet-lt/pdf/informacija_apie_produkt/vitocell_100-b.pdf
26. Išsiplėtimo indo parinkimas. [žiūrėta 2015 04 10] Prieiga per internetą:
<http://www.alkune.lt/?naudingi-patarimai>
27. Vamzdžio tūrio skaičiavimas. [žiūrėta 2015 03 23] Prieiga per internetą:
<http://www.de2.lt/naudinga-informacija/formules/635-vamzd%C5%BEio,-talpos-t%C5%ABrio-skai%C4%8Diavimas>
28. Reflex išsiplėtimo indai. [žiūrėta 2015 03 28] Prieiga per internetą: <http://www.issipletimoindai.lt/>
29. Siurblio parinkimas. [žiūrėta 2015 03 28] Prieiga per internetą:
http://www.engineeringtoolbox.com/pumps-power-d_505.html
30. Temperatūros jutiklis. [žiūrėta 2015 04 07] Prieiga per internetą:
<http://www.sauleselektrines.lt/lt/itp-pt1000-sensor-50-180>

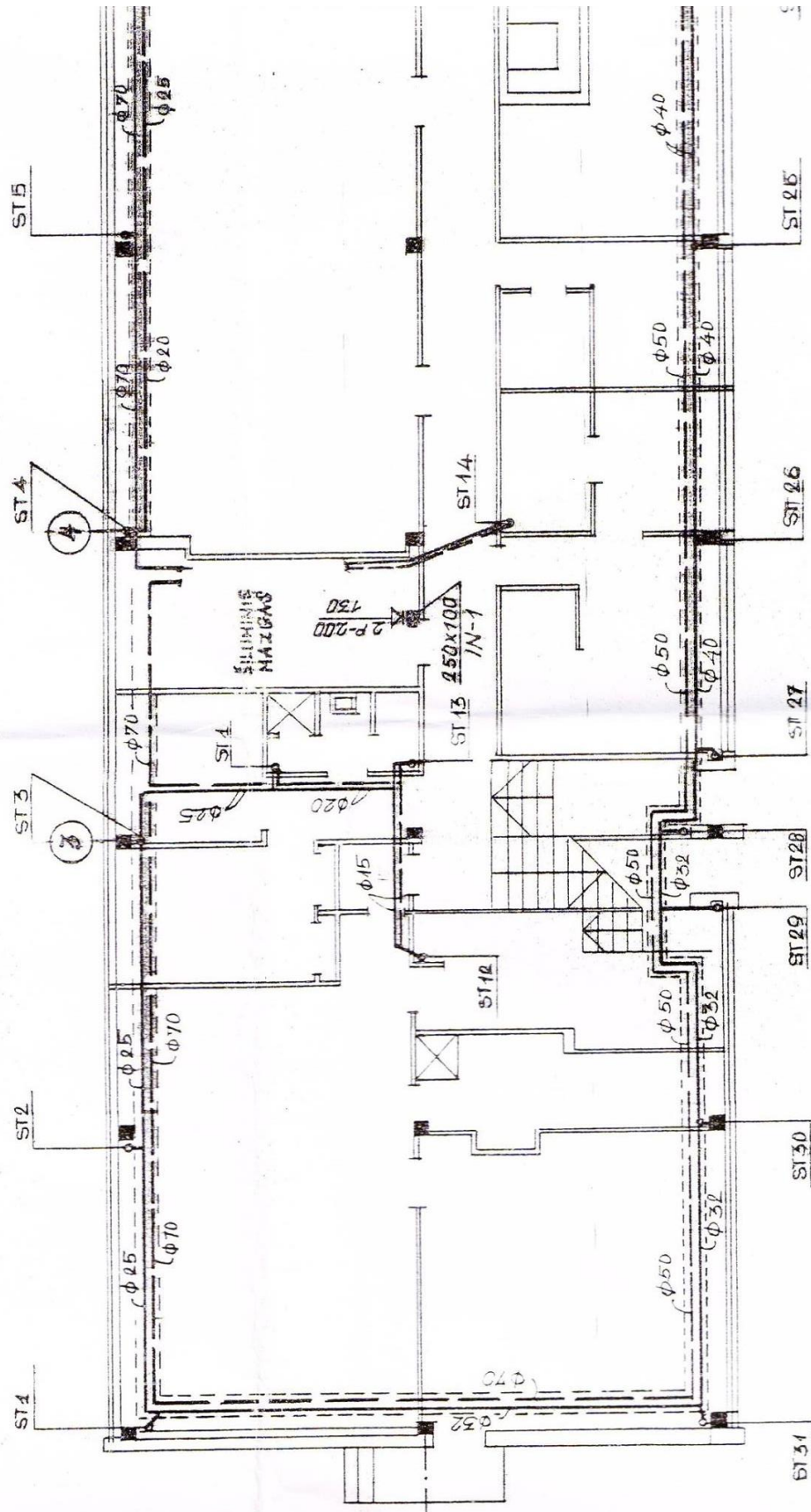
31. Regulatorius. [žiūrėta 2015 03 21] Prieiga per internetą:
https://products.ecc.emea.honeywell.com/europe/ecatdata/pg_xl50a.html
32. Kontaktinis manometras. [žiūrėta 2015 04 05] Prieiga per internetą:
http://www.valmetrus.lt/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=90:manometrai&Itemid=65
33. Norminių dokumentų sąrašas:
STR1.12.07:2004 „Statinių techninės priežiūros taisyklės, kvalifikaciniai reikalavimai statinių techniniams priežiūrėtojams, statinių techninės priežiūros dokumentų formos bei jų pildymo ir saugojimo tvarkos aprašas“. „Šilumos tiekimo tinklų ir šilumos punktų įrengimo taisyklės“. 1998-04-24 Nr.151 „Šilumos ir karšto vandens tiekimo tinklų ir jų įrengimo apsaugos taisyklės“. Įrenginių šilumos izoliacijos įrengimo taisyklės.
34. Apsauginis vožtuvas. [žiūrėta 2015 03 15] Prieiga per internetą:
http://www.e-senukai.lt/santechnika-sildymas-vedinimas/udens-noteksystemas/santechnine-armatura-kolektoriai/uzdaromoji-santechnine-armatura/apsauginiai-voztuvai/apsauginis-voztuvas-sv-1x1-10bar-watts.html?shp=2&alist_tab=actions
35. Uždaromasis ventilis OR VAR. [žiūrėta 2015 03 15] Prieiga per internetą:
<http://www.van2o.lt/uzdaromasis-ventilis-or-var-zalvarinis-1-fx1-f-16bar.html>
36. Atbulinis vožtuvas su filtru, DN 20. [žiūrėta 2015 03 15] Prieiga per internetą:
http://www.e-senukai.lt/santechnika-sildymas-vedinimas/udens-noteksystemas/santechnine-armatura-kolektoriai/uzdaromoji-santechnine-armatura/atbuliniai-voztuvai/200050851199.html?shp=2&alist_tab=articles
37. Pavaros. [žiūrėta 2015 03 17] Prieiga per internetą: http://www.e-santechnika.lt/preke/Katilu_sildymo_sistemu_priedai/Pamaisymo_voztuvu_ir_pavaru_komplektai/13045-pamaisymo_voztuvas_su_pavara_vrg232_40-30_a
38. Vamzdžiai, šilumos izoliacija. [žiūrėta 2015 03 17] Prieiga per internetą:
http://www.vtpvm.lt/uploads/pdf/vpirkimai/Technines_specifikacijos.pdf
39. JIAXING HUATE MECH ELECTRICAL CO. Tubular motor. [žiūrėta 2015 03 11] Prieiga per internetą: <http://www.hualite.cn/index.php?c=msg&id=339&>
40. Propilenglikolio koncentratas saulės terminėms sistemoms. [žiūrėta 2015 03 13] Prieiga per internetą: <http://el.sprendimas.net/propilenglikolis>
41. Katalogas. AVILA TWILIGHT KHAKI 0% [žiūrėta 2015 03 13] Prieiga per internetą:
<http://automaticblindsandshades.com/avila-twilight/224-avila-twilight-khaki-0pct.html>
42. 3,12,13 A. Čižas, V. Viršilas ir kt. Aiškinamasis medžiagų atsparumo uždavinynas. V.:TEV, 2000. 71 psl.

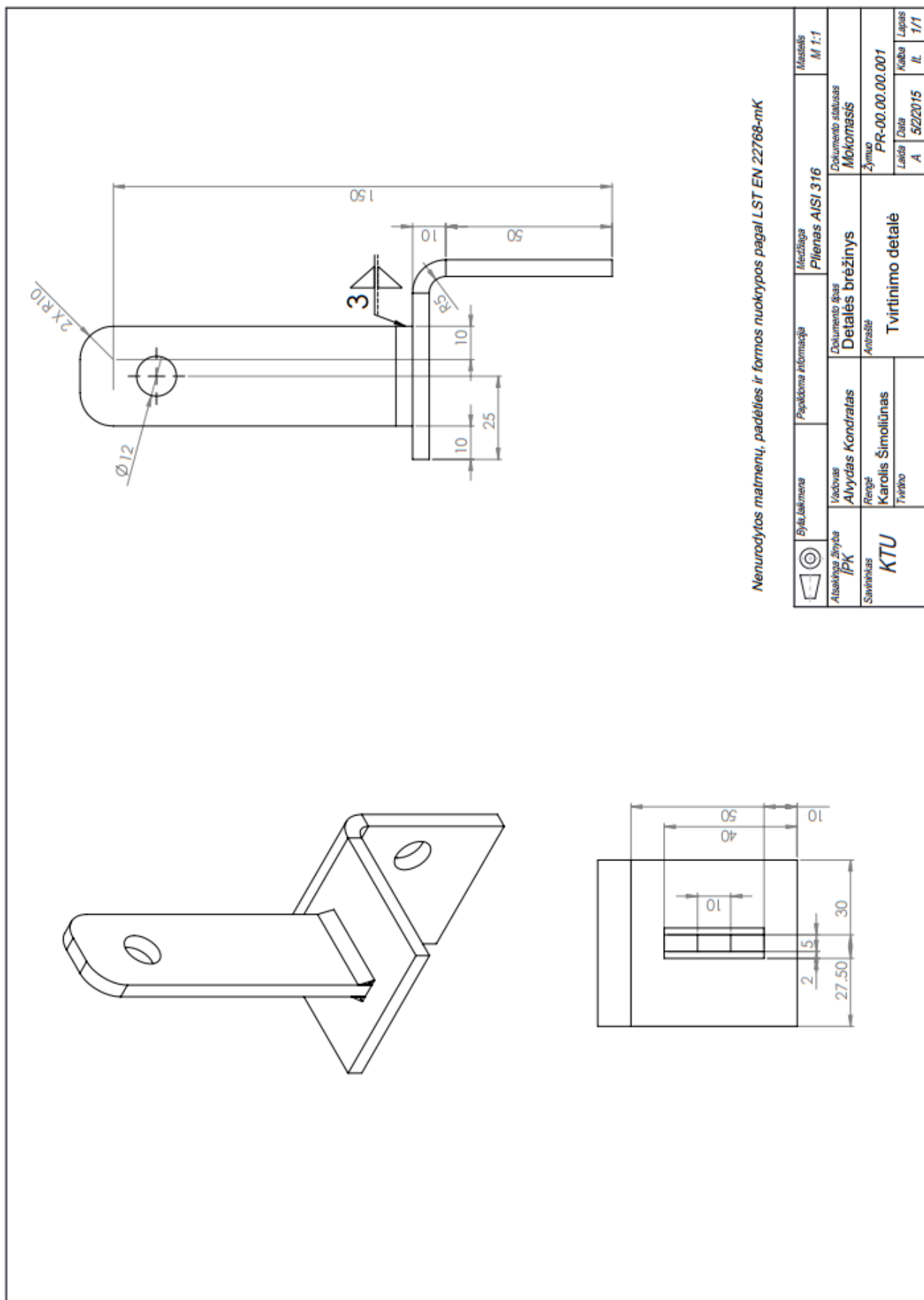
43. Vamzdinių variklių katalogas. [žiūrėta 2015 03 11] Prieiga per internetą:
<http://rollertrol.com/tubular-motor-comparison-table>
44. ENDMEMO. [žiūrėta 2015 03 15] Prieiga per internetą:
<http://www.endmemo.com/physics/rpmlinear.php>
Darbai aukštyje. [žiūrėta 2015 02 25] Prieiga per internetą:
<http://www.vdi.lt/AtmUploads/KritimoIsAukscioApsaugosPriemoniuParinkimasNaudojimasIrPriaziura.pdf>
46. UPE 80 karšto valcavimo lovys. [žiūrėta 2015 04 26] Prieiga per internetą:
<http://www.visi-metalai.lt/upe-karsto-valcavimo-lovys-loviu-specifikacija-din-1026-en-10279>
47. hb65, t7 lygiašonis kamuotis. [žiūrėta 2015 04 26] Prieiga per internetą:
<http://www.visi-metalai.lt/kampuociai-lygiasoniai-plieniniu-lygiasoniu-karsto-valcavimo-kampuociu-specifikacija-metaliniai-kampuociai>
48. A. Čižas, V. Viršilas ir kt. Aiškinamasis medžiagų atsparumo uždavinynas. V.:TEV, 2000. 15, 107psl.
49. SUNEX, LPR 1,95 m². [žiūrėta 2015 03 02] Prieiga per internetą:<http://parduotuve.terma.lt/saules-kolektoriai/118-sunex-lpr.html>
50. SUNEX, P.I.G. 2.0 2.0 m². [žiūrėta 2015 03 02] Prieiga per internetą:
<http://parduotuve.terma.lt/saules-kolektoriai/134-sunex-amx-20.html>
51. Šilumos ir karšto vandens kaina Kaune, Kauno rajone ir Jurbarko rajone nuo 2015 m. birželio 1 d. [žiūrėta 2015 04 24] Prieiga per internetą:
<http://www.kaunoenergija.lt/Fiziniamsasmenims/%C5%A0ilumoskainos/tabid/71/Default.aspx>

PRIEDAI

1 priedas. Šiluminis mazgas pastato išplanavime

PIRMO AUKŠTO PLANAS M 1:100





3 priedas. Polinkio kampų nuo horizontalės efektyvumo palyginimas[18]

30° polinkio kampas nuo horizontalės			40° polinkio kampas nuo horizontalės		
Sezonas	Saulės spindulių sugertis ant panelių	Sugertis, %	Sezonas	Saulės spindulių sugertis ant panelių	Sugertis, %
Žiema	5.6	100	Žiema	4.7	100
Pavasaris/ruduo	6.0	107	Pavasaris/ruduo	5.8	123
Vasara	5.1	91	Vasara	5.1	109

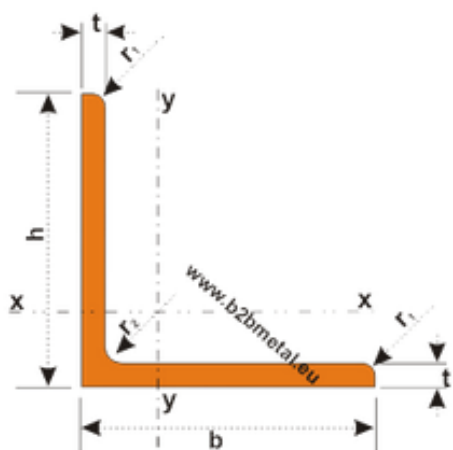
4 priedas. Kolektorių kainų palyginimas[49;50]

Saulės kolektoriaus tipas	Plokščiasis saulės kolektorius SUNEX, LPR	Vakuuminis saulės kolektorius SUNEX, P.I.G. 2.0
Paviršiaus plotas, m ²	1,95	2,0
Kaina	191,00 €	646 €

5 priedas. Lygiašonis kampuočio [47]

Kampuočiai lygiašoniai, pilieniniai, karšto valcavimo, pagaminti iš konstrukcinio pilieno atitinkamai standartams:

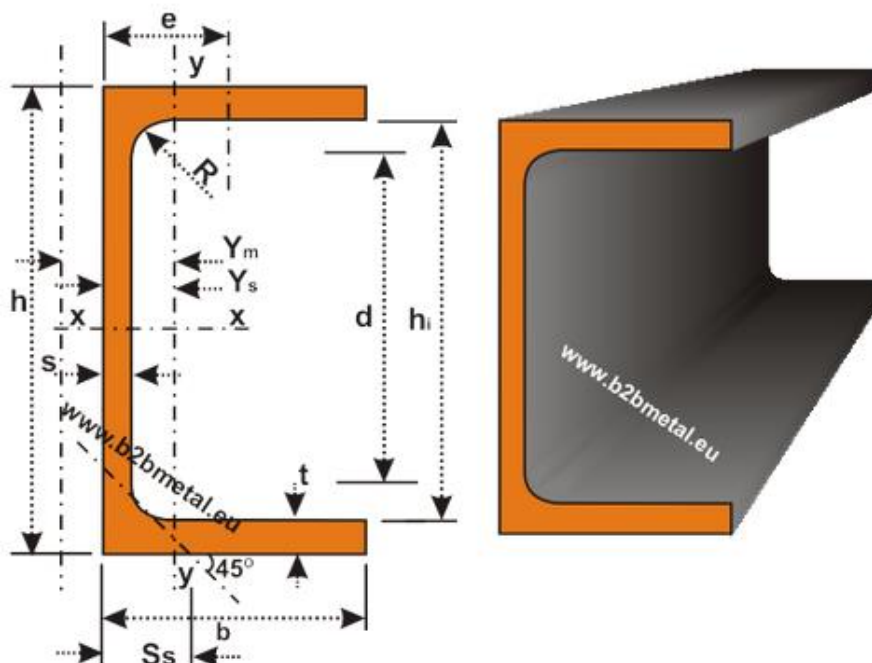
STN 42 5550
EN 10024
DIN 1025
TDP: STN 42 0135



Matmenys					Techninės charakteristikos			Skerspjūvio plotas	Masė 1 m
mm					lx=ly	Wx=Wy	lx=ly	A	kg/m
h=b	t	r1	r2	d	cm ⁴	cm ³	cm	cm ²	
65	7,0	9,0	4,5	1,9	33,40	7,16	1,96	8,70	6,83

UPE karšto valcavimo lovtai (lovinės sijos), pagaminti iš konstrukcinio (statybinio) plieno atitinkamai standartams:

DIN 1026-2:2002-10
 EN 10279:2000 (Tolerancija)
 EN 10163-3:2004, class C, subclass 1 (Paviršius)
 STN 42 5550
 ČTN 42 5550
 TDP: STN 42 01



Žymėjimas	Matmenys				Išmatavimai				Skerspjūvio plotas		Masė 1 m		Paviršiaus	
	h	b	s	t	R	h1	d	Ø	emln	emax	A	G	AL	AG
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm	cm ²	kg/m	m ² /m	m ² /m
UPE 80	80	50	4,0	7,0	10	66	46	-	-	-	10,1	7,90	0,343	43,45

7 priedas. Karšto vandens kainos [51]

Karšto vandens kainos (kai karšto vandens tiekėjas AB „Kauno energija“) be pridėtinės vertės mokesčio:

Eil. Nr.	Rodiklio pavadinimas	Karšto vandens kainos, kai neįrengta nuotolinio duomenų nuskaitymo ir perdavimo sistema	Karšto vandens kainos, kai įrengta nuotolinio duomenų nuskaitymo ir perdavimo sistema
1.	KARŠTO VANDENS KAINOS VARTOTOJAMS DAUGIABUČIUOSE NAMUOSE:		
1.1.	Kauno miesto, Kauno rajono Garliavos miesto, Akademijos miestelio ir Domeikavos kaimo vartotojams:	3,59 Eur/m ³ (12,40 Lt/m ³)	3,66 Eur/m ³ (12,64 Lt/m ³)
1.2.	Kauno rajono Ežerėlio miesto bei Raudondvario, Neveronių ir Girionių kaimų vartotojams:	4,41 Eur/m ³ (15,23 Lt/m ³)	4,47 Eur/m ³ (15,43 Lt/m ³)
1.3.	Jurbarko miesto vartotojams:	4,33 Eur/m ³ (14,95 Lt/m ³)	4,40 Eur/m ³ (15,19 Lt/m ³)