



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Povilas Šmitas

IŠMANAUS TINKLO PRITAIKYMAS GYVENAMIESIEMS
NAMAMS

Baigiamasis bakalauro projektas

Vadovas

Doc. dr. Robertas Staniulis

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

**IŠMANAUS TINKLO PRITAIKYMAS GYVENAMIESIEMS
NAMAMS**

Baigiamasis bakalauro projektas
Atsinaujinančioji energetika (612E33001)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Robertas Staniulis
(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr.
(data)

Projektą atliko

(parašas) Povilas Šmitas
(data)

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos

(Fakultetas)

Povilas Šmitas

(Studento vardas, pavardė)

Atsinaujinančioji energetika (612E33001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Išmanaus tinklo pritaikymas gyvenamiesiems namams“

AKADEMINIO SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. Gegužės 15 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Povilo Šmito** baigiamasis projektas tema „Išmanaus tinklo pritaikymas gyvenamiesiems namams“ 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)

Povilas Šmitas, Išmanaus tinklo pritaikymas gyvenamiesiems namams. Energetikos kryptis, Atsinaujinančioji energetika. Vadovas doc. R.Staniulis; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra. Kaunas, 2015.

SANTRAUKA

Darbe lyginamos dvi pagrindinės sistemos: vieno namo sistema su geoterminiu šildymu, saulės kolektoriais, saulės moduliais ir keliais energijos kaupimo būdais, lyginama su penkių identiškų namų sistema su centralizuotu geoterminio šildymo siurbliu ir centralizuota saulės elektrine ir keliais energijos kaupimo būdais. Vieno namo sistemai paskaičiuotas geoterminio šildymo siurblys 8,7kW galimumo, o penkių namų sistemai 41,03kW galimumo šilumos siurblys. Penkių namų sistemos privalumas, kad siurblio kaina tik tris kartus didesnė nei vieno namo sistemos. Sistemoje saulės elektrinė paskaičiuota dviem būdais tiesiogiai pagal realius duomenis ir pagal teorinius. Vieno namo sistemai naudojama 5,39kW saulės elektrinė, o 5 namų sistemai 26,46kW saulės elektrinė Darbe nagrinėjamas energetikos sistemos trūkumas- energijos kaupimas. Pateikiama keletas būdų kaupti energiją, naudojami šprasti gilaus iškrovimo ciklo akumuliatoriai, lyginami su naujais ličio-jonų, taip pat neatmetama galimybė elektrą akumulioti tinkle. Paskaičiuoti įvairių sistemų atsipirkimo laikotarpiai. Vidutinis vieno namo sistemos atsipirkimo laikotarpis apie 17 metų, o 5 namų sistemos apie 13 metų.

Raktiniai žodžiai: gyvenamasis namas, šilumos siurblys, energetinis efektyvumas, saulės energija, geoterminė energija, energijos akumuliacija, centralizuota sistema, atsinaujinantys energijos šaltiniai.

Povilas Šmitas, Application of Smart Grid to Residential Houses. Energy, program of study – Renewable energy. Assoc doc. R.Staniulis; Electrical Power Department, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Kaunas University of Technology. Kaunas, 2015.

SUMMARY

Two main systems are compared in this work: the system of one residential house with geothermal heating, solar collectors, solar modules and several methods of energy storage, is compared with the system of five identical residential houses with centralized geothermal heat pump, centralized solar power station and several methods of energy storage. 8,7 kW geothermal heat pump is calculated for the system of one residential house and 41,03 kW heat pump – for the system of five residential houses. The advantage of the system of residential dwelling houses is in the fact that the price of heat pump is only three times bigger than the price of a heat pump for the system of one residential house. The solar power station in the system is calculated in two ways: directly according to the real data and theoretical data. 5,39 kW solar power station is used in the system of one residential house and 26,46 kW solar power station – in the system of five residential houses. The disadvantage of energy system – energy storage (accumulation) is also analysed in the work. Several ways how to store energy is given in the work: there are used conventional deep cycle discharge accumulators, they are compared with lithium-ion accumulators, but the possibility to accumulate electricity in the network is not excluded. Payback periods of different systems are also calculated. The average payback period of the system of one residential house is about 17 years, and the payback period of the system of five residential houses – about 13 years.

Key words: residential house, heat pump, energy efficiency, solar energy, geothermal energy, energy storage, centralized system, renewable energy sources.

TURINYS

Paveikslų sąrašas.....	8
Lentelių sąrašas.....	8
Santrumpų sąrašas.....	9
Įvadas	10
1. Atsinaujinantys energijos šaltiniai gyvenamiesiems namams	12
1.1 Saulės elementų energija.....	12
1.2 Saulės kolektorių energija	13
1.3 Geoterminė energija	14
1.4 Akumuliatorių energija	15
1.5 Išmanusis tinklas	15
2. Projekto aprašymas	17
3. Namų energetinės sistemos projektas	18
3.1 Objekto aprašymas	18
3.2 Geoterminio šildymo sistema.....	18
3.2.1 Energijos poreikių skaičiavimas	18
3.2.2 Šilumos siurblio parinkimas	21
3.2.3 Saulės kolektorių parinkimas.....	21
3.3 Elektros energijos poreikių skaičiavimas.....	22
3.3.1 Saulės modulių parinkimas.....	23
3.3.3 Inverterių parinkimas.....	26
3.4 Energijos kaupimo alternatyvos	26
3.4.1 Tesla akumulatoriai.....	26
3.4.2 Įprasti akumulatoriai	27
3.4.3 Tinklą naudoti kaip akumuliatorių.....	27
4. Penkių identiškų namų sujungimas į bendrą tinklą su centralizuota geoterminio šildymo sistema ir saulės elektrine.....	28
4.1 Geoterminės šildymo sistemos perskaičiavimas	28
4.1.1 Energijos poreikių perskaičiavimas	28
4.1.2 Šilumos siurblio parinkimas	30
4.1.3 Karšto vandens ruošimas	30
4.2 Penkių namų elektros energijos poreikių skaičiavimas	31
4.2.1 Saulės modulių parinkimas.....	31
4.2.2 Inverterių parinkimas	33
4.3 Energijos kaupimo alternatyvos	33

4.3.1	Tesla akumulatoriai.....	33
4.3.2	Įprasti akumulatoriai	33
4.3.3	Tinklą naudoti kaip akumuliatorių.....	33
5.	Objekto ekonominis įvertinimas	34
	Išvados	37
	Literatūros sąrašas.....	38
	Priedų sąrašas.....	40

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1	pav. Monokristalinis SE (kairėje), polikristalinis SE (dešinėje).....	12
1.2	pav. Šildymo sistema su saulės kolektoriumi	13
1.3	pav. Geoterminio šildymo sistema	14
1.4	pav. Akumuliatorių laikymo pavyzdys (kairėje) naujos kartos akumulatoriaus pavyzdys (dešinėje)	15
1.5	pav. Tradicinio tinklo modelis (kairėje) išmaniojo tinklo modelis (dešinėje)	16
3.1	pav. Šiluminės energijos poreikiai per metus	20
4.1	pav. Penkių namų šiluminės energijos poreikiai per metus	29

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1	lentelė. Saulės energija tenkanti ploto vienetui Kaune[4]	13
1.2	lentelė. Tradicinio ir išmanaus tinklo palyginimas[5]	16
2.1	lentelė. Vieno namo sistemos privalumai ir trūkumai	17
2.2	lentelė. Penkių namų sistemos privalumai ir trūkumai	17
3.1	lentelė. Šilumos poreikiai pastatui šildyti	18
3.2	lentelė. Šilumos poreikiai karštam vandeniui ruošti	19
3.3	lentelė. Bendras šiluminės energijos poreikis	19
3.4	lentelė. Šilumos siurblio pagrindiniai parametrai	21
3.5	lentelė. Sistemai reikalinga elektros energija.....	21
3.6	lentelė. Elektros įrenginių sąrašas ir jų naudojama energija[10]	22
3.7	lentelė. Bendras namo elektros energijos poreikis.....	22
3.8	lentelė. Saulės modulių parametrai[9]	23
3.9	lentelė. Praktikos metu gauti 28,910kW instaliuotos galios saulės elektrinės duomenys ...	23
3.10	lentelė. 4,41kW saulės elektrinės pagaminama elektros energija	24
3.11	lentelė. 5,39kW saulės elektrinės pagaminama energija.....	25
3.12	lentelė. „Tesla“ ličio jonų akumulatoriaus parametrai	27
4.1	lentelė. Šilumos poreikiai 5 namų sistemai šildyti	28

4.2	lentelė. Šilumos poreikiai karštam vandeniui ruošti	28
4.3	lentelė. Bendras šiluminės energijos poreikis	29
4.4	lentelė. Šilumos siurblio pagrindiniai parametrai [11]	30
4.5	lentelė. 5 namų sistemai reikalinga elektros energija	30
4.6	lentelė. Bendras 5 namų elektros energijos poreikis.....	31
4.7	lentelė. 22,54kW saulės elektrinės pagaminama energija	32
4.8	lentelė. 26,46 kW saulės elektrinės pagaminama energija	32
5.1	lentelė Įrenginių kainos.....	34
5.2	lentelė. Sistemų kainų palyginimas ir jų atsipirkimo laikas	35

SANTRUMPŲ SĄRAŠAS

COP – energijos transformacijos koeficientas (Coefficient of Performance).

SE – saulės elementas

SM – saulės modulis

AEŠ – atsinaujinantys energijos šaltiniai

AB – akumuliatorių baterija

IVADAS

Mažėjant iškastinio kuro ištekliams pasaulyje ieškoma alternatyvių energijos šaltinių. AEŠ plačiausiai naudojami didelio masto koncentruotose vietovėse, tačiau technologijoms pingant ir mažėjant gabaritams, AEŠ galima panaudoti ir individualiems vartotojams. Tarp individualių vartotojų sparčiai populiarėja saulės kolektoriai, saulės elementai, geoterminis šildymas, mažiau populiarios vėjo turbinos. Energetiniu požiūriu AEŠ yra brangi investicija kuri atsiperka per kelerius ar kelias dešimtis metų, priklausomai nuo sistemos.[1]

Saulės moduliai tai puslaidininkiai saulės energija paverčiantys į elektros energiją. Šiuo metu ypač sparčiai tobulėja jų gaminių technologijos ir gaminiai pasiekia vis didesnę efektyvumą už mažesnę kainą, kas aktualu vartotojams pritaikant saulės elektrines namuose.

Vėjo energija nėra tokia populiari kaip saulės energija, dėl savo didesnių gabaritų, judančių mechanizmų, bei pritaikymo miesto vietovėse. Tokioms sistemoms reikia turėti galimybę sparnuotę iškelti į didelį aukštį. Vėjo elektrinės kitaip nei saulės, mechaninę energiją verčia į elektros energiją, elektros generatoriaus pagalba.

Vis dažniau diegiant AEŠ naudojami akumulatoriai, kurie padeda aprūpinti namą energija kai nešviečia saulė ar nėra vėjo. Akumulatorius prijungti prie sistemos nesudėtinga, nes saulės bei vėjo elektrinės gamina nuolatinės srovės elektros energiją, kuri neverčiant į kintamos srovės elektros energiją gali krauti AB. AB pagrindinis minusas tai, kad reikalinga vieta kur būtų galima juos sandėliuoti, bei reikalingas nuolatinis priėjimas, nes jie turi labai ribotą tarnavimo laiką.

Geoterminę energiją sudaro saulės šilumos energija ir žemės vidinė šiluminė energija, ši technologija sparčiai populiarėja dėl savo patogumo, o namo šildymo kaštai ne didesni nei naudojant kietojo kuro katilus. Taip sutaupoma ir laiko ir pinigų, tačiau geoterminio šildymo sistemos pradinė kaina daug didesnė nei kietojo ar dujinio katilo. Šią sistemą pravartu naudoti kartu su atsinaujinančiais energijos šaltiniais, nes namas šildomas naudojant elektros energiją.

Saulės kolektoriai skirti karštam vandeniui ruošti, jie populiarėja dėl galimybės sumažinti boilerio kaštus. Šiltuoju metų laiku nereikia rūpintis dėl karšto vandens paruošimo, o naujos technologijos leidžia juos panaudoti netgi prie minusinės temperatūros.

Išmanusis tinklas tai sistema nuolat renkanti ir perduodanti informaciją vartotojams ir gamintojams. Sistema paskirsto elektros gamybą ir vartojimą taip, kad sistemoje būtų kuo mažesni nuostoliai, o vartotojai gautų elektros energiją mažiausia kaina. Pasaulyje tokios sistemos pradamos diegti miestų lygyje, tačiau Lietuvoje tokių sistemų nėra.

Lietuvos vizijai įgyvendinti ir norint pasiekti užsibrėžtą rezultatą iki 2020 metų 20% energijos pagaminti iš AEŠ, reikia sparčiai plėsti šias technologijas ir žiūrėti žingsniu į priekį, norint pasiekti dar geresnių rezultatų.

Tyrimo/projektavimo objektas –gyvenamasis namas. Šiam namui reikia suprojektuoti elektros instaliaciją, prijungti saulės kolektorius ir saulės modulius. Siekiant nustatyti išmaniojo tinklo efektyvumą 5 identiški namai bus sujungti į išmanųjį tinklą, kuriems atskirai bus suprojektuota centralizuota saulės modulių sistema. Namas parenkamas 114.5m², šildymo poreikiai - 50 W/m².

Darbo naujumas ir aktualumas. AEŠ sistema bus panaudota keliems individualiems namams aprūpinti elektros energija.

Darbo tikslas: suprojektuoti gyvenamąjį namą su individualia AEŠ sistema ir jį palyginti su kelių identišku namu išmaniojo tinklo sistema su centralizuotais AEŠ.

Darbo uždaviniai:

1. Išsiaiškinti AEŠ technologijas.
2. Apskaičiuoti: pastato elektros energijos suvartojimą, preliminarai nustatyti pastato šiluminės energijos poreikius.
3. Parinkti saulės modulius, inverterius, parinkti valdymo sistemą.
4. Suprojektuoti nedidelį gyvenamųjų namų rajoną su centralizuota AEŠ sistema.
5. Palyginti kainas tarp individualios sistemos ir centralizuotos.

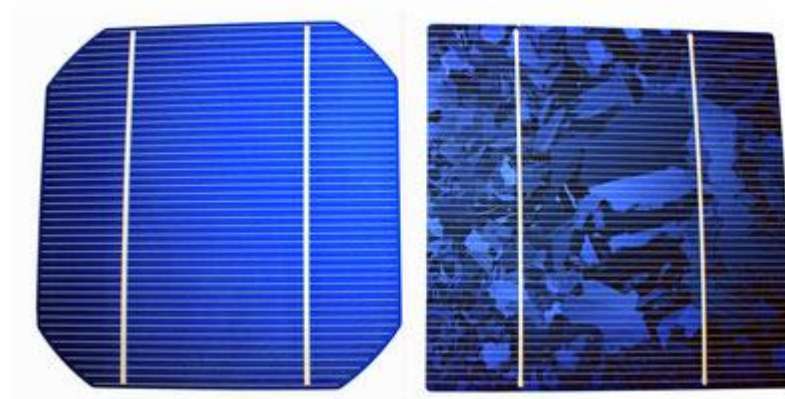
1. ATSINAUJINANTYS ENERGIJOS ŠALTINIAI GYVENAMIESIEMS NAMAMS

Viena didžiausių šiuolaikinių problemų yra ta, kad iškastinio kuro atsargos yra baigtinės ir nepaliaujamai senka. Kasmet suvartojama vis daugiau energijos, todėl yra būtina mažinti energijos vartojimą, didinant jos efektyvumą. Taip pat didelę dalį energijos pasiimti iš atsinaujinančiųjų energijos šaltinių: saulės, vėjo, biomasės, vandens, geoterminės energijos. Šių rūšių energija palyginti su pasauliniu energijos vartojimu, yra neišsenkama.[1]

1.1 Saulės elementų energija

Saulės elementas (SE) – tai prietaisas, kuris saulės šviesos energiją paverčia tiesiogiai į elektros energiją. Saulės elementai praktiniam naudojimui komplektuojami į modulių, šie - į saulės elementų laukus.

Pagrindinė SE sudedamoji dalis silicis (Si), kuris yra antras pagal gausumą elementas žemėje. Pagal pagaminimo principą saulės elementai skirstomi į amorfinius, monokristalinius, polikristalinius, silicio juostos lapus, CdTe, CIS. Populiariausi ir labiausiai paplitę yra polikristaliniai silicio elementai.



1.1 pav. Monokristalinis SE (kairėje), polikristalinis SE (dešinėje)¹

Saulės elementą apibūdinančios charakteristikos, gabaritai, storis, atviros grandinės įtampa, trumpojo jungimo srovė, įtampa esant maksimaliai apkrovai, darbo srovė, pikinė galia, efektyvumas. Pagal šias charakteristikas nusakoma SE kokybė.

Pagrindinis rodiklis, apibrėžiantis saulės elektrinės efektyvumą, yra saulės energijos kiekis ploto vienetui per metus, Lietuvoje šis kiekis yra 926-1042 kWh/m²[4]. Kai kuriais metais šis kiekis svyruoja į vieną ir į kitą pusę. Lietuvoje optimalus modulių kampas yra apie 35 °. Darbe bus remiamasi vidutiniais saulės energijos kiekiais Kauno mieste, kurie surašyti į 1.1 lentelę.

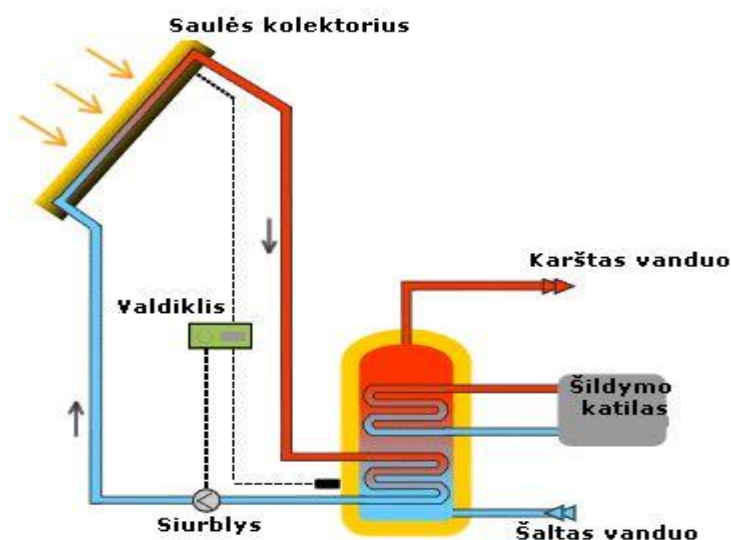
¹ Internetinė svetainė: *Tindo solar* Rasta:<http://www.tindosolar.com.au/wp/wp-content/uploads/2014/06/poly-and-mono-solar-cells.jpg> žiūrėta:2015-05-12

1.1 lentelė. Saulės energija tenkanti ploto vienetui Kaune[4]

Mėnuo	Energija tenkanti ploto vienetui Kauno mieste kWh/m ²
1	16
2	33
3	70
4	99
5	146
6	155
7	150
8	138
9	90
10	52
11	16
12	19
Iš viso:	984

1.2 Saulės kolektorių energija

Saulės kolektoriai yra skirti panaudoti žemę pasiekiančią saulės šiluminę energiją, sistemos principas dažniausiai labai paprastas, vienas kontūras šildomas saulėje ir perduoda šiluminę energiją į boilerį, iš ten į šildymo sistemą. Šias sistemas galima ne tik lengvai pritaikyti individualiuose namuose, bet ir centralizuoti sistemą ir šildyti daugiabučius namus ar rajonus.



1.2 pav. Šildymo sistema su saulės kolektoriumi²

Sistema sudaryta iš saulės kolektorių, šilto vandens bako, papildomo pašildymo įrenginių, siurblių, vamzdžių. Priklausomai nuo šildymo paskirties kolektoriai yra komplektuojami individualiai.

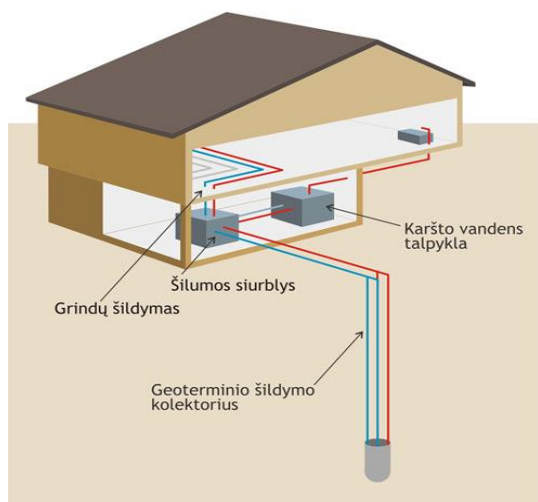
² Internetinė svetainė: Laroma Rasta: <http://solar.laroma.lt/images/solarlt.jpg> žiūrėta:2015-05-12

Saulės kolektoriai sparčiai populiarėja Lietuvoje, dėl sumažėjusios kainos ir sąlyginai greito atsipirkimo laiko, apie 5 metai. Sistema nėra labai sudėtinga ir nėra sunku ją instaliuoti į jau esamą sistemą.

1.3 Geoterminė energija

Geoterminė energija tai šilumos energija gaunama iš žemės gelmių. Ši energija yra švari ir atsinaujinanti. Leidžiantis žemyn į žemes paviršių temperatūra kyla maždaug 2,5-3 °C kas 100m. Šiluma žemės gelmėse gaminasi sklyant urano, torio, radžio izotopams.

Geoterminę energiją galima panaudoti tiesiogiai šildymui arba elektros energijos gamybai, tačiau daug kas priklauso nuo geoterminio vandens parametrų.



1.3 pav. Geoterminio šildymo sistema³

Pagrindiniai šilumos siurblio elementai yra geoterminio šildymo kolektorius, garintuvas, kompresorius, kondensatorius, akumuliacinė talpa, šilumos siurblys.

Kolektoriai gali būti horizontalūs, vertikalūs arba sumontuoti į energijos narvelius. Kiekvienas iš kolektorių tipų turi savo privalumus ir trūkumus. Horizontalūs kolektoriai lengvai įstatomi žemėje, tačiau užima labai didelį plotą, vertikalūs kolektoriai neužima didelio ploto, tačiau gręžinio kaina yra labai didelė.

Geoterminio šilumos siurblio pagrindinis parametras COP, kuris parodo santykį tarp šiluminės energijos ir elektros suvartojimo. Gerai įrengtose sistemose koeficientas gali būti iki 5,5, kas reiškia, kad 1kWh elektros energijos pagamina 5,5kWh šiluminės energijos.

Pagrindinis sistemos trūkumas yra kaina, geoterminio šildymo sistemos įrengimas ir kaina yra labai didelė, todėl reikalinga didelė pradinė investicija lyginant su kitais šildymo būdais.

³ Internetinė svetainė: <http://www.renovacija.lt/data/ckfinder/images/geoterminis%20sildymas.jpg> Renovacija žiūrėta:2015-05-12

1.4 Akumuliatorių energija

Norint padidinti namo su saulės elementu efektyvumą prie sistemos prijungiami akumuliatoriai, jų kiekis priklauso nuo namo elektros poreikių. Atsinaujinančiose sistemose dažniausiai naudojama daugiau, tačiau mažesnės talpos bei įtampos akumuliatorių. Taip lengviau tvarkyti gedimus sistemoje, o neveikiantis akumuliatorius gali būti lengvai pakeistas nauju, neatjungiant visos sistemos, ir užtikrinant patikimą elektros energijos tiekimą. Šiuo metu pristatomi naujos kartos ličio-jonų akumuliatoriai, kurie yra pranašesni už įprastus akumuliatorius savo dydžiu, lengvu aptarnavimu, taip pat lengvai sandėliuojami. Tokius pristatė „Tesla“ ir šiame darbe jie bus lyginami su įprastiniais akumuliatoriais.



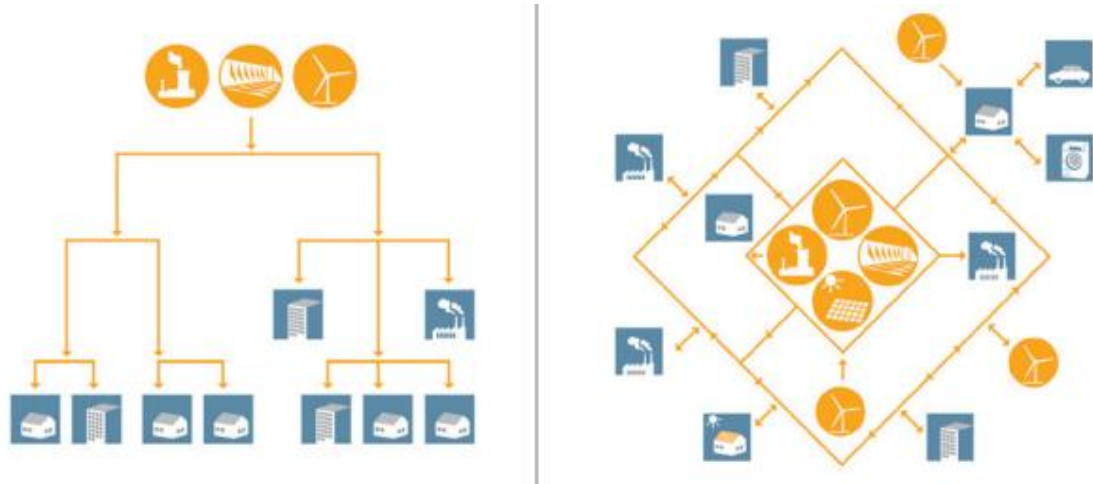
1.4 pav. Akumuliatorių laikymo pavyzdys (kairėje) naujos kartos akumuliatoriaus pavyzdys (dešinėje)⁴⁵

1.5 Išmanusis tinklas

Išmaniuoju tinklu galima vadinti esamos energetikos sistemos patobulinimą, prie sistemos prijungiant komunikacijos modulius. Išmanusis tinklas sukuria realaus laiko stebėjimo ir valdymo sistemą energetikos objektams. Sistemoje kiekvienas vartotojas gali būti gamintoju, kas leidžia tolygiau paskirstyti energijos poreikius.

⁴ Internetinė svetainė: Victronenergy Rasta: <http://www.victronenergy.com/blog/wp-content/uploads/2015/04/Gel-Batteries.jpg> žiūrėta:2015-05-12

⁵ Internetinė svetainė: Tesla Rasta: <http://www.teslamotors.com/sites/default/files/images/powerwall/battery-specs-imperial.jpg?20150506> žiūrėta:2015-05-12



1.5 pav. Tradicinio tinklo modelis (kairėje) išmaniojo tinklo modelis (dešinėje)⁶

1.2 lentelė. Tradicinio ir išmanaus tinklo palyginimas[5]

Tradicionis tinklas	Išmanusis tinklas
Centralizuota energijos gamyba	Paskirstyta energijos gamyba
Vienpusis energijos perdavimas	Daugiapusis energijos perdavimas
Gamyba priklauso nuo apkrovos	Apkrova priklauso nuo gamybos
Dirba pagal praeities rezultatus	Dirba pagal realaus laiko duomenis
Sudėtingas ir kontroliuojamas naujų gamintojų prisijungimas	Lengva prisijungti prie tinklo
	Vartotojas dalyvauja energijos rinkoje
	Lengvesnė atsinaujinančių šaltinių integracija

⁶ Internetinė svetainė: *Thehill* Rasta: http://thehill.com/sites/default/files/ABB_WhenGridsGetSmart_0.pdf žiūrėta: 2015-05-12

2. PROJEKTO APRAŠYMAS

Šiuo metu atsinaujinantys energijos šaltiniai skatinami pavieniams vartotojams, tačiau apjungus keletą vartotojų galima sutaupyti. Šiame projekte vieno namo sistemą su geoterminio šildymo siurbliu, saulės kolektoriais ir saulės elektrine norima palyginti su penkių namų sistema su centralizuota geoterminio šildymo sistema, saulės kolektoriais, ir saulės elektrine. Šias sistemas bandomą įrengti centralizuotai dėl įrenginių kainos ir įrengimo darbų kainos. Taip pat abi sistemos turi būti įrengtos taip, kad nereikėtų mokėti mokesčių už elektrą. Todėl saulės elektrinė vasaros laikotarpiu turės prigaminti pakankamai elektros, kad žiemą jos užtektų. Sistemoje reikalingas energijos kaupimas, kaupimui pasirinkta naudoti naujus „Tesla“ akumuliatorius, kuriuos palyginsime su įprastais gilaus ciklo akumuliatoriais, taip pat pasaulyje populiarėja energiją palaikyti tinkle. Darbo ekonominiam įvertinimui reikia paskaičiuoti įvairių sistemų atsipirkimo laikus.

Pagrindiniai vienos namo sistemos pliusai ir minusai surašyti 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Vieno namo sistemos privalumai ir trūkumai

Privalumai	Trūkumai
Energetinė nepriklausomybė	Labai didelė pradinė investicija
Naudojama „švari“ energija	Nėra aiškus įrenginių tarnavimo laikas
Skatinamas AEŠ tobulėjimas	Reikalingas didelis plotas geoterminio šildymo sistemai ir saulės moduliams
Sumažinama elektros tinklo apkrova	Saulės energija tiesiogiai galima panaudoti tik dieną
Nereikia rūpintis mokesčiais	
Nereikia prižiūrėti šildymo sistemos	

Penkių namų sistemos pagrindiniai privalumai ir trūkumai 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Penkių namų sistemos privalumai ir trūkumai

Privalumai	Trūkumai
Mažesnė pradinė investicija vienai šeimai	Brangus papildomas sklypas
Namai nėra apkrauti saulės moduliais	Nėra aiškus įrenginių tarnavimo laikas
Kieme nėra geoterminio šildymo vamzdžių	Reikalingi išankstiniai investuotojai į sistemą, kad pradinė investicija būtų sąlyginai pigi
Visi privalumai kaip ir vieno namo sistemos 2.1 lentelė	

3. NAMO ENERGETINĖS SISTEMOS PROJEKTAS

3.1 Objekto aprašymas

Projektuojamas objektas – gyvenamasis namas, vieno aukšto, 8 kambarių. Šis namas statomas naujame rajone, sistema turi būti parengta taip, kad saulės elektrinė padengtų šildymo ir elektros energijos poreikius. Viso objekto bendras plotas 114m², šildomas visas plotas. Priimama, kad name gyvens 4 asmenys, kuriems pagal higienos normas asmeniui reikės 92 l karšto vandens per dieną[7]. Sudaromas elektros įrenginių sąrašas siekiant apskaičiuoti preliminarinius elektros energijos poreikius.

Projektuojamame name turi būti įrengta saulės modulių sistema, įrengti akumuliatoriai, geoterminio šildymo katilas, saulės kolektorius.

3.2 Geoterminio šildymo sistema

Geoterminiai šildymo sistemai turi būti parinkti tinkami šildymo siurbliai. Jie parenkami pagal šiluminės energijos poreikius pastatui šildyti ir karštam vandeniui ruošti.

3.2.1 Energijos poreikių skaičiavimas

Energijos kiekis, reikalingas patalpoms šildyti per bet kurį šildomo sezono mėnesį gali būti apytiksliai apskaičiuojamas pagal formulę:

$$E_{ip} = \frac{k_i \cdot S \cdot E_m}{5,06} \quad (1)$$

k_i – i-tojo mėnesio šilumos energijos poreikio koeficientas;

S – šildomų patalpų plotas, m²;

E_m – energijos kiekis, reikalingas patalpoms šildyti per visą sezoną, kWh/m² ;

i – mėnesio eilės numeris.

Skaičiuojama naudojantis programa Microsoft Excel.

3.1 lentelė. Šilumos poreikiai pastatui šildyti

Mėn.	k_i	E_{ip} , kWh
Sausis	1	1131,42
Vasaris	0,95	1074,85
Kovas	0,81	916,453
Balandis	0,38	429,941
Spalis	0,29	328,113
Lapkritis	0,68	769,368
Gruodis	0,89	1006,97

Kiekvieno mėnesio šilumos energijos poreikiai vandeniui pašildyti skaičiuojami pagal 2 formulę:

$$E_{iv} = k_d \cdot c \cdot \rho \cdot V_i \cdot (T_1 - T_2) \quad (2)$$

E_{iv} – energijos kiekis vandeniui pašildyti per i – tąjį mėnesį, kWh;

$k_d = 0,278 \cdot 10^{-6}$ - dimensijų suderinimo koeficientas;

$c = 4190 \text{ J/(kg K)}$ – vandens savitoji šiluma;

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ – vandens lyginamasis tankis;

V_i – karšto vandens poreikis i-tąjį mėnesį, m^3 (imama $4 \times 0,092 \text{ m}^3$)

T_1 – karšto vandens temperatūra, K arba $^{\circ}\text{C}$ (imama 55°C);

T_2 – šalto vandens temperatūra, K arba $^{\circ}\text{C}$ (imama 8°C).

Skaičiuojama naudojantis programa Microsoft Excel.

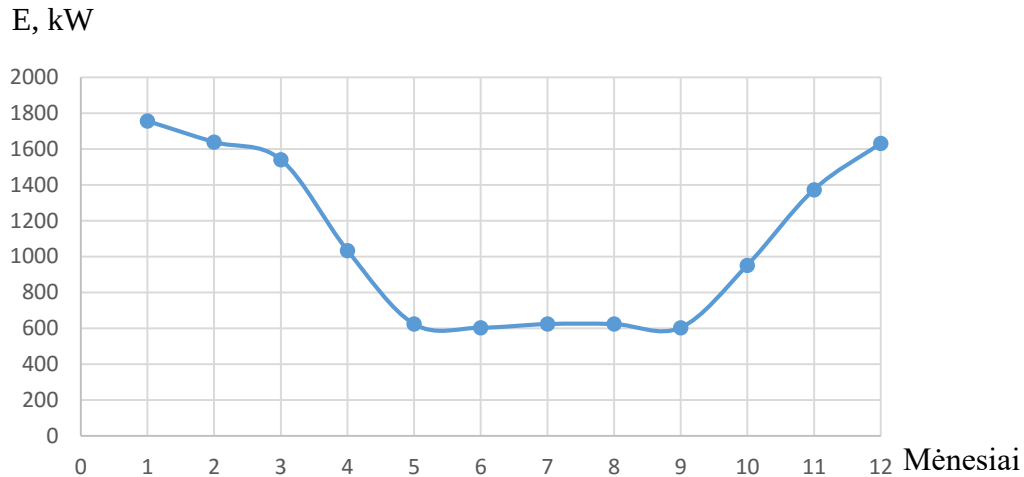
3.2 lentelė. Šilumos poreikiai karštam vandeniui ruošti

Mėnuo	Dienų skaičius	Eiv, kWh
Sausis	31	624,5
Vasaris	28	564,1
Kovas	31	624,5
Balandis	30	604,4
Gegužė	31	624,5
Birželis	30	604,4
Liepa	31	624,5
Rugpjūtis	31	624,5
Rugsėjis	30	604,4
Spalis	31	624,5
Lapkritis	30	604,4
Gruodis	31	624,5

3.3 lentelė. Bendras šiluminės energijos poreikis

Mėnuo	Eiv, kWh	Eip, kWh	Bendras poreikis
Sausis	624,549	1131,42	1755,97
Vasaris	564,108	1074,85	1638,96
Kovas	624,549	916,453	1541
Balandis	604,402	429,941	1034,34
Gegužė	624,549	0	624,549
Birželis	604,402	0	604,402
Liepa	624,549	0	624,549
Rugpjūtis	624,549	0	624,549
Rugsėjis	604,402	0	604,402
Spalis	624,549	328,113	952,661
Lapkritis	604,402	769,368	1373,77
Gruodis	624,549	1006,97	1631,51
Iš viso:	7353,56	5657,11	13010,7

Bendras šilumos poreikis



3.1 pav. Šiluminės energijos poreikiai per metus

Skaičiuojame šiluminės galios poreikius:

$$P = S \cdot Q_e \quad (3)$$

P – šiluminė galia, kW;

Q_e – šiluminės energijos poreikis, W/m².

$$P = S \cdot Q_e = 114,5 \cdot 50 = 5750 = 5,7 \text{ kW}$$

Pagal 4 formulę apskaičiuojamas, šilumos kiekis nepertraukiamo režime (dirbama visą parą):

$$Q = P \cdot t, \quad (4)$$

t – laikas, h.

$$Q = P \cdot t = 5,7 \cdot 24 = 136,8 \text{ kWh}.$$

Toliau skaičiuojama skaičiuojamoji šiluminė galia (P_{bendra}), pagal kurią bus parenkamas šilumos siurblys.

Papildomų darbo laiko faktorių įvertinimas (blokavimo laikai):

- elektros tiekimo nutraukimas – neturi viršyti 3 · 2 valandas;
- pastato šiluminė inercija – atjungimo periodu nevertinamos 2 val.

$$P_{\text{skaič}} = \frac{Q}{t-n+i} = \frac{136,8}{(24-6)+2} = 6,84 \text{ kW}.$$

Skaičiuojamosios galios poreikis vandeniui šildyti apskaičiuojamas pagal didžiausią mėnesio poreikį:

$$P_{\text{vandens}} = \frac{Q}{d_{\text{mėn}} \cdot (t-n+i)} = \frac{624,5}{31 \cdot ((24-6)+2)} = 1,01 \text{ kW}.$$

Bendras šiluminės energijos poreikis:

$$P_{\text{bendra}} = P_{\text{skaič}} + P_{\text{vandens}} = 6,84 + 1,01 = 7,85 \text{ kW}.$$

Norint, kad šilumos siurblys patenkintų visus šilumos poreikius jis bus galingesnis nei apskaičiuotas.

3.2.2 Šilumos siurblio parinkimas

Pasirinktas šilumos siurblys „WAMAK BW 09“, kurio galia – 8,7 kW.[3]

3.4 lentelė. Šilumos siurblio pagrindiniai parametrai

Pavadinimas:	WAMAK BW 09
Šiluminė galia (kW)	8,7
Elektros vartojimas(kW)	2,04
COP	4,5
šildymo temperatūra °C	55
Šaldymo agentas	R407c

3.5 lentelė. Sistemai reikalinga elektros energija

Mėnuo	Bendras šilumos poreikis, kWh	Šilumos siurblio naudojama galia per mėnesį, kWh
1	1755,97	390,22
2	1638,96	364,21
3	1541,00	342,44
4	1034,34	229,85
5	624,55	
6	604,40	
7	624,55	
8	624,55	
9	604,40	
10	952,66	211,70
11	1373,77	305,28
12	1631,51	362,56
		2206,27

3.2.3 Saulės kolektorių parinkimas

Nuo gegužės iki rugsėjo šildomas tik karštas vanduo, o tuo metų laiku efektyviausiai veikia saulės kolektoriai. Pagal gamintojo rekomendacijas parenkamas U-PIPE vakuuminių kolektorių komplektas skirtas 3-4 asmenų šeimai.⁷ Jį sudaro :

Vakuuminiai saulės kolektoriai su rėmu - 3 vnt., Tūrinis vandens šildytuvas - 300 ltr., Siurblio modulis - 1 vnt., Valdiklis sistemai, Jutikliai - 2 vnt., Išsiplėtimo indas - 25ltr., Propilengliukolis - koncentratas -60C. - 15 kg.

⁷ Internetinė svetainė: Švari energija Rasta: <http://www.svari-energija.lt/saules-kolektoriu-komplektai/kolektoriu-komplektas-u-pipe-30-detail> žiūrėta:2015-05-17

3.3 Elektros energijos poreikių skaičiavimas

Norint sužinoti elektros energijos poreikius reikia susidaryti preliminarą elektros įrenginių lentelę.

3.6 lentelė. Elektros įrenginių sąrašas ir jų naudojama energija[10]

Eil. Nr.	Elementas	Galia	Darbo laikas per savaitę, h	Suma, per savaitę, kWh	Suma per mėnesį, kWh
		kW			
1	Šaldytuvas	0,05	168	8,4	33,6
2	Skalb. mašina	0,5	7	3,5	14
3	Kompiuteriai	0,1	26	2,6	10,4
4	Televizorius	0,2	15	3	12
5	Interneto modemas	0,02	168	3,36	13,44
6	Telefonai	0,01	21	0,21	0,84
7	Plaukų džiovintuvas	1,5	1	1,5	6
8	Lygintuvas	1,1	2	2,2	8,8
9	Virdulys	2	1	2	8
10	Apšvietimas	0,5	15	7,5	30
11	Mikro bangų krosnelė	1	1	1	4
12	Dulkių siurblys	0,9	2	1,8	7,2
13	Nenumatytiems įrenginiams	1	10	10	40
				47,07	188,28

Iš duomenų gauta, kad per mėnesį reikės 188,28 kWh el. energijos. Taip pat į elektros poreikius reikia pridėti ir geoterminio šilumos siurblio sunaudojamą energiją ir gautus duomenis surašome į 2.7 lentelę.

3.7 lentelė. Bendras namo elektros energijos poreikis

Mėnuo	Šilumos siurblio el.energijos poreikiai, kWh	Elektros poreikiai buityje, kWh	Bendri elektros energijos poreikiai per mėnesį, kWh
1	390,22	188,28	578,50
2	364,21	188,28	552,49
3	342,44	188,28	530,72
4	229,85	188,28	418,13
5		188,28	188,28

6		188,28	188,28
7		188,28	188,28
8		188,28	188,28
9		188,28	188,28
10	211,70	188,28	399,98
11	305,28	188,28	493,56
12	362,56	188,28	550,84
	2206,27	2259,36	4465,63

Gavome metinius elektros energijos poreikius. Išanalizavus duomenis gauname, kad daugiausiai elektros reikės žiemos laikotarpiu, kai el. energiją naudoja šilumos siurblys, o mažiausiai vasaros laikotarpiu. Todėl atsižvelgiant į tai ir skaičiuojant reikalingą saulės modulių galingumą, įrengta elektrinė vasarą turės parduoti pakankamai energijos, kad žiemos laikotarpiu galima būtų pirkti elektros energiją.

3.3.1 Saulės modulių parinkimas

Praktikos metu buvo gauti duomenys iš veikiančios saulės elektrinės Kauno mieste su realiais 2014 m pagamintos energijos duomenimis, juos pritaikydamas skaičiuosiu reikalingą saulės elektrinės galią individualiam namui.

Praktikos metu gautoje sistemoje naudoti Sunmodule Sw 245 saulės moduliai. Kurių specifikacijos 2.8 lentelėje.

3.8 lentelė. Saulės modulių parametrai[9]

Pavadinimas:	Sunmodule Sw 245
Galia (W)	245
Maksimali įtampa (V)	30,8
Maksimali srovė (A)	7,96
Naudingumo koeficientas %	15,6
Modulio plotas (m²)	1,59

Iš viso sistemoje panaudoti 118 modulių, kurių bendra instaliuota galia 28910W

3.9 lentelė. Praktikos metu gauti 28,910kW instaliuotos galios saulės elektrinės duomenys

Mėnuo	Pagaminta energija, kWh	Mėnesio dienų skaičius
1	673,08	31
2	984,84	28
3	2662,94	31
4	4080,29	30
5	4123,19	31
6	3826,38	30

7	4946,59	31
8	3642,53	31
9	3305,39	30
10	2252,28	31
11	548,10	30
12	311,44	31
Iš viso:	31357,06	

Pagal gautus duomenis matome, kad 28,910kW saulės elektrinė namui būtų per didelė, todėl skaičiuojame reikalingą saulės elektrinę, kurios perteklinę energiją vasarą galima būtų parduoti, o esant trūkumui žiemą - nupirkti. Naudosime identiškus saulės modulius, todėl galima proporcingai pritaikyti esamus duomenis projektui reikalingai elektrinei. Reikalingas elektros energijos kiekis 4465,63kWh per metus, 28,910kW saulės elektrinė pagamina 31357,06 kWh energijos. Gauname, kad pastato elektrinė turi būti 7,02 karto mažesnio galingumo. $28,910/7,02=4118,23$ kW tačiau naudojamų saulės modulių galia yra 245 W todėl naudosime 18 modulių, kurių bendra galia sudarys $18 \cdot 245=4410$ W 4,41 kW saulės elektrinę.

Pagal iš įmonės gautus duomenis sudarome preliminarą mėnesinę saulės elektrinės pagamintos energijos lentelę.

3.10 lentelė. 4,41kW saulės elektrinės pagaminama elektros energija

Mėnuo	Pagaminama energija, kWh
1	102,67
2	150,23
3	406,21
4	622,42
5	628,96
6	583,69
7	754,56
8	555,64
9	504,21
10	343,57
11	83,61
12	47,51
	4783,28

Pagal 5 formulę perskaičiuojamas teorinis saulės elektrinės gaminamos energijos kiekis

$$E_{SE} = E_{kauno} \cdot \eta_{SE} \cdot \eta_s \cdot S_{SE} = 984 \cdot 0,156 \cdot 0,9 \cdot 28,62 = 3953,96 \text{ kWh} \quad (5)$$

E_{SE} - saulės elektrinės pagaminamas energijos kiekis per metus

E_{kauno} – Saulės energijos kiekis tenkantis vienam kvadratiniam metrui per metus

η_{SE} – Saulės modulio naudingumo koeficientas

η_s – Saulės elektrinės grandžių naudingumo koeficientas

S_{SE} – Saulės elektrinės plotas

Teoriškai apskaičiuota saulės elektrinė pagamina mažiau energijos nei paskaičiuota pagal praktinius duomenis, tai yra todėl, kad saulės energijos kiekiai kiekvienais metais skiriasi, gali būti daugiau ar mažiau debesuotų dienų. Todėl darbe paskaičiuosiu saulės elektrinę ir pagal teorines reikšmes.

Iš 5 formulės išsireiškiame saulės elektrinės reikalingą plotą ir iš 2.7 lentelės išsistatę reikalingos energijos kiekį per metus gauname, kad reikalingas saulės elektrinės plotas $34,22\text{m}^2$, padaliname iš vieno modulio dydžio gauname, kad reikės 21,5 modulių, todėl bus instaliuojama 22 moduliai, kurie sudarys 5,39 kW elektrinę.

3.11 lentelė. 5,39kW saulės elektrinės pagaminama energija

Mėnuo	Pagaminama energija, kWh
1	74,21
2	153,07
3	324,68
4	459,2
5	677,2
6	718,94
7	695,75
8	640,09
9	417,45
10	241,19
11	74,21
12	88,13
	4564,13

Gauto energijos kiekio turi užtekti aprūpinti namą vasaros laikotarpiu ir pagaminti elektros energijos perteklių, kurį pardavus (sukaupus), žiemos laikotarpiu būtų galima pirkti (panaudoti) elektros energiją iš tinklo.

3.3.3 Inverterių parinkimas

Kai sistemoje naudojami akumulatoriai prie inverterio reikalingi įkrovikliai, todėl supaprastinant sistemą naudosime inverterius/ įkroviklius Victron Quattro 24V 8000VA, kurio nominali galia 7kW todėl užteks vieno tokio inverterio, taip bus pigiau nei pirkti keletą mažesnės galios inverterių ir liks galios, norint praplėsti elektrinę. Šie inverteriai gali būti sinchronizuojami su LESTO tinklu ir veikti nepriklausomai nuo jo. Paprastai, naudojant tinklo inverterius, atsijungus LESTO tinklui, neveikia ir saulės jėgainė. Tuo tarpu jėgainė su inverteriu sudaro taip vadinamą salos sistemą, kuri perteklinę elektros energiją perduoda į LESTO, o tinklui atsijungus kaupia ją akumulatoriuose ir toliau maitina visus elektros imtuvus. Tokia sistema yra prijungta prie LESTO ir tuo pačiu veikia kaip visiškai nepriklausoma autonominė saulės jėgainė.⁸

3.4 Energijos kaupimo alternatyvos

Daugiausiai energijos saulės elektrinė pagamina kai saulė šviečia, o suvartojama kai saulė nešviečia, todėl reikia alternatyvų energijos kaupimui. Vienas paprasčiausių būdų naudoti akumulatorius. Akumulatoriai skaičiuojami dviem variantams, akumulatorius naudoti tik namo elektros poreikiams tenkinti, neįskaitant šilumos siurblio ir įskaitant šilumos siurblį.

Neįskaitant šilumos siurblio:

Per mėnesį suvartojama 188kWh elektros, padalinus iš dienų skaičiaus gauname, kad per dieną reikia apie 6,07kWh, akumulatoriam reikia pridėti apie 30% papildomos talpos, kad jie pilnai neišsikrautų ir tarnautų ilgiau. Gauname, kad reikės 7,891kWh akumuliatorių.

Pagal sausio mėnesio elektros suvartojimą paskaičiuojamas reikalingas akumulatorius kartu su šilumos siurblio energijos poreikiais. 578,5kWh elektros energijos, padalinus iš dienų skaičiaus reikės 18,66 kWh per dieną, taip pat pridedama 30% atsarga ir gauname kad reikės 24,25 kWh energijos akumuliatoriaus.

3.4.1 Tesla akumulatoriai

Siekiant darbe panaudoti naujausias technologijas ir jas palyginti su esamomis, naudosime „Tesla“ 10kWh akumuliatorių, tai prie sienos kabinamas ličio-jonų akumulatorius, kuris neužima daug vietos, taip pat yra gražus namo elementas, akumulatorius skirtas naudoti tiek lauke tiek išorėje. Jo parametrai 3.12 lentelėje.

Pirmajai sistemai užtektų vieno tokio akumuliatoriaus ir dar liktų talpos atsargai.

Antrajai sistemai tokių akumuliatorių reikėtų 3, tai labai ženkliai padidintų sistemos kainą.

⁸ Internetinė svetainė: *Giminija* Rasta: <http://www.e-giminija.lt/equipment/inverters/Victron-Quattro-24-8000-200-100-100?filter=16,35> žiūrėta:2015-05-13

3.12 lentelė. „Tesla“ ličio jonų akumuliatoriaus parametrai⁹

Pavadinimas:	Tesla Powerwall
Talpa (kWh)	10
Galia (W)	2 (maksimali 3,3)
Įtampa (V)	350-450
Srovė (A)	5,8 (maksimali 8,6)
Naudingumo koeficientas %	92
Matmenys	1300x 860 mm x 180 mm

3.4.2 Įprasti akumuliatoriai

Palyginimui naudosime paprastus akumuliatorius.

Naudosime AGM gilaus ciklo akumuliatorius Victron 12V/110Ah¹⁰, norint palyginti sistemos talpą taip pat turės būti 10kWh. Akumuliatorių įtampa 12V, todėl reikės 2 akumuliatorius sujungti nuosekliai ir 4 blokus lygiagrečiai. Visa instaliuota talpa bus:

$$4 \cdot 24 \cdot 110 = 10560 \text{Wh } 10,56 \text{ kWh.}$$

Antrajai sistemai reikės 10 blokų po 2 akumuliatorius, apskaičiuojame talpą:

$$10 \cdot 24 \cdot 110 = 26400 \text{Wh } 26,4 \text{ kWh}$$

Šių akumuliatorių minusas, kad jiems reikia patalpos kur juos laikyti, tai užima daug vietos.

3.4.3 Tinklą naudoti kaip akumuliatorių

Šiuo metu pasaulyje sparčiai populiarėja saulės modulių pagamintą elektrą palaikyti tinkle. Lietuvoje tokios galimybės kol kas nėra, tačiau jau vyksta svarstymai tai įteisinti. Šiuo metu apskaičiuota saulės elektrinė, padaryta, kad veiktų tokiu principu: vasarą energijos yra pagaminama tiek, kad žiemą užtektų padengti šilumos siurblio energijos poreikius. Jeigu skaičiuojama, kad palaikymas tinkle nieko nekainuoja, tokia sistema yra labai efektinga, tačiau už energijos palaikymą tinkle reikia mokėti. Skaičiuojant, kad akumuliatorius, reikalingas namui, kainuoja 9000€ ir jį reikia keisti po 10 metų gauname, kad elektrai išleidžiama apie 900€ per metus, o per metus reikia 4465,63kWh energijos, kurios beveik visą kiekį reikia pasidėti į tinklą, tokiu būdu galima mokėti 0,20€ už 1kWh, kas yra daugiau nei reali elektros kaina, todėl akumuliatorius kurį reikia keisti po 10 metų neatsipirks. Tačiau jei akumuliatoriai veikia 20 metų galima būtų mokėti 0,10€ už 1kWh pasidėtą tinkle.

⁹ Internetinė svetainė: Tesla Rasta: <http://www.teslamotors.com/powerwall> žiūrėta:2015-05-13

¹⁰ Internetinė svetainė: Giminija Rasta: <http://www.e-giminija.lt/batteries/all-batteries/Victron-12V-110Ah-AGM-deep-cycle-battery?filter=24,3> žiūrėta:2015-05-17

4. PENKIŲ IDENTIŠKŲ NAMŲ SUJUNGIMAS Į BENDRĄ TINKLĄ SU CENTRALIZUOTA GEOTERMINIO ŠILDYMO SISTEMA IR SAULĖS ELEKTRINE

Vieno namo sistema lyginama su 5 identiškų namų sistema, kurie turi bendrą geoterminio šildymo sistemą ir bendrą saulės elektrinę pastatytą toliau nuo namų. Taip paliekant tvarkingus neapkrautus stogus saulės moduliai, bei kieme nereikia geoterminio šildymo vamzdžių.

4.1 Geoterminės šildymo sistemos perskaičiavimas

Geoterminei šildymo sistemai turi būti parinkti tinkami šildymo siurbliai. Jie parenkami pagal šiluminės energijos poreikius pastatams šildyti ir karštam vandeniui ruošti.

4.1.1 Energijos poreikių perskaičiavimas

Pritaikant (1) formulę Microsoft Excel programa perskaičiuojame šilumos poreikius 5 namams

4.1 lentelė. Šilumos poreikiai 5 namų sistemai šildyti

Mėn.	k_i	E_{ip}, kWh
Sausis	1	5657,11
Vasaris	0,95	5374,26
Kovas	0,81	4582,26
Balandis	0,38	2149,7
Spalis	0,29	1640,56
Lapkritis	0,68	3846,84
Gruodis	0,89	5034,83

Naudojantis programa Microsoft Excel, pagal (2) formulę perskaičiuojamas karšto vandens poreikis.

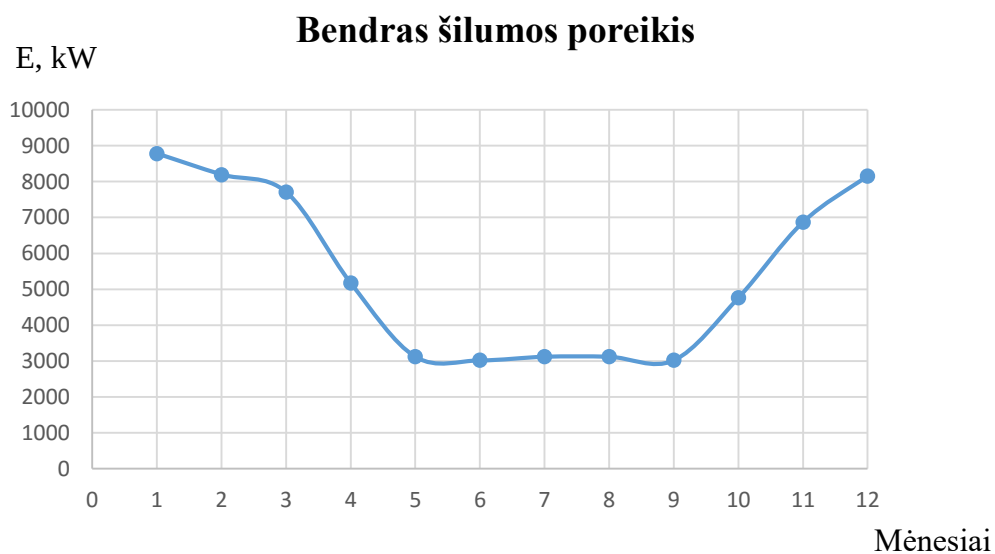
4.2 lentelė. Šilumos poreikiai karštam vandeniui ruošti

Mėnuo	Dienų skaičius	E_{iv}, kWh
Sausis	31	3122,7
Vasaris	28	2820,5
Kovas	31	3122,7
Balandis	30	3022,0
Gegužė	31	3122,7
Birželis	30	3022,0
Liepa	31	3122,7
Rugpjūtis	31	3122,7
Rugsėjis	30	3022,0
Spalis	31	3122,7

Lapkritis	30	3022,0
Gruodis	31	3122,7

4.3 lentelė. Bendras šiluminės energijos poreikis

Mėnuo	E _{iv} , kWh	E _{ip} , kWh	Bendras poreikis
Sausis	3122,74	5657,11	8779,86
Vasaris	2820,54	5374,26	8194,8
Kovas	3122,74	4582,26	7705,01
Balandis	3022,01	2149,7	5171,71
Gegužė	3122,74	0	3122,74
Birželis	3022,01	0	3022,01
Liepa	3122,74	0	3122,74
Rugpjūtis	3122,74	0	3122,74
Rugsėjis	3022,01	0	3022,01
Spalis	3122,74	1640,56	4763,31
Lapkritis	3022,01	3846,84	6868,85
Gruodis	3122,74	5034,83	8157,57
Iš viso:	36767,8	28285,6	65053,3



4.1 pav. Penkių namų šiluminės energijos poreikiai per metus

Perskaičiuojame šiluminės galios poreikius pagal (3) formulę:

$$P = S \cdot Q_e = 5 \cdot 114,5 \cdot 50 = 28625 \text{ W} = 28,625 \text{ kW}$$

Pagal 4 formulę perskaičiuojamas šilumos kiekis nepertraukiamame režime

$$Q = P \cdot t = 28,625 \cdot 24 = 687 \text{ kWh}.$$

Perskaičiuojama šiluminė galia.

$$P_{skaič} = \frac{Q}{t-n+i} = \frac{687}{(24-6)+2} = 34,35 \text{ kW}.$$

Perskaičiuojamas galios poreikis karštam vandeniui šildyti.

$$P_{vandens} = \frac{Q}{d_{m\acute{e}n} \cdot (t-n+i)} = \frac{3122,7}{31 \cdot ((24-6)+2)} = 5,04 kW.$$

Bendras šiluminės energijos poreikis:

$$P_{brndra} = P_{skai\check{c}} + P_{vandens} = 34,35 + 5,04 = 39,39 kW.$$

4.1.2 Šilumos siurblio parinkimas

Pasirinktas šilumos siurblys „WAMAK BW 40 EVI“, kurio galia – 41,03 kW.

4.4 lentelė. Šilumos siurblio pagrindiniai parametrai [11]

Pavadinimas:	WAMAK BW 40 EVI
Šiluminė galia (kW)	41,03
Elektros vartojimas (kW)	8,91
COP	4,6
šildymo temperatūra °C	65
Šaldymo agentas	R407c

4.5 lentelė. 5 namų sistemai reikalinga elektros energija

Mėnuo	Bendras šilumos poreikis, kWh	Šilumos siurblio naudojama galia per mėnesį, kWh
1	8779,86	1908,66
2	8194,80	1781,48
3	7705,01	1675,00
4	5171,71	1124,29
5	3122,74	
6	3022,01	
7	3122,74	
8	3122,74	
9	3022,01	
10	4763,31	1035,50
11	6868,85	1493,23
12	8157,57	1773,39
	Iš viso:	14142,03

4.1.3 Karšto vandens ruošimas

Žiemos laikotarpiu karštą vandenį ruoš geoterminio šildymo katilas, tačiau nuo gegužės iki rugsėjo šildomas tik karštas vanduo, tuo metų laiku efektyviausiai veikia saulės kolektoriai.

Parenkami pagal gamintojo rekomendacijas 5 vnt. U-PIPE vakuuminių kolektorių komplektų skirtų 3-4 asmenų šeimai.

4.2 Penkių namų elektros energijos poreikių skaičiavimas

4.6 lentelė. Bendras 5 namų elektros energijos poreikis

Mėnuo	Šilumos siurblio el.energijos poreikiai kWh	Elektros poreikiai buityje, kWh	Bendri elektros energijos poreikiai per mėnesį, kWh
1	1908,66	941,40	2850,06
2	1781,48	941,40	2722,88
3	1675,00	941,40	2616,40
4	1124,29	941,40	2065,69
5		941,40	941,40
6		941,40	941,40
7		941,40	941,40
8		941,40	941,40
9		941,40	941,40
10	1035,50	941,40	1976,90
11	1493,23	941,40	2434,63
12	1773,39	941,40	2714,79
	14142,03	11296,80	22088,34

4.2.1 Saulės modulių parinkimas

Pagal gautus duomenis matome, kad 28,910kW saulės elektrinė namui būtų per didelė, todėl skaičiuojame reikalingą saulės elektrinę, kurios perteklinę energiją vasarą galima būtų parduoti, o esant trūkumui žiemą nupirkti. Naudosime identiškus saulės modulius, todėl galima proporcingai pritaikyti esamus duomenis projektui reikalingai elektrinei. Reikalingas elektros energijos kiekis 22088,34kWh per metus, 28,910kW saulės elektrinė pagamina 31357,06 kWh energijos. Gauname, kad pastato elektrinė turi būti 1,3 karto mažesnio galingumo. $28,910/1,3=22,24$ kW tačiau naudojamų saulės modulių galia yra 245 W, todėl naudosime 92 modulius, kurių bendra galia sudarys $92 \cdot 245=22540$ W 22,54kW saulės elektrinę.

Pagal iš įmonės gautus duomenis sudarome preliminarį mėnesinę saulės elektrinės pagamintos energijos lentelę.

4.7 lentelė. 22,54kW saulės elektrinės pagaminama energija

Mėnuo	Pagaminama energija, kWh
1	524,77
2	767,84
3	2076,19
4	3181,24
5	3214,69
6	2983,28
7	3856,66
8	2839,94
9	2577,08
10	1756,01
11	427,34
12	242,82
Iš viso	24447,87

Pagal 5 formulę perskaičiuojamas teorinis saulės elektrinės gaminamos energijos kiekis

$$E_{SE} = E_{kauno} \cdot \eta_{SE} \cdot \eta_s \cdot S_{SE} = 19086,38 kWh$$

Iš 5 formulės išsireiškiamo saulės elektrinei reikalingą plotą ir iš 3.4 lentelės įsistatę metinį elektros poreikį gauname, kad reikalingas saulės elektrinės plotas 169,28m² padaliname iš vieno modulio dydžio gauname, kad reikės 106,5 modulių, todėl imame 108 modulius, kurie sudarys 26,46 kW elektrinę.

4.8 lentelė. 26,46 kW saulės elektrinės pagaminama energija

Mėnuo	Pagaminama energija, kWh
1	364,32
2	751,41
3	1593,9
4	2254,24
5	3324,43
6	3529,36
7	3415,51
8	3142,27
9	2049,31
10	1184,04
11	364,32
12	432,63
Iš viso:	22405,75

4.2.2 Inverterių parinkimas

Saulės elektrinės instaliuotoji galia 26,46kW, parenkamas inverteris/ įkroviklis Victron Quattro 24V 8000VA, kurio nominali gali 7kW, todėl projektui reikės 4 tokių inverterių.

4.3 Energijos kaupimo alternatyvos

Akumulatoriai skaičiuojami dviem variantams, akumulatorius naudoti tik namo elektros poreikiams tenkinti, neįskaitant šilumos siurblio ir įskaitant šilumos siurblių.

Neįskaitant šilumos siurblio per mėnesį suvartojama 941,4kWh elektros, padalinus iš dienų skaičiaus gauname, kad per dieną reikia apie 30,36kWh, akumulatoriams reikia pridėti apie 30% papildomos talpos, kad jie pilnai neišsikrautų ir tarnautų ilgiau. Gauname, kad reikės 39,47kWh akumuliatorių.

Antrajam variantui, kai reikia įskaičiuoti ir šilumos siurblio naudojamą energiją pagal sausio mėnesio elektros suvartojimą, paskaičiuojamas reikalingas akumulatorius kartu su šilumos siurblio energijos poreikiais. 1908,66kWh elektros energijos, padalinus iš dienų skaičiaus reikės 61,5 kWh per dieną, taip pat pridedama 30% atsarga ir gauname, kad reikės 80,04 kWh energijos akumulatoriaus.

4.3.1 Tesla akumulatoriai

Pirmajai sistemai reikėtų 4 akumuliatorių.

Antrajai sistemai tokių akumuliatorių reikėtų 8, tai labai ženkliai padidina sistemos kainą.

4.3.2 Įprasti akumulatoriai

Palyginimui naudosime paprastus akumulatorius.

Naudosime AGM gilaus ciklo akumulatorius Victron 12V/110Ah. Akumuliatorių įtampa 12V, todėl reikės 2 akumulatorius sujungti nuosekliai ir 15bloką lygiagrečiai, ir visa instaliuota talpa bus:

$$15 \cdot 24 \cdot 110 = 39600 \text{Wh } 39,6 \text{ kWh}$$

Antrajai sistemai reikės:

$$31 \cdot 24 \cdot 110 = 81840 \text{Wh } 81,84 \text{ kWh}$$

4.3.3 Tinklą naudoti kaip akumuliatorių

Skaičiuojant, kad akumulatorius, reikalingas namui, kainuoja 24000€ ir ji reikia keisti po 10 metų gauname, kad elektrai išleidžiama apie 2400€ per metus, o per metus reikia 22088,34kWh energijos, kurios beveik visą kiekį reikia pasidėti į tinklą, tokiu būdu galima mokėti 0,108€ už 1kWh. Tačiau jei akumulatoriai veikia 20 metų galima būtų mokėti 0,054€ už 1kWh pasidėtą tinkle.

5. OBJEKTO EKONOMINIS ĮVERTINIMAS

Norint įvertinti sistemos atsiperkamumą, sistemos lyginamos su kitomis sistemomis. Šias sistemas lyginsime su pastato šildymu elektra. Atskaitos taškas- metai laiko.

Namo šiluminiam poreikiams padengti reikia 13010,7kWh imame, kad 1kWh elektros kainuoja 0.11€ ir reikia pridėti mėnesinį abonementinį mokestį 5,79€ [12], gauname, kad namui šildyti reikės

$$13010,7 \cdot 0,11 + (5,79 \cdot 12) = 1431,177 + 69,48 = 1500,66\text{€ per metus.}$$

Pridedame elektros poreikių kainą $2259,36 \cdot 0,11 = 248,53\text{€}$, gauname, kad tokio namo šildymas ir elektros poreikiai per metus kainuos 1749,19€.

Perskaičiavus penkių namų sistemą elektrai per metus šildant elektra išleistų 8745,95€.

Tačiau tikslas yra nemokėti jokių mokesčių už elektrą ir lyginant pilną sistemą, su saulės moduliais, metinių elektros išlaidų nebus.

Pagrindinė atsinaujinančių šaltinių problema yra jų kaina. 5.1 lentelėje matome instaliuojamųjų įrenginių kainas.

5.1 lentelė Įrenginių kainos

Pavadinimas	Kaina, EUR		Kiekis Vnt			
Geoterminio šildymo siurblys "WAMAK BW 40"	16242,18[13]		1			
Geoterminio šildymo siurblys "WAMAK BW 09"	6708,18[13]		1			
Saulės kolektorių "U-Pipe" komplektas	2289		1		5	
Saulės moduliai "Sunmodule SW 245"	204		22		108	
inventorius/ įkroviklius Victron Multiplus 24V 8000VA	3671,14		1		4	
"Tesla" Powerwall akumuliatorius	3000[8]		1	3	4	8
Victron 12V/110Ah akumuliatorius	244,42		8	20	30	62
Geoterminio šildymo papildomos medžiagos ir įrengimo darbai (5 namams)	3620[14]	10860[14]				
Saulės modulių papildomos medžiagos ir įrengimo darbai (5 namams)	5793	16797				
Saulės kolektorių papildomos medžiagos ir įrengimo darbai (5 namams)	1000	5000				
Papildomas sklypas (5 namų sistemai)	6 000		6 arai			

Pagal 5.1 lentelės duomenis apskaičiuojame sistemų kainas palyginimui ir atsipirkimo laiką, lyginant su šildymu elektra. Skaičiuojama naudojant programą Microsoft Excel, o rezultatai surašomi į 5.2 lentelę.

5.2 lentelė. Sistemų kainų palyginimas ir jų atsipirkimo laikas

Sistema	Kaina, EUR	Atsipirkimo laikas, metais				
Vieno namo sistema						
"Tesla" akumulatoriai tenkina tik elektros poreikius be šilumos siurblio	30569,32	17,5				
"Tesla" akumulatoriai tenkina visus elektros poreikius	36569,32	20,9				
Įprastiniai akumulatoriai tenkina elektros poreikius be šilumos siurblio	29524,68	16,9				
Įprastiniai akumulatoriai tenkina visus elektros poreikius	32457,72	18,6				
		Kai metinė palaikymo kaina				
Komplekto kaina be akumuliatorių (tinklą naudojant kaip akumuliatorių)		0	0,03	0,05	0,08	0,1
10 metų laikotarpis	27569,32	15,8	16,5	17,0	17,8	18,3
20 metų laikotarpis	27569,32	15,8	17,3	18,3	19,8	20,9
5 namų sistema						
"Tesla" akumulatoriai tenkina tik elektros poreikius be šilumos siurblio	115060,74	13,2				
"Tesla" akumulatoriai tenkina visus elektros poreikius	127060,74	14,5				
Įprastiniai akumulatoriai tenkina elektros poreikius be šilumos siurblio	110393,34	12,6				
Įprastiniai akumulatoriai tenkina visus elektros poreikius	118214,78	13,5				
		Kai metinė palaikymo kaina				
Komplekto kaina be akumuliatorių (tinklą naudojant kaip akumuliatorių)		0	0,03	0,05	0,08	0,1
10 metų laikotarpis	103060,74	11,8	12,5	13,0	13,8	14,3
20 metų laikotarpis	103060,74	11,8	13,3	14,3	15,8	16,8

Iš duomenų matome, kad vieno namo sistema su akumulatoriais vidutiniškai atsipirktų per 17 metų, tačiau nėra nustatyto aiškaus akumulatoriaus tarnavimo laiko. „Tesla“ akumulatoriai turi 10 metų garantiją, o po to laiko jų talpa nukrenta apie 30%. Tai reikštų, kad tokiai sistemai yra 2 variantai: po 10 metų keisti akumulatorius naujais, arba instaliuoti keletą papildomų akumuliatorių. Abiem variantais išaugtų atsipirkimo laikas. Tinklą naudojant kaip akumuliatorių, matome, kad atsipirkimas lyginant su akumulatoriais, stipriai priklauso nuo elektros kainos. Kai metinė 1kWh

palaikymo kaina yra nemokama sistema atsiperka per sąlyginai trumpą laiką, jei saulės elementai, kolektoriai ir geoterminis siurblys tarnautų 20 metų, o sistema atsiperka po 15,8 metų, likusį laiką susikauptų pinigų sistemos remontui ir atnaujinimo darbams po 20 metų.

Penkių namų sistemos pagrindinis plusas yra pradinės investicijos kaina. Vienai šeimai kainuotų apie 22000€ lyginant su individualia sistema apie 30000€. Iš 5.2 lentelės matome, kad sistemos vidutinis atsipirkimo laikotarpis yra apie 13 metų, tai reiškia, kad 5 namų sistemai su mažesne pradine investicija gaunasi trumpesnis atsipirkimo laikotarpis. Šioje sistemoje, kaip ir vieno namo sistemoje, susiduriama su panašiomis problemomis dėl energijos kaupimo. Taip pat reikalingas papildomas sklypas, kuriame būtų išvedžioti geoterminio šildymo vamzdynai ir pastatyti saulės moduliai.

Apibendrinant gautus duomenis gauname, kad tokią sistemą namuose apsimoka įsirengti, jei yra laisvų pinigų ir galima tai sau leisti. Jeigu paskaičiavus sistemos kainą imant paskolą, tai tokia sistema niekada neatsipirks.

IŠVADOS

Darbe išsiaiškinome, kas yra saulės elementas, kuo skiriasi nuo saulės kolektoriaus. Taip pat išsiaiškinome, kodėl sistemoje reikalingi akumuliatoriai. Išsiaiškinome geoterminio šildymo principus ir kaip panaudoti žemės šiluminę energiją buityje. Trumpai aptarta, išmaniojo tinklo perspektyva.

Buvo apskaičiuota pastato energetinė charakteristika, apskaičiuoti energijos poreikiai patalpų šildymui ir karšto vandens ruošimui. Gauta, kad per metus iš viso reikės 13000 kWh energijos, pagal tai buvo parinktas šilumos siurblys kurio galingumas 8,7kW

Taip pat pagal gamintojo rekomendacijas 3-4 asmenų šeimai buvo parinktas vakuuminių kolektorių komplektas, kuris ne šildymo sezonu pilnai paruoš karštą vandenį.

Norint apskaičiuoti elektros energijos poreikius buvo sudarytas preliminarus elektros prietaisų sąrašas ir apskaičiuotas reikalingas elektros energijos kiekis per mėnesį 188,28 kWh. Sudarius metinį elektros energijos suvartojimą buityje ir pridėjus geoterminio šilumos siurblio sunaudojamą energiją gautas metinis elektros energijos poreikis 4465,63 kWh

Iš praktikos įmonės buvo gauti realios veikiančios 28,91kW saulės elektrinės 2014 m. duomenys, pagal kuriuos buvo apskaičiuota reikalinga saulės elektrinė 4,41kW, tačiau perskaičiavus pagal vidutinius daugiamečius saulės energijos kiekius tenkančius vienam kvadratiniam metrui gauta, kad reikės 5,39 kW saulės elektrinės. Tai nutiko dėl to, kad 2014 m. saulės energijos kiekis tenkantis kvadratiniam metrui buvo daug didesnis už vidutinį. Pagal saulės elektrinę buvo parinktas inverteris.

Taip pat apskaičiuota keletas energijos alternatyvų. Viena jų naudoti „Tesla“ 2015 m. pristatytus ličio jonų akumuliatorius, jie palyginti su įprastais gilaus iškrovimo akumuliatoriais ir paskaičiuota galimybė saulės energijos pagaminamos energijos perteklių pasidėti į tinklą.

Perskaičiuotas energijos poreikis 5 namų sistemai, parinktas 41,03 kW geoterminio šildymo siurblys. Taip pat pagal gamintojo rekomendacijas kiekvienam namui parinkti saulės kolektoriai.

Penkių namų sistemai buvo perskaičiuotas saulės elektrinės galingumas pradžioje pagal iš įmonės gautus duomenis 22,54kW, o paskui ir pagal vidutines metines reikšmes 26,46kW. Suskaičiuoti reikalingos talpos akumuliatoriai 5 namų sistemai.

Atliktas ekonominis vertinimas parodė, kad abi sistemos reikalauja nemažų pradinių investicijų vienai šeimai. Apie 30000€ vienam namui ir apie 22000€ vienai šeimai penkių namų sistemoje. Paskaičiuoti sistemų atsipirkimo laikotarpiai įvairiomis sąlygomis. Vidutiniškai vieno namo sistema atsipirktų per 17metų, o penkių namų sistema per 13 metų. Pagrindinis šių sistemų trūkumas yra neaiškus įrenginių tarnavimo laikas.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

Monografijos, vadovėliai:

1. Kytra, S. *Atsinaujinantys energijos šaltiniai*. Vadovėlis aukštosioms mokykloms. Kaunas: Technologija, 2006. ISBN 9955-25-159.
2. Svinkūnas, G., Navickas, A. *Elektros energetikos pagrindai*. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2013. ISBN 978-609-02-1001-7
3. Adomavičius, V. *Mažosios atsinaujinančiųjų išteklių sistemos*. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2013. ISBN 978-609-02-0945-5
4. Petrauskas, G., Adomavičius, V. *Saulės energijos naudojimas elektrai gaminti*. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2012. ISBN 978-609-02-0752-9

Elektroniniai leidiniai:

5. ABB *When grids get smart* Prieiga per internetą: http://thehill.com/sites/default/files/ABB_WhenGridsGetSmart_0.pdf;
žiūrėta: 2015-05-12
6. Geoterminio šildymo siurblys: WAMAK BW 09, Prieiga per internetą: http://www.wamak.eu/wapps/datasheets/datasheet_v2.php?code=WA001013&lang=en-GB;
žiūrėta 2015-05-12
7. Internetinė svetainė: „Lietuvos higienos normos, karšto vandens norma gyventojams.“
Rasta: www.am.lt/VI/files/0.400272001164028641.doc;
žiūrėta: 2015-05-12
8. Internetinė svetainė: Tesla. Rasta: <http://www.teslamotors.com/powerwall>;
žiūrėta: 2015-05-12
9. Saulės modulių parametrai: Sunmodule SW 245, Prieiga per internetą: <http://www.solarworld-usa.com/~media/www/files/datasheets/sunmodule-poly/sunmodule-solar-panel-245-poly-ds.pdf>;
žiūrėta 2015-05-17
10. Elektros įrenginių naudojama energija: Wholesale solar, Prieiga per internetą: <http://www.wholesalesolar.com/solar-information/how-to-save-energy/power-table>;
žiūrėta 2015-05-17
11. Geoterminio šildymo siurblys: WAMAK BW 40 EVI, Prieiga per internetą: http://www.wamak.eu/wapps/datasheets/datasheet_v2.php?code=WA001116&lang=en-GB;
žiūrėta 2015-05-17
12. Elektros kainos: LESTO, Prieiga per internetą: <http://www.lesto.lt/lt/privatiems/elektros-energijos-kainos-ir-tarifu-planai/elektros-energijos-kainos-eurais-2015.html> ;
žiūrėta 2015-05-17

13. Geoterminio šildymo siurblių kainynas: *Gilius*, Prieiga per internetą:
<http://gilius.lt/media/files/1/wamak-silumos-siurbLIAI.pdf>;
žiūrėta 2015-05-17

14. Geoterminio šildymo darbų kainos skaičiuoklė: *SVEO*, Prieiga per internetą:
<http://www.sveo.lt/lt/sildymo-skaiciuokle>;
žiūrėta 2015-05-17

PRIEDŲ SĄRAŠAS

1 priedas: Gyvenamojo namo eksplikacija

2 priedas: Principinis namo elektros tinklas

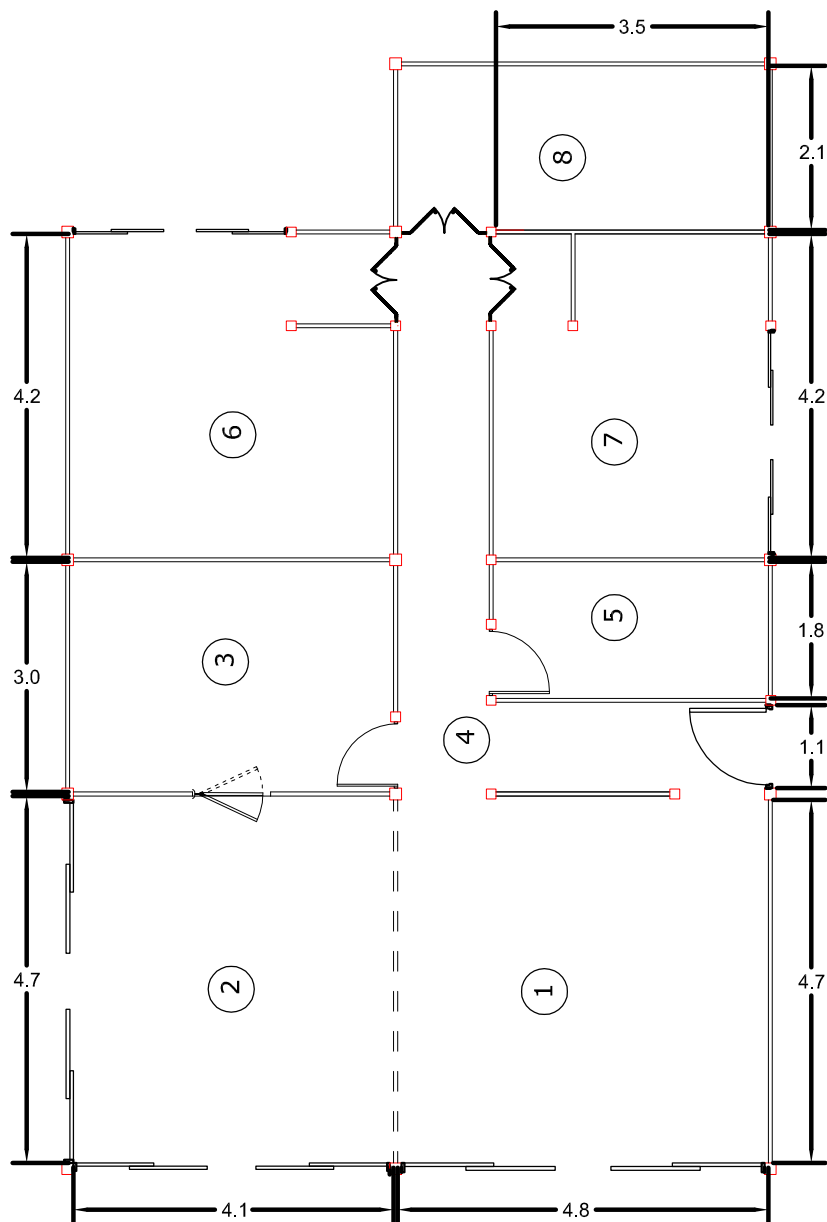
3 priedas: Vieno gyvenamojo namo sistemos saulės elektrinės išdėstymas

4 priedas: Vieno namo sistemos elektrinė schema

5 priedas: 5 namų rajono planas

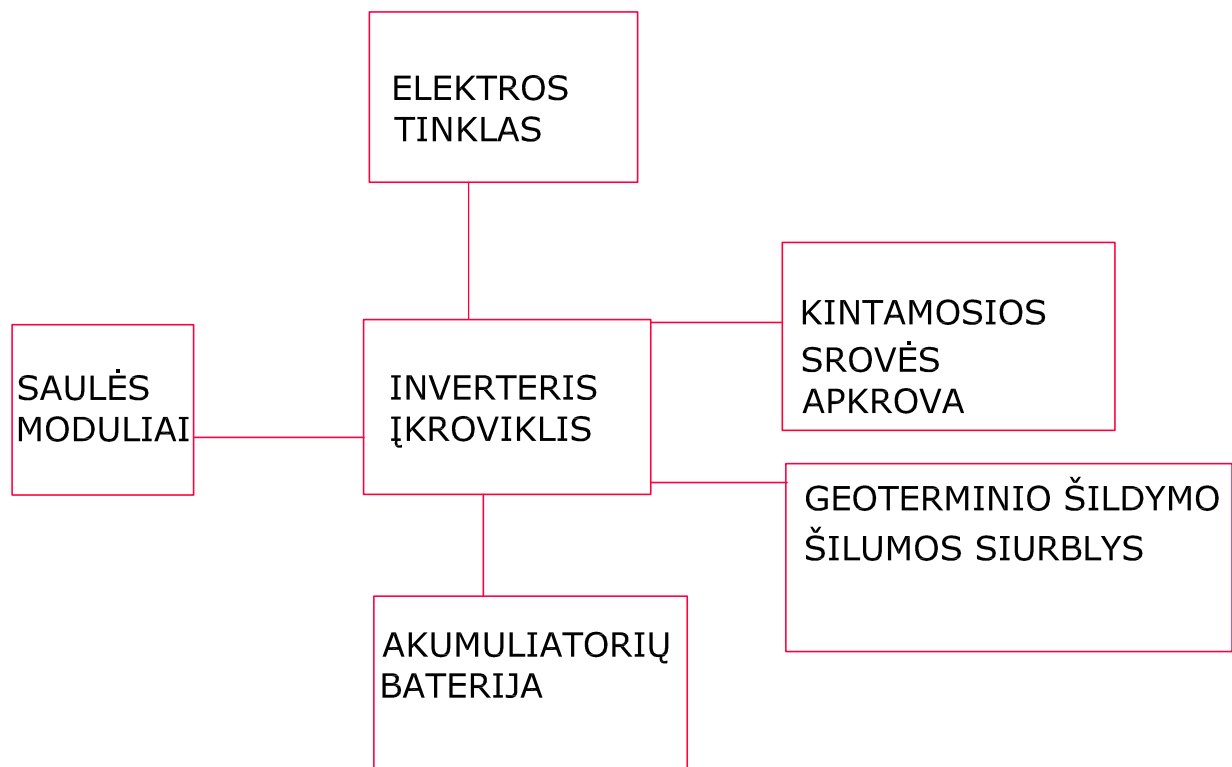
6 priedas: 5 namų saulės elektrinės, saulės kolektorių ir geoterminio šildymo principinis išdėstymas

7 priedas: 5 namų elektros tinklo schema



Patalpų eksplikacija		
KAMBARYS	PLOTAS m2	EIL. NR..
Pagrindinis kambarys	22.6	1
Valgomasis	19.3	2
Virtuvė	14.1	3
Koridorius	13.0	4
Vonia	6.3	5
Miegamasis 1	17.2	6
Miegamasis 2	14.7	7
Katlinė	7.4	8
Bendras	114.5	

Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas				Bakalauro baigiamasis darbas		
EAE-1/2	Studentas	P.Šmitas		2015-05	1 PRIEDAS. Gyvenamojo namo eksplikacija		Laida
							0
Stadija	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas				2015-BBD-EESK		Lapas
BBD							Lapų
							1
							1

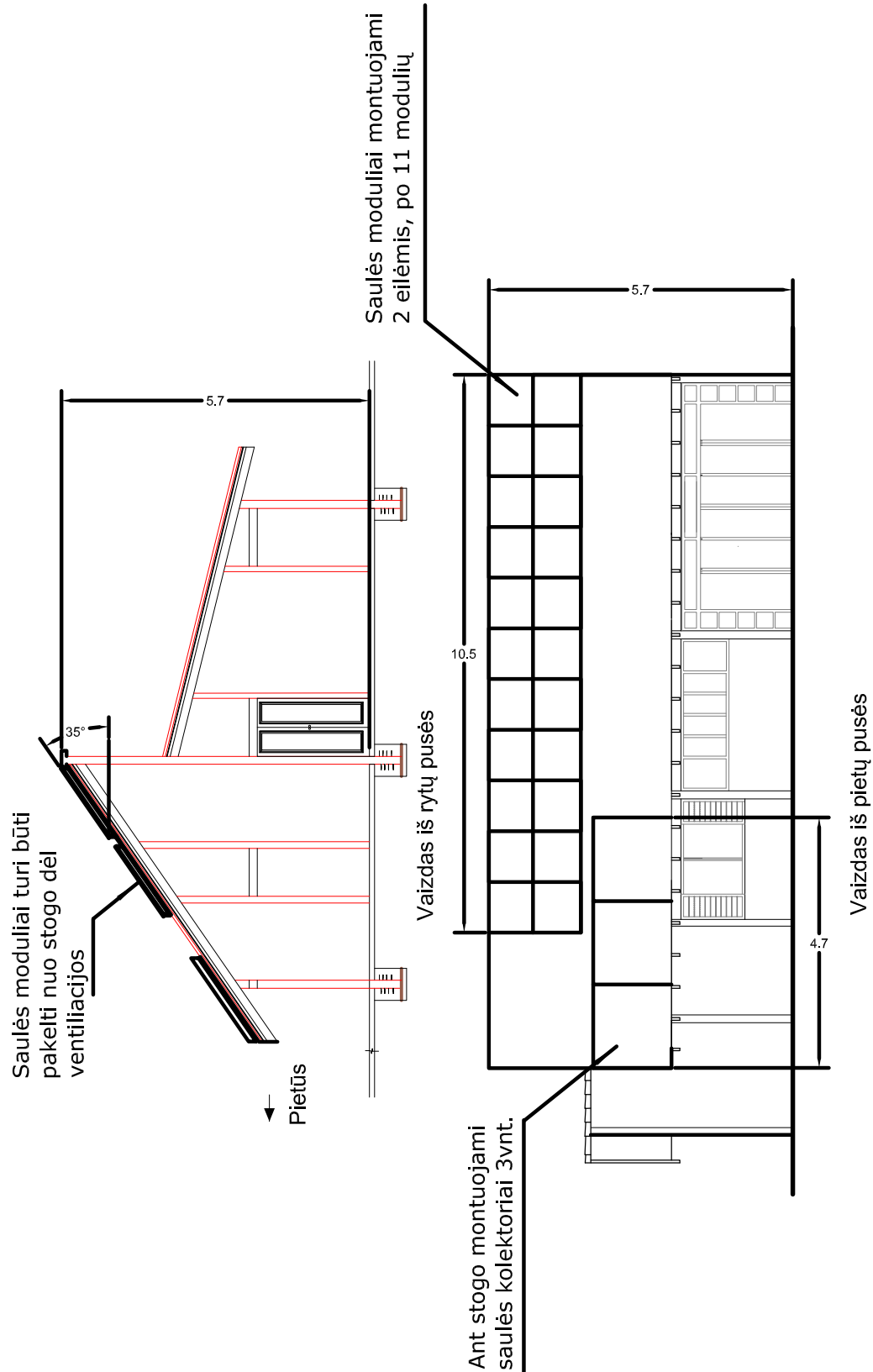


PASTABOS:

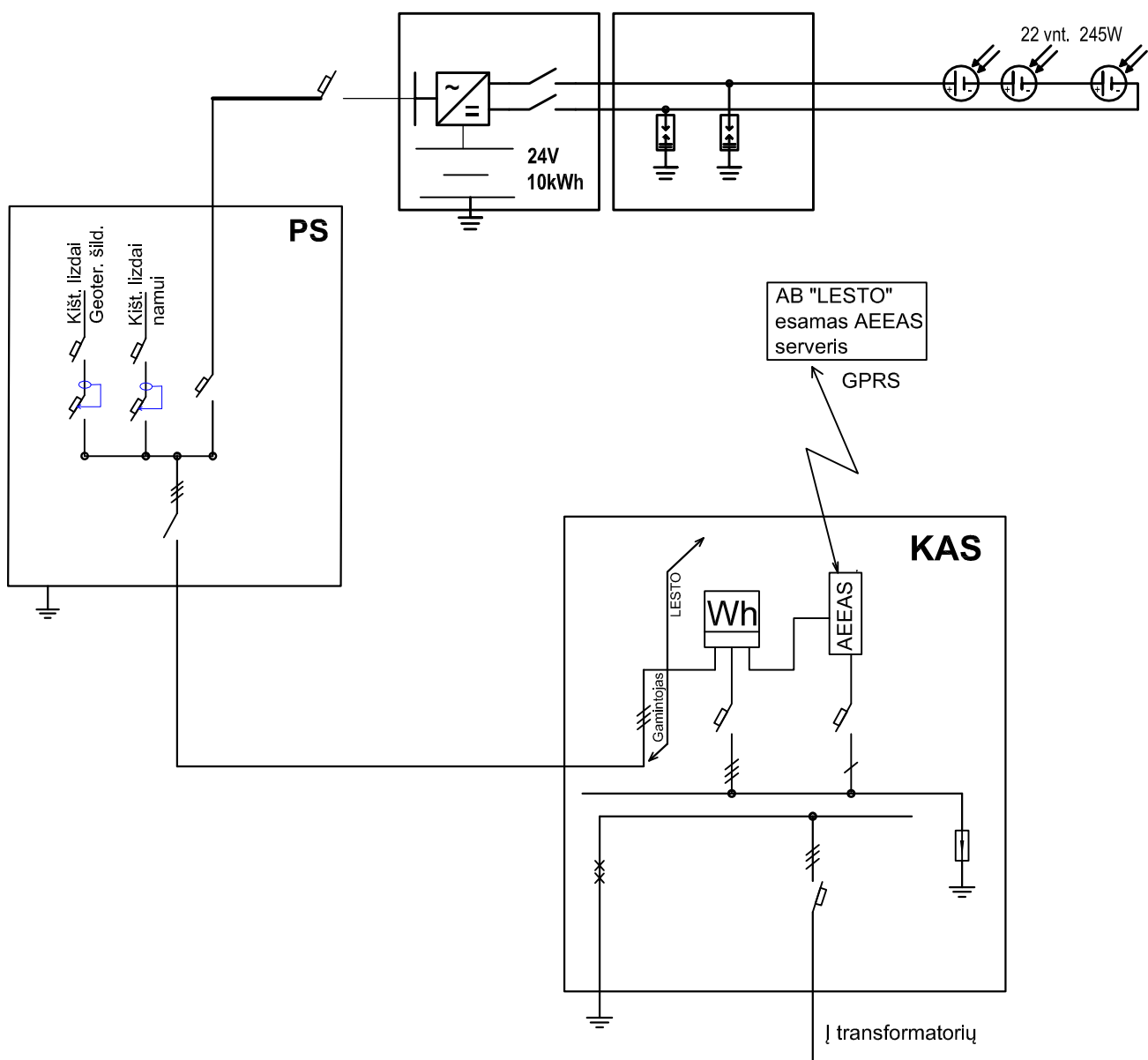
Moduliai sujungti su inverteriu/įkrovikliu, šis krauna akumuliatorius bei esant elektros energijos trūkumui paima energiją iš tinklo, ir perduota el. energiją apkrovai.

Šildymo laikotarpiu energija šilumos siurbliui perduodama atskirai, nes nėra kaip sukaupti tiek energijos akumuliatoriuose

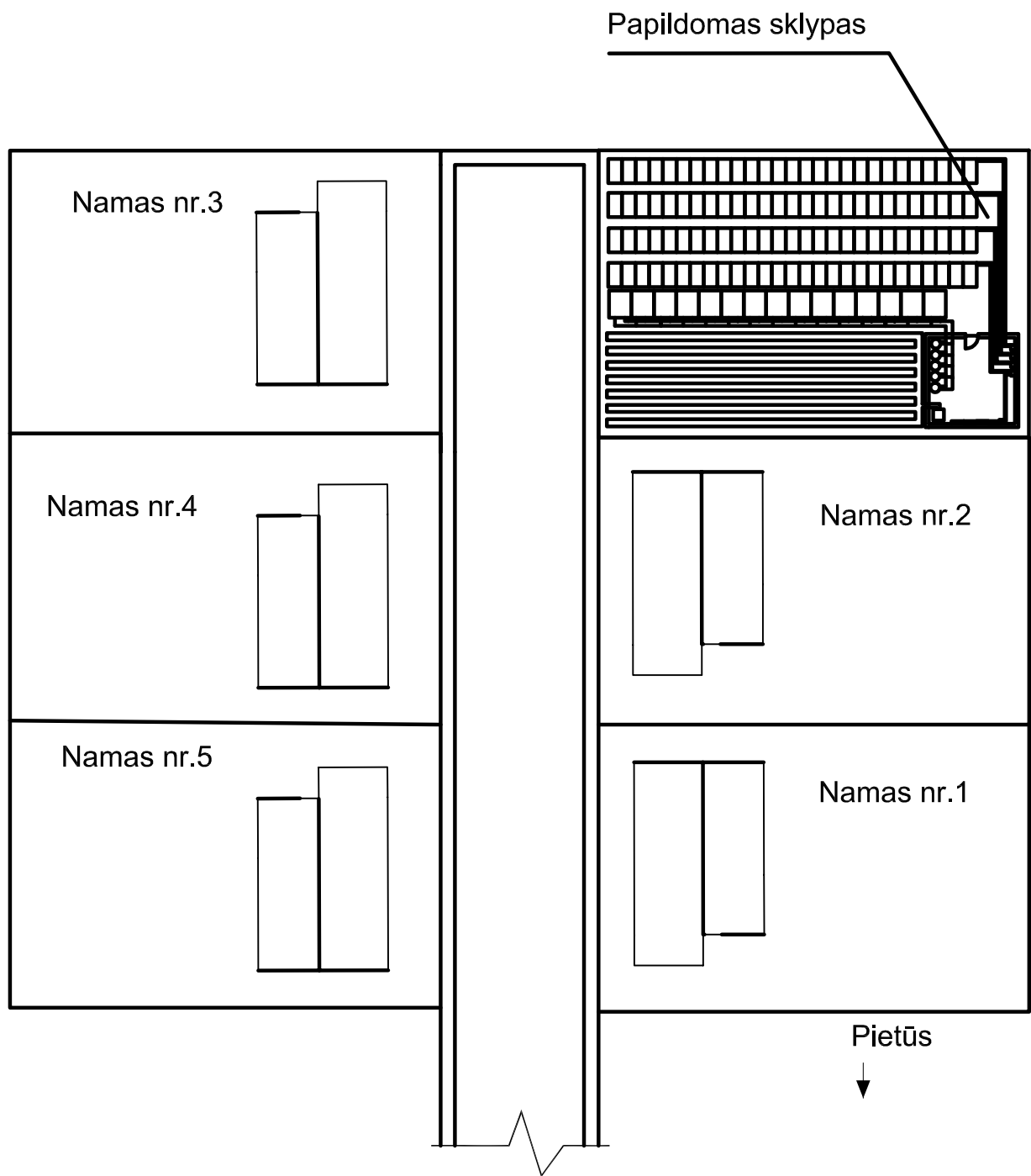
Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas				Bakalauro baigiamasis darbas		
EAE-1/2	Studentas	P.Šmitas		2015-05	2 PRIEDAS. Principinis namo elektros tinklas	Laida	
							0
Stadija	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas				2015-BBD-EESK	Lapas	Lapų
BBD						1	1



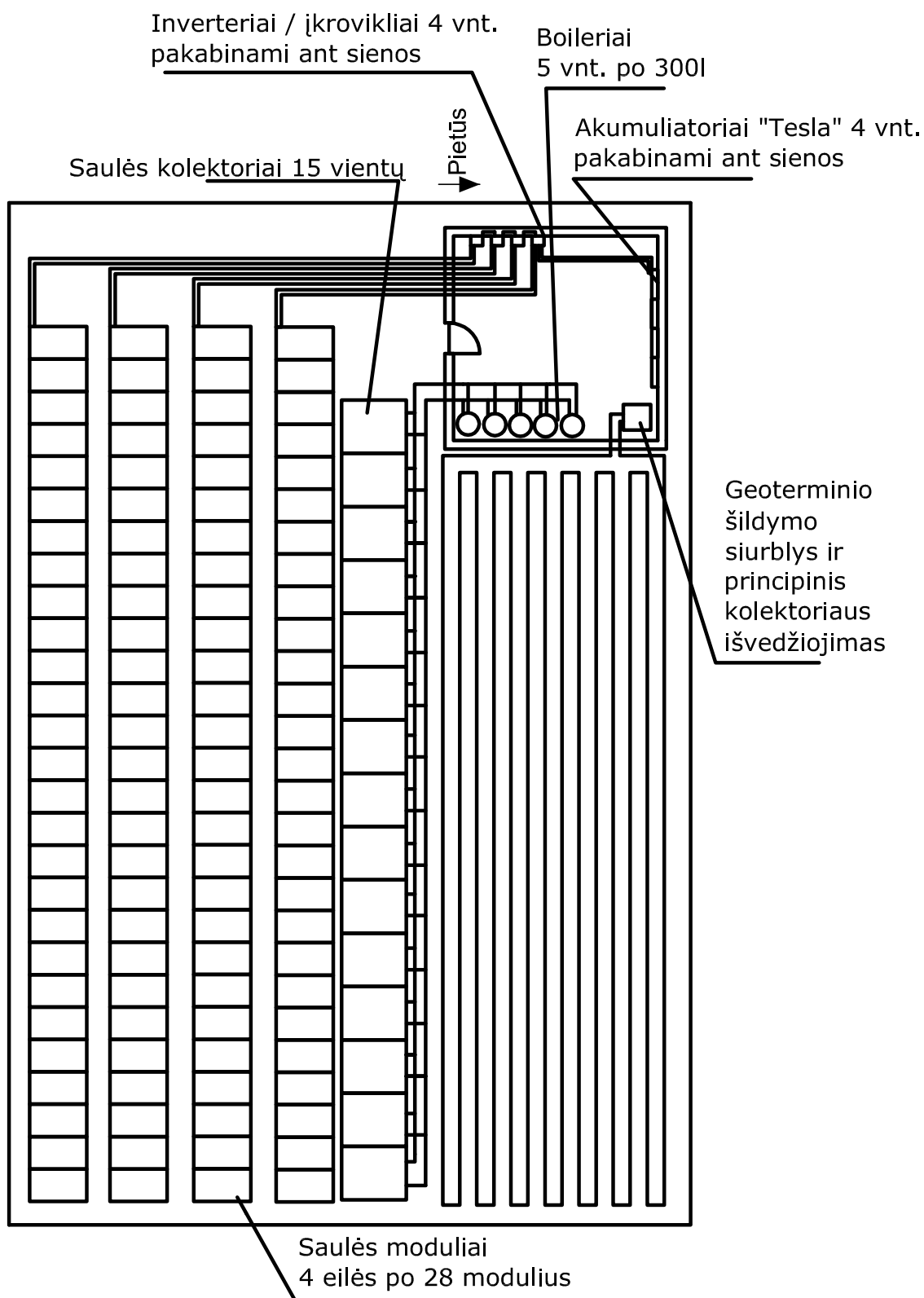
Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas				Bakalauro baigiamasis darbas		
EAE-1/2	Studentas	P.Šmitas		2015-05	3 PRIEDAS. vieno namo sistemos saulės elektrinės ir saulės modulių išdėstymas	Laida	
						0	
Stadija	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas				2015-BBD-EESK	Lapas	Lapų
BBD						1	1



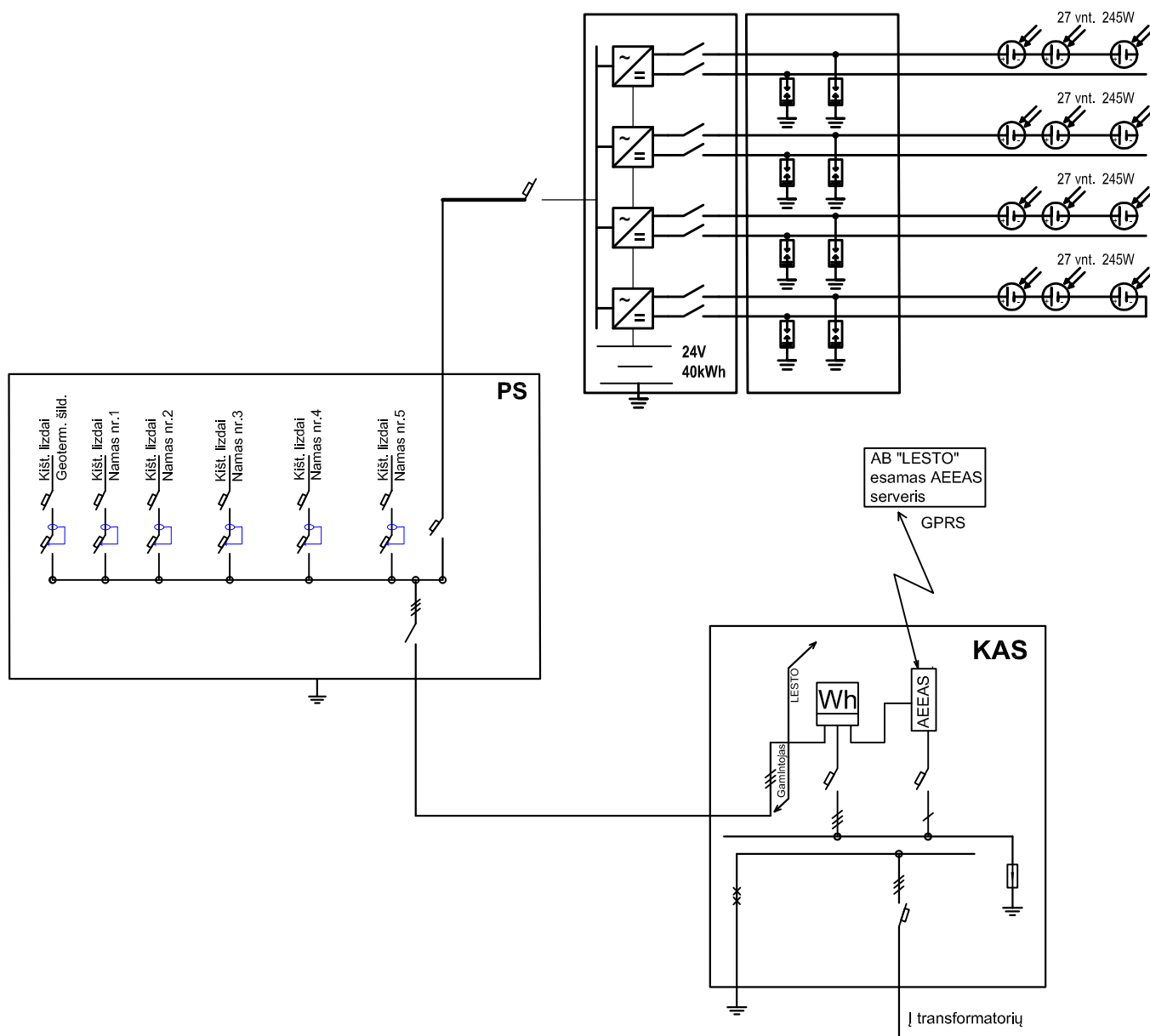
Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas				Bakalauro baigiamasis darbas			
EAE-1/2	Studentas	P.Šmitas		2015-05	4 PRIEDAS. vieno namo sistemos elektrinė schema			Laida
				O				
Stadija	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas				2015-BBD-EESK		Lapas	Lapų
BBD							1	1



Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas				Bakalauro baigiamasis darbas		
EAE-1/2	Studentas	P.Šmitas		2015-05	5 PRIEDAS. 5 namų rajono planas	Laida	
						O	
Stadija	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas				2015-BBD-EESK	Lapas	Lapų
BBD						1	1



Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas				Bakalauro baigiamasis darbas			
EAE-1/2	Studentas	P.Šmitas		2015-05	6 PRIEDAS. 5 namų saulės elektrinės, saulės kolektorių ir geoterminio šildymo schema	Laida		
						O		
Stadija	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas				2015-BBD-EESK	Lapas	Lapų	
BBD						1	1	



Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas				Bakalauro baigiamasis darbas			
EAE-1/2	Studentas	P.Šmitas		2015-05	7 PRIEDAS. 5 namų elektros tinklo schema			Laida
								O
Stadija	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas				2015-BBD-EESK			Lapas
BBD								Lapų
								1
								1