

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Povilas Ališauskas

**SAULĖS ŠVIESOS ELEKTRINIŲ NAUDOJIMO
TELEKOMUNIKACINĖSE SISTEMOSE GALIMYBIŲ TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Audrius Jonaitis

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

SAULĖS ŠVIESOS ELEKTRINIŲ NAUDOJIMO
TELEKOMUNIKACINĖSE SISTEMOSE GALIMYBIŲ TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Elektros energetikos sistemos (kodas 621H63005)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Audrius Jonaitis

(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr. Renata Miliūnė

(data)

Projektą atliko

(parašas) Povilas Ališauskas

(data)

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Povilas Ališauskas

(Studento vardas, pavardė)

Elektros energetikos sistemos 621H63005

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Saulės šviesos elektrinių naudojimo telekomunikacinėse sistemose galimybių tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. gegužės 23 d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Povilo Ališausko**, baigiamasis projektas tema „Saulės šviesos elektrinių naudojimo telekomunikacinėse sistemose galimybių tyrimas“ 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)

Ališauskas, P. Saulės šviesos elektrinių naudojimo telekomunikacinėse sistemose galimybių tyrimas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Audrius Jonaitis; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Kaunas, 2016. 65 psl.

SANTRAUKA

Sparčiai diegiant informacinių ryšių technologijas (IRT), didėja elektros energijos vartojimas telekomunikacinėse sistemose. Todėl efektyviau naudojant elektros energiją šiose sistemose galima sumažinti energijos vartojimą bei aplinkos taršą elektros energijos gamybos metu. Atsinaujinantys energijos šaltiniai yra būdas kaip sumažinti išlaidas ir elektrinių į atmosferą išmetamų dujų kiekį. Šiais laikais siekiama įdiegti kuo daugiau alternatyvių energijos šaltinių.

Tyrimo objektas – telekomunikacinių stočių energijos sistema.

Šio darbo tikslas yra nustatyti saulės energijos pritaikymo galimybes telekomunikacinėse stotyse. Sprendžiama problema kaip patenkinti elektros energijos poreikį telekomunikacinėse stotyse naudojant saulės energiją.

Darbo uždaviniai: išanalizuoti telekomunikacines sistemas; ištirti elektros energijos poreikį telekomunikacinėse stotyse; įvertinti atsinaujinančius šaltinius ir jų tinkamumą telekomunikacinėms stotims; išanalizuoti saulės elektrinių veikimo principą; parengti eksperimentinių ir teorinių tyrimų metodiką; įvertinti AEI taikymo telekomunikacinėse stotyse galimybes.

Naudojami metodai: telekomunikacinės stoties elektros energijos įrangos ir mikroklimato sistemos sąnaudų nustatymas; saulės spinduliuotės potencialo, vėjo potencialo ir aplinkos oro temperatūros nustatymas; tyrimų duomenų statistinis įvertinimas.

Reikšminiai žodžiai: AEI (atsinaujinantys energetiniai ištekliai), saulės energija, saulės elementas, telekomunikacijų sistemos, telekomunikacinės stotys, saulės spinduliuotė, vėjo elektrinė, kombinuotos elektrinės,

Ališauskas, P. Analysis of Application Possibilities of Photovoltaic Power for Telecommunication Systems. Master's thesis / Mentor: Assoc. Prof. Audrius Jonaitis; Department of Electric Power Systems of the Faculty of Electrical and Electronics Engineering of Kaunas University of Technology.

Kaunas, 2016. 65 pages.

SUMMARY

Rapid development of information and communication technologies (ICT) simultaneously increases demand for electricity in telecommunication systems. Therefore, effectiveness-related solutions in these systems could reduce consumption of energy and also would have positive environmental impact related to the production of electric power. Renewable energy is an option to reduce spending and emissions of gas, released to the atmosphere by power-plants. Nowadays engineering aims to introduce as many sources of renewably energy as possible.

Object of the research is the energy system of telecommunication systems.

The aim of this project is to assess the options of using solar energy in telecommunication stations. Major problem is how to meet the demand of electric power in telecommunication systems, using the solar energy.

Tasks of the research are the following: 1) To analyze telecommunication systems; 2) To analyze the demand of electric power in telecommunication systems; 3) To assess renewable energy resources and the availability for telecommunication systems; 4) To analyze the working principle of solar power-plants; 5) To develop methodical basis for experimental and theoretical researches; 6) To assess the opportunities to apply sources of renewable energy in telecommunication stations.

Methods applied: measuring input of electric power equipment and of microclimate system of telecommunication station; measuring potential of solar radiation, wind and air temperature; statistically assessing the research data.

Key words: sources of renewable energy, solar energy, solar cell, telecommunication systems, telecommunication stations, solar radiation, wind turbine, hybrid power-plants.

TURINYS

SANTRUMPŲ IR ŽENKLŲ AIŠKINIMO ŽODYNAS	7
LENTELIŲ IR PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	8
ĮVADAS	11
1. ATSINAUJINANTYS ENERGIJOS ŠALTINIAI TELEKOMUNIKACIJŲ SISTEMOSE	13
1.1. Atsinaujinantys energijos šaltiniai ir jų naudojimas telekomunikacijose	15
1.2. Saulės elementų technologija	17
1.3. Telekomunikacijų tinklo konstrukcija ir įranga	19
1.4. Telekomunikacinių stočių maitinimo poreikiai ir priežastys	25
1.5. Saulės sistemų tipai ir pritaikomumas telekomunikacijose	29
2. TYRIMO METODIKA	33
2.1. Tyrimo tikslas, uždaviniai, objektas	33
2.2. BS elektros energijos sąnaudų ir saulės spinduliuotės potencialo nustatymo metodika	38
2.3. Tyrimų duomenų apdorojimo metodika	42
4. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ	44
4.1. Elektros energijos BS suvartojimo kitimas	44
4.2. Elektros energijos BS mikro klimato palaikymui vartojimo priklausomybės nuo temperatūros analizė	47
4.3. BS elektros energijos poreikių tenkinimas naudojant saulės energiją	50
4.4. BS elektros energijos poreikių tenkinimas naudojant kombinuotą (saulės ir vėjo) energiją	53
4.5. Pastato izoliavimas šilumą atspindinčia izoliacine medžiaga	56
IŠVADOS	62
LITERATŪROS SĄRAŠAS	63
PRIEDAI	66

SANTRUMPŲ IR ŽENKLŲ AIŠKINIMO ŽODYNAS

AEI – atsinaujinantys energijos ištekliai;

AEIŠ – atsinaujinančių energijos išteklių šaltiniai;

BS – bazinė stotis;

BTS – bazinė signalų siuntimo stotis;

IRT – informacinių ryšių technologijos;

UMTS - mobilus perjungimo centras;

GSM/UMTS/LTE - radijo ryšio tinklo bazinė stotis

GSM/UMTS - radijo ryšio tinklo bazinė stotis ,

GSMDCS/UMTS/LTE - radijo ryšio tinklo bazinė stotis

“Huawei“ - mobiliojo ryšio bazinės stotis

WiMAX – bevielio ryšio technologija, kuri leidžia sparčiai perduoti duomenis radijo ryšiu;

HMS – hidrometeorologijos stotis;

ISO – tarptautinės standartų organizacijos išleistas standartas;

Φ_T - šilumos srautas per sienas,

Φ_V - šilumos srautas, per ventiliaciją (taip pat vadinamas nemokamu aušinimu),

Φ_{Sol} - šilumos srautas, nuo saulės spindulių,

Φ_{Cond} -a šilumos srautas, dėl kondicionavimo

Φ_{St} - prietaisų (vidinis srautas) skleidžiamos šilumos srautas.

LENTELIŲ IR PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

Paveikslas

1 pav. Saulės aktyvumo žemėlapis	14
2 pav. Vidutinė metinė bendroji Saulės spinduliuotė (W/m^2), 2014 m.	15
3 pav. BS energijos poreikių užtikrinimas AEI pagalba	16
4 pav. Saulės elemento veikimo principas	17
5 pav. Saulės spinduliuotės spektras	18
6 pav. Telekomunikacijų sistema	20
7 pav. Tipiška mobiliųjų telekomunikacijų tinklo schema	21
8 pav. Bazinių stočių sistema	23
9 pav. Bazinės telekomunikacijų stotys Lietuvoje	24
10 pav. BS energijos suvartojimo pasiskirstymas	26
11 pav. Šilumos srautai BS.	27
12 pav. Sistema be baterijos	29
13 pav. Sistema su baterija	30
14 pav. Įprastinė sistema.....	30
15 pav. Saulės elektrinė Mikrotik RB433 aprūpinanti BS	31
16 pav. Sistema aprūpinanti BS energija	32
17 pav. BS su konteinerinio tipo valdymo stotimi.....	33
18 pav. Klimatograma 3.1 klasės kontroliuojamose vietose.	35
19 pav. BS pagrindinės sudedamosios dalys	36
20 pav. Nokia informacijos perdavimo mazgas	36
21 pav. „GPM48P“ lygintuvas.....	37
22 pav. Skaitiklis A43 312 – 100.....	38
23 pav. Sekimo prietaisas „Solyn 2“	39
24 pav. Saulės šviesos kritimo kampas α	40
26 pav. Pirheliometras	40

27 pav. Aplinkos oro temperatūros ir drėgnio matavimo prietaisas.....	40
28 pav. Vėjo greičio matuoklis AV-WSS.....	41
29 pav. Maksimalaus energijos poreikio kitimas per parą	44
30 pav. Maksimalaus energijos poreikio vidurkio kitimas per parą analizuojamasi metais.....	45
31 pav. Energijos poreikių svyravimų kitimas 2012-2015 m.	46
32 pav. Energijos poreikių per parą svyravimų kitimas	46
33 pav. Oro temperatūros ir energijos suvartojimas mikroklimatui palaikyti sąsajos	48
34 pav. BS mikroklimato sunaudojamos energijos perspektyvų analizė	49
35 pav. Elektros energijos vartojimo BS įrangai ir mikroklimatui dinamika.....	50
36 pav. Elektros energijos poreikis ir saulės spinduliuotės į paviršių dinamika	51

Lentelės

1 lentelė. AEI šaltiniai ir gaunama energijos rūšis.....	13
2 lentelė. AEI efektyvumas naudojant juos BS energijos aprūpinimui	16
3 lentelė. Meteorologinės charakteristikos	17
4 lentelė. Viešojo fiksotojo ir judriojo telefono ryšio naudotojų analizė.....	22
5 lentelė. BS bendros energijos sąnaudos	26
6 lentelė. Valdymo stoties matmenys	33
7 lentelė. Įrangos duomenys	34
8 lentelė Akumuliatorių techninės charakteristikos.....	37
9 lentelė. Pt100 jutiklio pagrindinės charakteristikos.....	41
10 lentelė. BS metinis elektros energijos poreikis įvertinus vidutinę temperatūrą	47
11 lentelė. Saulės spinduliuotė Kaune kWh/m ²	50
12 lentelė. BS poreikių tenkinimas naudojant saulės energiją.....	51
13 lentelė. BS mikro klimatui užtikrinti naudojamos saulės energijos tenkinimas naudojant saulės energiją	52
14 lentelė Sąnaudos elektros energijai.....	53
15 lentelė. Vidutinis vėjo greitis /m ²	53
16 lentelė. Pagaminamos energijos kiekis.....	54

17 lentelė. BS poreikių tenkinimas naudojant kombinuotą elektrinę	54
18 lentelė. BS mikro klimatui energijos poreikių tenkinimas naudojamos kombinuotą elektrinę	55
19 lentelė Sąnaudos elektros energijai.....	56
20 lentelė. Energijos poreikiai po izoliavimo	57
21 lentelė. BS poreikių tenkinimas naudojant saulės energiją po izoliacijos	58
23 lentelė. BS poreikių mikro klimatui tenkinimas naudojant saulės energiją po izoliacijos	58
24 lentelė. BS poreikių tenkinimas naudojant kombinuotą elektrinę po izoliavimo	59
26 lentelė. BS poreikių mikro klimatui tenkinimas naudojant kombinuotą energiją po izoliacijos	60
27 lentelė Sąnaudos elektros energijai.....	60

IVADAS

Pastaruju metu pasaulio ir visuomenės augimui ir plėtrai įtaką daro telekomunikacijos. Šiuolaikinės telekomunikacijų sistemos yra labai įvairios ir sudėtingos. Jas tiria, tobulina, plėtoja ir naujas kuria įvairios viso pasaulio mokslo ir gamybos institucijos. Telekomunikacijų įrangą gamina labai daug įmonių visame pasaulyje. Per paskutinius du dešimtmečius sukurtos visiškai naujos mobiliojo ryšio, išplėtotos interneto galimybės bei telekomunikacijų teikiamos paslaugos (Paulikas Š., 2012).

Telekomunikacijos sistemos neatsiejama šiuolaikinės visuomenės spartaus vystimosi dalis. Jos naudojamos visuomenės nuotoliniam komunikavimui, informacijos srautų perdavimui ir kitiems tikslams. Sparčiai diegiant informacinių ryšių technologijas (IRT), didėja elektros energijos vartojimas telekomunikacinėse sistemose. Todėl efektyviau naudojant elektros energiją šiose sistemose galima sumažinti energijos vartojimą bei aplinkos taršą elektros energijos gamybos metu (Kavolynas A., Navickas K., Vaickelionis E., 2011)

Išsiplėtęs telekomunikacijų tinklas padarė įtaką išaugusiam elektros energijos suvartojimui. Per metus sunaudojama nuo 1,5 TWh iki 9 TWh (Bianco C., Cucchiatti F., Griffa G. Energy, 2007). Efektyviau naudojant energiją būtų galima sumažinti energijos kaštus. Tokiu būdu ne tik būtų sutaupyta brangi energija, bet būtų prisidėta ir prie kovos su visuotiniu klimato atšilimu. Taip pat telekomunikacijų stotys taptų labiau nepriklausomos.

Atsinaujinantys energijos šaltiniai yra būdas kaip sumažinti išlaidas ir elektrinių į atmosferą išmetamų dujų kiekį. Šiais laikais siekiama įdiegti kuo daugiau alternatyvių energijos šaltinių. Šiuo metu tai tapo labai populiariu. Tyrimai buvo vykdomi kaimiškose, miškingose vietovėse, bazinėse mobiliojo ryšio stotyse, kuriose iškyla problemų dėl elektros energijos tiekimo patikimumo (Kaldellis J. K. 2010; Lubritto C., Petraglia A., Vetromile C. 2011).

Tyrimo objektas – telekomunikacinių stočių energijos sistema.

Šio darbo tikslas yra nustatyti saulės energijos pritaikymo galimybes telekomunikacinėse stotyse. Sprendžiama problema kaip patenkinti elektros energijos poreikį telekomunikacinėse stotyse naudojant saulės energiją.

Darbo uždaviniai:

1. išanalizuoti telekomunikacines sistemas
2. ištirti elektros energijos poreikį telekomunikacinėse stotyse;
3. įvertinti atsinaujinančius šaltinius ir jų tinkamumą telekomunikacinėms stotims;
4. išanalizuoti saulės elektrinių veikimo principą
5. parengti eksperimentinių ir teorinių tyrimų metodiką;

6. įvertinti AEI taikymo telekomunikacinėse stotyse galimybes.

Naudojami metodai:

1. telekomunikacinės stoties elektros energijos įrangos ir mikroklimato sistemos sąnaudų nustatymas;
2. saulės spinduliuotės potencialo ir aplinkos oro temperatūros nustatymas;
3. tyrimų duomenų statistinis įvertinimas.

1. ATSINAUJINANTYS ENERGIJOS ŠALTINIAI TELEKOMUNIKACIJŲ SISTEMOSE

Matulionytė-Jarašūnė E. (2012) analizuodama energijos šaltinius teigia, kad energija pagaminta ar gauta iš gamtinių šaltinių vadinama pirmine energija, jai priskiriami visi iškastiniai kurai (nafta, dujos, akmens anglis, bei iš AEI gaunama energija), be to, atominė (branduolinė) energija irgi gali būti priskiriama pirminės energijos grupei. Lietuva neturinti gausių iškastinių išteklių tampa viena iš daugiausiai nuo energijos importo priklausiančių valstybių, todėl didesnis dėmesys turėtų būti skiriamas AEI kuriuos galima gauti iš įvairių šaltinių (1 lentelė).

1 lentelė. AEI šaltiniai ir gaunama energijos rūšis

Šaltinis	Gaunamos energijos rūšis	Atsinaujinančią energiją tiekia		
		Šilumai/ vėsinimui	Transportui	Elektrai
Biomasė	Biodujos biodegalai	Taip	Taip	Taip
Vanduo	Elektros energija			Taip
Vėjas	Elektros energija			Taip
Saulės	Elektros energija Šiluminė energija (saulės kolektoriaus pagalba)	Taip		Taip
Geoterminė energija	Elektros energija Šiluminė energija	Taip		Taip

Sudaryta remiantis: Matulionytė-Jarašūnė E. 2012

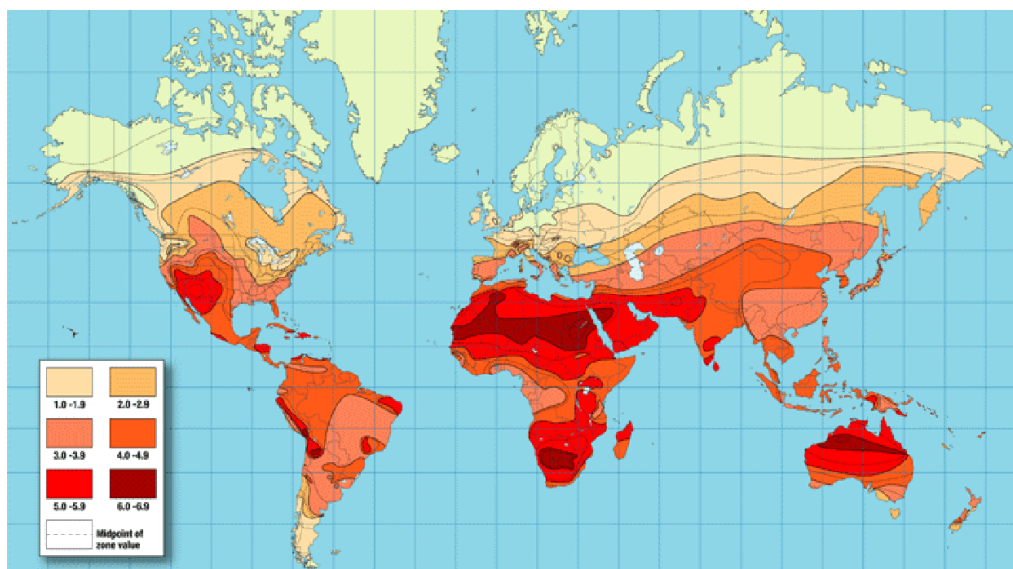
Nors elektros energijos panaudojimo šaltinių yra gana daug, tačiau Lietuva dar nepilnai išnaudoja visas galimybes, nors per paskutiniuosius metus labai ryškiai pasistūmėjo į priekį. Ekspertai. EU remdamiesi AFP, REUTERS duomenimis teigia, kad 2015 metais Lietuva įsipareigojo iki 2020 m. užtikrinti, kad 23 proc. energijos būtų pagaminta iš atsinaujinančių energijos šaltinių. 2000 m. iš biokuro Lietuvoje buvo pagaminta vos 2 proc. centralizuotos šilumos, o šiuo metu – beveik 34 proc. AEI dalis bendrame šalies energijos balanse 2014 m. sudarė 22,95 proc. (lyginant su 2012 m. išaugo 1,22 proc.). Nuo 2007 m. iki 2014 AEI dalis nuo šalies bendrojo galutinio energijos suvartojimo padidėjo 6,25 proc. 2013 m. atsinaujinančių išteklių energijos dalis elektros energijos gamybos sektoriuje sudarė 13,14 proc. (padidėjo 2,27 proc.), šildymo ir aušinimo

sektoriuje – 37,72 proc. (padidėjo 2,27 proc.) ir 4,65 proc. (sumažėjo 0,14 proc.) transporto sektoriuje (<http://www.ekspertai.eu/>).

Ne visi Lietuvos regionai tinkami AEI panaudojimui. Vasarevičius D. (2011) teigia, kad efektyviam vėjo energijos panaudojimui Lietuvoje yra tinkamas tik pajūrio regionas. Ten vidutinis metinis vėjo greitis yra 6–7 m/s. Lietuvoje yra palankios sąlygos biokuro naudojimui. Yra dideli nederbamos žemės plotai, tinkami energetinių augalų auginimui. Biodujų gamybai gali būti naudojamos gyvulininkystės ūkių, vandens valymo įrengimų ar miestų komunalinės atliekos, tačiau netreikia pamiršti kad tai ganėtinai brangus kuras ir prieš paradedant jo gamybą reikia įvertinti ko kainą ir konkurencingumą. Hidroenergetika viena iš AEI šaltinių, tačiau jos panaudojimas sukelia keblumų, nes dėl hidroelektrinių užliejami dideli žemės plotai ir daroma žala gamtai, bei ne visur jas galima statyti dėl žuvų migracijos ir pan.

Saulės šviesa yra puikus atsinaujinančios energijos šaltinis. Taigi, saulės energijos naudojimas elektros energijos gamybai, mažai energijos reikalaujančių įrenginių maitinimui, BS maitinimui tampa vis dažnesnis. Elektros energijos gamybai iš saulės energijos gauti naudojamas fotoelektros modulynas. Fotoelektros modulis saulės energiją verčia elektros energija.

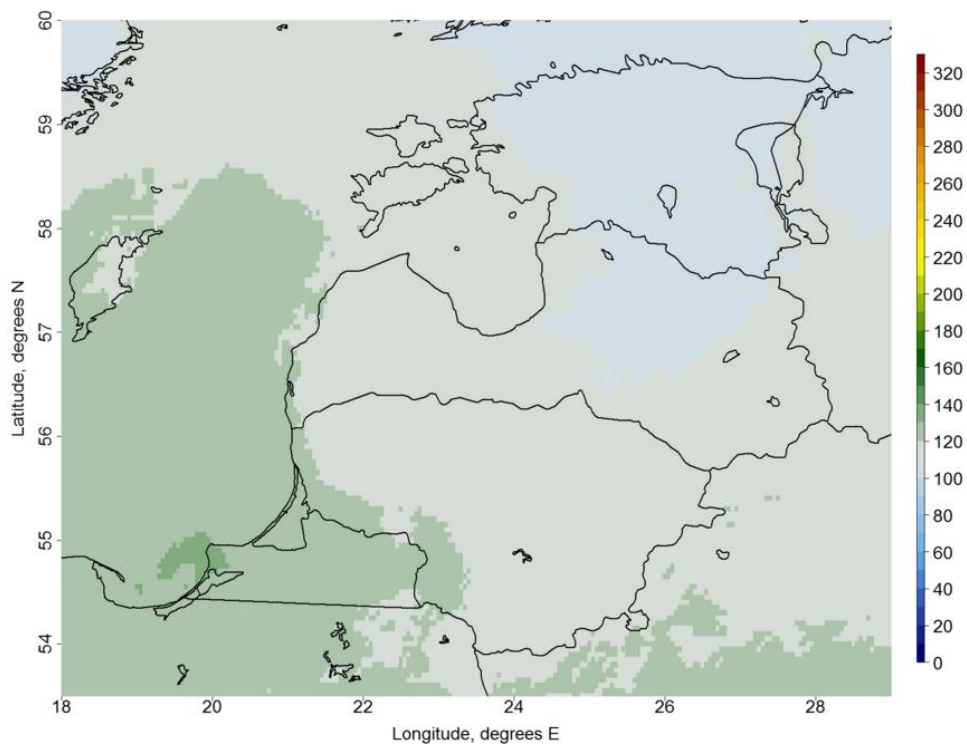
Tipiškų kristalinių saulės elemento efektyvumas siekia apie 14-16%, galima tikėtis, kad esant tokiam saulės aktyvumui iš 1 m² bus sugeneruota 140-160W. Akivaizdu kad skirtingose pasaulio dalyse yra skirtingas saulės aktyvumas (1 pav.).



1 pav. Saulės aktyvumo žemėlapis Šaltinis: Ike D.U., Adoghe A.U., Abdulkareem A. (2014)

Iš žemėlapis (7 pav.) matyti, kad atogrąžų šalyse, tokiose, kaip Nigerija, saulės aktyvumas yra didžiausias ir šiose šalyse saulės energija naudojama kaip perspektyvus energijos šaltinis.

Remiantis duomenimis saulės spinduliuotės vidurkis 2014 m. siekė nuo 100 iki 150W/m² (2 pav.).



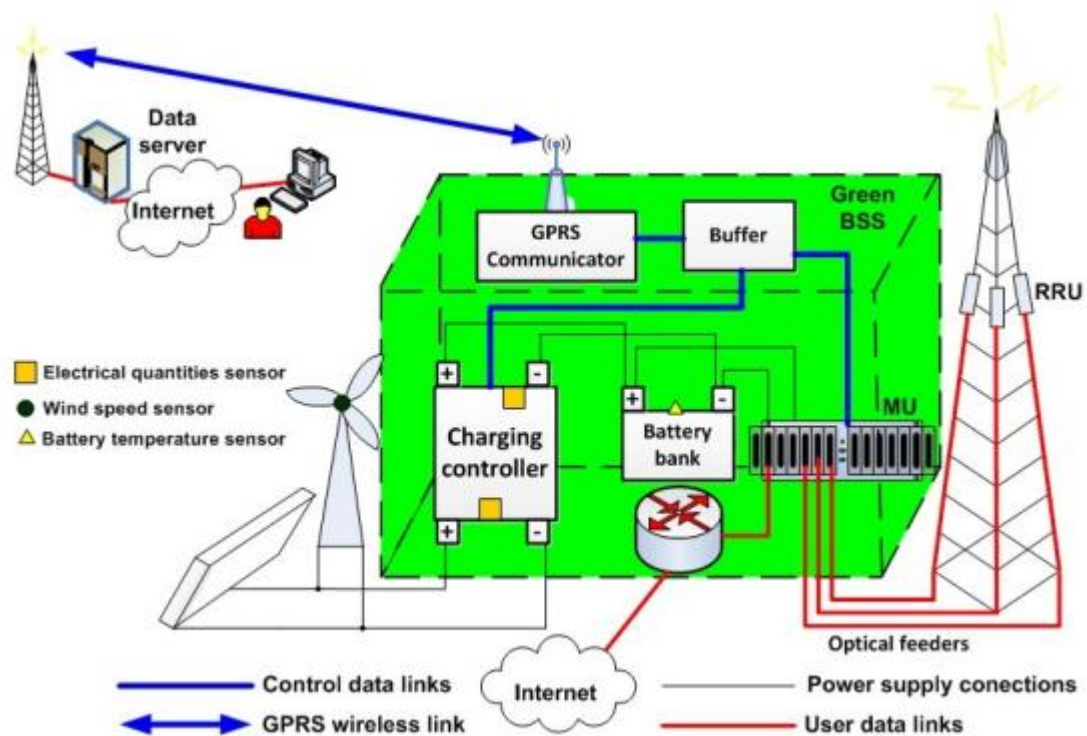
2 pav. Vidutinė metinė bendroji Saulės spinduliuotė (W/m^2), 2014 m. Šaltinis: Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba

Baltijos valstybių saulės spinduliuotės elektroninis atlasas sukurtas panaudojant 1991–2014 m. palydovų duomenis. Kadangi vienas kvadratinis metras saulės fotoelementų gali sugeneruoti apie 150-180 kWh per metus, tai net esant vidutiniam saulės aktyvumui imant žemiausią vidurkio rodiklį galima sugeneruoti pakankamai didelį kiekį elektros energijos. Mačiulis V. (2013) remiasi 2009 metų Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos klimatologijos skyriaus duomenimis, kuriuose teigiama, kad Kauno meteorologijos stotyje 2009 m. užregistruotas 10 metų bendrasis rodiklis siekia 3623 MJ/m^2 , kas sudaro $1006,4 \text{ kWh/m}^2$ (pilnas dokumento tekstas pateiktas 2 priede). Todėl galima drąsiai teigti, kad saulės energijos Lietuvoje yra pakankamai, o jos sugeneruojamos energijos kiekis priklauso nuo poreikių, panaudojimo tikslų ir technologijos.

1.1 Atsinaujinantys energijos šaltiniai ir jų naudojimas telekomunikacijose

Mažinant energijos suvartojimo BS mažinimas tapo svarbia tyrimų tema. Dar 2010 metais bendrovė „Helix Wind“ pradėjo bandymus Pietų Kalifornijoje norėdama išsiaiškinti, ar jų vėjo turbinos galėtų aprūpinti mobiliųjų telefonų bazinės stoties elektros energija (žaliosios bazinės stotys, <https://fizikologas.wordpress.com>).

atliko tyrimą analizuodami tiek saulės tiek vėjo jėgainių galimybes aprūpinant BS (3 pav.).



3 pav. BS energijos poreikių užtikrinimas AEI pagalba Šaltinis: Lorincz J., Bule I., Kapov M. (2014)

2014 m. GMP jungtinis studijų centras atliko studiją siekiant įvertinti kurie iš AEI yra efektyvesni (2 lentelė).

2 lentelė. AEI efektyvumas naudojant juos BS energijos aprūpinimui

	Saulė	Vėjas	Biokuras	Kietasis kuras	Mikro - hidro
Resursai	***	*	***	**	*
Technologijos prieinamumas	***	**	**	**	*
Komercinis perspektyvumas	***	*	*	*	*
Pritaikomumas	***	*	***	*	*
Adaptavimas	Komercinis	Nustatymo	Nustatymo	Nustatymo	Nustatymo

* - žemas

** - vidutinis

*** - aukštas

Šaltinis: GMP jungtinis studijų centras <http://www.gsma.com>

Saulės elementai BS stotims tinka labiausiai. Tačiau reikia nepamiršt, kad reikiamam elektros tiekimui užtikrinti reikalingos tam tikros sąlygos (3 lentelė).

3 lentelė. Meteorologinės charakteristikos

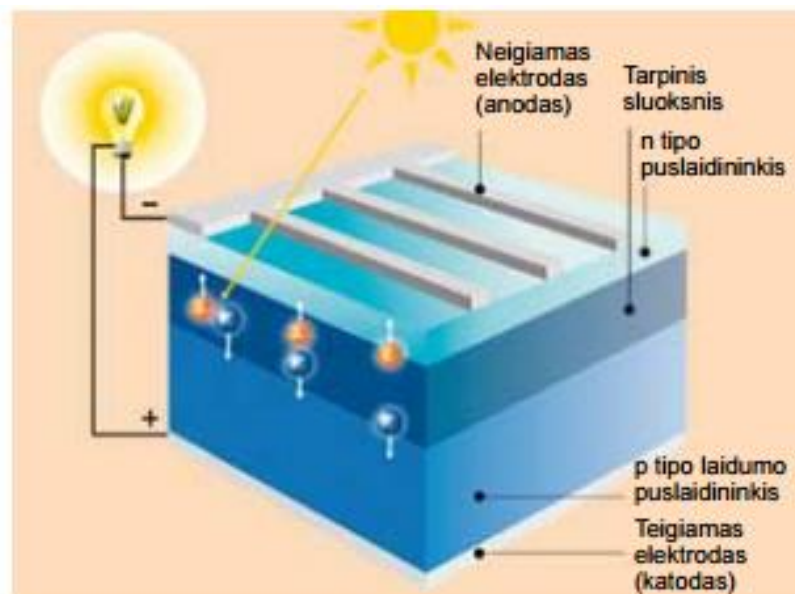
	Saulės
Saulės poreikis, h	2700
Vėjo greitis (m/s)	<2
Oro temperatūra Rugpjūčio mėn.	25
Oro temperatūra sausio mėn.	9
Reikiamas paviršiaus plotas apšvietimui kWh/m ²	1550

Šaltinis: Lorincz J., Bule I., Kapov M. (2014)

Norint pasirinkti tinkamą AEIŠ reikia atsižvelgti į meteorologines sąlygas ne tik šalies mastu, tačiau ir vietovės kurioje bus naudojami AEI BS stočių elektros energijos poreikiams tenkinti. Todėl reikia atlikti tinkamus saulės energijos vertinimus šalies ir vietovės mastu.

1.2 Saulės elementų technologija

Saulės elementas yra elektrinis prietaisas (fotoelementas), kuris paverčia saulės energiją į elektros energiją. Tai yra fotoelementas, kuris, esant šviesos, generuoja elektros srovę, bet ne prie bet kokio išorinio įtampos šaltinio.

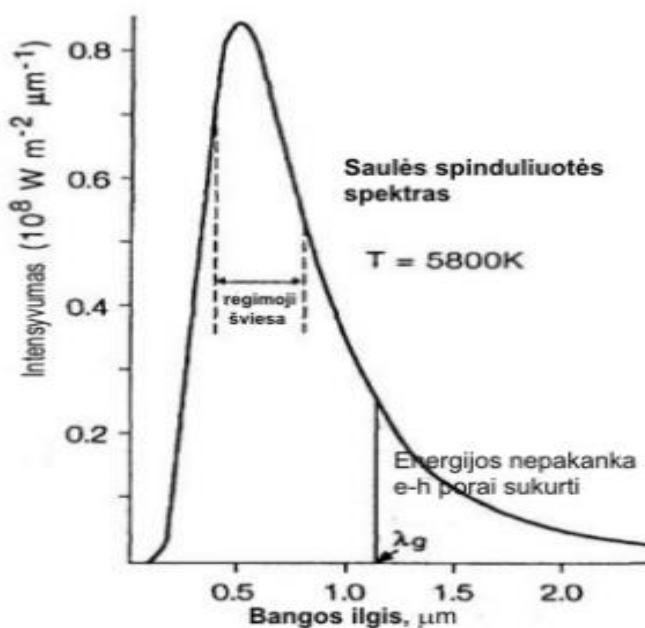


4 pav. Saulės elemento veikimo principas Šaltinis: Atsinaujinančioji energija(2009)

Saulės elementas veikai generuodamas saulės energiją į elektros energiją, tam plokštelės viršuje suformuotas metalinis tinklelis (pro jį šviesa turi patekti į puslaidininkį), o apačioje metalinis kontaktas. Kai saulė apšviečia saulės elementą, silicyje generuojama daugybė porų elektronas-skylė. Elektronai ir skylės yra neigiami ir teigiami (atitinkamai) krūvininkai, todėl p-n sandūros elektros laukas verčia elektronus tekėti į n - tipo silicį, o skylės - į p - tipo silicį. Šviesos generuota elektros srovė teka iš p-tipo silicio į apkrovimą. Tiek vienoje, tiek ir kitoje puslaidininkio plokštelės pusėje suformuoti metaliniai elektrodai, prie kurių jungiamas apkrovimas. Viršutinis kontaktas paprastai yra šukų arba tinklelio pavidalo, o apatinis - ištisinis metalo sluoksnis (sulės elemento tyrimas). Fotoelementai jungiami į modulynus, tam, kad patenkintų reikiamą energijos poreikį. Pats foto elementas taip pat turi savo efektyvumą, kurį galima apskaičiuoti. Santykis tarp gaunamo iš saulės elemento elektros galingumo ir krintančio į elementą saulės šviesos galingumo, vadinamas saulės fotoelemento efektyvumu:

$$\eta = \frac{\text{elektrinė galia, } Wm^{-2}}{\text{krintanti energija, } Wm^{-2}} \quad (1)$$

Saulės spinduliuotės spektras pavaizduotas 5 pav.



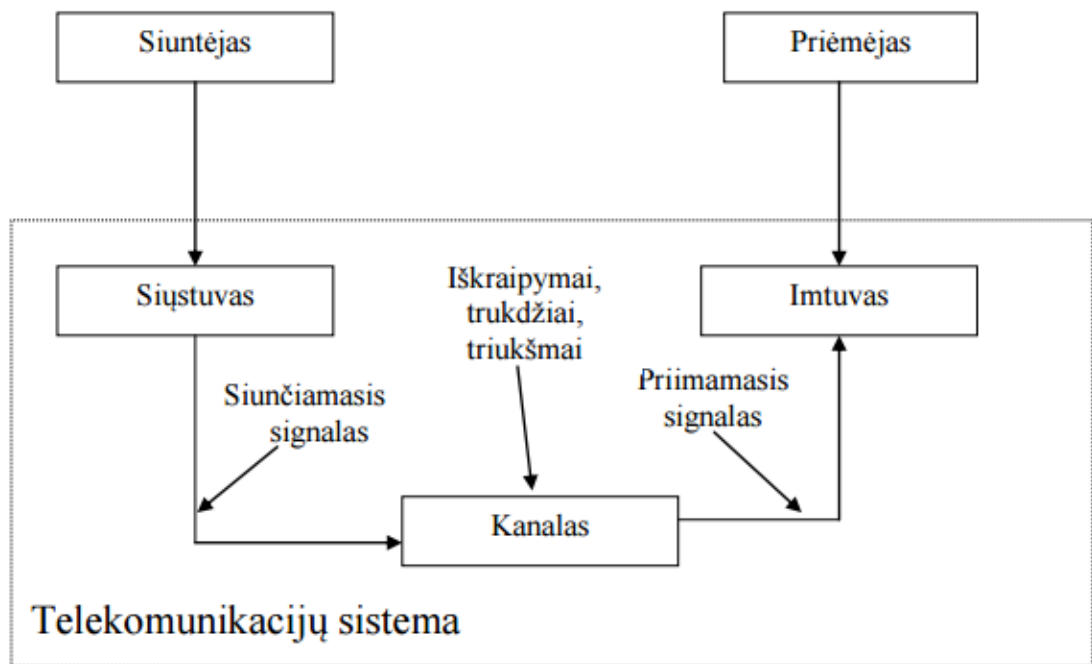
5 pav. Saulės spinduliuotės spektras Šaltinis: sulės elemento tyrimas <http://gamta.vdu.lt/>

Silicio draustinės energijos plotį $E_g = 1,12 \text{ eV}$ atitinka fotonas, kurio bangos ilgis $\lambda_g = 1100 \text{ nm}$ ($E = h \cdot \nu$ ir $c = \nu \lambda$). Visi fotonai, kurių bangos ilgis $\lambda > \lambda_g$, turi per mažai energijos, kad galėtų sukurti porą elektronas-skylė. Tokiu būdu prarandama apie 23 % efektyvumo η . Naudojant medžiagas, kurių E_g didesnis, efektyvumas dar daugiau sumažėja.

Pasirenkant saulės kolektorius labai svarbu atsižvelgti į jų efektyvumą. Ike D.U., Adoghe A.U., Abdulkareem A. (2014) teigimu, dar ir dabar vyksta daug mokslinių tyrimų, kuriais siekiama atrasti naujas medžiagas ir būdus, tam kad saulės energija būtų konkurentiška ir atlaikytų konkurenciją prieš tradicinius energijos šaltinius. Ekonominis fotoelektros efektyvumas priklauso nuo konversijos efektyvumo ir kapitalo sąnaudų. Kristalinis silicis yra ne vienintelė medžiaga, naudojama, kad fotovoltinės medžiaga. Bandant sumažinti gamybos išlaidas naudojamas polikristalinis silicis, nors jis turi mažesnę efektyvumą. Yra plonasluoksniai saulės elementai, ji pigesni nors ir mažiau efektyvūs. Plonasluoksniai saulės elementai gali būti pagaminti iš įvairių medžiagų, įskaitant galio arsenidą, kadmį, varį, indį, teliūridą, diselenidą ir amorfinio silicį. Efektyvumui didinti yra naudojami du arba daugiau sluoksnių iš skirtingų medžiagų, su skirtingais intervalais. Kuo didesnis viršutinės medžiagos plotas, tuo labiau paviršiaus absorbuoja didelės energijos fotonus (o mažesnės energijos fotonai absorbuojami apatiniame sluoksnyje), taip gaunamas didesnis efektyvumas. Tokie elementai vadinami multi-jungiamaisiais, jie gali turėti daugiau nei vieną elektrinį lauką (Ike D.U., Adoghe A.U., Abdulkareem A., 2014). Dar vienas iš perspektyvių būdų - sutelktoji fotovoltinė technologija. Užuo tiesiog rinkti ir konvertuoti saulės energiją į elektros energiją, galima ją sutelkti naudojant: optinę įrangą, pavyzdžiui, veidrodžius, objektyvus, ir t.t. Šiuo metu vyksta moksliniai tyrimai su organinėmis medžiagomis ir nano-dalelėmis (kvantiniais taškais), kaip alternatyviomis medžiagomis saulės elementams gaminti.

1.3 Telekomunikacijų tinklo konstrukcija ir įranga

Kežionis A. (2010) pateikia labai trumpą telekomunikacijų apibrėžimą, anot jo žodis “telekomunikacijos” reiškia ryšius per atstumą. Tačiau telekomunikacija skirtingai nuo kitų ryšio priemonių nagrinėja ryšius kurie perduodami elektromagnetinės kilmės signalai todėl signalo sukūrimui ir perdavimui reikalingos elektroninės grandinės (6 pav.)

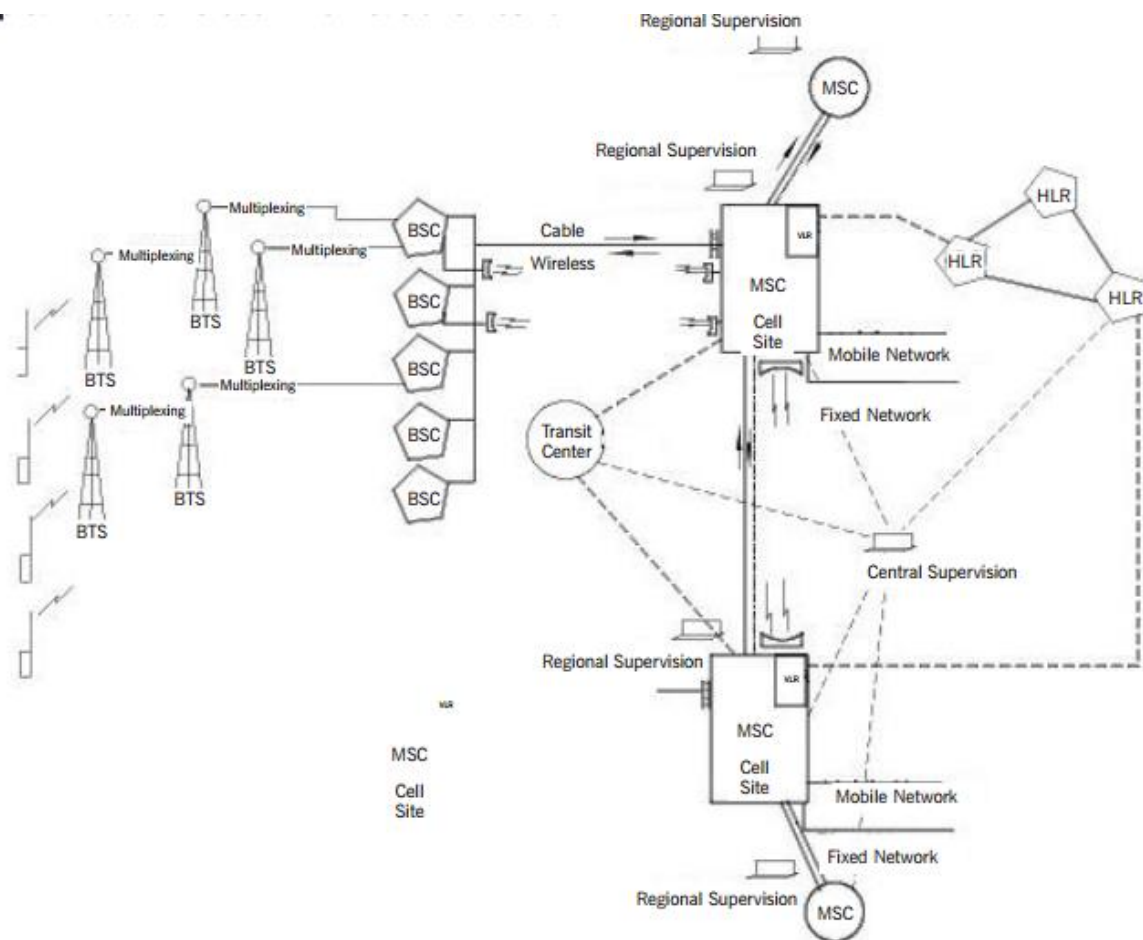


6 pav. Telekomunikacijų sistema Šaltinis: Kežionis A., 2010

Telekomunikacijų sistema paremta informacijos judėjimu SIUNTĖJAS → PRIĖMĖJAS. Tarpe tarp siuntėjo ir gavėjo veikia telekomunikacijų sistema. Telekomunikacijų sistemą sudaro:

- Siųstuvas (paverčiantis siuntėjo informaciją signalu)
- Kanalas (kabeliai, šviesolaidis, erdvė)
- Imtuvas (paverčiantis signalą priėmėjui suprantama informacija: garsą, vaizdą, vaizdą ir garsą ir pan.).

Telekomunikacijų sistemos tinklas apima ne vieną siuntėją ir priėmėją, be to tinklai gali būti labai įvairūs, todėl telekomunikacijų sistemos yra daug sudėtingesnės (7 pav.)



7 pav. Tipiška mobiliųjų telekomunikacijų tinklo schema (ACE Global Engineering Network)

BTS: bazinė signalų siuntimo stotis (imtuvai). BTS gauna skleidžiamus signalus iš mobilaus telefono ir perduoda juos savo asocijuotam bazinės stoties valdikliui (BSC). Miestuose šios stotys statomos tankiai, gali būti kas keli šimtai, o rajonuose ar rečiau apgyvendintose vietovėse – iki 30 kilometrų atstumu. Tai turi įtakos signalo perdavimui, bei kokybei ir todėl BTS stotys turi dvi, tris ar daugiau antenų, tam kad būtų užtikrintas maksimalus pajėgumas. Energija gaunama iš baterijos, kurios prijungtos prie elektros tinklo arba mažo generatoriaus. BTS prisijungti prie BSC šviesolaidžių kabeliais. BSC: bazinė stotis, kuri kontroliuoja BTS ir palaiko signalą perduodant jį iš vienos BTS į kitą.

MSC - pagrindinis stoties jungiklis. Vienas BPK paprastas kontroliuoti aplink dešimt BTS svetainių. Jie gali būti įrengti atskirai, tačiau būna konstrukcijų, kai BPK įrengtas MSC viduje. Į MSC signalai perduodami iš aukštų dažnių naudojant šviesolaidį ar belaidžiu būdu. Kaip ir BTS, energijas yra generuojama iš baterijos, per lygintuvą.

UMTS - mobilus perjungimo centras. MSC – skirtas antros ir trečios kartos judriojo ryšio perdavimo užtikrinimui (į mobilų ar fiksuoto ryšio tinklą). Vienas MSC gali dirbti su 750,000 abonentų.

Tarptautiniai ryšiai gali būti transliuojami per palydovus. Čia signalai perduodami ir gaunami per dideles parabolines antenas. Gali būti transliuojami ir kabeliais esančią po Viduržemio jūra ar pan.

Mobilaus ryšio svetainių ryšių signalai apima: VLR (Lankytojo Vietos Registraciją), duomenų bazė su pateikta Namų Vietovė Informacija (HLR).

Mobilios telekomunikacijos jau tapo kasdienybe, o jų koncepcija – vartotojų poreikių tenkinimas. Norimas paslaugas galima vartotojui teikti pasinaudojus skirtingomis telekomunikacijų technologijomis, bei skirtingais tinklais, nors skaitmeninių paslaugų vartotojų Lietuvoje kas metai daugėja (4 lentelė).

4 lentelė. Viešojo fiksuotojo ir judriojo telefono ryšio naudotojų analizė

	Viešojo fiksuotojo telefono ryšio linijos 100 gyventojų vnt.	Viešojo judriojo telefono ryšio aktyvūs abonentai 100 gyventojų vnt.	Viešojo judriojo telefono ryšio tinklo abonentai, naudojęsi packetinio duomenų perdavimo paslaugomis vnt.
2011	23,2	164,4	1 710 515
2012	22,2	168,2	1 801 974
2013	20,9	155,1	1 916 465
2014	19,7	152,9	2 113 122

Šaltinis: <http://osp.stat.gov.lt>

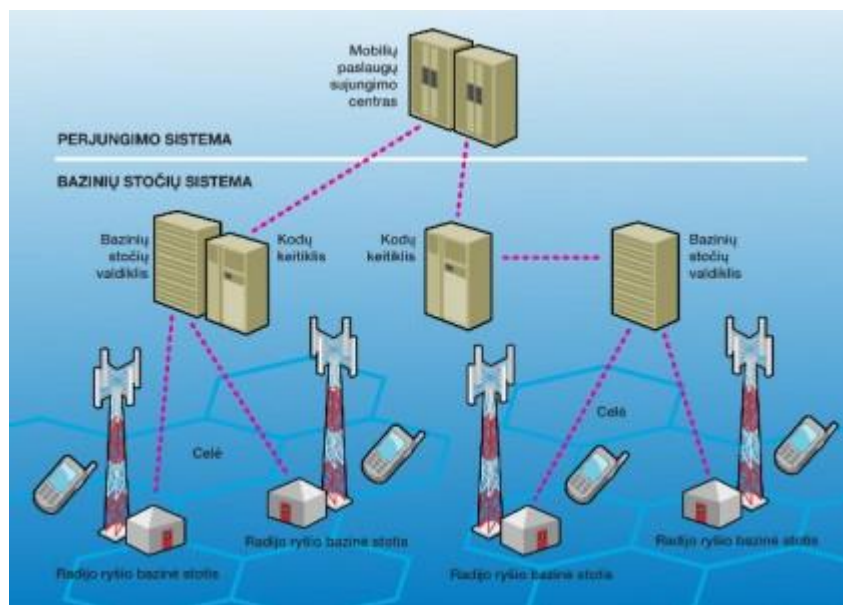
Nors judriojo telefono abonementų skaičius sumažėjo, tačiau jis pakito ne taip žymiai kaip fiksuoto ryšio. Be to žymiai išaugo judriojo telefono ryšio tinklo abonementų kurie naudojami packetinio duomenų perdavimo mechanizmu, o tai rodo judriojo ryšio paslaugų populiarėjimą, o fiksuoto ryšio paslaugų mažėjimą.

Didelė reikšmė skiriama bazinėms stotims ir jų modernizacijai, nes nuo jų priklauso ryšio kokybė.

Mobiliojo ryšio bazinė stotis (kitaip dar yra vadinama mobiliojo ryšio antena) yra būtinas prietaisas užtikrinat mobilųjį ryšį. Jei nebūtų mobiliojo ryšio bazinių stočių, mobilieji telefonai tiesiog neveiktų.

Bazinė stotis yra sudaryta iš trijų pagrindinių dalių: tam tikros patalpos, paprastai metalinio konteinerio, kuriame talpinama daug elektronikos, bokšto ir viršuje pritvirtintų antenų (ryšio veikimas, <http://www.bazinestotis.lt>). Skambinant mobiliu telefonu, signalas iš telefono antenos siunčiamas į bazinės stoties anteną. Bazinė stotis skiria šiam ryšiui laisvą radiodažnių kanalą ir perduoda informaciją pagal paskirtį. Judant ryšys automatiškai seka paskui ir prisijungia prie kitų

bazinių stočių, į kurių veikimo teritoriją patenka žmogus. Vieną bazinę stotį sudaro kelios celės (8 pav.).



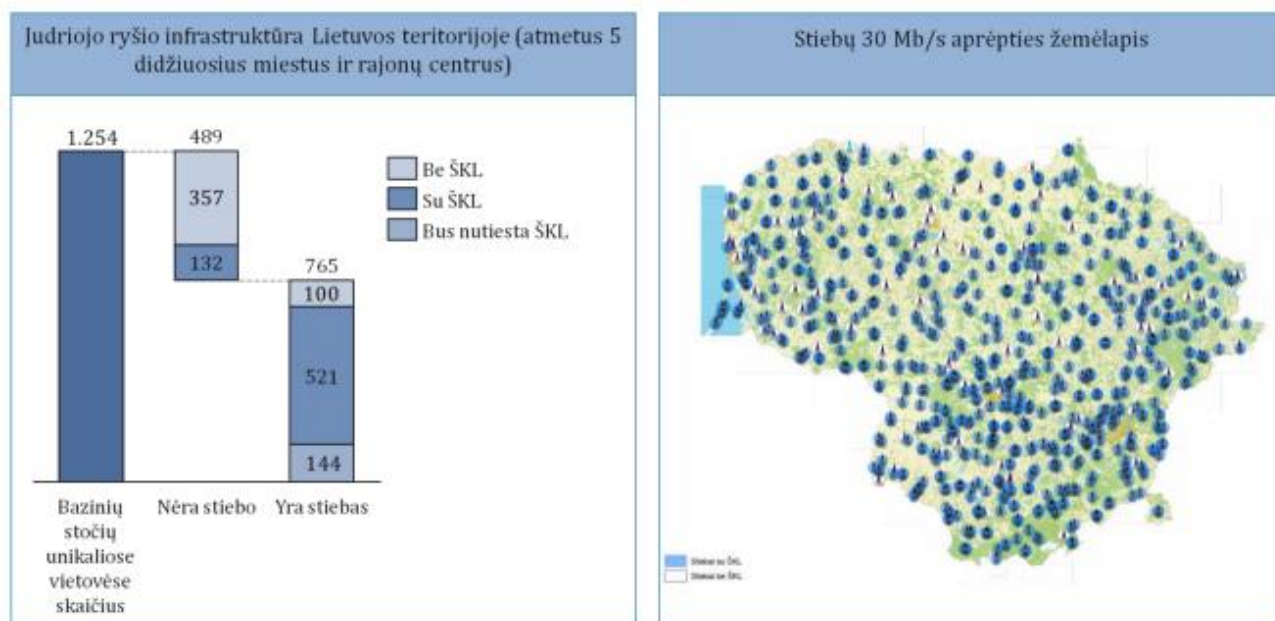
8 pav. Bazinių stočių sistema Šaltinis: Grigas J. 2010

Celė yra vienos antenos aprėpimo plotas. Celių ribos persidengia, kad vartotojas neprarastų ryšio su bazine stotimi ir jo pokalbis judant iš vienos vietos į kitą nenutrūktų. Bazinių stočių antenos įrengiamos ant bokštų, aukštų pastatų stogų ar vandens bokštų. Antenos turi būti pakankamai aukštos, kad jų spinduliuotė aprėptų kuo didesnę plotą (Grigas J. 2010).

Antenos yra dviejų rūšių: siuntimo, skirtos siųsti elektromagnetinėms bangoms iš bazinės į mobiliąją stotį, ir priėmimo antenos, skirtos „gaudyti“ bangas, perduodamas iš mobiliųjų telefonų. Paprastai, siuntimo antenų bokšte būna sumontuota mažiau, nei priėmimo antenų. Kuo aukštesnis bokštas – tuo didesnė bazinės stoties aprėpties teritorija.

Kai vietovė yra toli nuo miesto, statomos 40 m, 60 m ir 80 m aukščio bazinės stotys. Daug rečiau statomi 100 m aukščio bokštai (ryšio veikimas, <http://www.bazinestotis.lt>).

Projekte „Plačiąjuosčio ryšio infrastruktūros plėtros ir paslaugų naudojimo skatinimo modelio parengimas“ apytiksliai paskaičiuota, kad atmetus įrangą, esančią 5 didžiuosiuose miestuose, rajonų centruose ir besidubliuojančią įrangą, likusioje Lietuvos teritorijoje galima identifikuoti tik 1254 unikalias bazinių stočių vietas, iš kurių 765 (apie 61 proc.) vietovių bazinių stočių įranga sumontuota ant stiebų, o 489 vietovių (apie 39 proc.) – bazinės stotys yra įrengtos ant vandens bokštų ir kitų tam specialiai nepritaikytų aukštų objektų. Bazinių stočių apžvalga Lietuvos teritorijoje pateita 9 pav.



9 pav. Bazinės telekomunikacijų stotys Lietuvoje Šaltinis: http://ivpk.lrv.lt/uploads/ivpk/documents/files/IVPK_leidiniai/Investavimo%20modeliai_II%20tarpine_ataskaita.pdf

Minėtame projekte teigiama, kad be restruktūrizacijos 2020 m. naujos kartos interneto (≥ 30 Mb/s) ryšio, aprėptis be valstybės intervencijos siektų apie 66 proc. teritorijos arba apie 89 proc. visų šalies namų ūkių (atitinkamai 2015 m. 26 proc. ir 80 proc.). Todėl restruktūrizacija turi būti vykdoma atsižvelgiant į ES reikalavimus. ES kaip vieną iš tikslų nurodo– užtikrinti itin spartaus interneto prieigą ir taip piliečiams suteikti galimybę pirkti, kurti, mokytis, palaikyti ryšius ir bendrauti internetu, be to, tokia prieiga būtina siekiant užtikrinti ekonomikos augimą (<http://europa.eu>).

Lietuvoje pagrindu naudojamos šios bazinės stotys:

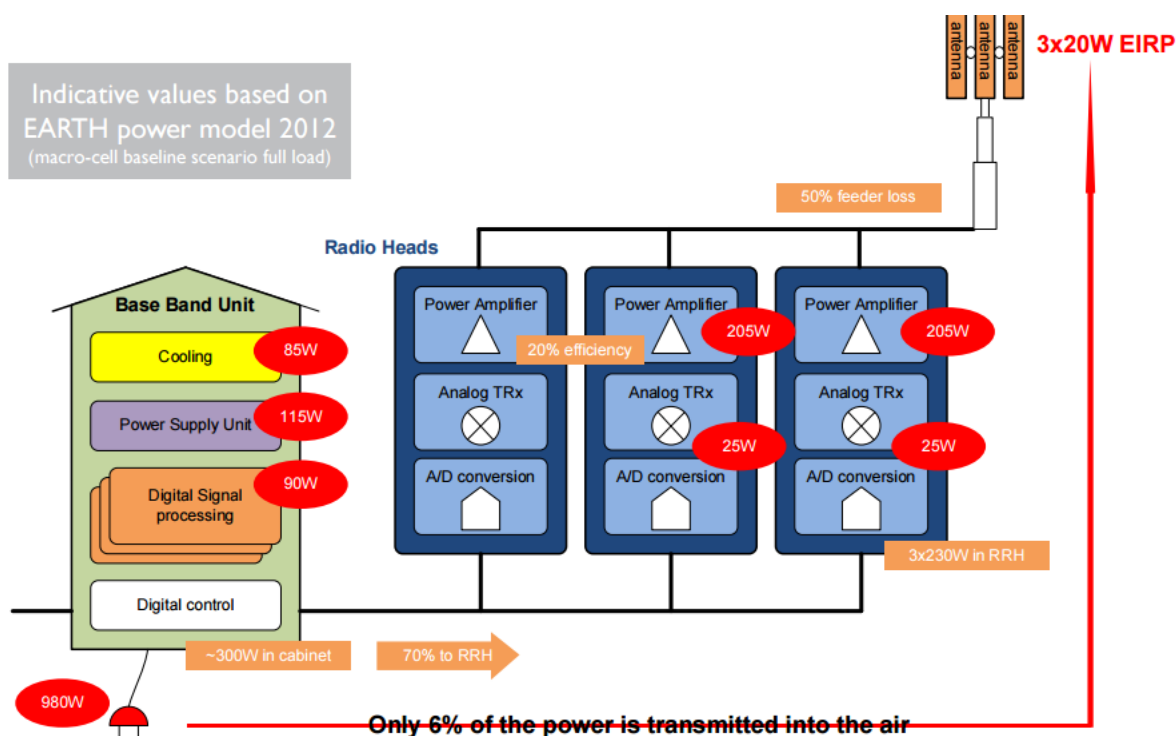
- GSM/UMTS/LTE radijo ryšio tinklo bazinė stotis
- GSM/UMTS radijo ryšio tinklo bazinės ,
- GSMDCS/UMTS/LTE radijo ryšio tinklo bazinė stotis
- Judriojo skaitmeninio GSM/ UMTS/LTE radijo ryšio tinklo bazinė
- Judriojo skaitmeninio GSM/DCS/UMTS/LTE radijo ryšio tinklo bazinės stoties
- WiMAX bazinė stotis
- Huawei“ mobiliojo ryšio bazinės stotis „Blade Site“ (WiMAX“ bazinių stočių diegimas, <http://www.tv3.lt/>; Šiaulių projektas; <http://siauliuvsc.sam.lt/>).

Bazinės stotys vis tobulinamos ir atnaujinamos, jeigu iš pradžių jos buvo statomos ant tinkamų aukštesnių objektų, tai šiuo metu rengiami projektai mobilių stočių atnaujinimui. Keičiasi ne tik antenų statymo vietos, tačiau ir patys bokštai kurie pritaikyti tenkinti vis platesnius vartotojų poreikius. Kadangi šiuo metu vykdomas bazinių stočių restruktūrizavimas, tai būtina atkreipti dėmesį į bazinių stočių maitinimo šaltinius.

1.4 Telekomunikacinių stočių maitinimo poreikiai ir priežastys

2014 m. nacionalinio elektros energijos gamybos ir vartojimo balanso duomenys rodo, kad per metus elektros energijos suvartojimas Lietuvoje išaugo 2,1 proc. iki 9,84 mlrd. kilovatvalandžių. Tai didžiausias elektros suvartojimas nuo 2009-ųjų. Vėjo jėgainės 2014 metais pagamino 1,272 THW, kiti atsinaujinantys energijos šaltiniai pagamino 0,411 THW, tame tarpe saulės energijos elektrinės - 0,073 THW. Gyventojų ir paslaugų tiekėjų energijos suvartojimas 2014 metais didėjo labai panašiai. Gyventojų iki 2,656 THW (padidėjimas sudarė 0,065 THW), o paslaugų tiekėjų 3,063 THW (padidėjimas sudarė 0,06 THW) (energijos gamybos ir vartojimo balanso duomenys, <http://www.litgrid.eu>). Pilna pagamintos energijos ir suvartojimo apžvalga pateikta 1 priede.

Lorincz J., Garma T., Petrovic G. (2012) teigia, kad maždaug 3%, arba 600 TWh visame pasaulyje elektros energijos suvartoja informacinės ir ryšių technologijos (IRT). Manoma, kad 2030 m energijos suvartojimas IRT išaugs iki 1700 TWh. Todėl ieškoma naujų sprendimų, kaip sumažinti energijos suvartojimą IRT sektoriuje. Didėjantis susidomėjimu naujom ir patikimom mobilių telekomunikacijų paslaugoms padaugėjo ir daugėja bazinių stočių (BS) visame pasaulyje. Be to, mobiliojo ryšio tiekėjai siekia užtikrinti nenutrūkstamą ryši ir paslaugų kokybę, bet kur ir bet kuriuo metu. Šios priežastys prisidėjo prie per pastarąjį dešimtmetį reikšmingai didėjančio energijos suvartojimo. IRT pagrindinis energijos vartotojas BS. Jų suvartojimas sudaro daugiau nei 50%, viso IRT energijos suvartojimo (Lorincz J., Garma T., Petrovic G; 2012). Bazinės stoties energijos suvartojimas išanalizuotas 10 pav.



10 pav. BS energijos suvartojimo pasiskirstymas Debaillie B., Desset C. (2014)

2014 m. aplinkos inžinerijos matavimo metodų ir apribojimų energijai suvartojamai ryšio tinklų įrangos veikimui užtikrinti yra pateikti skaičiavimai elektros energijos suvartojimui telekomunikacijų tinklo įrangai. Jie yra tokie:

$$P_{BBport} = P_{BBeq} / N_{ports} \quad (2)$$

Kur: P_{BBeq} yra energijos suvartojimas (W) pilnai įrengtos BS, jis matuojamas esant tam tikrom sąlygom. N_{ports} yra didžiausias galima abonementų apkrova. (ETSI EN 303 215 V1.2.11 (2014-12)

Dicu D.G. (2014) pateikia BS bendrą elektros suvartojimo šamatą (5 lentelė).

5 lentelė. BS bendros energijos sąnaudos

	Energija, kWh	Energija, kWh/d	Energija, kWh/m
Telekomunikacinė įranga	0,1	2,4	876
Energija ventiliacijai	0,1	2,4	876
Energija 220V kondicionieriui	2	3,22	500
Elektrinis šildytuvas 220V	1	3,22	500
Apšvietimas 220/12V	0,03	-	0,09
Viso:	-	11,24	2752

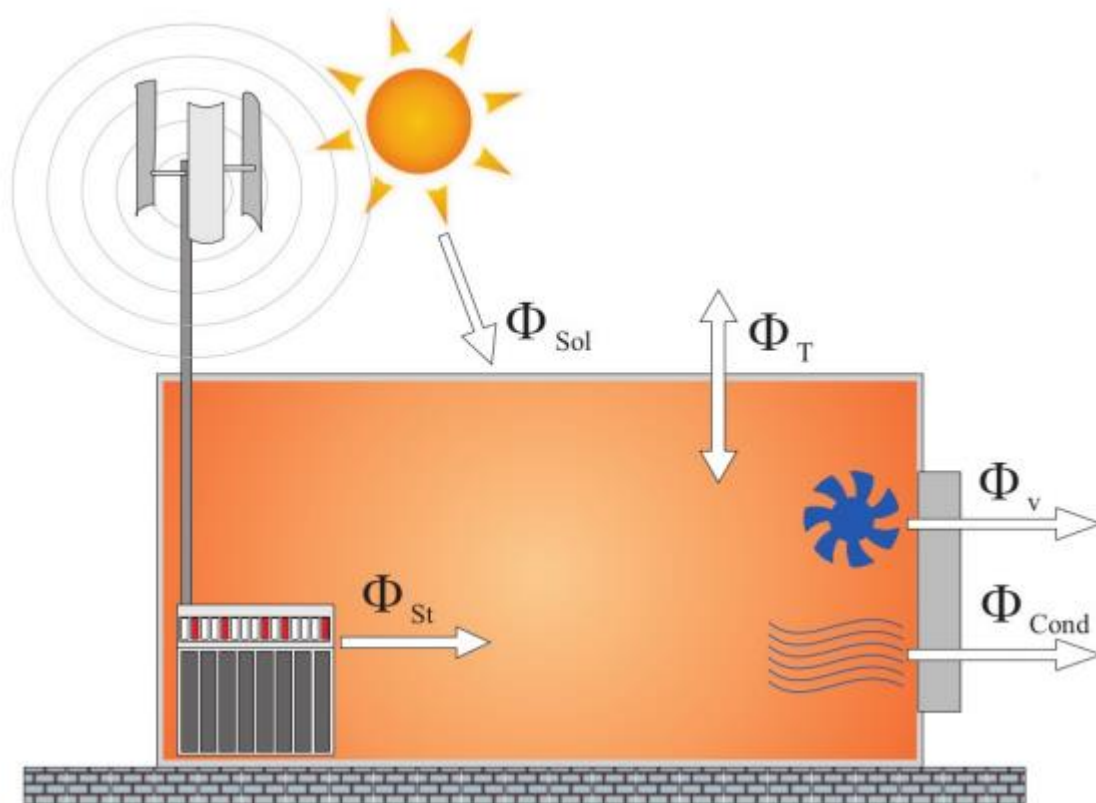
Šaltinis: Dicu D.G. (2014)

Mobilių technologijų tinklas, yra sudaryta iš bazinių stočių, kurios valdo mobiliojo ryšio tinklo srautus. Bazinės stotys apima radijo vienetus, kurie atsakingi už duomenų perdavimą ir priėmimą. Šios operacijos proceso metu, radijo vienetai išskiria į aplinką šilumą, kuri gali sukelti radijo vienetų ir papildomos įrangos perkaitimą ir BS veiklos sutrikdymą. Siekiant išvengti šių problemų, operatoriai įdiegti aušinimo sistemas, pavyzdžiui: ventiliatorius, oro kondicionavimo sistemas ir pan.

Priklausomai nuo BS konstrukcijos (uždaro ir atviro tipo) šilumos koncentracijos kiekis gali susidaryti skirtingas. Uždaro tipo BS įranga labiau jautri šilumai, nes radijo mazgas skleidžia šilumą į skyrių, kuriame jis yra įrengtas. Šiluma kaupiasi, negalėdama pasišalinti reikalingu greičiu. Pats jautriausias šilumai elementas baterija. Baterija naudojama atsarginiam elektros tiekimui, tuo atveju, jeigu sutrinka reguliarus elektros energijos tiekimas. Tokiu būdu aušinimo sistema tampa labai svarbi, o jos sunaudojama energija tampa papildomomis išlaidomis, kurios poreikis gali būti du kartus didesnės už visą BS veiklai reikalingą elektros energiją (eVolution Networks LTD).

2014m. rudenį, eVolution Networks LTD dvi savaites energijos suvartojimą oro kondicionavimo sistemai BS. Tyrimas parodė, kad įvairios įrangos tipai sunaudoja skirtingą energijos kiekį skirtą aušinimui: 2G įranga (60%), 3G (30%) ir 4G (10%). Taip pat buvo nustatyta, kad įdiegus sumanią aušinimo sistemą (Smart Energy Solution) per 24 val. galima sutaupyti 3,6 kWh energijos skirtos aušinimo sistemai.

Sudarinėjant aušinimo modelį reikia atsižvelgti į vidaus ir išorės šilumos šaltinius. Sudarius šilumos srautų modelį galim a atlikti veiksnių darančių įtaką BS šilumos srautams, bei reikalingos energijos srautams (11 pav.)



11 pav. Šilumos srautai BS. Φ_T yra šilumos srautas per sienas, Φ_V yra šilumos srautas, per ventiliaciją (taip pat vadinamas nemokamu aušinimu), Φ_{Sol} yra šilumos srautas, nuo saulės spindulių, Φ_{Cond} yra šilumos srautas, dėl kondicionavimo ir Φ_{St} yra prietaisų (vidinis srautas) skleidžiamos šilumos srautas. Šaltinis: Petraglia A., Spagnuolo A., Vetromile C., D'Onofrio A., Lubritto C. (2015).

Atliekant skaičiavimus reikia daryti prielaidą, kad sistema yra termiškai pusiausvyra (vidaus ir išorės). Sistema lygus nuliui:

$$\Phi_T + \Phi_V + \Phi_{Sol} + \Phi_{Cond} + \Phi_{St} = 0 \quad (3)$$

Kur: Φ_T yra šilumos srautas per sienas, Φ_V yra šilumos srautas, per ventiliaciją (taip pat vadinamas nemokamu aušinimu), Φ_{Sol} yra šilumos srautas, nuo saulės spindulių, Φ_{Cond} yra šilumos srautas, dėl kondicionavimo ir Φ_{St} yra prietaisų (vidinis srautas) skleidžiamos šilumos srautas.

Šilumos susidarymas turi teigiamą reikšmę, o šilumos netekimas – neigiamą.

Atliekant skaičiavimus priimama prielaida, kad visoje patalpoje temperatūra yra vienoda (temperatūros pasiskirstymas) ir visi veikiantys parametrai yra pastovūs, neatsižvelgiant į apsinaukusias dienas, vėją ar šiaurinę pastato pusę.

Šilumos srautas per sienas gali būti teigiamas arba neigiamas dėl išorėje esančių temperatūrinių svyravimų:

$$\Phi_T (W) = A_{tot} * U * (T_{out}-T_{in}) \quad (4)$$

Kur: U yra sienos pralaidumas, T_{in} ir T_{out} yra vidutinės vidaus ir išorės temperatūros, ir A_{tot} yra keturių šoninių sienų ir lubų plotų suma. Grindys neįskaičiuotos dėl to, kad nepastebėti šilumos srautai einantys per jas.

Šilumos srautas, dėl ventiliacijos (nemokamo aušinimo). Ši užduotis yra dėl įrenginių, kurie išstumia karštą orą į lauką. Jis veiksmingiausias yra kai išorės temperatūra yra žema. Taupant energiją šaltuoju metų laiku ši priemonė yra gana veiksminga.

Dėl ventiliacijos susidarantis šilumos srautas:

$$\Phi_V (W) = - H_v * V_a * \Delta T * A_{FIN} \quad (5)$$

Kur: H_v yra tūrinė šiluminė talpa ore. Ji priklauso nuo oro tankio, $\rho_a = 1,2 \text{ kg} / \text{m}^3$ ir nuo specifinės šilumos esant pastoviam oro slėgiui $c_a = 1000 \text{ J} / (\text{kg K})$, tada: $H_v = \rho_a * c_a = 1200 \text{ J} / (\text{m}^3 \text{ K})$. V_a yra įeinančio oro greitis; ΔT yra temperatūrų skirtumas tarp vidaus ir išorės temperatūros. A_{FIN} yra aušinimo sistemos angos plotas. Neigiamas ženklas rodo, kad šis šilumos srautas nukreiptas link išorės į aplinką.

Saulė šilumos srautas apskaičiuojamas taip:

$$\Phi_{sol} (W) = G * A * (1 - \rho) \quad (6)$$

Čia: G yra saulės energija, vienam m^2 pastato sienų ir stogo plotui; $(1 - \rho)$ yra sienų pralaidumas, A yra saulės spinduliuotės veikiamos zonos plotas. Jis apskaičiuojamas, taip:

$$A = \cos(\theta) A_{SUP}; \quad (7)$$

Čia: tiesioginių saulės spindulių saulėtomis dienomis padėties kampas tarp saulės ir normalės paviršiaus θ . Saulės pozicija (aukštis ir azimutas) apskaičiuojami taikant algoritmą, atsižvelgiant į pasirinktos dienos rodiklius ir BS geografinę padėtį.

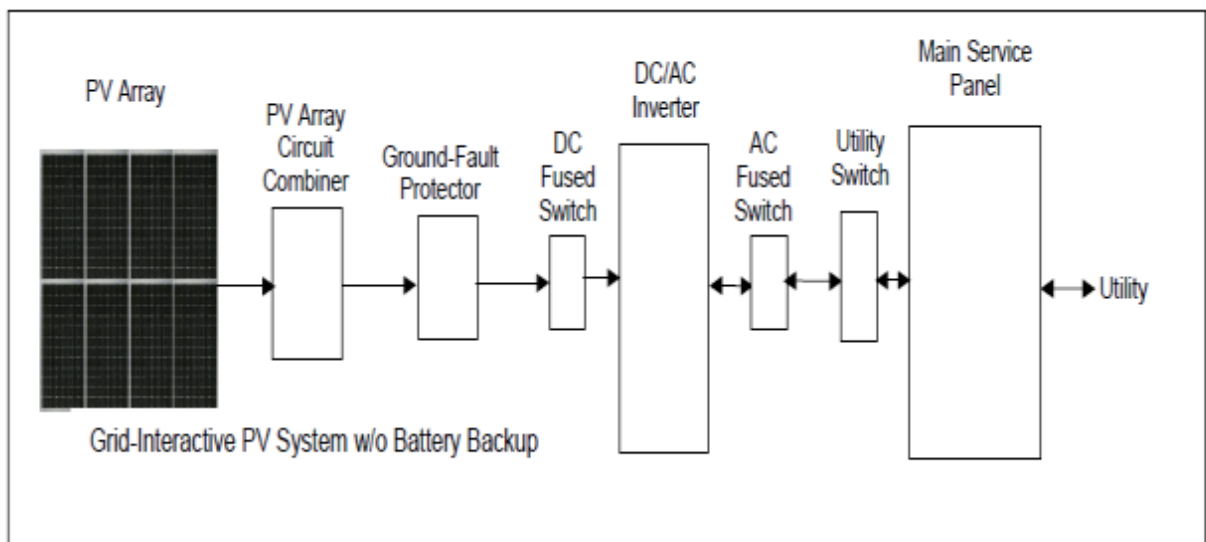
Šilumos srautas iš įrangos Tai nepageidaujamas poveikis, kuris priklauso nuo to, kokia perdavimo technologija naudojama. Skirtingu atveju gali būti skirtinga įranga kuri išskirs sudarys skirtingą šilumos srautą. Tarkime, kad analizuojama BTS FR001 įranga, kurios energijos poreikis $2/3 \text{ } 108 \text{ kWh} / \text{d}$, vadinasi, vidutinis šilumos srautas $\Phi_{st} = 3000 \text{ W}$ (Petraglia A., Spagnuolo A., Vetromile C., D'Onofrio A., Lubritto C. 2015).

Šilumos srautas dėl oro kondicionieriaus. Φ_{Cond} yra šilumos srautas, dėl oro kondicionavimo. Jis yra naudojamas subalansuoti kitus srautus, kad sistema veiktų tinkamos temperatūros diapazone.

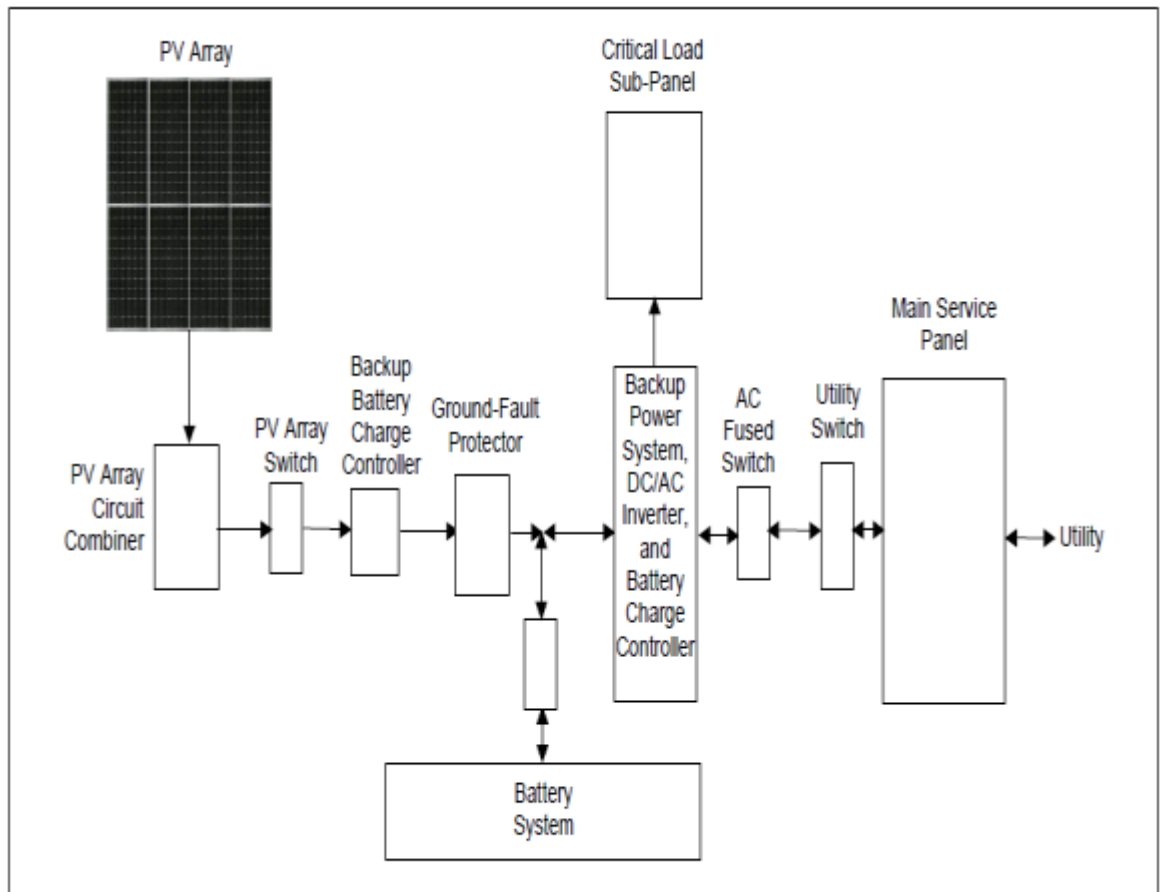
Atlikus skaičiavimus galima įvertinti šilumos kiekį viduje bei jo išstūmimą ir paskaičiuoti energetinius poreikius šiam efektui pasiekti. Kuo mažiau energijos suvartojama tuo mažesni nuostoliai išlaikant BS ir tuo mažesnis energijos suvartojimas, todėl reikia ieškoti kuo įvairesnių statinių sprendimo būdų, bei kuo efektyvesnio energijos panaudojimo, nes remiantis Europos Sąjungos 2014-2020 m. daugiamečių finansinė programa ir Lietuvos energetikos politikos prioritetas numatyta iki 2020 m. 23 proc. galutinės energijos gauti iš atsinaujinančių energijos išteklių. Diegti eko-inovatyvias energijos gamybos ir naudojimo efektyvumo didinimo ir AEI panaudojimo priemonės svarbiausiuose šalies ūkio sektoriuose, didinti informacijos sklaidą, įsitraukti į pasaulinio ir regioninio klimato monitoringo programas (Pasiūlymai dėl Lietuvos Europos Sąjungos politikos 2014–2020 m. gairių). Tiek dėl taupymo, tiek ir dėl ES politikos tikslų įgyvendinimo telekomunikacijų bendrovės ieško naujų alternatyvių būdų BS aprūpinimo elektros energija.

1.5 Saulės sistemų tipai ir pritaikomumas telekomunikacijose

Yra keturi pagrindiniai saulės energetinių sistemų tipai, kurie gali būti naudojami BS elektros energijos poreikiams tenkinti. Sistemos, kurios yra prijungtos prie energijos naudojimo elemento ir neturi atsarginės baterijos (12 pav.), sistemos prijungtos turinčios akumuliatorių (bateriją) (13 pav.), visiškai atskiros sistemos (14 pav.) ir hibridinės sistemos.

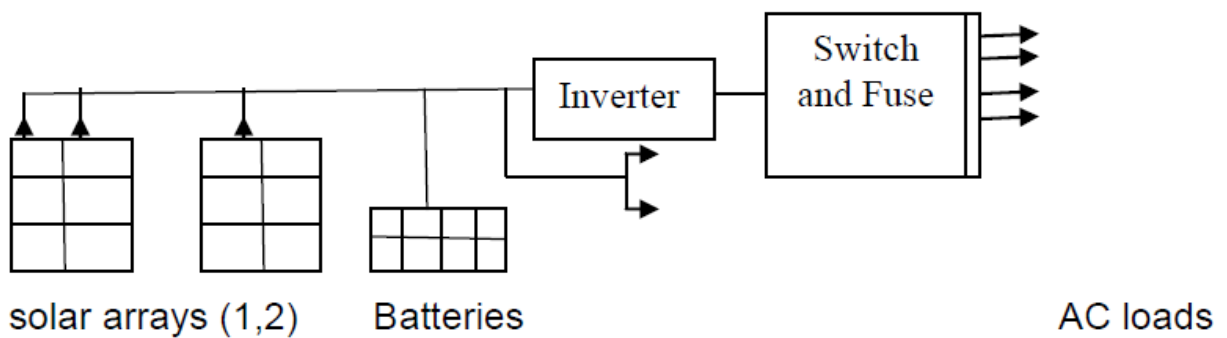


12 pav. Sistema be baterijos Šaltinis: Ike D.U., Adoghe A.U., Abdulkareem A. (2014)



13 pav. Sistema su baterija Šaltinis: Ike D.U., Adoghe A.U., Abdulkareem A. (2014)

12 pav. pavaizduota sistema naudoja energijos akumiliatorius išlaikyti kritinę apkrovą, kai yra elektros energijos tiekimo sutrikimai.

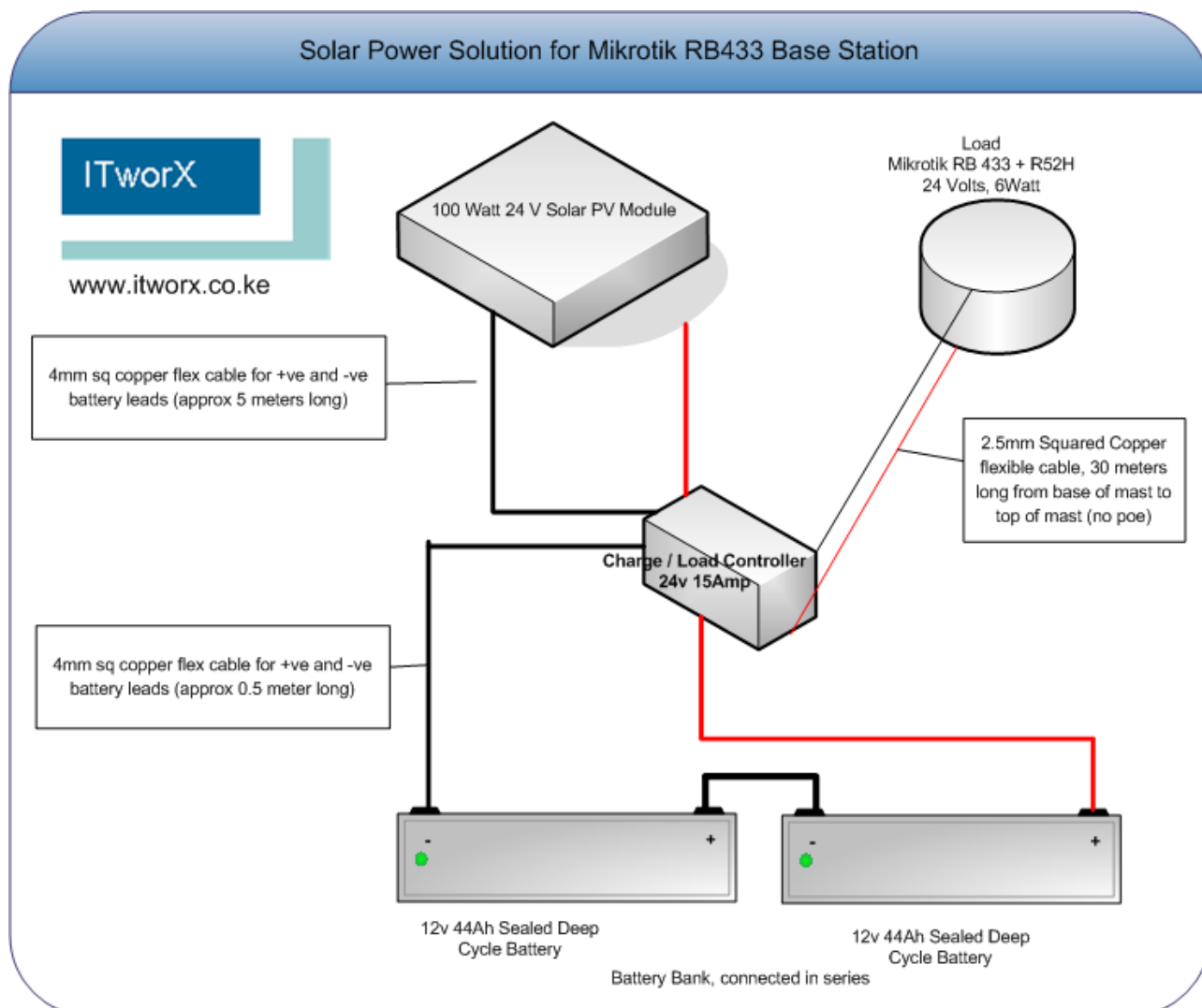


14 pav. Įprastinė sistema Šaltinis: Ike D.U., Adoghe A.U., Abdulkareem A. (2014)

13 pav. pavaizduota saulės energijos sistema, kuri nėra prijungta prie tinklo. Ją sudaro baterijos, inverteris, jungikliai, ir saulės elemento modulynas. Energija eina į bateriją iš jos į keitiklį kuris konvertuoja energiją ir aprūpina BS.

Hibridinė sistema nepriklauso nuo vieno maitinimo šaltinio. Naudojami keli energijos šaltiniai.

Bazinių stočių aprūpinimas energija aktualus ne tik tausojant aplinką, tačiau ir šalyse, kur nėra išvystyti elektros tinklai. Tokiose srityse dažnai naudojami dyzeliniai energijos generatoriai. Yra apie penkis milijonus mobiliųjų telefonų bokštų visame pasaulyje, kurie nėra prijungti prie elektros tinklo ir tokių bokštų energijos poreikiams patenkinti gali būti naudojama saulės energija. Indijoje pradėjo populiarėti Mikrotik RB433 sistemos. (15,16 pav.)



15 pav. Saulės elektrinė Mikrotik RB433 aprūpinanti BS Šaltinis: Ike D.U., Adoghe A.U., Abdulkareem A. (2014)



16 pav. Sistema aprūpinanti BS energija Šaltinis: Ike D.U., Adoghe A.U., Abdulkareem A. (2014)

Tokios ar panašios sistemos gali būti diegiamos bet kuriai BS energijai aprūpinti, tačiau daugelis operatorių atsižvelgia ne tik į aplinkosauginius rodiklius, tačiau ir į kaštus.

2. TYRIMO METODIKA

2.1 Tyrimo tikslas, uždaviniai, objektas

Tyrimui pasirinkta BS su konteinerinio tipo valdymo stotele pateikta 17 pav.



17 pav. BS su konteinerinio tipo valdymo stotimi

Valdymo stoties matmenys ir duomenys pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė. Valdymo stoties matmenys

Matmuo	Dydis	Pastabos
Plotis	3 m	
Ilgis	5 m	
Aukštis	3 m.	
Grindų nešamoji galia	$>750\text{kg/m}^2$	
Grindų storis	4mm	Danga nekaupianti elektrostadinių krūvių, nedegi, atspari drėgmei.
Šiluminė varža:		
Sienų	$2\text{ m}^2\text{K/W}$	Išorinių sienų danga metalinė dengta plastizolinu. Vidinės sienos nedegios, dažų atsparumo trinčiai klasė 8.
Grindų ir lubų	$3\text{ m}^2\text{K/W}$	

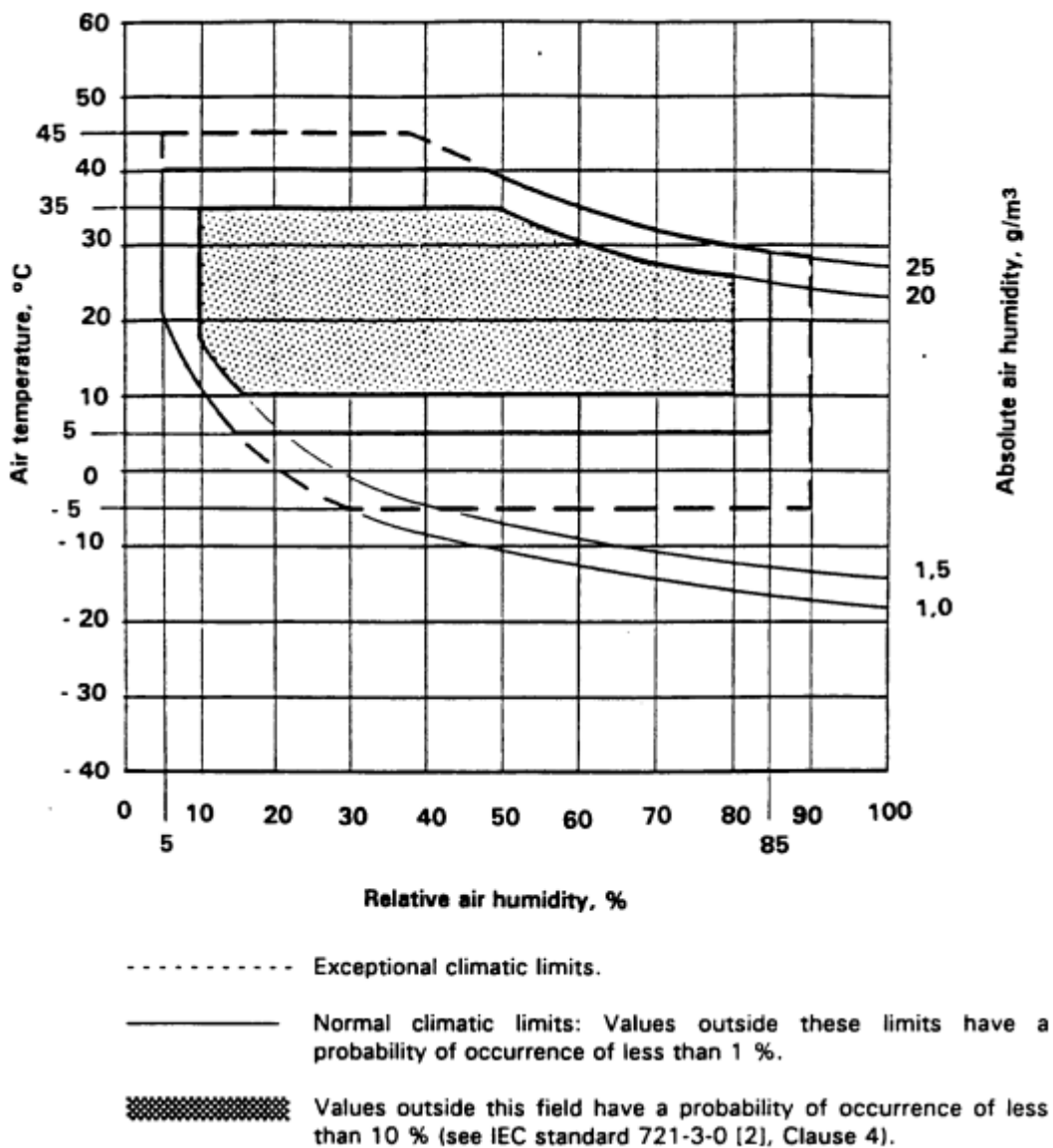
Stogas		Danga metalinė dengta plastizolinu. Nedegus.
--------	--	--

Konteinerio viduje sumontuota įranga telekomunikacijos įranga, bei įranga tinkamam BS stoties darbui palaikyti (7 lentelė).

7 lentelė. Įrangos duomenys

Įtaisas	Markė	Rodikliai
Liuminescencinės lempos	G13/T8	10W, 4000K, 230V, 380lm/m, 33cm
Kondicionierius	G10 Inverter	Šildymas/ Šaldymas: 2,8/2,6 kW SEER 5,6 SCOP 4,0 Triukšmo lygis veikimo metu: iki 41 dB Oro srautas nuo 280 iki 600 m ³ /h Temperatūros ribos nuo +16 °C iki +30 °C Automatinis išsivalymas 1 W elektros sąnaudos budėjimo režime
Ventiliatorius	TW-FP-108-1	120X120X38,220/240V

Remiantis ETS 300 019-1-3: February 1992 „Equipment Engineering (EE); Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment Part 1-3: Classification of environmental conditions Stationary use at weatherprotected locations“ išskiriamas aplinkos klimatas reikalingas konteinerio patalpoms (18 pav.).



18 pav. Klimatograma 3.1 klasės kontroliuojamose vietose. Šaltinis: Equipment Engineering (EE); Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment Part 1-3: Classification of environmental conditions Stationary use at weatherprotected locations

Šiame darbe tirta BS, teikia paslaugas iki 300 mobilaus ryšio vartotojų bei 250 interneto vartotojų. Stotį sudaro 4 skyriai (19 pav.).



19 pav. BS pagrindinės sudedamosios dalys a) Antenos bokšte, b) BS vidinis modulis, c) kondicionavimo įranga, d) nepertraukiamo maitinimo šaltinis (akumuliatoriai)

BS stotyje sumontuota NOKIA Citytalk – GSM 900/GSM 1800 BTS 6 TRX s informacijos perdavimo mazgas (20 pav.)



20 pav. Nokia informacijos perdavimo mazgas

BS stotyje naudojamas tinklo šakotuvas OS-LS-6248-DC 48 V., 180 W . Perdavimo mazgas sujungtas su paslaugų teikėjo komutavimo tinklu ir duomenų perdavimo tinklu panaudojant optinį žiedą. Komutacinės stoties talpumas – 350 abonentų, užimta – apie 300.

Internetinio mazgo talpumas – 300, užimta apie 250 abonentai. Įrangos poreikiams patenkinti tiekama nuolatinė srovė, 58 V įtampa. Tam yra naudojamas 3,4 kW „GPM48P“ lygintuvas (21 pav.). Lygintuvas akumuliatorius įkrauna iki 80 proc. normalios įkrovos.



21 pav. „GPM48P“ lygintuvas

Sutrikus energijos tiekimui problemos turi būti pašalintos per akumuliatorių išsikrovimo laiką. Akumuliatorių baterijos sujungtos dviem eilėmis (dvi dalys) nuosekliai. Kiekvienas blokas sudarytas iš 4 akumuliatorių

Vienas akumuliatorių blokas sudarytas iš 4 nuosekliai sujungtų „Dryfit A-400“ akumuliatorių, jų duomenys pateikti 8 lentelėje.

8 lentelė Akumuliatorių techninės charakteristikos

Charakteristikos	
Nominali įtampa	12V
Nominali talpa	85Ah
Maksimali apkrova	770A approx.
Mechaninės charakteristikos	
Terminalas	F-M10
Terminalo pozicija	3
Matmenys	204 L x 244 W x 250 H mm
Bendras aukštis su terminalu	276 mm
Svoris	32 kg

Visa akumuliatorių baterijos įkrova (talpa) padalyta dviem baterijos dalims, kaip parodyta 19 pav.

2.2. BS elektros energijos sąnaudų ir saulės spinduliuotės potencialo nustatymo metodika

Elektros energijos sąnaudos nustatomos įvertinant elektros skaitiklio duomenis. Elektros energijos apskaitai naudojamas A43 312 – 100 elektros skaitiklis. Skaitiklio gnybtai yra išdėstyti skaitiklio apačioje, pagal DIN 43857 (22 pav.).



22 pav. Skaitiklis A43 312 – 100

Skaitiklio displejus yra pikselinės struktūros ir rodo iki keturių parametrų vienu metu. Skaitiklio meniu pasirinkimas atliekamas displejaus apačioje esančiais mygtukais. Skaitiklio eksploatavimo temperatūros diapazonas yra nuo - 25 iki 75 laipsnių Celsijaus. Skaitiklio suvartojamas galingumas yra 0,9 VA. Skaitiklio duomenys renkami per impulsinį išėjimą arba IR sąsają su nuoseklios komunikacijos moduliu. Impulsinis išėjimas yra puslaidininkinė rėlė, kuri generuoja impulsus, proporcingai matuojamai energijai. Skaitiklis turi integruotą nuoseklios Modbus RTU (RS485) interfeisą. Skaitiklis turi integruotą IR sąsają komunikacijai per nuoseklaus ryšio modulius; M-bus, RS-232, Ethernet. Aktyvios ir reaktyvios energijos matavimai atliekami pagal IEC 62053-21, IEC 62053-23 normas.

Tyrimui naudojami 2012 – 2015 m. duomenys paimti iš Kauno hidrometeorologinės stoties (KHMS). KHMS vadovaujasi WMO standartais, siekia užtikrinti patikimos informacijos apie aplinką rinkimą ir teikimą visuomenei, Tarnyba, vadovaudamasi Hidrometeorologinių stebėjimų tinklo modernizavimo programa, patvirtinta aplinkos ministro 2007 m. birželio 15 d. įsakymu Nr. D1-339, atliko hidrologinių stebėjimų tinklo modernizavimą. Įgyvendinus projektą buvo modernizuotos 44 ir įsteigtos 22 naujos vandens matavimo stotys (VMS), matavimų duomenys atitinka Europos Sąjungos reikalavimus. Matavimai atliekami automatiškai, duomenys fiksuojami kas valandą. Saulės energija matuojama į horizontalų paviršių bei statmeną spinduliams paviršių ji matuojama saulės sekimo prietaisu „SOLYS 2 (23 pav.)



23 pav. Sekimo prietaisas „Solyn 2“

„Solyn 2“ saulės monitoringo stotelė, duomenys registruojami Kipp & Zonen pagalba. Yra integruotas GPS imtuvas automatiškai konfigūruojantis vietos ir laiko duomenis. „Solyn 2“ gali veikti nuo AC arba 24 VDC galios. Darbinė temperatūra svyruoja nuo -20°C iki $+50^{\circ}\text{C}$. Krypties tikslumas pasyviai sekimui $-0,1^{\circ}$, aktyviai $< 0,02^{\circ}$. „Solyn 2“ įmontuotas CHP1 Pырheliometer yra dažniausiai naudojamas tiesioginiam saulės apšvietimui matuoti yra labai tikslus ir patikimas. CHP1 visiškai atitinka ISO ir WMO kriterijus. Prietaisas apima visą saulės spektrą nuo 200 iki 4000 nm (tai maksimalus matuojamas apšvietimas). CHP1 turi temperatūros jutiklį PT-100 matavimų korekcija atliekama išlaikant $\pm 0,5$ proc. paklaidą esant temperatūrai -20°C iki $+50^{\circ}\text{C}$. Apšvietos vertinimo kampas yra $5^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$, jautrumas $-7-14 \mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$.

Spinduliavimo intensyvumo skaičiavimo metodika.

Šviesos stipris I yra fizikinis dydis, apibūdinantis šaltinio spinduliavimo intensyvumą. Šviesos stiprio matavimo vienetas vadinamas kandela.

$$[I] = 1 \text{ cd.} \tag{8}$$

Paviršiaus apšvieta E vadinamas vienetiniame paviršiaus plotui tenkantis šviesos srautas:

$$E = \frac{\phi}{S} \tag{9}$$

čia Φ – šviesos srautas, S – paviršiaus plotas. Apšvietos matavimo vienetas vadinamas liuksu.

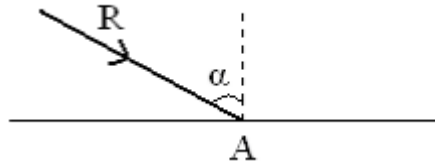
Šviesai krintant statmenai paviršiui, jo apšvieta yra tiesiog proporcinga šviesos stipriui I ir atvirkščiai proporcinga atstumo nuo šaltinio iki apšviečiamo taško kvadratui:

$$E = \frac{I}{R^2} \tag{10}$$

Jeigu šviesa krinta kampu $\alpha \neq 0$, tai paviršiaus apšvieta išreiškiama formule:

$$E = \frac{I}{R^2} \cos \alpha \quad [11]$$

čia kampas α , vadinamas kritimo kampu, yra tarp spindulio ir statmens paviršiui, iškelto taške A (24 pav.)



24 pav. Saulės šviesos kritimo kampas α Šaltinis: Blažienė J. (2015)

Tiesioginė saulės spinduliuotė matuojama absoliutiniu prietaisu pirheliometru (23, 26 pav.).



26 pav. Pirheliometras

Norint išmatuoti žemės paviršiaus spinduliuotę naudojamas albedometras (tai du pirheliometrai iš kurių vienas nukreiptas į viršų, o kitas į žemę). Krypties klaidos (viršijant 80° ir esant 1000 W/m^2 apšvietai) – $< 5 \text{ W/m}^2$.

Aplinkos oro temperatūra nustatoma Coastal Environmental Systems matavimo įtaisu (27 pav.)



27 pav. Aplinkos oro temperatūros ir drėgnio matavimo prietaisas

Vėjo greitis matuojamas vėjo greičio matuokliu AV-WSS (28 pav.) Šio matuoklio matavimai keičiami į impulsus. Vėjo greičio matuoklis prijungtas prie valdiklio.



28 pav. Vėjo greičio matuoklis AV-WSS

Pagrindinis veiksnys lemiantis pagaminamos energijos kiekį P yra oro srauto praeinančio pro plotą A , esant vėjo greičiui V ir oro tankiui ρ (normaliomis sąlygomis jis siekia $1,2 \text{ kg/m}^3$).

$$P_0 = \frac{1}{2} \rho V^3 A. \quad (12)$$

Tokiu būru vėjo energija apskaičiuojama taip:

$$E = \frac{1}{2} \rho A V^3 t. \quad (\text{Petrauskas G., Adomavičius V., 2001}) \quad (13)$$

Meteorologijos stoties koordinatės: $54^\circ 40' 58.39''$ š. pl., $25^\circ 15' 38.23''$ r. ilg. Aukštis virš jūros lygio 128 m. Prietaisas sumontuotas aukščiau, kad jo neveiktų spinduliuotė nuo žemės paviršiaus. Prietaise įmontuotas Pt100 jutiklis, kurio pagrindinės charakteristikos pateiktos 9 lentelėje.

9 lentelė. Pt100 jutiklio pagrindinės charakteristikos

Jautrusis elementas	1×Pt100
Toleravimas	A klasė pagal IEC 751
Proceso temperatūra	nuo -50 iki $+150$ °C (200 °C prailginimo)
Medžiaga	316L
Skersmuo	6 mm ($\varnothing 0.24$)
Ilgio pasirinkimo ribos	nuo 40 iki 600 mm ($1,6 - 23,6''$) (prašome nurodyti)

Duomenų surinkimas ir apdorojimas vykdomas kaupikliu CR-10X, kuris atitinka ISO 9060 ir pasaulinės meteorologijos organizacijos (WMO) montavimo ir duomenų reikalavimus.

2.3 Tyrimų duomenų apdorojimo metodika

Atliekant išsamią duomenų analizę reikalingas paklaidų įvertinimas, kurį galima atlikti apdorojant surinktus duomenis statistikai. Analizuojant surinktus duomenis „Excel“ pagalba apskaičiuojami šie svarbiausi statistiniai rodikliai:

Imties vidurkio reikšmė apskaičiuojama pagal formulę

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (14)$$

čia: n – matavimo skaičius,

x_i – i - tojo matavimo metu gauta vertė

Vidurkio dispersija

$$\text{Var}(\bar{x}) = \frac{\sigma^2}{n} \quad (\text{Griciuvienė L, 2001}) \quad (15)$$

σ^2 - dispersija

Vidutinis kvadratinis nuokrypis

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (16)$$

Variacijos koeficientas

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (17)$$

Variacijos koeficientą patogiu išreikšti procentais. Tam gautą variacijos koeficientą padauginame iš 100%.

Sklaida nedidelė kai v neviršija 10 proc., didelė – kai v iki 20 proc., o labai didelė virš 20 proc.

Atsitiktinė paklaida

$$S_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{Olsson U., Engstrand U., Rupšys P, 2007}) \quad (18)$$

Koreliacijos koeficientas

$$r = \frac{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{S_x S_y} \quad (19)$$

S_x ; S_y – standartiniai nuokrypiai

Koreliacijos koeficiento reikšmingumas tikrinamas t kriterijumi (Bilevičienė T., Bieliauskas J. 2013).

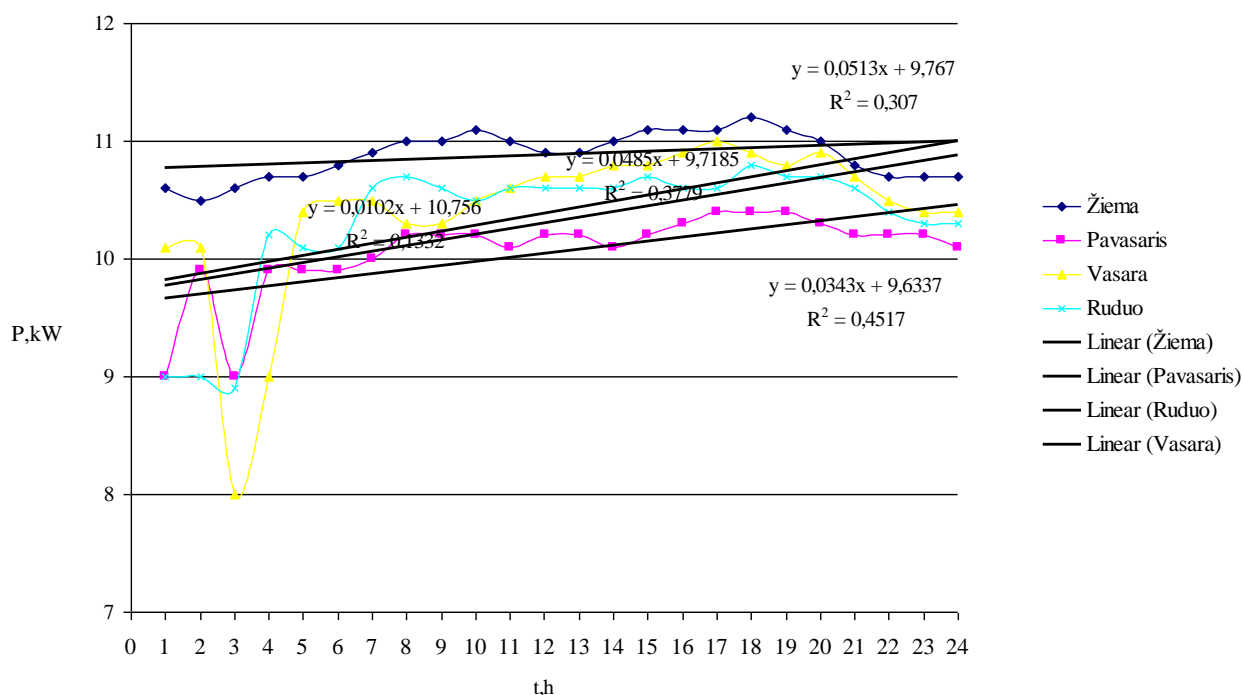
Koreliacijos koeficiento reikšmių skalė										
Labai stipri	Stipri	Vidutinė	Silpna	Labai silpna	Nėra ryšio	Labai silpna	Silpna	Vidutinė	Stipri	Labai stipri
-1	nuo -1 iki -0,7	nuo -0,7 iki -0,5	nuo -0,5 iki -0,2	nuo -0,2 iki 0	0	nuo 0 iki 0,2	nuo 0,2 iki 0,5	nuo 0,5 iki 0,7	nuo 0,7 iki 1	+1

Įvertinus statistinę priklausomybę tarp skirtingų matavimų nustatytas BS elektros energijos poreikio ir oro aplinkos temperatūros, taip pat priklausomybę tarp temperatūros ir spinduliuotės.

4. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ

4.1 Elektros energijos BS suvartojimo kitimas

Tyrimas atliekamas pasinaudojus elektros skaitiklio duomenimis (žr. 2.2 skyrių). Analizuojami 2012 – 2015 metų duomenys. Maksimalios energijos poreikio kitimas įvairiais metų laikais per parą pateiktas (29 pav.)



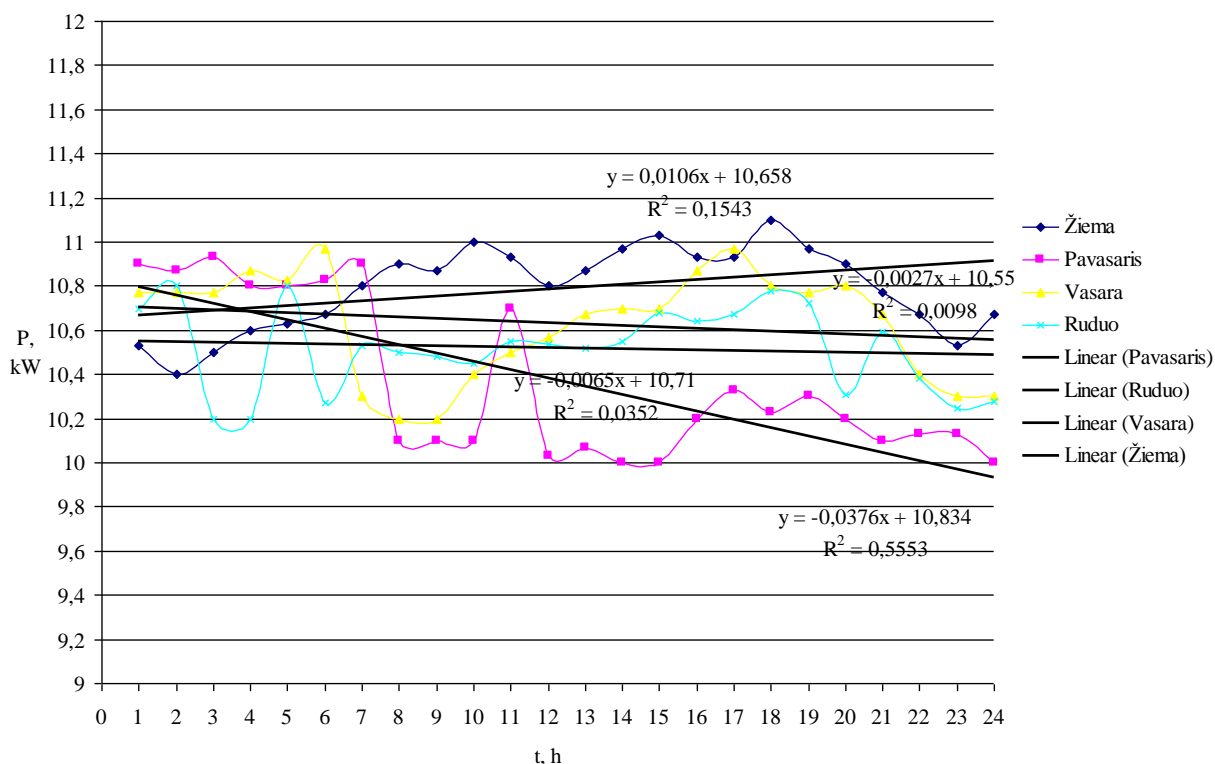
29 pav. Maksimalaus energijos poreikio kitimas per parą

Paveikslėlyje įvertintas aproksimacijos koeficientas parodo aprašymo tikslumą. Kuo jis arčiau 1, tuo aprašymas tikslesnis.

Energijos suvartojimas maksimalus yra žiemą apie 18 – 20 val. ir vasarą nuo 17 iki 20 val. Dieną pagausėjęs klientų skaičius iššaukia didesnius energijos poreikius aptarnavimo kokybei užtikrinti, o didžiausias žiemos rodiklis 19 val. (11,2 kW) pasiektas dėl staigaus temperatūros kritimo iki -25. Vasara šis rodiklis didžiausias dėl 16 val. pakilusios temperatūros iki 23 laipsnių ir siekė 11 kW. Žiemos poreikių vidurkis yra didžiausiais per parą ir siekia 10,88 kW, rudenį 10,32 kW, vasarą 10,41 kW (taip yra todėl kad vasaros nebuvo labai karštos) ir pavasarį 10,06 kW. Pavasarį orai stabiliausi

nerikalingas nei papildomas patalpų šildymas, nei vėdinimas, todėl suvartojama mažiausiai energijos. Rudenį viskas priklauso nuo oro temperatūros vėjo ir kritulių. Šaltesnį rudenį sunaudojama daugiau energijos šildymui. Todėl žiemos išnaudojamos energijos kiekis stabiliausias ir didėjimo tendencijos nedidelės, o vasaros, rudens ir pavasario analizė rodo, kad pastebimas energijos naudojimo augimas.

Didžiausi energijos poreikiai pasireiškia vasaros karščiausiai mėnesiais nuo 8 ryto iki 21 vakaro bei žiemą nuo 21 val. iki 8 ryto, nes tada oro temperatūra žemiausiai ir reikalingas šildymas. Kaip kinta energijos paros poreikio vidurkis 2012–2015 m. parodyta 30 pav.

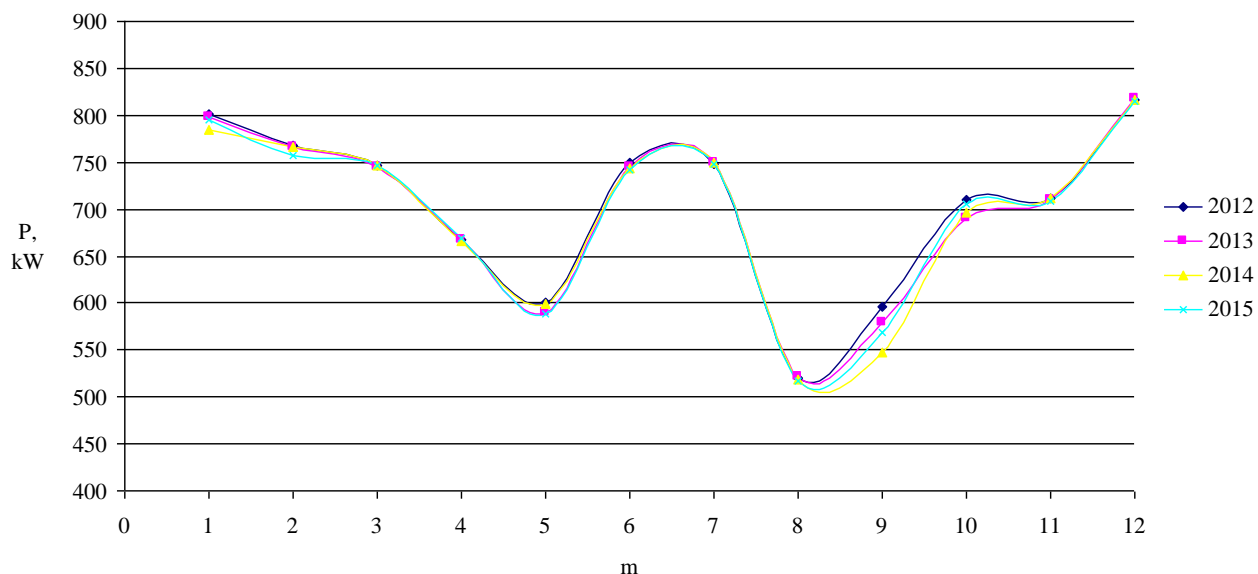


30 pav. Maksimalaus energijos poreikio vidurkio kitimas per parą analizuojamasi metais

Analizuojamo laikotarpio (2012–2015 m.) didžiausias galios poreikis išliko žiemą ir maksimalus jo vidurkis 18 val. siekė 11,1 kW. Vasarą maksimalus vidurkis siekė 10,97 kW 17 val. Patys didžiausi svyravimai yra pavasarį ir siekia 9,3 proc. Nes minimalus energijos suvartojimas siekia 10 kW, o maksimalus 10,93 kW. Taip yra dėl to, kad ankstyvą pavasarį dar reikalingas šildymas, o vėlyvą kartais prireikia ir aušinimo. Žiema šis skirtumas siekia 6,73 proc., o vasarą 7,5 proc. mažiausiais skirtumas yra rudenį, jis siekia 5,88 proc. suvartojamos energijos vidurkis svyruoja nuo 10,36 pavasarį iki 10,79 žiemą.

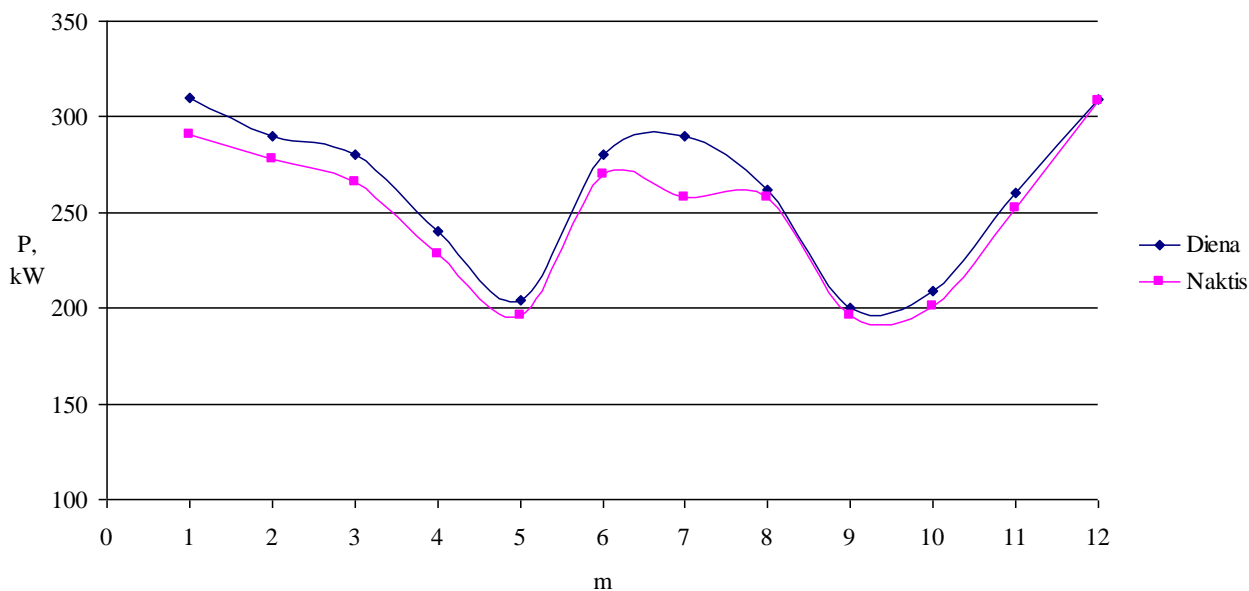
Pavasario energijos suvartojimas mažėja ($y = -0,0376x + 10,834$), vasaros ir žiemos kinta nežymiai, o rudens linkęs didėti ($y = 0,0106x + 10,658$).

Energijos suvartojimas kas metai po truputį mažėjo. Mažiausiais jis yra 5 ir 9 mėnesiais (31 pav.).



31 pav. Energijos poreikių svyravimų kitimas 2012-2015 m.

Energijos sunaudojimo svyravimai yra dėl poreikio šildyti ar vėdinti BS. Pastebima, kad mobilus ryšio poreikis mažiausiais nakties metu nuo 21 val. iki 8 val., o interneto nuo 22 val. iki 7 val. ir nuo 9 iki 14 val. Tačiau atlikus naktie ir dienos poreikių analizę galima pastebėti kad tai turi mažai įtakos (32 pav.).



32 pav. Energijos poreikių per parą svyravimų kitimas

Didžiausias energijos poreikių skirtumas yra 7 mėnesį ir siekia 12,4 proc. Taip yra todėl, kad dieną esant aukštai temperatūrai reikalingas intensyvesnis vėdinimas, o vakare atvėsus orui

vėdinimo intensyvumas sumažėja ir energijos poreikiai sumažėja. Kitais mėnesiais tiek dienos tiek nakties energijos suvartojimas kinta beveik tolygiai ir neviršija 5 proc.

Nustatyta, kad per mėnesį vidutiniškai suvartojama 506,9 kWh elektros energijos. Daugiausiai energijos suvartojama 2012 m. sausio mėnesį 605 kWh ir 2013m. liepos mėnesį - 550 kWh. Dėl klimato atšilimo ir Lietuvoje šiltėjančių žiemų energijos suvartojimas 2013 ir 2014m. BS mažėjo. 2013m sumažėjimas siekė 0,88 proc., o 2014m. 0,62 proc. 2015m. pastebimas energijos suvartojimo augimas kurį galima susieti su didėjančiu mobiliojo interneto vartotojų skaičiumi. Padidėjimas nesiekia ir vieno proc. ir sudaro 0,48 proc.

4.2 Elektros energijos BS mikro klimato palaikymui vartojimo priklausomybės nuo temperatūros analizė

BS stotyse, ypač po jų atnaujinimo ir 3G bei 4G tinklų diegimo internetinių paslaugų diegimo įranga yra gana moderni, todėl konteinerinio tipo patalpų mikro klimatui keliami griežtesni reikalavimai. Įvertinus oro sąlygas galima ir vidutinę oro temperatūrą galima nustatyti kiek vidutiniškai per mėnesį elektros energijos suvartojama patalpų tinkamam mikro klimatui palaikyti 10 lentelė.

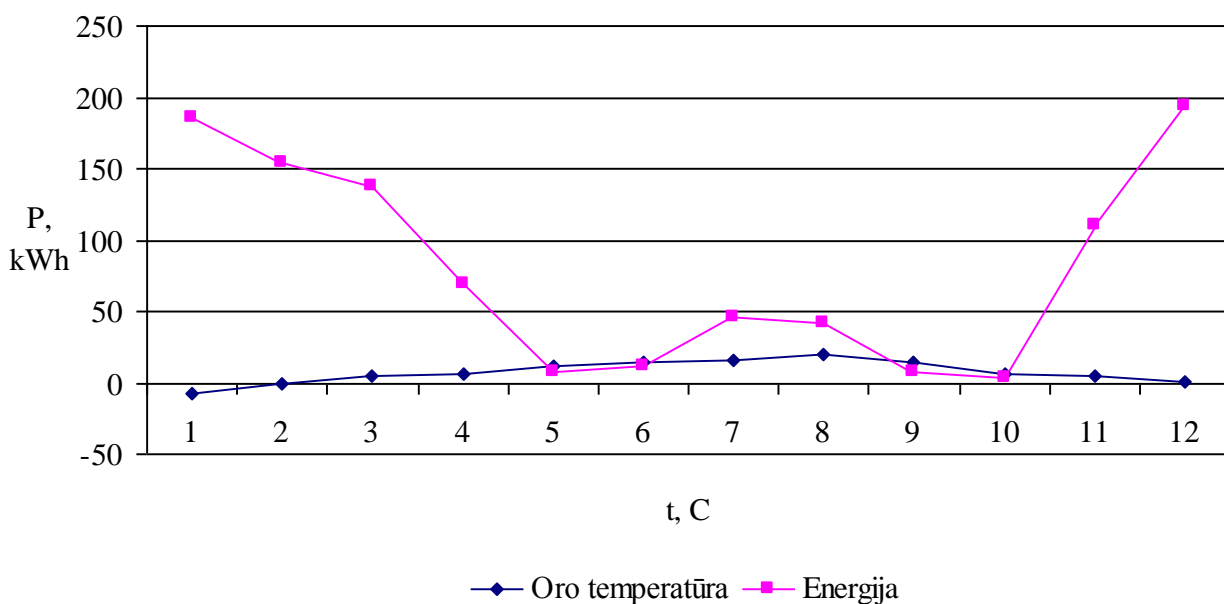
10 lentelė. BS metinis elektros energijos poreikis įvertinus vidutinę temperatūrą

Mėnesis	Elektros energijos suvartojimas, kWh			Vidutinė oro temperatūra C°	Sulės spindėjimas, val.
	BS įranga	Mikroklimato įranga	Viso:		
1	229,1	185,7	414,8	-7,6	54
2	260,6	153,7	414,3	-1	75
3	269,4	138,3	407,7	4,5	130
4	329,2	69,4	398,6	6,4	170
5	384,4	7,8	392,2	11,1	213
6	427,8	11,1	438,9	14,8	280
7	356	46	402	16,4	260
8	395,8	42,1	437,9	19,8	337
9	380,2	7,9	388,1	13,7	220
10	403,2	3,4	406,6	6,4	152
11	292,6	109,7	402,3	4,3	22
12	228,2	194,4	422,6	1,1	43
Viso:	3716,5	1209,5	4926		

Per metus vidutiniškai viso sunaudojama 4926 kWh elektros energijos BS poreikiams patenkinti. 1209,5 kWh energijos tenka mikroklimato palaikymui užtikrinti, tai sudaro 24,55 proc. Likusi energijos dalis 3716,5 kWh (75,45 proc.)BS įrangos poreikiams patenkinti. Skirtingas

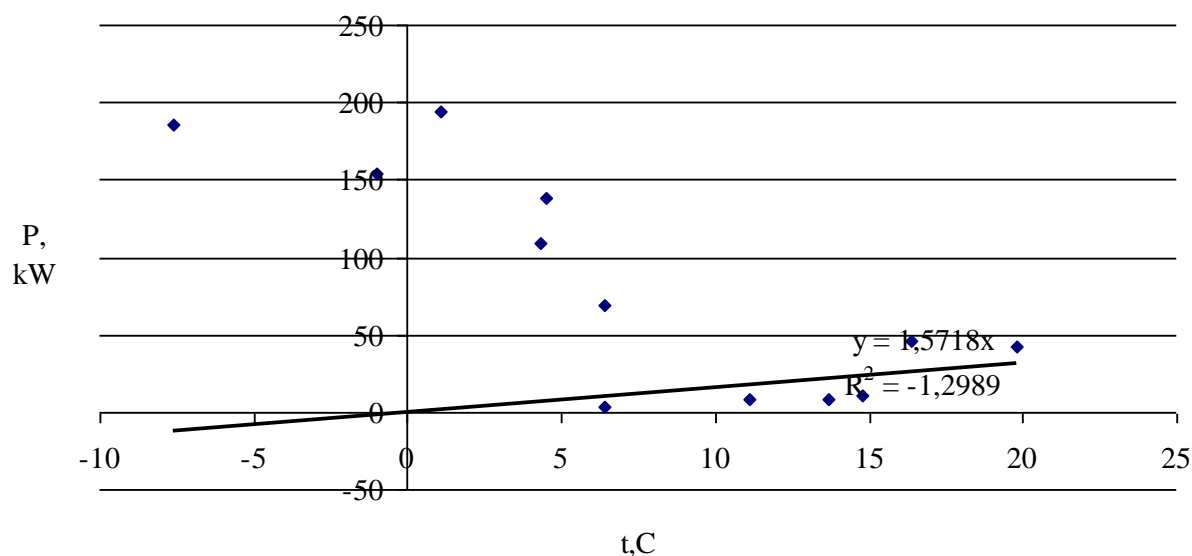
energijos suvartojimas priklauso nuo mėnesio, tačiau vidutiniškai per mėnesį mikroklimate palaikymui suvartojama apie 100,79 kWh, o BS poreikių patenkinimui 309,7 kWh. Mažiausias energijos suvartojimas yra balandį - gegužį ir rugsėjį – spalį. Šiais mėnesiais nereikalingas nei patalpų vėsinimas nei šildymas, todėl energijos suvartojama mažiausiai. Žiemą šildymui energijos suvartojama daugiau. Daugiausiai šildymui energijos suvartojama Gruodžio – Vasario mėnesiais, vidutiniškai po 241 kWh daugiau negu minimalus suvartojimas ir 85 kWh daugiau negu metinis vidurkis. Daugiausiai aušinimui energijos suvartojama Birželio – Rugsjūčio mėnesiais, vidutiniškai 190 kWh daugiau negu minimalus suvartojimas ir 33,4 kWh daugiau negu metinis vidurkis. Kadangi vasaros ir žiemos temperatūros svyravimas mūsų klimato juostoje iki 25 proc. veikia energijos suvartojimą BS, tai tikslinga išanalizuoti energijos poreikius telekomunikaciniai įrangai ir mikroklimate palaikymui atskirai.

Oro temperatūros ir sunaudojamos energijos tiesės 4 mėnesius eina tolygiai (33 pav.)



33 pav. Oro temperatūros ir energijos suvartojimas mikroklimate palaikyti sąsajos

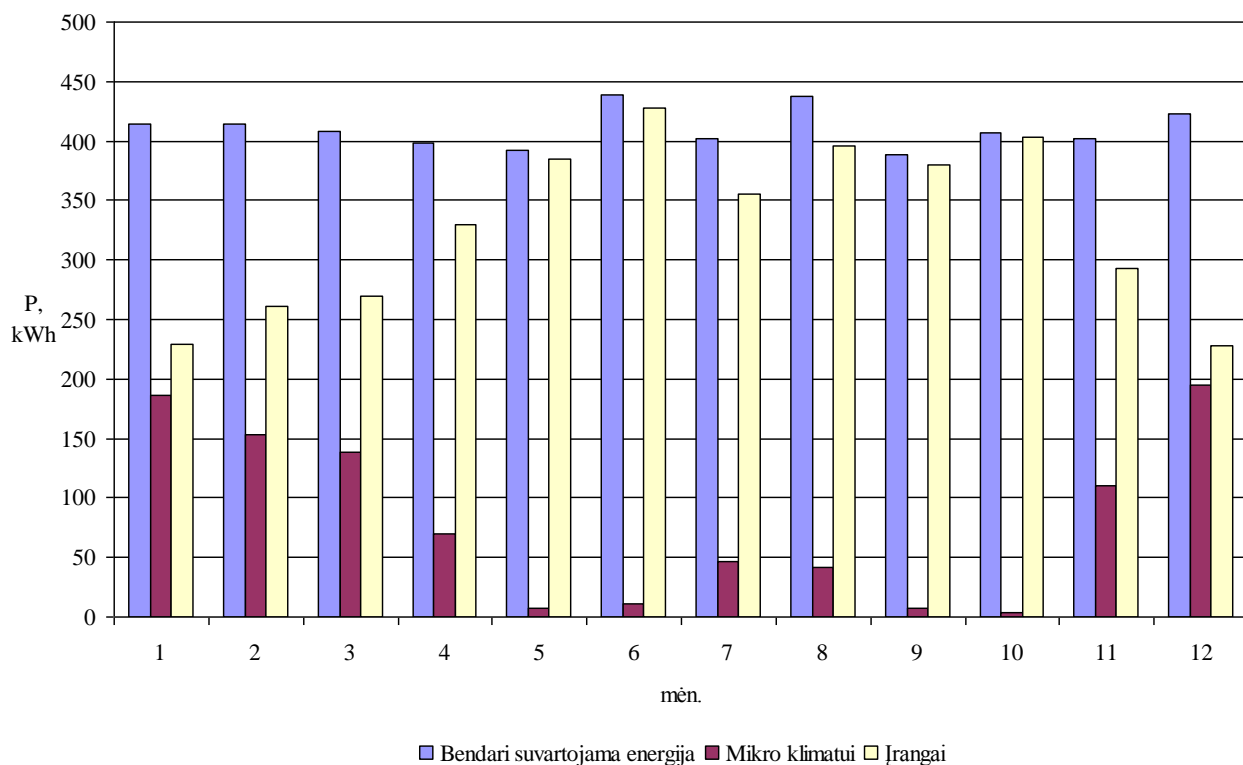
Gegužės – birželio ir rugsėjo – spalio mėnesiais temperatūrai laikantis apie 10-15 laipsnių mikroklimate BS palaikyti sunaudojama mažiausiai energijos. Tačiau energijos poreikis BS mikro klimatui palaikyti yra linkęs didėti (34 pav.).



34 pav. BS mikroklimato sunaudojamos energijos perspektyvų analizė

Didėjant temperatūrai energijos BS mikroklimatui palaikyti reikia daugiau, lygiai taip pat kaip ir mažėjant temperatūrai. Tačiau bendru atveju energijos poreikiai turi tendenciją didėti ($y=1,5718x$).

Tarp oro temperatūros ir mikro klimatui yra stiprus ryšys $-0,805$. Priklausomybė tarp mikro klimato reguliavimo ir energijos suvartojimo augimo labai ryškiai matosi išanalizavus BS energetinius poreikius telekomunikacijų įrangai ir mikroklimatui (35 pav.)



35 pav. Elektros energijos vartojimo BS įrangai ir mikroklimatui dinamika

Eliminavus elektros energiją suvartojama mikroklimatui BS palaikyti pamatyta, kad įrangai reikalinga energija kinta nežymiai ir išlieka beveiks stabili. Ji priklauso nuo vartotojų skaičiaus, kurie yra prisijungę prie BS didėjant vartotojų skaičiui didėja energijos poreikis įrangai, tačiau jis nepriklauso nei nuo metų laiko nei nuo oro temperatūros. Įrangai daugiausiai elektros energijos suvartojama vasaros mėnesiais. Tai galima sieti su tuo, kad daugiau atostogaujančių žmonių ir mobiliu ryšiu žmonės naudojami daugiau leidami laisvalaikį. Taip pat daugiau mobiliu internetu naudojami vaikai.

Remiantis 10 lentelėje pateiktais duomenimis paskaičiuota priklausomybė tarp saulės spindėjimo valandomis ir oro temperatūros priklausomybės parodo, kad ši priklausomybė yra stipri (0,908). Todėl saulės energija gali būti tikslinga panaudoti elektros energijos BS aprūpinimui.

4.3 BS elektros energijos poreikių tenkinimas naudojant saulės energiją

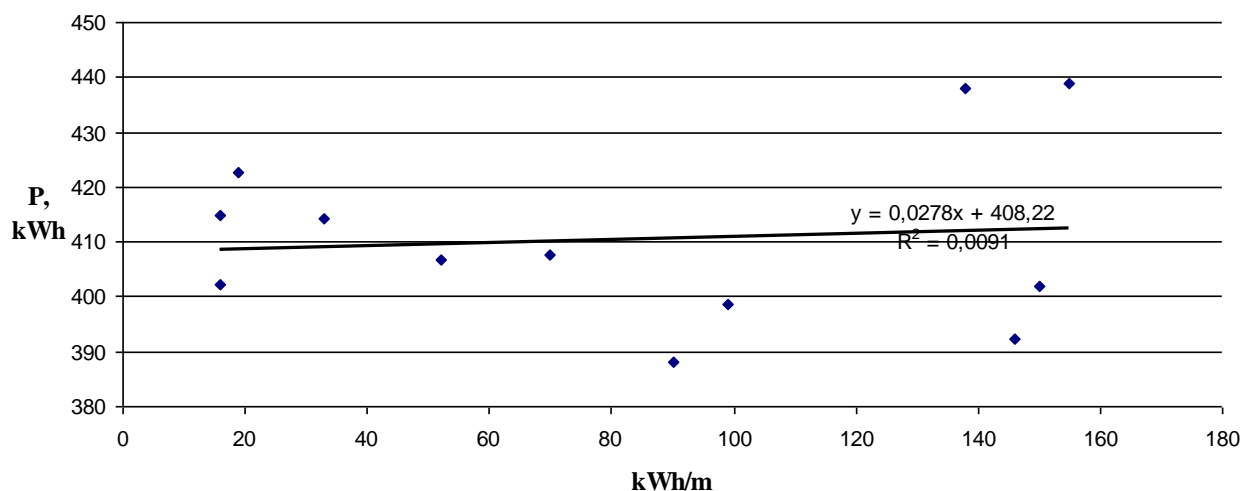
Lietuvoje metinis Saulės energijos kiekis, krentantis į horizontalų 1 m² ploto paviršių, truputį didesnis nei 1000 kWh/m². Kaune pilnutinė spindulinė energija per metus vidutiniškai siekia 946 – 996 kWh/m² (11 lentelė)

11 lentelė. Saulės spinduliuotė Kaune kWh/m²

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Metinė
16	33	70	99	146	155	150	138	90	52	16	19	976

Šaltinis: zaliaideja.wordpress.com

Kaune saulės energijos kiekis kinta nuo 16 iki 155 kWh/m². Didžiausias saulės spinduliuotės energijos kiekis yra 5-8 mėnesiais ir svyruoja nuo 146 iki 155 kWh/m², o mažiausiais 11 – 1 mėnesiais ir siekia kWh/m². Saulės spinduliuotės kitimas priklausomai nuo BS elektros energijos suvartojimo pateiktas 365 pav.



36 pav. Elektros energijos poreikis ir saulės spinduliuotės į paviršių dinamika

Saulės spinduliuotės energija į paviršių per metus turi tendenciją didėti, dėl klimato atšilimo, todėl kas metai šios energijos panaudojimas BS elektros energijos poreikiams gali būti didesnis.

Statmenai saulės spinduliams nukreipti fotoelektriniai moduliai gauna didžiausią energijos kiekį. Panaudojus **SAMSUNG LPC 250 SM-06S** saulės modulį, kurio galingumas 250 W, įtampa 30,5 V, max, srovė 8,2 A max. Parametrai 1630 x 982 x 46 mm, 18,6 kg. Modulio efektyvumas 15,62%, teigiama tolerancija 0/+3W. Per metus tokia elektrinė pagamintų 4600 kWh energijos. Elektros energijos poreikis yra 4926 kWh, todėl tokia elektrinė patenkintų apie 92 proc. visos sunaudojamos energijos. Elektros energijos poreikių tenkinimas priklauso nuo saulės spinduliuotės, todėl ne visais mėnesiais energijos poreikiai būtų patenkinti (12 lentelė).

12 lentelė. BS poreikių tenkinimas naudojant saulės energiją

Mėn.	BS reikalingas energijos kiekis kWh	Saulės elektrinės pagaminamas energijos kiekis kWh	Energijos poreikių tenkinimas	Poreikių tenkinimas proc.
1	414,8	84	-330,8	20,25
2	414,3	150	-264,3	36,21
3	407,7	389	-18,7	95,41
4	396	578	182	145,96
5	392	685	293	174,74
6	438,9	650	211,1	148,10
7	402	651	249	161,94
8	437,9	610	172,1	139,30
9	388,1	395	6,9	101,78
10	406,6	260	-146,6	63,94
11	402,3	87	-315,3	21,63

12	422,6	61	-361,6	14,43
Viso	4923,2	4600	-323,2	

Elektros energijos kaupimas ir akumuliacija atliekamas akumuliatorių baterijose, kurios yra numatytos elektrinėje dėl elektros energijos sutrikimų. Tačiau šitoks energijos kaupimas neužtikrintų sezoniškumo įtakos pašalinimo, kitokiu atveju baterijų tūris turėtų būti labai didelis, ir tai mažintų ekonominį naudingumą.

BS poreikiai gali būti pilnai tenkinami balandžio rugsėjo mėnesiais. Kovą priklausomai nuo oro temperatūros taip at gali būti kad energijos užtektų, nes pagal vidutinius duomenis 95,41 proc. poreikiai patenkinami. Šiais mėnesiais netgi yra perteklinė energijos gamyba, kurią galima būtų perduoti elektros tinklams panaudojus dvipusę energijos apskaitą ir sudarius sutartį su Lietuvos elektros tinklais.

Jeigu foto elementų efektyvumas padidėtų iki 20 proc. tai tokiu atveju saulės energijos užtektų kovo–rugsėjo mėnesiais.

Kaip jau buvo minėta didžiausi energijos svyravimai yra dėl mikro klimato BS energijos svyravimų. Iš mikro klimato energijos ir saulės energijos poreikių patenkinimo dinamikos matyti (13 lent.), kad BS mikroklimato poreikiai nebūtų tenkinami tik 3 mėn. nuo spalio iki vasario.

13 lentelė. BS mikro klimatui užtikrinti naudojamos saulės energijos tenkinimas naudojant saulės energiją

Mėn.	BS reikalingas energijos kiekis kWh	Saulės elektrinės pagaminamas energijos kiekis kWh	Poreikių tenkinimas proc.
1	185,7	84	88,2
2	153,7	150	157,5
3	138,3	389	408,45
4	69,4	578	606,9
5	7,8	685	719,25
6	11,1	650	682,5
7	46	651	683,55
8	42,1	610	640,5
9	7,9	395	414,75
10	3,4	260	273
11	109,7	87	91,35
12	194,4	61	64,05
Viso	969,5	4600	

Analizuojant finansinį efektyvumą, galima paskaičiuoti kiek pinigų būtų sutaupyta įrengus saulės elektrinę BS energijos poreikiams tenkinti (14 lentelė).

14 lentelė Sąnaudos elektros energijai

Mėn.	BS reikalingas energijos kiekis kWh	Saulės elektrinės pagaminamas energijos kiekis kWh	Energijos poreikių tenkinimas	Vartotojo mokama kaina EUR/kWh	Paslaugos kaina EUR/kWh	Pajamos išlaidos EUR	Išlaidos nenaudojant saulės energijos EUR
1	414,8	84	-330,8	0,129	0,03682	-42,6732	53,5092
2	414,3	150	-264,3	0,129	0,03682	-34,0947	53,4447
3	407,7	389	-18,7	0,129	0,03682	-2,4123	52,5933
4	396	578	182	0,129	0,03682	6,70124	51,084
5	392	685	293	0,129	0,03682	10,78826	50,568
6	438,9	650	211,1	0,129	0,03682	7,772702	56,6181
7	402	651	249	0,129	0,03682	9,16818	51,858
8	437,9	610	172,1	0,129	0,03682	6,336722	56,4891
9	388,1	395	6,9	0,129	0,03682	0,254058	50,0649
10	406,6	260	-146,6	0,129	0,03682	-18,9114	52,4514
11	402,3	87	-315,3	0,129	0,03682	-40,6737	51,8967
12	422,6	61	-361,6	0,129	0,03682	-46,6464	54,5154
Viso						-144,391	635,0928

Nesinaudojant saulės elektrine BS poreikiams tenkinti būtų išleista 635,09 EUR, jeigu būtų pasinaudota saulės elektrine elektros energijai būtų išleista 144,39 EUR. Vadinasi per metus pavyktų sutaupyti 490,7 EUR. Tokios elektrinės įrengimas įskaitant paramą, kuri sudaro 30 proc. sudarytų 5072 EUR. Elektrinė atsipirktų per 10,5 metų. Reikia nepamiršti, kad vyksta pastovus oro atšilimas, todėl galima tikėtis, kad mikroklimatui reikalinga energija žiemą sumažėtų, o tai sąlygotų greitesnę elektrinės atsipirkimą.

4.4 BS elektros energijos poreikių tenkinimas naudojant kombinuotą (saulės ir vėjo) energiją

Kaune vėjo greitis nėra labai didelis jis priklauso nuo vietovės ir vėjo matavimo aukščio (15 lentelė).

15 lentelė. Vidutinis vėjo greitis /m²

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10 metrų	4,8	4,4	4,15	4	3,99	3,77	3,87	3,9	4	4,12	4,1	4,9
25 metrai	5,5	5,7	5,4	5,2	5	4,87	4,1	4,36	5,01	5,1	5,3	5,7

Vėjo valandų intervalas	116,8	124,78	130,69	129,87	363,5	367,9	258,7	298,7	248,5	153,7	146,8	125,14
--------------------------------	-------	--------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

Kuo aukščiau iškeltas vėjo matuoklis, tuo vėjo greitis didesnis. Labai didelę įtaką pagaminamam energijos kiekiui, turi ir valandų intervalas. Žiemos mėnesiais esant didžiausiam vėjo greičiui vėjo valandų intervalas mažiausias. Vasaros mėnesiais, kada vėjo greitis mažiausias – vėjo valandų intervalas didžiausias. Vėjo jėgainė turėtų būti rengiama 25 metrų aukštyje, nes ten vėjo greitis didesnis. Dėl nedidelio vėjo jėgainė turi būti mažo galingumo. Mažos vėjo jėgainės energiją pradeda generuoti esant 1-3 m/s vėjo greičiui. Mažų vėjo elektrinių gali siekia nuo 100W iki 50000W (Stuknys A., Šimkevičius T, 2010).

300W vėjo generatorius, kurį sudaro vėjo jėgainės komplektas 400W/12V DC; 24V DC; 12V AC; 24V AC. Turint visus duomenis pagamintų 16 lentelėje pateiktą energijos kiekį.

16 lentelė. Pagaminamos energijos kiekis

Mėn.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
kW	69,96	83,19	74,08	65,73	163,58	152,97	64,19	89,12	112,49	73,39	78,67	83,43

Energijos kiekis stipriai priklauso nuo vėjo valandų intervalo (koreliacijos koeficientas 0,81) ir silpnai priklauso nuo vėjo greičio (koreliacijos koeficientas 0,13). Pmetus tokia elektrinė pagamintų 5700 kWh energijos. Elektros energijos poreikis yra 4926 kWh, todėl tokia elektrinė patenkintų visą BS poreikį, tačiau ne visais mėnesiais energijos poreikiai būtų patenkinti (17 lentelė).

17 lentelė. BS poreikių tenkinimas naudojant kombinuotą elektrinę

	BS reikalingas energijos kiekis	Saulės elektrinės pagaminamas energijos kiekis	Vėjo elektrinės pagaminamas energijos kiekis	Energijos poreikių tenkinimas	Poreikių tenkinimas proc.
1	414,8	84	69,96	-260,84	37,12
2	414,3	150	83,19	-181,11	56,29
3	407,7	389	74,08	55,38	113,58
4	396	578	65,74	247,74	162,56
5	392	685	163,58	456,58	216,47
6	438,9	650	152,97	364,07	182,95
7	402	651	64,19	313,19	177,91
8	437,9	610	89,12	261,22	159,65
9	388,1	395	112,49	119,39	130,76
10	406,6	260	73,4	-73,2	82,00

11	402,3	87	78,67	-236,63	41,18
12	422,6	61	83,43	-278,17	34,18

Elektros energijos kaupimas ir akumulavimas atliekamas akumuliatorių baterijose, kurios yra numatytos elektrinėje dėl elektros energijos sutrikimų. Tačiau šitoks energijos kaupimas neužtikrintų sezoniškumo įtakos pašalinimo, kitokiu atveju baterijų tūris turėtų būti labai didelis, ir tai mažintų ekonominį naudingumą.

BS poreikiai gali būti pilnai tenkinami kovo - spalio mėnesiais. Spalį priklausomai nuo oro temperatūros ir vėjo taip at gali būti kad energijos užtektų, nes pagal vidutinius duomenis 82 proc. poreikių patenkinami. Kovo – rugsėjo mėnesiais yra perteklinė energijos gamyba, kurią galima būtų perduoti elektros tinklams panaudojus dvipusę energijos apskaitą ir sudarius sutartį su Lietuvos elektros tinklais.

Kaip jau buvo minėta didžiausi energijos svyravimai yra dėl mikro klimato BS energijos svyravimų. Iš mikro klimato energijos ir saulės-vėjo energijos poreikių patenkinimo dinamikos matyti (18 lent.), kad BS mikroklimato poreikiai nebūtų tenkinami tik 2 mėn. sausį ir gruodį, tačiau įskaitant tai, jos yra akumuliatorinė sistema, oro atšilimas, tai susidariusį poreikių stygių (26 proc.) galima būtų tenkinti iš ten. Todėl galima teigti, kad taip būtų padengiami visi su mikro klimato poveikiu susiję energijos poreikiai.

18 lentelė. BS mikro klimatui energijos poreikių tenkinimas naudojamos kombinuotą elektrinę

BS reikalingas energijos kiekis	Saulės elektrinės pagaminamas energijos kiekis	Vėjo elektrinės pagaminamas energijos kiekis	Energijos poreikių tenkinimas	Poreikių tenkinimas proc.
185,7	84	69,96	-31,74	82,91
153,7	150	83,19	79,49	151,72
138,3	389	74,08	324,78	334,84
69,4	578	65,74	574,34	927,58
7,8	685	163,58	840,78	10879,23
11,1	650	152,97	791,87	7233,96
46	651	64,19	669,19	1554,76
42,1	610	89,12	657,02	1660,62
7,9	395	112,49	499,59	6423,92
3,4	260	73,4	330	9805,88
109,7	87	78,67	55,97	151,02
194,4	61	83,43	-49,97	74,30

Analizuojant finansinį efektyvumą, galima paskaičiuoti kiek pinigų būtų sutaupyta įrengus saulės-vėjo elektrinę BS energijos poreikiams tenkinti (19 lentelė).

19 lentelė Sąnaudos elektros energijai

Mėn.	BS reikalingas energijos kiekis	Saulės elektrinės pagaminamas energijos kiekis	Vėjo elektrinės pagaminamas energijos kiekis	Energijos poreikių tenkinimas	Vartotojo mokama kaina EUR/kWh	Paslaugos kaina EUR/kWh	Pajamos išlaidos EUR	Išlaidos nenaudojant saulės energijos EUR
1	414,8	84	69,96	-260,84	0,129	0,03682	-33,6484	53,5092
2	414,3	150	83,19	-181,11	0,129	0,03682	-23,3632	53,4447
3	407,7	389	74,08	55,38	0,129	0,03682	7,14402	52,5933
4	396	578	65,74	247,74	0,129	0,03682	9,121787	51,084
5	392	685	163,58	456,58	0,129	0,03682	16,81128	50,568
6	438,9	650	152,97	364,07	0,129	0,03682	13,40506	56,6181
7	402	651	64,19	313,19	0,129	0,03682	11,53166	51,858
8	437,9	610	89,12	261,22	0,129	0,03682	9,61812	56,4891
9	388,1	395	112,49	119,39	0,129	0,03682	4,39594	50,0649
10	406,6	260	73,4	-73,2	0,129	0,03682	-9,4428	52,4514
11	402,3	87	78,67	-236,63	0,129	0,03682	-30,5253	51,8967
12	422,6	61	83,43	-278,17	0,129	0,03682	-35,8839	54,5154
							-60,8357	635,0928

Nesinaudojant elektrine BS poreikiams tenkinti būtų išleista 635,09 EUR, jeigu būtų pasinaudota saulės-vėjo elektrine elektros energijai būtų išleista 60,84EUR. Vadinasi per metus pavyktų sutaupyti 574,26 EUR. Tokios elektrinės įrengimas įskaitant paramą, kuri sudaro 30 proc. sudarytų 5632 EUR. Elektrinė atsipirktų per 9,8 metų. Reikia nepamiršti, kad vyksta pastovus oro atšilimas, todėl galima tikėtis, kad mikroklimatui reikalinga energija žiemą sumažėtų, o tai sąlygotų greitesnę elektrinės atsipirkimą.

4.5 Pastato izoliavimas šilumą atspindinčia izoliacine medžiaga

Komex Reflex - tai atspindinčioji termoizoliacinė medžiaga, gaminama pagal technologija, kurią NASA sukūrė apsaugoti erdvėlaivius nuo ekstremalių išorinių veiksnių (saulės spinduliavimo ir šalčio), taupant energiją ir vietą. Tos pačios problemos aktualios ir apšildant patalpas. Įprastinės izoliacinės medžiagos veikia šilumos sugėrimo būdu: jos sugeria į save šilumą ir palaiptu jį atiduoda į šaltesnę patalpą. Komex Reflex plėvelė veikia priešingai: Ji atspindi

šiluminę energiją be to ši plėvelė visiškai nesugeria ir nepraleidžia drėgmės, todėl veikia ir kaip garo izoliacija. Montuojant su įprastinėmis tūrinėmis izoliacinėmis medžiagomis Reflex R3X apsaugo turinę izoliaciją nuo drėgmės ir pagerina jos termoizoliacines savybes, bei atspindi šiluminę energiją, taip pasiekiamas optimaliausias apšiltinimas.

Saulės ar kito šilumos šaltinio spinduliuojama šiluma susidūrę su stogu ar siena, įsigeria ir virsta šilumos energija. Šiltuoju metų laiku spinduliai turi būti sustabdyti lauke, kad nekaistų patalpa, o šaltą žiemą šiluma turi būti išsaugota patalpų viduje. Įprastinė šilumos izoliacija nesustabdo šilumos judėjimo – ji sugerdama įšyla, o vėliau tą šilumą atiduoda į šaltesnę pusę. Naujos kartos šilumos izoliacijos medžiagos kuriamos remiantis šilumos atspindėjimu (termoso efektas). Atspindėjimas yra šios izoliacijos paviršiaus funkcija – jis gaunamas nuo plono 99 proc. gryno aliuminio poliruotos folijos sluoksnio. Plėvelė su oro burbuliukais atskiria aliuminio foliją oro tarpais, kad šiltoji pusė nešildytų šaltosios ir atvirkščiai, o putų polietilenas pagerina dar garso izoliacines savybes. Atspindinčioji izoliacija atspindi iki 97 proc. šilumos spindulių ir dėl savo plonumo nelaiko šilumos energijos savyje (<http://komexreflex.lt/>). Tokios plėvelės kaina 5 EUR – 1m². 45 m² (tokia yra BS kvadratūra) kainuotų 225 EUR. Įvertinus tai, kad plėvelė atspindi 97 proc. šilumos, energijos poreikiai sumažėtų (20 lentelė).

20 lentelė. Energijos poreikiai po izoliavimo

Pradiniai poreikiai BS, KW/h	Poreikis mikro klimatui, KW/h	Energijos poreikis po izoliavimo KW/h
414,8	91,44	320,54
414,3	75,68	336,28
407,7	68,10	337,50
396	34,17	360,77
392	3,84	388,04
438,9	5,47	433,27
402	22,65	378,65
437,9	20,73	416,53
388,1	3,89	384,09
406,6	1,67	404,87
402,3	54,01	346,61
422,6	95,72	323,92

Energijos poreikiai labiausia pakistų žiemą. Įvertinus energijos poreikių sumažėjimą galima įvertinti kokia elektrinė būtų efektyviausia. Saulės elektrinės efektyvumas padidėtų 1 mėnesiu (21 lentelė).

21 lentelė. BS poreikių tenkinimas naudojant saulės energiją po izoliacijos

Mėn.	Saulės elektrinės pagaminamas energijos kiekis	Energijos poreikių tenkinimas	Poreikių tenkinimas proc.
1	84	-236,54	26,21
2	150	-186,28	44,61
3	389	51,5	115,26
4	578	217,23	160,21
5	685	296,96	176,53
6	650	216,73	150,02
7	651	272,35	171,93
8	610	193,47	146,45
9	395	10,91	102,84
10	260	-144,87	64,22
11	87	-259,61	25,10
12	61	-262,92	18,83

BS poreikiai gali būti pilnai tenkinami kovo- rugsėjo mėnesiais. Spalį priklausomai nuo oro temperatūros taip pat gali būti kad energijos užtektų, nes pagal vidutinius duomenis 64,22 proc. poreikiai patenkinami. Kovą - rugsėjį vyksta perteklinė energijos gamyba, kurią galima būtų perduoti elektros tinklams panaudojus dvipusę energijos apskaitą ir sudarius sutartį su Lietuvos elektros tinklais.

Iš mikro klimato energijos ir saulės energijos poreikių patenkinimo dinamikos matyti (23 lent.), kad BS mikroklimato poreikiai nebūtų tenkinami tik 3 mėn. nuo spalio iki vasario.

23 lentelė. BS poreikių mikro klimatui tenkinimas naudojant saulės energiją po izoliacijos

Mėn.	BS reikalingas energijos kiekis	Saulės elektrinės pagaminamas energijos kiekis	Poreikių tenkinimas proc.
1	91,44	84	88,2
2	75,68	150	157,5

3	68,1	389	408,45
4	34,17	578	606,9
5	3,84	685	719,25
6	5,47	650	682,5
7	22,65	651	683,55
8	20,73	610	640,5
9	3,89	395	414,75
10	1,67	260	273
11	54,01	87	91,35
12	95,72	61	64,05

Poreikiai būtų patenkinti visais mėnesiais ir visais mėnesiais dar liktų elektros energijos, kurią būtų galima grąžinti tinklams.

24 lentelėje pateiktas kombinuotos elektrinės BS poreikių tenkinimas.

24 lentelė. BS poreikių tenkinimas naudojant kombinuotą elektrinę po izoliavimo

Mėn.	BS reikalingas energijos kiekis	Saulės elektrinės pagaminamas energijos kiekis	Vėjo elektrinės pagaminamas energijos kiekis	Energijos poreikių tenkinimas	Poreikių tenkinimas proc.
1	320,54	84	69,96	-166,58	48,03
2	336,28	150	83,19	-103,09	69,34
3	337,5	389	74,08	125,58	137,21
4	360,77	578	65,74	282,97	178,44
5	388,04	685	163,58	460,54	218,68
6	433,27	650	152,97	369,7	185,33
7	378,65	651	64,19	336,54	188,88
8	416,53	610	89,12	282,59	167,84
9	384,09	395	112,49	123,4	132,13
10	404,87	260	73,4	-71,47	82,35
11	346,61	87	78,67	-180,94	47,80
12	323,92	61	83,43	-179,49	44,59

BS poreikiai gali būti pilnai tenkinami kovo - spalio mėnesiais. Spalį priklausomai nuo oro temperatūros ir vėjo taip at gali būti kad energijos užtektų, nes pagal vidutinius duomenis 82,35 proc. poreikių patenkinami. Kovo – rugsėjo mėnesiais yra perteklinė energijos gamyba, kurią galima būtų perduoti elektros tinklams panaudojus dvipusę energijos apskaitą ir sudarius sutartį su Lietuvos elektros tinklais.

Kaip jau buvo minėta didžiausi energijos svyravimai yra dėl mikro klimato BS energijos svyravimų. Iš mikro klimato energijos ir saulės-vėjo energijos poreikių patenkinimo dinamikos matyti (25 lent.), kad BS mikroklimato poreikiai būtų patenkinami visais mėnesiais.

26 lentelė. BS poreikių mikro klimatui tenkinimas naudojant kombinuotą energiją po izoliacijos

Mėn.	BS reikalingas energijos kiekis	Saulės elektrinės pagaminamas energijos kiekis	Vėjo elektrinės pagaminamas energijos kiekis	Energijos poreikių tenkinimas	Poreikių tenkinimas proc.
1	91,44	84	69,96	62,52	168,37
2	75,68	150	83,19	157,51	308,13
3	68,1	389	74,08	394,98	680,00
4	34,17	578	65,74	609,57	1883,93
5	3,84	685	163,58	844,74	22098,44
6	5,47	650	152,97	797,5	14679,52
7	22,65	651	64,19	692,54	3157,57
8	20,73	610	89,12	678,39	3372,50
9	3,89	395	112,49	503,6	13046,02
10	1,67	260	73,4	331,73	19964,07
11	54,01	87	78,67	111,66	306,74
12	95,72	61	83,43	48,71	150,89

Analizuojant finansinį efektyvumą, galima paskaičiuoti kiek pinigų būtų sutaupyta įrengus saulės-vėjo elektrinę BS energijos poreikiams tenkinti, bei izoliavus patalpą spec. izoliacine medžiaga (27 lentelė).

27 lentelė Sąnaudos elektros energijai

Mėn.	BS reikalingas energijos kiekis	Saulės elektrinės pagaminamas energijos kiekis	Vėjo elektrinės pagaminamas energijos kiekis	Energijos poreikių tenkinimas	Vartotojo mokama kaina EUR/kWh	Paslaugos kaina EUR/kWh	Pajamos išlaidos EUR	Išlaidos nenaudojant saulės energijos EUR
1	320,54	84	69,96	-166,58	0,129	0,03682	-21,49	41,35
2	336,28	150	83,19	-103,09	0,129	0,03682	-13,30	43,38
3	337,5	389	74,08	125,58	0,129	0,03682	16,20	43,54
4	360,77	578	65,74	282,97	0,129	0,03682	10,42	46,54
5	388,04	685	163,58	460,54	0,129	0,03682	16,96	50,06
6	433,27	650	152,97	369,7	0,129	0,03682	13,61	55,89
7	378,65	651	64,19	336,54	0,129	0,03682	12,39	48,85
8	416,53	610	89,12	282,59	0,129	0,03682	10,40	53,73
9	384,09	395	112,49	123,4	0,129	0,03682	4,54	49,55
10	404,87	260	73,4	-71,47	0,129	0,03682	-9,22	52,23
11	346,61	87	78,67	-180,94	0,129	0,03682	-23,34	44,71
12	323,92	61	83,43	-179,49	0,129	0,03682	-23,15	41,79
Viso:							-5,97	571,61

Netgi nesinaudojant jokia atsinaujinančių energijos šaltinių elektrine energijai būtų sutaupyta 63,48 EUR. Todėl izoliacinė danga įvertinant darbus atsipirktų, per 7,8 metų. Jeigu dar būtų pasinaudota saulės-vėjo elektrine elektros energijai būtų išleista 5,97 EUR. Vadinasi per metus pavyktų sutaupyti 629,12 EUR. Tokios elektrinės įrengimas įskaitant paramą, kuri sudaro 30 proc. sudarytų 6032 EUR. Elektrinė atsipirktų per 9,6 metų. Reikia nepamiršti, kad vyksta pastovus oro atšilimas, todėl galima tikėtis, kad mikro klimatui reikalinga energija žiemą sumažėtų, o tai sąlygotų greitesnę elektrinės atsipirkimą.

IŠVADOS

1. Telekomunikacinių sistemų energijos poreikių ir atsinaujinančių energijos šaltinių analizė parodė, kad klimatinės sąlygos Lietuvoje yra tinkamos telekomunikacinių sistemų energijos poreikiams tenkinti saulės arba saulės ir vėjo energija.

2. Telekomunikacinėse stotyse dalis elektros energijos sunaudojama aptarnauti elektros įrangai (32 proc.) skirtai ryšio palaikymui, kita dalis energijos skirta tinkamoms įrengimų darbo sąlygoms užtikrinti. Dėl aplinkos poveikio energijos sunaudojimas kinta, nes dalis energijos eikvojama ventiliacijai ir šildymui (68 proc.).

3. Saulės energiją galima panaudoti bazinės stoties visiškam aprūpinimui ar daliniam aprūpinimui elektros energija naudojant 3 skirtingas schemas iš kurių populiariausiai ir labiausiai atitinkanti poreikius būtų saulės elektrinė su papildomomis baterijomis.

4. Buvo nustatyta, kad per metus vidutiniškai viso telekomunikacinės sistemos bazinė stotis sunaudoja 4926 kWh elektros energijos: 1209,5 kWh energijos tenka mikroklimato palaikymui užtikrinti, likusi energijos dalis 3716,5 kWh BS įrangos poreikiams patenkinti. Skirtingas energijos suvartojimas priklauso nuo mėnesių ir turi priklausomybę nuo oro sąlygų. Vidutiniškai per mėnesį mikroklimato palaikymui suvartojama apie 100,79 kWh, o bazinės stoties poreikių patenkinimui – 309,7 kWh. Mažiausias bendras bazinės stoties energijos suvartojimas yra balandį–gegužį ir rugsėjį–spalį.

5. Nustatyta, kad saulės ir vėjo pagaminamos energijos kiekis turi tiesioginę priklausomybę nuo oro sąlygų, kaip ir energijos sąnaudos bazinės stoties mikroklimatui palaikyti.

6. Ekonominė analizė parodė, kad nagrinėtos telekomunikacinės sistemos energijos poreikiams patenkinti naudojant saulės energiją įrengiant ir tinkamu kampu pastačius saulės modulius, tokios sistemos sąnaudos atsipirktų per 10,5 metų.

Energijos poreikiams patenkinti naudojant vėjo ir saulės (kombinuotą) jėgainę, tokios sistemos įrengimas atsipirktų per 9,8 metus.

Greičiausias atsipirkimas būtų gaunamas, telekomunikacinėje sistemoje panaudojus izoliacinę medžiagą ir įrengus kombinuotą vėjo ir saulės jėgainę, - tokia sistema atsipirktų per 7,8 metus.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. ACE Global Engineering Network [žiūrėta 2016.02.04] Prieiga internete: <http://www.acegroup.com/eu-en/assets/telecoms-fact-sheet.pdf>
2. Atsinaujinančioji energija [žiūrėta 2016.02.14] Prieiga internete: http://ec.europa.eu/lietuva/documents/leidiniai/atsinaujinancioji_energija.pdf
3. Atsinaujinantys energijos išteklių Europoje: esama padėtis ir perspektyvos [žiūrėta 2016.03.14] Prieiga internete: <http://www.ekspertai.eu/atsinaujinantys-energijos-istekliai-europojeesama-padėtis-ir-perspektyvos>
4. Blažienė J. Šviesos sklaidimas. Fotometrija. Lęšiai ir optiniai prietaisai. Šviesos banginės savybės. Šiauliai 2015.4 p.
5. Buinevičius K. Nauji ekologiniai reikalavimai – naujos galimybės. [žiūrėta 2016.03.24] Prieiga internete: <http://www.litgrid.eu/index.php/energetikos-sistema/elektros-energetikos-sistemas-informacija/elektros-gamybos-ir-vartojimo-balanso-duomenys/2287>, 2015
6. Bilevičienė T., Janušauskas S., Atviro kodo programų taikymas, Vilnius, 2013
7. Dwbalille B., Dessert C. Power Modeling of Base Stations, 2014
8. Environmental Engineering (EE); Measurement methods and limits for power consumption in broadband telecommunication networks equipment Draft ETSI EN 303 215 V1.2.11 (2014-12)
9. Energetikos sistema. [žiūrėta 2016.02.14] Prieiga internete: <http://www.litgrid.eu/index.php/energetikos-sistema/elektros-energetikos-sistemas-informacija/elektros-gamybos-ir-vartojimo-balanso-duomenys/2287>
10. Equipment Engineering (EE); Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment Part 1-3: Classification of environmental conditions Stationary use at weatherprotected locations. [žiūrėta 2016.03.14] Prieiga internete: http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/303200_303299/303215/01.02.11_20/en_303215v010211a.pdf
11. GMP jungtinis studijų centras. [žiūrėta 2016.03.18] Prieiga internete: http://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2014/08/GPM_August2014_FINAL.pdf
12. Gričiuvienė L. Statistikos praktiniai darbai. Vilnius 2001
13. Grigas J. Mobilųjų ryšių bazinių stočių spinduliuotės poveikis. [žiūrėta 2016.03.04] Prieiga internete: <http://antenos.blogas.lt/mobiliuju-rysiu-baziniu-stociu-spinduliuotes-poveikis-457.html>

14. Kavolynas A., Navickas K., Vaickelionis E., Saulės energijos naudojimo automatinėse telekomunikacijų stotyse galimybės Žemės ūkio inžinerija. Mokslo darbai, 2011, 43(4) 2011 SSN 1392-1134), 49–57
15. Kaip veikia mobilus ryšys? [žiūrėta 2016.03.14] Prieiga internete: http://www.bazinestotis.lt/lt/ryσιο_veikimas
16. Kajackas A., Medeišis A., , Paulias Š., Sidaras S. Telekomunikacijų raida , Vilnius, Technika 2008, UDK 621.39(075.8)
17. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba [žiūrėta 2016.04.14] Prieiga internete: <http://www.meteo.lt/saules-spinduliuotes-atlasas>
18. Mačiulis V. Saulės energijos ateitis Lietuvoje : plėtros variantai ir galimybės Lietuvos saulės energetikos asociacija 2013 m. rugsėjo 19 d. [žiūrėta 2016.04.10] Prieiga internete: http://pv.protechnology.lt/docs/9_Vitas_Maciulis.pdf
19. Matulionytė-Jarašūnė E. Atsinaujinačių energijos išteklių vystymas energetinio saugumo kontekste. Darnaus vystimosi strategija ir praktika. 2012
20. Maciulis V. Saulės energetikos ateitis Lietuvoje: Plėtros variantai ir galimybės. Vitas Lietuvos saulės energetikos asociacija 2013 m. rugsėjo 19 d. [žiūrėta 2016.04.04] Prieiga internete: http://pv.protechnology.lt/docs/9_.pdf
21. Olsson U., Engstrand U., Rupšys P., Statistiniai metodai SAS ir MINITAB. Akademija, 2007
22. Pasiūlymai dėl Lietuvos Europos Sąjungos politikos 2014–2020 m. gairių [žiūrėta 2016.04.14] Prieiga internete: https://www.urm.lt/uploads/default/documents/uzienio_politika/ES/ES_tyrimai/LietuvosESpolitikos_gaires.pdf
23. Petralgia A., Spagnuolo A., Vetromile C., D'onperio A., Lubrito C. Heat flows and energetic behavior of a telecommunication radio base station, Energy, Volume 89, September 2015, Pages 75-83, ISSN 0360-5442
24. Paulikas Š. Telekomunikacijų sistemos 2012
25. Petrauskas G., Adomavičius V., Vėjo energijos išteklių ir jėgainių techninių ekonominių rodiklių įvertinimas projektavimo stadijoje. 2001
26. Reflektinė plėvelė [žiūrėta 2016.03.14] Prieiga internete: <http://komexreflex.lt/>
27. Saulės elemento tyrimas [žiūrėta 2016.04.14] Prieiga internete: http://gamta.vdu.lt/bakalaurai/lab_darbai/apl_fiz/ESF%20AF%20LD%201%20Saulės.pdf

28. Saulės energijos potencialas Europoje ir Lietuvoje. [žiūrėta 2016.03.18] Prieiga internete: <https://zaliaideja.wordpress.com/2012/04/03/saules-energijos-potencialas-europoje-ir-lietuvoje/>
29. Stuknys A., Šimkevičius T, Miesto vėjų energijos išteklių tyrimas. Jaunųjų mokslininkų darbai. 2010 Nr
30. Tomul Iasi Calculation of efficiency in space for telecommunications equipment.. Publicat de Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din LX (LXIV), Fasc. 2, 2014
31. Telekomunikacijų bendrovė „Omnitel“ pranešė komerciniam naudojimui pradėjusi diegti naujos kartos. [žiūrėta 2016.04.14] Prieiga internete: <http://www.tv3.lt/naujiena/807704/omnitel-tinkle-naujos-kartos-huawei-bazines-stotys>
32. Telekomunikacijų principai, 2010 http://rfk.ff.vu.lt/doc/tel_pagrindai.pdf
33. Vasarevičius D. Atsinaujinančių šaltinių panaudojimo ir perspektyvų Lietuvoje analizė. Elektronika ir elektrotechnika 2011 3(1): 73
34. Žaliosios bazinės stotys, 2009. [žiūrėta 2016.04.14] Prieiga internete: <https://fizikologas.wordpress.com/2009/11/13/zaliosios-bazines-stotys/>
35. WiMAX“ bazinių stočių. „WiMAX 2“ [žiūrėta 2016.03.24] Prieiga internete: <http://www.tv3.lt/naujiena/534861/siemet-lietuvoje-veiks-400-wimax-baziniu-stociu>
36. 2015 m. bazinių stočių radiotechninės dalies. [žiūrėta 2016.03.16] Prieiga internete: [http://siauliuvsc.sam.lt/pub/siauliai/imagelib/file/bazines%20stotys/radiotechniniai%20projektai/Baziniu%20stociu%20radiotechnines%20dalies%20projektas\(05_04\).pdf](http://siauliuvsc.sam.lt/pub/siauliai/imagelib/file/bazines%20stotys/radiotechniniai%20projektai/Baziniu%20stociu%20radiotechnines%20dalies%20projektas(05_04).pdf)

PRIEDAI

1 Priedas

2014 m. Lietuvos nacionalinio elektros energijos gamybos ir vartojimo balanso duomenys

TWh / 1 TWh (teravatvalandė) = 1 mlrd. kWh (kilovatvalandžių)	2012 m.	2013 m.	2014 m.
Elektros energijos gamyba (Neto)	4,706	4,398	4,054
Šiluminės elektrinės	3,036	2,396	1,931
Lietuvos elektrinė	1,423	1,099	0,840
Vilniaus elektrinė	0,434	0,427	0,249
Kauno elektrinė	0,321	0,261	0,162
Panevėžio elektrinė	0,096	0,070	0,067
Kitos šiluminės elektrinės	0,762	0,541	0,612
Hidroelektrinės	0,935	1,059	1,075
Kauno HE	0,325	0,424	0,322
Kruonio HAE	0,514	0,543	0,681
Mažos HE	0,096	0,092	0,072
Vėjo elektrinės	0,538	0,600	0,636
Vėjo elektrinės perdavimo tinkle	0,437	0,494	0,515
Vėjo elektrinės skirstomajame tinkle	0,101	0,106	0,121
Kiti atsinaujinantys energijos ištekliai	0,197	0,343	0,411
Elektrinės kūrenamos biomase, biodujomis	0,195	0,263	0,247
Saulės energijos elektrinės	0,002	0,045	0,073
Atliekų deginimo elektrinės	-	0,035	0,091
Komercinis sistemos balansas (Importas-eksportas)	6,619	6,946	7,623
Importas	8,561	7,606	7,779
Eksportas	1,942	0,660	0,156
Bendras elektros energijos poreikis	11,325	11,344	11,676

Kruonio HAE užkrovimas	0,718	0,770	0,961
Bendras elektros energijos suvartojimas	10,607	10,574	10,715
Tinklų technologinės sąnaudos	0,947	0,929	0,870
Galutinis elektros energijos suvartojimas	9,660	9,645	9,844
Pramonė	3,704	3,712	3,788
Transportas	0,11	0,106	0,101
Žemės ūkis	0,23	0,233	0,237
Gyventojai	2,642	2,591	2,656
Paslaugos ir kiti vartotojai	2,974	3,003	3,063

Šaltinis: <http://www.litgrid.eu>

Pažyma apie meteorologines sąlygas



LIETUVOS HIDROMETEOROLOGIJOS TARNYBA
PRIE APLINKOS MINISTERIJOS
KLIMATOLOGIJOS SKYRIUS

UAB „Arginta“
Gamybos direktoriui Gintautui Kvietkauskui

[2009-04-07 Nr. SD136/09

PAŽYMA APIE METEOROLOGINES SĄLYGAS

2009 m. balandžio 9 d. Nr. (10.8)-B8-403

Informuojame, kad artimiausioje Vilniaus miestui Saulės spinduliuotės matavimus atliekančioje Kauno meteorologijos stotyje per paskutinius 10 metų (1999–2008 m.) užregistruota vidutinė metinė bendroji Saulės spinduliuotė yra 3623 MJ/m² (1006,4 kWh/m²).

Skyriaus vedėja

Audronė Galvonaitė