VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS EKONOMIKOS IR NEKILNOJAMOJO TURTO VADYBOS KATEDRA

Živilė Kalasauskaitė

ALTERNATYVIOSIOS ENERGIJOS PRITAIKYMAS INDIVIDUALIAM BŪSTUI DARNIOSIOS RAIDOS KONTEKSTE

CUSTOMIZATION OF ALTERNATIVE ENERGY FOR INDIVIDUAL HOUSES IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Baigiamasis magistro darbas

Statybos technologijų ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 621J80003

Statybos ekonomikos ir verslo specializacija

Statybų technologijų studijų kryptis

Vilnius, 2014

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS EKONOMIKOS IR NEKILNOJAMOJO TURTO VADYBOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(Parašas)

Artūras Kaklauskas

(Vardas, pavardė)

2014 05 27

(Data)

Živilė Kalasauskaitė

ALTERNATYVIOSIOS ENERGIJOS PRITAIKYMAS INDIVIDUALIAM BŪSTUI DARNIOSIOS RAIDOS KONTEKSTE

CUSTOMIZATION OF ALTERNATIVE ENERGY FOR INDIVIDUAL HOUSES IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Baigiamasis magistro darbas

Statybos technologijų ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 621J80003

Statybos ekonomikos ir verslo specializacija

Statybų technologijų studijų kryptis

Vadovas dr. Lolita Vanagienė (Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) 2014-05-23 (Data)

Konsultantas Dr. Jūratė Žlagerienė (Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) 2014-05-23 (Data)

Lietuvių kalbos konsultantas lekt. Irina Juchnevič (Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas) 2014-05-23 (Data)

Vilnius, 2014

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS EKONOMIKOS IR NEKILNOJAMOJO TURTO VADYBOS KATEDRA

Technologijos mokslų sritis

Statybų technologijų mokslo kryptis

Statybų technologijų studijų kryptis

Statybos technologijų ir valdymo studijų programa, valstybinis kodas 621J80003

Statybos ekonomikos ir verslo specializacija

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(Parašas)

Artūras Kaklauskas
(Vardas, pavardė)

2014 05 27
(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO UŽDUOTIS

.....Nr. .....

Vilnius

Studentui (ei) Živilei Kalasauskaitei
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: Alternatyvaus energijos pritaikymas sinchroniuojant biostiu šildomo ploto modelio kaitelyje

patvirtinta 2013 m. lapkričio 7 d. dekano įsakymu Nr. 571 st

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2014 m. gegužės d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

1. Įvertinti šildomo energetinio ploto savybes
2. Išanalizuoti alternatyvius energetinius modulius šildomo modelio kaitelyje
3. Apskaičiuoti atsin. energijos šaltinių panaudojimo gyv. sąlygoms apsprendi
4. Išanalizuoti maksimalų aplinkos užsiteršimą, dažnumo stalių atsin. energijos šaltinių pasirinkimui
5. Sukurti automatizuotą modelį šildomo ploto modelio sinchroniuojant su biostiu modeliu

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

lekt. d. Kuftkeitei ir doc. dr. J. Šlogerienei

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Vadovas (Parašas) doc. dr. Rasita Kamapechienė
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

(Parašas)

Živilė Kalasauskaitė
(Vardas, pavardė)

2012-10-23
(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Statybos fakultetas
Statybos ekonomikos ir nekilnojamo turto vadybos katedra

ISBN ISSN
Egz. sk. .....
Data .....-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Statybos technologijų ir valdymo** programos magistro baigiamasis darbas

Pavadinimas **Alternatyviosios energijos pritaikymas individualiam būstui darniosios raidos kontekste**

Autorius **Živilė Kalasauskaitė**
Vadovas **dr. Loreta Kanapeckienė**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Magistro baigiamajame darbe nagrinėjamas individualiam būstui skirtų energijos gamybos technologijų vertinimas. Ši tema yra labai aktuali, nes individualiam būstui pritaikytų technologijų parinkimo sistemos plačiai nėra išnagrinėtos ir sudarytos, o efektyvus energijos panaudojimas, skatinant atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimą, yra viena iš prioritetinių sričių Lietuvoje. Magistro baigiamajame darbe išnagrinėta darniosios energetikos plėtros samprata, apžvelgti susiję normatyviniai dokumentai, aptarti energijos vartojimo problematikos klausimai ir išanalizuotas alternatyviosios energetikos vaidmuo darniosios raidos kontekste. Aptartos atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimo gyvenamajam sektoriui aprūpinti galimybės. Atlikta alternatyvių energijos šaltinių makroaplinkos analizė, sudarytas kriterijų, tinkančių vertinti individualiam būstui skirtas energijos gamybos technologijas, rinkinys ir jis pritaikytas praktiškai,naudojantis daugiakriterio vertinimo metodais. Padarytos išvados ir pateikti pasiūlymai. Baigiamąjį darbą sudaro trys pagrindinės dalys. Pirmojoje dalyje atliekama mokslinės literatūros analizė darniosios energetikos plėtros tematika. Antrojoje dalyje atliekama mokslinės literatūros, susijusios su AEI panaudojimo gyvenamajam sektoriui, apžvalga. Praktinėje magistro baigiamojo darbo dalyje sudaroma aprūpinimo energijos ištekliais technologijų parinkimo sistema: atliekama alternatyviosios energetikos makroaplinkos PĮSETA analizė, sudaromas alternatyviosios energijos pritaikymo individualiam būstui modelis, sudaromas kriterijų, tinkančių parenkant individualiam būstui skirtas technologijas, rinkinys, kuris taikytas naudojantis daugiakriterio vertinimo metodais SAW, COPRAS ir TOPSIS.

Bibliografinės žinios: 73 puslapiai neįskaitant priedų, 8 paveikslai, 28 lentelės, 60 bibliografinių šaltinių ir 2 priedai.

Prasminiai žodžiai: Atsinaujinantys energijos ištekliai (AEI), energijos gamybos šaltiniai, energetika, darnioji plėtra, sprendimų paramos sistema, daugiatiksliai vertinimo metodai

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Civil Engineering
Department of Construction Economics and Property Management

ISBN ISSN
Copies No. .....
Date .....-.....-.....

Master Degree Studies **Construction Technologies and Management** study programme Master Graduation Thesis

Title **Customization of Alternative Energy for Individual Houses in the Context of Sustainable Development**

Author **Živilė Kalasauskaitė**

Academic supervisor **Dr Loreta Kanapeckienė**

Thesis language: Lithuanian

Annotation

The Master thesis provides the analysis of the evaluation of energetic production technologies for individual houses. This theme is very important because technology selection systems for individual houses are not widely researched and structured and the effective use ofenergy, which would motivate the use of renewable energy resources, is one of the most prioritized issues in Lithuania. The Master thesis involves the analysis of the conception of sustainable development of energetics, the review of the associated normative documents, the discussed questions about the problematic use of energy, the analysis of the alternative role of energetics in the context of sustainable development. Possibilities to use the renewable energy resources for the residential sector are discussed. The macroenvironmental analysis of the alternative energy resources is made, as well as the selection of criterions, which would be suitable to evaluate the energetic production technologies – this selection is put into practice with the use of multicriterion evaluation methods. Conclusions and suggestions are presented. The Master thesis has three main sections. The first section of the thesis provides the analysis of the scientific literature in the theme of sustainable development of energetics. In the second section of the thesis the review of the scientific literature associated with RER use for the residential sector is made. In the practical part of the Master thesis the technology selection system of energy resources supplement is formed: the alternative energetics macroenvironmental PESTEL analysis is made, the model of the alternative energy adaptability for individual houses is created, the selection of criterions suitable for evaluating technologies made for individual houses is formed and is put into practice using the multicriterion evaluation methods SAW, COPRAS and TOPSIS.

Bibliography: 73 p. text without appendixes, 8 pictures, 28 tables, 55 bibliography sources and 2 appendixes.

Keywords: renewable energy resources (RER), energy production sources, energetics, sustainable development, decision support system, multipurpose evaluation methods

Vilniaus Gedimino technikos universiteto egzaminų, sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei gynimo organizavimo tvarkos aprašo 2011-2012 m. m.

1 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Živilė Kalasauskaitė, 20082925

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Statybos fakultetas

(Fakultetas)

Statybos technologijos ir valdymas, SEVfm-12

(Studijų programa, akademinė grupė)

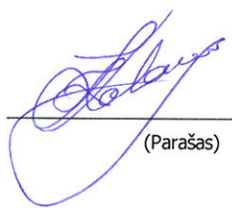
BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO) SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

2014 m. gegužės 23 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Alternatyviosios energijos pritaikymas individualiam būstui darniosios raidos kontekste" patvirtintas 2013 m. lapkričio 7 d. dekano potvarkiu Nr. 571st, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Parenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą, mane konsultavo mokslininkai ir specialistai: doc. dr. Jūratė Šliogerienė. Mano darbo vadovas dr. Loreta Kanapeckienė.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).



(Parašas)

Živilė Kalasauskaitė

(Vardas ir pavardė)

TURINYS

ĮVADAS ... 11
1. DARNIOJI ENERGETIKOS PLĖTRA ... 14
1.1. Darniosios raidos samprata ... 14
1.2. ES ir nacionalinių normatyvinių teisės dokumentų, susijusių su darniąja energetikos plėtra, apžvalga ... 17
1.3. Lietuvos energetikos politika ir jos prioritetai ... 20
1.4. Energijos išteklių vartojimo problematika ... 22
1.5. Energijos vartojimo efektyvumo didinimas ... 23
1.6. Alternatyvioji energetika darniosios raidos kontekste ... 25
1.7. Alternatyviųjų energijos išteklių plėtros sąlygos ... 26
2. ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS ŠALTINIŲ PANAUDOJIMAS GYVENAMAJAM SEKTORIUI APRŪPINTI ... 31
2.1. Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimas ... 31
2.2. Gyvenamasis sektorius energetikos sistemoje ... 33
2.3. Energijos iš alternatyviųjų energijos išteklių vartojimas individualaus būsto šildymui ... 33
3. APRŪPINIMO ENERGIJOS IŠTEKLIAIS TECHNOLOGIJŲ PARINKIMO SISTEMA ... 39
3.1. Alternatyviosios energetikos makroaplinkos PĮSETA analizė ... 40
3.2. Modelio sudarymas ... 44
3.3. Kriterijų rinkinio sudarymas ... 47
3.4. Ekspertinė apklausa ... 50
3.5. Surinktų ekspertinių duomenų analizė ir skaičiavimai daugiatiksliais vertinimo metodais SAW, COPRAS ir TOPSIS ... 51
3.5.1. Analitinės hierarchizacijos proceso (AHP) metodo taikymas ... 53
3.5.2. SAW metodo taikymas ... 58
3.5.3. COPRAS metodo taikymas ... 60
3.5.4. TOPSIS metodo taikymas ... 62
3.5.5. Analizės duomenų apdorojimas, analizės rezultatai ir rekomendacijos ... 64
IŠVADOS ... 67
LITERATŪRA ... 69
PRIEDAI ... 74

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. ES energetikos politikos prioritetinės sritys ir veiksmai tikslams įgyvendinti (Streimikiene *et al*. 2012) 18

1.2 lentelė. Iškastinio kuro ištekliai pasaulyje (International Energy Agency 2011) 27

3.1 lentelė. Šeši PĮSETA analizės makroaplinkos aspektai 40

3.2 lentelė. PĮSETA analizės veiksnius apibrėžiantys faktoriai 41

3.3 lentelė. Individualaus būsto energijos gamybos technologijų vertinimo kriterijų rinkinys 48

3.4 lentelė. Vienbučio gyvenamojo namo aprūpinimo energija alternatyvos 52

3.5 lentelė. Kriterijų lentelė 52

3.6 lentelė. Porinio palyginimo skalės žodiniai apibrėžimai 53

3.7 lentelė. Pirmojo eksperto vertinimų lentelė 53

3.8 lentelė. Antrojo eksperto vertinimų lentelė 54

3.9 lentelė. Trečiojo eksperto vertinimų lentelė 54

3.10 lentelė. Ketvirtojo eksperto vertinimų lentelė 54

3.11 lentelė. Penktojo eksperto vertinimų lentelė 55

3.12 lentelė. Vidurkių lentelė 55

3.13 lentelė. S_A reikšmių lentelė 56

3.14 lentelė. AHP metodo skaičiavimo eiga 56

3.15 lentelė. Kriterijų rangavimas pagal svarbą 57

3.16 lentelė. Alternatyvas apibūdinantys rodikliai 58

3.17 lentelė. Normalizuota matrica 59

3.18 lentelė. Normalizuota ir pasverta matrica 60

3.19 lentelė. Pradinių duomenų lentelė 60

3.20 lentelė. Pasverta ir normalizuota COPRAS matrica 61

3.21 lentelė. COPRAS uždavinio sprendimo eiga 62

3.22 lentelė. Pradinių duomenų matrica 62

3.23 lentelė. Pasverta ir normalizuota TOPSIS metodo matrica 63

3.24 lentelė. Idealiausi variantai 63

3.25 lentelė. Atstumo tarp lyginamojo ir idealaus bei santykinio atstumų variantams nustatymas . 64

3.26 lentelė. Tyrimo rezultatai 66

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Darniosios plėtros koncepcija (Karakosta, Askounis 2010) 15

1.2 pav. Darnus energetikos vystymasis (Lund 2007) 26

1.3 pav. Pagrindinės energetikos plėtros problemos 27

1.4 pav. Atsinaujinančių energijos šaltinių plėtra (Pikšrys 2012) 29

2.1 pav. Atsinaujinantys energijos šaltiniai (Boyu 2011) 32

2.2 pav. Būstų šildymo būdai pagal dalį Lietuvoje (sudaryta autorės, remiantis Lietuvos statistikos departamento informacija 2013) 34

3.1 pav. Alternatyviosios energetikos pritaikymo individualiam būstui modelis 45

3.2 pav. Kriterijų rangavimo rezultatai eiliškumu nuo svarbiausių iki mažiausiai svarbių 57

SANTRUMPOS

AE – atominė elektrinė

AEI – atsinaujinantys energijos ištekliai

AEŠ – atsinaujinantys energijos šaltiniai

AHP metodas – analitinės hierarchizacijos proceso metodas

EB – Europos Bendrija

EK – Europos Komisija

ES – Europos Sąjunga

SGD – suskystintos gamtinės dujos

SPS – sprendimų paramos sistema

ŠVV sistemos – šildymo, vėdinimo ir vėsinimo sistemos

ĮVADAS

Šiuo metu pasaulio šalys itin dažnai susitelkia ties darniosios plėtros strategijomis. Darnioji plėtra apima ekonominę, socialinę ir aplinkos apsaugos sferas kaip visumą ir kaip atsikras dedamąsias, kurios negali funkcionuoti viena be kitos. Ypač aktuali tema pasauliniu mastu šiuo metu yra aplinkos apsaugos politikos skatinančios kiekvieną šalį didinti atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimą įgyvendinimas, nes sparčiai augant ekonomikai, gamybos mastams, besivystant technologiniams procesams, auga energijos poreikis, keliantis vis opesnes klimato kaitos problemas. Iškastinio kuro naudojimo keliama tarša verčia ieškoti efektyvesnių sprendimo būdų, susijusių su alternatyvių energijos išteklių naudojimu, technologijų tobulėjimu ir konkrečių AEI rūšių plėtojimu, kadangi tai bene racionaliausia alternatyva. Per paskutiniuosius kelis dešimtmečius buvo atsigręžta į saulės energijos, vėjo, vandens, biomasės ir geoterminės energijos potencialą. Modernių technologijų pagalba, ši energija buvo panaudota kaip elektra, šiluma ir degalai. Ir jų potencialas neišsenkamas. Skatintant darniąją plėtrą turi būti daugiau dėmėsio skiriama aplinkos apsaugai ir tinkamoms priemonėms energijos poreikiams valdyti, susitelkiant į plačiausią vartotojų grupę – namų ūkius. Namų ūkių energijos vartojimo efektyvumo didinimas ir atsinaujinančių išteklių naudojimas individualioms reikmėms galėtų žymiai palengvinti darniosios plėtros tikslų siekimą regioniniu, šalies, o vėliau ir pasaulio mastu.

Praktinėje darbo dalyje PĮSETA analizės pagalba išnagrinėta makroaplinka, turinti įtakos sprendžiant su alternatyviąja energetika susijusius klausimus, sudarytas alternatyviosios energijos pritaikymo individualiam būstui modelis, išskiriantis pagrindinius veiksnius, į kuriuos turėtų būti kreipiamas dėmesys parenkant būsto aprūpinimo alternatyviąja energija sistemas. Pagal šiuos aspektus ir makroaplinkos apžvalgą sudarytas kriterijų, tinkančių vertinti būtent individualiam būstui skirtas technologijas, rinkinys, kuris išbandytas praktiškai, naudojantis daugiakriteriais vertinimo metodais SAW, COPRAS ir TOPSIS.

Baigiamojo darbo aktualumas. Šiame baigiamajame magistro darbe nagrinėjamas individualiam būstui skirtų energijos gamybos technologijų parinkimas. Tema yra aktuali, nes individualiam būstui pritaikytų technologijų parinkimo sistemos plačiai nėra išnagrinėtos ir sudarytos, o efektyvus energijos panaudojimas, skatinant atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimą, yra viena iš prioritetinių sričių Lietuvoje.

Pagrindinė problema, kuriai skiriamas šis darbas: kriterijų, tinkančių parinkti ir vertinti individualiam būstui skirtas technologijas, rinkino sudarymas. Ši problema spręsta remiantis išnagrinėjus alternatyviosios energijos taikymo individualiam būstui darniosios raidos kontekste sampratą, potencialą ir energetikos sektoriaus makroaplinką ir taikant daugiakriterius vertinimo metodus.

Baigiamojo darbo objektas – individualiam būstui skirtų energijos gamybos technologijų parinkimas.

Baigiamojo darbo tikslas – remiantis energetikos sektoriaus makroaplinkos analize, nustatyti pagrindinius veiksnius, į kuriuos turėtų būti kreipiamas dėmesys parenkant ir vertinant sistemas, pritaikytas būstui alternatyviąja energija aprūpinti.

Darbo uždaviniai:

1. Išnagrinėti darniosios energetikos plėtros sampratą, apžvelgti sektoriaus veiklą reglamentuojančius normatyvinius teisės aktus;
2. Išanalizuoti alternatyviosios energetikos vaidmenį darniosios raidos kontekste;
3. Aptarti atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimo gyvenamąjam sektoriui aprūpinti galimybes;
4. Išanalizuoti makroaplinkos veiksnius, darančius įtaką atsinaujinančių energijos šaltinių plėtrai;
5. Remiantis makroaplinkos analize sudaryti alternatyviosios energijos pritaikymo individualiam būstui modelį. Sudaryti kriterijų, tinkančių vertinti individualiam būstui skirtas technologijas, rinkinį ir jį pritaikyti praktiškai, naudojantis daugiakriterio vertinimo metodais.

Baigiamojo darbo struktūra. Baigiamąjį darbą sudaro trys pagrindinės dalys. Pirmojoje dalyje atlikta mokslinės literatūros analizė darniosios energetikos plėtros tematika. Joje apibėžta darniosios raidos samprata, pateikta susijusių normatyvinių teisės aktų bei Lietuvos energetikos politikos ir jos prioritetų apžvalga, aptarti su energijos vartojimu ir jo efektyvumo didinimu susiję klausimai bei išnagrinėtas alternatyviosios energetikos vaidmuo darniosios raidos kontekste.

Antrojoje dalyje atlikta mokslinės literatūros, susijusios su AEI panaudojimo gyvenamajam sektoriui, apžvalga, išanalizuotas Lietuvos namų ūkių sektorius bei būsto šildymo būdo pasirinkimo klausimai. Aptartos pagrindinės galimos atsinaujinančius energijos šaltinius naudojančios energijos gamybos tecnologijos, pritaikytos individualiam būstui.

Trečioji dalis skirta aprūpinimo energijos ištekliais technologijų parinkimo sistemos sudarymui. Atlikta alternatyviosios energetikos makroaplinkos PĮSETA analizė ir sudarytas alternatyviosios energijos pritaikymo individualiam būstui modelis. Remiantis atikta PĮSETA analize ir modeliu, sudarytas kriterijų, tinkančių vertinti individualiam būstui skirtas technologijas, rinkinys. Atlikta rinkinio pritaikomumo analizė taikant daugiakriterio vertinimo metodus SAW, COPRAS ir TOPSIS.

Darbą apibendrina išvados.

Praktinė baigiamojo darbo reikšmė. Darbas yra aktualus atsižvelgiant į tvariosios energetikos svarbą. Darbe pagrindžiamas atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo individualioms

reikmėms potencialas. Remiantis atlikta makroaplinkos analize ir sudarytu modeliu, sudaromas kriterijų rinkinys, skirtas parinkti individualiam būstui skirtas energijos gamybos technologijas, kuris gali būti panaudojamas paktiškai, vartotojui renkantis technologiją.

Darbe taikomi **tyrimo metodai**:

1. Mokslinės literatūros analizė ir apibendrinimas;
2. Teisės aktų analizė;
3. Grafinis duomenų atvaizdavimas;
4. Duomenų analizė remiantis PĮSETA makroaplinkos analize;
5. Daugiatikslių vertinimo metodų SAW, COPRAS ir TOPSIS taikymas;

Tarpiniai mokslinės literatūros analizės rezultatai pristatyti 17-oje Jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“ 2014 metų kovo mėnesio 26 dieną (B priedas).

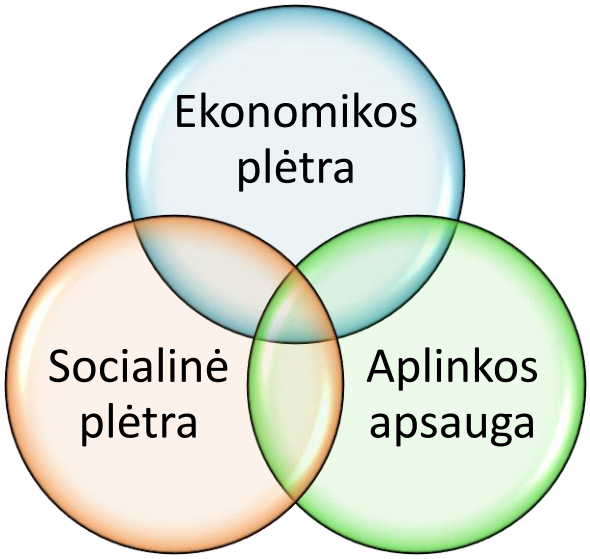
1. DARNIOJI ENERGETIKOS PLĖTRA

Šiuo metu būtų galima darnią plėtrą laikyti prioritetine sritimi, kuria turėtų domėtis daugelis žmonių. Dažniausiai neatkreipiame dėmesio, jog gyvenimo dalimi tapę ekonominiu požiūriu labai svarbūs dalykai, tokie kaip pramonė, energetika, turizmas bei jų plėtra yra diktuojami aplinkos, nepriklauso nuo žmonių norų ar poreikių. Labai svarbu suprasti, kokios yra aplinkos – gamtos – galimybės. Tik taip įmanoma įvertinti priklausomybę tarp darnios ekonomikos ir aplinkosaugos. Kita vertus, valstybėje, kuri yra ekonominiu požiūriu pirmaujanti, yra labai sparčiai plėtojama pramonė, o tai padaro nepataisomą žalą aplinkai, ši žala mažina tos šalies patrauklumą turizmo atžvilgiu, taip pat daro neigiamą įtaką žmonių gyvenimo kokybei. Todėl labai svarbu išlaikyti pusiausvyrą tarp pagrindinių trijų veiksnių – ekonominės plėtros, socialinės plėtros ir aplinkosaugos. Darni plėtra valstybėje gali teikti daug visapusiškos naudos: didėja darbo vietų skaičius, užtikrinama sveikatos apsauga, mažėja socialinės problemos, mažinama tarša, gerinama žmonių gyvenimo kokybė, didėja pramonės našumas ir t. t.

Kaip vieną iš darnios valstybės plėtros sričių galima išskirti darnią energetikos plėtrą – tai visais trimis darniosios plėtros aspektais svarbi sritis, ties kuria šiuo metu yra susitelkusios daugelis Europos valstybių, iš jų ir Lietuva. Siekiant šalyje plėtoti darnią energetiką, yra labai svarbu išnaudoti visas galimybes, panaudoti visus turimus vietinius atsinaujinančius išteklius, formuoti atskirų išteklių plėtrą, vertinant socialiniu, ekonominiu ir aplinkosauginiu požiūriu, nes darnaus vystymosi politikos keliami tikslai gali būti pasiekti tik esant darniai energetikos plėtrai. Darni energetika ir jos plėtra turi būti pradėta ir pagrįsta pačiomis moderniausiomis technologijomis, panaudojant atsinaujinančius energijos išteklius, lygiai taip pat įgyvendinant energijos efektyvumo ir energijos taupymo programas. Žvelgiant įateities darnios energetikos procesą, būtina dabar pradėti daugiau taupyti ir mažiau skolintis, greičiau ir operatyviau galvoti, kokiais būdais plėtoti šiuo metu labai perspektyvią pramonės šaką – energetiką.

1.1. Darniosios raidos samprata

Apie darnią plėtrą plačiai diskutuoti teorinėje literatūroje imta, kai šios plėtros koncepcija buvo priimta kaip svarbiausias ekonomikos, socialinės plėtros ir aplinkos apsaugos tikslas (1 pav.). Santykis tarp darnios plėtros ir klimato kaitos yra ypač svarbus besivystančioms šalims, atsižvelgiant į jų plėtros procesą ir ypač į aplinkosaugos problemas, su kuriomis daugelis iš jų susiduria (Karakosta, Askounis 2010). Tai vyksta dėl visame pasaulyje augančio energijos poreikio, kuris reikalauja daug energinių išteklių.



1.1 pav. Darniosios plėtros koncepcija (Karakosta,Askounis 2010)

Darniosios plėtros (*angl.Sustainable Development*) sąvoka yra pakankamai nauja – ji atsirado prieš kelis paskutinius dešimtmečius. Pagrindinės priežastys – siekis racionaliai panaudoti esamus pirminės energijos išteklius ir išsaugoti švarią aplinką. Vienu iš esminių apibrėžimų šioje srityje yra laikomas Brundtland komisijos darnios plėtros apibrėžimas, kuriame teigiama, jog darni plėtra yra plėtra, kuri užtikrina dabartinius poreikius, neatimant galimybės ateities kartoms užsitikrinti jų būsimų poreikių. Darnaus vystymosi koncepcija apibrėžia tam tikras ribas, tačiau ne absoliučias, o tik tam tikrus apribojimus, kuriuos diktuoja esamas technologijos ir socialinės bendruomenės išsivystymo lygis ir biosferos galimybė absorbuoti Žmonijos veiklos padarinius. Bet technologijos vystymas ir socialinė bendruomenė gali būti susieti ir vystytis kartu pereinant į naują ekonominio augimo erą (After Rio + 20: From... 2012).

Ekonominės ir socialinės plėtros tikslai visose valstybėse turėtų būti nustatyti remiantis darnumo sąlygomis, nesvarbu, ar valstybė yra išsivysčiusi ar besivystanti, orientuota į rinką ar planuojama centralizuotai. Tikslai turėtų turėti tam tikrų bendrų bruožų, o pagrindinė darnios plėtros koncepcija ir strateginis planavimas darniai plėtrai pasiekti turėtų būti priimti susitarimo būdu ir būti pagrindas tikslams nustatyti.

Darni energetika – tai energijos gamyba ir vartojimas, užtikrinantys ilgalaikius žmonijos plėtros tikslus tiek socialiniu, tiek ekonominiu, tiek ir aplinkosauginiu aspektais, su kuriais glaudžiai siejasi ir energijos gamyba beivartojimas (Šiupšinskas 2006).

Šiuo metu darnaus vystymosi tikslai, prioritetai, strategija ir t. t. yra aiškiai apibrėžti įvairiuose normatyviniuose teisės aktuose, priimtuose pasauliniu, ES ar šalies mastu. Pavyzdžiui, ES Darnaus vystymosi strategijoje numatyta apsiriboti nedideliu pagrindinių problemų skaičiumi ir buvo išskirti šie šeši darnaus vystymosi prioritetai:

- Pasaulinės klimato kaitos sušvelninimas;

- Transporto poveikio aplinkai mažinimas;
- Pavojaus žmonių sveikatai mažinimas;
- Efektyvesnis gamtos išteklių naudojimas;
- Skurdo ir socialinės atskirties mažinimas;
- Visuomenės senėjimo problemų sprendimas (Atnaujinta ES Darnaus vystymosi strategija 2006).

Regionų plėtros politika galėtų būti apibrėžiama kaip visuma kryptingų priemonių, skirtų socialiniams ir ekonominiams skirtumams tarp regionų sumažinti. Daugelis pasaulio valstybių analizuodamos galimus vystymosi scenarijus remiasi pagrindiniais darnumo principais. Lietuvos Nacionalinėje darnaus vystymosi strategijoje yra numatyti šie principai:

1. Pagrindinių teisių rėmimo ir apsaugos principas.
2. Vienodų sąlygų visų kartų ir tos pačios kartos atstovams sudarymo principas.
3. Atviros ir demokratinės visuomenės principas – teisė į informaciją.
4. Piliečių dalyvavimo principas – švietimas, ugdomas sąmoningumas.
5. Įmonių ir socialinių partnerių dalyvavimo principas – įmonių bendradarbiavimas, bendra atsakomybė.
6. Politikos nuoseklumo ir reglamentavimo principas – politikos veiklų nuoseklumas bei veiksmų darna.
7. Strategijos integravimo principas – ekonomikos, socialinių ir aplinkosauginių veiksmų integralumas.
8. Pasinaudojimo geriausiomis turimomis žiniomis principas.
9. Atsargumo principas – prevenciniai veiksmai vengiant žalos visuomenei ir aplinkai.
10. Atsakomybės (teršėjas moka) principas.
11. Ekologinio efektyvumo principas.
12. Pakeitimo principas – pavojingos medžiagos keičiamos nepavojingomis, o išsenkantieji ištekliai – atsinaujinančiais.
13. Mokslo ir žinių bei technologinės pažangos principas – vystymasis pagrįstas mokslo laimėjimais, žiniomis, naujausiomis aplinkai kuo mažesnį neigiamą poveikį darančiomis technologijomis (Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2011 m. kovo... 2011).

Akivaizdu, jog šiuo metu darni raida yra prioritetinė kryptis ir yra tikimasi spartaus, tikslingo ir sėkmingo vystymosi bei plėtros. Tiek ES Darnaus vystymosi strategijoje numatytuose prioritetuose, tiek Lietuvos darnaus vystymosi strategijoje pateiktuose principuose galima išskirti nemažą svarbą turinčią darniosios plėtros kryptį – energetiką. Su ja susiję daugelis prioritetų, principų bei tikslų. Svarbu teisingai įvertinti energetikos dalį darniosios raidos kontekste ir tinkamai planuoti ateities tikslus, susijusius su tvaria energetika.

Būtent darnios energetinės sistemos ateities vystymosi prognozę lemia labai daug įvairų faktorių, tokių kaip: sistemos dydis, prognozuojamas laikotarpis, duomenų apimtis, jų patikimumas, tikslumas, scenarijų kiekis, jų detalumas ir pan. Visus faktorius įvertinti sunku, o kartais neįmanoma, todėl norint pasiekti pageidaujamų rezultatų, naudojami metodai, kurie leidžia planuotojui supaprastinti nagrinėjamą sistemą, kaupti, analizuoti ir interpretuoti apie ją gautus planavimo metu duomenis (Šiupšinskas 2006).

1.2. ES ir nacionalinių normatyvinių teisės dokumentų, susijusių su darniąja energetikos plėtra, apžvalga

Energetikos plėtros strateginių prioritetų nustatymas vaidina svarbiausią vaidmenį, priimant strateginius sprendimus dėl energetikos sektoriaus plėtros. Pasaulinės energetikos ateitis visų pirma turi būti susijusi su darnaus vystymosi koncepcijos įgyvendinimu. Pagrindinis darnaus energetikos vystymo politikos tikslas yra energijos paslaugų plėtra mažinant energijos gamybos ir vartojimo poveikį aplinkai bei užtikrinant žmonijos ilgalaikių plėtros tikslų įgyvendinimą. Siekdama reaguoti į aukštas ir svyruojančias energijos kainas, augančią priklausomybę nuo importo, sparčiai didėjančią pasaulinę energijos paklausą ir klimato atšilimą, Europos Sąjunga turi aiškiai apibrėžti išorės politiką ir ja vadovautis tiek nacionaliniu, tiek Bendrijos lygmeniu. ES energetikos politika siekia užtikrinti energijos tiekimo patikimumą, konkurencingumą ir darnų vystymąsį. Energetinis saugumas ir vidaus rinkos sukūrimas yra viena iš ES prioritetinių veiklos sričių. Sprendžiant energetinio saugumo klausimus ypač svarbi yra išorinė ES energetikos politika ir vienoda ES šalių reakcija į dabartinę padėtį energijos rinkose. Energijos ir klimato kaitos politika jau peržengia valstybių sienas ar regionų ribas. Tiekimo saugumas, energijos išteklių trūkumas ir klimato kaita yra visam pasauliui aktualūs iššūkiai. Veiksmingai kovoti su klimato kaita įmanoma tik tuomet, kai šioje kovoje dalyvauja visi pasaulio regionai (Streimikiene *et al*. 2012).

Labai svarbu susipažinti su naujausių ES direktyvų ir nacionalinių dokumentų, vienaip ar kitaip susijusių su energetikos sektoriumi, reikalavimais bei sekti jų atnaujinimus. Modeliuojant ir analizuojant perspektyvinęenergetikos sektoriaus raidą būtina atsižvelgti ir įvertinti šiuos direktyvų reikalavimus bei nacionalinius įsipareigojimus (Lietuvos energetikos institutas 2011).

Toliau bus trumpai apžvelgiami keli svarbiausi energetikos sektoriui dokumentai:

1) 2005 m. birželio mėnesį Europos Komisija paskelbė Europos Sąjungos programinį dokumentą – *Žaliąją knygą* apie energijos vartojimo efektyvumą ir kaip mažesnėmis sąnaudomis sutaupyti daugiau energijos. Šiame dokumente nurodyta, kad ne vien dėl didelių naftos kainų, kurios gali sumažinti Europos ekonominio augimo perspektyvas, ES naudinga ryžtingai atnaujinti energinio efektyvumo didinimą skatinančią programą, kuri jungia EB svarbius konkurencingumo, Lisabonos susitarimų, aplinkos apsaugos, Kioto protokolo

įsipareigojimų bei energijos tiekimo saugumo klausimus. Dokumente nustatyti bendri visoms ES valstybėms narėms energetikos tikslai. *Žaliojoje knygoje* siekiama nustatyti šios veiklos spragas ir galimybes, kaip tas kliūtis galima įveikti, siūlant įvairius veiksmus, kurių būtų galima imtis. Energijos vartojimo efektyvumas yra aktualiausias ES energetikos politikos elementas. Energijos vartojimo efektyvumo didinimas – geriausias būdas prisidėti prie darnios, konkurencingos energetikos ir tiekimo saugumo tikslų.

2) 2006 m. kovo 8 d. EK paskelbtame dokumente – *Žalioji knyga: Europos Sąjungos tausios, konkurencingos ir saugios energetikos strategija* – nustatytos šešios svarbiausios sritys, kuriose būtina imtis veiksmų siekiant įveikti iškilusius uždavinius (1.1 lentelė).

1.1 lentelė. ES energetikos politikos prioritetinės sritys ir veiksmai tikslams įgyvendinti (Streimikiene *et al*. 2012)

Prioritetinės sritys
1. Energetikos indėlis į ekonomikos augimą ir darbo vietų kūrimą Europoje
2. Energijos vidaus rinkos saugaus energijos tiekimo garantavimo ir valstybių narių solidarumo užtikrinimas
3. Energijos tiekimo saugumo ir konkurencingumo siekis: tausesnės, veiksmingesnės ir įvairesnės energijos rūšys
4. Integruotas kovos su klimato kaita metodas
5. Naujovių skatinimas
6. Bendroji išorės energetikos politika

3) Europos Komisijos 2007 m. sausio mėn. parengtu komunikatu *Europos energetikos politika* Europos valstybės skatinamos imtis veiksmų ir įgyvendinti darnios, konkurencingos ir saugios energetikos principus. Naujosios politikos pagrindinis ramstis ir esminis Europos energetikos tikslas – tas, kad ES naudojant energiją šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis iki 2020 m. sumažėtų iki 20 %, o atsinaujinančios energijos dalis būtų padidinta nuo dabartinio ne mažiau nei 7 % visos ES suvartojamos energijos lygio iki 20 %. Pasiekus šiuos tikslus, ES galės įvertinti pažangą dabartinę energetikos ekonomiką pakeičiant ekonomika, kuri veiktų nepaisant darnumo, konkurencingumo ir energijos tiekimo patikimumo problemų. Tačiau tai turėtų padėti Europos ekonomikai imti labai efektyviai naudoti energiją ir išskirti mažiau CO_2 tam, kad ji galėtų išspręsti ateities problemas, susijusias su energetika. Kartu bus skatinamas ekonominis augimas, sparčiau pereinant prie mažai teršalų išskiriančios pramonės, ir žymiai didinamas vietoje gaminamos ir naudojamos, mažai teršalų išskiriančios energijos kiekis (Streimikiene *et al*. 2012).

4) 2002 m. Lietuvos Respublikos Vyriausybė patvirtino Nacionalinę energetikos strategiją, kurioje atsižvelgta į išorinius, šalies energetiką veikiančius veiksnius (įskaitant ir politinius)

ir pateiktos rekomendacijos, energijos kūrimo ir aplinkosauginės politikos integravimo į energetikos politiką. Buvo nustatyti šie Lietuvos energetikos strateginiai tikslai:

- Patikimas, saugus energijos tiekimas mažiausiomis išlaidomis, užtikrinantis Lietuvos energetikos sektoriaus konkurencingumą ES energijos rinkoje;
- Energijos vartojimo efektyvumo didinimas;
- Išmetamų teršalų kiekio mažinimas, uždarius Ignalinos AE.

Sparti Lietuvos ekonomikos raida, didėjanti priklausomybė nuo pirminės energijos importo iš vienos šalies, išaugusios organinio kuro kainos pasaulio rinkose ir jų nestabilumas privertė koreguoti Lietuvos energetikos politiką ir 2006 m. atnaujinti Nacionalinę energetikos strategiją. Tačiau pastarojo laikotarpio globalios aplinkos pasikeitimai, pasaulinių energetikos tendencijų permainos, globalios klimato kaitos sukeliamos problemos ir to įtaka ilgalaikei pasaulinei energetikos perspektyvai įpareigojo parengti naują Nacionalinę energetikos strategiją, kurią 2007 m. sausio 18 d. X-1046 nutarimu patvirtino Lietuvos Respublikos Seimas. Strategija apibrėžia pagrindines valstybės nuostatas dėl energetikos sektoriaus plėtros ir jų įgyvendinimo kryptis iki 2025 metų (Streimikiene *et al*. 2012).

Aptarti pagrindiniai, svarbiausi energetikos sektoriui dokumentai, tačiau yra ir daug kitų dokumentų, susijusių su energetika. Toliau išvardintų naujausių ES direktyvų ir nacionalinių dokumentų reikalavimai, vienaip ar kitaip susiję su elektros bei šilumos gamybos sektoriumi, lems šių energetikos sektorių raidą artimiausioje ateityje:

- Direktyva 2009/28/EB „Dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją“;
- Direktyva 2010/75/ES „Dėl pramoninių išmetamųjų teršalų (taršos integruotos prevencijos ir kontrolės)“;
- Direktyva 2010/31/ES „Dėl pastatų energinio naudingumo“;
- Direktyva 2004/8/EB „Dėl kogeneracijos skatinimo“;
- Direktyva 2006/32/EB „Dėl energijos galutinio vartojimo efektyvumo ir energetinių paslaugų“;
- Direktyva 2009/29/EB “Iš dalies keičianti Direktyvą 2003/87/EB, siekiant patobulinti ir išplėsti Bendrijos šiltnamio efektą sukeliančių dujų apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemą” (Lietuvos energetikos institutas 2011).

Taip pat svarbu atkreipti dėmesį ir į šalyje galiojančius teisės aktus, susijusius su energetika, tokius kaip:

- Lietuvos Respublikos Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas (2011 m. gegužės 12 d. Nr. XI-1375);
- Lietuvos Respublikos Energetikos įstatymas (2002 m. gegužės 16 d. Nr. IX-884).

Didelė teisinė bazė ir tinkamas jos naudojimas bei suvokimas yra labai svarbūs, siekiant plėtoti tvarią energetiką tiek šalies, tiek regioniniu mastu, tiek individualiems vartotojams. Šaliai turint įsipareigojimų Europos Sąjungos mastu, ima daugėti įvairių projektų, skatinančių domėtis šia sritimi, o didėjant vartotojų susidomėjimui ir atsiradus paklausai, ima vystytis nauja verslo sfera, kuri puoselėja ES ir šalies energetinius tikslus, kurių įgyvendinimas būtų neįmanomas be tinkamų normatyvinių dokumentų. Lietuvos teisinė bazė, susijusi su atsinaujinančiais ištekliais, iš jų gaminama energija ir pan., yra parengta, tačiau noras energetikos sirtyje pasiekti Europos šalių lygį sukelia ir teisinės bazės plėtros bei tikslinimo poreikį, tad jei teisės aktai bus atnaujinami, atsiras jų papildymai bei bus rengiami taikymo poįstatyminiai aktai, vartotojams (tiek įmonėms, tiek individualiems) taps lengviau teisingai plėtoti tvarią energetiką mūsų šalyje.

1.3. Lietuvos energetikos politika ir jos prioritetai

Europos Sąjungos mastu priimti sprendiniai yra labai svarbus žingsnis kuriant naują Europos šalių energetikos politiką. Galima sakyti, kad jie iš esmės atitinka ir Lietuvos interesus ir sukuria palankesnes prielaidas Lietuvos energetikos plėtrai. Būtent Lietuvai yra svarbios kai kurios minėtų išvadų nuostatos, kurios skatina ypatingą dėmesį skirti šalims ir regionams, kurie neturi ryšių su ES energijos rinkomis, įpareigoja Europos Komisiją parengti prioritetinį jungčių planą ir padėti įgyvendinti prioritetinius infrastruktūros projektus, spartinti apsirūpinimo energijos ištekliais diversifikavimą, reguliariai rengti strateginę ES energetikos apžvalgą ir pan.

Europos Sąjungos energetikos raidos tendencija – visuotinė ir laisva konkurencija, atvira energijos rinka kiekvienoje šalyje ir tarp šalių – turėjo esminės įtakos Lietuvos energetikos raidai bei politikai. Lietuvai tapus ES nare, energetikos politikos formavimą lėmė ne tik vidaus, bet ir išorės veiksniai. Pastaraisiais metais Lietuvos energetikos politikos dėmesys skiriamas energetikos sektoriaus pertvarkai, didesniam efektyvumui bei tiekimo saugumui užtikrinti. Nustatant pagrindinius Nacionalinės energetikos strategijos tikslus, įvertintos energetikos sektoriaus stipriosios ir silpnosios pusės, galimybės veiksmingiau panaudoti esamus energetinius pajėgumus, vadovautasi Lietuvos narystės ES sutartyje, Energetikos chartijoje, ES teisės aktuose, *Žaliojoje knygoje* suformuluotais Europos darnios, konkurencingos ir saugios energetikos reikalavimais bei nuostatomis (Streimikiene *et al*. 2012).

Lietuvoje energetikos tema yra tapusi ne tik labai aktuali ekonomine, bet ir politine prasme. Nuolat diskutuojami priklausomybės nuo energetikos išteklių iš kaimyninių valstybių, energetikos objektų privatizavimo klausimai, vangiai realizuojamas elektros tilto į Vakarus projektas, problemų ir diskusijų kyla dėl kainų reguliavimo, inicijuojamų įstatymų ar jų pakeitimų projektų.

Šiuo metu Lietuva, kaip Europos Sąjungos valstybė narė, yra įsipareigojusi siekti bendrųjų ES energetikos tikslų. Vadovaujantis Lietuvos stojimo į ES sutartyje (Žin., 2004, Nr. 1-1), 1994 m.

gruodžio 17 d. Energetikos chartijos sutartyje, ES teisės aktuose, *Žaliojoje knygoje* suformuluotais Europos tausios, konkurencingos ir saugios energetikos reikalavimais bei nuostatomis, nustatyti šie bendri su visomis ES narėmis Lietuvos energetikos strateginiai tikslai:

- Energetinis saugumas;
- Darnus energetikos sektoriaus vystymasis;
- Konkurencingumas;
- Efektyvus energijos naudojimas.

Siekiant bendrųjų ES energetikos strateginių tikslų, išvardytų anksčiau, ir esminio Lietuvos energetinio saugumo padidinimo tikslo, buvo nustatyti nacionalinės energetikos plėtros tikslai:

1) Kompleksiškai integruoti Lietuvos energetikos sistemas į ES sistemas ir ES energetikos rinką;

2) Plėtoti pirminių energijos šaltinių įvairovę atkuriant branduolinę energetiką ir sparčiais tempais didinti atsinaujinančių ir vietinių šaltinių lyginamąjį svorį, užtikrinti, kad iš vienos šalies tiekiamų gamtinių dujų dalis, naudojama energijos gamybai, metiniame Lietuvos kuro balanse būtų ne didesnė kaip 30 %;

3) Gerinti energijos naudojimo efektyvumą ir taupyti energijos sąnaudas.

Siekiant Lietuvoje įgyvendinti šiuos strateginius tikslus ir įvertinant ankstesnėse (1994, 1999 ir 2002 m.) Nacionalinėse energetikos strategijose suformuluotų siekių įgyvendinimo rezultatus, atnaujintos strategijos projekte numatyta nustatyti šiuos uždavinius:

- Baigti įgyvendinti ES direktyvų reikalavimus liberalizuojant elektros ir dujų sektorius;
- Įgyvendinti ES aplinkosaugos reikalavimus energetikos sektoriuje;
- Iki 2010 m. sukaupti ir nuolat palaikyti 90 dienų naftos produktų ir naftos atsargas; iki 2013 m. išplėtoti gamtinių dujų saugyklų pajėgumus ir palaikyti iki 60 dienų dujų atsargas;
- Ne vėliau kaip iki 2012 m. Lietuvos aukštos įtampos tinklus sujungti su Skandinavijos šalių ir Lenkijos tinklais;
- Toliau plėtoti regioninį bendradarbiavimą ir kooperaciją, siekiant iki 2012 m. integruoti Baltijos šalių elektros energijos rinką į ES šalių rinkas;
- Plėtoti pirminių energijos šaltinių įvairovę atkuriant branduolinę energetiką ir sparčiais tempais didinti atsinaujinančių ir vietinių šaltinių lyginamąjį svorį, užtikrinti, kad iš vienos šalies tiekiamų gamtinių dujų dalis, naudojama energijos gamybai, metiniame Lietuvos kuro balanse būtų ne didesnė kaip 30 %;
- Iš atsinaujinančių energijos išteklių turės būti gaminama 10 % visos suvartojamos elektros energijos 2025 m.
- Atsinaujinančių energijos išteklių dalis pirminės energijos balanse iki 2012 m. turėtų kasmet didėti po 1,5 %, o 2025 m. pasiektų 20 %;

- Elektros energijos, pagamintos termofikacinėse elektrinėse per šildymo sezoną, dalį bendrame elektros energijos gamybos balanse 2025 m. padidinti iki 35 %;
- Biodegalų dalį šalies degalų, skirtų transportui, rinkoje 2020 m. padidinti iki 15 %, o 2025 m. – iki 20 %;
- Gerinti energijos naudojimo efektyvumą ir taupyti energijos sąnaudas ir pradedant 2008 m. sausio 1 d., per 9 metus sutaupyti 9 % galutinės energijos, palyginus su 2005 m. galutinio energijos suvartojimo;
- Toliau gerinti visų energijos rūšių vartojimo efektyvumą taip, kad 2025 m. lyginamosios energijos sąnaudos pastatuose, įvairiuose įrenginiuose ir prietaisuose, technologiniuose procesuose ir transporto sistemose būtų artimos išsivysčiusių ES valstybių rodikliams;
- Įgyvendinti JTBKKK ir Kioto protokolo reikalavimus, t. y. 2008 – 2012 m. sumažinti šiltnamio dujų emsiją 8 %, palyginus su baziniais 1990 m.;
- Kitų teršalų emisijos, tinkamai naudojant iki 2010 m. numatytą energijos taupymo, veiksmingo transformavimo ir vietinių bei atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo potencialą, palyginus su 2004 m., turi būti sumažintos CO_2 – apie 32 % (3,9 mln. tonų) per metus, SO_2 – 3 % (1 tūkst. tonų) per metus, NO_x – apie 21 % (10 tūkst. tonų) per metus (Nacionalinė energetikos strategija 2007).

Lietuvos energetikos sektoriuje būtina sukurti galimybes ir numatyti priemones, kaip efektyviai neutralizuoti ar kompensuoti dėl priklausomybės nuo energijos tiekimo iš Rusijos atsirandančias grėsmes arba mažinti jų keliamą žalą, kartu panaudojant visus priimtinus būdus tai priklausomybei sumažinti (Streimikiene *et al*. 2012).

1.4. Energijos išteklių vartojimo problematika

Tobulėjant technologijoms, vystantis pramonei, augant populiacijai ir t. t. energijos suvartojimas labai sparčiai auga ir, remiantis dabartinėmis tendencijomis, galima teigti, kad ateityje energijos paklausa dar labiau didės, o tokiu atveju jos gamyba ir tiekimas gali imti kelti tam tikrų problemų.Todėl per pastarąjį dešimtmetį klimato kaitos bei šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo klausimai tapo vienais iš pagrindinių su darniuoju vystymusi susijusių politikos tikslų (Popa *et al*. 2012).

Dėl didėjančios kai kurių išteklių paklausos ilgainiui numatomas jų stygius, kainų kilimas ir tai neišvengiamai turės įtakos Europos Sąjungos ekonomikai. Ištekliai turi būti efektyviau naudojami per visą jų gyvavimo ciklą, pradedant išgavimu, transportavimu, perdirbimu ir vartojimu, baigiant atliekų šalinimu.

Pagrindinė užduotis – taupiau naudoti ribotus žemės išteklius. Visuomenė priklauso nuo metalų, mineralų, kuro, vandens, medienos, derlingų dirvožemių ir švaraus oro, kurie visi kartu yra

gyvybiškai svarbūs ekonomikos funkcionavimui. Tačiau šie riboti ištekliai šiuo metu yra vartojami daug sparčiau, nei jie gali atsinaujinti, todėl kyla grėsmė ilgainiui susidurti su jų stygiumi. Išteklių požiūriu ES priklauso nuo likusio pasaulio, nes daugelis jai reikalingų išteklių, pavyzdžiui, kuras ir žaliavos, yra importuojami atitinkamų produktų pavidalu iš jai nepriklausančių šalių. Dėl išteklių stygiaus ir nepastovių pagrindinių prekių kainų daugelyje pasaulio regionų gali atsirasti ekonominis nestabilumas, todėl efektyvesnis išteklių naudojimas yra būtinas (Europos Komisija 2011).

Šiuo metu ypač daug dėmesio skiriama darnaus energijos vystymosi ir naudojimo strategijoms kurti. Šios strategijos paprastai apima tris pagrindinius uždavinius:

1. Energijos taupymas iš vartotojų pusės;
2. Efektyvumo didinimas iš pasiūlos pusės;
3. Iškastino kuro pakeitimas įvairiais atsinaujinančiais šaltiniais.

Remiantis šiais tikslais galima teigti, jog didelį dėmesį reikia skirti šildymo paklausos pastatuose mažinimui, šilumos gamybos ūkio tobulinimui (integruojant atsinaujinančius energijos šaltinius ir diegiant naujausias, efektyviausias technologijas) ir pastato energijos tiekimo sistemų pritaikymui prie energijos paklausos (Kuosa *et al*. 2013).

Visuotinai pripažįstama, kad didžiausias energijos taupymo potencialas yra galutinio vartojimo grandyje, nes veiklos koncentracijos ir ekonominių stimulų sukelta technologinė pažanga energijos generavimo ir paskirstymo srityje savo turėtą taupymo, efektyvumo didinimo potencialą pradėjo išnaudoti kur kas anksčiau. Taigi, energijos vartojimo efektyvumo pastatuose didinimas šiuo metu turėtų būti prioritetinė tyrimų sritis.

Energijos vartojimo efektyvumo didinimas transporto ir pramonės srityse absoliučiu dydžiu yra mažesnio potencialo nei pastatuose. Be to, šiose srityse daugeliu atvejų lengviau nei pastatuose yra įveikiamos kliūtys didinant energijos vartojimo efektyvumą.

Taupymo įsipareigojimų ir jo techninio potencialo skirtumai, priimamų įsipareigojimų atidėliojimas yra didelės kliūtys mažinant energijos suvartojimą pastatuose. Šias problemas padėtų spręsti solidesnė mokslinė parama valstybės mastu priimamiems politiniams ekonominiams sprendimams ir įsipareigojimams. Mokslinis potencialas iki šiol buvo dažniausiai naudojamas tik skubioms problemoms spręsti. Fundamentiniai tyrimai kol kas yra nepakankami, o jų rezultatai neretai ignoruojami (Lietuvos mokslo taryba 2010).

1.5. Energijos vartojimo efektyvumo didinimas

Energijos vartojimo efektyvumas yra aktualiausias ES energetikos politikos elementas. Energijos vartojimo efektyvumo didinimas – geriausias būdas prisidėti prie darnios, konkurencingos energetikos ir tiekimo saugumo tikslų.

Energijos vartojimo efektyvumo didinimas gali būti skatinamas ES ar šalies politikos priemonėmis bei, siaurąja prasme, kreipiamas didelis dėmesys į kiekviename namų ūkyje suvartojamą energijos kiekį ir stengiamasi jį sumažinti taupant, t. y. vartotojai turėtų imti energiją vartoti efektyviai.

Kalbant apie ES politinius tikslus, susijusius su energijos efektyvumo didinimu, galima būtų paminėti finansinių priemonių taikymą, siekiant paskatinti investuoti į energijos efektyvumo projektus ir energijos paslaugas teikiančias įmones, taip pat labai svarbu taikyti tiesioginius ir netiesioginius mechanizmus, kurie mažintų vartojimo trendus, be to, galima taikyti Europos „baltųjų sertifikatų“ prekybos sistemą. ES taip pat siekia susitelkti ties šilumos ir elektros energijos gamybos, perdavimo ir pasiskirstymo efektyvumo didinimu, nuosekliu mokesčių taikymu, kad energija būtų vartojama efektyviau, bei tarptautinio susitarimo dėl energijos efektyvumo sudarymo skatinimu, kurį pasirašytų išsivysčiusios ir besivystančios šalys.

Kad šie tikslai būtų pasiekti, reikia kurti tarpusavio ryšius, veiksmingas teisines ir reguliavimo sistemas ir užtikrinti, kad jos būtų praktiškai įgyvendinamos, o EB konkurencijos taisyklės būtų griežtai vykdomos. Be to, energetikos sektoriaus konsolidaciją turėtų skatinti rinka, jeigu ES nori sėkmingai spręsti daugelį problemų, su kuriomis ji susiduria (Sliogeriene *et al*. 2013).

Pastaraisiais dešimtmečiais besikeičiantys išteklių naudojimo modeliai labai aiškiai parodė, kad pažanga siekiant efektyvaus išteklių naudojimo yra visiškai įmanoma. Kalbant apie žmonijos energijos vartojimo įpročius ir skatinimą tausiai vartoti energiją bei stengtis įprasti vartoti mažiau ir, kur galima, taupyti, galima energijos vartojimo efektyvumą didinti šiais būdais:

- Tausoti – kur tik įmanoma pasinaudoti turimomis galimybėmis tausoti išteklius.
- Pakeisti – pakeisti pirminius išteklius alternatyviais, efektyvesniais, mažesnį poveikį aplinkai per savo gyvavimo ciklą darančiais ištekliais.
- Mažinti – sukurti naujų būdų, kaip tenkinti žmonių poreikius sukuriant naujus verslo modelius ir naujas prekes bei paslaugas su mažesnėmis išteklių sąnaudomis.
- Vertė – rasti būdų, kaip politinių sprendimų priėmimo procesuose būtų galima atsižvelgti į gamtinių išteklių tikrąją vertę, nes tai pagerintų gamtinių išteklių bazės valdymą. Mokantis branginti ekosistemų paslaugas ir gamtinius išteklius ir suvokti jų piniginę vertę galima sumažinti grėsmę aplinkai (Europos Komisija 2011).

Taip pat labai svarbu atkreipti dėmesį į pastatuose suvartojamos energijos kiekius, kurie šiuo metu vis auga. Siekiant didinti energijos išteklių vartojimo pastatuose efektyvumą svarbu susitelkti į:

- Energijos taupymą (tausiosiąsias elektros lemputes, reguliuojamus radiatoriai ir pan.);
- Pastatų modernizavimą, renovavimą (paramos programas, skirtas modernizavimo, renovavimo projektams bei visuomenės švietimą šiais klausimais);

- Aukštesnės energinės klasės pastatų statybą (sąlygas naujų pastatų statybai, reglamentus, valstybės paramą);
- Technologijų, padedančių taupyti, diegimą pastatuose.

Be rūpestingo valdymo, domėjimosi energijos tausojimu ir iniciatyvos iškyla realus negrįžtamų pakitimų aplinkoje pavojus. Nors daugelis efektyviai išteklius naudojančių iniciatyvų yra susijusios su produkcija, reikėtų atkreipti dėmesį ir į vartojimo klausimus. Šiuo metu vykdomi tyrimai dėl „rikošeto efekto“ – teorijos, kad technologijų ir politikos instrumentai, numatyti aplinkos apsaugos efektyvumui gerinti, gali turėti nepageidaujamą šalutinį didėjančio vartojimo poveikį. Pavyzdžiui, namų apšiltinimo iniciatyva, numatanti termiškai efektyvų ir pigų namų apšiltinimą, gali visiškai netekti efektyvumo tais atvejais, kai namų ūkiai paliks šildymą ar aukštesnę šildymo temperatūrą ilgesniam laikui. Rikošeto efektas ir jo svarba, taip pat šios problemos sprendimo būdai susilaukia labai karštų debatų, todėl šioje srityje reikalinga daugiau žinių (Europos Komisija 2011).

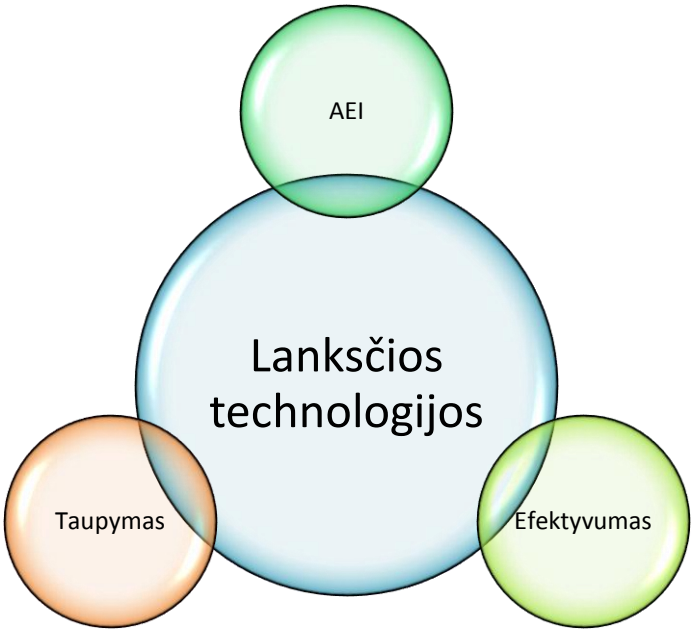
1.6. Alternatyvioji energetika darniosios raidos kontekste

Energija yra būtina bet kurios valstybės darniai plėtrai, tiek socialinėje, tiek ekonominėje,tiek aplinkos apsaugos srityje. Pastarąjį dešimtmetį energijos suvartojimas visame pasaulyje žymiai išaugo. Labai svarbu teisingai valdyti energiją, norint toliau ekonomiškai klestėti, kartu išsaugoti aplinką. Energija yra susijusi su pramonine produkcija,žemės ūkio produkcija, sveikata, prieiga prie vandens, gyventojų, švietimo, gyvenimo kokybe, ir t. t. Norint išmokti tinkamai valdyti energijos poreikį, reikia tinkamai paskirstyti turimus išteklius (Suganthia, Samuel 2012). Tam pasaulio šalys turi priėmusios įvairias direktyvas ir siekia kuo efektyviau naudoti bei gaminti energiją: perdirbamos atliekos, keičiamos gamyklų technologijos, naudojami taupūs prietaisai.

Suvokimas, kad iškastinio kuro ištekliai, reikalingi energijos gamybai, yra baigtiniai ir kad klimato kaitayra susijusi su anglies dioksido išmetimu į atmosferą, padidino susidomėjimą energijos taupymu ir aplinkos apsauga. Anot R. Banoso, F. Manzano-Agugliaro ir kt. (Banos *et al.*2011), pagrindinė strategija, siekiant sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro, yra paremta energijos vartojimo mažinimu, taikant energijos taupymo programas, orientuotas į energijos paklausos mažinimą ir energijos vartojimo efektyvumą pramonės ir vidaus vartojimo srityse.

Tuos pačius tris elementus, kaip darnios energetikos plėtros dedamąsias, išskiria ir autorius H. Ludas (Lund 2007): darnios energetikos plėtros strategijos paprastai apima tris pagrindinius technologinius pokyčius – energijos taupymas paklausos pusėje, efektyvumo didinimas energijos gamyboje, iškastinio kuro keitimas įvairiais atsinaujinančiais energijos šaltiniais. Taigi, atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimo dideliais mastais įgyvendinimo planuose turi būti įtrauktos strategijos, kaip integruoti atsinaujinančius energijos šaltinius į nuoseklią energetikos sistemą, paremtą energijos taupymu ir efektyvumo priemonėmis.

Remiantis H. Lundo (Lund 2007) sudaryta schema (1.2 pav.), akivaizdu, jog darnus energetikos vystymasis pirmiausia priklauso nuo lanksčių technologijų – integruotų energijos sistemų, kurios susideda iš AEI (atsinaujinančių energijos išteklių), taupymo (iš energijos vartotojų pusės) bei efektyvumo didinimo (iš tiekėjų, gamintojų pusės).



1.2 pav. Darnus energetikos vystymasis (Lund 2007)

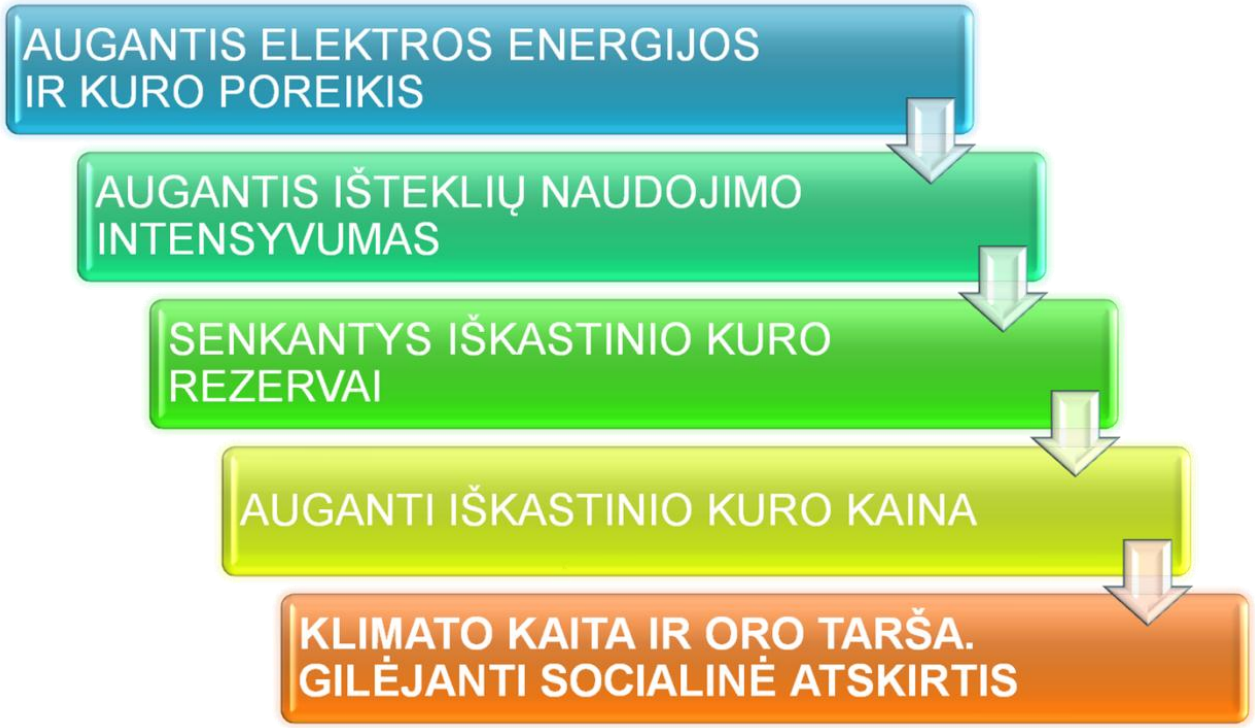
Ekonominės pažangos, aplinkosaugos vadybos ir žmonių gerovės tarpusavio ryšys yra sudėtingas procesas, darantis įtaką visuomenės, kurioje gyvename, kokybei ir darnai (Goosen 2012), šį tarpusavio ryšį glaudinti ir efektyviau valdyti galima susitelkiant atskirai į kiekvieną iš darnios plėtros koncepcijos elementų. Žmogaus egzistencija tiesiogiai priklauso nuo tinkamos aplinkos. Kiekvienam asmeniui ekologiška aplinka yra labai svarbi, ji gali suteikti žmogaus išlikimo, materialinės bazės plėtros ir kitas įvairias būtinas sąlygas. Netinkamoje, neekologiškoje aplinkoje žmonės negali išgyventi ir vystytis (Song 2011). Ekonominė ir socialinė raida jau sukėlė žalą aplinkai, todėl vertėtų daugiau dėmesio teikti procesams, kurie skatina darniąją plėtrą, jos įvedimą į aplinką ir procesus, siekiant ne tik pagerinti gyvenimo kokybę, bet ir atitaisyti praeityje padarytas klaidas.

1.7. Alternatyviųjų energijos išteklių plėtros sąlygos

Šiandieniniame pasaulyje nuolat didėja visų rūšių energijos poreikis. Jam didėjant, auga ir energinių išteklių kainos. Susidūrę su elektros energijos vartojimo problemomis, žmonės priversti ieškoti šių problemų sprendimo būdų.

Atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) plėtros klausimai yra kur kas sudėtingesni nei vienos ar kitos AEI rūšies plėtojimas, nes globalinės problemos, klimato kaita ir kiti klausimai jau negali būti

nesprendžiami ar sprendžiami nesistemingai. Iš visų plataus masto problemų, pasaulyje kylančių dėl energetikos, galima išskirti penkias pagrindines problemas, susijusias su energetikos plėtra, kurios skatina alternatyvių energijos išteklių panaudojimą, technologijų tobulėjimą, sprendimų ieškojimą ir konkrečių AEI rūšių plėtojimą (1.3 pav.).



1.3 pav. Pagrindinės energetikos plėtros problemos

Didėjant miestams, gyventojų skaičiui, tobulėjant technologijoms, pasauliui reikia vis daugiau energijos. Energijos poreikiai pasaulyje kasmet vidutiniškai padidėja apie 1,6 %. Kitaip sakant, poreikiams patenkinti reikia daugiau iškastinio kuro. Viena didžiausių problemų yra ta, kad organinio kuro atsargos yra baigtinės ir nepaliaujamai senka, o išteklių prognozės nėra teigiamos (1.2 lentelė). Vieną dieną iškastinio kuro rezervai baigsis. Esant dabartiniams vartojimo tempams, anglies klodų turėtų užtekti dar maždaug 200 metų. Europos Sąjungoje vidinių energijos išteklių dabar užtenka patenkinti jau tik pusei jos poreikių. Negana to, jie taip pat pastebimai senka, o energijos suvartojama kaskart daugiau (Kytra 2006).

1.2 lentelė. Iškastinio kuro ištekliai pasaulyje (International Energy Agency 2011)

ŠALTINIS	IŠTEKLIAI
Akmens anglis	Ištekliai žemėje siekia iki 1 trilijono tonų. Apie pusė išteklių sukoncentruota išsivysčiusiose šalyse. Esant tokiam naudojimo intensyvumui išteklių pakaktų apie 200 metų.
Nafta	Skaičiuojami ištekliai siekia 150 mlrd. t. Esant tokiam naudojimo intensyvumui išteklių pakaktų 50 – 60 metų. 2/3 išteklių sukoncentruota Vid. Rytuose, kiti – Rusijoje, Meksikoje, Venesueloje.

1.2 lentelės pabaiga

Gamtinės dujos	Ištekliai siekia apie 180 trln. kūb. m (~ naftos ištekliams). Pagrindiniai rezervai Rusijoje, Irane. Rasta: Barenco, Norvegijos jūrose, Rytų Sibire, Australijoje.
Uranas	AE pagamina apie 17 % pasaulinės el. energijos. Pagrindiniai ištekliai Kazachstane, Kanadoje, JAV, Australijoje. El. energijos gamybos sąnaudose sudaro apie 5 % sąnaudų.

Iškasamojo kuro naudojimo tempai pastaruoju metu 100 000 kartų viršija jo susidarymo žemės gelmėse tempus. Nors iškastinis kuras naudojamas palyginti neilgai, kokius 300–400 metų, dabartinis energijos tiekimas yra grindžiamas būtent iškastiniu kuru, kurio sunaudojimas nuo 1980 m. išaugo penkis kartus. Mokslininkų tyrimai rodo, kad pasaulinis energijos suvartojimas, iki 2025 m. turėtų padvigubėti.

Akmens anglis – iškastinis kuras, kurio atsargų yra daugiausia ir kuris yra plačiausiai paplitęs pasaulyje; skaičiuojama, kad rusvosios anglies išteklių užteks 130 metų, o juodosios akmens anglies – 200 metų (1.2 lentelė). Net taikant energijos našumo didinimo strategijas ir naudojant atsinaujinančius energijos šaltinius, akmens anglis ateinančiais dešimtmečiais turėtų neprarasti svarbos tenkinant esminius elektros energijos poreikius, kuriems nepakanka atsinaujinančios energijos.

Tačiau akmens anglis gali būti toliau naudojama ES ir pasaulio ekonomikos bei energijos tiekimo saugumui užtikrinti tik tuo atveju, jei bus taikomos technologijos, leidžiančios labai sumažinti ją deginant išsiskiriančio CO_2 pėdsakus. Jei bus sukurtos tokios pakankamo masto ir komerciškai ekonomiškos tausaus akmens anglies naudojimo technologijos, jas taikant bus galima rasti sprendimų, kaip naudoti ir kitas iškastinio kuro rūšis, įskaitant elektros energijos gamybą deginant dujas (Europos bendrijų komisija 2007).

Kalbant apie naftą, šį dešimtmetį, pagal prognozes, kasmet vidutiniškai bus aptinkama apie 60 mlrd. barelių, dar po 10 metų apie 40 mlrd. barelių, dar po 10 metų – vos 25 mlrd. barelių.

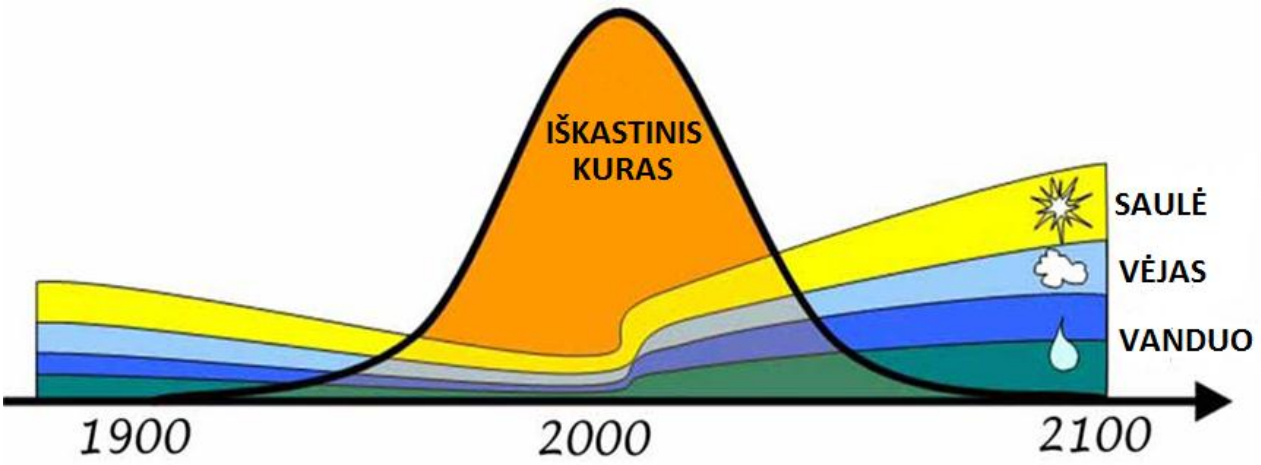
Dabartinių naftos išteklių pasauliui užteks mažiausiai 60 metų, net jeigu naujų klodų ir nebus randama. Tačiau naftos deficitas vis ryškės ir jau 2030 metais pasaulyje tai turėtų aiškiai pasijausti. Ekspertai prognozuoja, kad per 20 metų nafta gali pabrangti net 100 % ir vienintelė išeitis – sumažintas jos vartojimas.

Europos Komisija apskaičiavo, kad 2030 metais 27 Europos Sąjungos šalys turės importuoti 93 % joms reikalingo naftos kiekio. Be to, panašu, kad egzistuojantys naftos šaltiniai negalės patenkinti vis augančio poreikio. Ateityje nafta ir toliau bus vienu iš svarbiausių energijos šaltinių,

bet akivaizdu, kad reikia ieškoti naujų technologijų ir energijos šaltinių, kad būtų galima naftą naudoti kiek įmanoma efektyviau (Ateities energija... 2012).

Analizuojant gamtinių dujų išteklių suvartojimo tendencijas ir kiekio kitimą, remiantis Tarptautinės energijos agentūros (IEA) prognozėmis, pastebėta, kad netrukus po 2025 m. pasaulinis dujų vartojimas viršys anglies vartojimą ir maždaug 2035 m. prilygs naftos vartojimui. Teigiama, kad tokiu būdu 2015 m. dujų perteklius pasaulinėje rinkoje turėtų išnykti ir paklausa viršys pasiūlą. Tikėtiną vartojimo augimą agentūra sieja su dujų gavybos iš netradicinių šaltinių augimu, visų pirma Kinijoje, Australijoje ir Šiaurės Amerikoje, ir elektros energijos gamybos mažėjimu atominėse elektrinėse, iškart po avarijos Japonijos AE Fukushima. IEA teigimu, 2020 m. Australija taps vienu iš stambiausių suskystintų gamtinių dujų (SGD) eksportuotojų. Pasak agentūros, dujų gavybos iš netradicinių šaltinių didinimas skatins energijos tiekimo saugumą, kadangi dujos bus išgaunamos beveik visuose žemynuose. Įprastinių gamtinių dujų resursų dar užteks 60 metų, ir galbūt dar 60 metų, jei inžinieriams pavyks pasiekti netradicinius išteklius, pavyzdžiui, skaldoje tūnančias dujas ir pan. (International Energy Agency 2011).

Urano ištekliai taip pat nėra begaliniai – maksimali jo gavyba prognozuojama 2035 metais. Kalbant apie urano atsargas, išmatuoti urano ištekliai sudaro apie 5,4 Mt, o per metus urano yra sunaudojama apie 68 000 t. Taigi, urano išteklių, naudojant įprastiniuose reaktoriuose, užteks 80 metų. O jei senkant naftai bus statoma daugiau atominių elektrinių, urano ištekliai išseks dar greičiau. Per 30 metų elektros gamyba naudojant uraną išaugo 3,6 karto, o urano naudojimas padidėjo tik 2,5 karto. Remiantis pasaulio Branduolinės energetikos asociacijos (WNA) duomenimis, urano gavyba 2010 m. išaugo nuo 50 772 iki 53 663 tonų, arba 6 % lyginant su ankstesniais metais (Juozaitis 2012).



1.4 pav. Atsinaujinančių energijos šaltinių plėtra (Pikšrys 2012)

Kai kurie bijo, kad naftos gamyba jau pasiekė viršūnę: IEA (International Energy Agency) baiminasi, kad kiekvienais metais esamuose naftos telkiniuose gaunama vis mažiau naftos, o aptinkami nauji telkiniai yra per maži, kad sustabdytų gavybos lėtėjimą. Norint išvengti problemų

dėl mažėjančių rezervų, prireiks ekologinę pusiausvyrą išlaikančių energijos šaltinių plėtros (1.4 pav.). Prognozuojamas tolesnis globalinis energijos vartojimo didėjimas reiškia, kad proporcingai didės ir į aplinką išmetamų kenksmingų atliekų kiekis dėl organinio kuro deginimo. Tai sąlygos intensyvesnę klimato taršą. Jei iškastinis kuras energijos šaltinių derinyje ir toliau vaidins svarbų vaidmenį, būtina rasti sprendimus, kaip apriboti jo poveikį, kad jis atitiktų tikslus tausoti klimatą (International Energy Agency 2011).

2. ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS ŠALTINIŲ PANAUDOJIMAS GYVENAMAJAM SEKTORIUI APRŪPINTI

Racionaliai panaudojant šilumos ir elektros energiją, galima žymiai sumažinti naudojamos energijos sąnaudas ir tuo pačiu pirminių energijos resursų sunaudojimą. Šiam tikslui įgyvendinti galima išskirti tokias priemones:

- Priemonės, mažinančios galutinės energijos panaudojimą,
- Priemonės, kurios gerina pirminės energijos išnaudojimą (Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo... 2010).

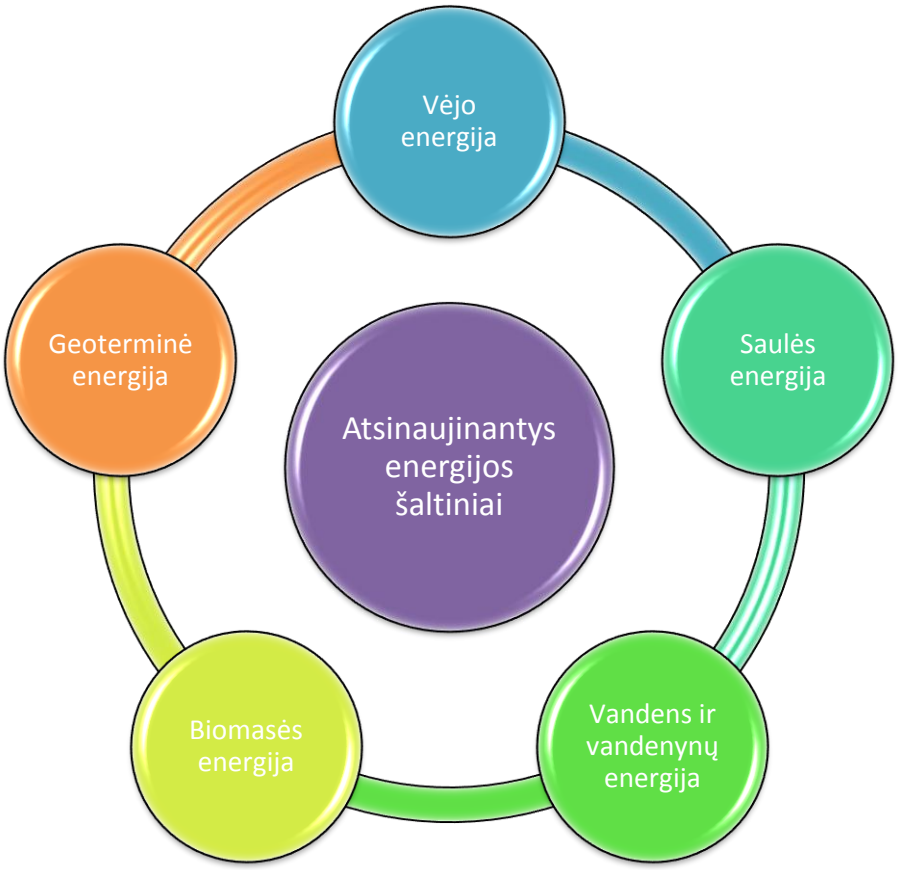
Atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) panaudojimas sparčiai auga, nes mažiausiai 48 pasaulio šalyse jis yra skatinamas tam tikromis politinėmis ir ekonominėmis priemonėmis. AEI tapo milžinišku verslu ir investicijos į šią sritį sparčiai auga. Labai svarbu tai, kad dėl įvairių politinių įtampų ir išorinių veiksnių nebūtų stabdomi atsinaujinančių išteklių projektų įsigalėjimai ir sudaromos kliūtys vystyti darnios energetikos raidą.

2.1. Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimas

Energija yra labai svarbi ekonominiam ir socialiniam vystymuisi ir gyvenimo kokybės gerinimui visose šalyse. Tačiau šiuo metu daug pasaulio energijos yra pagaminama ir suvartojama tokiais būdais, kurie negalėtų būti išlaikyti, jei technologijos liktų pastovios ir jei bendras suvartojamas kiekis žymiai išaugtų (Yuksela, Kaygusuzb 2011). Todėl labai svarbus žingsnis, mažinantis aplinkos taršą ir saugantis gamtinius išteklius, yra atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas energijai gaminti. Atsinaujinantys energijos šaltiniai (AEŠ) gali būti apibrėžiami kaip paprastas ilgalaikis, tvarus, pagrįstos kainos energijos išteklis, kuris gali būti naudojamas įvairioms reikmėms, be neigiamo poveikio (Manzano-Agugliaro *et al.* 2013). Tokie autoriai, kaip N. L. Panwaris, S. C. Kaushik ir S. Kothari (Panwar *et al.* 2011) AEŠ laiko švariais energijos šaltiniais ir mano, kad optimalus šių išteklių panaudojimas gali būti naudingas mažinant kenksmingą poveikį aplinkai, nes išskiria mažiausiai antrinių atliekų ir yra tvarus atsižvelgiant į dabartinius ir būsimus ekonominius bei socialinius poreikius. Teigiami AEŠ naudojimo aspektai: didesnė energijos tiekimo galimybių įvairovė, tiek išsivysčiusiose, tiek ir besivystančiose šalyse (Jagoda *et al.* 2011), mažesnė priklausomybė nuo iškastinio kuro išteklių, didesni grynojo užimtumo, eksporto rinkų sukūrimo rodikliai (Cansino *et al.* 2010) bei šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo mažinimas ir klimato kaita (Dijkman, Benders 2010).

Nors tradiciniai elektros energijos gamybos būdai nuo seno patenkina gyvenamųjų ir pramonės objektų poreikius, jie praranda savo privalumus dėl atsirandančio susirūpinimo aplinkosauginiais ir ekonominiais klausimais. Atsinaujinanti energetika tapo varomąja jėga, siekiant išsaugoti Žemės

gamtinius išteklius ir pagerinti vartotojų gyvenimo kokybę. Atsinaujinanti energetika gali būti apibrėžiama kaip nemokamas, tvarus energijos šaltinis, pavyzdžiui, vėjo ar saulės energija, kuri nedaro jokio neigiamo poveikio energijos gamybos proceso metu (Wee *et al.* 2012). Atsinaujinantys energijos šaltiniai – tai energijos šaltiniai, kurie gali būti atstatyti ir darniai panaudojami gamtoje bei nėra iškastinis kuras, pavyzdžiui, vėjo energija, saulės energija, vandens ir vandenynų energija, biomasės energija bei geoterminė energija (2.1 pav.) (Boyu 2011).



2.1 pav. Atsinaujinantys energijos šaltiniai (Boyu 2011)

Atsinaujinančios energetikos plėtojimas pastatuose teikia tokius privalumus: energija vartojama efektyviau, ji ekonomiškai efektyvi, pastatas tampa mažiau kenksmingas aplinkai ir patrauklesnis technologiškai. Svarbu rimtai apsvarstyti energijos iš atsinaujinančių šaltinių naudojimą dėl žalingo poveikio šiltnamio efektą sukeliančių dujų išsiskyrimo mažinimo ir tradicinių energijos išteklių (iškastinio kuro) ribotos pasiūlos. Keičiant neatsinaujinančius energijos šaltinius atsinaujinančiais taip pat mažinamas energijos suvartojimas (Rezaie *et al.* 2011). Todėl efektyvios šilumos tiekimo sistemos, grindžiamos atsinaujinančių energijos šaltinių pritaikymu, yra svarbios ateities energijos sistemos, kurios nepriklauso nuo iškastinio kuro (Sperling, Möller 2012).

2.2. Gyvenamasis sektorius energetikos sistemoje

Pastatams aprūpinti reikalingi labai dideli energijos kiekiai. Pasauliniu mastu pastatai suvartoja apie 40 % viso pasaulio metinio suvartojamos energijos kiekio apšvietimui, šildymui, aušinimui ir oro kondicionavimui (Shi, Chew 2012). Gyvenamųjų namų sektorius suvartoja maždaug trečdalį visos pasaulio energijos. Norint sukurti tvarią energetikos sistemą, reikia pakeisti visą energijos grandinę: nuo tiekimo sektoriaus iki energijos galutinio naudojimo technologijų. Esminė energetikos mokslinių tyrimų misija yra skatinti ir įgyvendinti metodus, technologijas ir procesus, kurie padėtų plėtoti švarias (nenaudojančias išteklių ir nulinės teršalų emisijos), efektyvias, atitinkančias skirtingų vietovių sąlygas, saugias ir patogias energijos sistemas. Tai ypač taikoma namų ūkiams ir paslaugų sektoriui, kurie užima trečiają vietą pagal energijos suvartojimą pasaulyje tarp kitų sektorių (Bocci *et al.* 2011). Remiantis autoriais J. M. Cansino, M. P. Pablo-Romero, ir kt. (2011), galutinis namų ūkių ir paslaugų sektoriaus energijos sunaudojimas siekia apie 40 % bendro galutinio energijos suvartojimo Europos Sąjungoje. Šildymui, vidutiniškai, sunaudojama apie 70 % visų namų ūkių vartojamos energijos (įskaitant ir vandens šildymą).

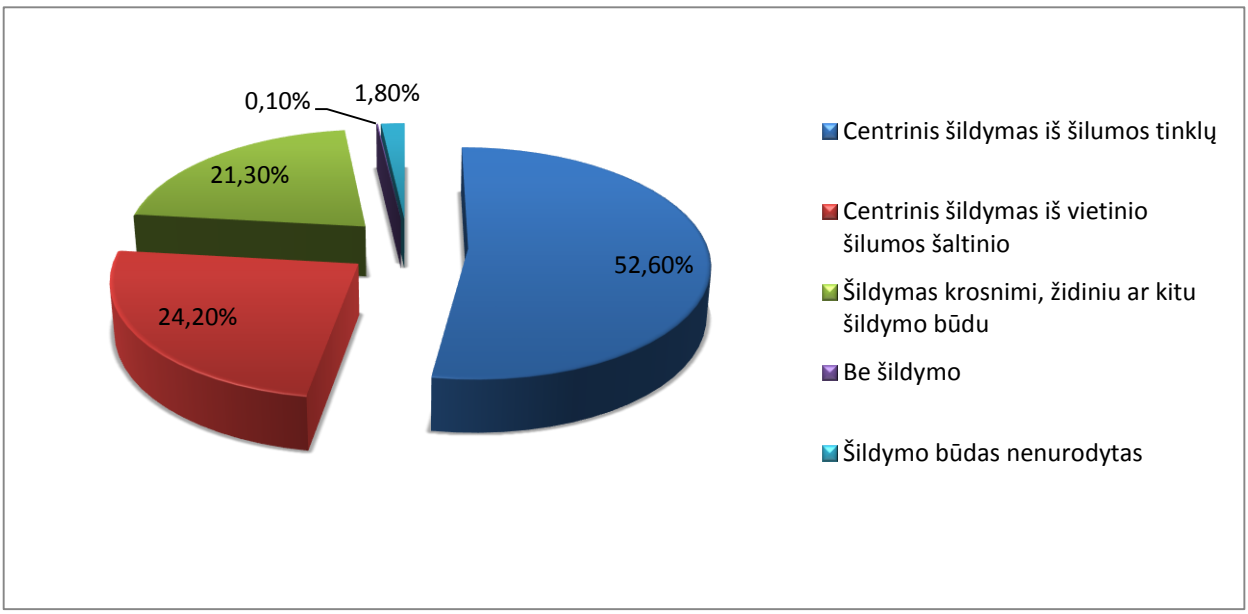
Darnus projektavimas ir statyba vis labiau populiarėja statybos pramonėje. Projektuotojai ir savininkai vis dažniau sužino, kad teisingai suprojektuoti pastatai gali taupyti energiją ir sumažinti neigiamą poveikį aplinkai. Darnūs pastatai su atsinaujinančios energijos sistemomis gali veikti savarankiškai, be įprastinių išteklių. Tai sumažina poveikį aplinkai viso pastato gyvavimo ciklo metu (Shi, Chew 2012). Atsinaujinantys energijos šaltiniai yra gera alternatyva, siekiant sumažinti išteklių sąnaudas darniame pastate. Atsinaujinančios energijos sistemos pritraukė daugelio projektuotojų ir inžinierių dėmesį ir jos galėtų patenkinti didžiąją dalį ar net visą pastatų energijos poreikį (Thirugsnanasambandam *et al.* 2010). Taigi, tai gera priemonė siekiant sumažinti energijos poreikį ir vėliau taikyti sprendimus, susijusius su energijos taupymu. Galutiniam vartotojui, norinčiam investuoti į energijos taupymo priemones, labai svarbus gebėjimas derinti ekonominį efektyvumą su aplinkosauginiu veiksmingumu (Georges *et al.* 2012).

2.3. Energijos iš alternatyviųjų energijos išteklių vartojimas individualaus būsto šildymui

Svarbus energetikos sektoriaus veiklos dalyvis – vartotojai. Auganti energijos žaliavų, tuo pačiu ir elektros energijos gamybos, paskirstymo ir tiekimo kaina skatina įvairias grupes stebėti energetikos sektoriuje vykstančius procesus bei dalyvauti rengiant strategijas ir sprendimus. Nors Lietuva vis dar yra gan toli nuo išsivysčiusių šalių pagal suvartojamą energijos kiekį, tačiau svarbu atkreipti dėmesį į didėjantį energijos vartojimą, pavyzdžiui, namų ūkiuose bei toliau prognozuoti kaip vystyti darnią energetiką, kad ateityje nekiltų didelių problemų dėl trūkumų.

Lietuvos namų ūkių sektoriuje 2011 m. suvartota apie 32,5 % galutinės energijos. Tais pačiais metais šilumos energijos balanse namų ūkiams teko net 56 % suvartotos šilumos kiekio, o elektros vartojimo balanse – apie 31 % suvartotos elektros kiekio. Atsinaujinančių išteklių energija bendrame Lietuvos energijos vartojimo balanse 2011 m. buvo 20,3 %, tai nežymiai priartino prie 23 % iki 2020 m. siektinos ribos. Siekiant šios ribos numatyta, kad namų ūkiuose atsinaujinančių energijos išteklių dalį šildymui sunaudojamų energijos išteklių balanse reikia padidinti ne mažiau kaip iki 80 % (Rogoža 2013).

2011 m. kovo 1 d. Lietuvoje buvo 1 mln. 389 tūkst. būstų (2001 m. – 1 mln. 293 tūkst.). Per dešimtmetį tarp surašymų būstų skaičius išaugo 7,4 %. Tradicinių būstų (vieno buto ar dviejų butų namuose, butų daugiabučiuose namuose ar negyvenamuosiuose pastatuose) buvo 1 mln. 374 tūkst., arba 98,9 % visų būstų (2001 m. – 1 mln. 275 tūkst., arba 98,6 %), bendro naudojimo gyvenamųjų būstų (būstų bendrabučiuose, viešbučiuose) – 14,6 tūkst., arba 1,1% (2001 m. – 17,4 tūkst., arba 1,4 %). Netradicinių būstų (nepritaikytų gyventi ištisus metus sodo namų, vagonėlių, kitokių statinių ar pan.) užfiksuota 257 arba 0,02 % (2001 m. – 554, arba 0,04 %). Mieste vyravo butai daugiabučiuose namuose ir negyvenamuosiuose pastatuose (80 %), kaime – vieno buto namai (78 %). Per dešimtmetį tiek mieste, tiek kaime padidėjo vieno buto namų lyginamoji dalis (atitinkamai 2,2 % ir 3,5 %).



2.2 pav. Būstų šildymo būdai pagal dalį Lietuvoje (sudaryta autorės, remiantis Lietuvos statistikos departamento informacija 2013)

723,1 tūkst. būstų (52,6 %) buvo įrengtas centrinis šildymas iš šilumos tinklų, 332,4 tūkst. (24,2 %) – centrinis šildymas iš vietinio šilumos šaltinio, 292,9 tūkst. (21,3 %) būstų buvo šildomi krosnimi, židiniu ar kitu šildymo būdu. 1,9 tūkst. būstų (0,1 %) buvo be šildymo, 24 tūkst. būstų (1,8 %) šildymo būdas nebuvo nurodytas (2.2 pav.). Mieste 75,6 % būstų buvo įrengtas centrinis

šildymas iš šilumos tinklų. Kaime 49 % būstų buvo šildomi krosnimi, židiniu ar kitu būdu, o 41,5 % būstų turėjo centrinį šildymą iš vietinio šilumos šaltinio (Lietuvos statistikos departamentas 2013).

Pastatų sektorius Lietuvoje yra viena iš didžiausio potencialo sričių, kurioje galima žymiai sumažinti išmetamų teršalų kiekį ir pirminės energijos sąnaudas. Vadovaujantis tvariosios plėtros principais, vertinant pastato energijos poreikius turi būti atsižvelgiama į visą per jo gyvavimo ciklą sunaudotą pirminę energiją. Daugiausia teršalų pastatai išskiria ir energijos suvartoja dviejų pagrindinių jų gyvavimo fazių laikotarpiu – sukūrimo ir naudojimo. Paprastai gyvenamieji pastatai statybos fazėje gali suvartoti nuo 1 % iki 20 % pirminės energijos, tačiau skirtingų tipų pastatų energijos sąnaudos gali labai skirtis. Mažaenergių pastatų statybos ir sunaikinimo fazių energijos sąnaudos gali sudaryti nuo 40 % iki 70 % per visą namo gyvavimo laikotarpį suvartotos energijos, o nulinės energijos pastatų – siekti net viso pirminės iškastinės energijos kiekio sąnaudas (Rogoža 2013).

Statinių šildymo, vėdinimo ir vėsinimo (ŠVV) sistemos tenkina statinio architektūriniais bei technologiniais sprendimais, vietovės klimatinėmis sąlygomis bei vartotojų naudojimo elgsena suformuojamus energijos ir šviežio oro poreikius patalpų kokybiškam mikroklimatui užtikrinti. Bendroji pirminė energinio efektyvumo didinimo pastatuose tendencija yra gerinti pastatų termoizoliacines savybes, t. y. kurti ir statyti mažos energijos („pasyvius“, „neutralius“, „žalius“, „sveikus“, „eco-“, „išmanius“, „nuovokius“ ir pan.) pastatus. Tokie pastatai reikalauja visiškai naujų energijos vartojimo sistemų ir įrangos, nes esminiai izoliacinių savybių pokyčiai žymiai pakeičia proporcijas tarp energijos poreikių šildymui, vėsinimui, vėdinimui, karšto vandens ruošimui, apšvietimui. Kiekvieno pastato bendrus energijos poreikius tenkinančių sistemų individualaus efektyvumo didinimo mokslinės ir technologinės plėtros uždaviniai svarbūs tiek naujiesiems, tiek jau esantiems pastatams. Antra vertus, šiuo metu akcentuojama, kad pastatams turi būti taikomas principas „Optimizuoti globaliai, projektuoti vietovei“ (angl. *G.O.L.D.*). Šiuo požiūriu iškyla uždaviniai tobulinti atsinaujinančios, atliekinės ir iškastinio kuro energijos panaudojimo integruotų derinių paieškos metodus, perengti moksliniais tyrimais pagrįstas priemones, po to – ir inžinerinius sprendinius (Lietuvos mokslo taryba 2010).

Sprendžiant energijos sąnaudų pastatuose mažinimo uždavinius, labai svarbus sisteminis požiūris į šią problemą. Todėl svarbu ne tik pasirinkti tinkamas statybines medžiagas bei galingas šildymo sistemas, bet ir į šią problemą pažiūrėti socialiai – rinktis tokias sistemas, kurios būtų palankios aplinkai, skatintų darnios energetikos plėtrą, o kartu ir tinkamai aprūpintų pastatą energija. Todėl, siekiant sistemiškai įvertinti energijos sąnaudų mažinimo problematiką, norint sutaupyti bei nepakenkti aplinkai, labai svarbu apsvarstyti atsinaujinančių energijos išteklių integraciją į pastatų energetines sistemas.

Būsto šildymo būdo pasirinkimas – nemažai diskusijų bei apmąstymų sukeliantis klausimas kiekvienam būsto statytojui ar gyventojui, norinčiam sumažinti suvartojamos energijos kiekį bei kaštus šildymui. Svarbu kuo anksčiau išanalizuoti ir įvertinti galimus šildymo budus. Renkantis šilumos šaltinį, visuomet galima išskirti daugybę argumentų „už“ ir „prieš“. Be abejo, kiekvienas šildymo variantas turi tiek privalumų, tiek trūkumų. Čia taip pat ryški pusiausvyra: tas pats šildymo būdas niekada negali būti ir labai komfortiškas ar geras, ir tuo pat metu labai pigus. Priimant galutinį sprendimą, visuomet rekomenduojama palyginti šilumos kainos ir komforto santykį, žinoma, atsižvelgiant i energijos ir kuro kainų prognozes (Šuksteris, Jonynas 2014).

Toliau pateikiami keli pagrindiniai dalykai, kuriuos būtina tinkamai apsvarstyti, renkantis būsto šildymo sistemą:

- Komforto lygio įvertinimas – kiekvienam iš analizuojamų namo šildymo variantų reikėtų nubrėžti ribas, kurios nusakytų šildymo komfortabilumą, tai galėtų būti keletas kriterijų, kuriais vadovaujantis būtų galima priimti labiausiai tinkamą sprendimą šildymo sistemos komfortabilumo atžvilgiu (pvz. katilinės įrangos kompaktiškumas, kasdienės priežiūros (eksploatavimo) ypatumai, vietinės aplinkos tarša, pasirinkto šilumos generavimo šaltinio suderinamumas su alternatyvomis ir t. t.);
- Kuro ir energijos kainų perspektyvos – pasaulinės tendencijos rodo kasmet augančią iškastinio (organinio) kuro paklausą, iš naftos gaminamų produktų vartojimas dabartiniu laikotarpiu gali buti sustabdytas tik labai didelėmis jų kainomis, padidėjusios kainos skatina mažinti vartojimą, o naujos technologijos energetikoje – iki tol buvusios per brangios – tampa efektyviomis;
- Investicijos – kiekvienam šilumos generavimo šaltiniui reikalingi specifiniai įrenginiai, palyginus šių įrenginių kainas tarpusavyje, neretai jos gerokai skiriasi – pastato šildymo sistemos pasirinkimas ir investicijos į ją priklauso nuo būsto savininko norų bei šilumos šaltinio tipo (Šuksteris, Jonynas 2014).

Taigi, apibendrinant galima teigti, kad siekiant aukšto komforto lygio (lengvos kasdienės priežiūros, nedidelės arba jokios vietinės aplinkos taršos ir pan.) bei priimtinos energijos kainos (nepriklausomos nuo monopolinių tiekėjų), dabartiniams vartotojams būtina atsigręžti į alterantyviosios energijos vartojimą, imti plėtoti tvarią energetiką būstuose diegiant aletrantyviosios energijos technologijas.

Lietuvoje plačiausiai šildymui naudojami atsinaujinantys energijos ištekliai yra biomasė, geoterminė ir saulės energija, labai retai – vėjo energija. Didžiąją dalį šių sunaudojamų išteklių sudaro biokuras. Pagrindiniai šildymui naudojami biomasės ištekliai yra mediena ir jos atliekos, žemės ūkio produktai ir biodujos (LR Energetikos ministerija 2009). Dar neseniai šildymas malkomis buvo pati pigiausia šildymo rūšis, tačiau pamažu ji tampa prabanga, nes labai brangsta

žaliava, todėl daugelis vartotojų renkasi pjuvenų briketus arba granulių kūrenimą. Kietasis kuras nėra itin patogus šildymo būdas, nes jo gabenimas bei laikymas reikalauja daugiau išteklių nei šildant kitomis priemonėmis. Sparčiai populiarėjanti alternatyva brangstančioms malkoms – pjuvenų briketai. Jų energetinė vertė didesnė, mažesnės transportavimo ir laikymo problemos, nes briketai užima mažiau vietos nei malkos. Granulės – pati patogiausia kietojo kuro rūšis. Kuro padavimas į katilą yra automatizuotas (bunkerio papildymas kas 3 – 7 dienas arba kartą per sezoną, priklausomai nuo kuro bunkerio talpos) ir nereikalauja nuolatinės priežiūros, tereikia įsigyti kokybiškų granulių. Automatiškai palaikoma nustatyta patalpos temperatūra. Tačiau granulėmis kūrenamų sistemų kaina – gerokai aukštesnė nei kitų kietojo kuro sistemų (Katinas *et al.* 2007). Siekiant didinti biomasės panaudojimą energijos tikslams, reikia skatinti iki šiol nepakankamai panaudotų išteklių naudojimą: miško kirtimo atliekų, trumpos rotacijos želdinių, šiaudų, komunalinių atliekų ir biodujų panaudojimą energijai gaminti (LR Energetikos ministerija 2009).

Saulės energija būstui aprūpinti gali būti naudojami saulės kolektoriai. Saulės kolektorius – įrenginys, naudojamas saulės energijos, pernešamos matomąja šviesa ir infraraudonaisiais spinduliais, surinkimui. Saulės kolektoriai įprastai yra naudojami buitinio karšto vandens ruošimui. Taip pat saulės kolektoriais galima šildyti patalpas, plaukimo baseinus ar tiekti šilumą technologiniam procesui. Saulės kolektoriai padeda sumažinti išlaidas, tenkančias šildymui ir karšto vandens ruošimui. Be to, tai aplinkai palankūs įrenginiai, kuriuos naudojant visiškai neteršiama aplinka ir į aplinką nėra išmetama šiltnamio efektą sukeliančių dujų. Tai prisideda prie švaresnės aplinkos išsaugojimo. Visgi reikia nepamiršti, kad saulės kolektorius nėra alternatyva kitos rūšies šildymui, sistema viena veikti ir aprūpinti viso būsto energija negali. Tai yra galingas jau turimos sistemos efektyvumo didinimo įrankis, nes sistema yra lengvai kombinuojama su kitomis (pvz., elektriniu ar geoterminiu šildymu) (Moldovan *et al.* 2014).

Geoterminei energijai pastato šildymui išgauti šilumos siurblys ima pirminę energiją iš grunto, gruntinio vandens ar oro ir paverčia ją šiluma, kurią naudoja pastatui šildyti ir buitiniam karštam vandeniui ruošti. Svarbiausia yra tai, kad gaunamas šilumos kiekis yra apie 4-5 kartus didesnis už sunaudotą energiją. Tai ekologiškas, modernus šildymo būdas, taupi ir autonomiškumą garantuojanti technologija (nereikia dujų prievado ir vežti kuro), tačiau, norint įsirengti šilumos siurblį, reikalinga didelė pradinė investicija, tai brangi ir lėtai atsiperkanti technologija, jos įrengimas kainuoja brangiau nei bet kurios kitos sistemos. Be to, šiai sistemai įrengti reikia nemažai būtinų sąlygų: reikalingas 10 kW elektros prievadas, 3–6 arų plotas kolektoriaus klojimui arba vieta pastatyti siurblio įrenginiui, jei pasirenkamas oro šilumos siurblys. Šios sistemos efektyvumas krinta labiau pašalus, nes tuomet įsijungia elektriniai tenai, kurie padidina šildymo išlaidas. Kita vertus, šilumos siurbliu apšildomam namui nereikia kamino. Šilumos siurblys veikia automatiškai ir užtikrina itin aukštą komforto lygį (Brandl 2013).

Vėjo energija būstui aprūpinti gali būti naudojama vėjo mirkoelektrinių (buitinių jėgainių) pagalba. Gali aprūpinti sodybas nedideliu kiekiu elektros, reikalingos apšvietimui, radijai, smulkiai buitinei elektronikai. Paprasta konstrukcija užtikrina ilgaamžiškumą ir atsparumą neigiamam aplinkos poveikiui. Dažniausiai namų ūkiuose diegaimos vertikalios ašies vėjo jėgainės, kurios kelia mažiau triukšmo. Vienas didžiausių privalumų – gebėjimas išnaudoti nepastovios krypties vėją ar gūsius, susidarančius virš pastatų stogų. Tačiau ši technologija, kaip ir saulės, būsto šildymui viena veikti negali – būtina technologiją kombinuoti (patogiausia alternatyva – elektrinio šildymo sistema). Išgauti energiją iš vėjo būsto šildymui šiuo metu Lietuvoje nėra labai populiaru, technologija brangi ir neefektyvi.

Taigi, tobulėjant technologijoms, iškastiniam kurui brangstant, o alternatyviai energetikai populiarėjant, iš atsinaujinančių energijos išteklių gaunama energija gali būti tinkamai panaudota būsto aprūpinimui energija. Šiuo metu visuomenėje plintant darniosios raidos principams, aplinkosaugos klausimai tampa aktualūs ne tik politine prasme, tačiau jais vis dažniau domisi ir individualūs vartotojai. Todėl galimybė aprūpinti būstą energija, išgaunama iš alternatyvių energijos išteklių tampa puikia alternatyva ir susilaukia vis didesnio visuomenės susidomėjimo. Tomet lieka ne ką mažiau svarbus dalykas – parinkti savo būstui tinkamiausią šaltinį ir energijos gamybos technologiją. Tam kiekvienas vartotojas privalo nusistatyti savo poreikius, prioritetus ir nuspręsti, kokia technologija jam priimtiniausia. Pasirinkti technologiją galėtų padėti ir įvairios sprendimų paramos sistemos, modeliai ar pan., tačiau dar nėra sukurta tinkama sistema, kuri galėtų įvairiais aspektais įvertinti individualiam būstui energija aprūpinti tinkančias sistemas ir išrinkti vieną optimalią sistemą. Kitame šio darbo skyriuje bus nagrinėjamas galimas šios sistemos sudarymo modelis, kriterijų rinkinys bei sistema bus praktiškai pritaikoma individualaus būsto aprūpinimo energija technologijos parinkimui.

3. APRŪPINIMO ENERGIJOS IŠTEKLIAIS TECHNOLOGIJŲ PARINKIMO SISTEMA

Labai svarbus žingsnis, mažinantis aplinkos taršą ir saugantis gamtinius išteklius, yra atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas energijai gaminti. Pasaulyje ėmus plisti idėjoms apie alternatyviuosius energijos šaltinius ir galimybę iš jų išgauti švarią, pigią energiją, imta įvairiais būdais stengtis išrasti tam tinkamas technologijas, o vėliau – jas tarpusavyje lyginti ir rinkti tinkamą. ES yra siekiama, kad iki 2020 m. ES šalyse būtų įgyvendinti numatyti plataus užmojo tikslai energetikos ir klimato kaitos srityse: 20 % sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, iki 20 % padidinti atsinaujinančiosios energijos dalį ir 20 % padidinti energetikos efektyvumą. Diskusijos, susijusios su alternatyviąja energetika rodo, jog nėra vieno tinkamo sprendimo, kad atsinaujinanti energetika taptų efektyviai veikiančia sistema.Todėl buvo pradėtos kurti ir plėtoti įvairios sprendimų paramos sistemos, kurios padėtų parengti sprendimus.

Dažniausiai tokiomis sistemomis sprendžiami globalūs klausimai – renkamos ir lyginamos sistemos, kurios gali aprūpinti didelius vartotojų kiekius. Taip pat veikia ir ES mastu kuriamos ir plėtojamos programos ir sistemos – jos skirtos padėti ES šaliųnarių vyriausybėms pasiruošti įgyvendinti Atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) Direktyvą, įvertinant AEI panaudojimo šildymui ir vėdinimui galimybes (Lietuvos energetikos institutas 2011), t. y. kuriamos vertinimo sistemos ir kriterijų rinkiniai, siekiant įvertinti ar išrinkti sistemas, kurios energija gali aprūpinti regioną, šalį ir pan.

Tokias sistemas adaptuoti individualiems vartotojams yra labai svarbu, tačiau dėmesio būstui taikomų technologijų parinkimui nėra daug – nėra sudarytas ir patvirtintas kriterijų rinkinys, pagal kurį būtų galima kurti specialias sprendimų paramos sistemas taip padedant vartotojams apsispręsti, kokią būsto aprūpinimo energija technologiją jiems vertėtų pasirinkti. Šioms sistemoms sukurti ir kriterijų rinkiniui sudaryti gali būti keli būdai – adaptuoti globaliai ar regiono mastu taikomas sistemas individualiems poreikiams (remiantis pasauline praktika) arba sudaryti naują modelį, kuris parodytų, kokie galėtų būti prioritetai renkantis technologiją individualiam būstui.

Dėl visų aukščiau išvardintų priežasčių bei temos aktualumo, išnagrinėto literatūros apžvalgoje šio darbo pirmuosiuose skyriuose, šiame skyriuje, praktinėje darbo dalyje PĮSETA analizės pagalba nagrinėta makroaplinka, turinti įtakos sprendžiant su alternatyviąja energetika susijusius klausimus, sudarytas alternatyviosios energijos pritaikymo individualiam būstui modelis, parodantis pagrindinius veiksnius, į kuriuos turėtų būti kreipiamas dėmesys vertinant sistemas, pritaikytas būstui alternatyviąja energija aprūpinti. Pagal šiuos aspektus ir makroaplinkos apžvalgą sudarytas kriterijų, tinkančių vertinti būtent individualiam būstui skirtas technologijas, rinkinys, kuris pritaikytas praktiškai, naudojantis daugiakriteriais vertinimo metodais.

3.1. Alternatyviosios energetikos makroaplinkos PĮSETA analizė

Yra daug makroaplinkos veiksnių, kurie gali turėti įtakos priimant sprendimus bet kurioje organizacijoje ar veikloje. Mokesčių pokyčiai, nauji įstatymai, prekybos barjerai, demografiniai pokyčiai ir Vyriausybės politikos pokyčiai – puikūs makroaplinkos pokyčių pavyzdžiai. Siekiant paprasčiau išanalizuoti visus šiuos veiksnius buvo sukurta PĮSETA (ang. PESTEL) analizė, kurioje visi faktoriai suskirstyti į šešias kategorijas. Paprasčiau tariant, tai strateginė analizė, apimanti šešis makroaplinkos aspektus: politinį, įstatyminį, socialinį, ekonominį, technologinį ir aplinkosauginį (3.1 lentelė) (Sircar *et al.*2013).

3.1 lentelė. Šeši PĮSETA analizės makroaplinkos aspektai

P	Politiniai veiksniai
Į	Įstatyminiai veiksniai
S	Socialiniai veiksniai
E	Ekonominiai veiksniai
T	Technologiniai veksniai
A	Aplinkosauginiai veiksniai

Visi šie šeši aspektai yra naudojami siekiant atlikti analizę, kuria numatoma apibrėžti globalios plėtros galimybes ir rizikas. Naudojant PĮSETA analizės struktūrą dažniausiai analizuojama daug skirtingų faktorių, apimančių organizacijos ar veiklos makroaplinką. Kiekvienas iš veiksnių turi jam priskirtus faktorius (politinius, įstatyminius, socialinius, ekonominius, technologinius ir aplinkosauginius), kurie pagal analizuojamą sritį gali būti koreguojami, tačiau pagrindinė jų esmė visad išlieka panaši – faktoriai turi atitikti analizuojamą veiksnį. Dažnai pasitaiko, jog kai kurie faktoriai gali tikti kelioms kategorijoms, tačiau tokiu atveju rekomenduojama nuspręsti, prie kurių veiksnių faktorius tinka labiausiai (Shilei, Yong 2009).

Atliekant PĮSETA analizę svarbu yra ne tik priskirti kiekvienai kategorijai faktorius ir juos užrašyti, bet ir apgalvoti bei nuspręsti, kurie faktoriai turi didžiausią įtaką veiklai, pokyčiams ir galimybėms. Kiekviena organizacija turi identifikuoti pagrindinius faktorius, susijusius su jų veikla. Kaip tai atlikti nėra apibrėžta, tačiau vienas iš būdų – suranguoti galimų ivykių ar pokyčių tikimybes. Kuo didesnė galimybė ir jos įtaka, tuo reikšmingesnis šis faktorius organizacijos ar veiklos planavimui (Oxford University Press 2007).

Būtent PĮSETA (ang. PESTEL) analizė ir yra tinkamiausia energetikos sektoriaus makroaplinkos tyrimams. Atliekant išsamią energijos rūšių analizę buvo pasirinkta vienos populiariausių PEST analizės modifikacija – PĮSETA analizė. PEST analizės metu yra siekiama

nustatyti politinius – teisinius, ekonominius, socialinius ir technologinius veiksnius, kurie turi ar gali turėti įtakos tam tikrai veiklai ar plėtrai, tačiau PĮSETA analizė papildomai apima vienus svarbiausių – aplinkosauginius ir įstatyminius faktorius. Atliekant makroaplinkos analizę ypatingą svarbą turi politinės, teisinės aplinkos analizė, nes energetikos sektoriui būdingas griežtas teisinis veiklos reglamentavimas. Neišvengiamai nuo šių faktorių priklauso efektyvus atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas tiek pasaulyje, tiek Lietuvoje, kadangi tinkama įstatyminė bazė, skatinimo priemonės atveria kelią efektyviai atsinaujinančių energijos šaltinių plėtrai, o aplinkosauginiai aspektai apibūdina svarbiausius veiksnius, lemiančius globalių aplinkos problemų sprendimo galimybes. Taikant PĮSETA analizę aplinkai analizuoti naudojami kiekybiniai bei kokybiniai prognozavimo metodai (Sliogeriene *et al*. 2013). Taigi, PĮSETA analizė pasirinkta dėl to, kad ji apima veiksnių sritis, kurios yra esminės energetikos srityje. Pagrindiniai PĮSETA analizės energetikos sektoriuje veiksniai pateikti 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. PĮSETA analizės veiksnius apibrėžiantys faktoriai

POLITINIAI VEIKSNIAI	**EKONOMINIAI VEIKSNIAI**
• Teisinis reglamentavimas; • ES plėtra; • Šalies politinė situacija; • Mokesčių (akcizų) politika; • Užsienio investicijų galimybės; • Susitarimai dėl plėtros strategijų • Paramos sistemos; • Kt.	• Ekonomikos augimas; • Nacionalinės pajamos; • Infliacija; • Nedarbo lygis; • Palūkanų normos; • Valiutų kursų svyravimai; • Investicijų klimatas; • Gamybos veiksnių kainos; • Pramonės plėtra; • Kt.
ĮSTATYMINIAI VEIKSNIAI	**TECHNOLOGINIAI VEIKSNIAI**
• Įstatyminė bazė; • Įstatymų pakeitimai; • Įvairūs reglamentai; • Konkurencingumą sektoriuje skatinanti teisė; • Sveikatos saugos ir darbo teisė • Kt.	• Naujos technologinės galimybės; • Procesų valdymo priemonės; • Kokybės gerinimas; • Inovacijų diegimas; • Naujų produktų kūrimas; • Technologijų atnaujinimo sparta; • Techninių žinių sklaida; • Kt.

3.2 lentelės pabaiga

SOCIALINIAI VEIKSNIAI	APLINKOSAUGINIAI VEIKSNIAI
• Švietimas; • Sveikatos apsauga; • Kultūra; • Įdarbinimo galimybės; • Gyventojų pajamų augimas; • Demografiniai ypatumai; • Emigracija; • Pajamų paskirstymas ir vartojimo lygis; • Kvalifikuotų specialistų pasiūla; • Darbo santykių kultūra; • Kt.	• Gamtosaugos problemos; • Klimato pokyčiai; • Aplinkos apsauga; • Globalinis atšilimas; • Taršos mažinimas; • Kt.

3.2 lentelėje pateiktus faktorius sukonkretinus buvo išnagrinėtos penkios iš atsinaujinančios energijos išteklių išgaunamos energijos rūšys:

- Bioenergija – labiausiai paplitęs atsinaujinantis energijos šaltinis. Nors kasmet pasaulyje susidaro daugiau biomasės, negu reikia žmonijos energijos poreikiams tenkinti, kyla klausimas, kodėl šis energijos šaltinis nėra pakankamai išnaudojamas ir kokie makroaplinkos veiksniai turi tam įtakos;
- Vėjo energija – kuri pastaruoju metu pasaulyje buvo gana prieštaringai vertinama, nors ir yra viena iš mažiausiai aplinkai kenkiančių energetikos šakų. Nors ši šaka pasaulyje yra pakankamai išplėtota, tačiau vis dar nėra pašalintos visos kliūtys visapusiškai išnaudoti šį energijos šaltinį;
- Geoterminė energija – pakankamai unikalus atsinaujinančios energijos šaltinis, nes šios energijos rūšies gavybai nereikalingos ypatingos ar besikeičiančios klimatinės sąlygos, o energijos gavyba gali vykti visą parą;
- Vandens energija – iš judančio vandens jėgos gaunama energija, kuri dėl nepertraukiamo vandens ciklo gali būti gaminama nuolat. Šiuo metu ši atsinaujinančios energetikos šaka yra prieštaringai vertinama ir dažnai net labai griežtai reglamentuojama įstatymais;
- Saulės energija – saulė yra pats galingiausias atsinaujinančios energijos šaltinis, tačiau jos potencialas elektrai ir šilumai gaminti kol kas naudojamas mažiausiai.

Visi PĮSETA analizės rezultatai pateikti A priede.

Atlikus bioenergijos analizę galima daryti išvadą, jog biomasės ištekliai Lietuvoje yra kone didžiausi iš visų atsinaujinančių energijos šaltinių, todėl biokuras gali konkuruoti su įprastiniais

energijos šaltiniais dėl konkurencingos kainos bei mažina priklausomybę nuo kuro importuotojų. Tačiau nors ir bioenergijos potencialas Lietuvoje yra labai didelis, tenka pripažinti, jog šis atsinaujinantis energijos šaltinis neskatina energetikos kultūros kūrimosi, nereikalauja kvalifikuotos darbo jėgos, o tai stabdo socialinės aplinkos tobulėjimą. Nors bioenergetika nėra pati palankiausia aplinkai atsinaujinančios energetikos rūšis, tačiau įstatyminė bazė šalyje yra išsamiausia ir palankiausia bioenergijos naudojimui.

Iš vėjo pagaminta energija skatina regioninę plėtrą, augimą ir inovacijas, o tai lemia energetinės kultūros plėtrą ir socialinės aplinkos tobulėjimą. Nors vėjo energijos gamybai yra naudojami tik atsinaujinantys ištekliai, tai yra brangi atsinaujinančios energetikos šaka dėl sudėtingų technologijų bei vėjo energijos svyravimų, kuriuos tenka kompensuoti kitais energijos šaltiniais. Nepaisant visų teigiamų šios energetikos šakos aspektų, Lietuvoje vėjo energijos pramonės plėtrą stabdo įtaka energetikos sistemų veiklai.

Geoterminės energijos gamybos būdo niekaip neveikia nei klimatinės, nei laikotarpio sąlygos, tačiau palyginus didelės technologijų įdiegimo pradinės investicijos ir ilgas atsipirkimo laikas. Taip pat reikalinga reguliari įrenginių priežiūra, nes požeminio vandens sudėtyje esančios druskos ir mineralai gali ypatingai komplikuoti įrengimų darbą, be to į gręžinius injekuojamų cheminių reagentų poveikis aplinkai nėra nustatytas. Dar vienas svarbus veiksnys – norint efektyviai naudoti geoterminę energiją, yra būtina taikyti skatinimo priemones, o joms Lietuvoje yra skiriamas nepakankamas dėmesys – valstybė silpnai remia technologijų, naudojančių atsinaujinančius energijos išteklius, tyrimus.

Nors hidroenergetika yra ekonomiškai naudinga ekologiškos energetikos šaka, tačiau Lietuvoje dėl gamtinių sąlygų šios energijos naudojimo galimybės jau yra išeikvotos ir plėtra ne tik griežtai reglamentuojama, bet ir praktiškai nebeįmanoma ne tik šalies mastu, bet ir individualioms reikmėms.

Atlikus PĮSETA analizę matyti, jog saulės energijos gamyba skatina enegertikos kultūros kūrimąsi – saulės energija palaiko vietinių darbo vietų ir gerovės kūrimą. Po pradinės investicijos susigrąžinimo, saulės energijos naudojimas yra beveik nemokamas dėl mažų eksploatavimo išlaidų, tačiau pasibaigus eksploatavimo laikui nėra numatytas panaudotų saulės elementų utilizavimas. Nors saulės energijos sistemos gali veikti nepriklausomai, nereikia prijungti prie elektros energijos ir dujų tinklų, o gaunama energijos forma yra labiausiai priimtina vartojimui, tačiau energija yra nepastovi, nes priklauso nuo meteorologinių sąlygų ir paros laiko. Lietuvoje energijos iš saulės gavybą taip pat riboja klimatinės sąlygos ir technologijų kaina.

Apibendrinant atliktą visų AEI analizę galima daryti išvadą, kad kiekvienas šaltinis yra unikalus, turi savo privalumų, kuriuos reikia plėtoti ir išnaudoti, bei trūkumų, kuriuos sunku pašalinti ar apeiti. Sudėtinga įvertinti, kurie iš jų turi didžiausią įtaką renkantis priimtiniausią

variantą individualiam naudojimui, nes tai priklauso nuo poreikių, finansavimo ir kitų makroaplinkos veiksnių jau aptartų anksčiau.

3.2. Modelio sudarymas

Siekiant sudaryti tinkamą tvarios energetikos sandaros modelį, būtina remtis ne tik pačios energetikos samprata, bet ir darniosios plėtros, kaip koncepcijos, tikslais bei įsigilinti į veiksnius, kurie apima tvarią energetiką bei sudaro energetikos srities makroaplinką, t. y. sudaryti aspektų, darančių įtaką tvarios energetikos modelio veikimui, rinkinį. Šis rinkinys vėliau gali būti pritaikomas kriterijų blokams, remiantis kiekvienu išvardintu aspektu, sudaryti. Kriterijai reikalingi parinkti tinkamą individualaus būsto šildymo sistemą.

Modelyje minimi šeši veiksniai: politiniai, įstatyminiai, ekonominiai, aplinkosauginiai, technologiniai ir socialiniai, labiausiai tinka siekiant įvertinti ne tik technologiškai efektyvią ir ekonomiškai naudingą, bet ir kitais aspektais pranašią, tvarios energetikos sampratą atitinkančią šildymo sistemą – tai tie patys aspektai, kuriais kiekviena energijos rūšis ir jos makroaplinkos veiksniai buvo nagrinėjami PĮSETA analizėje. Makrolygmens veiksniai nusako šalies ar pramonės efektyvumo lygį. Kartu makrolygmens veiksniai daro poveikį ir atskirų ūkio šakų išsivystymo lygiui. Energetikos sektoriaus technologijų efektyvumas reikšmingai priklauso nuo veikiančių makrolygmens kintamųjų veiksnių, tokių kaip darniojo vystymosi samprata bei energetikos politika, vyraujančios šalyje. Labai svarbios makrolygiu yra šalyje priimta Nacionalinė darnaus vystymos strategija ir Nacionalinė energetikos strategija bei jose numatyti tarptautiniai, politiniai įsipareigojimai, susitarimai, energetiniai bei darnaus vystymosi tikslai. Taip pat labai svarbūs makrolygiu yra šalyje priimti teisės aktai, mokesčių sistema, kreditų sąlygos, priklausomybė nuo pirminių išteklių ir žaliavų ir t. t. Priklausomai nuo makrolygmens veiksnių poveikio visumos, kinta ir analizuojamos technologijos efektyvumo lygis, tos technologijos paklausa iš vartotojų pusės (Sliogeriene *et al.* 2013).

Energijos gamybos technologijų darnumo įvertinimas leidžia parinkti tinkamą energijos gamybos technologiją bei apsvartyti jos įtraukimą į energetikos modelius. Be to, tai puiki galimybė įvertinti esamas ir numatyti galimas paramos priemones šioms pažangioms technologijoms, analizuojant politinius bei įstatyminius aspektus, susijusius su konkrečiomis individualių būstų šildymo sistemomis. Atliekant aplinkosauginių aspektų vertinimą, galima įvertinti palankiausią aplinkai technologiją, atitinkančią užsibrėžtus prioritetinius energetikos sektoriaus plėtros tikslus. Ekonominių ir technologinių aspektų vertinimas apima pačius tiksliausius – kiekybinius duomenis, pagal kuriuos technologijų individualius požymius galima palyginti konkrečiai – naudojantis techniniais duomenimis ar pinigine išraiška pateiktais duomenimis. 3.1 paveiksle yra pateikiamas sudarytas alternatyviosios energijos pritaikymo individualiam būstui modelis.



3.1 pav. Alternatyviosios energetikos pritaikymo individualiam būstui modelis

Alternatyviosios energijos pritaikymo individualiam būstui modelis sudarytas iš trijų pagrindinių blokų:

- Darniojo vystymosi sampratą apimantis blokas – visų prima apimantis darniosios raidos koncepciją kaip visumą bei pereinantis į nacionalinę darniojo vystymosi strategiją, kuri numato su ES darniojo vystymosi politika susijusius šalies tikslus ir prioritetus;
- Energetikos strategiją apimantis blokas – šis blokas sudarytas iš ES energetikos politikos ir šalies energetikos politikos, apimantis prioritetines energetikos plėtros kryptis ir tiek ES, tiek šalies, šiuo atveju Lietuvos, energetikos politiką;
- Tvarios energetikos blokas – šis blokas apjungia darniosios plėtros politiką ir energetikos strategiją apimančius blokus ir atspindi jų abiejų visumą – tvarią energetiką – AEI panaudojimą, plėtojimo tendencijas. Būtent tvari energetika yra nagrinėjama ir renkant tinkamą energijos gamybos individualiam būstui sistemą, t. y. individualaus būsto šildymo

sistema turi atitikti tvarios energetikos sampratą, taip pat atsižvelgiant į šešis tiek tvariai energetikai, tiek renkamai technologijai svarbius aspektus:

- Politinius;
- Įstatyminius;
- Ekonominius;
- Aplinkosauginius;
- Technologinius;
- Socialinius.

Toliau šie šeši aspektai bus aptariami plačiau:

Politinių veiksnių įvertinimas, analizuojant energetikos sektorių, yra svarbus dėl įvairių politinių sprendimų, susijusių su energetikos plėtra arba tiesiog šalies energetikos politikos – kokią veiklos schemą tuo metu vykdo šalis, kurie ištekliai yra lengvai pasiekiami, kokia mokesčių politika, taikoma žaliavoms ir pan. Taip pat yra svarbu superkamos perteklinės energijos kainos bei kiti su politika susiję elementai, tokie kaip įvairios paramos sistemos bei kiti skatinimo įrankiai.

Įstatyminiai veiksniai, kalbant apie energetikos sektorių ir konkrečiai individualius vartotojus, turi reikšmę jei šalyje yra suformuota didelė ir stipri įstatyminė bazė, susijusi su energetikos plėtra. Aktualūs yra visi įstatymai, susiję su elternatyviąja energetika, šildymo sistemomis, statybos reglamentai, įvairios strategijos bei visų šių dokumentų įtaka šildymo sistemų diegimui individualioms reikmėms.

Ekonominiai veiksniai vieni iš svarbiausių. Reikia pripažinti, jog dažniausiai individualūs vartojai šildymo sistemas renkasi pirmiausiai pagal jų įrengimui reikalingus kaštus bei skaičiuoja, kiek jiems kainuos vėliau tą sistemą išlaikyti, per kiek laiko technologija atsipirks ir ar visą tai daryti apsimoka pinigine prasme. Taigi, energijos kaina bei technologijos eksploatavimo kaštai, renkantis sistemą individualioms reikmėms, yra pagrindiniai veiksniai, kuriuos vertina vartotojas.

Analizuojant energetikos sektoriaus veiklą, būtina tinkamai įvertinti aplinkosaugos veiksnius. Energetikos sektoriuje veikiančios įmonės bei individualūs vartotojai daro aplinkai itin didelį poveikį. Energijos gamybos procese yra plačiai naudojamas organinis kuras, kurio kiekiai yra riboti. Todėl švaresnės gamybos priemonės analizuojant sektoriaus plėtrą ir parenkant energijos gamybos technologijas yra labai veiksminga bei ekonomiškai naudinga veiklos kryptis.

Technologiniai veiksniai, kaip ir ekonominiai, yra vieni svarbiausių – tai kiekybine išraiška nusakomi veiksniai, kurie parodo sistemos galingumą, technologijos inovatyvumą, jos valdymo sudėtingumą ir kt. Vartotojui, investuojančiam į šildymo sistemą, svarbu, jog ta sistema būtų efektyvi ir tinkamai aprūpintų pastatą reikalinga energija.

Socialiniai veiksniai parodo tiek aplinkinių požiūrį į diegiamą technologiją, tiek paties vartotojo socialinius poreikius jos atžvilgiu – vartotojui, kuris siekia daugiau investuodamas gauti naudą laiko

prasme, yra naudinga įsidiegti technologiją, kuri nereikalauja daug priežiūros ir laiko, be to, labai svarbu įvertinti ir artimosios aplinkos bei įvairių suinteresuotųjų grupių požiūrį į technologiją – ar tai priimtina sistema kaimynams, ar ji jų netrikdo, nekelia pašalinių garsų, per daug neteršia aplinkos ir t. t.

Anksčiau aptarti šeši veiksniai gali būti priskiriami mikro- ir makroaplinkoms pagal savo lygį ir problematikos, susijusios su veiksniu, aktualumą. Atliekant įvairius tyrimus, remiantis ekspertiniais metodais galima nustatyti įvairių lygių veiksnius ir juos apibūdinančias rodiklių sistemas bei posistemius, išsamiai apibūdinančius analizuojamą technologiją (Lietuvos energetikos institutas 2014). Šiuo konkrečiu atveju anksčiau aprašytas modelis (3.1 pav.) gali būti pritaikomas sudarant kriterijų sistemą, skirtą įvertinti individualių namų energijos gamybos technologijas. Sudaryto analizės modelio struktūroje svarbiausi modelio veiksmingumui ir realizavimo efektyvumui yra struktūriniai elementai, kurie apima tiek mikro-, tiek makroaplinką, galinčią turėti įtakos renkamai technologijai.

Siekiant parinkti tinkamą individualaus būsto šildymo sistemą, atitinkančią tvarios energetikos sampratą, pagal sudarytą alternatyviosios energetikos pritaikymo individualiam būstui modelį (3.1 pav.), būtina sudaryti kriterijų rinkinius, kurie būtų tinkami vertinant būtent individualiems gyvenamiesiems namams šildyti skirtas technologijas. Tam yra naudojamas daugiakriteris vertinimas. Šis vertinimas leidžia taikyti įvarius rodiklius (tiek kiekybinius, tiek kokybinius), siekiant parinkti energijos gamybos technologiją individualiam būstui, atsižvelgiant į minėtus politinius, įstatyminius, ekonominius, aplinkosauginius, technologinius ir socialinius veiksnius. Jei sprendimų paramos sistema veikia teisingai, kriterijų rinkiniai tinkamai sudaryti, o duomenys, naudojami vertinimui, tikslūs ir laiku atnaujinami, galima tiksliai ir veiksmingai palyginti individualaus būsto energijos gamybos technologijas ir jas suranguoti.

3.3. Kriterijų rinkinio sudarymas

Kitas etapas yra nuspręsti, kaip palyginti skirtingų pasirinkimų arba alternatyvų indėlį įgyvendinant nustatytus prioritetinius tikslus. Reikia atrinkti kriterijus taip, kad jie atspindėtų tikslų įgyvendinimo rezultatyvumą. Kiekvienas kriterijus turi būti išmatuojamas įvertinimo prasme, t. y. galima parinkti konkrečius rodiklius, leidžiančius įvertinti pasirinkimo įtaką užsibrėžtų tikslų įgyvendinimo rezultatui. Šis įvertinimas gali būti atliktas ir kokybine prasme, įvertinus kokį ryšį su atitinkamu kriterijumi turi pasirinktas pasirinkimas. Svarbus aspektas yra kriterijų svorio nustatymas, kuris atliekamas taikant įvairius daugiakriterio vertinimo metodus bei įvertinus visuomenės grupių preferencijas (Šliogerienė *et al*. 2011).

Anksčiau aprašytas alternatyviosios energetikos pritaikymo individualiam būstui modelis (3.1 pav.) gali būti pritaikomas sudarant kriterijų sistemą, skirtą įvertinti individualių namų energijos

gamybos technologijas. Sudaryto analizės modelio struktūroje svarbiausi modelio veiksmingumui ir realizavimo efektyvumui yra struktūriniai elementai, kurie apima tiek mikro-, tiek makroaplinką, galinčią turėti įtakos renkamai technologijai. Makroaplinkos veiksniai buvo aptarti nagrinėjant energetikos sektorių atliekant PĮSETA analizę (žr. A priedą). Mikroaplinkos veiksniai yra susiję su konkrečia atitinkama energijos gamybos technologija bei ją praktiškai taikančiu vartotoju ir veikia jo gebėjimą įgyvendinti savo tikslus. Šiems veiksniams priklauso visa, kas sudaro vertės pateikimą vartotojui: pradedant ekonominiu naudingumu, technologijų inovatyvumu ir efektyvumu, baigiant artimosios aplinkos požiūriu į technologiją ir vartotojo galimybėmis apsirūpinti reikiamais ištekliais bei tinkamai prižiūrėti sistemą – energetikos sektoriui būtinas nuolatinis aukštas infrastruktūros eksploatacijos lygio palaikymas, objektų modernizavimas, plėtra, inovatyvių technologijų ir valdymo procesų diegimas.

Taigi, remiantis atlikta iš atsinaujinančių energijos išteklių išgaunamos energijos rūšių PĮSETA analize (žr. A priedą) ir sudarytu alternatyviosios energetikos pritaikymo individualiam būstui modeliu (3.1 pav.) buvo sudarytas kriterijų rinkinys, tinkantis vertinti individualiam būstui tinkamas energijos gamybos technologijas (3.3 lentelė). Kriterijų rinkinį sudaro 5 aspektai (kriterijų tipai) – tie patys aspektai, kurių požiūriu buvo atlikta PĮSETA makroaplinkos analizė bei tie patys veiksniai, kurie buvo įtraukti į modelį, tačiau šiuo atveju politinis ir įstatyminis aspektai buvo apjungti į vieną, siekiant aiškumo ir tikslumo vertinant sistemas. Iš viso buvo atrinkta 12 kriterijų: politinių ir įstatyminių – 3, ekonominių – 3, aplinkosauginių – 2, technologinių – 2, socialinių – 2. Kriterijai pasirinkti ir kiekybiniai, ir kokybiniai. Kiekybinių – 5, kokybinių kriterijų – 7. Buvo nustatyti kiekvieno kriterijaus matavimo vienetai bei kriterijai buvo apibūdinti, nusakant ar tai maksimizuojantys, ar minimizuojantys kriterijai. Maksimizuojančių kriterijų rinkinyje yra 6, taip pat 6 ir minimizuojantys kriterijai.

3.3 lentelė. Individualaus būsto energijos gamybos technologijų vertinimo kriterijų rinkinys

Aspektas (kriterijaus tipas)	Kriterijaus pavadinimas	Matavimo vienetai	Kriterijaus apibūdinimas
POLITINIS IR ĮSTATYMINIS ASPEKTAS	Mokesčių politika	balai	Maksimizuojantis kriterijus, nusakantis šalies mokesčių politikos įtaką technologijų diegimo patrauklumui, teisinio reglamentavimo (įstatymai, teisės aktai, reglamentai ir kt.) įtaką energijos gamybos tecnologijų plėtrai.
	Technologijų naudojimo skatinimas	balai	Maksimizuojantis kriterijus, nusakantis šalies teisinės bazės palankumą technologijų naudojimui individualioms reikmėms, skatinimo sistemų įtaką technologijų naudojimui.
	Priklausomybė nuo apsirūpinimo ištekliais	balai	Minimizuojantis kriterijus, nusakantis išteklių, reikalingų technologijai aprūpinti, priklausomybę nuo tiekėjų.

3.3 lentelės pabaiga

EKONOMINIS ASPEKTAS	Produkcijos savikaina (energijos kaina)	Vienos kW/h kaina ct	Minimizuojantis kriterijus, parodantis pagamintos energijos kainą.
	Šildymo sistemos įrengimo kaštai	LT	Minimizuojantis kriterijus, atspindintis sistemos įrengimo kaštus.
	Eksploatavimo kaštai (mėn.)	LT	Minimizuojantis kriterijus, parodantis sistemai efektyviai eksploatuoti reikalingus kaštus (pvz., išlaidas sunaudojamai elektros energijai).
APLINKOSAUGINIS ASPEKTAS	Atliekų susidarymas ir sutvarkymas (utilizavimas)	balai	Minimizuojantis kriterijus, nusakantis atliekų kiekį, susidarantį naudojant technologiją bei jų utilizavimo ypatybes.
	Poveikis aplinkai	balai	Maksimizuojantis kriterijus, parodantis papildomą šalutinį poveikį daromą aplinkai, technologijos įtaką taršos mažinimui ir klimato kaitai.
TECHNOLOGINIS ASPEKTAS	Technologijos efektyvumas	%	Maksimizuojantis kriterijus, parodantis energijos gamybos technologijos efektyvumą.
	Pastato poreikių aprūpinimas	%	Maksimizuojantis kriterijus, parodantis kokią dalį pastatui reikalingos energijos galima išgauti naudojant konkrečią šildymo sistemą.
SOCIALINIS ASPEKTAS	Priežiūros eksploatavimo metu sudėtingumas	balai	Maksimizuojantis kriterijus, parodantis energijos gamybos sistemos priežiūros eksploatavimo metu sudėtingumą
	Technologijos priimtinumas	balai	Minimizuojantis kriterijus, apibrėžiantis visuomenės (kaimynų) požiūrį į energijos gamybos technologijos plėtrą, diegimą kaimynystėje, socialinės aplinkos požiūrį į technologiją (pvz., „žaliųjų“).

Taigi, remiantis surinkta, susiteminta aplinkos informacija, buvo parengtas kriterijų rinkinys, geriausiai apibūdinantis sektoriaus aplinką bei tinkantis vertinant energijos gamybos sistemas, pritaikytas individualioms reikmėms (3.3 lentelė). Parinkus daugiakriterės analizės metodus ir taikant šių metodų pagrindu sudarytą SPS, remiantis šiuo sudarytu kriterijų rinkiniu, gali būti atliekama aplinkos veiksnių poveikio analizė ir energijos gamybos technologijų, skirtų individualioms reikmėms, alternatyvų vertinimas. Alternatyvos gali būti vertinamos surinkus tinkamus tikslius duomenis apibudinančius kriterijus, aprašytus anksčiau. Vėliau, pasikeitus vartotojo požiūriui ar aplinkos bei individualioms sąlygoms, sistemos duomenis, remiantis tais pačiais kriterijais, galima atnaujinti ir sistemą panaudoti vėl.

3.4. Ekspertinė apklausa

Vienas iš iškeltų darbo uždavinių – praktiškai pritaikyti kriterijų rinkinį (3.3 lentelė), kuris buvo sudarytas remiantis atlikta iš atsinaujinančių energijos išteklių išgaunamos energijos rūšių PĮSETA analize (žr. A priedą) ir sudarytu alternatyviosios energetikos pritaikymo individualiam būstui modeliu (3.1 pav.). Šį kriterijų rinkinį praktiškai pritaikyti galima taikant daugiakriterės analizės metodus, remiantis ekspertine apklausa, siekiant parinkti optimalią energijos gamybos individualiam būstui technologiją.

Šiam uždaviniui įgyvendinti tyrimo metu buvo taikomi šie metodai:

- *Duomenų rinkimo:* penkių ekspertų apklausa (ekspertinis vertinimas);
- *Duomenų analizės:* ekspertinių duomenų analizė.

Tyrimo instrumentas, t. y. ekspertinio vertinimo lentelė, sudaryta iš dviejų dalių. Pirmoji lentelės dalis – tai dvylika kriterijų (3.3 lentelė), kuriuos reikia suranguoti pagal svarbą. Antrosios lentelės dalies esmė – pagal kokybinius kriterijus dešimties balų sistemoje įvertinti pateiktas indvidualaus būsto energijos gamybos technologijas. Surinktų ekspertinių duomenų (kriterijų rangavimo) analizė atliekama naudojantis analitinės hierarchizacijos proceso (AHP) metodu – t. y. nustatomi kriterijų svoriai. Analizės rezultatų bei ekspertinių duomenų (indvidualaus būsto energijos gamybos technologijų alternatyvų kokybinių kriterijų vertinimo balais) vertinimas atliekamas naudojantis daugiakriteriais vertinimo metodais SAW, COPRAS ir TOPSIS.

Daugiatikslis vertinimas metodais SAW, COPRAS ir TOPSIS pasirinktas todėl, kad būtent šis vertinimas leidžia susiejant kiekybinius ir kokybinius kriterijus visapusiškai ištyrinėti objektą, gauti nešališkus rezultatus, kuriuos galima naudoti renkantis energijos gamybos technologijas indvidualiam būstui, vertinant jų naudingumą ir aplinkos efektyvumą bei altiekant kitas analizes. Be to, sistemoje pakeitus kiekybinius ir kokybinius duomenis, ją galima panaudoti ne vieną kartą – t. y. energijos gamybos technologijas tirti vėl ir vėl, pagal kiekvieno konkretaus vartotojo poreikius, svarbu, kad duomenys būtų tikslūs ir laiku atnaujinami.

Analizės rezultatus bei ekspertinius duomenis pasirinkta įvertinti naudojantis daugiakriteriais vertinimo metodais SAW, COPRAS ir TOPSIS, buvo išanalizuotos keturios Lietuvoje galimos įdiegti bei individualioms reikmėms pritaikyti energijos gamybos iš alternatyvių energijos šaltinių technologijos:

- Saulės kolektoriai kombinuoti su elektrinio šildymo sistema;
- Buitinė vėjo jėgainė kombinuota su elektrinio šildymo sistema;
- Šildymo medienos briketais (biokuru) sistema;
- Geoterminio šildymo sistema.

Taip pat prie sistemos buvo prijungtos dvi alternatyvos, kuriomis energija išgaunama ne iš atsinaujinančių energijos šaltinių, siekiant palyginti, kaip jos gali konkuruoti su palankiomis aplinkai technologijomis:

- Dujinio šildymo sistema (gamtinėmis dujomis, statant kondensacinį katilą).
- Elektrinio šildymo sistema.

Galutinis tyrimas apima keturias iš penkių alternatyvios energijos gamybos technologijų, nes penktosios – hidroelektrinės – Lietuvoje pritaikyti individualioms reikmėms yra neįmanoma. Kalbant apie dvi alternatyvas, kurios pasirinktos vertinimui ir nėra priskiriamos technologijoms, išgaunančioms energiją iš atsinaujinančių energijos šaltinių, reikia paminėti, jog šiuo metu šios technologijos Lietuvoje yra labai populiarios, vartotojai jas dažnai renkasi statydami ar renovuodami būstus, todėl labai svarbu tinkamai įvertinti, kuo šios sistemos vartotojams yra patrauklios ir kaip palankias aplinkai energijos gamybos technologijas reikėtų patobulinti, kad vartotojai dažniau rinktųsi jas.

Pavyzdžiui, šildymas dujomis ilgą laiką buvo optimalus variantas, atsižvelgiant tiek į sistemos kainą, tiek į komforto lygį, tiek į išlaidas vienam sezonui. Dujinio šildymo įrangos kaina nėra labai didelė, specialios priežiūros šiam katilui nereikia, jis šilumą reguliuoja automatiškai. Todėl dauguma Lietuvos gyventojų rinkosi šį šildymo būdą. Tačiau šiuo metu dujos brangsta, taigi, ir išlaidos šildymo sezonui didėja, be to, yra labai didelė priklausomybė nuo tiekėjų, nes mūsų šalis šiuo ištekliumi aprūpinti vartotojų negali.

Savo ruožtu šildymas elektra – šiuo metu pats brangiausias šildymo būdas dėl didelių elektros kainų, tačiau šios sistemos įrengimas yra pats pigiausias, sistema labai patogi naudoti, nereikalauja papildomos priežiūros. Jos trūkumas tas, kad, išjungus šildymą, patalpa labai greitai atšąla, o jai vėl įšildyti iki reikiamos temperatūros reikia nemažai energijos.

Kitame poskyryje detaliai aptariama atliekamo tyrimo eiga ir rezultatai.

3.5. Surinktų ekspertinių duomenų analizė ir skaičiavimai daugiatiksliais vertinimo metodais SAW, COPRAS ir TOPSIS

Šiame darbe, taikant daugiakriterius vertinimo metodus, siekiama praktiškai pritaikyti kriterijų rinkinį (3.3 lentelė), kuris buvo sudarytas remiantis atlikta iš atsinaujinančių energijos išteklių išgaunamos energijos rūšių PĮSETA analize (žr. A priedą) ir sudarytu alternatyviosios energetikos pritaikymo individualiam būstui modeliu (3.1 pav.). Siekiama išsiaiškinti, kuri iš energijos gamybos technologijų yra optimali taikyti individualioms reikmėms – vienbučio gyvenamojo namo šildymui. Norint įvertinti šias technologijas, atliekami tokie veiksmai:

- Kriterijų svoriams nustatyti taikomas analitinės hierarchizacijos proceso (AHP) metodas;

- Tinkamiausia alternatyva parenkama taikant daugiakriterio vertinimo metodus SAW, COPRAS ir TOPSIS.

Tyrimui atlikti pasirinktas hipotetinis standartinis vienbutis gyvenamasis namas, kurio plotas apie 150 kv. m. Lyginamos vienbučio gyvenamojo namo aprūpinimo energija sistemos pateiktos 3.4 lentelėje.

3.4 lentelė. Vienbučio gyvenamojo namo aprūpinimo energija alternatyvos

Alternatyvos žymėjimas	Alternatyvos pavadinimas
A1	Saulės kolektoriai kombinuoti su elektrinio šildymo sistema
A2	Buitinė vėjo jėgainė kombinuota su elektrinio šildymo sistema
A3	Šildymo medienos briketais (biokuru) sistema
A4	Geoterminio šildymo sistema
A5	Dujinio šildymo sistema (gamtinėmis dujomis, statant kondensacinį katilą)
A6	Elektrinio šildymo sistema

Technologijos vertinamos ir lyginamos pagal 12 kriterijų, pateiktų 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė. Kriterijų lentelė

Kriterijaus žymėjimas	Kriterijaus pavadinimas	Matavimo vienetai	Kriterijaus tipas (MAX/MIN)
x_1	Mokesčių politika	balai	MAX
x_2	Technologijų naudojimo skatinimas	balai	MAX
x_3	Priklausomybė nuo apsirūpinimo ištekliais	balai	MIN
x_4	Produkcijos savikaina (energijos kaina)	Vienos kW/h kaina ct	MIN
x_5	Šildymo sistemos įrengimo kaštai	LT	MIN
x_6	Eksploatavimo kaštai (mėn.)	LT	MIN
x_7	Atliekų susidarymas ir sutvarkymas (utilizavimas)	balai	MIN
x_8	Poveikis aplinkai	balai	MAX
x_9	Technologijos efektyvumas	%	MAX
x_{10}	Pastato poreikių aprūpinimas	%	MAX
x_{11}	Priežiūros eksploatavimo metu sudėtingumas	balai	MAX
x_{12}	Technologijos priimtinumas	balai	MIN

Kiekvienas kriterijus turi skaitinę reikšmę. Šiuo atveju 5 kriterijai yra kiekybiniai, 7 – kokybiniai, įvertinami balais dešimtbalėje sistemoje. Svarbu nustatyti, kurie kriterijai minimizuojantys, kurie maksimizuojantys:

- **Maksimizuojantis** yra tas kriterijus, kurio didesnė reikšmė yra geresnė;
- **Minimizuojantis** yra tas kriterijus, kurio mažesnė reikšmė yra geresnė.

3.5.1. Analitinės hierarchizacijos proceso (AHP) metodo taikymas

Apibrėžus alternatyvas ir kriterijus yra naudojamas AHP metodas, kuris leidžia suprantamu ir racionaliu būdu struktūrizuoti sudėtingą problemą, palyginti ir kiekybiškai įvertinti alternatyvių sprendimų variantus. Šiuo metodu nesudėtinga nustatyti vertinimo kriterijų reikšmingumus porinių palyginimų metodu. Palyginimas poromis vyksta svarstyklių principu, kiek vienas kriterijus yra svarbesnis už kitą. Kriterijai ir subkriterijai lyginami grupės ribose. Jei kriterijų svarbumas vienodas, arba lygus, tuomet įvertinimas lygus vienetui. Norint įvertinti kriterijų tarpusavio santykį, reikalingi porinio palyginimo skalės žodiniai apibrėžimai. Jie pateikiami 3.6 lentelėje.

3.6 lentelė. Porinio palyginimo skalės žodiniai apibrėžimai

Įvertinimas	Žodinis apibrėžimas	Paaiškinimas
1	Lygus	Abudu kriterijai yra vienodai svarbūs
3	Vidutinio stiprumo	Vieno kriterijaus svarbumas mažai skiriasi nuo kito
5	Stiprus	Vienas kriterijus yra vidutiniškai svarbesnis už kitą
7	Labai stiprus	Vienas kriterijus yra daug svarbesnis už kitą
9	Aukščiausias laipsnis	Vienas kriterijus yra labai daug svarbesnis už kitą
2, 4, 6, 8 - tarpiniai įvertinimai, kai reikalingas kompromisas		

Metodas pertvarko kokybinį ekspertų rodiklių įvertinimą (kuris nustato, ar vienas rodiklis yra svarbesnis už kitą) į kiekybinį – rodiklių svorius. Renkantis efektyviausią vienbučio gyvenamojo namo aprūpinimo energija sistemą buvo apklausti penki ekspertai, kurie pagal pasirinktus kriterijus ir porinio palyginimo skalės žodinius apibrėžimus įvertino kriterijus. Penkių ekspertų įvertinimų lentelės pateikiamos toliau (3.7, 3.8, 3.9, 3.10 ir 3.11 lentelės). Svarbu paminėti, kad jei kriterijus x_1 svarbesnis už x_2, bus vertinama sveiku skaičiumi, pvz. 3, ir tuomet x_2 santykis su x_1 bus atvirkštinis ir bus skaičius 0,33 (Podvezko 2009).

3.7 lentelė. Pirmojo eksperto vertinimų lentelė

Ekspertas 1	**x_1**	**x_2**	**x_3**	**x_4**	**x_5**	**x_6**	**x_7**	**x_8**	**x_9**	**x_{10}**	**x_{11}**	**x_{12}**
x_1	**1,00**	0,33	0,20	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,20	0,33
x_2	3,00	**1,00**	0,33	0,33	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
x_3	5,00	3,00	**1,00**	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
x_4	3,00	3,00	3,00	**1,00**	0,33	0,20	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00
x_5	3,00	5,00	3,00	3,00	**1,00**	0,33	3,00	5,00	0,33	0,20	3,00	3,00
x_6	3,00	5,00	3,00	5,00	3,00	**1,00**	3,00	5,00	3,00	3,00	5,00	3,00
x_7	3,00	3,00	3,00	0,33	0,33	0,33	**1,00**	3,00	0,20	0,33	0,20	3,00
x_8	3,00	3,00	3,00	0,33	0,20	0,20	0,33	**1,00**	0,33	0,33	0,33	0,33
x_9	3,00	3,00	3,00	0,20	3,00	0,33	5,00	3,00	**1,00**	3,00	3,00	5,00
x_{10}	3,00	3,00	3,00	0,33	5,00	0,33	3,00	3,00	0,33	**1,00**	3,00	3,00
x_{11}	5,00	3,00	3,00	0,33	0,33	0,20	5,00	3,00	0,33	0,33	**1,00**	3,00
x_{12}	3,00	3,00	3,00	0,20	0,33	0,33	0,33	3,00	0,20	0,33	0,33	**1,00**

3.8 lentelė. Antrojo eksperto vertinimų lentelė

Ekspertas 2	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
x_1	**1,00**	0,33	0,20	0,33	3,00	0,33	3,00	3,00	0,33	0,33	0,20	0,33
x_2	3,00	**1,00**	0,33	3,00	0,20	0,33	3,00	3,00	0,33	0,20	0,14	3,00
x_3	5,00	3,00	**1,00**	3,00	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	0,33	0,20	3,00
x_4	3,00	0,33	0,33	**1,00**	0,20	0,20	0,33	0,33	3,00	0,33	0,33	5,00
x_5	0,33	5,00	5,00	5,00	**1,00**	3,00	3,00	5,00	0,33	0,33	5,00	3,00
x_6	3,00	3,00	5,00	5,00	0,33	**1,00**	3,00	3,00	0,33	0,33	3,00	3,00
x_7	0,33	0,33	3,00	3,00	0,33	0,33	**1,00**	3,00	3,00	3,00	0,33	0,33
x_8	0,33	0,33	3,00	3,00	0,20	0,33	0,33	**1,00**	0,33	0,33	3,00	3,00
x_9	3,00	3,00	3,00	0,33	3,00	3,00	0,33	3,00	**1,00**	0,33	5,00	5,00
x_{10}	3,00	5,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,33	3,00	3,00	**1,00**	0,33	3,00
x_{11}	5,00	7,00	5,00	3,00	0,20	0,33	3,00	0,33	0,20	3,00	**1,00**	0,33
x_{12}	3,00	0,33	0,33	0,20	0,33	0,33	3,00	0,33	0,20	0,33	3,00	**1,00**

3.9 lentelė. Trečiojo eksperto vertinimų lentelė

Ekspertas 3	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
x_1	**1,00**	3,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,20	0,33	0,33	0,20	0,20
x_2	0,33	**1,00**	3,00	0,33	0,33	0,33	5,00	5,00	0,33	0,33	3,00	7,00
x_3	3,00	0,33	**1,00**	5,00	3,00	0,33	7,00	7,00	3,00	3,00	0,33	5,00
x_4	3,00	3,00	0,20	**1,00**	0,33	0,20	5,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00
x_5	3,00	3,00	0,33	3,00	**1,00**	3,00	0,33	0,33	0,33	0,33	3,00	3,00
x_6	3,00	3,00	3,00	5,00	0,33	**1,00**	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00	3,00
x_7	3,00	0,20	0,14	0,20	3,00	0,33	**1,00**	3,00	0,33	0,33	3,00	3,00
x_8	5,00	0,20	0,14	0,33	3,00	0,33	0,33	**1,00**	0,20	0,20	5,00	3,00
x_9	3,00	3,00	0,33	0,33	3,00	0,33	3,00	5,00	**1,00**	0,33	5,00	5,00
x_{10}	3,00	3,00	0,33	0,33	3,00	0,33	3,00	5,00	3,00	**1,00**	5,00	7,00
x_{11}	5,00	0,33	3,00	0,20	0,33	0,20	0,33	0,20	0,20	0,20	**1,00**	3,00
x_{12}	5,00	0,14	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	0,33	0,20	0,14	0,33	**1,00**

3.10 lentelė. Ketvirtojo eksperto vertinimų lentelė

Ekspertas 4	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
x_1	**1,00**	0,33	0,20	0,33	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,14	0,33
x_2	3,00	**1,00**	0,33	0,20	0,33	0,20	0,33	0,20	0,33	0,20	0,33	0,33
x_3	5,00	3,00	**1,00**	0,33	0,33	0,33	0,20	0,20	0,20	0,14	0,33	0,33
x_4	3,00	5,00	3,00	**1,00**	0,33	0,20	0,20	0,33	3,00	3,00	5,00	5,00
x_5	5,00	3,00	3,00	3,00	**1,00**	0,20	0,33	0,33	3,00	0,33	0,33	5,00
x_6	5,00	3,00	5,00	5,00	5,00	**1,00**	0,33	0,33	3,00	3,00	3,00	5,00
x_7	5,00	3,00	5,00	5,00	3,00	3,00	**1,00**	5,00	0,33	0,20	0,33	0,33
x_8	5,00	5,00	5,00	3,00	3,00	3,00	0,20	**1,00**	0,20	0,20	0,33	0,33
x_9	5,00	3,00	5,00	0,33	0,33	0,33	3,00	5,00	**1,00**	0,20	0,33	3,00
x_{10}	5,00	5,00	7,00	0,33	3,00	0,33	5,00	5,00	5,00	**1,00**	5,00	7,00
x_{11}	7,00	3,00	3,00	0,20	3,00	0,33	3,00	3,00	3,00	0,20	**1,00**	5,00
x_{12}	3,00	3,00	3,00	0,20	0,33	0,20	3,00	3,00	0,33	0,14	0,20	**1,00**

3.11 lentelė. Penktojo eksperto vertinimų lentelė

Ekspertas 5	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
x_1	**1,00**	3,00	0,33	0,33	0,20	0,20	0,33	0,20	0,33	0,33	0,20	3,00
x_2	0,33	**1,00**	3,00	0,14	0,33	0,20	3,00	0,33	3,00	0,20	3,00	3,00
x_3	3,00	0,33	**1,00**	3,00	3,00	0,33	0,20	0,33	0,14	0,20	3,00	3,00
x_4	3,00	7,00	0,33	**1,00**	3,00	3,00	0,33	3,00	3,00	3,00	0,33	5,00
x_5	5,00	3,00	0,33	0,33	**1,00**	0,33	3,00	3,00	3,00	0,20	0,20	0,33
x_6	5,00	5,00	3,00	0,33	3,00	**1,00**	3,00	3,00	0,33	0,33	0,33	0,33
x_7	3,00	0,33	5,00	3,00	0,33	0,33	**1,00**	3,00	0,20	3,00	0,20	0,20
x_8	5,00	3,00	3,00	0,33	0,33	0,33	0,33	**1,00**	0,33	0,33	0,20	0,20
x_9	3,00	0,33	7,00	0,33	0,33	3,00	5,00	3,00	**1,00**	0,33	3,00	0,33
x_{10}	3,00	5,00	5,00	0,33	5,00	3,00	0,33	3,00	3,00	**1,00**	0,33	3,00
x_{11}	5,00	0,33	0,33	3,00	5,00	3,00	5,00	5,00	0,33	3,00	**1,00**	3,00
x_{12}	0,33	0,33	0,33	0,20	3,00	3,00	5,00	5,00	3,00	0,33	0,33	**1,00**

Iš gautų rezultatų kiekvienai kriterijų grupei sudaroma sprendimų matrica (ekspertų vertinimų vidurkių lentelė) (3.12 lentelė) pagal formules:

$$a_{ij} = 1, \forall\, i = j;\ \text{ir}\ a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, \forall i, j = 1,2..n;\ \text{n – matricos dydis.} \qquad (1)$$

3.12 lentelė. Vidurkių lentelė

Ekspertų vidurkis	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
x_1	**1**	1,4	0,253	0,333	0,813	0,28	0,84	0,787	0,307	0,307	0,189	0,84
x_2	0,714	**1**	1,4	0,802	0,28	0,253	2,333	1,773	0,867	0,253	1,362	2,733
x_3	3,947	0,714	**1**	2,333	1,373	0,307	1,613	1,64	0,802	0,802	0,84	2,333
x_4	3	1,247	0,429	**1**	0,84	0,76	1,773	1,933	3,4	2,467	2,733	5
x_5	1,23	3,571	0,728	1,19	**1**	1,373	1,933	2,733	1,4	0,28	2,307	2,867
x_6	3,571	3,947	3,261	1,316	0,728	**1**	2,467	2,867	1,933	1,933	3,267	2,867
x_7	1,19	0,429	0,62	0,564	0,517	0,405	**1**	3,4	0,813	1,373	0,813	1,373
x_8	1,271	0,564	0,61	0,517	0,366	0,349	0,294	**1**	0,28	0,28	1,773	1,373
x_9	3,261	1,154	1,247	0,294	0,714	0,517	1,23	3,571	**1**	0,84	3,267	3,667
x_{10}	3,261	3,947	1,247	0,405	3,571	0,517	0,728	3,571	1,19	**1**	2,733	4,6
x_{11}	5,303	0,734	1,19	0,366	0,434	0,306	1,23	0,564	0,306	0,366	**1**	2,867
x_{12}	1,19	0,366	0,429	0,2	0,349	0,349	0,728	0,728	0,273	0,217	0,349	**1**

Po to yra apskaičiuojamos sprendimo matricos stulpelių sumos bei apskaičiuojama tarpinė matrica. Apskaičiavus tarpinės matricos eilučių sumas, suskaičiuojamas matricos prioriotetų vektorius, t. y. kriterijų svoriai. Taigi, yra skaičiuojama kiekvieno kriterijaus (jo eilutės) vidurkių lentelėje rodiklių sandauga, gaunamas ω_i'' rodiklis. Toliau, iš kiekvienos eilutės sandaugos yra ištraukiama penkto laipsnio šaknis, gaunamas ω_i' rodiklis.

Gautos vertės yra normalizuojamos, t. y. kiekvienas elementas yra padalintas iš ω_i' sumos, gaunama reikšmė ω_i– svoriai, pagal formulę:

$$\omega_i = \frac{\sqrt[m]{\Pi_i}}{\sum_{i=1}^{m} \sqrt[m]{\Pi_i}} = \frac{\sqrt[m]{\prod_{j=1}^{m} p_{ij}}}{\sum_{i=1}^{m} \sqrt[m]{\prod_{j=1}^{m} p_{ij}}} (i = 1,2, \dots, m). \qquad (2)$$

Matrica yra dauginama iš kriterijų svorių P ***x*** ω. Nustatomas svorių patikimumas. Apskaičiuojamas $\lambda'_{max,i}$ ir $\lambda_{max,i}$ pagal formulę:

$$\lambda'_{max} = \sum_{j=1}^{n} \frac{a_{ij} \cdot \omega_j}{\omega_i}; \lambda_{max,i} = \sum_{j=1}^{n} \frac{\lambda'_{max,i}}{12}. \quad (3, 4)$$

Tada suskaičiuojama suderinamumo koeficiento reikšmė porinių palyginimų matricoje ir, jei ji yra mažesnė už 0,1 (10 %), porinio palyginimo sprendimas yra priimtinas. Kai sąlyga netenkinama, tokiu atveju įvertinimai peržiūrimi iš naujo ir vėl redaguojami.

Suderinamumo koeficientas S skaičiuojamas pagal toliau esančias formules:

$$S_I = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1}; \quad (5)$$

$$S = \frac{S_I}{S_A}. \quad (6)$$

Šiuo atveju S_A reikšmė yra 1,48 (3.13 lentelė).

3.13 lentelė. S_A reikšmių lentelė

Kriterijų skaičius	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
S_A	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

3.14 lentelė. AHP metodo skaičiavimo eiga

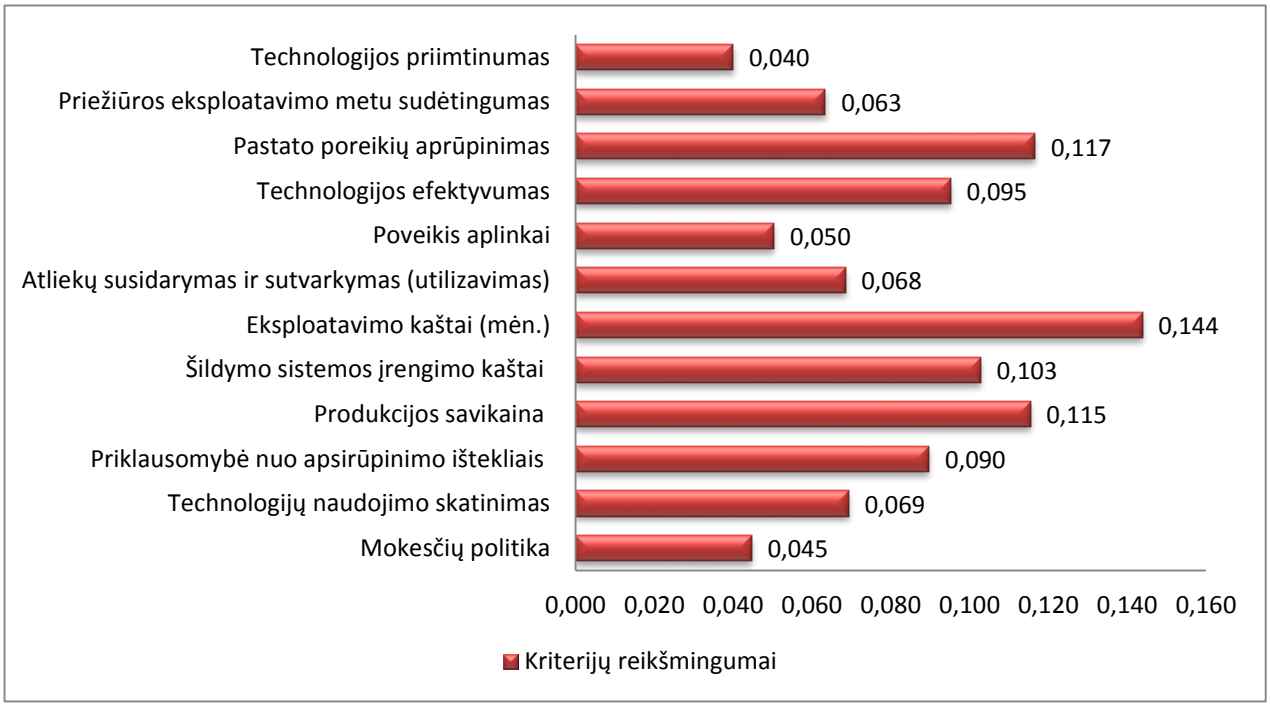
Kriterijai	w_i''	w_i'	w_i	***Kontrolė***	***P x w***	$\lambda'_{max,i}$	$\lambda_{max,i}$	s_i
x_1	0,0003	0,58	0,045		0,53	11,96		
x_2	0,192	0,90	0,069		0,94	13,58		
x_3	9,24	1,16	0,090		1,28	14,26		
x_4	402,22	1,49	0,115		1,77	15,37		
x_5	71,60	1,33	0,103		1,50	14,61		
x_6	10901,26	1,86	0,144	1,00	2,14	14,89	13,67	0,10
x_7	0,16	0,88	0,068		0,90	13,14		
x_8	0,002	0,65	0,050		0,60	11,81		
x_9	22,53	1,23	0,095		1,33	13,97		
x_{10}	467,93	1,51	0,117		1,84	15,76		
x_{11}	0,05	0,82	0,063		0,89	14,01		
x_{12}	0,00005	0,52	0,040		0,43	10,66		

Kaip matyti iš 3.14 lentelės, pagal svarbą kriterijai išsidėstė taip (3.15 lentelė):

3.15 lentelė. Kriterijų rangavimas pagal svarbą

Vieta	Kriterijus	Kriterijaus Nr.	Kriterijaus svoris
1.	Eksploatavimo kaštai (mėn.)	x_6	0,144
2.	Pastato poreikių aprūpinimas	x_{10}	0,117
3.	Produkcijos savikaina (energijos kaina)	x_4	0,115
4.	Šildymo sistemos įrengimo kaštai	x_5	0,103
5.	Technologijos efektyvumas	x_9	0,095
6.	Priklausomybė nuo apsirūpinimo ištekliais	x_3	0,090
7.	Technologijų naudojimo skatinimas	x_2	0,069
8.	Atliekų susidarymas ir sutvarkymas (utilizavimas)	x_7	0,068
9.	Priežiūros eksploatavimo metu sudėtingumas	x_{11}	0,063
10.	Poveikis aplinkai	x_8	0,050
11.	Mokesčių politika	x_1	0,045
12.	Technologijos priimtinumas	x_{12}	0,040

3.2 paveiksle grafiškai pavaizduoti 3.15 lentelės rezultatai, kurie išdėstyti eiliškumu nuo, ekspertų nuomone, pačių svarbiausių iki mažiausiai svarbių kriterijų.



3.2 pav. Kriterijų rangavimo rezultatai eiliškumu nuo svarbiausių iki mažiausiai svarbių

Šie rezultatai rodo, kad renkantis šildymo sistemą labiausiai reikšmingas kriterijus yra technologijos eksploatavimo kaštai, tuomet pastato poreikių aprūpinimas bei produkcijos savikaina – visi trys svarbiausi kriterijai yra kiekybiniai, apibrėžiami tiksliais technologijas apibūdinančiais

rodikliais. Ketvirtoje ir penktoje vietoje taip pat kiekybiniai kriterijai – šildymo sistemos įrengimo kaštai bei technologijos efektyvumo rodiklis. Šie rezultatai rodo, kad vartotojams aktualiausi yra ekonominiai ir technologiniai, konkrečiais parametrais apibrėžiami kriterijai. Mažiausiai svarbiais kriterijais išrinkti kokybiniai, iš kurių paskutinėse trijose vietose – poveikis aplinkai, mokesčių politika ir technologijos priimtinumą apibūdinantys rodikliai.

Žinant kriterijų reikšmingumus, pasirinktos alternatyvos yra analizuojamos SAW, COPRAS ir TOPSIS metodais.

3.5.2. SAW metodo taikymas

Pagal T. Dėjų (Dėjus 2007), SAW metodas – tai geriausiai žinomas, vienas iš paprastesnių ir plačiausiai naudojamas daugiatikslis selektonovacijos metodas. Išeities duomenys, taikant šį metodą, yra sprendimų matrica P ir kiekvieno efektyvumo rodiklio reikšmingumai q = {q_1, q_2, …,q_n}. Būtina sąlyga yra:

$$\sum_{j=1}^{n} q_j = 1. \qquad (7)$$

Pirmiausiai sudaroma pradinių duomenų matrica, kurios eilutės – analizuojami variantai, o stulpeliai – rodikliai, pagal kuriuos yra lyginama kiekviena alternatyva. Pradinių duomenų matrica pateikta 3.16 lentelėje. Kiekybiniai kriterijai (rodikliai) sužinoti teikiant užklausas įmonėms, kurios užsiima pastatų aprūpinimo energija technologijų diegimu arba jų interneto svetainėse bei konsultuojantis su ekspertais. Kokybiniai kriterijai įvertinti penkių ekspertų, atliekant ekspertinę apklausą.

3.16 lentelė. Alternatyvas apibūdinantys rodikliai

Duomenys		**Kriterijai**											
		x_1	**x_2**	**x_3**	**x_4**	**x_5**	**x_6**	**x_7**	**x_8**	**x_9**	**x_{10}**	**x_{11}**	**x_{12}**
Alternatyvos	**A1**	6	6	4	25	15000	750	2	7	55	75	5	2
	A2	6	6	4	27	27000	650	2	6	55	75	5	9
	A3	5	7	2	12	15000	350	4	5	75	100	2	7
	A4	5	6	4	11	45000	450	2	6	80	80	7	2
	A5	3	1	9	20	12000	750	2	6	80	100	8	3
	A6	2	1	7	47	7500	1500	2	7	90	100	8	2

Tuomet skaičiuojama normalizuotų duomenų matrica (prieš tai nurodant, kurie iš kriterijų bus minimizuojami, o kurie maksimizuojami) (3.17 lentelė). Sprendimų matricos normalizavimas – tai

matricos perdirbimas, siekiant suvienodinti (panaikinti) rodiklių dimensijas arba kitaip pakeisti jų reikšmes, nekeičiant santykio tarp atskirų rodiklių. Sprendimų priėmimo matricos visi nariai normalizuojami pagal formules:

$$\overline{\chi_{ij}} = \frac{\chi_{ij}}{\chi_{ij}^{*}}\text{ , jei matricos nariai yra maksimizuojami;} \quad (8)$$

$$\overline{\chi_{ij}} = \frac{\chi_{j}^{min}}{\chi_{ij}}\text{, jei norima minimizuoti,} \quad (9)$$

$$čia \chi_{j}^{*} = \chi_{ij}^{max}. \quad (10)$$

3.17 lentelė. Normalizuota matrica

Duomenys		Kriterijai											
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
Alternatyvos	A1	1,00	0,86	0,50	0,44	0,50	0,47	1,00	1,00	0,61	0,75	0,63	1,00
	A2	1,00	0,86	0,50	0,41	0,28	0,54	1,00	0,86	0,61	0,75	0,63	0,22
	A3	0,83	1,00	1,00	0,92	0,50	1,00	0,50	0,71	0,83	1,00	0,25	0,29
	A4	0,83	0,86	0,50	1,00	0,17	0,78	1,00	0,86	0,89	0,80	0,88	1,00
	A5	0,50	0,14	0,22	0,55	0,63	0,47	1,00	0,86	0,89	1,00	1,00	0,67
	A6	0,33	0,14	0,29	0,23	1,00	0,23	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Kryptis		max	max	min	min	min	min	min	max	max	max	max	min
Reikšmingumas		0,045	0,069	0,090	0,115	0,103	0,144	0,068	0,050	0,095	0,117	0,063	0,040

Normalizuotos matricos to paties varianto kiekvienas narys dauginamas iš jo reikšmingumo ir sudedamas su kitais taip pat gautais alternatyvos (eilutės) nariais. Gauta suma dalijama iš svorių (reikšmingumų) sumos. Pateikiama matematinė variantų racionalumo išraiška:

$$A = \left\{ A_i \Big/ \max_i \sum_{j=1}^{n} q_j \overline{\chi_{ij}} \Big/ \sum_{j=1}^{n} q_j \right\}. \quad (11)$$

Normalizuota ir paversta galutinių reikšmių matrica pateikta 3.18 lentelėje.

3.18 lentelė. Normalizuota ir pasverta matrica

Duomenys		Kriterijai												Σ
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	
Alternatyvos	A1	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,05	0,06	0,09	0,04	0,04	**0,662**
	A2	0,05	0,06	0,05	0,05	0,03	0,08	0,07	0,04	0,06	0,09	0,04	0,01	**0,607**
	A3	0,04	0,07	0,09	0,11	0,05	0,14	0,03	0,04	0,08	0,12	0,02	0,01	**0,790**
	A4	0,04	0,06	0,05	0,12	0,02	0,11	0,07	0,04	0,08	0,09	0,06	0,04	**0,770**
	A5	0,02	0,01	0,02	0,06	0,06	0,07	0,07	0,04	0,08	0,12	0,06	0,03	**0,649**
	A6	0,02	0,01	0,03	0,03	0,10	0,03	0,07	0,05	0,10	0,12	0,06	0,04	**0,647**

Remiantis SAW metodu gauta, kad geriausia yra trečia alternatyva – šildymo medienos briketais (biokuru) sistema, tai yra, kad racionaliausia yra vienbutį gyvenamąjį namą šildyti biokuru, antroje vietoje – geoterminio šildymo sistema, paskutinėje – šildymas energijos gamybai naudojant kombinuotą vėjo jėgainės ir elektrinio šildymo sitemą. Alternatyvų prioritetų eilutė: A3>A4>A1>A5>A6>A2.

3.5.3. COPRAS metodo taikymas

Remiantis E. K. Zavadsku, L. Simanausku, A. Kaklausku (Zavadskas *et al.* 1999), atliekant daugiakriterę analizę racionalu susieti kiekybinį ir kokybinį vertinimą. Atliekant analizę daugiatikslio vertinimo metodu COPRAS, pasirinktos alternatyvos analizuojamos kompleksiškai, atsižvelgiant į objektą apibūdinančius rinkos konjunktūros kiekybinius ir kokybinius kriterijus.

Siekiant palyginamumo, kiekybinių ir kokybinių kriterijų reikšmės turi būti normalizuotos taikant atitinkamas formules.

Uždavinio formulavimas pradedamas analogiškai kaip ir kitiems daugiakriteriams vertinimo metodams: sudaroma pradinė sprendimų priėmimo matrica iš *n* alternatyvų, aprašytų *m* rodikliais (3.19 lentelė).

3.19 lentelė. Pradinių duomenų lentelė

Duomenys		Kriterijai											
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
Alternatyvos	A1	6	6	4	25	15000	750	2	7	55	75	5	2
	A2	6	6	4	27	27000	650	2	6	55	75	5	9
	A3	5	7	2	12	15000	350	4	5	75	100	2	7
	A4	5	6	4	11	45000	450	2	6	80	80	7	2
	A5	3	1	9	20	12000	750	2	6	80	100	8	3
	A6	2	1	7	47	7500	1500	2	7	90	100	8	2

Norint palyginti skirtingų matavimo vienetų rodiklius, jie perskaičiuojami į bedimensius (normalizuojami). Sudaroma įvertinta (svorinė), normalizuota sprendimų priėmimo matrica (3.20 lentelė). Tai atliekama naudojantis šia formule:

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot q_i}{\sum_{j=1}^{n} x_{ij}}, \quad i = \overline{1,m}; \quad j = \overline{1,n}, \tag{12}$$

čia x_{ij} – i kriterijaus reikšmė j sprendimo variante; m – kriterijų skaičius; n – lyginamų variantų skaičius; q_i – i kriterijaus reikšmingumas.

3.20 lentelė. Pasverta ir normalizuota COPRAS matrica

Duomenys		Kriterijai											
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
Alternatyvos	A1	0,010	0,015	0,012	0,020	0,013	0,024	0,010	0,009	0,012	0,017	0,009	0,003
	A2	0,010	0,015	0,012	0,022	0,023	0,021	0,010	0,008	0,012	0,017	0,009	0,014
	A3	0,008	0,018	0,006	0,010	0,013	0,011	0,019	0,007	0,016	0,022	0,004	0,011
	A4	0,008	0,015	0,012	0,009	0,038	0,015	0,010	0,008	0,017	0,018	0,013	0,003
	A5	0,005	0,003	0,027	0,016	0,010	0,024	0,010	0,008	0,017	0,022	0,014	0,005
	A6	0,003	0,003	0,021	0,038	0,006	0,049	0,010	0,009	0,020	0,022	0,014	0,003
Kryptis		max	max	min	min	min	min	min	max	max	max	max	min

Apskaičiuojamos alternatyvas apibūdinančių minimizuojančių S_{-j} ir maksimizuojančių S_{+j} įvertintų normalizuotų rodiklių sumos. Jų apskaičiavimui naudojamos šios formulės:

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^{m} d_{+ij}; \tag{13}$$

$$S_{-j} = \sum_{i=1}^{m} d_{-ij}; \tag{14}$$

$$i = \overline{1,m}; \quad j = \overline{1,n}.$$

Šiuo atveju, kuo didesnis S_{+j} dydis, tuo labiau nagrinėjamo objekto aplinka tenkina teigiamus aplinkos kriterijus. Kuo mažesnis S_{-j} dydis (neigiami aplinkos veiksnių kriterijai), tuo daugiau aplinkos veiksnių, neigiamai veikiančių objekto naudingumo laipsnį.

Lyginamų variantų santykinis reikšmingumas (efektyvumas) nustatomas remiantis juos apibūdinančiomis teigiamomis S_{+j} ir neigiamomis S_{-j} savybėmis.Kiekvieno objekto a_j santykinis reikšmingumas Q_j nustatomas pagal formulę:

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-\min} \cdot \sum_{j=1}^{n} S_{-j}}{S_{-j} \cdot \sum_{j=1}^{n} \frac{S_{-\min}}{S_{-j}}}; \quad j = \overline{1,n}.$$

Čia $S_{\text{-min}} = \min S_j$ (15)

Toliau yra nustatomas nagrinėjamų objektų prioritetiškumas. Kuo didesnis Q_j, tuo didesnis objekto efektyvumas/prioritetiškumas. Jei $Q_1 > Q_2 > Q_3$ – tai geriausiu galima pripažinti pirmąjį objektą.

Nagrinėjamų projektų variantų naudingumo laipsnis N_j apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N_j = (Q_j : Q_{max}) * 100\%, \text{ čia } Q_j \text{ ir } Q_{max} \text{ – objektų reikšmingumai.} \quad (16)$$

Objekto a_j naudingumo laipsnis N_j išreiškia objekto atitikimo aplinkos bei interesų grupių reikalavimams lygį. COPRAS uždavinio sprendimo eiga pateikta 3.21 lentelėje.

3.21 lentelė. COPRAS uždavinio sprendimo eiga

Maksimizuojančių rodiklių suma		Minimizuojančių rodiklių suma				Santykinis reikšmingumas		Rodiklio naudingumo laipsnis	
$S+_1$	0,072	$S-_1$	0,082	$1/S-_1$	12,17	Q_1	0,175	N_1	89,8%
$S+_2$	0,071	$S-_2$	0,102	$1/S-_2$	9,81	Q_2	0,154	N_2	78,9%
$S+_3$	0,075	$S-_3$	0,070	$1/S-_3$	14,21	Q_3	0,195	N_3	100,0%
$S+_4$	0,080	$S-_4$	0,087	$1/S-_4$	11,56	Q_4	0,177	N_4	90,8%
$S+_5$	0,070	$S-_5$	0,092	$1/S-_5$	10,85	Q_1	0,161	N_5	82,7%
$S+_6$	0,071	$S-_6$	0,127	$1/S-_6$	7,88	Q_2	0,138	N_6	70,8%
						Q_{max}	0,195		

Remiantis COPRAS metodu gauta, kad trečioji alternatyva, kaip ir SAW metodu, yra geriausia, t. y. racionaliausias sprendimas gyvenamojo namo šildymui yra šildymo medienos briketais (biokuru) sistema, antroje vietoje – geoterminio šildymo sistema. Mažiausiai racionali alternatyva – elektrinio šildymo sistema. Alternatyvų prioritetų eilutė: A3>A4>A1>A5>A2>A6.

3.5.4. TOPSIS metodo taikymas

Remiantis F. Rodriguesu ir kt. (Rodrigues *et al.* 2014) TOPSIS metodas išsiskiria iš daugelio daugiatikslio alternatyvų vertinimo metodų tuo, kad nėra jokių ribojimų, nustatant rodiklių reikšmingumus, ir rodiklių reikšmingumų suma nebūtinai turi buti lygi vienetui. Uždavinio formulavimas pradedamas analogiškai kaip ir kitiems daugiakriteriams vertinimo metodams: sudaroma pradinė sprendimų priėmimo matrica (3.22 lentelė).

3.22 lentelė. Pradinių duomenų matrica

Duomenys		Kriterijai											
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
Alternatyvos	A1	6,00	6,00	4,00	25,00	15000,00	750,00	2,00	7,00	55,00	75,00	5,00	2,00
	A2	6,00	6,00	4,00	27,00	27000,00	650,00	2,00	6,00	55,00	75,00	5,00	9,00
	A3	5,00	7,00	2,00	12,00	15000,00	350,00	4,00	5,00	75,00	100,00	2,00	7,00
	A4	5,00	6,00	4,00	11,00	45000,00	450,00	2,00	6,00	80,00	80,00	7,00	2,00
	A5	3,00	1,00	9,00	20,00	12000,00	750,00	2,00	6,00	80,00	100,00	8,00	3,00
	A6	2,00	1,00	7,00	47,00	7500,00	1500,00	2,00	7,00	90,00	100,00	8,00	2,00

Pradinė matrica, kaip ir kituose metoduose, normalizuojama. Ji normalizuojama pagal formulę:

$$\overline{\chi}_{ij} = \frac{\chi_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} \chi_{ij}^2}}; i = \overline{1,m};\ j = \overline{1,n}. \quad (17)$$

Tuomet sudaroma svertinė normalizuota matrica pagal formulę:

$$\overline{P^*} = \overline{[P]}[\overline{q}]. \quad (18)$$

Pasverta ir normalizuota matrica pateikta 3.23 lentelėje.

3.23 lentelė. Pasverta ir normalizuota TOPSIS metodo matrica

Duomenys		Kriterijai											
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
Alternatyvos	A1	0,023	0,033	0,027	0,044	0,026	0,053	0,023	0,023	0,029	0,040	0,021	0,007
	A2	0,023	0,033	0,027	0,048	0,048	0,046	0,023	0,020	0,029	0,040	0,021	0,029
	A3	0,019	0,038	0,013	0,021	0,026	0,025	0,045	0,016	0,039	0,054	0,008	0,023
	A4	0,019	0,033	0,027	0,019	0,079	0,032	0,023	0,020	0,042	0,043	0,029	0,007
	A5	0,012	0,005	0,060	0,035	0,021	0,053	0,023	0,020	0,042	0,054	0,033	0,010
	A6	0,008	0,005	0,047	0,083	0,013	0,106	0,023	0,023	0,047	0,054	0,033	0,007
Kryptis		max	max	min	min	min	min	min	max	max	max	max	min

Vėliau nustatomas idealiai geriausias ir neigiamai idealiausias variantai (3.24 lentelė) pagal formules:

$$a^+ = \left\{\left[\left(\max_i \overline{x}_{ij} \,\middle|\, j\epsilon J\right), \left(\min_i \overline{x}_{ij} \,\middle|\, j\epsilon J'\right)\right] / i = \overline{1,m}\right\} = \{a_1^+, a_2^+, \dots, a_n^+\}, \quad (19)$$

kur J – rodiklių, kurių didesnės reikšmės yra geresnės, indeksų aibė;

J' - rodiklių, kurių mažesnės reikšmės yra geresnės, indeksų aibė.

ir

$$a^- = \left\{\left[\left(\min_i \overline{x}_{ij} \,\middle|\, j\epsilon J\right), \left(\max_i \overline{x}_{ij} \,\middle|\, j\epsilon J'\right)\right] / i = \overline{1,m}\right\} = \{a_1^-, a_2^-, \dots, a_n^-\}. \quad (20)$$

3.24 lentelė. Idealiausi variantai

	Kriterijai											
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
a+	0,023	0,038	0,013	0,019	0,013	0,025	0,023	0,023	0,047	0,054	0,033	0,007
a-	0,008	0,005	0,060	0,083	0,079	0,106	0,045	0,016	0,029	0,040	0,008	0,029

Kitas žingsnis yra nustatyti atstumą tarp lyginamojo i-tojo ir idealiai geriausio varianto (3.25 lentelė):

$$L_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(\overline{x}_{ij} - a_j^+\right)^2}; i = \overline{1,m}. \quad (21)$$

Taip pat nustatomas atstumas tarp lyginamojo i-tojo ir neigiamai idealaus varianto:

$$L_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(\overline{x}_{ij} - a_j^-\right)^2}; i = \overline{1,m}. \quad (22)$$

Paskutinis žingsnis – nustatyti kiekvieno i-ojo varianto santykinį atstumą iki idealaus:

$$K_i = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-}, i = \overline{1,m} \ \ kai \ K_i \in [0,1]. \quad (23)$$

3.25 lentelė. Atstumo tarp lyginamojo ir idealaus bei santykinio atstumų variantams nustatymas

Idealiai geriausias atstumas			Neigiamai idealus atstumas			KBITi	
$L+_1$	0,050		$L-_1$	0,102		KBIT1	0,673
$L+_2$	0,062		$L-_2$	0,095		KBIT2	0,605
$L+_3$	0,041		$L-_3$	0,131		KBIT3	0,761
$L+_4$	0,069		$L-_4$	0,117		KBIT4	0,627
$L+_5$	0,068		$L-_5$	0,104		KBIT5	0,606
$L+_6$	0,115		$L-_6$	0,085		KBIT6	0,426

Ir pagal TOPSIS geriausia alternatyva yra trečioji – šildymo medienos briketais (biokuru) sistema vienbučiam gyvenamajam namui šildyti yra racionaliausias sprendimas, antrojoje vietoje, skirtingai nei SAW ir COPRAS metodais, šiuo metodu gauta saulės kolektorių kombinuotų su elektrinio šildymo sistema, mažiausiai racionali alternatyva, kaip ir pirmaisiais dviem metodais – elektrinio šildymo sistema. Alternatyvų prioritetų eilutė: A3>A1>A4>A5>A2>A6.

3.5.5. Analizės duomenų apdorojimas, analizės rezultatai ir rekomendacijos

Atlikus skaičiavimus trimis metodais – SAW, COPRAS ir TOPSIS – geriausia alternatyva visuose tapo šildymo medienos briketais (biokuru) sistema. Šildymas biokuru šiuo metu yra viena iš populiariausių alternatyvų individualiems namams, o pagrindiniai šildymui naudojami biomasės ištekliai yra mediena ir jos atliekos, žemės ūkio produktai ir biodujos. Nedidelio ploto vienbučiam gyvenamajam namui tai labai tinkama, paprasta technologija, kartu tai palankus aplinkai kuras, gaunamas iš įvairių medienos atliekų jas smulkinant. Medienos briketų energetinė vertė didesnė nei kitų medienos išteklių, mažesnės transportavimo ir laikymo problemos, nes briketai užima mažiau vietos nei malkos, taip pat ši žaliava yra pakankamai pigi, nes gaminama iš medienos atliekų, mėnesinės išlaidos šildymo sistemai aprūpinti yra nedidelės. Šiuolaikinės šildymo sistemos, pritaikytos biokuro kūrenimui yra brangesnės nei anksčiau, tačiau patogios naudoti ir reikalauja mažiau priežiūros, automatiškai palaikoma nustatyta patalpos temperatūra, technologija efektyvi ir gali patenkinti beveik visus pastato poreikius. Taip pat ši sistema palanki ir politine prasme – vartotojas yra mažai priklausomas nuo žaliavos tiekėjo, o Lietuva turi pakankamai medienos išteklių. Kita vertus reikėtų paminėti ir kelis šios sistemos trūkumus – tai gana daug dėmesio ir priežiūros reikalaujanti šildymo sistema, tačiau tobulėjant technologijoms, šiuo metu jau galima

įsigyti tokių kieto kuro katilų, kurie reikalauja minimalaus rūpesčio, taip pat kietojo kuro gabenimas bei laikymas reikalauja daugiau išteklių nei šildant kitomis priemonėmis.

Antrojoje vietoje pagal SAW ir COPRAS bei trečiojoje vietoje pagal TOPSIS metodą yra geoterminis šildymas, kuris yra ekologiškas, modernus šildymo būdas, taupi ir autonomiškumą garantuojanti technologija (nereikia dujų prievado ir vežti kuro), tačiau, norint įsirengti šilumos siurblį, reikalinga didelė pradinė investicija, tai brangi ir lėtai atsiperkanti technologija, jos įrengimas kainuoja brangiau nei bet kuriuos kitos sistemos. Kita vertus, šilumos siurbliu apšildomam namui nereikia kamino. Šilumos siurblys veikia automatiškai ir užtikrina itin aukštą komforto lygį, technologija priimtina aplinkiniams bei palanki aplinkai.

Trečiojoje vietoje pagal SAW ir COPRAS bei antrojoje pagal TOPSIS metodą yra saulės kolektoriai, kombinuoti su elektrinio šildymo sistema. Saulės kolektoriai padeda sumažinti išlaidas, tenkančias šildymui ir karšto vandens ruošimui. Be to tai aplinkai draugiški įrenginiai, kuriuos naudojant visiškai neteršiama aplinka, ir į aplinką nėra išmetamos šiltnamio efektą sukeliančios dujos. Sistemos įrengimo ir išlaikymo kaštai yra vidutiniai, lyginant su kitomis šildymo sistemų alternatyvomis, tačiau tai nėra 100 % efektyvi ir visus pastato poreikius bet kuriuo metų laiku galinti patenkinti sistema.

Ketvirtojoje vietoje pagal visus metodus yra dujinio šildymo sistema (gamtinėmis dujomis, statant kondensacinį katilą). Šildymas dujomis ilgą laiką buvo optimalus variantas, atsižvelgiant tiek į sistemos kainą, tiek į komforto lygį, tiek į išlaidas vienam sezonui. Dujinio šildymo įrangos kaina nėra labai didelė, specialios priežiūros šiam katilui nereikia, jis šilumą reguliuoja automatiškai. Tačiau šiuo metu dujos brangsta, taigi, ir išlaidos šildymo sezonui didėja, be to, yra labai didelė priklausomybė nuo tiekėjų, nes mūsų šalis šiuo ištekliumi aprūpinti vartotojų negali.

Penktojoje vietoje pagal COPRAS ir TOPSIS metodus bei šeštojoje pagal SAW metodą atsidūrė buitinė vėjo jėgainė kombinuota su elektrinio šildymo sistema. Buitinė vėjo jėgainė gali aprūpinti nedideliu kiekiu elektros. Vienas didžiausių privalumų – gebėjimas išnaudoti nepastovios krypties vėją ar gūsius, susidarančius virš pastatų stogų. Tačiau šią technologiją, būtina kombinuoti, nes viena vėjo jėgainė negali patenkinti visų pastato poreikių. Išgauti energiją iš vėjo būsto šildymui šiuo metu Lietuvoje nėra labai populiaru, technologija brangi ir neefektyvi.

Paskutinėje, šeštojoje, vietoje pagal COPRAS ir TOPSIS metodus bei penktojoje pagal SAW metodą yra elektrinio šildymo sistema, kuri, kaip ir dujinis šildymas, nėra iš atsinaujinančių šaltinių energiją išgaunanti sistema. Elektrinio šildymo sistema paprasta ir pigi, tačiau eksploatavimas yra labai brangus, nors ir paprastas, nereikalaujantis daug rūpesčių. Vis dėlto, šiuo metu šalyje esant nestabiliai ekonominei situacijai, brangstant elektrai, elektrinio šildymo rinktis vienbučio namo šildymui nevertėtų.

Tyrimo rezultatai pateikiami 3.26 lentelėje.

3.26 lentelė. Tyrimo rezultatai

Technologija	SAW metodu užimama vieta	COPRAS metodu užimama vieta	TOPSIS metodu užimama vieta	Rezultatas
Šildymo medienos briketais (biokuru) sistema	1	1	1	**1**
Geoterminio šildymo sistema	2	2	3	**2**
Saulės kolektoriai kombinuoti su elektrinio šildymo sistema	3	3	2	**3**
Dujinio šildymo sistema (gamtinėmis dujomis, statant kondensacinį katilą)	4	4	4	**4**
Buitinė vėjo jėgainė kombinuota su elektrinio šildymo sistema	6	5	5	**5**
Elektrinio šildymo sistema	5	6	6	**6**

Tyrime nebuvo nagrinėtas atsinaujinantis šaltinis – vanduo ir hidrotechnologijos, nes jų įrengti prie individualių namų praktiškai neįmanoma, tai neracionalu ir labai brangu.

IŠVADOS

1. Darni raida yra prioritetinė kryptis ir yra tikimasi spartaus, tikslingo ir sėkmingo jos įgyvendinimo bei plėtros. Tiek ES, tiek Lietuvos darnaus vystymosi strategijose prioritetai skiriami energetikai. Tvari energetikos plėtra – pagrindas šalies konkurencingumui, žmonių gerovei bei saugiai aplinkai.
2. Teisinis reglamentavimas, tinkamas jo naudojimas bei suvokimas yra labai svarbūs, siekiant plėtoti tvarią energetiką tiek šalies, tiek regioniniu mastu, tiek individualiems vartotojams. Nors Lietuvos teisinė bazė, susijusi su atsinaujinančiais ištekliais, gaminamos energijos skatinimu yra parengta, tačiau būtina ją papildyti, patikslinti bei parengti taikymo poįstatyminius aktus.
3. Siekiant aukšto komforto lygio (lengvos kasdienės priežiūros, nedidelės arba jokios vietinės aplinkos taršos ir pan.) bei priimtinos energijos kainos (nepriklausomos nuo monopolinių tiekėjų), dabartiniams vartotojams būtina atsigręžti į alterantyviosios energijos vartojimą, imti plėtoti tvarią energetiką būstuose diegiant alternatyviosios energijos technologijas.
4. Remiantis PĮSETA analizės rezultatais paaiškėjo, kad:
    a. Biomasės ištekliai Lietuvoje yra kone didžiausi iš visų atsinaujinančių energijos šaltinių, todėl biokuras gali konkuruoti su įprastiniais energijos šaltiniais dėl konkurencingos kainos, mažina priklausomybę nuo kuro importuotojų, be to, įstatyminė bazė šalyje yra išsamiausia ir palankiausia bioenergijos naudojimui, tačiau šis atsinaujinantis energijos šaltinis neskatina energetikos kultūros kūrimosi, nereikalauja kvalifikuotos darbo jėgos;
    b. Iš vėjo pagaminta energija skatina regioninę plėtrą, augimą ir inovacijas, tačiau tai yra brangi atsinaujinančios energetikos šaka dėl sudėtingų technologijų bei vėjo energijos svyravimų, Lietuvoje vėjo energijos pramonės plėtrą stabdo įtaka energetikos sistemų veiklai;
    c. Geoterminės energijos gamybos būdo neveikia klimatinės, sezoniškumo sąlygos, tačiau palyginus didelės technologijų įdiegimo pradinės investicijos ir ilgas atsipirkimo laikas, reikalinga reguliari įrenginių priežiūra. Norint efektyviai naudoti geoterminę energiją, yra būtina taikyti skatinimo priemones, o joms Lietuvoje yra skiriamas nepakankamas dėmesys;
    d. Nors hidroenergetika yra ekonomiškai naudinga ekologiškos energetikos šaka, tačiau Lietuvoje dėl gamtinių sąlygų šios energijos naudojimo galimybės jau yra išeikvotos ir plėtra ne tik griežtai reglamentuojama, bet ir praktiškai nebeįmanoma ne tik šalies mastu, bet ir individualioms reikmėms;

e. Saulės energijos gamyba skatina energetikos kultūros kūrimąsi, po pradinės investicijos susigrąžinimo, saulės energijos naudojimas yra beveik nemokamas dėl mažų eksploatavimo išlaidų, tačiau pasibaigus eksploatavimo laikui nėra numatytas panaudotų saulės elementų utilizavimas. Nors saulės energijos sistemos gali veikti nepriklausomai, nereikia prijungti prie elektros energijos ir dujų tinklų, o gaunama energijos forma yra labiausiai priimtina vartojimui, tačiau energija yra nepastovi, nes priklauso nuo meteorologinių sąlygų ir paros laiko. Lietuvoje energijos iš saulės gavybą taip pat riboja klimatinės sąlygos ir technologijų kaina.

5. Alternatyviosios energetikos pritaikymo individualiam būstui modelis gali būti pritaikomas sudarant kriterijų sistemą, skirtą įvertinti individualių namų energijos gamybos technologijas. Sudaryto analizės modelio struktūroje svarbiausi modelio veiksmingumui ir realizavimo efektyvumui yra struktūriniai elementai, kurie apima tiek mikro-, tiek makroaplinką, galinčią turėti įtakos pasirenkamai technologijai.
6. Individualiam būstui pritaikytų technologijų vertinimo sistemos plačiai nėra išnagrinėtos ir sudarytos, o efektyvus energijos panaudojimas, skatinant atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimą, yra viena iš prioritetinių sričių Lietuvoje, todėl buvo sudarytas kriterijų rinkinys, skirtas vertinti individualiam būstui tinkamas energijos gamybos technologijas. Atrinkta 12 kriterijų: politinių ir įstatyminių – 3, ekonominių – 3, aplinkosauginių – 2, technologinių – 2, socialinių – 2. Kriterijai pasirinkti ir kiekybiniai, ir kokybiniai. Kiekybinių – 5, kokybinių kriterijų – 7.
7. Renkantis šildymo sistemą labiausiai reikšmingas kriterijus yra technologijos eksploatavimo kaštai, tuomet pastato poreikių aprūpinimas bei produkcijos savikaina. Visi trys svarbiausi kriterijai yra kiekybiniai, apibrėžiami tiksliais technologijas apibūdinančiais rodikliais. Mažiausiai svarbiais kriterijais išrinkti kokybiniai, iš kurių paskutinėse trijose vietose – poveikis aplinkai, mokesčių politika ir technologijos priimtinumą apibūdinantys rodikliai.
8. Atlikus skaičiavimus trimis metodais – SAW, COPRAS ir TOPSIS, nustayta, kad geriausia alternatyva visuose tapo šildymo medienos briketais (biokuru) sistema.Paskutinėje, šeštojoje, vietoje pagal COPRAS ir TOPSIS metodus bei penktojoje pagal SAW metodą yra elektrinio šildymo sistema, kurinėra iš atsinaujinančių šaltinių energiją išgaunanti sistema.

LITERATŪRA

After Rio + 20: From patchy achievements to sustained reform. 2012. Editorial Note. *Environmental Development* 3:1–4.

Ambrasas, G. 2009. Magistro baigiamojo darbo rengimo metodiniai nurodymai. Vilnius: Technika. 69 p.

Ateities energija: iš kur gausime energijos, kai išeikvosim šaltinius? [interaktyvus]. 2012. *FuturEnergia* [žiūrėta 2013-03-20]. Prieiga per internetą: http://www.futurenergia.org/ww/lt/pub/futurenergia/chats/oil.htm.

Atnaujinta ES Darnaus vystymosi strategija [interaktyvus]. 2006. Europos Vadovų Taryba [žiūrėta 2014-01-25]. Prieiga per internetą: www.am.lt/VI/files/0.207844001174307767.pdf.

Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo Ukmergės rajone galimybių studija [interaktyvus]. 2010. [žiūrėta 2014-02-12]. Prieiga per internetą: http://www.lyderio.lt/uploads/files/atsinaujinantys.pdf.

Banos, R.; Manzano-Agugliaro, F.; Montoya, F. G.; Gil, C.; Alcayde, A.; Gomez, J. 2011. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (2011) 1753–1766.

Bocci, E.; Zuccari, F.; Dell'Era, A. 2011. Renewable and hydrogen energy integrated house, *International journal of hydrogen energy* 36:7963-7968.

Boyu, Z. 2011. Further Discussion on Exploitation of Renewable Energy Sources and Its Legal Regulations, *Energy Procedia* 5:2114–2119.

Brandl, H. 2013. Thermo-Active Ground-Source Structures for Heating and Cooling, *Procedia Engineering* 57:9–18.

Cansino, J. M.; Pablo-Romero, M. P. ir kt. 2010. Tax incentives to promote green electricity: An overview of EU-27 countries, *Energy Policy* 38:6000–6008.

Cansino, J. M.; Pablo-Romero, M. P. ir kt. 2011. Promoting renewable energy sources for heating and cooling in EU-27 countries, *Energy Policy* 39:3803–3812.

Dėjus T. 2007. Statybos procesų technologija, *Aiškinamasis uždavinynas.* Vilnius: Technika. 127 p.

Dijkman, T. J.; Benders, R. M. J. 2010. Comparison of renewable fuels based on their land use using energy densities, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14:3148–3155.

Europos komisija. 2011. Efektyvus išteklių panaudojimas – ekonominė būtinybė, ISBN 978-92-79-20630-6.

Gas Emergency Policy: Where do IEA Countries Stand? [interaktyvus]. 2011. *International Energy Agency* [žiūrėta 2013-10-27]. Prieiga per internetą: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name,3985,en.html.

Georges, L.; Massart, C.; Van Moeseke, G. ir kt. 2012. Environmental and economic performance of heating systems forenergy-efficient dwellings: Case of passive and low-energysingle-family houses, *Energy Policy* 40:452–464.

Goosen, M. F. A. 2012. Environmental management and sustainable development, *Procedia Engineering* 33:6 – 13.

http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=266922.

Interactions of Policies for Renewable Energy and Climate [interaktyvus]. 2011. *International Energy Agency* [žiūrėta 2013-09-15]. Prieiga per internetą: http://iea.org/publications/freepublications/publication/name,3952,en.html.

Yuksela, I. ir Kaygusuzb, K. 2011. Renewable energy sources for clean and sustainable energy policies in Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15:4132–4144.

Jagoda, K.; Lonseth, R.; Lonseth, A. ir kt. 2011. Development and commercialization of renewable energytechnologies in Canada: An innovation system perspective, *Renewable Energy* 36:1266-1271.

Juozaitis, R. [interaktyvus]. 2012. *Pasaulinės energetikos tendencijos 2012 m.* [žiūrėta 2012-12-20]. Prieiga per internetą: http://www.lsta.lt/files/events/2012-02-22_Social_apskritas_stalas/R.Juozaitis.pdf.

Karakosta, Ch. ir Askounis, D. 2010. Developing countries' energy needs and priorities under a sustainable development perspective: A linguistic decision support approach, *Energy for Sustainable Development* 14:330–338.

Katinas, V.; Markevicius, A.; Kavaliauskas, A. 2007. Current status and prospects of biomass resources for energy production in Lithuania, *Renewable Energy* 32:884–894.

Kytra, S. 2006. *Atsinaujinantys energijos šaltiniai: vadovėlis aukštosioms mokykloms.* Kaunas: Technologija. 301 p.

Komisijos komunikatas Tarybai ir Europos Parlamentui „Tausi elektros energijos gamyba deginant iškastinį kurą: siekis užtikrinti beveik teršalų neišskiriančią gamybą deginant anglį po 2020 m.“ [interaktyvus]. 2007. *Europos bendrijų komisija* [žiūrėta 2013-02-17]. Prieiga per internetą:http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/com/com_com(2006)0843_/com_com(2006)0843_lt.pdf.

Kuosa, M.; Kontu, K.; Makila, T.; Lampinen, M.; Lahdelma, R. 2013. Static study of traditional and ring networks and the use of mass flow control in district heating applications. *Applied Thermal Engineering* 54:450-459.

Lietuvos energetikos institutas. 2011. 2011-2020 metų kompleksinės investicinės programos centralizuoto šilumos tiekimo sektoriuje parengimas ir įgyvendinimo priemonių sukūrimas, *Ataskaita*, 160 p.

Lietuvos Respublikos 2002 m. gegužės 16 d. Nr. IX-884 Energetikos įstatymas [interaktyvus]. 2002. [žiūrėta 2013-04-15]. Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=374997&p_query=&p_tr2=.

Lietuvos Respublikos 2011 m. gegužės 12 d. Nr. XI-1375 Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas [interaktyvus]. 2011. [žiūrėta 2013-02-25]. Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=398874.

Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2011 m. kovo 30 d. Nr. 379 nutarimas dėl Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2003 m. rugsėjo 11 d. nutarimo Nr. 1160 „Dėl Nacionalinės darnaus vystymosi strategijos patvirtinimo ir įgyvendinimo“ pakeitimo [interaktyvus]. 2011. [žiūrėta 2014-04-15]. Prieiga per internetą: www.lrv.lt/bylos/Teises_aktai/2011/03/17432.doc.

Lietuvos statistikos departamentas. 2013. Būstai ir jų charakteristikos, *Lietuvos Respublikos 2011 metų visuotinio gyventojų ir būstų surašymo rezultatai*, 16 p.

Lund, H. 2007. Renewable energy strategies for sustainable development, *Energy* 32:912–919.

Manzano-Agugliaro, F.; Alcayde, A.; Montoya, F. G. ir kt. 2013. Scientific production of renewable energies worldwide: An overview, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 18:134–143.

Matulionytė-Jarašūnė, E. 2012. Atsinaujinančių energijos išteklių vystymas energetinio saugumo kontekste, *Darnaus vystymosi strategija ir praktika: Mokslo darbai*, p. 123-132.

Moldovan, M. D.; Visa, I.; Neagoe, M.; Burduhos, B. G. 2014. Solar heating & cooling energy mixes to transform low energy buildings in nearly zero energy buildings, *Energy Procedia* 48:924 – 937.

Nacionalinė energetikos strategija [interaktyvus]. 2007. [žiūrėta 2014-02-20]. Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=291371.

Nacionalinės mokslo programos „Ateities energetika“ galimybių studija. 2010. Lietuvos mokslo taryba, Vilnius, 53 p.

Oxford University Press [interaktyvus] 2007. *PESTEL analysis of the macro-environment.* [žiūrėta 2012-11-17]. Prieiga per internetą: http://www.oup.com/uk/orc/bin/9780199296378/01student/additional/page_12.htm.

Panwar, N. L.; Kaushik, S. C. ir Kothari, S. 2011. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15:1513–1524.

Pikšrys, S. [interaktyvus]. 2012. *Atsinaujinančios energetikos plėtra ir perspektyvos* [žiūrėta 2013-02-17]. Prieiga per internetą: http://www.lbioma.lt/dokumentai/sp%20biolog%20mokyt%20seminnaras%202012%2001%2005.ppt.

Podvezko V. 2009. Application of AHP technique, *Journal of Business Economics and Management*. 10:2, 181-189.

Popa, D.; Calanter, P.; Popa, C. 2012. Energy in the context of sustainable development, *Metalurgia international* vol. 17.

Rezaie, B.; Esmailzadeh, E.; Dincer, I. 2011. Renewable energy options for buildings: Case studies, *Energy and Buildings* 43:56–65.

Rodrigues, F.; Osiro, L.; Carpinetti, L. C. R. 2014. A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection, *Applied Soft Computing* 21:194–209.

Rogoža, A. Alternatyviųjų daugiabučio namo aprūpinimo energija sistemų gyvavimo ciklo daugiakriterė analizė. 2013. *Mokslas – Lietuvos ateitis*, 5(4):423–428.

Shi, L.; Yit Lin Chew, M. 2012. A review on sustainable design of renewable energy systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16:192– 207.

Shilei, L.; Yong, W. 2009. Target-oriented obstacle analysis by PESTEL modeling of energy efficiency retrofit for existing residential buildings in China's northern heating region, *Energy Policy* 37:2098–2101.

Sircar, I.; Sage, D.; Goodier, Ch. ir kt. 2013. Constructing Resilient Futures: Integrating UK multi-stakeholder transport and energy resilience for 2050, *Futures* 49:49–63.

Sliogeriene, J., Turskis, Z., Streimikiene, D. 2013. Analysis and choice of energy generation technologies: the multiple criteria assessment on the case study of Lithuania, *Energy Procedia* 32:11-20.

Song, Y. 2011. Ecological city and urban sustainable development, *Procedia Engineering* 21:142 – 146.

Sperling, K. ir Möller, B. 2012. End-use energy savings and district heating expansion in a local renewableenergy system – A short-term perspective, Applied Energy 92:831–842.

Streimikiene, D.; Baležentis, T.; Kriščiukaitienė, I. 2012. Promoting interactions between local climate change mitigation, sustainable energy development, and rural development policies in Lithuania, *Energy Policy* 50:699‑710.

Suganthia, L. ir Samuel, A. A. 2012. Energy models for demand forecasting – A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16:1223– 1240.

Šiupšinskas, G. 2006. Centralizuoto aprūpinimo šiluma sistemos kompleksinio modernizavimo modelis, Daktaro disertacija, 122 p.

Šliogerienė, J.; Štreimikienė, D.; Kaklauskas, A. 2011. Decision Support System for Sustainability Assessment of Power Generation Technologies, *Efficient Decision Support Systems – Practice and Challenges From Current to Future*, ISBN 978-953-307-326-2:509-542.

Šuksteris, V.; Jonynas, R. [interaktyvus]. 2014. *Šildymo budo pasirinkimas individualiame name* [žiūrėta 2014-03-17]. Prieiga per internetą: http://www.termaconsult.lt/wp-content/uploads/2013/03/Straipsnis-Sildymo-budo-parinkimas.pdf.

Thirugsnanasambandam, M.; Iniyan S.; Goic, R. 2010. A review of solar thermal technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14:312–322.

Wee, H. M.; Yang, W. H.; Chou, C. W. ir kt. 2012. Renewable energy supply chains, performance, application barriers, and strategies for further development, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16:5451–5465.

Zavadskas, E. K.; Simanauskas, L.; Kaklauskas, A. 1999. Sprendimų *paramos sistemos statyboje: monografija.* Vilnius: Technika. 236 p.

Žalioji knyga: 2030 m. klimato ir energetikos politikos strategija [interaktyvus]. 2013. *Europos Komisija* [žiūrėta 2014-04-20]. Prieiga per internetą: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0169:FIN:LT:PDF

PRIEDAI

A priedas

Iš atsinaujinančių energijos išteklių išgaunamos energijos rūšių PĮSETA analizė

	Politiniai faktoriai	Įstatyminiai faktoriai	Socialiniai faktoriai	Ekonominiai faktoriai	Technologiniai faktoriai	Aplinkosauginiai faktoriai
BIOENERGIJA	• Pagal Nacionalinę energetikos strategiją, numatoma padidinti biomasės dalį šildymo, transporto ir elektros gamybos sektoriuose, atitinkant ES reikalavimus; • Lietuvoje subsidijuojama žaliavos biodegalams gamyba; • Nežinomos tokios tikslios Lietuvos biomasės rezervų apimtys, kad būtų galima Nacionalinėje energetikos strategijoje numatyti jų naudojimo mastą; • Nesukurta atitinkama infrastruktūra biokuro gamybai (žemės ūkis, sandėliavimas, perdirbimas ir t. t.) ir vartojimui; • Mažina priklausomybę nuo kuro importuotojų; • Didėjanti įtampa tarp energijos išteklius eksportuojančių ir importuojančių šalių.	• Biokuro, biodegalų ir bioalyvų įstatymu, reglamentuojamos biokuro, biodegalų ir bioalyvų gamybos ir naudojimo teisinės sąlygos; • Kuro sandėliavimas turi būti numatytas laikantis Katilinių įrenginių įrengimo taisyklių; • Pagal priimtą LR atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymą buvo numatyta įstatyminiu lygmeniu reglamentuoti atsinaujinančius energijos išteklius ir skatinti jų plėtrą. Įstatyme numatyta, kad nuo 2011 m. gruodžio 31 d. įsigalios nauja atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo tvarka: bus nustatytos skatinimo kvotos, aukcionų regionai, supirkimo tvarka, lubinės aukcionų kainos, tačiau iki šiol galiojančios įstatymo nuostatos nėra įgyvendintos. • Atsinaujinančios energetikos įstatymas	• Išsaugomos ir sukuriamos darbo vietos kaimo vietovėse, mažinama bedarbystė; • Papildomai apkraunama vietinė pramonė; • Neskatina kvalifikuotos darbo jėgos paieškos, energetinės kultūros plėtros.	• Palanki ekonominė aplinka ekonomikos rinkoje, leidžianti biokurui ir biodegalams konkuruoti su įprastiniais energijos šaltiniais dėl konkurencingos kainos; • Tradicinių energijos šaltinių pakeitimas biomase padeda taupyti už perkamą įvežtinį kurą sumokamas lėšas; • Dažnai augalų, naudojamų biokuro gamybai, derlingumas yra mažas, todėl šiame procese papildomai naudojama dar ir iškastinio kuro energija, o tai lemia didėjantį importuojamų energetinių išteklių poreikį, didėjančias degalų kainas; • Biokuro eksportas į ekonomiškai išsivysčiusias valstybes kelia jų kainas ir taip lėtina plėtojimą Lietuvoje; • Nemažos investicijos	• Galimybė diversifikuoti perteklinę žemės ūkio produktų gamybą; • Spartus naujų biokuro ir biodegalų gamybos technologijų kūrimas ir įgyvendinimas; • Biomasės kuro paruošimas (auginimas, atliekų transportavimas, smulkinimas) reikalauja nemažai energijos; • Kai kurie biomasės ištekliai yra sezoniniai; • Įvykus avarijai, sustojus biokuro katilui ar įvykus kitokiam šilumos gamybos ar tiekimo sutrikimui, gali nutrūkti šilumos tiekimas; • Reikalinga gera valymo įranga, kad būtų išvengta teršalų išmetimo į aplinką.	• Dideli biomasės ištekliai; • Maža biokuro ir biodegalų sukeliama aplinkos tarša dėl jiems naudojamų gamtinių resursų – tokių kaip mediena ir miško atliekos, pjuvenos ir t. t.; • Neprisideda prie pasaulinio šiltnamio efekto, nes deginant biomasę į atmosferą išmetamas CO_2 priklauso gamtinio anglies apytakos ciklo srautui; • Kasmet nenaudojama daug hektarų ariamosios žemės, taip pat yra nederlingos žemės, kurioje gali būti auginami augalai energetiniams tikslams aplink; • Biologiškai suyrančios atliekos gali būti panaudojamos energijos gamybai, jas atskyrus nuo kitų rūšių komunalinių atliekų ir perdirbus biodujų

BIOENERGIJA		prastai veikia, nėra išleisti poįstatyminiai aktai, nėra skatinimo sistemos.		(didesnės nei į iškastinio kuro elektrines, bet mažesnės nei į atomines, vėjo ar hidroelektrines); • Pagamintos elektros energijos kaina nekonkurencinga – racionaliausia naudoti šildymui.		reaktroriuose; • Priklausomai nuo kūrenamos biomasės, į aplinką yra išskiriami tokie teršalai, kaip kietosios dalelės, sieros oksidai bei natrio oksidai; • Dažnai augalų, naudojamų biokuro gamybai, derlingumas yra mažas, todėl šiame procese papildomai naudojama dar ir iškastinio kuro energija, kuri didina šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą į atmosferą; • Tie patys ištekliai reikalingi ir popieriaus pramonei.
VĖJO ENERGIJA	• Iš vėjo pagaminta energija padidina energetinį saugumą ir padeda išvengti konfliktų dėl gamtinių išteklių; • Vėjo jėgainių, kurių galingumas nesiekia 250 kW, statybai paramą galima gauti iš Europos Sąjungos žemės ūkio paramos programų; • ES nėra bendrų sanitarinių reikalavimų vėjo elektrinėms ir kiekviena šalis sprendžia šį klausimą savarankiškai; • Energijos pramonės plėtrą stabdo Valstybės sumažintos energijos supirkimo kainos.	• Atsinaujinančios energetikos įstatymas prastai veikia, nėra išleisti poįstatyminiai aktai, nėra skatinimo sistemos. • Vėjo jėgainių statyba yra reglamentuojama nesudėtingų ir ypatingų statinių reglamentais; • Pagal priimtą LR atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymą buvo numatyta įstatyminiu lygmeniu reglamentuoti atsinaujinančius energijos išteklius ir skatinti jų plėtrą. Įstatyme numatyta, kad nuo 2011 m. gruodžio 31 d. įsigalios nauja atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo tvarka: bus nustatytos skatinimo	• Visuomenė neretai projektus priima priešiškai, nes arti vėjo jėgainių gyvenantiems žmonėms neigiamą poveikį gali turėti jėgainių skleidžiamas triukšmas ir sparnų šešėlių mirgėjimas. • Sunku įgyvendinti projektus tankiai apgyvendintose teritorijose.	• Nedideli eksploatacijos kaštai; • Iš vėjo pagaminta energija diversifikuoja energijos rinkas ir padeda sumažinti iškastinio kuro importą; • Iš vėjo pagaminta energija apsaugo nuo iškastinio kuro kainų svyravimo; • Reikalingi dideli kapitalo įdėjimai, lėtas atsiperkamumas; • Vėjo energetikos vystymas yra pats brangiausias būdas anglies dvideginio koncentracijai atmosferoje mažinti; • Nesubalansuota vėjo elektrinių rinka:	• Nesudėtinga statyba, kurią galima taikyti individualioje statyboje; • Technologijos sparčiai tobulėja; • Galima statyti tiek sausumoje, tiek vandens telkiniuose; • Didelė avarijų rizika; • Vėjo greičio netolygumai, būtina užtikrinti rezervinę generaciją, nes vėjo jėgainės atsijungia nuo trikdžių energetinėje sistemoje bei per didelių vėjo greičių; • Sunkiai prognozuojamas režimas.	• Naudoja tik atsinaujinančius išteklius; • Aplink vėjo jėgaines galima toliau plėtoti žemdirbystę arba pramonę. • Judėdami vėjo turbinos sparnai kelia triukšmą; • Poveikis gyvūnijai: paukščių susidūrimo su vėjo malūnais dažnumas; • Besisukančios turibinų mentės ardo lokalias ekosistemas.

VĖJO ENERGIJA		kvotos, aukcionų regionai, supirkimo tvarka, lubinės aukcionų kainos, tačiau iki šiol galiojančios įstatymo nuostatos nėra įgyvendintos.		paklausa yra didesnė, nei vėjo elektrinių gamintojų galimybės; • Reikalingi atitinkami galios rezervai, kurie kompensuotų vėjo energijos svyravimus.		
GEOTERMINĖ ENERGIJA	• Geotermijos taikymas yra efektyvus, tik kai yra taikomos ir skatinimo priemonės; • Nepakankamas dėmesys geoterminės energijos plėtrai, valstybė silpnai remia. • Valstybė silpnai remia technologijų, naudojančių atsinaujinančius energijos išteklius, tyrimus.	• Pagal priimtą LR atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymą buvo numatyta įstatyminiu lygmeniu reglamentuoti atsinaujinančius energijos išteklius ir skatinti jų plėtrą. Įstatyme numatyta, kad nuo 2011 m. gruodžio 31 d. įsigalios nauja atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo tvarka: bus nustatytos skatinimo kvotos, aukcionų regionai, supirkimo tvarka, lubinės aukcionų kainos, tačiau iki šiol galiojančios įstatymo nuostatos nėra įgyvendintos; • Atsinaujinančios energetikos įstatymas prastai veikia, nėra išleisti poįstatyminiai aktai, nėra skatinimo sistemos.	• Dažnai vietovės geoterminei energijai išgauti nesutampa su stambių šilumos vartotojų buvimu, o tai stabdo jų įsisavinimą ir energijos panaudojimą; • Gyventojų nenoras ir mažos pajamos stabdo investicijas į gyvenamųjų pastatų aprūpinimui energija naudojimų išteklių mažinimą; • Žaliosios energetikos Lietuvos visuomenė nelaiko vertybe, nesuvokia vietinių, atsinaujinančių ir atliekinių energijos išteklių naudojimo svarbos, ji nelinkusi mokėti už švaresnę aplinką ir prisidėti prie jos išsaugojimo ir energijos taupymo.	• Mažiau vartoja pirminių importuotų išteklių. • Palyginus didelės pradinės investicijos ir ilgas atsipirkimo laikas (apie 15 metų).	• Neriboti ištekliai; • Tiesioginio šildymo tiekimas; • Geoterminės energijos gamybos būdo niekaip neveikia nei klimatinės, nei laikotarpio sąlygos; • Geoterminių technologijų įrengimas yra brangus, sudėtingi gręžiniai, ilgas statybos laikas; • Reikalingos specialios geologinės sąlygos, kad būtų įmanoma įrengti ekonomiškai efektyvią geoterminę technologiją; • Net ir esant pakankamam geoterminių išteklių kiekiui, vandens sudėtyje esančios druskos ir mineralai gali ypatingai komplikuoti įrengimų darbą; • Sudėtingas, kompiuterizuotas geoterminių katilų valdymas, technologija negali veikti viena (reikalinga papildoma elektros energija); • Dažnai lengvai kombinuojama su saulės kolektoriais, karštam vandeniui gaminti; • Geoterminių jėgainių statybai ne visada galima rasti tinkamų statybos	• „Švari“ technologija – neteršiama aplinka; • Geoterminės jėgainės gali daryti įtaką seismi niam stabilumui. Ypatingai tokiose vietose, kai injekuojamas vanduo į įkaitusias uolienas, kai vandens jose nebuvo; • Geoterminės jėgainės vis tiek išmeta anglies dioksido ir azoto oksido dujas, tiesa labai mažą kiekį; • Nėra atlikta pakankamai tyrimų ir nėra nustatytas injekuojamų į gręžinius cheminių reagentų poveikis.

GEOTERMINĖ ENERGIJA					aikštelių urbanistinėje teritorijoje, nes gręžinių, gamtinio vandens cirkuliacinės sistemos ir antžeminių irenginių statybai taikomos tokios pat aplinkosaugos, techninės salygos ir reikalavimai, kaip ir naujų katilinių, deginančių organinį kurą, statybai.	
VANDENS ENERGIJA **VANDENS ENERGIJA**	• Aplinkosaugos reikalavimai hidroenergetikai Lietuvoje griežčiausi iš visų ES šalių, todėl yra ribotos galimybės plačiau naudoti hidroišteklius; • Nėra galimybės įvykdyti Lietuvos Respublikos Vyriausybės patvirtintą priemonę „Siekiant efektyviau panaudoti turimus vandens išteklius, iš naujo atlikti vandens telkinių vertinimą ir prireikus pakeisti ekologiniu ir kultūriniu požiūriu vertingų upių ar jų ruožų sąrašą, patvirtintą LR Vyriausybės 2004-09-08 nutarimu Nr.1144, taip pat kitus Valstybinio audito ataskaita Lietuvos Respublikos valstybės kontrolė teisės aktus“, nes Lietuvoje nesudarytos tam reikalingos sąlygos.	• Įstatymais naujų hirdoelektrinių statyba Lietuvoje iš esmės uždrausta; • Pagal priimtą LR atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymą buvo numatyta įstatyminiu lygmeniu reglamentuoti atsinaujinančius energijos išteklius ir skatinti jų plėtrą. Įstatyme numatyta, kad nuo 2011 m. gruodžio 31 d. įsigalios nauja atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo tvarka: bus nustatytos skatinimo kvotos, aukcionų regionai, supirkimo tvarka, lubinės aukcionų kainos, tačiau iki šiol galiojančios įstatymo nuostatos nėra įgyvendintos; • Atsinaujinančios energetikos įstatymas prastai veikia, nėra išleisti poįstatyminiai aktai, nėra skatinimo sistemos.	• Užtvankų rezervuarai tampa ežerais, kurie gali būti naudojami rekreacijai; • Gali būti užimti dideli žemės plotai; • Dėl išskirtinių gamtinių sąlygų sunku taikyti individualioms reikmėms.	• Vanduo, kaip kuro rūšis, nieko nekainuoja, todėl leidžia sumažinti atvežtinio kuro importą; • Hidroelektrinėse pagaminta elektra yra pigesnė už pagamintą šiluminėje elektrinėje; • Reikalingos didelės pradinės investicijos.	• Užtikrinamas nepertraukiamas tam tikras elektros energijos gamybos kiekis; • Režimai planuojami, nėra staigių pokyčių; • Galima lengvai kontroliuoti hidroelektrinėse pagaminamos elektros kiekį; • Gebėjimas kaupti energiją; • Daugelis užtvankų yra naudojamos siekiant kontroliuoti potvynius ir reguliuoti vandens tiekimą; • Energijos gamybos priklausomybė nuo klimato (esant sausroms vandens kiekis sumažėja).	• Ekologiška energetika, neteršianti aplinkos ir neskatinanti klimato kaitos; • Neigiamas poveikis vandens ekosistemoms; • Hidroelektrinių statybai dažnai reikalingas papildomas žemės plotų užtvindymas siekiant padidinti šaltinio hidrogalią; • Sutrikdo natūralią žuvų migraciją į nerštavietes; • Upė praranda savo natūralumą: pasikeičia vandens tėkmė, upės vagos plotas; • Užsistovėję nešmenys išskiria šiltnamio dujas; • Hidroelektrinės gali padidinti dumblėjimą, pakeisti temperatūrą ir sumažinti ištirpusio deguonies koncentraciją.
SAULĖS ENERGIJA	• Energijos pramonės plėtrą stabdo Valstybės	• Pagal priimtą LR atsinaujinančių išteklių	• Saulės energija palaiko vietinių darbo	• Po pradinės investicijos	• Naudinga vietovėse, neprijungtose prie elektros	• Palankus aplinkai ir neišsenkantis energijos

SAULĖS ENERGIJA	sumažinta energijos supirkimo kaina.	energetikos įstatymą buvo numatyta įstatyminiu lygmeniu reglamentuoti atsinaujinančius energijos išteklius ir skatinti jų plėtrą. Įstatyme numatyta, kad nuo 2011 m. gruodžio 31 d. įsigalios nauja atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo tvarka: bus nustatytos skatinimo kvotos, aukcionų regionai, supirkimo tvarka, lubinės aukcionų kainos, tačiau iki šiol galiojančios įstatymo nuostatos nėra įgyvendintos; • Atsinaujinančios energetikos įstatymas prastai veikia, nėra išleisti poįstatyminiai aktai, nėra skatinimo sistemos.	vietų ir gerovės kūrimą; • Lengvai taikoma individualioms reikmėms.	susigrąžinimo, saulės energijos naudojimas yra beveik nemokamas; • Mažos eksploatavimo išlaidos; • Jei saulės energijos sistema pagamina daugiau energijos negu yra sunaudojama, energijos tiekėjai gali pirkti perteklinę energiją; • Įdėtų lėšų grįžimo periodas gali būti labai trumpas priklausomai nuo to, kiek elektros namų ūkis panaudoja; • Didelė įrangos savikaina; • Reikia užtikrinti saulės elektrinių galios rezervavimą ir balansavimą, o tai didina pagamintos energijos kaštus.	tinklo; • Gaunama tiesiogiai labiausiai priimtina vartojimui energijos forma; • Pats galingiausias atsinaujinančios energijos šaltinis; • Saulės energijos sistemos gali veikti nepriklausomai, nereikia prijungti prie elektros energijos ir dujų tinklų; • Šios sistemos gali būti įrengtos atokiose vietovėse; • Saulės energijos sistemos iš esmės nereikalauja aptarnavimo ir veikia dešimtmečius. • Esant dabartinėms technologijoms reikalingi dideli žemės plotai netgi nedideliems elektros energijos kiekiams pagaminti; • Energija yra nepastovi, nes priklauso nuo meteorologinių sąlygų ir paros laiko; • Palyginti nedidelis saulės elementų efektyvumo koeficientas.	šaltinis; • Veikimo metu nesukelia jokių nemalonių garsų, kurie trikdytų ramybę; • Saulės energija neprisideda prie globalinio atšilimo, rūgštaus lietaus arba smogo susidarymo; • Elementų gamyboje naudojamos specialios medžiagos, kurios gali pakenkti aplinkai; • Nėra apgalvotas panaudotų saulės elementų utilizavimas.

B.1 priedas

Pažyma dėl dalyvavimo konferencijoje

VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS EKONOMIKOS IR
NEKILNOJAMO TURTO VADYBOS KATEDRA

Viešoji įstaiga, Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius, tel.: (8 5) 274 5000, (8 5) 274 5030, faks. (8 5) 270 0112, el. p. rastine@vgtu.lt
Duomenys kaupiami ir saugomi Juridinių asmenų registre, kodas 111950243, PVM mokėtojo kodas LT119502413
Katedros duomenys: Saulėtekio al. 11, SRL-I 506 kab., LT–10223 Vilnius, tel. (8 5) 274 5235, el. p. sentv@vgtu.lt
Saulėtekio al. 11, LT–10223 Vilnius, Lithuania, phone: +370 5 274 5000, +370 5 274 5030, fax: +370 5 270 0112, e-mail: rastine@vgtu.lt
Department: Saulėtekio al. 11, SRL-I room 506, LT–10223 Vilnius, Lithuania, phone: +370 5 274 5235, e-mail: sentv@vgtu.lt

2014 03 28 Nr. _____

Į Nr. _____

DĖL DALYVAVIMO KONFERENCIJOJE

Pažymime, kad Statybos ekonomikos ir nekilnojamojo turto vadybos katedros SEVfm-12 gr. studentė Živilė Kalasauskaitė 2014 m. kovo 26 d. 17-oje Jaunųjų mokslininkų konferencijoje skaitė pranešimą tema „Alternatyviosios energijos pritaikymo individualiam būstui modelio sudarymas“.

Statybos ekonomikos ir nekilnojamojo
turto vadybos katedros vedėjas Artūras Kaklauskas

Neringa Gudienė, 2745235, neringa.gudiene@vgtu.lt

B.2 priedas

Mokslinis straipsnis

ALTERNATYVIOSIOS ENERGIJOS PRITAIKYMO INDIVIDUALIAM BŪSTUI MODELIO SUDARYMAS

Živilė Kalasauskaitė [1], **Loreta Kanapeckienė** [2]

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
El. paštas: [1]*zivile.kalasauskaite@stud.vgtu.lt;* [2]*loreta.kanapeckiene@vgtu.lt*

Santrauka. Nagrinėjama namų ūkių energijos vartojimo efektyvinimo ir atsinaujinančių išteklių naudojimo individualioms reikmėms problema. Analizuojamas efektyvių problemų sprendimo būdų, susijusių su alternatyvių energijos išteklių naudojimu, technologijų tobulėjimu ir konkrečių AEI (alternativių energijos išteklių) rūšių plėtojimu poreikis. Apžvelgta pasaulinė praktika ir užsienio autorių teoriniai darbai. Pateiktos individualaus būsto aprūpinimo energija technologijų alternatyvos ir atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimo galimybės. Sudarytas alternatyviosios energijos pritaikymo individualiam būstui modelis, kurio pagrindiniai trys blokai – darniojo vystymosi sampratą apimantis blokas, energetikos strategiją apimantis blokas ir tvarios energetikos blokas. Pateikti svarbiausi technologijų, skirtų energijos gamybai iš alternatyviosios energijos, pritaikytų individualiam būstui, įvertinimo aspektai: politiniai, įstatyminiai, ekonominiai, aplinkosauginiai, technologiniai ir socialiniai.

Reikšminiai žodžiai: AEI (atsinaujinantys energijos ištekliai), darnioji raida, energetikos sistema, tvari energetika, individualus būstas.

Įvadas

Dabartiniu metu pasaulio šalys itin dažnai susitelkia ties darniosios plėtros strategijomis. Darnioji plėtra apima ekonominę, socialinę ir aplinkos apsaugos sferas kaip visumą ir kaip atskiras dedamąsias, kurios negali funkcionuoti viena be kitos. Ypač aktuali tema pasauliniu mastu šiuo metu yra vykstanti aplinkos apsaugos politika, kuri skatina kiekvieną valstybę didinti atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimą, nes sparčiai augant ekonomikai, gamybos mastams, besivystant technologiniams procesams, vis labiau auga energijos poreikis. Dėl energetikos kylančios globalinės problemos, klimato kaita ir kiti klausimai verčia ieškoti efektyvių šių problemų sprendimo būdų, susijusių su alternatyvių energijos išteklių naudojimu, technologijų tobulėjimu ir konkrečių AEI (atsinaujinančių energijos išteklių) rūšių plėtojimu, kadangi tai bene racionaliausia alternatyva.

Per paskutinius daugiau nei 20 metų buvo atsigręžta į saulės energijos, vėjo, vandens, biomasės ir geoterminės energijos potencialą. Modernių technologijų pagalba ši energija buvo panaudota kaip elektra, šiluma ir degalai. Ir jų potencialas neišsenkamas. Būtent todėl, norint skatinti darniąją plėtrą, sutelkti daugiau dėmėsio į aplinkos apsaugą ir imtis tinkamų priemonių energijos poreikiams valdyti, visų pirma vertėtų susitelkti į pirminius vartotojus – namų ūkius, kurių energijos vartojimo efektyvinimas ir atsinaujinančių išteklių naudojimas individualioms reikmėms galėtų žymiai palengvinti prieš tai minėtų tikslų siekimą regioniniu, šalies, o vėliau ir pasaulio mastu.

Nagrinėti problemą galima pradėti nuo vienbučiuose gyvenamuosiuose namuose diegiamų sistemų – atliekant tyrimus, taikant daugiakriterius vertinimo metodus, galima išsiaiškinti, kuris iš atsinaujinančių energijos šaltinių tinkamiausias individualioms reikmėms – pvz. vienbučio gyvenamojo namo šildymui. Siekiant teisingai įvertinti technologijas, kurias galima įdiegti individualiame būste, svarbiausia sudaryti tinkamą modelį, kuriuo remiantis galėtų būti atrinkti vertinimo kriterijai. Modelio sandara parodo, kokie kiekybiniai bei kokybiniai kriterijai yra svarbiausi vertinant pastatų šildymo sistemas, naudojamas individualioms reikmėms.

Alternatyvioji energetika darniosios raidos kontekste

Apie darnią plėtrą plačiai diskutuoti teorinėje literatūroje imta kai šios plėtros koncepcija buvo priimta kaip svarbiausias ekonomikos, socialinės plėtros ir aplinkos apsaugos tikslas (1 pav.). Santykis tarp darnios plėtros ir klimato kaitos yra ypač svarbus besivystančioms šalims, atsižvelgiant į jų plėtros procesą ir ypač į aplinkosaugos problemas, su kuriomis daugelis iš jų susiduria (Karakosta, Ch. ir Askounis, D. 2010). Tai vyksta dėl visame pasaulyje augančio energijos poreikio, kuris reikalauja daug energetinių išteklių.

© Vilniaus Gedimino technikos universitetas
ISSN 2029-2341 print / ISSN 2029-2252 online



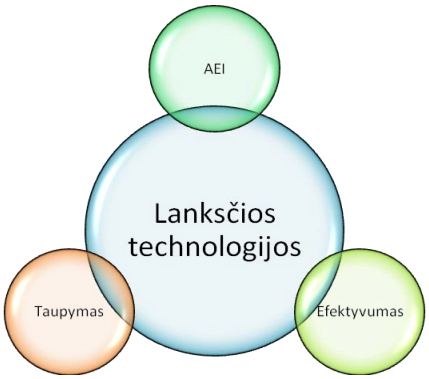
1 pav. Darniojo vystymosi koncepcija (Karakosta, Ch. ir Askounis, D. 2010)

Energija yra būtina bet kurios valstybės darniai plėtrai, tiek socialinėje, tiek ekonominėje, tiek aplinkos apsaugos srityje. Pastarąjį dešimtmetį energijos suvartojimas visame pasaulyje žymiai išaugo. Labai svarbu teisingai valdyti energiją, norint toliau ekonomiškai klestėti, tuo pačiu išsaugant aplinką. Energija yra susijusi su pramonine produkcija, žemės ūkio produkcija, sveikata, prieiga prie vandens, gyventojų švietimo, gyvenimo kokybe ir t. t. Norint išmokti tinkamai valdyti energijos poreikį, reikia tinkamai paskirstyti turimus išteklius (Suganthia, L. ir Samuel, A. A. 2012). Tam pasaulio šalys turi priėmusios įvairias direktyvas ir siekia kuo efektyviau naudoti bei gaminti energiją: perdirbamos atliekos, keičiamos gamyklų technologijos, naudojami taupūs prietaisai.

Suvokimas, kad iškastinio kuro ištekliai, reikalingi energijos gamybai, yra baigtiniai ir kad klimato kaita yra susijusi su anglies dvideginio išmetimu į atmosferą, padidino susidomėjimą energijos taupymu ir aplinkos apsauga. Anot Banos, R.; Manzano-Agugliaro, F. ir kt. (2011), pagrindinė strategija, siekiant sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro, yra paremta energijos vartojimo mažinimu, taikant energijos taupymo programas, orientuotas į energijos paklausos mažinimą ir energijos vartojimo efektyvumą pramonės ir vidaus vartojimo srityse.

Tuos pačius tris elementus, kaip darnios energetikos plėtros dedamąsias, išskiria ir autorius Lund, H. (2007): darnios energetikos plėtros strategijos paprastai apima tris pagrindinius technologinius pokyčius – energijos taupymas paklausos pusėje, efektyvumo didinimas energijos gamyboje, iškastinio kuro keitimas įvairiais atsinaujinančiais energijos šaltiniais. Taigi, atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimo dideliais mastais įgyvendinimo planuose turi būti įtrauktos strategijos, kaip integruoti atsinaujinančius energijos šaltinius į nuoseklią energetikos sistemą, paremtą energijos taupymu ir efektyvumo priemonėmis.

Remiantis Lund, H. (2007) sudaryta schema (2 pav.) akivaizdu, jog darnus energetikos vystymasis pirmiausia priklauso nuo lanksčių technologijų – integruotų energijos sistemų, kurios susideda iš AEI (atsinaujinančių energijos išteklių), taupymo (iš energijos vartotojų pusės) bei efektyvumo didinimo (iš tiekėjų, gamintojų pusės).



2 pav. Darnus energetikos vystymasis (Lund, H. 2007)

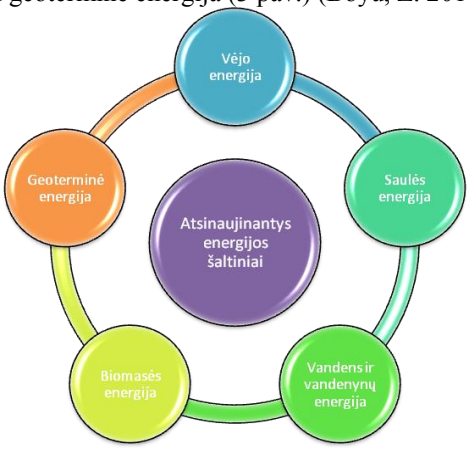
Ekonominės pažangos, aplinkosaugos vadybos ir žmonių gerovės tarpusavio ryšys yra sudėtingas procesas, darantis įtaką visuomenės, kurioje gyvename, kokybei ir darnai (Goosen, M. F. A. 2012), šį tarpusavio ryšį glaudinti ir efektyviau valdyti galima susitelkiant atskirai į kiekvieną iš darnios plėtros koncepcijos elementų. Žmogaus egzistencija tiesiogiai priklauso nuo tinkamos aplinkos. Kiekvienam asmeniui ekologiška aplinka yra labai svarbi, ji gali suteikti žmogaus išlikimo, materialinės bazės plėtros ir kitas įvairias būtinas sąlygas. Netinkamoje, neekologiškoje aplinkoje žmonės negali išgyventi ir vystytis (Song, Y. 2011). Ekonominė ir socialinė raida jau sukėlė žalą aplinkai, todėl vertėtų daugiau dėmesio teikti procesams, kurie skatina darniąją plėtrą, jos įvedimą į aplinką ir procesus, siekiant ne tik pagerinti gyvenimo kokybę, bet ir atitaisyti praeityje padarytas klaidas.

Atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimas

Energija yra labai svarbi ekonominiam ir socialiniam vystymuisi ir gyvenimo kokybės gerinimui visose šalyse. Tačiau šiuo metu daug pasaulio energijos yra pagaminama ir suvartojama tokiais būdais, kurie negalėtų būti išlaikyti, jei technologijos liktų pastovios ir jei bendras suvartojamas kiekis žymiai išaugtų (Yuksela, I. ir Kaygusuzb, K. 2011). Todėl labai svarbus žingsnis, mažinantis aplinkos taršą ir saugantis gamtinius išteklius, yra atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas energijai gaminti. Atsinaujinantys energijos šaltiniai (AEŠ) gali būti apibrėžiami kaip paprastas ilgalaikis, tvarus, pagrįs-

tos kainos energijos išteklis, kuris gali būti naudojamas įvairioms reikmėms, be neigiamo poveikio (Manzano-Agugliaro, F.; Alcayde, A.; Montoya, F.G. ir kt. 2013). Tokie autoriai, kaip Panwar, N. L.; Kaushik, S. C. ir Kothari, S. (2011) AEŠ laiko švariais energijos šaltiniais ir mano, kad optimalus šių išteklių panaudojimas gali būti naudingas mažinant kenksmingą poveikį aplinkai, nes išskiria mažiausiai antrinių atliekų ir yra tvarus atsižvelgiant į dabartinius ir būsimus ekonominius bei socialinius poreikius. Teigiami AEŠ naudojimo aspektai: didesnė energijos tiekimo galimybių įvairovė, tiek išsivysčiusiose, tiek ir besivystančiose šalyse (Jagoda, K.; Lonseth, R.; Lonseth, A. ir kt. 2011), mažesnė priklausomybė nuo iškastinio kuro išteklių, padidinti grynojo užimtumo, eksporto rinkų sukūrimo rodikliai (Cansino, J. M.; Pablo-Romero, M. P. ir kt. 2010) bei šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo mažinimas ir klimato kaita (Dijkman, T. J.; Benders, R. M. J. 2010).

Nors tradiciniai elektros energijos gamybos būdai nuo seno patenkina gyvenamųjų ir pramonės objektų poreikius, jie praranda savo privalumus dėl atsirandančio susirūpinimo aplinkosauginiais ir ekonominiais klausimais. Atsinaujinanti energetika tapo varomąja jėga, siekiant išsaugoti Žemės gamtinius išteklius ir pagerinti vartotojų gyvenimo kokybę. Atsinaujinanti energetika gali būti apibrėžiama kaip nemokamas, tvarus energijos šaltinis, pavyzdžiui, vėjo ar saulės energija, kuri nedaro jokio neigiamo poveikio energijos gamybos proceso metu (Wee, H. M.; Yang, W. H.; Chou, C. W. ir kt. 2012). Atsinaujinantys energijos šaltiniai – tai energijos šaltiniai kurie gali būti atstatyti ir darniai panaudojami gamtoje bei nėra iškastinis kuras, pavyzdžiui, vėjo energija, saulės energija, vandens ir vandenynų energija, biomasės energija bei geoterminė energija (3 pav.) (Boyu, Z. 2011).



3 pav. Atsinaujinantys energijos šaltiniai (Boyu, Z. 2011)

Atsinaujinančios energetikos plėtojimas pastatuose teikia tokius privalumus: energija vartojama efektyviau, ji ekonomiškai efektyvi, pastatas tampa mažiau kenksmingu aplinkai ir labiau patraukliu technologiškai. Svarbu rimtai apsvarstyti energijos iš atsinaujinančių šaltinių naudojimą dėl žalingo poveikio šiltnamio efektą sukeliančių dujų išsiskyrimo mažinimo ir tradicinių energijos išteklių (iškastinio kuro) ribotos pasiūlos. Keičiant neatsinaujinančius energijos šaltinius atsinaujinančiais taip pat mažinamas energijos suvartojimas (Rezaie, B.; Esmailzadeh, E.; Dincer, I. 2011). Todėl efektyvios šilumos tiekimo sistemos, grindžiamos atsinaujinančių energijos šaltinių pritaikymu, yra svarbios ateities energijos sistemos, kurios nepriklauso nuo iškastinio kuro (Sperling, K. ir Möller, B. 2012).

Gyvenamasis sektorius energetikos sistemoje

Pastatams aprūpinti reikalingi labai dideli energijos kiekiai. Pasauliniu mastu pastatai suvartoja apie 40% viso pasaulio metinio suvartojamos energijos kiekio apšvietimui, šildymui, aušinimui ir oro kondicionavimui (Shi, L.; Yit Lin Chew, M. 2012). Gyvenamųjų namų sektorius suvartoja maždaug trečdalį visos pasaulio energijos. Norint sukurti tvarią energetikos sistemą, reikia pakeisti visą energijos grandinę: nuo tiekimo sektoriaus iki energijos galutinio naudojimo technologijų. Esminė energetikos mokslinių tyrimų misija yra skatinti ir įgyvendinti metodus, technologijas ir procesus, kurie padėtų plėtoti švarias (nenaudojančias išteklių ir nulinės teršalų emisijos), efektyvias, atitinkančias skirtingų vietovių sąlygas, saugias ir patogias energijos sistemas. Tai ypač taikoma namų ūkiams ir paslaugų sektoriui, kurie užima trečiąją vietą pagal energijos suvartojimą pasaulyje tarp kitų sektorių (Bocci, E.; Zuccari, F.; Dell'Era, A. 2011). Remiantis autoriais Cansino, J. M.; Pablo-Romero, M. P. ir kt. (2011), galutinis namų ūkių ir paslaugų sektoriaus energijos sunaudojimas siekia apie 40% bendro galutinio energijos suvartojimo Europos Sąjungoje. Šildymui, vidutiniškai, sunaudojama apie 70% visų namų ūkių vartojamos energijos (įskaitant ir vandens šildymą).

Darnus projektavimas ir statyba vis labiau populiarėja statybos pramonėje. Projektuotojai ir savininkai vis dažniau sužino, kad teisingai suprojektuoti pastatai gali taupyti energiją ir sumažinti neigiamą poveikį aplinkai. Darnūs pastatai su atsinaujinančios energijos sistemomis gali veikti savarankiškai, be įprastinių išteklių. Tai sumažina poveikį aplinkai viso pastato gyvavimo ciklo metu (Shi, L.; Yit Lin Chew, M. 2012). Atsinaujinantys energijos šaltiniai yra gera alternatyva, siekiant sumažinti išteklių sąnaudas darniame pastate. Atsinaujinančios energijos sistemos pritraukė daugelio projektuotojų ir inžinierių

dėmesį ir jos galėtų patenkinti didžiąją dalį ar net visą pastatų energijos poreikį (Thirugsnanasambandam, M.; Iniyan S.; Goic, R. 2010). Taigi, tai gera priemonė siekiant sumažinti energijos poreikį ir vėliau taikyti sprendimus, susijusius su energijos taupymu. Galutiniam vartotojui, norinčiam investuoti į energijos taupymo priemones, labai svarbus gebėjimas derinti ekonominį efektyvumą su aplinkosauginiu veiksmingumu (Georges, L.; Massart, C.; Van Moeseke, G. ir kt. 2012).

Alternatyviosios energijos pritaikymo individualiam būstui modelio sudarymas

Siekiant sudaryti tinkamą tvarios energetikos sandaros modelį, būtina remtis ne tik pačios energetikos samprata, bet ir darniosios plėtros, kaip koncepcijos, tikslais bei įsigilinti į veiksnius, kurie apima tvarią energetiką, t. y. sudaryti aspektų, darančių įtaką tvarios energetikos modelio veikimui, rinkinį. Šis rinkinys vėliau gali būti pritaikomas kriterijų blokams, remiantis kiekvienu išvardintu aspektu, sudaryti. Kriterijai reikalingi išrinkti tinkamą individualaus būsto šildymo sistemą. Būtent modelyje minimi veiksniai: politiniai, įstatyminiai, ekonominiai, aplinkosauginiai, technologiniai ir socialiniai, labiausiai tinka siekiant įvertinti ne tik technologiškai efektyvią ir ekonomiškai naudingą, bet ir kitais aspektais pranašią, tvarios energetikos sampratą atitinkančią šildymo sistemą. Energijos gamybos technologijų darnumo įvertinimas leidžia parinkti tinkamą energijos gamybos technologiją bei apsvartyti jos įtraukimą į energetikos modelius. Be to, tai puiki galimybė įvertinti esamas ir numatyti galimas paramos priemones šioms pažangioms technologijoms, analizuojant politinius bei įstatyminius aspektus, susijusius su konkrečiomis individualių būstų šildymo sistemomis. Atliekant aplinkosauginių aspektų vertinimą, galima įvertinti draugiškiausią aplinkai technologiją, atitinkančią užsibrėžtus prioritetinius energetikos sektoriaus plėtros tikslus.

Siekiant parinkti tinkamą individualaus būsto šildymo sistemą, atitinkančią tvarios energetikos sampratą, pagal sudarytą alternatyviosios energetikos pritaikymo individualiam būstui (4 pav.) modelį, būtina sudaryti kriterijų rinkinius, kurie būtų tinkamiausi vertinant būtent individualiems gyvenamiesiems namams šildyti skirtas technologijas. Tam yra naudojamas daugiakriteris vertinimas. Šis vertinimas leidžia taikyti įvarius rodiklius (tiek kiekybinius, tiek kokybinius), siekiant parinkti energijos gamybos technologiją individualiam būstui, atsižvelgiant į minėtus politinius, įstatyminius, ekonominius, aplinkosauginius, technologinius ir socialinius veiksnius. Jei sprendimų paramos sistema veikia teisingai, kriterijų rinkiniai tinkamai sudaryti, o duomenys, naudojami vertinimui, tikslūs ir laiku atnaujinami, galima tiksliai ir veiksmingai palyginti individualaus būsto energijos gamybos technologijas ir jas suranguoti, panaudojant minėtame modelyje išnagrinėtus aspektus.



4 pav. Alternatyviosios energetikos pritaikymo individualiam būstui modelis (Sudarytas autorių remiantis Lietuvos Energetikos Instituto informacija, 2014)

Alternatyviosios energijos pritaikymo individualiam būstui modelis sudarytas iš trijų pagrindinių blokų:

- Darniojo vystymosi sampratą apimantis blokas – visų prima apimantis darniosios raidos koncepciją kaip visumą bei pereinantis į nacionalinę darniojo vystymosi strategiją, kuri numato su ES darniojo vystymosi politika susijusius šalies tikslus ir prioritetus;
- Energetikos strategiją apimantis blokas – šis blokas sudarytas iš ES energetikos politikos ir šalies energetikos politikos, apimantis prioritetines energetikos plėtros kryptis ir tiek ES, tiek šalies, šiuo atveju Lietuvos, energetikos politiką;
- Tvarios energetikos blokas – šis blokas apjungia darniosios plėtros politiką ir energetikos strategiją apimančius blokus ir atspindi jų abiejų visumą – tvarią energetiką – AEI panaudojimą, plėtojimo tendencijas. Būtent tvari energetika yra nagrinėjama ir renkant tinkamą energijos gamybos individualiam būstui sistemą, t. y. individualaus būsto šildymo sistema turi atitikti tvarios energetikos sampratą, taip pat atsižvelgiant į šešis tiek tvariai energetikai, tiek renkamai technologijai svarbius aspektus:
  - Politinius;
  - Įstatyminius;
  - Ekonominius;

- Aplinkosauginius;
- Technologinius;
- Socialinius.

Aukščiau aptarti šeši veiksniai gali būti priskiriami mikro- ir makro- aplinkoms pagal savo lygį ir problematikos, susijusios su veiksniu, aktualumą. Atliekant įvairius tyrimus, remiantis ekspertiniais metodais galima nustatyti įvairių lygių veiksnius ir juos apibūdinančias rodiklių sistemas bei posistemius, išsamiai apibūdinančius analizuojamą technologiją (Lietuvos Energetikos Institutas, 2014). Šiuo konkrečiu atveju aukščiau aprašytas modelis (4 pav.) gali būti pritaikomas sudarant kriterijų sistemą, skirtą įvertinti individualių namų energijos gamybos technologijas. Sudaryto analizės modelio struktūroje svarbiausi modelio veiksmingumui ir realizavimo efektyvumui yra struktūriniai elementai, kurie apima tiek mikro-, tiek makro- aplinką, galinčią turėti įtakos renkamai technologijai.

Išvados

1. Energija yra būtina bet kurios valstybės darniai plėtrai, tiek socialinėje, tiek ekonominėje, tiek aplinkos apsaugos srityje.
2. Labai svarbu teisingai valdyti energiją, norint toliau ekonomiškai klestėti, tuo pačiu išsaugant aplinką.
3. Galutiniam vartotojui, norinčiam investuoti į energijos taupymo priemones, labai svarbus gebėjimas derinti ekonominį efektyvumą su aplinkosauginiu veiksmingumu.
4. Energijos gamybos technologijų darnumo įvertinimas leidžia parinkti tinkamą energijos gamybos technologiją bei apsvarstyti jos įtraukimą į energetikos modelius.
5. Atliekant aplinkosauginių aspektų vertinimą, galima įvertinti „draugiškiausią“ aplinkai technologiją, atitinkančią užsibrėžtus prioritetinius energetikos sektoriaus plėtros tikslus.
6. Sudarytas modelis yra tinkamas siekiant įvertinti ne tik technologiškai efektyvią ir ekonomiškai naudingą, bet ir kitais aspektais pranašią, tvarios energetikos sampratą atitinkančią energijos gamybos sistemą.

Literatūra

Banos, R.; Manzano-Agugliaro, F.; Montoya, F.G.; Gil, C.; Alcayde, A.; Gomez, J. 2011. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (2011) 1753–1766.

Bocci, E.; Zuccari, F.; Dell'Era, A. 2011. Renewable and hydrogen energy integrated house, *International journal of hydrogen energy* 36:7963-7968.

Boyu, Z. 2011. Further Discussion on Exploitation of Renewable Energy Sources and Its Legal Regulations, *Energy Procedia* 5:2114–2119.

Cansino, J. M.; Pablo-Romero, M. P. ir kt. 2010. Tax incentives to promote green electricity: An overview of EU-27 countries, *Energy Policy* 38:6000–6008.

Cansino, J. M.; Pablo-Romero, M. P. ir kt. 2011. Promoting renewable energy sources for heating and cooling in EU-27 countries, *Energy Policy* 39:3803–3812.

Dijkman, T. J.; Benders, R. M. J. 2010. Comparison of renewable fuels based on their land use using energy densities, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14:3148–3155.

Georges, L.; Massart, C.; Van Moeseke, G. ir kt. 2012. Environmental and economic performance of heating systems for energy-efficient dwellings: Case of passive and low-energy single-family houses, *Energy Policy* 40:452–464.

Goosen, M. F. A. 2012. Environmental management and sustainable development, *Procedia Engineering* 33:6 – 13.

Jagoda, K.; Lonseth, R.; Lonseth, A. ir kt. 2011. Development and commercialization of renewable energy technologies in Canada: An innovation system perspective, *Renewable Energy* 36:1266-1271.

Karakosta, Ch. ir Askounis, D. 2010. Developing countries' energy needs and priorities under a sustainable development perspective: A linguistic decision support approach, *Energy for Sustainable Development* 14:330–338.

Lietuvos Energetikos Institutas. 2014. [žiūrėta 2014-02-22]. Prieiga per internetą: <http://www.lei.lt/index.php?k=1&i=0>.

Lund, H. 2007. Renewable energy strategies for sustainable development, *Energy* 32:912–919.

Manzano-Agugliaro, F.; Alcayde, A.; Montoya, F.G. ir kt. 2013. Scientific production of renewable energies worldwide: An overview, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 18:134–143.

Panwar, N. L.; Kaushik, S. C. ir Kothari, S. 2011. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15:1513–1524.

Podvezko V. 2009. Application of AHP technique, *Journal of Business Economics and Management*. 10:2, 181-189.

Rezaie, B.; Esmailzadeh, E.; Dincer, I. 2011. Renewable energy options for buildings: Case studies, *Energy and Buildings* 43:56–65.

Shi, L.; Yit Lin Chew, M. 2012. A review on sustainable design of renewable energy systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16:192– 207.

Song, Y. 2011. Ecological city and urban sustainable development, *Procedia Engineering* 21:142 – 146.

Sperling, K. ir Möller, B. 2012. End-use energy savings and district heating expansion in a local renewable energy system – A short-term perspective, *Applied Energy* 92:831–842.

Suganthia, L. ir Samuel, A. A. 2012. Energy models for demand forecasting – A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16:1223– 1240.

Thirugsnanasambandam, M.; Iniyan S.; Goic, R. 2010. A review of solar thermal technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14:312–322.

Wee, H. M.; Yang, W. H.; Chou, C. W. ir kt. 2012. Renewable energy supply chains, performance, application barriers, and

strategies for further development, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16:5451–5465.

Yuksela, I. ir Kaygusuzb, K. 2011. Renewable energy sources for clean and sustainable energy policies in Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15:4132–4144.

THE ESTABLISHMENT OF MODEL FOR ALTERNATIVE ENERGY CUSTOMIZATION FOR INDIVIDUAL HOUSES

Ž. Kalasauskaitė, L. Kanapeckienė

Abstract

The problem of improving the efficiency of household energy consumption and use of renewables for individual needs is examined. Analyzed need of effective solutions to the problems associated with the use of alternative energy sources, technology improvement and the development of specific types of RES (renewable energy sources). A review of the practice and theoretical works by foreign authors. Energy supply technology options for the individual houses and use of renewable energy are presented. The model of alternative energy use for individual houses was established. Model contains three main blocks – sustainable development concept covering block, energy strategy covering block and sustainable energy block. The key aspects for the production of energy from renewable energy sources, adapted to individual houses are: political, legal, economic, environmental, technological and social.

Keywords: RES (renewable energy sources), sustainable development, energy systems, sustainable energy, individual housing.