

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS
KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

LINA MURAUŠKAITĖ

**ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ
DIVERSIFIKAVIMAS CENTRALIZUOTO ŠILUMOS
TIEKIMO SISTEMOJE**

Daktaro disertacijos santrauka
Socialiniai mokslai, ekonomika (04S)

2016, Kaunas

Disertacija rengta 2011–2016 metais Lietuvos energetikos instituto Atsinaujinančių išteklių ir efektyvios energetikos laboratorijoje. Mokslinius tyrimus rėmė Lietuvos mokslo taryba.

Mokslinis vadovas:

Prof. habil. dr. Valentinas KLEVAS (Lietuvos energetikos institutas, socialiniai mokslai, ekonomika, 04S)

Ekonomikos mokslo krypties disertacijos gynimo taryba:

Prof. dr. Vytautas SNIEŠKA (Kauno technologijos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, 04S) – **pirmininkas**;

Prof. dr. Daiva DUMČIUVIENĖ (Kauno technologijos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, 04S);

Prof. dr. Violeta PUKELIENĖ (Vytauto Didžiojo universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, 04S);

Dr. Inga KONSTANTINAVIČIŪTĖ (Lietuvos energetikos institutas, socialiniai mokslai, ekonomika, 04S);

Prof. dr. Maija ŠENFELDE (Rygos technikos universitetas, socialiniai mokslai, ekonomika, 04S).

Lietuvių kalbos redaktorė:

Stefanija Skebienė

Anglų kalbos redaktorė:

Jūratė Kulčickytė-Gutaitė

Disertacija bus ginama viešame ekonomikos mokslo krypties disertacijos gynimo tarybos posėdyje 2016 m. spalio 7 d. 10 val. Lietuvos energetikos instituto Posėdžių salėje.

Adresas: Breslaujos g. 3-202, 44403 Kaunas, Lietuva.

Tel. (370) 37 300 042; faks. (370) 37 324 144; el. paštas doktorantura@ktu.lt

Disertacijos santrauka išsiųsta 2016 m. rugsėjo 7 d.

Su disertacija galima susipažinti Kauno technologijos universiteto (K. Donelaičio g. 20, 44239 Kaunas), Klaipėdos universiteto (K. Donelaičio a. 3, 92144 Klaipėda) ir Lietuvos energetikos instituto (Breslaujos g. 3, 44403 Kaunas) bibliotekose.

IVADAS

Mokslinių tyrimų aktualumas. Centralizuotas šilumos tiekimas (toliau tekste CŠT) yra vienas svarbiausių energetikos sektorių Lietuvoje, turintis įtaką šalies ekonominiam augimui ir konkurencingumui, energijos tiekimo patikimumui ir energijos efektyvumui. Šilumos tiekimo sektorius glaudžiausiai susijęs su namų ūkių išlaidomis, iš kurių šilumos vartojimui tenkanti išlaidų dalis yra neproporcingai didelė, palyginti su vidutinėmis namų ūkio pajamomis. Todėl CŠT sistemos yra itin svarbi makroekonominė problema, labai apsunkinanti ekonomikos raidą. Jų išlaikymo išlaidos yra ne tik tiesioginės, susijusios su gamyba ir transportavimu, bet ir PVM lengvatos, subsidijos investicijoms, kompensacijos vargingiau gyvenantiems žmonėms. Dar didesnę žalą daro žmonių investicinių lūkesčių sumažėjimas, baimė dėl ateities ir dėl to perdėtas taupymas. Reikia pridurti, kad dėl vienpusio ekonominės politikos suvokimo, siejamo tik su trumpalaikiu šilumos kainų sumažinimu, subsidijos biokuro investicijoms skatina neproporcingai didelį, perteklinį kapitalo panaudojimą šilumos gamybos sektoriuje, keleriopai padidinami pertekliniai galingumai.

Nors CŠT sistemos apima daugiau nei 50 % viso šilumos ūkio, tačiau būtent CŠT problemas turi spręsti valstybė; jų sunkumai, kainų padidėjimas yra valdžios dėmesio centre. CŠT išlaidos kuriai sudaro apie 50–70 % visų išlaidų savikainoje, todėl pagrindinis klausimas yra naudojamo kuro kainos. Dėl šios priežasties visas dėmesys nukreipiamas į vienos, tuo laikotarpiu pigiausios, kuro rūšies panaudojimą. Lietuvoje per 26 nepriklausomybės metus reformos buvo susijusios su kuro rūšių pakeitimu dėl tam tikros kuro rūšies kainų pokyčių. Šiuo metu intensyviai remiamas biokuras. Dėl biokuro katilinių plėtros CŠT sektoriuje sumažintos šilumos kainos vartotojams. Tačiau ilgalaikėje perspektyvoje tikėtinas biokuro kainų didėjimas, sąlygotas staigaus paklausos augimo.

CŠT, kaip šilumos tiekimo sistemos, konceptualus pranašumų argumentavimas vadovaujasi infrastruktūra, kuri įgalina diversifikuotą kuro rūšių panaudojimą; be kitų pranašumų, panaudojamo kuro rūšių įvairovė būtų pagrindas energijos tiekimo patikimumui bei ilgalaikiam energijos kainų stabilumui. Būtent ši CŠT infrastruktūros panaudojimo galimybė gali nulemti CŠT sistemų renesansą užsienio šalyse. Tai susiję su naujausių ES direktyvų priėmimu. Direktyva 2012/27/EU siekiama sumažinti ES pirminės energijos suvartojimą 20 % iki 2020 m. ir sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį (toliau tekste ŠESD) 80–95 % iki 2050 m., palyginus su 1990 m. Šie tikslai skatina atsinaujinančių energijos išteklių (toliau tekste AEI) technologijų plėtrą Lietuvoje. Pagal Atsinaujinančių išteklių energijos skatinimo direktyvą 2009/28/EB Lietuvos Respublika (toliau tekste LR)

privalo užtikrinti, kad energijos iš AEI dalis bus ne mažesnė kaip 23 % bendro galutinio energijos suvartojimo dalyje iki 2020 m. (20 % elektros energijos sektoriuje, 60 % šilumos gamybos, 10 % transporto). Lietuvos 23 % tikslas buvo pasiektas 2014 m. pabaigoje. Tačiau dėl tos priežasties, kad standartiškai AEI sąvokoje sutapatinamos iš esmės skirtingos AEI rūšys, pagrindiniu šilumos gamybos pertvarkymo akcentu tampa biokuras. Vis dėlto ši kuro rūšis taip pat turi įtakos atmosferos taršai, todėl atsižvelgiant į būsimus papildomus Paryžiaus susitarimo įsipareigojimus dėl ŠESD emisijų kiekio mažinimo, būtinas ir kitas AEI rūšis, tokias kaip Saulės ir geoterminė energija, naudojančių technologijų platesnis proveržis. Todėl labai aktualu ir tikslinga plačiau analizuoti diversifikuotus šilumos gamybos šaltinius CŠT sistemoje, įtraukiant gamtinius AEI, tokius kaip Saulės ir geoterminė energija.

Nors buvo atlikta daug mokslinių tyrimų AEI panaudojimo atžvilgiu, tačiau išliko neaiškumų, kuriuos reikia identifikuoti ir spręsti energetikos politikos formuotojams, nustatant patikimas kryptis, kaip plėtoti AEI sektorių ateityje. Jau du dešimtmečius trunkančių diskusijų tarptautiniu mastu dėka sutariama, kad būtina sukurti vieningą ir ilgiau trunkančių ekonomikos politiką AEI sektoriaus plėtrai. Daugiausiai diskusijų kyla dėl AEI paramos priemonių fragmentiškumo ir nuolatinės kaitos. Naujausias ES dokumentas (ES, 2014) skelbia, kad nors Vyriausybės parama ir finansavimas yra labai svarbus veiksnys, skatinantis AEI technologijų plėtrą nepalankiomis rinkos sąlygomis, bet įvairūs paramos mechanizmai AEI technologijoms dažnai nesubalansuoti. Valstybės parama gali turėti įvairias formas, tačiau tik kai kurios jų šiuo metu naudojamos Lietuvoje, ir iš esmės pakartoja priemones bei finansinius mechanizmus, naudojamus užsienio šalyse. Struktūriniai fondai yra vienas svarbiausių finansavimo šaltinių AEI technologijoms. Įsipareigojimai dėl AEI skatinimo pagal ES direktyvas turi didelės įtakos Lietuvoje. Pavyzdžiui, valstybės subsidijos investicijoms yra laikomos paprasčiausiu paramos būdu, skatinančiu greitą atsinaujinančių energijos technologijų populiarumą, jei subsidija pakankamai didelė. Skatinamoji schema buvo plačiai naudojama daugelyje šalių. Tačiau pastebėta, kad tai neskatina projektų vystytojų pasirinkti ekonomiškai optimalių technologijų, ir dažnai diegiamos nepagrįstai brangios jėgainės, kurių veiklos rodikliai ne visada pateisinami. Esminis tokios paramos trūkumas susijęs su neatsižvelgimu į išorinį naudingumą, kuris padeda sprendžiant darnios raidos problemas aplinkosauginiu, socialiniu, ateities kartų apsirūpinimo energijos išteklių ir kitais aspektais.

Atsinaujinančios energetikos išorinio naudingumo vertinimas yra viena sudėtingiausių ekonominės teorijos problemų. Vertinimo pagrindu formuojama ekonominė politika yra sudėtinga sistema, kur reikalingas balansas tarp trijų darnumo elementų: aplinkosaugos, ekonomikos ir socialinio aspektų. Dabartinio laikotarpio gyventojams keliamas iššūkis susidoroti ne tik su apsirūpinimo energijos išteklių problemomis, nepaliekant jų ateinančioms

kartoms, bet ypač su didėjančia klimato kaitos padarinių grėsme. Kadangi svarbiausia taršos priežastimi neabejotinai įvardijamas iškastinio kuro deginimas, AEI technologijų plačiam įdiegimui skiriama itin daug dėmesio. Tačiau kryptinga veikla ir subalansuota AEI politika reikalauja skirtingus interesus turinčių veikėjų ir rinkos dalyvių pastangų.

Per CŠT infrastruktūrą valstybė gali įgyvendinti bendruosius šalies tikslus, tokius kaip vietinės ir atsinaujinančios energijos panaudojimo didinimas, buitinių atliekų utilizavimas, kuro balanso diversifikavimas, siekiant energijos tiekimo patikimumo, centralizuoto pastatų vėsinimo įdiegimas, efektyvi elektros gamyba kogeneracijos būdu, ŠESD emisijų kiekio mažinimas ir t. t. CŠT įgalina diversifikuotą kuro rūšių panaudojimą, tai leidu siekti energijos tiekimo patikimumo bei energijos kainų stabilumo. Vienu svarbiausių trūkumų yra tai, kad šilumos tiekime vyraujančios CŠT sistemos orientuojamos į trumpalaikį šilumos atpiginiimą. Tai nulemia masinį naujų įrengimų įvedimą CŠT sistemose dėl didelio kuro kainų pasikeitimo. Pastarųjų metų pavyzdys yra gamtinių dujų kainų išaugimas kelis kartus, nulėmęs masinį biokuro katilinių panaudojimą.

Lietuvoje identifikuota svarbi CŠT sistemos problema, kad tik viena kuro rūšis, kuri trumpuoju laikotarpiu pigiausia, turi vyrauti CŠT sistemos balanse. Todėl Saulės ir geoterminės energijos panaudojimui CŠT infrastruktūroje gerokai platesniu mastu nėra palankių sąlygų.

Kita problema yra vartotojų ir CŠT, kaip šilumos tiekėjų, interesų nesuderinamumas. Finansškai CŠT sistemos nėra suinteresuotos, kad gyventojai pasigamintų dalį šilumos, pvz., panaudodami saulės kolektorių sistemas ir kt. technologijas. Gaunant subsidijas pastatams renovuoti ir AEI diegti, gerokai sutaupoma šiluminės energijos. Tačiau padaugėjus nuo CŠT sistemos atsijungiančių daugiabučių, ne tik gali būti išbalansuotas šilumos tiekimo tinklas, bet ir pagal esamą kainodarą išauga šilumos kaina likusiems vartotojams. Vertinant AEI plėtrą daugiabučiuose, svarbu atsižvelgti į teikiamos paramos dydį ir galimas pasekmes CŠT sistemai. Panašaus klimato juostoje esančių Šiaurės Europos šalių pavyzdžiai rodo, jog tokio pobūdžio problemos gali būti sėkmingai sprendžiamos ekonominėmis ir kitomis priemonėmis, kurias lemia natūralios monopolijos statusas. Viena svarbiausių prielaidų yra teritorinis energetikos raidos planavimas, kadangi realizuojant planus gali būti įgyvendinamas kuro rūšių diversifikavimas šilumos ūkyje, taip siekiant išvengti perteklinių investicijų.

Praktiškai įgyvendinant nacionalinius energetikos tikslus AEI srityje, jungiančia grandimi turėtų būti savivaldybės. Savivaldybių vaidmuo AEI plėtroje pakankamai išsamiai reglamentuotas LR Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymu, tačiau praktiškai šis įstatymas neįgyvendinamas savivaldos lygiu. AEI naudojimo plėtros veiksmų planus yra parengusios tik kelios savivaldybės, tačiau ir šių tvirtinimas savivaldybių tarybose kol kas

stringa. Atsižvelgiant į susiklosčiusią situaciją, galima teigti, kad nesėkmės ir nesklaidumai savivaldybių įsitraukimo į AEI planavimą atveju problemų sprendimą nukreipia į trumpalaikius, fragmentiškus sprendimus.

Mokslinės problemos ištyrimo lygis. CŠT sistemos nėra plačiai analizuotos taikomųjų ekonomikos mokslinių tyrimų publikacijose, kaip pažymi M. Linden ir P. Peltola-Ojala (2010). Ekonominė prasme tyrimų ir sprendimų ašimi yra natūralios monopolijos, kokia yra CŠT sistema, problema. Viena anksčiau išvardytų problemų priežasčių ekonomine prasme yra tai, kad CŠT sistemos reguliuojamos kaip natūralios monopolijos, ir kainodara, skatinanti gaminti ir tiekti maksimaliai daug šilumos energijos. Monopolinė CŠT padėtis susiformavo dėl infrastruktūros pobūdžio. Atitinkamai tai lemia kainodara, teisinio reguliavimo, infrastruktūros planavimo ypatumus, kuriuos reikia analizuoti ir vertinti. Iš esmės dar nesuformuluotas ir praktiškai neįgyvendinamas LR Šilumos ūkio įstatymo siekis, kad šilumos ūkio specialiaisiais planais siekiama suderinti valstybės, savivaldybės, energetikos įmonių, fizinių ir juridinių asmenų ar jų grupių interesus, aprūpinant vartotojus šiluma ir energijos išteklių šilumai gaminti.

AEI ekonominiai klausimai energetikos sektoriuje analizuoti nedaugelyje Lietuvos mokslininkų darbų. Keletas autorių nagrinėja darnios plėtros aspektus (Čiegis, Grundey ir Štreimikienė, 2005; Čiegis, Štreimikienė, 2005); AEI skatinimą Lietuvoje (Katinas, Markevičius, 2006; Štreimikienė, Pareigis, 2007). Tačiau CŠT sistemos dažniausiai analizuojamos inžinerinių mokslų krypties mokslinių tyrimų publikacijose, susijusiose su termofikacinių elektrinių (Lund, Šiupšinskas ir Martinaitis, 2005; Rasburskis, Lund, 2007; Streckienė, Martinaitis, Andersen ir Katz, 2009) ar šilumos ūkio politikos aspektais (Katinas, Markevičius, 2006; Klessmann, Held, Rathmann ir Ragwitz, 2011; Konstantinavičiūtė, 2011).

Lietuvos autorių moksliniuose tyrimuose parodyta, kad dinamiški pokyčiai energetikos ir pramonės įmonėse turėjo įtakos CŠT sistemų darbui: sumažėjo suminis šilumos vartojimas, nuo CŠT sistemų atsijungė kai kurie pramonės ir individualūs vartotojai, atsirado naujų vartotojų, buvo sparčiai diegiami automatizuoti šilumos punktai ir t. t. (Kaliatka et al., 2008).

Retrospektyvi šilumos ūkio raidos analizė Lietuvoje nagrinėta K. Marcinausko ir I. Korsakienės (2011) istorinėje-ekspertinėje apžvalgoje bei V. Lukoševičiaus ir B. Balaišytės (2011) studijoje. Pastarieji autoriai pabrėžia, kad pokyčių CŠT sektoriuje siūlymai grindžiami „ne tiek ekonominiais skaičiavimais ar tarptautine praktika, bet epizodiniais šilumos ūkio pertvarkymais, kurie jaukia teisinę-ekonominę sistemą, kyta teisinių ginčų vartinė, tačiau menkai sprendžiamos esminės aprūpinimo šiluma problemos“.

Itin svarbiu aspektu laikytina tai, kad daug autorių darnios raidos tikslų pasiekimą susieja su teritoriniu požiūriu, t. y. suvokiama, kad nepakanka valstybės mastu siekti darnios raidos rezultatų. Jei darnaus vystymosi

konceptija iš pradžių buvo nukreipta į valstybinį lygmenį pagal 1992 m. Rio de Žaneire įvykusio susitikimo „Darbotvarkę 21“, tai šiuo metu vis daugiau ekspertų pripažįsta, kad vietos lygmeniu, t. y. per savivaldybių, miestų ar didmiesčių regionus, sutelkiant dalyvius, geriausiai sprendžiami darnios raidos, taip pat AEI masiškesnio panaudojimo iššūkiai (Camagni, 2002; Tanguay, Rajaonson, Lefebvre ir Lanoie, 2010).

Remiantis tarptautiniais mokslinių tyrimų rezultatais, daugiausia iš Skandinavijos šalių, pastaraisiais metais analizuojamos ir projektuojamos jau 4 kartos CŠT sistemos (Lund ir kt., 2014), pasižyminčios žematemperatūrio režimo CŠT (Gadd, Werner, 2014), išmaniųjų CŠT tinklų (Brand, Calvén, Englund, Landersjö ir Lauenburg, 2014; Lund ir kt., 2014; Mathiesen ir kt., 2015) panaudojimu.

Svarbu pažymėti, kad CŠT sistemų klausimai natūralios monopolijos aspektu buvo mažai analizuoti tiek Lietuvoje, tiek užsienyje. Natūrali monopolija yra ekonominė kategorija, kurios veikimas rinkos sąlygomis negali būti laikomas savaime be kontrolės ir reguliavimo veikiančia energetikos sistema. Viena vertus, natūralios monopolijos statusas lemia visos sistemos ekonomikos dėsniais pagrįstą reguliavimą, kainodaros priemones ir metodus; kita vertus, nuolatiniai kainų pokyčiai verčia imtis reformų, tačiau jos nesujusios su monopolistine CŠT prigimtimi. Todėl problemų sprendimai atsiriboja nuo CŠT sistemų, kaip natūralių monopolijų statuso, ir jos tapo pelno siekiančiomis organizacijomis. Natūralios monopolijos koncepcijos istoriniai aspektai ir reguliavimas analizuoti (Depoorter, 1999; Magnusson, Palm, 2011; Mosca, 2008). CŠT kainodara skirtingose šalyse nagrinėta (Björkqvist, Idefeldt ir Larsson, 2010; Difs, Trygg, 2009; Li, Sun, Zhang ir Wallin, 2015). Reguliavimo klausimai tirti (Lukoševičius, Werring, 2011; Wissner, 2014). Ekonominė reguliuojama kainodara analizuota (Aronsson, Hellmer, 2009; Valiukonis, Lukoševičius, Gudelis ir Čirgeliënė, 2008) ir praktiškai taikoma šalyse, kuriose vyksta reformos ir nėra gerai išplėtotą infrastruktūra bei stiprus monopolijų vyravimas energetikos sektoriuje. Reguluojamų kainų formavimo ekonomiais teoriniais pagrindais principai pristatyti G. Valiukonio ir kt. (2008) studijoje, kuri pateikia galimų kainodaros alternatyvų elementus, vadovaujantis Pasaulio banko studija, ir kurie yra plačiai taikomi energetikos sektoriuje.

Reguliavimas savaime negali nurodyti pagrindinės ar vienintelės priežasties, kodėl CŠT pereinamosios ekonomikos šalyse yra mažiau efektyvus, nei, pavyzdžiui, Vakarų Europoje (Poputoaia, Bouzarovski, 2010). Nepaisant vyriausybės politikos pastangų, galiojančios teisinės bazės ir skatinimo programų naudoti AEI, dėl alternatyvios energetikos technologijų brangumo ir kitų apribojimų bendras plėtros mastas yra kuklus.

Pastaraisiais metais iškastinio kuro vartojimas ir klimato kaitos poveikis tapo didžiausiais iššūkiais visame pasaulyje. Dauguma šalių kovai su šiais

iššūkiams vykdo AEI mokslinių tyrimų, plėtros ir demonstracinius projektus. Pastaruosius kelerius metus AEI sparčiai plėtojosi visame pasaulyje ir AEI tapo svarbiais alternatyviais energijos resursais energijos rūšių diversifikavimui realizuoti. XXI a. politinė parama atsinaujinančiai energetikai nuolat didėjo tiek nacionaliniu, tiek tarptautiniu lygmeniu.

Reikšmingi energetikos pokyčiai po 2006 metų: staigiai išaugo gamtinių dujų kainos, didėjo socialinis ir politinis spaudimas sparčiai švarios energetikos plėtrai ir finansinė krizė, kuri reikalavo vyriausybės adekvačių ekonomikos skatinimo priemonių. Tačiau šilumos sektoriaus sprendimais dažniausiai siekiama trumpalaikio kainų konkurencingumo, neįvertinant ilgalaikės naudos ar galimybės stabilizuoti šilumos kainas, todėl pigiausia kuro rūšis pasižymi vyraujančiomis pozicijomis trumpu laikotarpiu.

Atsinaujinančios energetikos pramonė galėtų būti svarbiu darbo vietų kūrimo ir ekonomikos augimo skatinimo varikliu (Marques, Fuinhas ir Pires Manso, 2010). Investicijos į AEI gali duoti nemažą pelną, dėl to vis daugiau įmonių įsitrauks į šią veiklos sritį. Dėl išaugusio AEI vartojimo šilumos sektoriuje gali gerokai sumažėti didelių energijos išlaidų neigiamas poveikis nacionalinei ekonomikai. Sėkmingas vietinių, neiškastinių energijos išteklių komercinimas, tikėtina, galėtų paskatinti regioninę ekonomikos plėtrą ir darbo vietų kūrimą, padėtų didinti nacionalinės energetikos saugumą ir gerokai sumažintų didėjančių prekybos balanso deficito poreikį importuoti iškastinį kurą (Katinas, Markevičius, 2006).

Kaip teigia C. Klessmann ir kt. (2011), sėkmę lemia veiksmingos ir efektyvios politikos įgyvendinimas, kuris pritraukia pakankamų investicijų, sumažina administracinę naštą ir su tinklais susijusius barjerus, ypač dabartinėse mažiau pažengusiose šalyse, šalina finansinius barjerus šilumos sektoriuje, realizuoja darnios plėtros standartus biokurui ir mažina energijos paklausą, didinant pastangas energijai efektyvinti.

Svarbus klausimas yra tyrimų modelių pasirinkimas ir jų pritaikymo galimybių analizė. EnergyPRO modeliavimo programa dažniausiai naudojama techninei-ekonominei analizei simuliuoti termofikacinių elektrinių ar CŠT sistemas su keletu energijos gamintojų (Fragaki, Andersen, 2011; Rasburskis, Lund, 2007; Streckienė ir kt., 2009). Kiti projektų tipai, pavyzdžiui, saulės kolektoriai ir šilumos siurbliai, taip pat gali būti analizuojami ir detalizuojami programine įranga (Nielsen, Möller, 2012).

Daugumos aplinkosauginių problemų, kurias šiandien patiria visuomenė, kilmė yra miestuose, todėl jie turi derinti įsipareigojimus ir pajėgumus inovacijoms siekiant išspręsti problemas (Pereira, Azevedo, 2011). Dėl miestų skirtingumo teritorijų dydžiu, gyventojų skaičiumi, aplinkosauginėmis, politinėmis ir socialinėmis-kultūrinėmis sąlygomis, kiekvieno miesto vietinė valdžia kartu su gyventojais turi rasti individualų darnios plėtros būdą. Atsižvelgiant į vis sudėtingesnę sparčiai besivystančios

miesto aplinkos ir Europos miestų valdymą, prireikia integruotų metodų, kurie padėtų miesto planuotojams, kūrėjams ir tarybos nariams dėl nedarnaus dabartinio miestų plėtros modelio (Rotmans, Asselt, 2000; Walton, El-Haram, 2005; Xing, Horner, El-Haram ir Bebbington, 2009). Svarbiausia sąlyga išlieka miesto gyventojų, verslo ir kitų sektorių atstovų dalyvavimas urbanizuoto gyvenimo aspektuose, nes miestai, tam tikra prasme, yra savo gyventojų produktas (Čiegis, Česonis, 2004).

Apibendrinant mokslinės problemos ištyrimo lygį galima konstatuoti, kad nepaisant vykstančios AEI plėtros energetikoje, trūksta vieningos metodologijos, kuri leistų ekonomiškai pagrįsti AEI technologijų panaudojimo diversifikavimą CŠT sistemoje. Mokslinėje literatūroje trūksta ekonominėmis žiniomis pagrįstų metodologinių principų, kurie leistų CŠT sistemose panaudoti diversifikuotas AEI technologijas gamintojų ir vartotojų pusėse miestų darnios raidos aspektu.

Mokslinio darbo problema: kaip teoriškai pagrįsti diversifikuotų atsinaujinančių energijos išteklių technologijų integravimo centralizuoto šilumos tiekimo sektoriuje koncepciją vartotojų ir tiekėjų pusėse?

Tyrimų objektas. Diversifikuotų atsinaujinančių energijos išteklių (Saulės ir Žemės šilumos pavyzdžiu) technologijų panaudojimas centralizuoto šilumos tiekimo sistemose gamybos ir vartojimo pusėse miestų darnios raidos kontekste.

Mokslinio darbo tikslas: suformuoti diversifikuotų atsinaujinančių energijos išteklių technologijų (Saulės ir geoterminės energijos pavyzdžiu) panaudojimo gamintojų ir vartotojų pusėse centralizuoto šilumos tiekimo sistemoje pagrindimo metodologiją miestų darnios raidos požiūriu.

Iškeltam tikslui pasiekti keliami uždaviniai:

1. Ištirti ir susisteminti svarbiausias charakteristikas, lemiančias CŠT problemas ir jų socialines, aplinkosaugines bei ekonomines pasekmes darnios raidos požiūriu.
2. Išanalizuoti CŠT, kaip natūralią monopoliją, grindžiant ekonominės teorijos požiūriu ir susijusias teorines bei praktines CŠT ilgalaikio planavimo, reformavimo, kainodaros bei finansavimo problemas, ir ekonomines galimybes joms spręsti.
3. Išnagrinėti ir susisteminti teisinio reglamentavimo įtaką AEI naudojimui ir suformuluoti prielaidas AEI technologijų panaudojimo diversifikavimui CŠT sistemoje.
4. Išanalizuoti išorinio naudingumo teorinę esmę bei vertinimo problematiką AEI panaudojimui CŠT sektoriuje ir suformuluoti AEI diversifikavimo CŠT tyrimų koncepciją.
5. Suformuoti diversifikuotų AEI technologijų integravimo į CŠT gamybos ir vartojimo sferą prielaidų sistemą miestų darnios plėtros kontekste.

6. Išanalizuoti ir įvertinti AEI technologijų diversifikavimo (Saulės ir Žemės šilumos energijos pavyzdžiu) CŠT gamybos ir vartojimo sektoriuose galimybes teritoriniu aspektu, t. y. miestų/miestelių lygmeniu.

Tyrimų metodai. Siekiant iškelto tikslo ir sprendžiant iškeltus uždavinius, teoriniams aspektams nagrinėti buvo panaudota sisteminė ir lyginamoji mokslinės literatūros, strateginių dokumentų ir teisės aktų analizė bei sintezė. Metodologijos formavimui taikyti teorinių įžvalgų apibendrinimo, situacijos modeliavimo, loginės analizės metodai. Empiriniam tyrimui naudota statistinė, loginė analizė. Atliktas AEI technologijų diversifikavimo (Saulės ir Žemės šilumos energijos pavyzdžiu) CŠT sistemoje techninis modeliavimas EnergyPRO programine įranga, ekonominiam vertinimui pritaikytas modifikuotas svertinių energijos kainų (LCoE) metodas.

Moksliniams tyrimams naudota literatūra. Disertacijos rengimo procese analizuotos Lietuvos ir užsienių šalių mokslinės publikacijos, tyrimų rezultatai, monografijos, statistika, konferencijų straipsniai ir įvairios mokslinės rekomendacijos.

Darbo mokslinis naujumas.

Mokslinio darbo naujumą ir mokslinę reikšmę nusako:

- CŠT raidos problematika įvertinta pagal CŠT sistemos, kaip natūralios monopolijos, statusą bei užsienio šalių patirties analizę.
- Parengta šiuo metu mažai naudojamų gamtinių AEI technologijų (Saulės ir geoterminės energijos pavyzdžiu) panaudojimo diversifikavimo koncepcija, vadovaujantis ilgalaikiu savivaldybių energetikos ūkio planavimu.
- Teritoriniu principu, t. y. miestų/miestelių lygmeniu, suformuotos AEI panaudojimo galimybių prielaidos (Saulės ir geoterminės energijos pavyzdžiu) vartojimo ir gamybos pusėse.
- Suformuoti ilgalaikio kuro rūšių diversifikavimo CŠT sistemose metodologiniai principai, siekiant ekonomiškai pagrįsto Saulės ir geoterminės energijos technologijų panaudojimo didinimo, pagal Skandinavijos ir kitų šalių pavyzdžius.

Darbo praktinė vertė.

Pritaikant suformuotus metodologinius principus Lietuvoje platesniam AEI panaudojimui CŠT sektoriuje, įvertintos Saulės ir geoterminės energijos panaudojimo galybės CŠT gamybos ir vartojimo pusėse. Suformuoti metodologiniai principai leidžia pagrįsti ilgalaikį diversifikuotų AEI potencialą Lietuvoje bei finansuoti gamtinių AEI technologijas, kurios šiuo metu nėra plačiai taikomos.

Disertaciniame darbe gauti rezultatai gali būti taikomi svarstant miestų energetikos planavimo dokumentus, susijusius su CŠT sektoriumi. Pateikiamos prielaidos ir rekomendacijos įgalina suinteresuotąsias puses priimti

sprendimus, kurie ilguoju laikotarpiu leistų stabilizuoti šilumos kainas vartotojams.

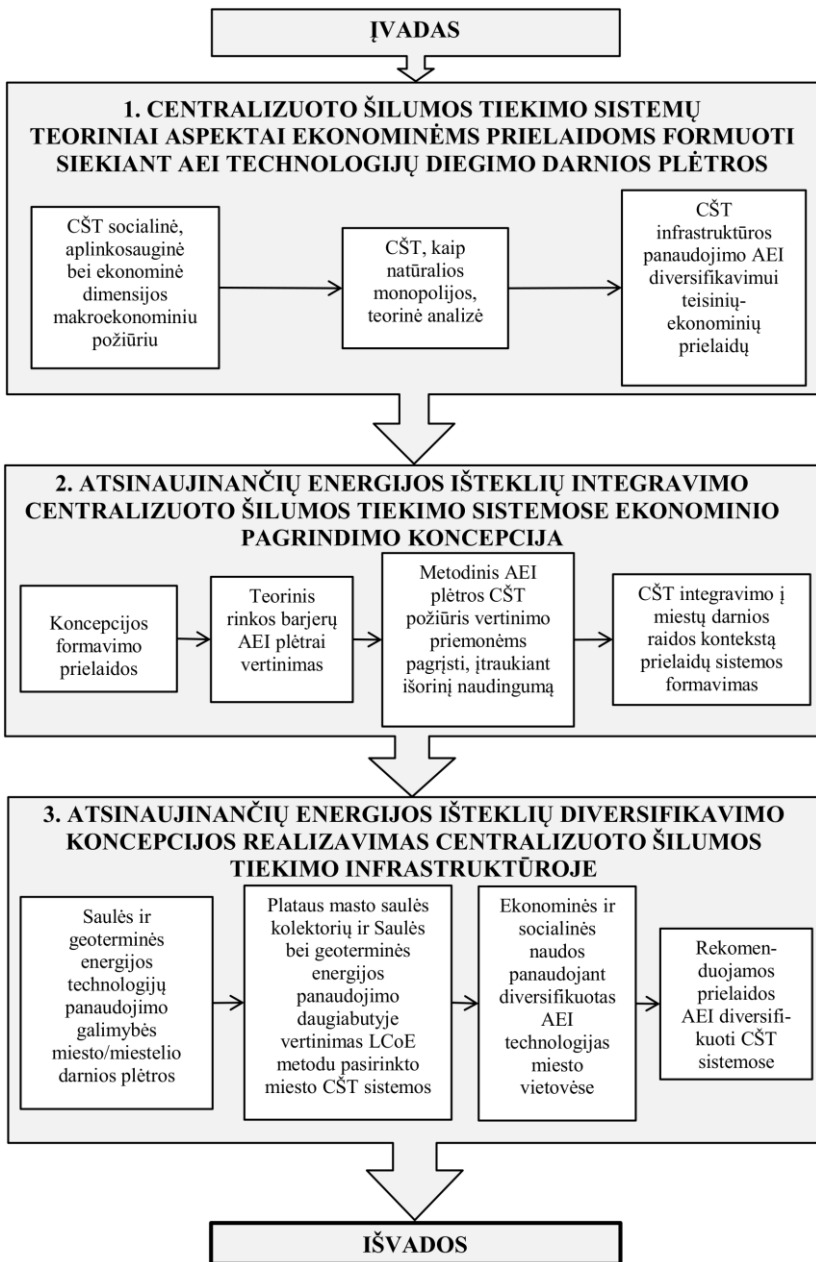
Pagrindiniai rezultatai buvo pristatyti Lietuvos ir tarptautinėse mokslinėse konferencijose, publikuoti Lietuvos ir užsienio moksliniuose žurnaluose.

Disertacijos struktūra ir loginė kompozicija buvo sąlygota išsikeltų tyrimo uždavinių (žr. schemą toliau). Rezultatai pateikiami trijose disertacijos dalyse.

Pirmoji disertacijos dalis susideda iš pagrindinių charakteristikų, lemiančių CŠT problemas ir jų socialines, aplinkosaugines ir ekonomines pasekmes darnios raidos požiūriu, analizės makroekonominio požiūriu. Daugiausia dėmesio skiriama Lietuvos šilumos sektoriaus problematikai. Atliktas CŠT, kaip natūralios monopolijos, tyrimas ekonominės teorijos požiūriu ir pateiktos ekonominės jos sprendimo galimybės, tokios kaip kainodara ir finansavimo schemos. Be to, buvo analizuotas teisinio reguliavimo poveikis AEI panaudojimui ir suformuotos prielaidos diversifikuotų AEI technologijų panaudojimui CŠT sistemoje.

Antroji disertacijos dalis skirta AEI integravimo CŠT sistemose ekonominio pagrindimo koncepcijos formavimo prielaidoms. Atliekamas teorinis rinkos barjerų AEI plėtrai vertinimas bei teoriškai pagrindžiama išorinio naudingumo svarba vertinant AEI panaudojimą CŠT sektoriuje. Suformuojama diversifikuotų AEI technologijų integravimo gamybos ir vartojimo sferose panaudojant CŠT infrastruktūrą prielaidų sistema miestų darnios plėtros kontekste.

Trečioje disertacijos dalyje vertinamos gamtinių AEI technologijų (Saulės ir geoterminės energijos pavyzdžiu) diversifikavimo galimybės CŠT gamybos ir vartojimo sektoriuose teritoriniu aspektu, t. y. miestų/miestelių lygmeniu. Pateiktos rekomenduojamos prielaidos AEI diversifikavimui CŠT sistemose.



DISERTACIJOS TURINYS

SANTRUMPOS

SĄVOKOS

ĮVADAS

1. CENTRALIZUOTO ŠILUMOS TIEKIMO SISTEMŲ TEORINIAI ASPEKTAI EKONOMINĖMS PRIELAIMOMS FORMUOTI SIEKIANČIAMS AEI TECHNOLOGIJŲ DIEGIMO DARNIOS PLĖTROS KONTEKSTE

1.1. CŠT SOCIALINĖ, APLINKOSAUGINĖ BEI EKONOMINĖ DIMENSIJOS MAKROEKONOMINIŲ POŽIŪRIU

1.1.1. Centralizuoto šilumos tiekimo potencialios galimybės ir prielaidos spręsti darnios raidos problemas

1.1.2. Reformų Lietuvos centralizuoto šilumos tiekimo sistemoje padariniai ir pasekmių ekonomikai charakteristika

1.2. CŠT, KAIP NATŪRALIOS MONOPOLIJOS, TEORINĖ ANALIZĖ

1.2.1. CŠT reformavimo koncepcijų palyginimas užsienio šalyse ir Lietuvoje

1.2.2. CŠT, kaip natūralios monopolijos, charakteristika ekonominės teorijos požiūriu

1.2.3. CŠT kainodaros ypatybės, paramos ir finansavimo schemos AEI paramai šilumos sektoriuje

1.3. CŠT INFRASTRUKTŪROS PANAUDOJIMO AEI DIVERSIFIKAVIMUI TEISINIŲ-EKONOMINIŲ PRIELAUDŲ FORMAVIMAS

2. ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ INTEGRAVIMO CENTRALIZUOTO ŠILUMOS TIEKIMO SISTEMOSE EKONOMINIO PAGRINDIMO KONCEPCIJA

2.1. KONCEPCIJOS FORMAVIMO PRIELAUDOS

2.2. TEORINIS RINKOS BARJERŲ AEI PLĖTRAI VERTINIMAS

2.2.1. AEI klasifikavimas pagal skirtingus naudingumo aspektus

2.2.2. Rinkos barjerai AEI proveržiui į rinką, susiję su išorinių išlaidų (ne)vertinimu

2.2.3. Išorinės naudos vertinimo ekonominė prasmė

2.3. METODINIS AEI PLĖTROS CŠT POŽIŪRIS VERTINIMO PRIEMONĖMS PAGRĮSTI, ĮTRAUKIANT IŠORINĮ NAUDINGUMĄ

2.4. CŠT INTEGRAVIMO Į MIESTŲ DARNIOS RAIDOS KONTEKSTĄ PRIELAUDŲ SISTEMOS FORMAVIMAS

2.4.1. AEI technologijų išorinio naudingumo koncepcija

2.4.2. Išorinio naudingumo įvertinimas miestų programose tuo pat metu realizuojant nacionalinius strateginius įsipareigojimus AEI ir aplinkosaugos atžvilgiu

3. ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ DIVERSIFIKAVIMO KONCEPCIJOS REALIZAVIMAS CENTRALIZUOTO ŠILUMOS TIEKIMO INFRASTRUKTŪROJE

3.1. SAULĖS IR GEOTERMINĖS ENERGIJOS TECHNOLOGIJŲ PANAUDOJIMO GALIMYBĖS MIESTO/MIESTELIO DARNIOS PLĖTROS PROGRAMOSE

3.1.1. Pasirinkto miesto CŠT sistemos charakteristikos

3.1.2. Saulės energijos panaudojimo karštam vandeniui ruošti CŠT sistemoje vertinimas pasirinkto miesto pavyzdžiu

3.2. PLATAUS MASTO SAULĖS KOLEKTORIŲ IR SAULĖS BEI GEOTERMINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO DAUGIABUTYJE VERTINIMAS LCOE METODU PASIRINKTO MIESTO CŠT SISTEMOS PAVYZDŽIU

3.3. EKONOMINĖS IR SOCIALINĖS NAUDOS PANAUDOJANT DIVERSIFIKUOTAS AEI TECHNOLOGIJAS MIESTO VIETOVĖSE VERTINIMAS

3.4. REKOMENDUOJAMOS PRIELAIDOS AEI DIVERSIFIKUOTI CŠT SISTEMOSE

IŠVADOS

DISERTACIJOS TURINIO APŽVALGA

1 skyrius. Centralizuoto šilumos tiekimo sistemų teoriniai aspektai siekiant atsinaujinančių energijos išteklių technologijų plėtros darnios plėtros kontekste

Pirmasis disertacijos skyrius skirtas centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) socialinės, ekonominės ir aplinkosauginės dimensijų teoriniams aspektams tirti darnios plėtros kontekste, siekiant atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) platesnio panaudojimo. Esminis akcentas yra CŠT, kaip natūralios monopolijos, teorinė analizė bei teisinių-ekonominių prielaidų AEI diversifikuoti CŠT sistemose formavimas.

Disertacijos teorinis pagrindimas remiasi heterodoksinės ekonomikos nuostatomis, kuri suteikia alternatyvų požiūrį, apimančių istorinius ir socialinius veiksnius, į analizę. Heterodoksinė ekonomika vadovaujasi metodologija, kuri traktuojama plačiau nei tradicinė ekonomika. Viena pagrindinių heterodoksinės ekonomikos mokyklų yra ekologinė ekonomika, kurios pagrindinis tikslas siejamas su ekonominės teorijos ir praktikos pagrindimu fizine realybe, t. y. fizikos dėsniais (ypač termodinamikos dėsniais) ir biologinių sistemų žiniomis. Atsižvelgiant į šios mokyklos ekonomistų pažiūras, disertacijoje suformuota metodologijos samprata, kuri yra tarpusavyje susietų mokslinių tyrimų, analizės ir praktinių skaičiavimų metodų, taip pat prielaidų visuma, leidžianti pagrįsti AEI technologijų panaudojimo įvairovę CŠT sistemoje. Suformuota metodologija susideda iš

trijų dedamųjų: ekonominės teorijos; analitinių tyrimų, paremtų teritorine dimensija; prielaidų sistemos/mokslinių įrankių praktiniam įgyvendinimui.

Esminė darnios CŠT sistemos idėja vadovaujasi vietinių ar įprastomis sąlygomis sunkiai panaudojamų AEI integravimu į vientisą sistemą; dėl šios priežasties CŠT potencialiai yra vienas darniausių šildymo sprendimų. CŠT sumažina vietinių teršalų kiekius, tokius kaip kietosios dalelės, sieros dioksido ir azoto oksidų emisijos, perkeliant emisijas iš individualių katilų į centralizuotus kaminus. Efektyvesnės taršos apsaugos ir kontrolės priemonės gali būti įgyvendinamos stambiuose gamybos įrenginiuose tuo pat metu pasiekiant masto ekonomiją. Šiuo keliu buvo einama penkis dešimtmečius. Tačiau nauja ekonominė situacija atskleidė tai, kad Lietuvos šilumos ūkis yra planinės ekonomikos paveldas, keliantis didelių ekonominių ir socialinių problemų. Tačiau Lietuvoje vyrauja politinis sprendimų priėmimas, turintis tendenciją restruktūrizuoti šilumos ūkį nukreipiant investicijas į trumpuoju laikotarpiu pigiausių kuro rūšį, užtikrinančią visą šilumos ir karšto vandens poreikį, bei rezervinį kurą kritiniams atvejams. Reformų, vykdytų Lietuvos CŠT sistemoje, analizė parodė, kad jų poreikį sukelia kurios nors kuro rūšies santykinis brangumas kitų atžvilgiu ir reformos, orientuotos į trumpalaikį kainų atpiginimą. Nors AEI panaudojimo atžvilgiu CŠT infrastruktūra įgalina lanksčiai integruoti įvairius energijos šaltinius su minimaliais restruktūrizavimo poreikiais, tačiau subsidijos investicijoms skiriamos beveik išimtinai į biokuro panaudojimo padidinimą šilumos gamybos sektoriuje.

Daugelyje miestų gerokai padidėjo pertekliniai galingumai. Tačiau vien kuro rūšies pakeitimas kita, užtikrinančia visus šilumos poreikius, nereiškia ilgalaikio sprendimo. Tik visas kompleksas priemonių, susietų tarpusavyje, vykdytinas etapais, gali būti veiksmingas ilguoju laikotarpiu. Šios priemonės išryškintos palyginus Lietuvos CŠT su pažangiomis užsienio šalių sistemomis.

Analizė parodė, kad CŠT sistemų funkcionavimas yra itin svarbi ekonominė problema, kelianti daug sunkumų ekonomikos raidai. Jos išlaikymo išlaidos yra ne tik tiesioginės, su gamyba ir transportavimu susijusios, bet ir PVM lengvatos, subsidijos investicijoms, kompensacijos vargingiau gyvenantiems žmonėms. Dar didesnę žalą daro netiesiogiai suvokiami reiškiniai, kaip žmonių investiciniai lūkesčiai, baimė dėl ateities ir dėl to perdėtas taupymas. Esama socialinių kompensacijų už šildymą sistema neskatina efektyvaus šilumos vartojimo Lietuvoje, nes nėra susieta su suvartojamu šiluminės energijos kiekiu ir energijos taupymu, o tik su pajamomis. Socialinėje politikoje priimami sprendimai kartu su nestabilia energetikos politika iškreipia rinkos signalus vartotojams. Kompensacijos šilumos vartojimui mažina poreikį taupyti ir efektyviau vartoti energiją brangstant šildymui, kaip tai vyktų rinkos ekonomikos sąlygomis.

Svarbiausios problemos, lemiančios CŠT sistemų techninį ir ekonominį atsilikimą lyginant su užsienio šalių analogiškėmis sistemomis, yra pažangos

konceptijos skirtingas suvokimas bei CŠT, kaip natūralios monopolijos, elgsena, ekonominio ir teisinio reguliavimo prielaidos, leidžiančios pašalinti neigiamą monopolijos įtaką. Buvo atlikta CŠT sistemos raidos analizė Danijoje bei kitose šalyse, ypač Šiaurės Europoje. Pagrindiniai akcentai: a) vartotojams tiekiamos šilumos kainos stabilumas, kuris pasiekiamas dėl kuro, kurio sudėtis pasižymi AEI technologijų įvairove, b) nuolat tobulėjanti, jau 4 kartos technologinė struktūra.

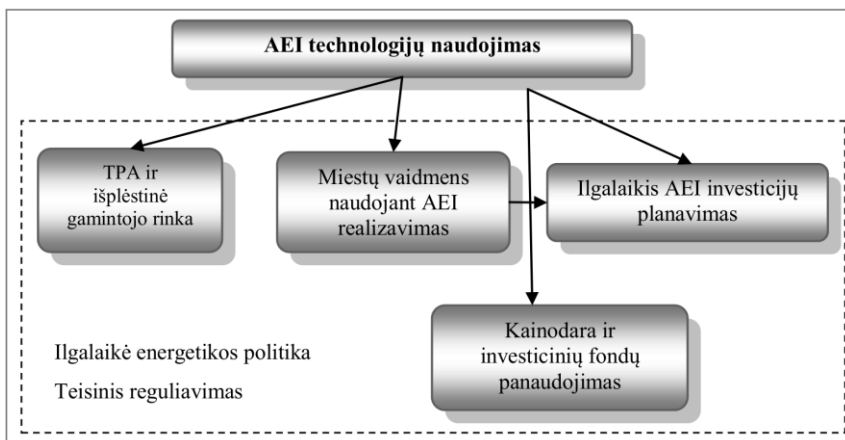
Lietuvoje AEI vertinami ir naudojami orientuojantis į trumpą laikotarpį, susiejant jį su struktūrinių fondų finansavimo periodu, t. y. iki 2020 m. Dėl tos priežasties skaičiavimuose ir vertinimuose pranašumą ir vyraujančią poziciją įgyja tik tokios kuro rūšys, kaip biokuras šilumos gamybai. Todėl būtina išskirti trumpalaikį (iki 2020 m.) ir vidutinį (iki 2030 m.) periodus. Įmanoma ir perspektyvinė vizija (iki 2050 m.) Danijos pavyzdžiu. AEI naudojimo sudėtiniam teigiamam efektui vertinti ir praktiniam jų naudojimui labai svarbu yra CŠT infrastruktūra ir teritorinė (miestų) perspektyvinio planavimo sistema.

Disertacijos nagrinėjamos srities atžvilgiu pažymėtina kryptis – diversifikuoto AEI technologijų naudojimo augimas santykinė ir absoliučia verte naudojamo kuro balanse. Pažymėtina, kad reformos CŠT sektoriuje apima platų spektrą susijusių techninių, teisinių, ekonominių ir organizacinių priemonių, kurios, beje, turi savų aspektų atskirose šalyse.

Viena svarbiausių problemų ekonomine prasme yra tai, kad CŠT sistemos nėra traktuojamos kaip natūralios monopolijos. Todėl ir kainodara, skatinanti gaminti ir tiekti maksimaliai daug šilumos energijos, yra šio nesuvokimo pasekmė bei pagrindinis ekonominių CŠT sistemų problemų šaltinis. Nors dabar ši problema tampa lyg ir suprantama bei aktuali, bet ją mėginama spręsti pagal mikroekonominį supratimą, sudarant konkurenciją gamybos srityje.

Tačiau šis požiūris lemia perteklines investicijas, kurias pritraukia didžiulės subsidijos. Disertaciniame darbe sprendimas formuojamas vadovaujantis išsamia analize, parodančia natūralios monopolijos ekonominę prasmę ir būdus, kurie gali paversti natūralią monopoliją reikšminga priemone AEI naudoti, aplinkosaugos ir kitiems tikslams pasiekti. Viena svarbiausių prielaidų netrukdomam AEI technologijų įsitraukimui į CŠT kuro energijos balansą yra kainodara ir finansinė parama.

Pagrindinės kliūtys, trukdančios platesniam AEI panaudojimui šilumos sektoriuje, yra didelės pradinės investicijos ir teisinis reguliavimas. Atlikta Europos ir Lietuvos pagrindinių teisinių dokumentų, turinčių įtakos šilumos sektoriui, apžvalga. Išskirti pagrindiniai principai CŠT, kaip natūralios monopolijos, reformavimui, siekiant panaudoti CŠT infrastruktūrą AEI technologijų plėtrai dideliu mastu (žr. 1 pav.).



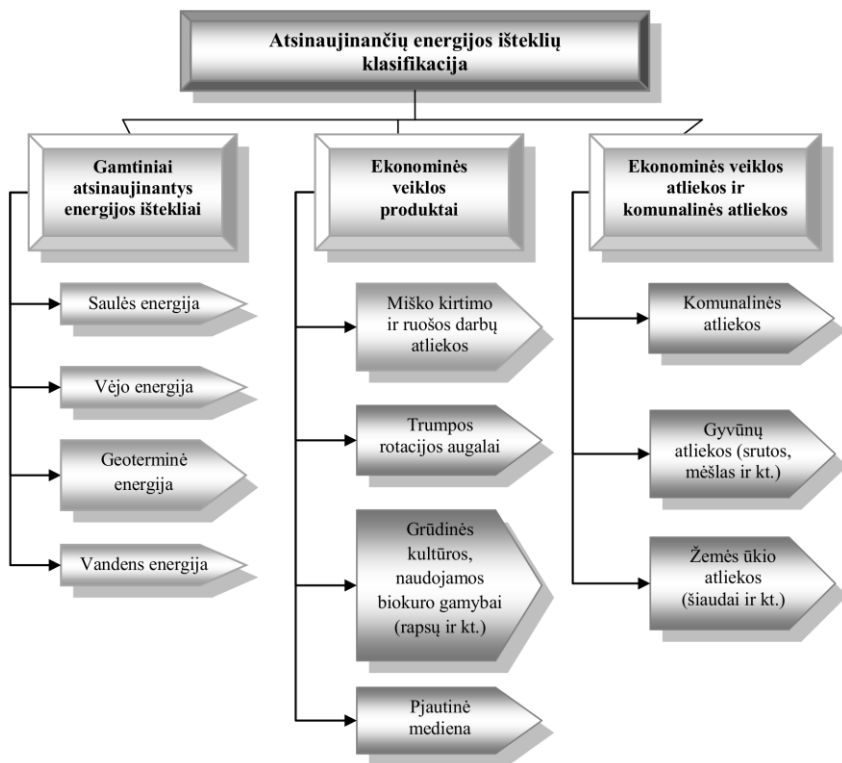
1 pav. CŠT, kaip natūralios monopolijos, reformavimas, siekiant naudoti AEI technologijas plačiu mastu

Konkretizuojant teorinės analizės duomenis galima teigti, kad svarbiausios prielaidos AEI technologijų plataus masto diversifikuotam panaudojimui yra išplėstinės gamintojų rinkos įteisinimas, miestų organizuojančios ir regulatoriaus rolės įtvirtinimas, investicinių programų ilgalaikio planavimo metodo pagrindimas bei kainodaros ir investicijų sukauptimo mechanizmų tobulinimas.

2 skyrius. Atsinaujinančių energijos išteklių integravimo centralizuoto šilumos tiekimo sistemose metodologija

Antrasis disertacijos skyrius skirtas AEI integravimo CŠT sistemose tyrimų metodologijai formuoti, atsižvelgiant į AEI klasifikaciją, rinkos barjerus, išorinių kaštų ir išorinės naudos vertinimo ekonominį įprasminimą. Pirmoje dalyje pateiktos CŠT sistemos, kaip natūralios monopolijos, neigiamų savybių pašalinimas turi įgyti pozityvų aspektą, t. y. transformuoti jos siekius teigiama linkme. AEI diversifikuotam panaudojimui būtina sukurti konkrečių tyrimų metodologiją, kurios esmė yra įvairių metodų apjungimas, siekiant išryškinti AEI technologijų naudingumą ir šio naudingumo realizavimo praktines prielaidas.

Pirminė užduotis sąlygojant tikslingiausią AEI diversifikuoto panaudojimo kryptingumą yra apsibrėžti tyrimų objektą. Kadangi AEI yra išskirtinai platus objektas analizei, todėl AEI išryškinti sudaryta AEI klasifikavimo schema (žr. 2 pav.).



2 pav. Principinė AEI klasifikavimo schema

Tolesnio tyrimo objektas yra gamtiniai AEI, Saulės ir geoterminė energija, kurie sąlyginai nesudėtingai gali būti integruoti CŠT sistemoje. Platus gamtinių AEI panaudojimas suteikia galimybę ateities kartoms apsirūpinti energijos ištekliais, kurie nepriklauso nuo ekonominės veiklos rezultato.

Reikšmingi rinkos barjerai riboja AEI plėtrą rinkoje, nebent priimamos specialios politikos priemonės, siekiant paskatinti plėtrą. Disertacijoje nagrinėti rinkos barjerų tipai ir galimos jų įveikimo priemonės. Rinkos barjerai riboja AEI konkurenciją su tradiciniais energijos ištekliais rinkos ekonomikos sąlygomis, todėl nagrinėjamos ekonominės politikos priemonės, siekiant įvertinti AEI išorines išlaidas ir išorinį naudingumą.

Rekomenduojamas metodologinis požiūris skirstomas į du pagrindinius segmentus. Pirmiausia įvertinama techninė galimybė panaudoti tam tikrą technologiją, po to įvertinamas konkretaus projekto naudingumas. Pirmuoju

atveju panaudojama EnergyPro modeliavimo programinė įranga, antruoju svertinės energijos kainos (LCoE) modifikuotas metodas.

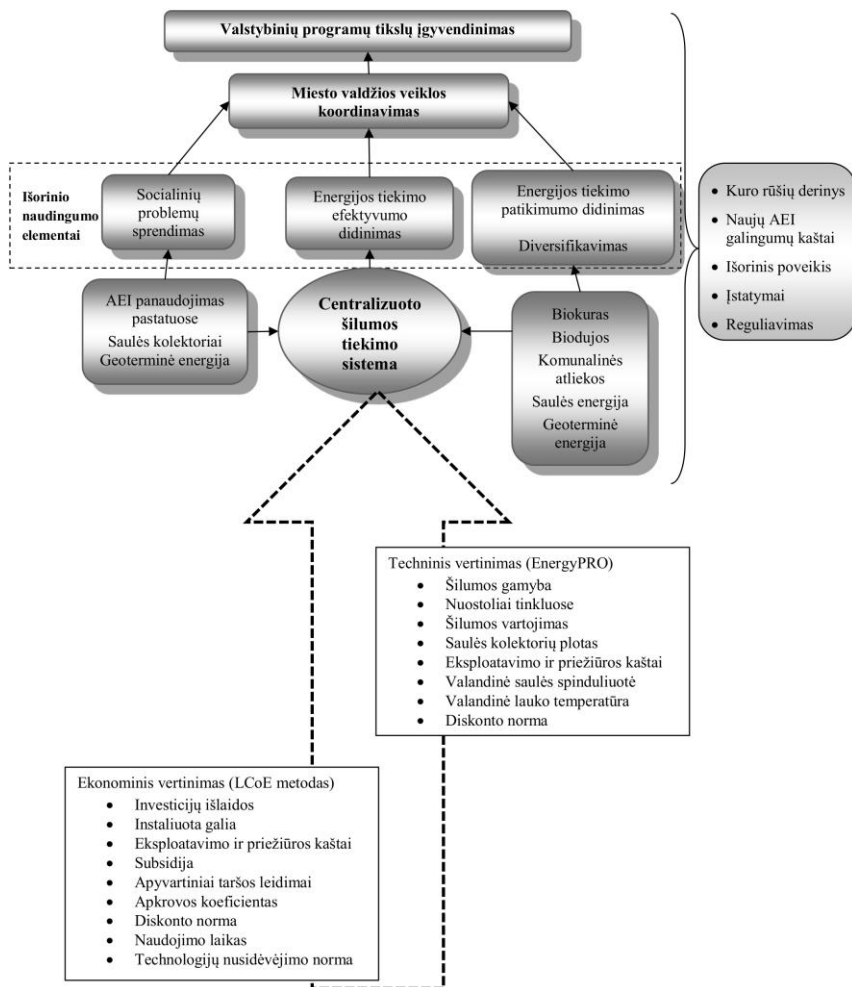
Šalyje ir užsienyje taikomi metodai vertina bendrą šalies AEI plėtros lygį ir jų įtaką makroekonominiais rodikliais, vadovaujantis istoriniais duomenimis šalies (ar atskirų sektorių) mastu. Yra konstatuojamos bendros raidos tendencijos, bet lieka neapčiuopiama atskirų projektų teikiama nauda vertinant pagal rodiklius, kurie parodo įtaką šalies ekonomikos pažangai. Siekiant pagrįsti AEI sektoriaus raidos motyvavimą, būtina suformuluoti metodus, kuriais būtų galima minimaliomis paramos lėšomis pasiekti maksimalią naudą tiek paramos gavėjui, tiek valstybei. Pasirinktas modifikuotas svertinės energijos kainos metodas įgalina analizuoti numatyto projekto investuotojo gaunamą ekonominę naudą, be to, gautus rezultatus, naudojant išorinius parametrus, leidžia susieti su makroekonominiais rodikliais. Taip gautus rezultatus interpoliuojant, galima vertinti pasirinktos technologijos ar paramos schemos platesnio panaudojimo įtakos sudėtinį efektą miestų ar visos šalies mastu (Bobinaitė ir Tarvydas, 2014). Išorinių išlaidų, kurios susidaro deginant iškastinio kuro rūšis, tikslingiausia prielaida yra energijos, pagamintos iš iškastinio kuro, vartojimo mokesčio įvedimas pagal atskiras kuro rūšis. Energijos vartojimo mokestis ekonomine prasme yra pagrįstas, tai nėra dirbtinis kainų pakėlimas. Tačiau Lietuvoje tokių mokesčių įvedimas beveik neįmanomas, bent jau trumpu laikotarpiu, todėl sprendimo ieškoma vertinant naudingumo požiūriu, t. y. vartotojų paklausos atžvilgiu.

Tyrimų metodologinio pagrindimo nuoseklumo esminiai tyrimų kryptingumą nusakantys aspektai yra šie: metodologinis išorinio naudingumo vertinimo pagrindimas ir šio naudingumo realizavimo prielaidų analizė, apjungiamą teritorinio AEI planavimo koncepcijos.

Pagrindiniai naudingumo elementai konkrečioms, 1 skyriuje išanalizuotoms, ekonominėms problemoms spręsti: šilumos kainų stabilumas ir atitinkamai galimybė spręsti socialines problemas, AEI diversifikavimas, leidžiantis spręsti patikimumo bei ateities apsirūpinimo energijos išteklių problemas, bei taršos aplinkai mažinimas.

CŠT sistemų darnios raidos strategijos įgyvendinimas turėtų būti grindžiamas atsakomybių, kurios susijusios su platesniu AEI panaudojimo mastu ir didina energijos vartojimo efektyvumą, pasidalijimu tarp regionų ir institucijų. Struktūrinių fondų 2007–2013 m. laikotarpis buvo labai svarbus praktiškai įgyvendinant darnią plėtrą. Kitas, 2014–2020 m., laikotarpis turėtų sutelkti dėmesį į miestų darnios energetikos plėtros programas.

Svariausia ir racionaliausia priemone turėtų būti AEI technologijų integravimas panaudojant CŠT infrastruktūrą miestų programų rėmuose.



3 pav. Diversifikuotų AEI integravimo CŠT principinė schema

Šioje schemoje pavaizduoti ryšiai atspindi tyrimų logiką ir turinį. Pagal atskirus projektus nustatytas teigiamas išorinis naudingumas tinkamiausiai gali būti realizuotas akumuliuojant teigiamo efekto vertinimus konkretaus miesto sąlygomis. Individualių projektų išorinio naudingumo įvertinimų pagrindu konstruojami trumpalaikiai ir ilgalaikiai diversifikuotų AEI integravimo į CŠT sistemą scenarijai miestų programų rėmuose. Kadangi kiekvieno miesto ar miestelio esamos ir perspektyvinės problemos skiriasi, todėl scenarijai negali

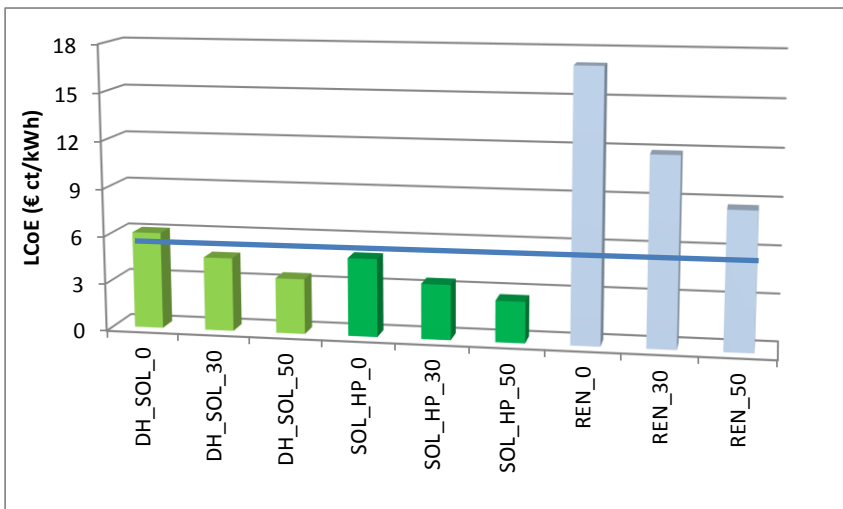
būti formuojami atsižvelgiant į konkretaus miesto/miestelio aktualiausias problemas.

3 skyrius. Atsinaujinančių energijos išteklių diversifikavimas centralizuoto šilumos tiekimo infrastruktūroje

Trečiasis disertacijos skyrius skirtas gamtinių AEI (Saulės ir geoterminės energijos pavyzdžiu) panaudojimo CŠT infrastruktūroje galimybių analizei, atliekant skaičiavimus pasirinkto miesto atžvilgiu gamintojo ir vartotojo pusėse. Plataus masto saulės kolektoriai šilumai tiekti nešildymo sezonu buvo analizuoti šilumos gamintojo pusėje pasirinkto miesto Lietuvoje atveju. Diversifikuoti AEI šilumos vartotojo pusėje nagrinėti daugiabučio, kuris įsidiėgęs saulės kolektorius ir šilumos siurblius karšto vandens ir šildymo poreikiams padengti, atveju. Skaičiavimai atlikti pasirinkus skirtingas galimas paramos investicijoms schemas bei jų intensyvumą. Pateikiamos rekomenduojamos ilgalaikės ir trumpalaikės politikos priemonės rinkos kliūtims mažinti bei prielaidos AEI diversifikuoti CŠT sistemose.

Pagrindinė diversifikuotų AEI technologijų vertinimo schema gali būti aprašyta keliais žingsniais. EnergyPRO modeliavimo programinė įranga naudota techninėms AEI panaudojimo galimybėms įvertinti, LCoE metodas siekiant ekonomiškai pagrįsti diversifikuotų AEI integravimo galimybių CŠT sistemoje šilumos tiekėjo ir vartotojo pusėse prielaidas bei ekonominį konkurencingumą. Taip parengiama aibė galimų individualių projektų, kurie galėtų būti traktuojami kaip CŠT modernizavimo scenarijų elementai. Šie individualūs projektai LCoE metodu vertinami pagal išorinį naudingumą konkretaus miesto mastu pagal esminius, bet sunkiai įvertinamus individualiuose projektuose išorinį naudingumą sudarančius elementus. Pasirinkto miesto charakteristikos pateiktos pagal gamybos ir vartojimo sektorius. Susistemintos prielaidos, reikalingos scenarijams formuoti, vadovaujantis užsienio pavyzdžio (Danijos) analize. Atlikti techninių panaudojimo galimybių skaičiavimai parodė, kad plataus masto Saulės ir geoterminės energijos technologijų panaudojimas esamomis rinkos sąlygomis Lietuvoje nekonkurencingas, jei nėra vertinama išorinė nauda.

Pagrindinis klausimas yra konkurencija tarp savarankiškai pasigamintos AEI energijos kainos vartotojo pusėje ir centralizuotai tiekiamos šilumos, pagamintos iš AEI, kainos. Dėl to lyginamuoju pagrindu pateikiami skaičiavimai LCoE metodu saulės kolektoriams ir šilumos siurbliams šilumos gamybos ir vartojimo pusėse su skirtingais paramos intensyvumo lygiais (žr. 4 pav.).



4 pav. AEI scenarijai LCoE metodu CŠT pasiūlos bei paklausos pusėse ir daugiabučio renovacija (€ ct/kWh, be PVM)

Palyginamoji LCoE analizė su skirtingais paramos intensyvumo lygiais parodė, kad pilnos daugiabučio renovacijos atveju, netgi su 50 % subsidija, šilumos sutaupymo kaštai didesni nei vidutinė CŠT kaina (5,8 € ct/kWh). Pilnai renovacijai reikia daug investicijų. Problemos sprendimas galėtų būti atskiri efektyvūs renovacijos elementai, tokie kaip šildymo sistemos pastate atnaujinimas, langų pakeitimas ir kt. AEI paklausos pusėje, tokie kaip saulės kolektoriai ir šilumos siurbliai, galėtų konkuruoti su šilumos kaina be papildomų subsidijų. Plataus masto saulės kolektoriams CŠT gamybos pusėje reikia subsidijų konkuruoti su esama šilumos kaina. Reikia pažymėti, kad daugiabučių renovacija Lietuvoje būtina, nepaisant didelių investicijų, nes daugiabučiai buvo statyti prieš 30–40 metų ir labai neefektyviai naudoja šilumos energiją.

LCoE metodu buvo vertinamas AEI išorinis naudingumas, kuris gali parodyti privalumus ir kuris nepakankamai įvertinamas investiciniuose sprendimuose, pavyzdžiui, AEI neišsenkamumas ir galimybė užtikrinti apsirūpinimą energijos ištekliais ateities kartoms. Panaudojimas tokių AEI technologijų, kaip Saulės energija, taip pat sprendžia aplinkosaugines problemas. Dėl šios priežasties tokias technologijas galima papildomai finansuoti. Išorinės naudos analizė saulės kolektoriams ir šilumos siurbliams buvo atlikta, siekiant rasti jų nišą miesto ir rajono vietovėse (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Saulės ir geoterminės energijos technologijų panaudojimo išorinis naudingumas

Rodikliai	Geoterminis šilumos siurblys ir saulės kolektoriai daugiabutyje	Saulės kolektoriai CŠT sistemoje
	126 kW	7000 kW
Gamyba MWh	185	4500
Vietinis kapitalas tūkst. eurų	25,01	1380,88
Socialinis draudimas tūkst. eurų	9,27	119,23
Gyventojų pajamų mokesčiai tūkst. eurų	3,46	44,46
Naujų darbo vietų (žmogaus mėnesiai)	31,9	409,4

Lentelėje palyginti plataus masto saulės kolektoriai (10000 m²), gaminantys karštą vandenį daugiausia vasaros sezonu, kai kombinuota saulės kolektorių ir šilumos siurblių sistema daugiabutyje teikia naudą visus metus. Pagrindiniai vertinti išorinės naudos veiksniai yra vietinis kapitalas, mokesčiai, sumokami į šalies biudžetą, ir sukuriamos darbo vietos. Skirtingų AEI derinys gali kurti didesnę išorinę efektą ir reikšmingą įtaką ne tik individualiam vartotojui, bet ir visai visuomenei. Dėl to svarbu vertinti išorinį naudingumą, ypač miestuose, priimant galutinius sprendimus. Neišsenkantys AEI (tokie kaip Saulės ir geoterminė energija) sukuria didesnę naudą nei reikalingos subsidijos, kol skverbimasis į rinką auga.

Ilgalaikė energetikos politika yra pagrindinė jėga pokyčiams, kuri gali įtraukti išorinę naudą diversifikuotų AEI plėtrai ir geresniam ateities kartų gyvenimo lygiui pasiekti. Potencialios politikos priemonės rinkos klaidoms dėl diversifikuotų AEI spręsti ir jų panaudojimas (ilgalaikiai/trumpalaikiai veiksmi) pateiktos 2 lentelėje.

2 lentelė. Potencialios politikos priemonės sprendžiant rinkos klaidas diversifikuotų AEI integravimui CŠT sistemoje

Politikos priemonės \ Rinkos klaidos	Išorinis poveikis aplinkai	Reguliavimo klaidos	CŠT tinklo išoriniai poveikiai	Masto ekonomija	Rinkos galia	Informacinės rinkos klaidos
Subsidijos CŠT gamybai iš AEI	N		L	L		
Supirkimo tarifai diversifikuotiems AEI	N			L		
Mokestinės paskatos diversifikuotiems AEI	N					
Tiesioginis reguliavimas	N					
Restruktūrizuotas reguliavimas		N			N	
Moksliniai tyrimai ir plėtra	N					
Produkto standartai	N					N
Informavimo programos	N					N

N – nuolatinis veiksmas

L – laikinas veiksmas

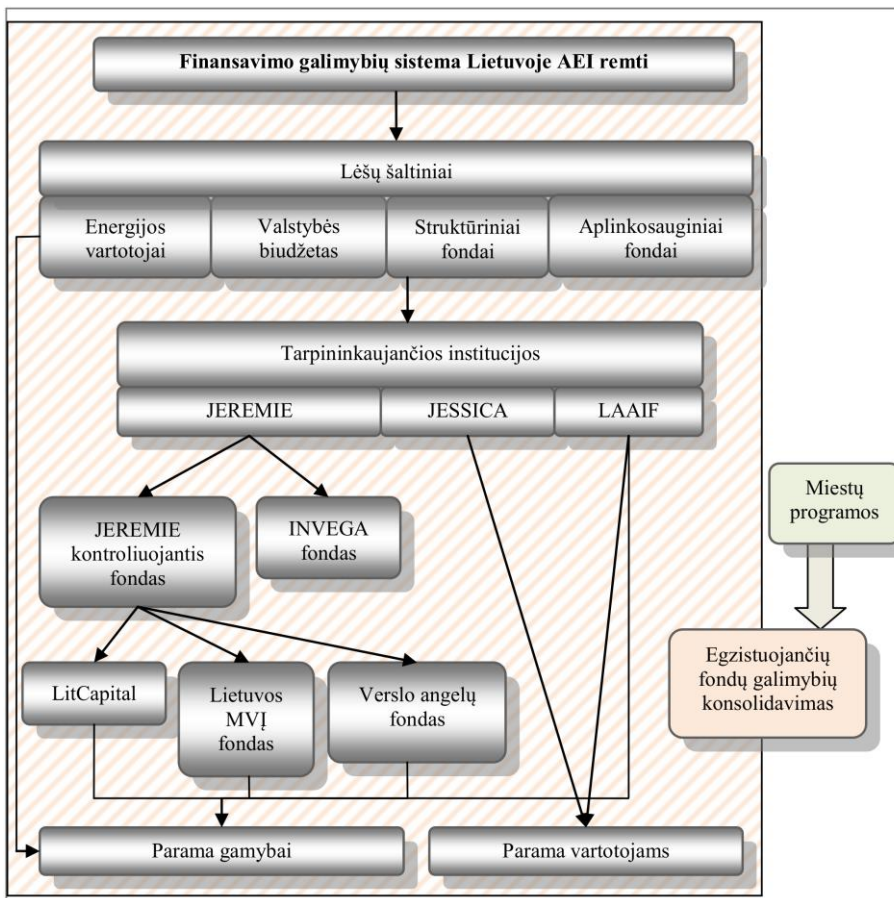
Prielaidos AEI diversifikuoti CŠT sistemoje. Kaip buvo apibendrinta 1 skyriaus schemoje, teisinis reguliavimas yra pagrindas tolesniam AEI technologijų skverbimuisi į CŠT. 2 lentelėje pateiktos politikos priemonės pagrindžiamos ekonomikos teorija dėl natūralios monopolijos CŠT statuso. Siekiant reformuoti CŠT, kad AEI technologijos galėtų būti panaudotos platesniu mastu realizuojant išorinį naudingumą miestų mastu, būtinos tokios rekomenduojamos prielaidos.

Trečios šalies prieiga ir išplėstinė gamintojo rinka. Techniškai trečiosios šalies prieigos modelis didina bendruosius CŠT sistemos kaštus. Pagrindinis šios schemos privalumas tai, kad ji sprendžia problemą, kai vartotojai nenori mokėti aukštesnės šilumos kainos už diversifikuotus AEI. Sprendimui galima taikyti išplėstinės gamintojo rinkos modelį, kur išoriniai tiekėjai (tiek gamintojai, tiek vartotojai) užima svarbų vaidmenį. *Miestų/miestelių vaidmuo AEI plėtrai CŠT.* Jungiančia grandimi praktiškai įgyvendinant nacionalinius AEI tikslus turėtų būti savivaldybės. Teisinio

reguliavimo problemų atsiranda siekiant apjungti ilgalaikį AEI diversifikavimą su šilumos ūkio strategija ir specialiaisiais šilumos ūkio planais. Savivaldybių vaidmuo turėtų išaugti, nes nacionalinius tikslus įgyvendinti būtų racionaliausia per teritorinius vienetus. Aktyvus savivaldybių dalyvavimas turėtų būti tęstinis, plėtojamas ir įsipareigojantis įgyvendinti nacionalinius tikslus. AEI diversifikavimas leistų užtikrinti kainų stabilumą ilguoju laikotarpiu. Dėl to turėtų būti organizuojami intensyvūs mokymai savivaldybių energetikos planuotojams. Svarbu formuoti ne tik trumpalaikius, bet ir ilgalaikius CŠT planus kiekvienoje savivaldybėje AEI technologijoms plėtoti.

Ilgalaikių investicijų planavimas. Investicijų efektyvumas energetikos rinkoje dėl jos inertiškumo gali pasireikšti tik ilgalaikėje perspektyvoje, jei atitinkamai auga AEI technologijų paklausa. Ilgalaikių reikalavimų įgyvendinimas negali būti paliktas rinkos jėgoms, kurios šiuo požiūriu neveiksmingos. Diversifikuoti AEI negali savarankiškai plėtotis reikiama mastais, dėl to finansinė parama turėtų padėti naujoms technologijoms konkuruoti rinkoje. Naujos priemonės turi užtikrinti, kad AEI plėtra šilumos sektoriuje pasiektų numatytus tikslus praktiškai. Organizuojanti ir išteklius bei investicijas koordinuojanti institucija miestų savivaldybėse yra ypač svarbi. Dėl to turėtų būti sumažintos ne tik tiesioginės finansinės išlaidos, bet ir pastangos administruoti bei kontroliuoti.

Nors miestų savivaldos įstatymais numatytos funkcijos parengiant programinius dokumentus energetikos ūkio ir AEI technologijų klausimais yra gana tikslingai apibrėžtos, tačiau praktiškai planai dar tik pradedami formuoti. Probleminė sritis yra finansavimas, kuris šiuo metu suvokiamas itin siaurai, orientuojantis tik į biokurą ir struktūrinių fondų subsidijas. Todėl siūloma suformuota AEI finansavimo galimybių sistema Lietuvos atveju (5 pav.).



5 pav. Susisteminta finansavimo galimybių sistema Lietuvoje AEI remti

Finansiniai instrumentai turi būti derinami su ES konkurencijos reglamentavimu. Svarbu, kad būtų vertinama našta, tenkanti individualiam galutinės energijos vartotojui. Reikia akcentuoti, kad papildoma finansinė našta atsveriama palankiai veikiama aplinka ir nėra tik eilinis papildomas mokestis dėl perdėto valstybinio reguliavimo, o sukuriama nauda visuomenei.

IŠVADOS

1. Atlikus literatūros analizę nustatytos pagrindinės CŠT charakteristikos, lemiančios, kad CŠT infrastruktūrą valstybė gali panaudoti įgyvendinant darnios raidos principus ir bendruosius šalies tikslus, tokius kaip vietinės ir atsinaujinančios energijos panaudojimo didinimas, buitinių atliekų utilizavimas, kuro balanso diversifikavimas, siekiant energijos tiekimo patikimumo, centralizuoto pastatų vėsinimo įdiegimas, efektyvi elektros gamyba kogeneracijos būdu, šiltnamio dujų išmetimo mažinimas ir kt. Tačiau retrospektyvi analizė atskleidė pagrindinę problematiką, kad Lietuvoje orientuojamasi į vieną kuro rūšį, kuri trumpalaikėje perspektyvoje pigiausia, todėl ribojamas diversifikuotų AEI skverbimasis į rinką. Makrolygiu nustatytos vartotojų įsiskolinimo ir kompensacijų už šildymą bei kitos problemos, kurios didėja esant ekonomikos nuosmukiui. Mokslinės literatūros analizė parodė, kad ilguoju laikotarpiu svarbu diversifikuoti šilumos gamybai naudojamus kuro šaltinius, išsaugant CŠT infrastruktūrą.
2. CŠT infrastruktūrai panaudoti diversifikuojant AEI šilumos gamybos ir vartojimo pusėse trūksta vieningos metodologijos, kuri spręstų problemas nuo teorinio pagrindimo iki praktinio įgyvendinimo. Todėl formuojama metodologija, kuri yra tarpusavyje susietų mokslinių tyrimų, analizės ir praktinių skaičiavimų metodų, taip pat prielaidų visuma, leidžianti pagrįsti AEI technologijų panaudojimo įvairovę CŠT sistemoje. Suformuota metodologija susideda iš trijų dedamųjų: ekonominės teorijos; analitinių tyrimų, paremtų teritorine dimensija; prielaidų sistemos/mokslinių įrankių praktiniam įgyvendinimui.
3. Išanalizavus CŠT, kaip natūralią monopoliją, grindžiamą ekonominės teorijos požiūriu, nustatyta, kad monopolinį uždaramą ir ribotumą galima spręsti tokiomis priemonėmis, kaip trečiosios šalies prieiga ir išplėstinė gamintojo rinka. Vadovaujantis atlikta užsienio šalių palyginamąja analize nustatyta, kad natūrali monopolija turėtų būti reguliuojama taikant antimonopolinius įstatymus per skirtingus kainų reguliavimo ir kontrolės principus. Viena svarbiausių nustatytų prielaidų yra ilgalaikis teritorinis energetikos raidos planavimas, sudarantis galimybes realizuoti atsinaujinančių kuro rūšių diversifikavimą CŠT sistemose, siekiant įgyvendinti darnios raidos principus.
4. Atlikta Europos Sąjungos ir Lietuvos teisinių dokumentų analizė parodė, kad AEI panaudojimui didinti CŠT infrastruktūra pripažįstama ir nuo 2009 m. ES lygiu teisiškai reglamentuojama kaip palanki priemonė realizuoti energijos vartojimo efektyvumo, AEI plėtros ir aplinkosaugos gerinimo tikslus. Nustatytos esminės prielaidos, kurios leistų

diversifikuoti AEI technologijas CŠT sistemose: ilgalaikis investicijų planavimas, miestų organizacinis vaidmuo realizuojant ilgalaikius tikslus, keliamus CŠT sistemų darniai plėtrai, kainodara bei investicinių fondų tikslingas panaudojimas, išplėstinės CŠT gamintojo rinkos tobulinimas. Galima konstatuoti, kad esminės teisinės prielaidos AEI technologijoms diversifikuoti Lietuvos CŠT sektoriuje yra pakankamos. Tarptautinė lyginamoji analizė parodė esminius orientyrus, kurių pritaikymas leistų sėkmingai vykdyti reformas CŠT sektoriuje, siekiant ne tik spręsti finansines problemas, bet ir realizuoti CŠT infrastruktūrą, kaip pagrindinę priemonę diversifikuojant AEI.

5. Ekonominės teorijos analizė atskleidė, kad AEI technologijų skatinimas per subsidijas investicijoms ekonomiškai galėtų būti pagrįstas AEI išoriniu naudingumu. Išorinio naudingumo analizė parodė, kad ilgalaikėje perspektyvoje įvairios AEI technologijos galėtų būti vertinamos *ne kaip viena su kita konkuruojančios, bet papildančios kuro balansą energijos rūšys, palaipsniui pakeičiant iškastinį kurą*. Atlikus teorinius tyrimus suformuota tyrimų koncepcija, kuri vadovaujasi išorinio naudingumo vertinimo metodologiniu pagrindimu bei realizavimo prielaidų formavimu, siekiant pagrįsti ilgalaikių investicijų panaudojimą diversifikuotų AEI plėtrai.
6. Suformuota prielaidų sistema diversifikuotoms AEI technologijoms (Saulės ir geoterminės energijos pavyzdžiu) integruoti CŠT sistemose gamintojų ir vartotojų pusėse miestų darnios raidos požiūriu bei nustatyti pagrindiniai techninio-ekonominio vertinimo principai, rodantys, kad CŠT įgalina diversifikuotą AEI panaudojimą gamybos ir vartojimo pusėse, o tai būtų pagrindas energijos tiekimo patikimumui, energijos kainų stabilumui ir aplinkosauginių problemų sprendimui. Diversifikuotų AEI plėtra CŠT infrastruktūroje gali būti realizuojama miestų/miestelių lygiu, nes miestų skirtumai lemia atskirų AEI rūšių panaudojimo prioritetus, atsižvelgiant į skirtingą išorinį naudingumo lygį pagal atskiras AEI rūšis. Esminis metodologinis principas yra AEI (Saulės energijos pavyzdžiu) panaudojimo išorinio efekto vertinimas. Šiuo pagrindu būtų galima daryti apibendrintus vertinimus, kokio dydžio sudėtinio efekto galima tikėtis didinant AEI panaudojimo mastą CŠT infrastruktūroje pagal kompleksinius scenarijus, jei būtų išvengiama konfrontacijos tarp energijos tiekėjų ir energijos vartotojų.
7. Analizei ir empiriniam tyrimui pasirinktos gamtinių AEI rūšys – Saulės ir geoterminė energija, kurių potencialas Lietuvoje didelis, bet mažai naudojamas. Konkretaus miesto duomenimis atliktų skaičiavimų analizė rodo, kad vartojimo pusėje diversifikuotos AEI technologijos galėtų būti konkurencingos rinkos sąlygomis, bet gamybos pusėje konkurencingumą riboja subsidijos biokuro katilinėms. Sudaryta loginė matrica, apjungianti

nuolatines ir laikinas politikos priemonės sprendžiant rinkos klaidas diversifikuotų AEI integravimui CŠT sistemoje, bei suformuota AEI finansavimo galimybių sistema Lietuvos atveju, kadangi ilgalaikė energetikos politika yra pagrindinis veiksnys, galintis apjungti įvairias egzistuojančias ir rekomenduojamas teises ekonomines prielaidas bei finansinius mechanizmus į vientisą sistemą.

LITERATŪRA

- Aronsson, B., & Hellmer, S. (2009). *An International Comparison of District Heating Markets*. Rapport Svensk Fjärrvarme.
- Björkqvist, O., Idefeldt, J., & Larsson, A. (2010). Risk assessment of new pricing strategies in the district heating market. *Energy Policy*, 38(5), 2171–2178.
- Bobinaitė, V., & Tarvydas, D. (2014). Financing instruments and channels for the increasing production and consumption of renewable energy: Lithuanian case. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 259–276.
- Brand, L., Calvén, A., Englund, J., Landersjö, H., & Lauenburg, P. (2014). Smart district heating networks – A simulation study of prosumers' impact on technical parameters in distribution networks. *Applied Energy*, 129, 39–48.
- Camagni, R. (2002). On the concept of territorial competitiveness: sound or misleading? *Urban Studies*, 39(13), 2395–2411.
- Čiegis, R., & Česonis, G. (2004). Sustainable development strategic planning: urban aspect. *Strategic Self-Management*, 20–31.
- Čiegis, R., Grundey, D., & Štreimikienė, D. (2005). Economic aspects of cities sustainable development strategic planning. *Technological & Economic Development of Economy*, 11(4), 260–269.
- Čiegis, R., & Štreimikienė, D. (2005). Integration of sustainable development indicators in development programmes. *Economics of Engineering Decisions*, 42(2), 7–13.
- Depoorter, B. W. F. (1999). Regulation of natural monopoly. In: Bouckaert, B., De Geest, G. (Ed.), *Encyclopaedia of Law and Economics*. Edward Elgar, Cheltenham, pp. 498–532.

- Difs, K., & Trygg, L. (2009). Pricing district heating by marginal cost. *Energy Policy*, 37(2), 606–616.
- Fragaki, A., & Andersen, A. N. (2011). Conditions for aggregation of CHP plants in the UK electricity market and exploration of plant size. *Applied Energy*, 88(11), 3930–3940.
- Gadd, H., & Werner, S. (2014). Achieving low return temperatures from district heating substations. *Applied Energy*, 136, 59–67.
- Kaliatka, A., Valinčius, M., Augutis, J., Krikštolaitis, R., Rimkevičius, S., Dundulis, G., & Bakas, R. (2008). Centralizuotų šilumos tinklų patikimumo vertinimo metodika. *Energetika*, 54(2), 1–9.
- Katinas, V., & Markevičius, A. (2006). Promotional policy and perspectives of usage renewable energy in Lithuania. *Energy Policy*, 34(7), 771–780.
- Klessmann, C., Held, A., Rathmann, M., & Ragwitz, M. (2011). Status and perspectives of renewable energy policy and deployment in the European Union—What is needed to reach the 2020 targets? *Energy Policy*, 39(12), 7637–7657.
- Konstantinavičiūtė, I. (2011). Policy assessment: Case study Lithuania. In *RES-H Policy Project National Dissemination Conference*. Lithuania: Vilnius, 2011 April 27.
- Li, H., Sun, Q., Zhang, Q., & Wallin, F. (2015). A review of the pricing mechanisms for district heating systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 56–65.
- Linden, M., & Peltola-Ojala, P. (2010). The deregulation effects of Finnish electricity markets on district heating prices. *Energy Economics*, 32(5), 1191–1198.
- Lukoševičius, V., & Balaišytė, B. (2011). *Centralizuotai tiekiamos šilumos kainų Lietuvos savivaldybėse priežastingumo tyrimas*. Lietuvos energetikos konsultantų asociacijos analitinė-konsultacinė pažyma Nr. KPDA/016. Vilnius, 2011 m. gruodžio 23 d.
- Lukoševičius, V., & Werring, L. (2011). *Regulatory Implications of District Heating*. Inogate Textbook.
- Lund, H., Šiupšinskas, G., & Martinaitis, V. (2005). Implementation strategy for small CHP-plants in a competitive market: the case of Lithuania. *Applied Energy*, 82(3), 214–227.
- Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., & Mathiesen, B. V. (2014). 4th Generation District Heating (4GDH).

- Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*, 68, 1–11.
- Magnusson, D., & Palm, J. (2011). *Between Natural Monopoly and Third Party Access – Swedish District Heating Market in Transition*. (R. Karlsen et al., Ed.). Nova Science Publishers.
- Marcinauskas, K., & Korsakienė, I. (2011). Centralizuotas šilumos tiekimas ir šilumos kainos 1945–2011 m. Lietuvoje: istorinė-ekspertinė apžvalga. *Energetika*, 57(4), 207–230.
- Marques, A. C., Fuinhas, J. A., & Pires Manso, J. R. (2010). Motivations driving renewable energy in European countries: A panel data approach. *Energy Policy*, 38(11), 6877–6885.
- Mathiesen, B. V., Lund, H., Connolly, D., Wenzel, H., Østergaard, P. A., Möller, B., ... Hvelplund, F. K. (2015). Smart energy systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions. *Applied Energy*, 145, 139–154.
- Mosca, M. (2008). On the origins of the concept of natural monopoly: Economies of scale and competition. *The European Journal of the History of Economic Thought*, 15, 317–353.
- Nielsen, S., & Möller, B. (2012). Excess heat production of future net zero energy buildings within district heating areas in Denmark. *Energy*, 48(1), 23–31.
- Pereira, J., & Azevedo, A. (2011). Interdependency between sustainable development and economic growth (investment attraction): the role of city's governance, branding and monitoring. *Journal of Modern Accounting and Auditing*, 7, 734–748.
- Poputoaia, D., & Bouzarovski, S. (2010). Regulating district heating in Romania: Legislative challenges and energy efficiency barriers. *Energy Policy*, 38(7), 3820–3829.
- Rasburskis, N., & Lund, H. (2007). Optimization methodologies for national small-scale CHP strategies (the case of Lithuania). *Energetika*, 53(3), 16–23.
- Rotmans, J., & Asselt, M. Van. (2000). Towards an integrated approach for sustainable city planning. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 9, 110–124.

- Shen, Y.-C., Lin, G. T. R., Li, K.-P., & Yuan, B. J. C. (2010). An assessment of exploiting renewable energy sources with concerns of policy and technology. *Energy Policy*, 38(8), 4604–4616.
- Streckienė, G., Martinaitis, V., Andersen, A. N., & Katz, J. (2009). Feasibility of CHP-plants with thermal stores in the German spot market. *Applied Energy*, 86(11), 2308–2316.
- Štreimikienė, D., & Pareigis, R. (2007). Promotion of use of renewable energy sources in Lithuania. *Technological and Economic Development of Economy*, 13(2), 159–169.
- Tanguay, G., Rajaonson, J., Lefebvre, J., & Lanoie, P. (2010). Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators. *Ecological Indicators*, 10(2), 407–418.
- Valiukonis, G., Lukoševičius, V., Gudelis, V., & Čirgelienė, R. (2008). *Kainodaros principų, taikomų energetikos sektoriuje, analizė ir jų tobulinimo rekomendacijos*. Ataskaita LR Ūkio ministerijai. Vilnius.
- Walton, J., & El-Haram, M. (2005). Integrated assessment of urban sustainability. *Engineering Sustainability*, 158(2), 57–65.
- Wissner, M. (2014). Regulation of district-heating systems. *Utilities Policy*, 31, 63–73.
- Xing, Y., Horner, R., El-Haram, M., & Bebbington, J. (2009). A framework model for assessing sustainability impacts of urban development. *Accounting Forum*, 33(3), 209–224.

MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS

Straipsniai „Thomson Reuters“ duomenų bazėje „Web of Science“ referuojamuose leidiniuose

1. Klevas V., **Murauskaitė L.**, Klevienė A., Perednis E. Measures for increasing demand of solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, 27, p. 55–64, ISSN 1364–0321.
2. Klevas V., Biekša K., **Murauskaitė L.** Innovative method of RES integration into the regional energy development scenarios. *Energy Policy*, 2014, 64, p. 324–336, ISSN 0301–4215.

Lietuvos mokslo tarybos patvirtinto sąrašo tarptautinėse duomenų bazėse referuojamuose leidiniuose

1. **Murauskaitė L.**, Klevas V., Biekša K. Centralizuoto šilumos tiekimo sistemos reformavimo prielaidos Lietuvoje. *Taikomoji ekonomika: sisteminiai tyrimai*, 2013, 7(1), p. 191–209, ISSN 1822–7996.

Konferencijų pranešimų medžiagoje

1. **Murauskaitė L.** Promotion of renewable energy for district heating in Lithuania as EU member. *Proceedings of the 1st World Sustainability Forum*, 1–30 November 2011; Sciforum Electronic Conferences Series, 1, 2011. (www.wsforum.org).
2. **Murauskaitė L.** Impact of legal regulation on the use of renewable energy in district heating. *9th Annual Conference of Young Scientists on Energy Issues (CYSENI 2012)*, Kaunas, Lithuania, May 24–25, 2012. Kaunas: LEI, 2012, p. 336–346, ISSN 1822–7554.
3. **Murauskaitė L.** Methodology formation of district heating integrating into the city sustainable development context. *Proceedings of the IASTED International Conference Power and Energy Systems (EuroPES 2012)*, Napoli, Italy, June 25–27, 2012. Italy, 2012, p. 118–122, ISBN 978–088986–924–0.
4. Klevas V., **Murauskaitė L.** New role of district heating as infrastructure for increasing the use of renewable energy sources.

- Proceedings of the 2nd World Sustainability Forum*, November 1–30, 2012; Sciforum Electronic Conferences Series, 2, 2012. (www.wsforum.org)
5. **Murauskaitė L.** The significance of district heating for the promotion of renewable energy sources demand. *10th Annual International Conference of Young Scientists on Energy Issues (10 CYSENI anniversary)*, Kaunas, Lithuania, May 29–31, 2013. Kaunas: LEI, 2013, p. 294–301, ISSN 1822–7554.
 6. **Murauskaitė L.** Presumptions for increasing the use of renewable energy sources in large scale in district heating. *Digital Proceedings: 8th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES 2013)*, Dubrovnik, Croatia, September 22–27, 2013. Croatia, 2013, p. 1–9, ISSN 1847–7178.
 7. **Murauskaitė L., Klevas V.** Saulės ir geoterminės energijos panaudojimo galimybės centralizuoto šilumos tiekimo sistemoje. *Šilumos energetika ir technologijos–2014: konferencijos pranešimų medžiaga*, Kauno technologijos universitetas, 2014 m. sausio 31. Kaunas: Technologija, 2014, p. 37–42, ISSN 2335–2477.
 8. **Murauskaitė L.** Interaction between district heating producers and consumers: the case of the use of large-scale renewable energy. *11th International Conference of Young Scientists on Energy Issues (CYSENI 2014)*, Kaunas, Lithuania, May 29–30, 2014. Kaunas: LEI, 2014, p. 9–16, ISSN 1822–7554.
 9. **Murauskaitė L., Klevas V.** Challenges and options for the interaction of producers and consumers in district heating: a case study in Lithuania. *Proceedings from the 14th International Symposium on District Heating and Cooling (DHC 2014)*, Stockholm, Sweden, September 6–10, 2014. Sweden, 2014, p. 288–294, ISBN 978–91–85775–24–8.
 10. **Murauskaitė L.** Coherent policy of renewable energy sources support in Lithuanian district heating sector. *12th International Conference of Young Scientists on Energy Issues (CYSENI 2015)*, Kaunas, Lithuania, May 27–28, 2015. Kaunas: LEI, 2015, p. 73–84, ISSN 1822–7554.

INFORMACIJA APIE DISERTACIJOS AUTORE

Autorė: Lina Murauskaitė

Kontaktai: Lina.Murauskaite@lei.lt

Išsilavinimas:

2011–2015 Doktorantūros studijos Lietuvos energetikos institute, Atsinaujinančių išteklių ir efektyvios energetikos laboratorijoje

2009–2011 Ekonomikos magistrė Vilniaus universitete, Kauno humanitariniame fakultete

2005–2009 Ekonomikos bakalaurė Vilniaus universitete, Kauno humanitariniame fakultete

Darbo patirtis:

2015–dabar Jaunesnioji mokslo darbuotoja, Lietuvos energetikos institutas, Atsinaujinančių išteklių ir efektyvios energetikos laboratorija

2012–2014 Jaunesnioji mokslo darbuotoja, Lietuvos energetikos institutas, Regionų energetikos plėtros laboratorija

Mokslinių interesų sritys: Energetikos ekonomika, atsinaujinantys energijos ištekliai, centralizuoto šildymo ir vėsinimo sistemos, darni plėtra

Narystė organizacijose: International Association for Energy Economics
Lietuvos jaunųjų mokslininkų sąjunga

SUMMARY

Relevance of the research. District heating (further DH) is one of the most important energy sectors in Lithuania, which influences economic growth, competitiveness, energy supply, and energy efficiency of the country. DH sector is closely related to the household expenses, where the share of cost for the heat consumption is disproportionately high compared with the average household income. Therefore, the DH systems are an especially important macroeconomic problem, posing great difficulties for economic development. Their maintenance costs are not only directly related to the production and transportation but also VAT exemptions, subsidies for investments, compensation for the poorest sections of the population, etc. Even more damage is caused by the decline of investments due to people's low expectations, fear for the future and, therefore, excessive saving. It should be added that due to the one-sided understanding of economic policy, which is only related to the short-term reduction of heat price, subsidies for the investment of biomass encourage disproportionate, excess use of the capital in heat production sector; excess capacities have increased several times.

Although DH systems encompass more than 50 per cent of heat sector, DH problems have to be solved by the state; DH difficulties, an increase of the price are in the Government's spotlight. DH fuel costs constitute about 50-70 per cent of the total cost; therefore, the main question is fuel prices. For this reason, all the attention is directed to the cheapest type of fuel at the period. During 26 years of independence, reforms have been associated with changes in the type of fuel due to the changes of price of one or another type of fuel. Currently, an intensive promotion of biomass is taking place.

Expansion of biomass boilers in DH sector enabled to reduce heat prices for consumers. However, in the long run, the increase in the biomass price is expected, which will be influenced by a sharp rise in demand.

DH, as the heat supply system, conceptual argumentation of advantages is based on the infrastructure that enables the use of diversified fuel; among other benefits, a variety of fuel types would be the basis for security of energy supply and long-term stability of energy price. This particular possibility of the utilization of DH infrastructure can lead to a renaissance of DH systems in foreign countries. This is related to the recent adoption of EU directives. Directive 2012/27/EU has a target to reduce EU primary energy consumption by 20% by 2020 and to reduce

greenhouse gas emissions (further in the text GHG emissions) by 80-95% by 2050, compared to 1990. These objectives are promoting the development of renewable energy sources (further RES) technologies in Lithuania. According to Directive 2009/28/EB on the promotion of the use of energy from RES, the Republic of Lithuania must ensure that the share of energy from RES will be not less than 23% in gross final consumption of energy by 2020 (20% in electricity sector, 60% in heat production, 10% in transport). The Lithuanian goal of 23% had already been reached at the end of 2014. However, due to the fact that there is a standard overlap of fundamentally different types of RES, in the RES concept, biomass becomes the main accent of restructuring heat production.

However, this type of fuel also affects atmospheric pollution. Thus, taking into account future additional obligations of Paris Agreement on GHG emission reductions, there is a necessary breakthrough of the use of other types of RES technologies, such as solar and geothermal energy. Therefore, it is relevant to analyse diversified RES for the production of heat in DH system, including mostly untapped RES, such as solar and geothermal energy.

Although a lot of research has been done in respect to RES; however, some uncertainties, which need to be identified and solved by energy policy makers by determining the reliable directions on how to develop RES sector in future, remain. Due to international discussions for more than two decades it is considered that a unified and long-term economic policy for RES sector development needs to be developed. Most of the debates arise due to fragmentation and transformation of RES support measures. The newest EU document (EU, 2014) proclaims that even Government support and funding is a significant factor that promotes the development of RES technologies in adverse market conditions, but the different support of RES technologies is often unbalanced. Government support may have different forms; however, only some of them are currently used in Lithuania, which basically repeat instruments and financial mechanisms that are used in foreign countries. Structural Funds are one of the most important sources of funding for RES technologies. Commitments for the promotion of RES under the EU Directives have a significant impact in Lithuania. For example, state subsidies for investments are regarded as the simplest form of support that enables rapid popularity of renewable energy technologies, if the grant is large enough. The incentive schemes were widely used in many countries of various support organizations in the past. However, it was observed that this does not encourage project developers to choose economically optimal

technologies, and often unreasonably expensive plants are installed, operational rates of which are not always justified. The essential deficiency of this type of promotion is a lack of connection with the achievement of external benefit, which is understandable as a contribution to solving the problems of sustainable development of environmental, social, supply of energy resources of future generations and other aspects.

External benefit evaluation of renewable energy is one of the most difficult problems of the economic theory. An economic policy that is formed on the basis of assessment is a complex system, where a balance of three aspects of sustainability is needed: environment, economy, and social life. A contemporary generation has a challenge not only to cope with problems of energy supply without leaving them for another generation to solve but especially with the growing threat of climate change. Deployment of RES technologies receives a special attention because the main cause of pollution is identified by burning fossil fuel. However, a good performance and well-balanced RES policy need efforts from stakeholders with different interests and market participants.

DH infrastructure is suitable for reaching strategic energy goals of the state, such as integration of local and RES, utilization of municipal waste for generation of heat and electricity, diversification of fuel sources due to the security of energy supply, implementation of district cooling for buildings, integration of industrial waste heat to DH networks, effective production of electricity in cogeneration, reduction of environmental pollution and GHG emissions, etc. DH enables the use of diversified fuel sources, and this could be the basis for security of energy supply and **stabilisation of energy prices**. One of the main important problems is that DH, which dominates in the supply of heat, is oriented toward short-term cheapness of heat.

Therefore, this results in a massive introduction of new equipment into DH systems due to significant changes in fuel prices. The recent example is a sharp increase in the price of natural gas, which has determined the massive use of biomass boilers.

The main issue in Lithuanian DH sector is based on the dominant position of only one type of fuel source, which has to dominate in DH balance due to the lowest price in a short term. Therefore, solar and geothermal energy on a large scale has a very low possibility to be used in a very well extended infrastructure of DH.

Another issue is a mismatch in the interests of consumers and producers in DH. Financially, DH systems are not concerned about partial heat production on the consumption side, for example, by using systems of

solar collectors and others. Residents that receive subsidies for the renovation of multifamily buildings and for the development of RES will at large affect savings of heat energy. A massive disconnection from DH system is not only unbalancing the DH network but also raising the price for the rest of consumers. The massive renovation of multifamily buildings will significantly reduce the amount of consumed heat energy; for this reason, the price for DH will noticeably increase. When evaluating the development of RES in multifamily buildings, it is important to take into account the size of support and possible consequences for the system of DH. The examples of northern European countries, which are in a similar climatic zone, show that such type of problems could be successfully solved by economic and other measures, which are based on the status of natural monopoly. One of the most important preconditions is territorial planning of energy development, whereas the implementation of plans can be a basis for the diversification of fuel sources in heat sector in case of avoiding excess investment.

Municipalities should be a connecting link in the practical implementation of national RES energy goals. The role of municipalities for the development of RES is regulated in detail in Law on Energy from Renewable Sources. However, the implementation of this law on the municipal level does not progress in practice. RES Development Action Plans have been developed only by few municipalities, but such claim at municipal councils has been stalled. According to the existing situation, it can be stated that problems and failures in case of municipal involvement in the planning of RES refer to the short-term, fragmented solutions.

Investigation level of the scientific problem. There are very few empirical economics papers written on DH, as noted by Linden & Peltola-Ojala (2010). Economic approach for DH as a natural monopoly problem is a basis for research and solutions. One of the above-mentioned reasons from the economic perspective is that DH systems are not treated as natural monopolies or pricing, which encourage producing and supplying the maximum amount of heat energy. The monopoly of DH is formed due to the nature of the infrastructure. Therefore, it is determined by pricing, regulatory and infrastructure planning peculiarities, which have to be analyzed and evaluated. Basically, it is still unrealized and impracticable intention of Law on Heat: the special plans of heat sector aim at harmonizing interests of the state, municipalities, energy companies, individuals and legal parties or groups supplying heat to the consumers and energy sources for heat production.

There have been attempts to analyze problems of RES integration into energy sector in several researches in Lithuania. Some authors analyse sustainable development aspects (Čiegis, Grundey, & Štreimikienė, 2005; Čiegis & Štreimikienė, 2005); promotion of RES in Lithuania (Katinas & Markevičius, 2006; Štreimikienė & Pareigis, 2007). However, DH is usually analysed in engineering field of scientific papers related mainly to combined heat and power plants (Lund, Šiupšinskas, & Martinaitis, 2005; Rasburskis & Lund, 2007; Streckienė, Martinaitis, Andersen, & Katz, 2009), or policy aspects of DH (Katinas & Markevičius, 2006; Klessmann, Held, Rathmann, & Ragwitz, 2011; Konstantinavičiūtė, 2011).

Lithuanian authors' research shows that dynamic changes of energy and industry have significantly influenced operation of DH systems (total heat consumption decreased, some industries and individual customers disconnected from the DH systems, new customers developed, automated consumer substations were implemented, etc.) (Kaliatka et al., 2008). A retrospective analysis of the evolution of the heat sector in Lithuania is examined by (Lukoševičius & Balaišytė, 2011a; Marcinauskas & Korsakienė, 2011).

A retrospective analysis of the heat sector development in Lithuania is examined by Marcinauskas and Korsakienė (2011) in a historical-expert review, and by Lukoševičius and Balaišytė (2011a) in their study. The latter authors, Lukoševičius and Balaišytė (2011), emphasise that proposals of changes in DH sector were based not on economic calculations or international practice, but on the episodic restructuring of heat sector, which confused the legal-economic system. Therefore, a series of legal disputes were caused, but essential problems of heat supply were insufficiently addressed.

An important aspect to be considered is that many authors link the achievement of sustainable development goals to the territorial aspect, i.e. it is perceived that there is an insufficient achievement of results of sustainable development on the state level. If initially the concept of sustainable development was directed at the state level through Agenda 21 resulting from the 1992 Rio Summit, then now, a growing number of experts recognize that on the local scale; municipalities, cities or metropolitan regions are suitable for mobilizing actors and solving challenges of sustainable development, including a wider use of RES (Camagni, 2002; Tanguay, Rajaonson, Lefebvre, & Lanoie, 2010).

The results of international scientific papers, mainly from Scandinavian countries, in recent years aim at analysing and designing the 4th generation DH (Lund et al., 2014), which is characterized by low

temperature DH (Gadd & Werner, 2014), the use of smart DH network (Brand, Calvén, Englund, Landersjö, & Lauenburg, 2014; Lund et al., 2014; Mathiesen et al., 2015).

It should be noted that questions of DH companies on a natural monopoly aspect have been scarcely analysed both in Lithuania and in foreign countries. A natural monopoly is an economic category, whose operation on market conditions cannot be considered as free market economy controlled power system without control and regulation. On the one hand, the natural monopoly status determines the whole system of economic laws based on regulatory, pricing tools and methods; on the other hand, a variety of measures and reforms in post-Soviet legacy were necessary, which shocked the whole system by permanent changes in the price of fuels and the consequent power generation convergence with the wrong (unrelated to the monopolistic nature DH) interpretation of the problems and solutions. DH systems, despite their monopoly position, have become profit-making organizations. Historical aspects of natural monopoly concept and its regulation are analysed in (Depoorter, 1999; Magnusson & Palm, 2011; Mosca, 2008). Pricing of DH in different countries is analysed in (Björkqvist, Idefeldt, & Larsson, 2010; Difs & Trygg, 2009; Li, Sun, Zhang, & Wallin, 2015). Regulatory issues are analysed by (Lukoševičius & Werring, 2011; Wissner, 2014).

Economically regulated pricing is analysed by (Aronsson & Hellmer, 2009; Valiukonis, Lukoševičius, Gudelis, & Čirgelienė, 2008) and typically used in countries, where reforms take place, and there is no a well-established infrastructure, and the dominance of monopolies is strong in energy sectors.

Economic principles of regulated price formation theoretical foundations are presented in Valiukonis et al. (2008) study, which provides elements of possible pricing alternatives on the basis of the World Bank study, which are widely applied in the energy sector.

Regulation itself may not represent the main or the only reason why DH in transition economies is less efficient than, for example, in Western Europe (Poputoaia & Bouzarovski, 2010). Despite the government policy efforts, accepted legislated base and programs for the enhancement of the use of RES, due to the expensiveness of alternative energy technologies and various constraints, the total contribution to development is modest.

In recent years, the consumption of fossil fuel and the mitigation of climate changes have become major challenges all over the world. To engage in these challenges, many countries are pursuing the research, development, and demonstration of RES. In the past few years, RES have

rapidly developed all over the world. RES have become important alternative energy sources to realize energy diversification. In the 21st century, political support for renewable energies has been growing continuously both on the national and international levels.

Significant changes in energy sector after 2006: it was a natural gas price boom, increase of social and political pressure for fast developments in clean energy, and financial crisis, which requires adequate government measures to stimulate the economy. However, decisions of heat sector are usually aimed at the short-term competitiveness of price, without assessing long-term benefits of the possibility of stabilizing heat prices, thus the cheapest type of fuel has a dominant position in a short term.

The industry of renewables could be important for generating employment and stimulating growth (Marques, Fuinhas, & Pires Manso, 2010). Investment in RES may bring considerable profits, so more and more enterprises will be involved in this field. The increased use of RES in the heat market can significantly alleviate the negative effects of high-energy costs on the national economy. Successful commercialisation of indigenous, non-fossil energy resources is expected to promote regional economic development and employment, help to increase national energy security and reduce a substantial portion of the increasing trade deficit necessity to import fossil fuels (Katinas & Markevičius, 2006).

According to Klessmann et al. (2011), “success includes implementing effective and efficient policies that attract sufficient investments, reducing administrative and grid related barriers, especially in currently less advanced countries, dismantling financial barriers in the heat sector, realising sustainability standards for biomass, and lowering energy demand through increased energy efficiency efforts”.

An important question is the selection of research models and feasibility analysis. EnergyPRO is typically used for techno-economic analysis of simulating cogeneration plants and DH systems with multiple energy producers (Fragaki & Andersen, 2011; Rasburskis & Lund, 2007; Streckienė et al., 2009). Other types of projects, e.g. solar collectors and heat pumps, can also be analysed and detailed by means of the software (Nielsen & Möller, 2012).

Most of the environmental problems that society faces today have their origin in urban areas; therefore, they must combine commitment and capacity for innovation to solve them (Pereira & Azevedo, 2011). Because cities are different in the size of their territory, a number of inhabitants, environment, political and social-cultural conditions, the local government of each city together with society should find an individual way of

sustainable development. In view of the growing complexity of managing the rapidly evolving urban environment and cities in Europe, there is a need for integrated approaches that assist city planners, developers and councillors in unsustainability of the current model of urban development (Rotmans & Asselt, 2000; Walton & El-Haram, 2005; Xing, Horner, El-Haram, & Bebbington, 2009). The most important thing is the participation of city inhabitants, representatives of business and other sectors in urbanized life aspects, because cities, in a sense, are products of their inhabitants (R Čiegis & Česonis, 2004).

To summarize the investigation level of the scientific problem, it can be stated that in spite of the ongoing development of renewable energy, there is a lack of unified methodology, which facilitates solving DH problems from a theoretical base to the practical implementation, and allows reasonable diversification of RES. In the scientific literature, there is a lack of economic knowledge-based methodological principles, which would allow the use of diversified RES technologies in DH systems on producer and consumer sides in terms of the aspect of urban sustainable development.

The scientific problem of the research: how to theoretically justify the concept of integration of diversified RES technologies into DH sector on consumer and producer sides?

The object of the research: the use of diversified RES (based on the example of solar and geothermal energy) technologies in district heating (DH) systems on the demand and supply sides within the frame of cities sustainable development.

The aim of the research: to develop justification methodology of the integration of diversified RES (based on the example of solar and geothermal energy) technologies into DH systems on the producer and consumer sides in terms of sustainable development of cities.

The main tasks of the research:

1. To examine and systematise the main characteristics determining the problems of the DH and their social, environmental, and economic consequences in terms of sustainable development.
2. To investigate DH as natural monopoly based on economic theory and related theoretical and practical issues of DH long-term planning, reforming, pricing, and financing; and economic opportunities for their solution.
3. To inspect and systematise the impact of legal regulation on the use of RES, and to formulate prerequisites for the use of diversified RES technologies in DH system.

4. To analyse theoretical essence and evaluation issues of the external benefit for the use of RES in DH sector and to formulate research concept for diversification of RES in DH.
5. To develop a system of preconditions of integration of diversified RES technologies on production and consumption side using DH infrastructure in the cities/towns sustainable development context.
6. To analyse and to evaluate possibilities of diversification of RES technologies (based on the example of solar and geothermal energy) in production and consumption sectors on the territorial aspect, i.e. on city/town level.

Research methods. In order to achieve the aim and tasks of the research, systematic and comparative analysis and synthesis of scientific literature, strategic and legislative acts are used. The methodology formation is done by using theoretical insight generalization, simulation, and logical analysis methods. The empirical study is performed using statistical and logical analysis. Technical simulation of diversification of RES technologies (based on the example of solar and geothermal energy) in DH system is done by using EnergyPRO software; economic evaluation is carried out using modified levelized cost of energy (LCoE) method.

Sources used in the scientific research. In the process of accomplishing this dissertation, a number of Lithuanian and foreign authors' monographs, research results, scientific publications, statistics, conference papers and various scientific recommendations have been analysed.

The novelty of the scientific research and fields of its application:

- Problems of DH development are evaluated and based on the status of DH as a natural monopoly and experience of foreign countries, which are highlighted by the comparative analysis according to selected segments (regulation of monopolies, pricing, etc.).
- The concept of the use of currently largely untapped diversified technologies of RES (based on the example of solar and geothermal energy) is done, on the basis of long-term municipal energy planning.
- The system of preconditions for potential possibilities of the use of RES (on the example of solar and geothermal energy) is formed on demand and supply sides on a territorial basis, i.e. city/town level.
- Methodological principles of long-term diversification of RES sources in DH systems are developed seeking the economically justified increase of the use of solar and geothermal energy technologies on the producer and consumer sides in terms of sustainable development of cities, based on the experience of Scandinavian and other countries. The

transition from fossil fuel based DH systems is based on original principles for the diversified use of RES, not only biomass.

Potential areas of practical application of the work. Adapting formed methodological principles in Lithuania for a broader use of RES in DH sector, possibilities of the use of solar and geothermal energy are evaluated on the demand and supply sides. Developed methodological principles enable to justify the formation of a long-term potential of diversified RES in Lithuania, and to finance RES technologies that currently are not widely used.

The dissertation results may be used when considering planning documents of urban energy, which are related to the DH sector. The assumptions and recommendations enable the interested parties to make decisions that will allow stabilising heat prices for consumers in the long term.

The key findings were presented at Lithuanian and international scientific conferences, as well as in the scientific journals.

The structure, as well as the logical composition of the thesis, has been determined by the tasks of the research (see the scheme below). The accomplishment of the tasks is represented in three parts of the dissertation.

The first part of the dissertation consists of the analysis of the main characteristics determining the problems of the DH and their social, environmental, and economic consequences in terms of sustainable development. Particular attention is given to issues of reforms in Lithuanian DH sector. Investigation of DH as a natural monopoly in terms of economic theory and economic opportunities for their solution, such as pricing and financing schemes, is performed. Moreover, the impact of legal regulation on the use of RES is analysed, and prerequisites for the use of diversified RES technologies in DH system are presented.

The second part of the dissertation is devoted to the formation of preconditions for the concept of economic background for RES integration into DH. A theoretical study of market barriers for the wider use of RES is conducted; moreover, the significance of the external benefit for the use of RES in DH sector is theoretically based.

The third part of the dissertation evaluates possibilities of diversification of RES technologies (based on the example of solar and geothermal energy) in production and consumption sectors on the territorial aspect, i.e. on city/town level. Recommended prerequisites for diversification of RES in DH are given.

UDK 620.97 + 697.3](043.3)

SL344. 2016-08-29, 3 leidyb. apsk. 1. Tiražas 50 egz. Užsakymas 306.
Išleido Kauno technologijos universitetas, K. Donelaičio g. 73, 44249 Kaunas
Spausdino leidyklos „Technologija“ spaustuvė, Studentų g. 54, 51424 Kaunas