



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

**Šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažinimo
priemonių poveikio vertinimas**

Baigiamasis magistro projektas

Donatas Aluška

Projekto autorius

Doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė

Vadovė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažinimo priemonių poveikio vertinimas

Baigiamasis magistro projektas

Energijos technologijos ir ekonomika (6211EX073)

Donatas Aluška

Projekto autorius

Doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė

Vadovė

Lekt. dr. Aistija Vaišnorienė

Recenzentė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Donatas Aluška

Šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažinimo priemonių poveikio vertinimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Donato Aluškos, baigiamasis projektas tema „Šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažinimo priemonių poveikio vertinimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Aluška, Donatas. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažinimo priemonių poveikio vertinimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. Inga Konstantinavičiūtė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): studijų kryptis – energijos inžinerija, krypčių grupė – inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: šiltnamio efektą sukeliančios dujos, ribinių sąnaudų mažinimo kreivė, šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo priemonės.

Kaunas, 2019. 46 p.

Santrauka

Globalinis oro atšilimas ir jo keliamos gamtos anomalijos daro įtaką ne vienam milijonui žemės gyventojų gyvenimų. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų kaupimasis atmosferoje stabiliai šildo žemės paviršių. Nesiimant veiksmų šio proceso stabdymui galimas negrįžtamas neigiamas poveikis visai žemės ekosistemai. Kovoti su šia kylančia grėsme pasaulio šalys vienijasi ir bendrai imasi veiksmų, galinčių kovoti su globaliniu atšilimu. Veiksmai ir priemonės, kurių bus imamasi priimamos visuotinių susirinkimų metu politiniame lygmenyje ir šalių įgyvendinamos atskirai.

Ne visų priimamų mažinimo priemonių veiksmingumas yra vienodas. Todėl baigiamojo darbo tikslas, naudojantis laisvai prieinamu įrankiu, atlikti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažinimo priemonių poveikio vertinimą. Poveikio vertinimas apžvelgiamas įvertinant reikalingą investicijų dydį reikalingą vienam naftos tonos CO₂ ekvivalento sumažinimui.

Aluška, Donatas. Impact Assessment of Greenhouse Gas Emission Reduction Measures. Master's Final Degree Project / supervisor doc. Inga Konstantinavičiūtė; Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Study field – Engineering of Energy, study field group – Engineering Sciences.

Keywords: greenhouse gas, marginal abatement cost curve, greenhouse gas emission reduction measures.

Kaunas, 2019. 46 p.

Summary

Global warming creates nature anomalies affecting the life of millions of people around the globe. Earth temperature is constantly rising due to greenhouse gases. Without taking any actions this process will have nonreversible negative effect on Earth's ecosystem. Countries of the world unite to combat global warming. Greenhouse gas reduction measures and actions which will be taken are decided during global gatherings. During these gatherings countries' representatives make agreements and laws that are presented to world countries on which based they must institute reduction measures.

Although not all measures are equally effective. For that reason, main purpose of this work is to make impact assessment of greenhouse gas emission reduction measures using freely available tool. Impact assessment is based on €/tonne of CO_{2e} abated.

Turinys

Lentelių sąrašas	7
Paveikslų sąrašas	8
Santrumpų sąrašas	9
Įvadas.....	10
1. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų kitimo tendencijų ir įtakojančių veiksnių analizė	12
1.1. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų tendencijos pasaulyje.....	12
1.2. Kitimo tendencijos Europoje	13
1.3. Kitimo tendencijos Lietuvoje.....	15
2. Tarptautiniai klimato kaitos mažinimo susitarimai	18
3. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo priemonės.....	21
3.1. Apyvartinių taršos leidimų pardavimų sistema.....	21
3.2. Efektyvus energijos naudojimas	22
3.3. Atsinaujinančių energetikos išteklių naudojimas.....	23
4. Energijos vartojimo efektyvumas Lietuvoje	25
4.1. Daugiabučių namų atnaujinimas.....	25
4.2. Viešųjų pastatų energinio efektyvumo didinimas.....	26
5. ŠESD mažinimo priemonių poveikio vertinimo metodikos	28
5.1. ŠESD mažinimo priemonių vertinimo modelių pagrindiniai principai	28
5.2. ŠESD mažinimo priemonių vertinimo metodo parinkimo kriterijai	29
5.3. ŠESD mažinimo priemonių vertinimo metodai.....	29
5.4. ŠESD priemonių poveikio vertinimo metodo parinkimas	33
6. ŠESD mažinimo priemonių poveikio vertinimas.....	35
Išvados.....	42
Literatūros sąrašas	43

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Detalus kiekvienos šalies ŠESD kitimas, Mt CO ₂ ekv. [4].	14
2 lentelė. ŠESD išmetamo kiekio pasiskirstymas per sektorių, kt CO ₂ ekv [5].	17
3 lentelė. Aplinkos ministerijos administruojamų priemonių rezultatų suvestinė [16].	26
4 lentelė. Viešuosiuose pastatuose įgyvendintų energijos vartojimo efektyvumo didinimo politikos programų rezultatų suvestinė [16].	27
5 lentelė. Priemonių poveikio vertinimo metodai.	33
6 lentelė. Mažinimo priemonių vertinimo įvesties duomenys.	37
7 lentelė. RSMK rezultatai.	38

Paveikslų sąrašas

1 pav. CO ₂ taršos kitimo tendencijos 1990-2016 metais [3].	12
2 pav. ŠESD kitimo tendencijos 1990-2015 metais ES [4].	13
3 pav. Bendras kiekvienos šalies ŠESD kitimas, % [4].	14
4 pav. ŠESD pasiskirstymas sektoriais 1990 ir 2015 metais [4].	15
5 pav. ŠESD išmetimas ES vienam gyventojui, t CO ₂ ekv [5].	16
6 pav. ES šiltnamio efektą sukeliančių dujų tendencijos, prognozės ir mažinimo veiklos tikslai ir bendrieji [10].	20
7 pav. Energetinių klasių įsigalėjimo metai [13].	23
8 pav. CO ₂ Ribinių kaštų mažinimo kreivė.	31
9 pav. Priemonių pasiskirstymas sektoriais.	35
10 pav. Pagrindinės ŠESD mažinimo priemonės pasirinktuose sektoriuose.	36
11 pav. Ribinių kaštų kreivės, €/tCO _{2e} .	39
12 pav. Bendras sumažintas ŠESD kiekis, ktCO _{2e} .	40
13 pav. Per metus sumažintas ŠESD kiekis, ktCO _{2e} /m.	40

Santrumpų sąrašas

AEI – atsinaujinantys energijos ištekliai

ATL – apyvartinis taršos leidimas

CO – anglies monoksidas

CO₂ – anglies dioksidas

EFFECT – energetikos sistemų prognozavimo ir išmetamųjų teršalų konsensuso įrankis (ang.

EFFECT - Energy Forecasting Framework and Emissions Consensus Tool)

ES – Europos sąjunga

ES ATLPS – Europos Sąjungos apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema

JTBKKK – Jungtinių Tautų bendroji klimato kaitos konvencija

NO₂ – azoto dioksidas

RSMK – ribinių sąnaudų mažinimo kreivė

SO₂ – sieros dioksidas

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos

t CO₂ ekv. – tona naftos anglies dvideginio ekvivalento

TIM – infometrinis modelis (angl. The Informetrica Model (TIM))

ŽNPKM – žemės naudojimo, paskirties keitimo ir miškininkystės

Įvadas

Kiekvienas metais pasaulinė tarša nusinešą bent devynis milijonus gyvybių ir kainuoja trilijonus dolerių, tokia išvada prieita remiantis išsamiais visuomeniniais tyrimais atliktais pasauliniu mastu. Didžioji dalis šių mirčių nutinką skurdesnėse šalyse, tikėtina, kad kas ketvirtas miręs žmogus šiose šalyse miršta, dėl toksiškos aplinkos [1]. Didžiausia tarša pasaulyje kyla, dėl žmoniškųjų poreikių patenkinimo, pramonės, transporto plėtros, nepasvarstant kokį efektą tai turi mūsų aplinkai ir visoms gyvybėms formoms žemėje. Tarša gali būti skirstoma į kelias pagrindines rūšis: oro tarša, vandens tarša, žemės tarša, taip pat išskiriamos ir garso, šilumos, šviesos, radioaktyvių medžiagų tarša.

Oro tarša yra labiausiai išnagrinėta ir ypatingai pavojinga taršos forma. Ją sukelia įvairi žmonių veikla, naudojamas neatsinaujinantis iškastinis kuras energijai gauti, vidaus degimo varikliai transporto sektoriuje, chemijos pramonėje naudojamos medžiagos ir mūsų kasdienėje buityje naudojami daiktai, kad ir oro gaiviklis yra pavojingi, aplinką teršiančios priemonės.

Pramonėje smarkiai plačiai naudojama anglis, benzinai, dujos, dyzelis ir kitos medžiagos, kurias deginant į orą išskiriami dideli kiekiai toksinų. Juos naudojant į orą paleidžiami dideli kiekiai sieros dioksido SO_2 , anglies dioksido CO_2 , azoto dioksido NO_2 , anglies monoksido CO . Šie toksiški junginiai sukelia oro atšilimą, rūgštinius lietus. Jie taip pat turi įtakos žmonių sveikatai, nes yra laikomi vieni iš pagrindinių astmos ir plaučių vėžio sukėlėjų.

Globalus oro atšilimas yra vienas pagrindinių galvos skausmų šiandieniniams politikams ir aplinkosaugininkams. Globalų atšilimą galime apibrėžti, kaip Žemės paviršiaus vidutinės temperatūros pakilimą, kylantį dėl jau anksčiau minėtų šiltnamio efektą sukeliančių dujų. Kylanti vidutinė temperatūra įtakoja klimato kaitą. Klimato kaita yra ilgalaikis visos žemės ar regiono pakitimas. Jis gali pasireikšti temperatūros nukritimu, pakilimu, regionui nebūdingais potvyniais, sausromis ar kitomis klimato anomalijomis anksčiau nebūdingoms toms zonoms [2]. Dėl didelės taršos ir planetos negebėjimo išsivalyti nuo taršą keliančių dujų (kaip, kad medžiai filtruoja anglies dvideginį), šie pavojingi junginiai kaupiasi mūsų atmosferoje. Kuomet žemę pasiekia saulės spinduliuotė, dalis jos būna atspindima atmosferoje, kitą dalį atspindi debesys, ledynai, žemės paviršius. Likusią energiją sugeria ir sulaiko perteklinis šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) kiekis ore. Jis neleidžia daliai šilumos išgaruoti atgal į kosmosą, taip ją sulaikydamas mūsų atmosferoje. Tokiu planeta yra nuolatos šildoma ir sudaromas šiltnamio efektas.

Kovojimas su šia tarša ir jos mažinimas turėtų būti vieningas tarp visų valstybių, nes tai nėra vieną vienintelę šalį veikiantis reiškinys. Tai yra didelę svarbą turintis procesas visiems gyventojams ir ekosistemai, kurios dalimi esame mes.

Darbo naujumas ir aktualumas. Kovoiant su klimato kaita ir mažinant šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas investuojamos lėšos į įvairius ekonomikos sektorius. Didelis dėmesys skiriamas energetikos sektoriui, kuriame siekiama įgyvendinti priemones skirtas ŠESD mažinimui. Nustatomas pritaikomų priemonių naudingumas ir ekonomiškumas.

Darbo tikslas - atlikti šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo priemonių poveikio vertinimą energetikos sektoriuje.

Uždaviniai:

- Išanalizuoti ŠESD kitimą pasaulyje, Europoje ir Lietuvoje, bei atlikti kitimą įtakojančių veiksnių analizę;
- Atlikti ŠESD mažinimo priemonių energijos tiekimo ir energijos vartojimo sektoriuose analizę;
- Išanalizuoti ir pasirinkti ŠESD mažinimo priemonių poveikio vertinimo metodiką;
- Atlikti ŠESD mažinimo priemonių poveikio vertinimą taikant CO₂ ribinių kaštų mažinimo vertinimo metodą.

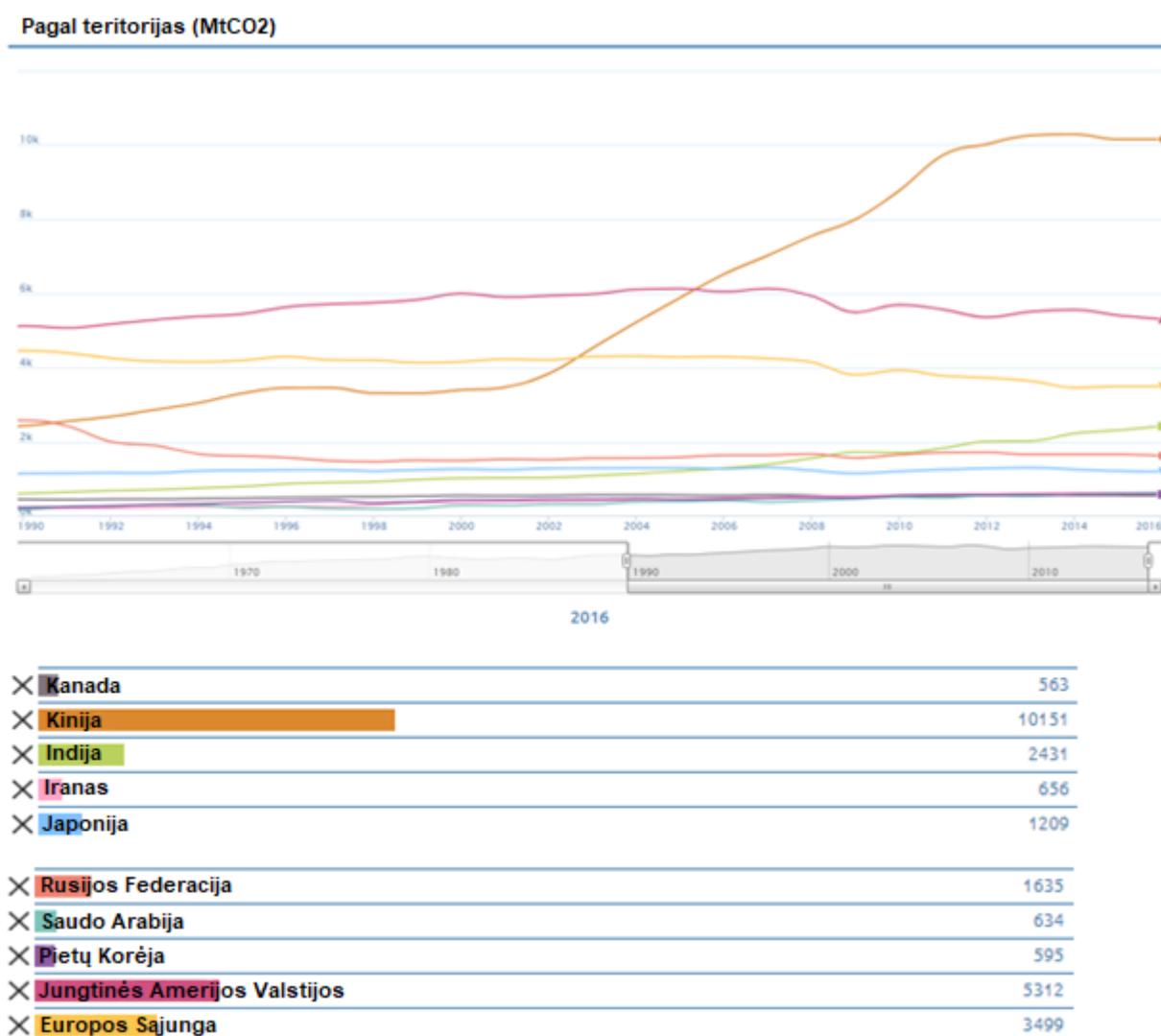
Tyrimo metodai. Atliekama lietuvių ir užsienio autorių mokslinės literatūros analizė, palyginamoji analizė, daugiakriterinis vertinimas. Pagal nusistatytus kriterijus palyginami esami priemonių vertinimo metodai. Priemonių vertinimas atliekamas esamais statistiniais duomenimis.

Magistro darbo struktūra. Magistrinis darbas susideda iš santraukos, turinio, lentelių ir paveikslų sąrašų, santrumpų, literatūros sąrašo ir pagrindinių 8 dalių: įvado, 6 dėstymo skyrių ir išvadų. Darbą sudaro: 46 puslapių, 13 paveikslų ir 7 lentelės. Naudotos literatūros sąraše yra 32 šaltiniai.

1. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų kitimo tendencijų ir įtakojančių veiksnių analizė

1.1. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų tendencijos pasaulyje

Vienas pagrindinių šiltnamio efektą sukeliančių dujų junginys yra anglies dioksidas CO₂. Remiantis „Global Carbon ATLAS“ duomenimis pasaulinė tarša anglies dvideginiu nuo 1990 metų 22 220 Mt CO₂ ekv. lygio pakilo iki 36 183 Mt CO₂ ekv. 2016-aisiais metais. Labiausiai per šį laikotarpį orą teršė Kinija. Taršos mastai prasidėjus vidinei pramonės revoliucijai pakito labiausiai lyginant su kitomis šalimis (nuo 2 440 Mt CO₂ ekv. iki 10 151 Mt CO₂ ekv.). Per 25 metų laikotarpį Kinija aplenkė, tokias šalis kaip Rusija, JAV, Vokietija, bei daugelį kitų šalių. Kinijos išmetamų teršalų kiekis sudaro beveik trečdalį viso pasaulio lygio 28,05 %. Per tą patį laikotarpį, kitose šalyse šis rodiklis išliko panašus kaip ir 1990-ųjų arba kito nežymiai (1 pav.) [3].

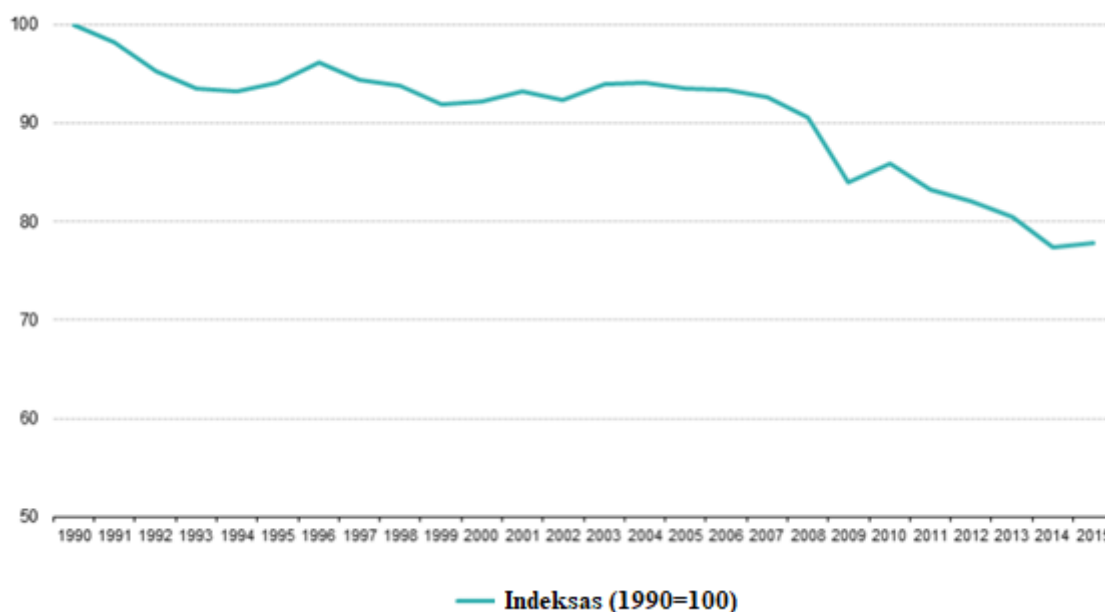


1 pav. CO₂ taršos kitimo tendencijos 1990-2016 metais [3].

1.2. Kitimo tendencijos Europoje

2015 metų ŠESD tarša Europos Sąjungoje sumažėjo 22 % lyginant su 1990 metais, tai lygu 1 265 milijonams tonų CO₂ ekvivalento. Su tokiu rodikliu EU jau pasiekė savo užsibrėžtą tikslą ŠESD sumažinti 20 % iki 2020 metų ir tikslingai eina iki 2030 metų įsipareigojimo sumažinti taršą 40 % lyginant su 1990 metų rodikliais [4].

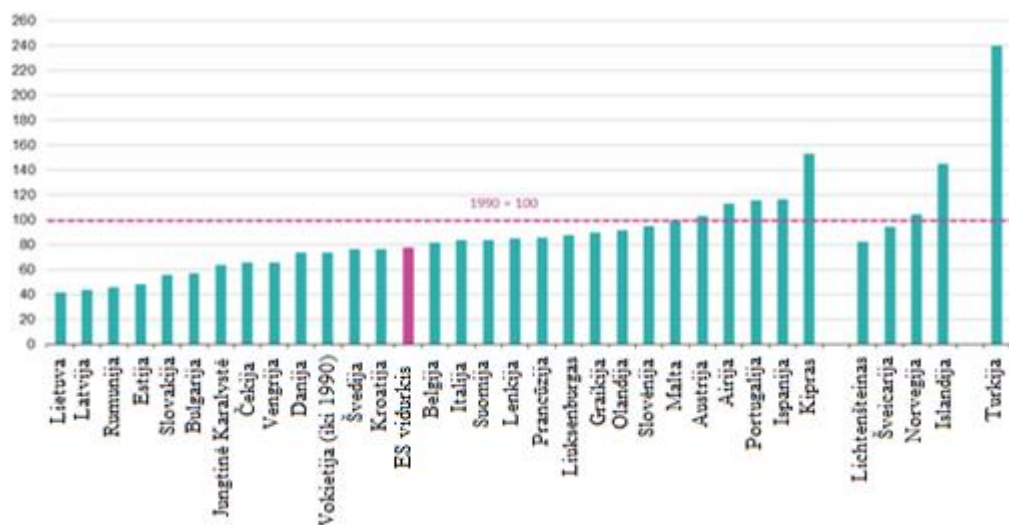
Pateikiamoje kreivėje (2 pav.) atvaizduojamas ŠESD kitimas 1990 – 2015 metais. Joje matomas tendencingas mažėjimas 1990-1999 metų periodu (išskyrus staigų padidėjimą 1996-aisiais, kai dėl šaltos žiemos išaugo šilumos gamybos poreikis). Nuo 1999 iki 2006 metų kitimo tendencijos ES išliko vienodos ir nuolatos mažėjo. Prasidėjusi finansinė ir ekonominė krizė pasaulyje smarkiai paveikė ir ŠESD išmetimą visoje Europoje, nes drastiškai sumažėjo veiklos mastai pramonėje, tai tiesiogiai paveikė ir transporto sektorių, kuris laikomas vienu iš labiausiai teršiančių aplinką. Krizės rezultatas kreivėje matomas nuo 2008-2009 metų, kai rodmenys drastiškai krenta. Kiti laikotarpiai, kai tarša buvo padidėjus buvo 2010 ir 2015 metais. Būtent 2015 metais emisija padidėjo pirmą kartą nuo 2010 metų. Lyginant su 2014 metų tarša padidėjo 0,6 % arba 28.1 milijonais tonų CO₂ ekvivalento [4].



2 pav. ŠESD kitimo tendencijos 1990-2015 metais ES [4].

Remiantis Europos Aplinkos Agentūros duomenimis 2015 metais Europos Sąjungoje didžiausia teršėja buvo Vokietija sudaranti net 21 % (926.5 milijonai tonų CO₂ ekvivalento) nuo visos bendros ES taršos, toliau Jungtinė Karalystė ir Prancūzija. Lyginant su 1990 metais didžiausias pokytis taršos mažinime matomas Baltijos šalyse: Lietuva – 58 %, Latvija – 56 %,

Estija – 55 %. Didžiausias neigiamas pokytis, t.y. padidėjimas, matomas Kipre – 44 %, Ispanijoje – 19 % ir Portugalijoje – 18 %. Grafiškai informacija pateikiama 3 pav. ir 1 lentelėje [4].

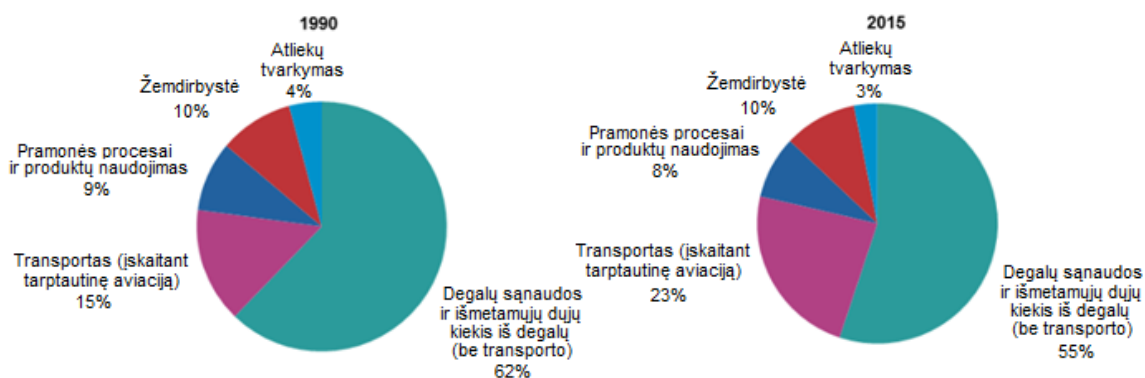


3 pav. Bendras kiekvienos šalies ŠESD kitimas, % [4].

1 lentelė. Detalus kiekvienos šalies ŠESD kitimas, Mt CO2 ekv. [4].

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	Share in EU-28*
EU-28	5 716.4	5 381.4	5 270.8	5 345.2	4 909.5	4 451.8	100.0%
Belgija	148.8	157.3	154.2	148.7	136.6	121.6	2.7%
Bulgarija	104.4	75.3	59.6	64.3	60.8	62.0	1.4%
Čekija	198.5	157.6	150.0	148.6	140.6	128.8	2.9%
Danija	72.1	80.1	73.1	68.9	65.6	51.0	1.1%
Vokietija	1 263.0	1 135.7	1 062.2	1 014.9	966.0	926.5	20.8%
Estija	40.5	20.3	17.4	19.3	21.3	18.1	0.4%
Arija	57.2	60.9	70.9	72.5	64.0	62.4	1.4%
Graikija	105.6	111.8	128.9	138.9	120.9	98.6	2.2%
Ispanija	293.4	335.2	395.8	451.6	369.6	350.4	7.9%
Prancūzija	555.8	554.6	566.4	569.1	527.7	474.6	10.7%
Kroatija	31.7	22.6	25.5	29.6	27.6	23.9	0.5%
Italija	524.1	536.8	560.9	588.3	514.1	442.8	9.9%
Kipras	6.4	7.9	9.2	10.2	10.4	9.2	0.2%
Latvija	26.4	12.8	10.4	11.5	12.6	11.6	0.3%
Lietuva	48.4	22.4	19.7	23.2	20.9	20.3	0.5%
Liuksemburgas	13.1	10.6	10.6	14.3	13.5	11.7	0.3%
Vengrija	94.4	76.0	74.2	76.6	66.1	61.6	1.4%
Malta	2.6	2.9	3.0	3.3	3.3	2.6	0.1%
Olandija	226.1	239.2	229.7	225.4	224.5	206.7	4.6%
Austrija	79.7	81.2	82.2	94.6	87.1	81.0	1.8%
Lenkija	468.5	439.7	391.4	399.8	408.4	387.7	8.7%
Portugalija	61.1	71.7	84.5	88.6	72.1	72.1	1.6%
Rumunija	247.1	181.7	140.6	146.8	121.4	117.8	2.6%
Slovėnija	18.6	18.8	19.2	20.6	19.7	16.9	0.4%
Slovakija	74.5	54.5	49.9	51.5	46.7	41.4	0.9%
Suomija	72.3	72.7	71.1	70.9	77.3	57.5	1.3%
Švedija	73.0	75.2	70.7	68.8	66.7	55.9	1.3%
Jungtinė Karalystė	809.1	765.8	739.8	724.5	643.9	536.9	12.1%
Arija	3.8	3.5	4.3	4.3	5.0	5.2	
Lichtenšteinas	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	
Norvegija	52.4	51.8	55.6	56.1	56.5	55.4	
Šveicarija	56.9	56.2	57.3	58.5	58.8	53.1	
Turkija	214.5	247.4	298.1	340.5	412.7	486.2	

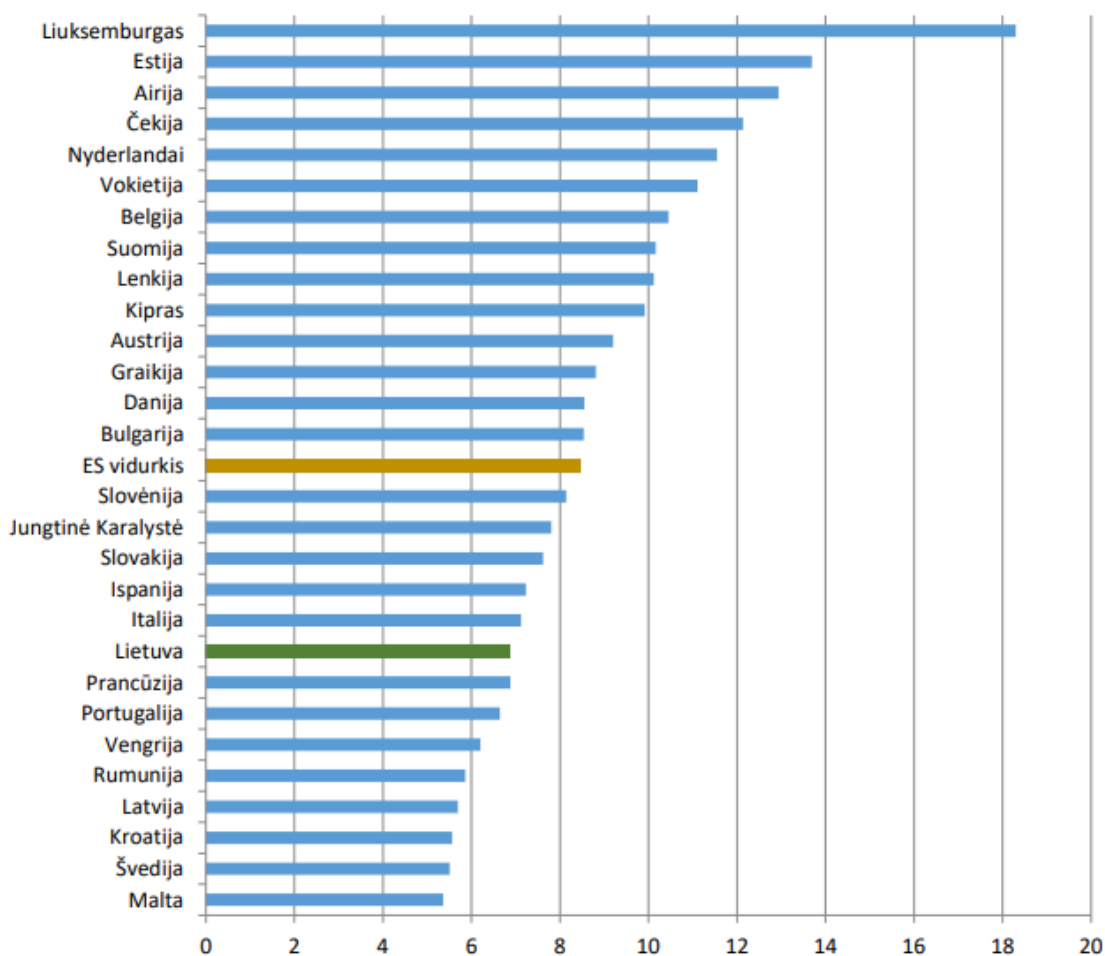
Žvelgiant atskirai į sektorius, kur tarša didžiausia, tai kuro deginimas (pvz. elektrai, šilumai gaminti) lemia 55 %, nuo bendro ES ŠESD kiekio 2015 metais. Transporto sektoriuje, tarša nesumažėjo, bet ženkliai išaugo, net 8 %. Likusią dalį sudaro pramoninė, žemės ūkio veikla ir atliekų tvarkymas. Detaliau informacija pateikiama 4 pav. [4].



4 pav. ŠESD pasiskirstymas sektoriais 1990 ir 2015 metais [4].

1.3. Kitimo tendencijos Lietuvoje

1.2. skyriuje aprašyta, jog 2015 metais buvo išmesta 20,3 Mt CO₂ ekv. ŠESD. Tai sudarė 0,47% visoje ES išmesto ŠESD kiekio. Lietuvoje ŠESD išmetimas vienam gyventojui 2015 metais siekė 6,88 t CO₂ ekvivalento. Šis rodiklis pašalina skirtumus tarp didelių ir mažų valstybių ir parodo, kiek vidutiniškai ŠESD tenka vienam šalies gyventojui. Pagal šį rodiklį Lietuva taip pat yra antroje ES valstybių sąrašo pusėje, žemiau ES vidurkio, kuris 2015 metais buvo 8,47 t CO₂ ekv. Šiame sąrašo Vokietija, kurioje itin išplėtota pramonė, yra gana aukštai (11,1 t CO₂ ekv.), tačiau, pavyzdžiui, Prancūzija, kuri yra antra pagal gyventojų skaičių ir trečia pagal išmetamų ŠESD kiekį ES, yra žemiau nei Lietuva (6,87 t CO₂ ekv.) [5]. Grafiškai informacija pateikiama 5 pav. .



5 pav. ŠESD išmetimas ES vienam gyventojui, t CO2 ekv [5].

Energetikos sektorius Lietuvoje yra didžiausią taršos šaltinis. Į šį sektorių įeina visas kuro deginimas. Remiantis Aplinkos ministerijos kartu su Aplinkos apsaugos agentūros ir Valstybinės miškų tarnybos parengta Nacionaline išmetamųjų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio apskaitos ataskaitoje pateikiamų 2015 metų duomenų, matomas taršos didėjimas. 2014 metais ŠESD išmesta maždaug 1 % mažiau, nei 2015 metais. Daugiausia ŠESD išmetė energetikos sektorius, kuris sudarė 55 % viso išmesto kiekio. Pagrindinis šio sektoriaus teršalų šaltinis buvo transportas – 46 %. Antras pagal išmestų šiltnamio dujų kiekį sektorius – žemės ūkis, 23 % viso išmesto kiekio. Palyginti su 2014 metais, labiausiai išaugo išmetamųjų ŠESD kiekis transporte – daugiau kaip 5 % , žemės ūkyje – 3 % . Žemės ūkyje ypač padidėjo tarša iš žemės ūkio dirvožemių dėl ariamos žemės ir sintetinių trąšų naudojimo nuo 47 % 2014 metais iki 53 % 2015 metais nuo žemės ūkyje išmesto kiekio [6]. ŠESD išmetamo kiekio kitimas per visą laikotarpį nuo 1990 – 2015 metų pateikiamas 2 lentelėje, kurioje viskas išreikšta kilo tonomis CO₂ ekvivalento. Kartu pateikiami kitimai įskaitant ir neįskaitant žemės naudojimo, paskirties keitimo ir miškininkystės (ŽNPKM) sektorių.

2 lentelė. ŠESD išmetamo kiekio pasiskirstymas per sektorių, kt CO2 ekv [5].

Metai	Energetika	Pramonė ir pramonės produktų naudojimas	Žemės ūkis	ŽNPKM	Atliekos	Iš viso (su ŽNPKM)	Iš viso (be ŽNPKM)
1990	33.107,7	4.502,7	8.853,5	-3.511,9	1.576,7	44.528,7	48.040,6
1995	14.062,4	2.243,1	4.442,4	-3.795,3	1.578,3	18.530,8	22.326,1
2000	10.808,2	3.094,4	4.157,0	-9.820,5	1.540,8	9.779,8	19.600,3
2005	13.042,0	4.108,6	4.420,5	-6.328,3	1.496,7	16.739,6	23.067,8
2010	12.874,7	2.239,2	4.329,2	-9.901,1	1.339,4	10.881,3	20.782,5
2011	12.029,0	3.719,5	4.345,4	-10.228,0	1.250,6	11.116,6	21.344,6
2012	12.071,3	3.565,4	4.379,5	-9.217,1	1.211,7	12.010,8	21.228,0
2013	11.419,7	3.000,4	4.357,3	-8.504,5	1.170,6	11.443,6	19.948,1
2014	11.049,6	3.176,9	4.529,7	-7.332,0	1.113,0	12.537,1	19.869,1
2015	11.057,1	3.396,6	4.600,3	-6.705,0	1.042,2	13.391,2	20.096,2
2015/1990, %	-66,6	-24,6	-48,0	90,9	-33,9	-69,9	-58,2

Remiantis analizuotais duomenimis, matoma, kad Lietuvoje yra sistemingai mažinamas ŠESD išmetimas. Vystosi supratimas apie taršos sukeltas pasekmes, todėl vis daugiau žmonių sistemingai prisideda prie jos mažinimo.

2. Tarptautiniai klimato kaitos mažinimo susitarimai

Klimato kaitos problema negali būti sprendžiama pavienių šalių ar regionų pastangomis. ES tai pripažįsta. ES ir jos valstybės narės išmeta tik apie 12 % pasauliniu mastu išmetamo ŠESD kiekio, todėl jos atliko pagrindinį vaidmenį derantis dėl tarptautinių klimato kaitos susitarimų pagal Jungtinių Tautų bendrąją klimato kaitos konvenciją (JTBBKKK), kuria remiantis buvo susitarta dėl Kioto protokolo ir Paryžiaus susitarimo [7].

Kioto protokolas buvo priimtas 1997 metais ir įsigaliojo 2005 metais. Protokole 37 šalims ir ES nustatytas tikslas 2008–2012 metų laikotarpyje sumažinti išmetamą ŠESD kiekį 5 %, lyginant su 1990 metų duomenimis. ES įsipareigojo savo išmetamųjų teršalų dalį vietoj 5 % sumažinti 8%. Pagal Dohoje iš dalies pakeistą Kioto protokolą ES ir jos valstybės narės įsipareigojo iki 2020 metų 20 %, palyginti su 1990 metų lygiais, sumažinti savo išmetamą ŠESD kiekį [8].

Priimant Paryžiaus susitarimą vyriausybės sutarė siekti, kad vidutinės pasaulio temperatūros padidėjimas, palyginti su iki pramoninio laikotarpio lygiu, būtų gerokai mažesnis nei 2 °C ir dėti visas pastangas, kad jis neviršytų 1,5 °C. Paryžiaus susitarimą pasirašiusios šalys, įskaitant ES ir kiekvieną valstybę narę, pateikė išsamią informaciją apie tai, kokiomis priemonėmis jos sieks šio tikslo. Pagal JTBBKKK šių priemonių nepakaks siekiant užtikrinti, kad pasaulinė temperatūra didėtų ne daugiau kaip 2 °C. Todėl pasirašiusios šalys sutarė susitikti kas penkerius metus, kad praneštų viena kitai apie padarytą pažangą ir, atsižvelgdamos į mokslinius reikalavimus, nustatytų platesnio užmojo tikslus. Pripažindamos neigiamą klimato kaitos poveikį, pasirašiusios šalys į Paryžiaus susitarimą taip pat įtraukė nuostatas dėl prisitaikymo prie klimato kaitos [9].

Paryžiaus susitarimas atspindi pasaulinį įsipareigojimą švelninti klimato kaitą: susitarimą 2015 metais pasirašė 195 valstybės, t. y. visos JTBBKKK narės, išskyrus Nikaragvą ir Siriją. Pasirašiusios valstybės išmeta 99,75 % viso pasaulio teršalų kiekio.

Visame pasaulyje išmetamo teršalų kiekio Jungtinės Amerikos Valstijos išmeta 18 %, todėl jos yra antras pagal dydį teršalų skleidėjas po Kinijos (20 %). 2017 metų birželio mėnesį Jungtinių Amerikos Valstijų prezidentas paskelbė, kad jo šalis pasitraukia iš Paryžiaus susitarimo. Likusios 147 šalys, kurios ratifikavo šį susitarimą iki 2017 metų birželio mėnesį, išmeta 66 % visame pasaulyje išmetamų teršalų, o tai viršija 55 % minimalią ribą, kuri būtina tam, kad įsigaliotų susitarimas.

Siekiant įgyvendinti savo įsipareigojimus pagal Kioto protokolą ir Paryžiaus susitarimą, ES nustatė įvairius tikslus, kuriais tikimasi sušvelninti klimato kaitą. Šie tikslai yra susiję su tiesioginiu, kiekybiškai išreikštu šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažinimu, taip pat apima

konkrečius tikslus, susijusius su atsinaujinančiosios energijos gamyba ir didesniu energijos vartojimo efektyvumu.

Iki 2020 metų:

- išmetamųjų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį sumažinti 20 % (lyginant su 1990 metų lygiais);
- pasiekti, kad atsinaujinančioji energija sudarytų 20 % galutinio energijos suvartojimo;
- orientacinis tikslas padidinti energijos vartojimo efektyvumą 20 % atsižvelgiant į būsimo energijos suvartojimo prognozes.

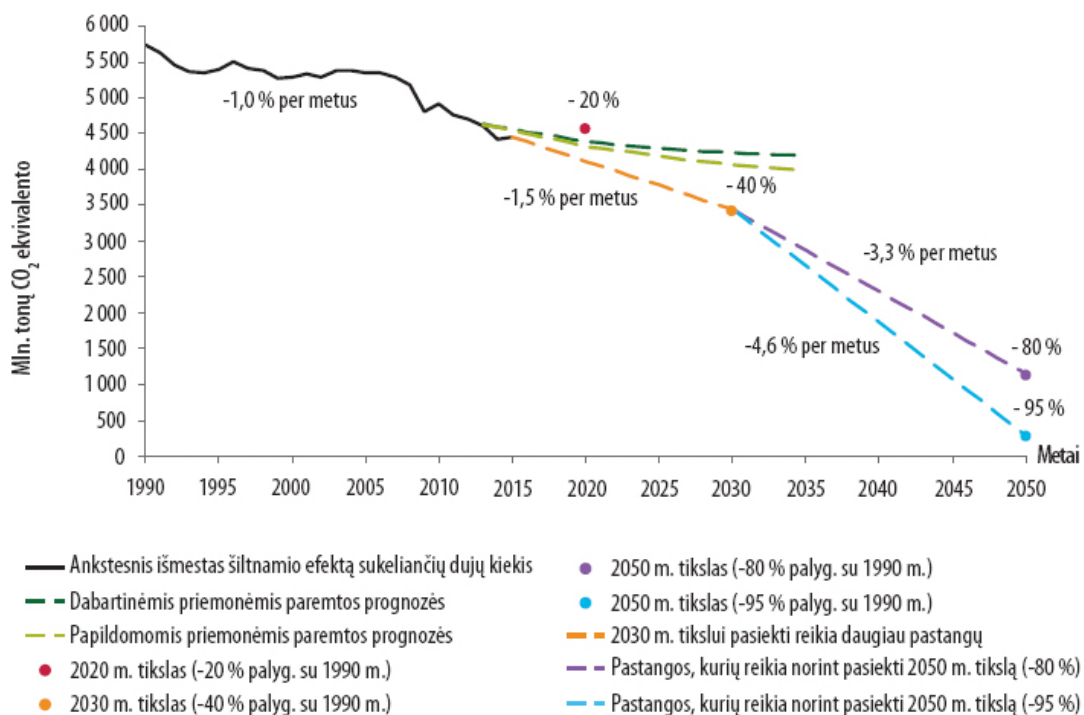
Iki 2030 metų:

- išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį sumažinti bent 40 % (lyginant su 1990 metų lygiais);
- pasiekti, kad atsinaujinančioji energija sudarytų bent 27 % galutinio energijos suvartojimo, ES lygmeniu – privalomai;
- orientacinis tikslas padidinti energijos vartojimo efektyvumą bent 27 % atsižvelgiant į būsimo energijos suvartojimo prognozes, kuris 2020 metų bus peržiūrėtas turint omenyje 30 % ES tikslą.

Iki 2050 metų:

- ES ketina 80–95 % sumažinti išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, palyginti su 1990 metų lygiais.

Numatyti tikslai, dabartinis ir prognozuojamas jų įgyvendinimas atvaizduotas 6 pav. .



6 pav. ES šiltnamio efektą sukeliančių dujų tendencijos, prognozės ir mažinimo veiklos tikslai ir bendrieji [10].

Priėmus Paryžiaus susitarimą ir Kioto protokolą, prieita prie bendrų viso pasaulio šalių tikslų išsikėlimo, siekiant sumažinti ŠESD išmetimą į aplinką.

3. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo priemonės

3.1. Apyvartinių taršos leidimų pardavimų sistema

ES apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema (ES ATLPS) (angl. k. EU emissions trading system) yra Europos Sąjungos politikos, kuria siekiama kovoti su klimato kaita, pagrindinė priemonė, mažinanti į atmosferą išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) kiekį. ES apyvartinių taršos leidimų sistema šiuo metu veikia visose 28 ES valstybėse narėse, taip pat Islandijoje, Norvegijoje ir Lichtenšteine. Pradėjusi veikti 2005 metais ir šiuo metu apimanti daugiau nei 11 000 ŠESD išmetančių įrenginių, ji yra pirmoji ir vis dar didžiausia tokia sistema pasaulyje. (Be ES ATLPS pasaulyje veikia ir Šveicarijos, Australijos, Naujosios Zelandijos, Kinijos, Kazachstano, regioninės Kanados, regioninės JAV, formuojasi kitos ŠESD emisijų prekybos sistemos) [11].

ES ATLPS taikoma ne visoms ūkio veiklos sritims, dėl kurių į atmosferą išmetamos ŠESD. Ši sistema taikoma kurą deginantiems įrenginiams, kurių įrengtasis galingumas viršija 20 MW (katilinės ir elektrinės, cemento ir kalkių, naftos perdirbimo, keramikos, stiklo, medienos ir popieriaus, plytų ir čerpių, akmens vatos gamybos sektorių įrenginiai). Veiklos vykdytojams, valdantiems įrenginius, kuriems taikoma ES ATLPS, kiekvienais metais nemokamai išduodamas apskaičiuotas tam tikras jiems skirtinas apyvartinių taršos leidimų (ATL) kiekis. Yra nustatyta, kad praėjus kiekvieniems kalendoriniams metams, šie veiklos vykdytojai turi atsiskaityti (grąžinti) už praėjusius kalendorinius metus tokį kiekį ATL, kokie buvo jų faktiniai tų metų ŠESD išmetimai – 1 ATL už 1 toną CO₂ ekvivalento [11].

ES ATLPS skatina joje dalyvaujančius veiklos vykdytojus mažinti į atmosferą išmetamųjų ŠESD kiekį. Mažinimo priemonės ar jų kombinacija yra pasirenkamos laisvai: iškastinio kuro naudojimo pakeitimas atsinaujinančiais energijos šaltiniais (taip pat ir biokuru), išmetamų į atmosferą teršalų surinkimas ir geologinis saugojimas, produkcijos mažinimas, veiklos proceso ir energijos vartojimo efektyvumo didinimas produkcijos vienetui ir bet kokie kiti veiklos vykdytojui prieinami veiksmai. Kiekvienas veiklos vykdytojas savarankiškai sprendžia, koku mastu įgyvendinti aplinkosauginės priemonės, ir kiek pirkti trūkstamų ATL, tokiu būdu netiesiogiai remiant tokių priemonių įgyvendinimą kitose ES ATLPS dalyvaujančiose įmonėse. Sprendimą diegti ŠESD mažinimo priemones dažniausiai sąlygoja ATL rinkoje kaina, o sistemos lankstumas užtikrina, kad emisijos būtų mažinamos būtent ten ir tokiais metodais, kur šis mažinimas reikalauja mažiausiai sąnaudų. Tokiu būdu norimas globalus aplinkosauginis rezultatas yra užtikrinamas su kiek įmanoma mažesniais ekonominiais kaštais [11].

3.2. Efektyvus energijos naudojimas

Efektyvus energijos naudojimas yra vienas iš ES siekių. Šios sąvokos reikšmė yra panaudoti kuo mažiau energetinių išteklių ir iš jų išgauti, tokį patį arba geresnį rezultatą. Efektyvumo stoka labai jaučiama pastatų energetiniame efektyvume, ypač kalbant apie senus daugiabučius namus. Per jų nesandarias sienas, mažą šiluminį efektyvumą turinčias medžiagas, nepakankamą izoliaciją, patiriami dideli šiluminiai nuostoliai. Dėl šių priežasčių, reikia sunaudoti daugiau energetinių išteklių siekiant išlaikyti pastovią temperatūrą šildymo sezono metu. Siekiant efektyviau panaudoti turimus resursus Lietuvoje buvo pradėta vykdyti namų renovacijos programa. Naujai statomiems gyvenamiesiems namams, bei kitos paskirties pastatams įvertinti ir jų efektyvumą nustatyti buvo įvesta energetinės klasės sistema, naudojama visoje Europoje.

Direktyvoje 2012/27/ES nurodyti energijos vartojimo efektyvumo didinimo statybos sektoriuje tikslai laikotarpiui iki 2020 metų [12]:

- iki 2020 metų 20% sumažinti energijos sunaudojimą;
- nuo 2018 metų visuomeniniai pastatai, o nuo 2020 metų visi nauji pastatai turi būti beveik nulinės energijos pastatai.

Europos šalių pastatuose sunaudojama apie 40 % visos išgaunamos arba importuojamos energijos, trečdalis šio kiekio – pramoninės, komercinės bei visuomeninės paskirties pastatuose (biuruose, mokyklose, ligoninėse, viešbučiuose, kt.), likusi dalis tenka gyvenamiesiems namams. Tai parodo didelį energijos sąnaudų mažinimo potencialą [13].

Šiuo metu pagrindinis efektyvaus energijos vartojimo pastatuose gaires visoje Europos Sąjungoje laikotarpiui iki 2020 metų apibrėžiantis teisės aktas yra Europos Parlamento ir Europos Sąjungos Tarybos Direktyva 2012/27/ES 2012 metų spalio 25 dienos dėl energijos vartojimo efektyvumo. Su šia direktyva iš dalies buvo keičiamos direktyvos 2009/125/EB nustatanti ekologinio projektavimo reikalavimų su energija susisijusiems gaminiams nustatymo sistemą [14] ir 2010/30/ES dėl su energija susijusių gaminių suvartojamos energijos ir kitų išteklių nurodymo ženklinant gaminį ir apie jį pateikiant standartinę informaciją [15]. Išleidus direktyvą 2012/27/ES buvo panaikintos direktyvos 2006/32/EB dėl energijos galutinio vartojimo efektyvumo ir energinių paslaugų ir direktyva 2004/8/EB dėl termofikacijos skatinimo, remiantis naudingosios šilumos paklausa vidaus energetikos rinkoje. Taip pat tiesiogiai susijusi Europos Parlamento ir Europos Sąjungos Tarybos Direktyva 2009/28/EB 2009 metų balandžio 23 dienos dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją [16].

Pastatų energinis naudingumas pagal Lietuvos teisės aktus vertinamas energinėmis klasėmis, kurios pastatams suteikiamos energinio sertifikavimo metu. B, A ir A+ klasės pastatai priskiriami mažai energijos naudojančių pastatų kategorijai, o A++ klasės pastatai vadinami beveik nulinės energijos pastatais, kurie atitinka nuo 2020 metų pastatams keliamus reikalavimus. Energijos klasių klasifikavimas matomas 7 pav. .



7 pav. Energetinių klasių įsigalėjimo metai [13].

3.3. Atsinaujinančių energetikos išteklių naudojimas

Siekiant pasiekti užsibrėžtus ES tikslus energetiniame sektoriuje, didelis dėmesys yra skiriamas atsinaujinantiems energijos ištekliams. Išsikeltų tikslų įgyvendinimui ES sukūrė schemas, kuriomis naudojantis valstybės gali gerinti savo rodiklius. Šios schemas yra svarbi paramos dalis, būtina norint AEI padaryti konkurencingas rinkoje. Sukurtos schemas negali būti naudojamos neribotą laiką, nes turėtų didelį neigiamą konkurencingą poveikį, kitiems energijos šaltiniams ir pačiai energetikos rinkos. ES bendri patarimai kaip naudotis sukurtais schemas ir jas pritaikyti savoms rinkoms [17]:

- Finansinė parama atsinaujinantiems šaltiniams turėtų būti ribota ir tik tokia, kad AEI taptų konkurencingi rinkoje;
- Paramos schemas turėtų būti lanksčios ir gebančios reaguoti ir krentančius gamybos kaštus. Tobulėjant technologijoms, paramos schemas turėtų pamažu būti šalinamos iki visiško jų panaikinimo;
- Reikia vengti neplanuotų ir staigių pakeitimų šioms paramos schemoms, nes toks nepastovumas gali sumažinti investuotojų pasitikėjimą ir ateities investicijas;
- ES šalys bendradarbiaudamos tarpusavyje turėtų pasinaudoti AEI potencialu kitose šalyse, taip didinant investuotojų pasitikėjimą ir mažinant vartotojų išlaidas.

Europos Komisijos numatytose gairėse kaip kurti atsinaujinančius šaltinius remiančias schemas rašoma apie pagrindinius punktus, kuriuos įgyvendinant būtų plėtojama AEI rinkos dalis ir jos įtraukimas. Dalis aspektų, kuriais naudojantis galima mėginti didinti AEI populiarumą [18]:

- **Finansinė parama.** Vartotojams kompensuojama dalis investuotos sumos į atsinaujinančius šaltinius (pvz. saulės elektrinė ant gyvenamo namo stogo);
- **Superkama AEI pagaminta energija.** Superkama į tinklą tiekiamą elektros energija už ją mokant nustatytą kainą, taip pagerinant AEI atsiperkamumo laikotarpį.
- **Konkurencingumo skatinimas.** Sukuriama gerai funkcionuojanti aukcionų sistema, kurioje AEI pagaminta energija būtų pardavinėjama kartu su kitų išteklių tiekiamą energija.

Į šiltėjantį klimatą yra žiūrima su dideliu atsakingumu, todėl siekiant sumažinti ŠESD išmetimą yra kuriamos įvairios sistemos, galinčios ženkliai prisidėti prie šio tikslo siekimo.

4. Energijos vartojimo efektyvumas Lietuvoje

Siekiant užtikrinti sklandų, anksčiau aptartų, nustatytų normatyvų įvykdymą Lietuvos respublikos energetikos ministerija nustatytam laikotarpiui parengia energijos vartojimo efektyvumo didinimo veiksmų planą. Veiksmų planas sudaromas remiantis Lietuvos statistikos departamento, valstybės institucijų, įgyvendinančių ar planuojančių įgyvendinti energijos vartojimo efektyvumo didinimo politikos priemones, kitų institucijų pateiktus duomenis. Šiuo planu numatomos politinės priemonės, kuriomis bus didinamas vartojimo efektyvumas. Tokioms priskiriama: [19]

- Mokesčiai ir akcizai degalams;
- Daugiabučių namų atnaujinimas;
- Viešųjų pastatų energinio efektyvumo didinimas;
- Energijos vartojimo auditai pramonės įmonėse;
- Susitarimai su energijos tiekėjais dėl vartotojų švietimo ir konsultavimo;
- Susitarimai su energetikos įmonėmis dėl energijos taupymo;
- Katilų keitimas namų ūkiuose.

Remiantis 2012 metais Lietuvos Respublikos Seimo patvirtinta nacionaline energetikos nepriklausomybės strategija, numatyta iki 2020 metų pasiekti apie 740 tūkst. tonų naftos ekvivalento galutinės energijos sutaupymą, kasmet efektyvumą didinant 1,5 % .

4.1. Daugiabučių namų atnaujinimas

Seni daugiabučiai statyti iki 1993 metų yra vieni neekonomiškiausių gyvenamųjų pastatų, kurių energetinė klasė yra žemiausia – G. Tokiuose namuose šiluminės energijos sąnaudos yra apie 5 000 GWh per metus. Tokių namų ekonomiškesniam gerinti 2004 metais buvo patvirtintas Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas Nr. 1213 dėl daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) programa. Programos tikslas, palyginant su 2005 metais iki 2020 metų sumažinti ne mažiau kaip 20 procentų skaičiuojamųjų metinių šiluminių energijos sąnaudų, t.y. 1 000 GWh per metus, o ŠESD išmetimą į atmosferą mažinti ne mažiau kaip 230 tūkst. tonų per metus. [19]

Daugiabučių renovavimo programai keliami du uždaviniai tikslų pasiekimui:

1. Užtikrinti keliamus reikalavimus daugiabučių namų atnaujinime atitinkančių projektų finansavimą bei įgyvendinimą. Teikti įstatymų numatytą valstybės paramą patalpų savininkams, teikti lengvatinius kreditus, skatinti savininkų iniciatyvą imtis įgyvendinti energiją taupančių priemonių.

- Šviesti ir mokyti visuomenę apie pastatų energetinį naudingumą, jo didinimą, namų modernizavimo ir energijos taupymo klausimais, plėtoti visuomenės informavimą.

Daugiabučių renovavimo programos įgyvendinimo programą koordinuoja Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. 3 lentelėje pateikiami Aplinkos ministerijoje duomenys apie 2014-2016 metų laikotarpiu įgyvendintų priemonių rezultatus. Gyvenamųjų namų energetinio efektyvumo gerinimo priemonių gyvavimo laikotarpis yra 25 metai. Įgyvendinant šias priemones, bendras sutaupyta energijos kiekis, skaičiuojant suminiu metodu iki 2020 metų yra 2198,7 GWh.

3 lentelė. Aplinkos ministerijos administruojamų priemonių rezultatų suvestinė [19].

Programos/Priemonės pavadinimas	Energijos sutaupymai, GWh		
	2014	2015	2016
Daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo programa)	25,26	138,02	208,07
Daugiabučių namų atnaujinimas pirmiausia didinant jų energijos vartojimo efektyvumą	12,31	6,44	5,65*
Energijos sutaupymai, viso:	37,6	144,5	213,7

*Preliminarūs duomenys

4.2. Viešųjų pastatų energinio efektyvumo didinimas

Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2014 metais priimtu nutarimu Nr. 1328 buvo patvirtinta viešųjų pastatų energinio efektyvumo didinimo programa. Šia programa siekiama, kasmet renovuoti bent 3 % valstybei nuosavybės teise priklausančių ir naudojamų pastatų. Lietuvos Respublikos Vyriausybė nustatė du tikslus:

- Iki 2020 metų atnaujinti Valstybei nuosavybės teise priklausančių viešųjų pastatų ploto 470 tūkst. kvadratinį metrų; Savivaldybėms nuosavybės teise priklausančių viešųjų pastatų ploto 230 tūkst. kvadratinį metrų. Iš viso iki 2020 metų planuojama atnaujinti 700 tūkst. kvadratinį metrų viešųjų pastatų ploto.
- Atnaujintuose viešuosiuose pastatuose iki 2020 metų sutaupyti 60 GWh metinės pirminės energijos.

Pagrindinis reikalavimas, kuris yra keliamas su šia pastatų renovavimo programa, po atliktų atnaujinimo darbų pastatų energetinė naudingumo klasė privalo būti ne mažesnė nei C. Pastatų energetinio efektyvumo atnaujinimo programos rezultatų duomenys, laikotarpiu tarp 2014 – 2016

metų, pateikiami 4 lentelėje. Viešųjų pastatų atnaujinimo priemonių gyvavimo laikotarpis yra toks pat kaip ir daugiabučių namų atnaujinimo priemonių gyvavimo laikas 25 metai. Įgyvendinant šias priemones, bendras sutaupyta energijos kiekis, skaičiuojant suminiu metodu iki 2020 metų yra 938,3 GWh.[19]

4 lentelė. *Viešuosiuose pastatuose įgyvendintų energijos vartojimo efektyvumo didinimo politikos programų rezultatų suvestinė [19].*

Programos/Priemonės pavadinimas	Energijos sutaupymas, GWh		
	2014	2015	2016
Viešųjų pastatų energinio efektyvumo didinimo programa / antras uždavinys – Savivaldybės viešieji pastatai	-	-	-
Švietimo įstaigų pastatų atnaujinimas (modernizavimas), sumažinant energijos suvartojimo sąnaudas	-	6,63	9,33
Visuomeninių ir gyvenamosios paskirties pastatų atnaujinimas (modernizavimas), sumažinant energijos suvartojimo sąnaudas	-	0,12	0,14
Aukštųjų mokyklų ir profesinio mokymo įstaigų bendrabučių atnaujinimo (modernizavimo) programa	-	-	162,04
Viešosios paskirties pastatų renovavimas nacionaliniu ir regioniniu lygiu	4,73	1,19	-
Energijos sutaupymai, viso:	4,73	7,94	171,5

5. ŠESD mažinimo priemonių poveikio vertinimo metodikos

Aprašytos kitimo tendencijos nėra nenuspėjamas, atsitiktinis dalykas. Kiekvienas priimamas sprendimas ar veiksmas turi savo atoveiksmį, todėl kitimo tendencijas galima numatyti atliekant įvairaus pobūdžio priemonių vertinimo analizes. Jose įvertinant, kokį efektą gali turėti nauji ekonominiai reguliavimai, tarptautiniai susitarimai, kiekvienos atskiros šalies, miesto ar gyventojų požiūris į aplinkosaugą. Kadangi numatyti visų galimų variantų neįmanoma ir bet kokie priemonių vertinimo metodai negali būti šimtaprocentinio tikslumo, siekiant geriausio rezultato priemonės vertinimo modelis turi būti parinktas ir pritaikomas analizuojamai situacijai ir siekiamam rezultatui gauti.

5.1. ŠESD mažinimo priemonių vertinimo modelių pagrindiniai principai

Šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo priemonių naudingumas skaičiuojamas naudojantis energetinio efektyvumo modeliais. Šie modeliai yra sukurti taip, kad galėtų įvertinti įvairių politinių sprendinių nukreiptų į efektyvų energijos naudojimą, poveikį ŠESD kiekiui. Daugumos šių metodų struktūra svyruoja nuo detalių „iš apačios į viršų“ modelių, nagrinėjančių platų inžinerinį, ekonominį spektrą skirtingų technologijų įvairiuose šalies sektoriuose, iki modelių tipo „iš viršaus į apačią“, nagrinėjančių bendrai visą ekonomiką, remiantis praeities duomenimis iš daugybės įvairių sektorių. Hibridiniai modeliai, kurie apjungia geriausius aspektus abiejų „iš apačios į viršų“ ir „iš viršaus į apačią“ modelių, daugelio ekspertų yra laikomi optimaliausiais vertinimo modeliais [20].

Esminė modelio „iš apačios į viršų“ savybė, tai, kad šiuo modeliu galima įvertinti individualius sistemos vienetų ir gautą informaciją susisteminti matyti bendrąsias atskirų vienetų savybes. Pavyzdžiui, pritaikant šį modelį paaugliams ir jų gaiviųjų gėrimų suvartojimo kiekiui, būtų vertinama kiekvieno individualaus paauglio suvartojimas, o tada surinkta informacija būtų suvedama į vieną visumą, taip išanalizuojant bendrą grupės suvartojimą.

Priešingai, nei ankstesniame, modelyje „iš viršaus į apačią“ pradedama nagrinėti informaciją nuo jos visumos ir tada bandoma išskirti tą visumą sudarančių vienetų ypatybes. Pavyzdžiui naudojant tą patį palyginimą, kaip ankščiau, nagrinėjant paauglių gaiviojo gėrimo suvartojamo kiekį, pirmiausia būtų įvertinama grupės suvartotas kiekis, o tik tada paskirstytas tarp individualių paauglių.

Dauguma programų ir skaičiavimų, naudojamų priemonių vertinimui atlikti, remiasi būtent šiais dviem baziniais modeliavimo principais. Kuriais būna išskiriamos atskiros grupės, sektoriai

ir ieškoma tam tikro ryšio tarp atskirų tiriamų vienetų ar informacijos apie bendrą visumą, bei kokią įtaką jiems turi vieni ar kiti veiksmi.

5.2. ŠESD mažinimo priemonių vertinimo metodo parinkimo kriterijai

Skirtingi vertinimo įrankiai, taikomi arba konkrečioms projektams arba regionų ir šalies mastu, atsižvelgiant į įvairius teisinius reikalavimus ir pasirenkant metodiką, kuria remiantis bus atliekami skaičiavimai. Galima, taip pat, taikyti universalius metodus, įrankius esant skirtingoms analizuojamoms situacijoms. Be šių įrankių, taip pat yra ir universalūs metodai, pritaikomi skirtingose nagrinėjamose situacijose. Visus modeliavimo įrankius galima pritaikyti atitinkamai geografiniai apimčiai, pagal iš anksto apibrėžtus kriterijus

Pasirenkant metodą, svarbus žinoti, jo veikimo principą. Labai svarbu įvertinti, kuriam laikotarpiui analizuoti skirtas pasirinktas vertinimo metodas. Taip pat, kokia yra taikoma įrankio metodologija ir kokia pradinė informacija reikalinga skaičiavimams.

Šio darbo atlikimui renkamas vertinimo modelis turės atitikti nusistatytus kriterijus, kuriais remiantis bus tarpusavyje palyginti skirtingi įrankiai ir iš jų išsirenkant optimalų variantą. Pagrindiniai kriterijai modelio parinkimui:

- Vertinimo modeliams reikalingos pradinės informacijos prieinamumas.
- Kokį laiko periodą galima įvertinti;
- Modelio pritaikomumas skirtingoms geografinėms apimtims (konkretus projektas, šalies mastas);
- Vertinimo įrankio lankstumas. Skirtingų mažinimo priemonių įvertinimas viename modelyje;
- Modeliavimo įrankio matematinė formuluotė;
- Modeliavimo įrankio gebėjimas aiškiai ir suprantamai pateikti priemonių vertinimo rezultatus;

5.3. ŠESD mažinimo priemonių vertinimo metodai

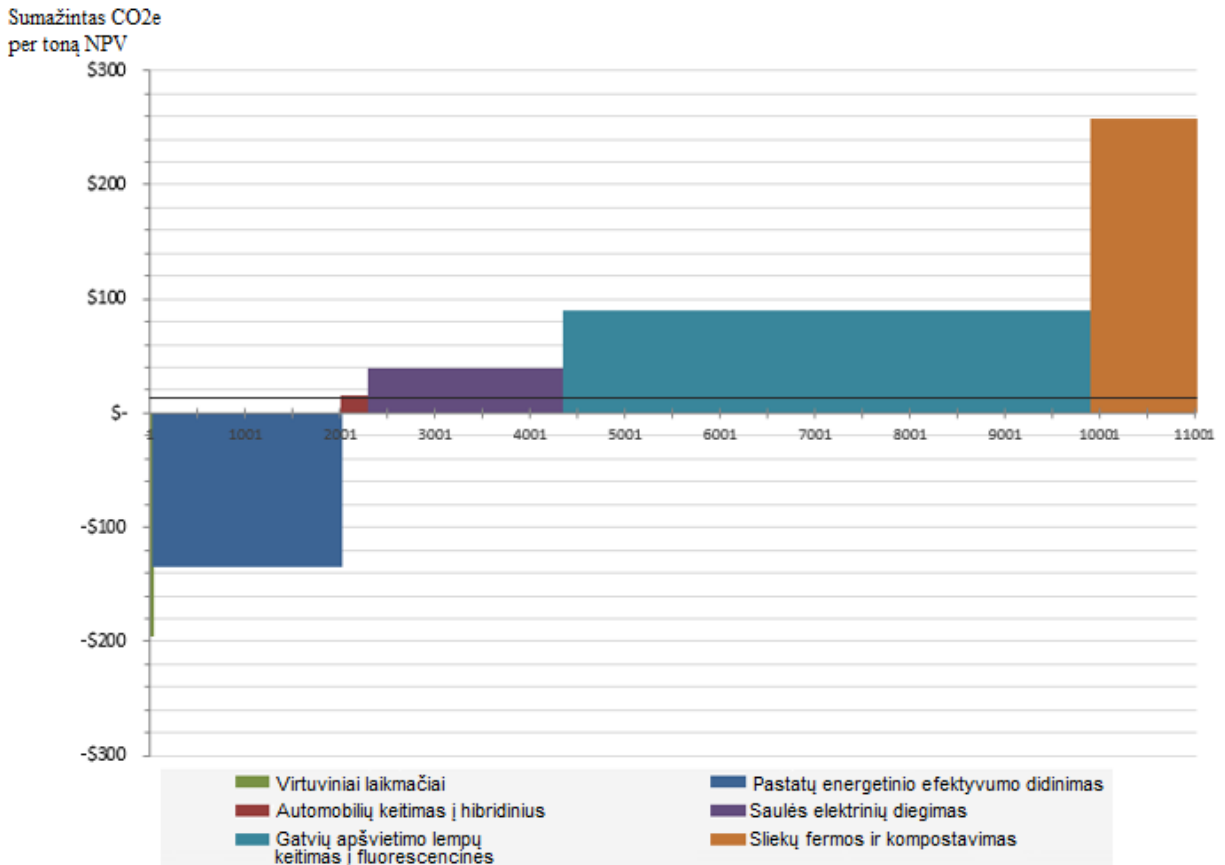
Infometrinis modelis (angl. The Informetrica Model (TIM)) buvo sukurtas Kanadoje siekiant įvertinti jų priimtos klimato kaitos strategijos efektą šalies makroekonomikoje. Vertinant investicijas į naujas technologijas, naudą, sutaupymą iki 2020 metų. TIM modeliuoja efektus, kuriuos turės šie faktoriai, suvartojimas, investicijos, gamyba ir prekybos sprendimai likusioje ekonomikoje. Šie efektai modeliuojami balansuojant žaliavų ir kapitalo sąnaudas. TIM modeliavimas apima konkrečias pramonės sritis ir atskirus regionus.

Energetikos sistemų prognozavimo ir išmetamųjų teršalų konsensuso įrankis (ang. EFFECT - Energy Forecasting Framework and Emissions Consensus Tool), tai yra kompanijos ESMAP (ang. Energy Sector Management Assistance Program) [21] sukurtas įrankis padedantis atlikti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų kitimo vertinimą, energijos paklausą ir gamybos apimtis, remiantis nustatytais iš anksto numatomais scenarijais ar priimtais vyriausybiniais sprendimais. Šiuo įrankiu galima įvertinti atskirus ūkio sektorius, tokius kaip transportas, žemės ūkis, energetika, gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų sektorius [22]. EFFECT yra patogus įrankis įvertinant įgyvendinamų projektų ekonominę ir aplinkosauginę naudą.

Transporto taršos projektų vertinimo modelis (ang. Transport Emissions Evaluation for Projects TEEMP) sukurtas bendradarbiaujant organizacijoms Švaraus oro iniciatyva - Azijos miestams (ang. Clean Air Initiative for Asian Cities CAI-Asia), Transporto plėtros instituto (ang. Institute for Transportation and Development Policy ITDP) ir Kembridžo sistematikos skirtos Azijos banko transporto plėtros projektams (ang. Cambridge Systematics for ADB transport projects) [23]. Tai modelis, skirtas įvertinti oro šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijai transporto sektoriuje. TEEMP naudojamas siekiant gauti informacijos apie taršos lygius planuojamų projektų įgyvendinamuoju laikotarpiu ir užbaigus projektus [24].

Gana dažnai įmonės susiduria su skirtingais taršos mažinimo projektų variantais, su skirtingais išteklių poreikiais. Esant tokiai situacijai, būtina įvertinti projektus ir priimti sprendimą, kurį ar kuriuos variantus tęsti. Šių variantų įsivertinimui, kompanija „Greensense“ sukūrė ribinių kaštų mažinimo pagrindu veikiančią įrankį, kurį galima pritaikyti įvairių projektų efektyvumui vertinti.

Ribinių sąnaudų mažinimo kreivė (RSMK) (ang. MACC – Marginal Abatement Cost Curve) yra priemonė taikoma priimant sprendimus, tai yra paprastas būdas nustatyti, kurie projektai yra ekonomiškai efektyviausi vienam CO₂ sumažintam vienetui ir kokie variantai suteikia didžiausią mažinimo potencialą. Taip vizualiai pristatomi šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo projektai, išvardyti nuo ekonomiškai efektyviausių iki mažiausiai ekonomiškai efektyvių, kurių efektyvumas matuojamas sumažintu CO₂ kiekiu tonomis ir reikalingomis investicijomis [25].



8 pav. CO₂ Ribinių kaštų mažinimo kreivė.

8 paveikslėlyje pateikiamas RSMK pavyzdys, jame pateikiamas projektas (su virtuvės termosų laikmačiais) kompensuos labai nedidelį išmetamųjų teršalų kiekį (22 t CO₂e), neigiamą 196 JAV dolerių kainą už toną CO₂e. Nors šis projektas yra labai vertingas mažinant taršą, tačiau tai sumažina tik labai mažai teršalų, kaip matyti iš siauro juostos pločio diagramoje (apibrėžta raudonu ovalu sritis). Antrasis projektas (pastatų energijos vartojimo efektyvumo didinimas) kompensuos daug didesnę 2000 tonų CO₂e kiekį su neigiama 134 JAV dolerių kainą už toną CO₂e. Įgyvendinant tokius projektus CO₂ būtų mažinamas ir kartu sutaupoma lėšų. Tai reiškia, kad energijos vartojimo efektyvumo priemonių įgyvendinimo sąnaudos bus labiau kompensuojamos dėl to, kad sumažės elektros energijos sąskaitos. Trečiasis projektas (transporto priemonių parko perkėlimas į hibridus) priešingas antrajam, jo kaina mažiausia, tačiau reikalauja 16 JAV dolerių investicijos, kad būtų sumažinti CO₂e išmetimai. Toliau judėdami RSMK kreive dešinėn, kiekvienas projektas tampa vis brangesnis už kiekvieną sumažintą toną.

Norint sukurti ribinių sąnaudų mažinimo kreivę (RSMK) yra svarbu nustatyti tam tikrus finansinius duomenis apie taršos mažinimo projektus ir numatomą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, kuris sumažėtų per visą projekto laikotarpį. Konkrečios detalės reikalingos įvertinti projektą yra:

- Projekto trukmė;
- Visa projekto kaina (kapitalas ir eksploatacinės išlaidos);
- Visas numatomos santaupos, kurias teiktų projektas;
- Šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų sumažinimas, per projekto gyvavimo trukmę.

Parengti šią informaciją gali būti nelengvas procesas taršos mažinimo projektų rengėjams. Keli naudingi patarimai, kaip rasti šią reikalingą informaciją ir kitus svarbius dalykus, kuriuos reikia apsvarstyti yra pateikiami žemiau.

Projekto kaina - tai visos projekto įgyvendinimo kaina ir eksploatacinės sąnaudos. Reikėtų apsvarstyti:

Kapitalo išlaidas – tai yra bet kokio projekto įgyvendinimui reikalingo kapitalo kaina. Pavyzdžiui, projektui, kuris numato įrengti saulės kolektorius, ši suma būtų visos sistemos įsigijimo ir įdiegimo išlaidos. Šių kainų įvertinimas galimas kreipiantis į atitinkamus prekių ar paslaugų tiekėjus.

Finansavimo šaltiniai – jei projekto įgyvendinimui nepakanka turimų lėšų, turėtų būti apsvarstomos alternatyvios finansavimo galimybės. Jei yra skolinamasi su tam tikra palūkanų norma, svarbu susidariusias sumas įtraukti į projekto išlaidas. Skirtingos agentūros gali turėti skirtingą požiūrį sudarant finansavimo kainą ir gali nustatyti taikomas palūkanų normas.

Eksploatacinės išlaidas – eksploatacinės gyvavimo išlaidos turėtų apimti visas išlaidas, susijusias su projekto veikla per visą jo gyvavimo laikotarpį. Šios išlaidos papildomai dar pagal savo pobūdį yra skirstomos į kintamąsias ir pastovias. Pastovioms išlaidoms priskiriamos būtinos numatytos projekto gyvavimo laikotarpiu reikalingos lėšos, tokios kaip įrenginių priežiūra, administracinės išlaidos ir kt. Kintamosioms priskiriamos išlaidos, kurios priklauso nuo aplinkybių, tai gali būti gedimų, nenumatytų trikdžių šalinimas.

Diskonto norma – tai rodiklis, kuris parodo kiek nuvertėja pinigai ateityje lyginant su dabartine jų verte. Diskonto norma gali būti nustatyta žema (pvz., 3-4%) mažos rizikos projektas arba daug rizikingesnis projektas su didesne norma (pvz., 15%) [26].

Projekto ribinių sąnaudų mažinimo kainą naudojama formulė:

$$\text{Ribinės sąnaudos (€/t CO2e)} = \frac{\text{Grynoji dabartinė vertė (€)}}{\text{Bendras sumažintas ŠESD kiekis}} \quad (1)$$

5.4. ŠESD priemonių poveikio vertinimo metodo parinkimas

Remiantis Lietuvos Energetikos ministerijos parengtu „Integruoto nacionalinio energetikos ir klimato plano projektu“ sektoriai, kuriuose yra didžiausias potencialas sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą yra šie: energetikos sektorius, transporto sektorius, pastatų sektorius [27].

Darbe bus vertinama investicijų nauda, energetikos sektoriuje, apibrėžtame laikotarpyje, įvertinant potencialiai sumažintą ŠESD lygį. Įvertinus apžvelgtus galimus vertinimo įrankius ir priemones skirtas efektyvumui įvertinti, pasirenkamas ribinių sąnaudų mažinimo metodas. Jo pritaikomumas ir universalumas, bei pateikiamas veikimo ir skaičiavimų principas geriausiai atitinka išsikeltus kriterijus, bei darbo tikslus. Naudojantis ribinių sąnaudų mažinimo priemone geriausiai bus įvertinamas projektų efektyvumas, nes šiais skaičiavimai apskaičiuojamos realių investicijų dydis reikalingas 1 tonai ŠESD išmetimui sumažinti.

Priemonių poveikio vertinimo metodų pasirinkimo lentelė:

5 lentelė. Priemonių poveikio vertinimo metodai.

Modeliai Kriterijai	TIM	RSMK	EFFECT	TEEMP
Vertinimo periodas	Ilgalaikis	Ilgalaikis	Ilgalaikis	Ilgalaikis
Geografinės apimtys	Vienam regionui	Be apribojimų	Be apribojimų	Vienam sektoriui
Ūkio sektorių apimtis	Visi ūkio sektoriai	Visi ūkio sektoriai	Visi ūkio sektoriai	Transportas

Modeliai Kriterijai	TIM	RSMK	EFFECT	TEEMP
Įrankio metodologija	Nenurodyta	Nurodyta	Nenurodyta	Nenurodyta
Rezultatų pateikimas	Grafinis	Grafinis	Grafinis	Grafinis
Reikalingos periodinės informacijos prieinamumas	-	Viešai prieinama	Viešai prieinama	Viešai prieinama
Aplinkosauginio aspekto vertinimas	Teršalų kiekio kitimas	ŠESD sumažinimo vertinimas	Teršalų kiekio kitimas	Teršalų kiekio kitimas
Investicijų analizė	-	Reikalingų investicijų dydis	Reikalingų investicijų dydis	Reikalingų investicijų dydis

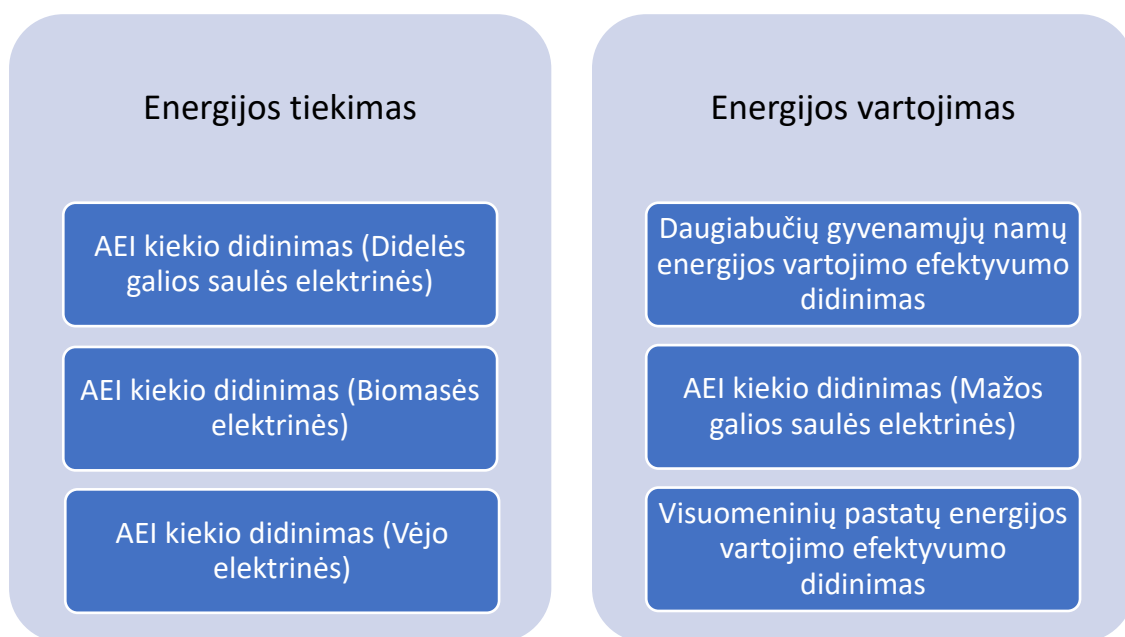
6. ŠESD mažinimo priemonių poveikio vertinimas

ŠESD mažinimo priemonės yra klasifikuojamos pagal tai, kurio ekonomikos sektoriaus išmetamo ŠESD kiekio mažinimui ji yra skirta. Jeigu atskiruose Lietuvos ūkio sektoriuose yra įgyvendinami atitinkamos priemonės, būtina įvertinti jų įtaką išmetamųjų ŠESD kiekio mažėjimui arba ribojimui konkrečiame sektoriuje.



9 pav. Priemonių pasiskirstymas sektoriais.

Priemonės taip pat klasifikavimas pagal ekonomikos sektorių ir tikslą. Atsižvelgiant į didelę įvairių priemonių aprėptį šiame darbe vertinimas atliktas tik energijos teikimo ir energijos vartojimo sektoriuose atsižvelgiant į pagrindines šių sektorių ŠESD mažinimo priemones.



10 pav. Pagrindinės ŠESD mažinimo priemonės pasirinktuose sektoriuose.

6 lentelėje pateikiami duomenys, kurie yra suvedami į ribinių sąnaudų mažinimo kreivės įrankį. Informacija apie daugiabučių namų ir visuomeninių pastatų modernizavimam skirtas investicijas pasinaudota Europos sąjungos fondų investicijų Lietuvoje suvestine [28]. Eksploatacinių išlaidų vidutinės vertės priimtos remiantis Lietuvos Respublikos energetikos ministro įsakyme dėl energijos vartojimo efektyvumo didinimo 2017-2019 metų veikslų plane pateikta informacija. Šiame dokumente taip yra pateikiamas sutaupyta energijos pokytis nuo projektų įgyvendinimo metų pradžios. Taršos pokytis apskaičiuojamas sudauginus sumažėjusį energijos pokytį su taršos intensyvumo faktoriumi 0,6 kgCO₂e/kWh nurodytu nacionalinės šiltnamio efektą sukeliančių dujų apskaitos ataskaitoje [29]. Priimame, kad abiejų projektų gyvavimo laikotarpiu elektros energijos kaina už kilovatvalandę bus 0,13 Eur. Tuomet apskaičiuojamas elektros kainos pokytis kainą už 1 kWh padauginus iš sutaupytos elektros energijos kiekio.

Remiantis Lietuvos Respublikos energetikos ministerijos statistika apie atsinaujinančius energetikos išteklius, Lietuvoje (2018 metų gruodžio 8 dienos duomenimis) šių energijos šaltinių instaliuota galia siekia 839 MW. Didžiąją dalį šio kiekio galingumo sudaro vėjo jėgainės, kurių yra 200 vienetų – 533 MW. Kita dalis susideda iš saulės energiją naudojančių elektrinių, kurių įrengtoji galia yra 88 MW susidedanti iš 3050-ies elektrinių. 7 MW šios galios ir 884-ies elektrinės priskiriamos mažos galios elektrinėms, kurių galia yra mažesnė arba lygi 10 kW, jas yra įsirengę gaminantys vartotojai [30]. Likęs galingumas pasiskirsto tarp hidroelektrinių ir biokuro energiją naudojančių elektrinių, atitinkamai 128 MW (102 elektrinės) ir 90 MW (203 elektrinės).

Skaičiuojant ribinių sąnaudų kreives buvo atskirai išskirti saulės energiją naudojančios elektrinės pagal jų dydį. Atliekant skaičiavimus su didelės galios elektrinėmis, t.y. didesnėmis nei 10 kW buvo vertinama, kad reikia investuoti ~1,08 mln. Eur vienam MW įrengti. Tokios elektrinės eksploatacinės išlaidos ~9,5 Eur/MW per metus. Minėtuose statistikos duomenys nurodoma, kad visos saulės elektrinės per 2017 metus pagamino 67 GWh, primame, kad didžiosios elektrinės pagamino 62 GWh nuo bendro pagaminto kiekio. Taršos intensyvumas 80 gCO_{2e}/kWh [31], pagamintos elektros kainos tarifas parenkamas iš Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos pateiktos lentelės ir yra lygus 0,15 Eur/kWh [32].

Mažoms saulės elektrinėms, kurioms priskiriamos visos SE iki 10 kW investicijos 1 MW siekia ~1,58 mln. Eur, 1 MW priežiūrai kasmet išleidžiama 15,75 Eur. Šios, gaminančių vartotojų elektrinės pagamina apie 5 GWh elektros energijos. Taršos intensyvus 180 gCO_{2e}/kWh, elektros kainos tarifas - 0,15 Eur/kWh.

Vėjo elektrinės pagal 2017 metų duomenis per metus sugeneravo 1357 GWh. Taršos intensyvumas 33 gCO_{2e}/kWh, elektros kainos tarifas 0,04 Eur/kWh. Investicijos 1 MW apytikriai 1,07 mln. Eur, metinės eksploatacinės išlaidos 25,6 Eur/MW.

Biokuro elektrinės pagal 2017 metų duomenis per metus sugeneravo 244 GWh. Taršos intensyvumas 850 gCO_{2e}/kWh, elektros kainos tarifas 0,05 Eur/kWh. Investicijos 1 MW apytikriai 6,7 mln. Eur, metinės eksploatacinės išlaidos 292,7 Eur/MW.

6 lentelė. Mažinimo priemonių vertinimo įvesties duomenys.

	Daugiabučių namų renovavimas	Visuomeninių pastatų renovavimas	Didelės galios (>10 kW) saulės elektrinės	Mažos galios (<10 kW) saulės elektrinės	Vėjo elektrinės	Biokuro elektrinės
Projekto gyvavimo ciklas, metai	25	25	25	25	25	25
Investicijos, Eur	2 800 000	18 120 000	87 480 000	11 060 000	570 310 000	603 000 000
Eksploatacinės išlaidos, Eur	5 300 000	15 000 000	769,50	110,25	13 644,80	26 343
Sutaupyta energijos pokytis, kWh/metus	-69 200 000	-166 770 000	-62 000 000	-5 000 000	1 357 000 000	244 000 000

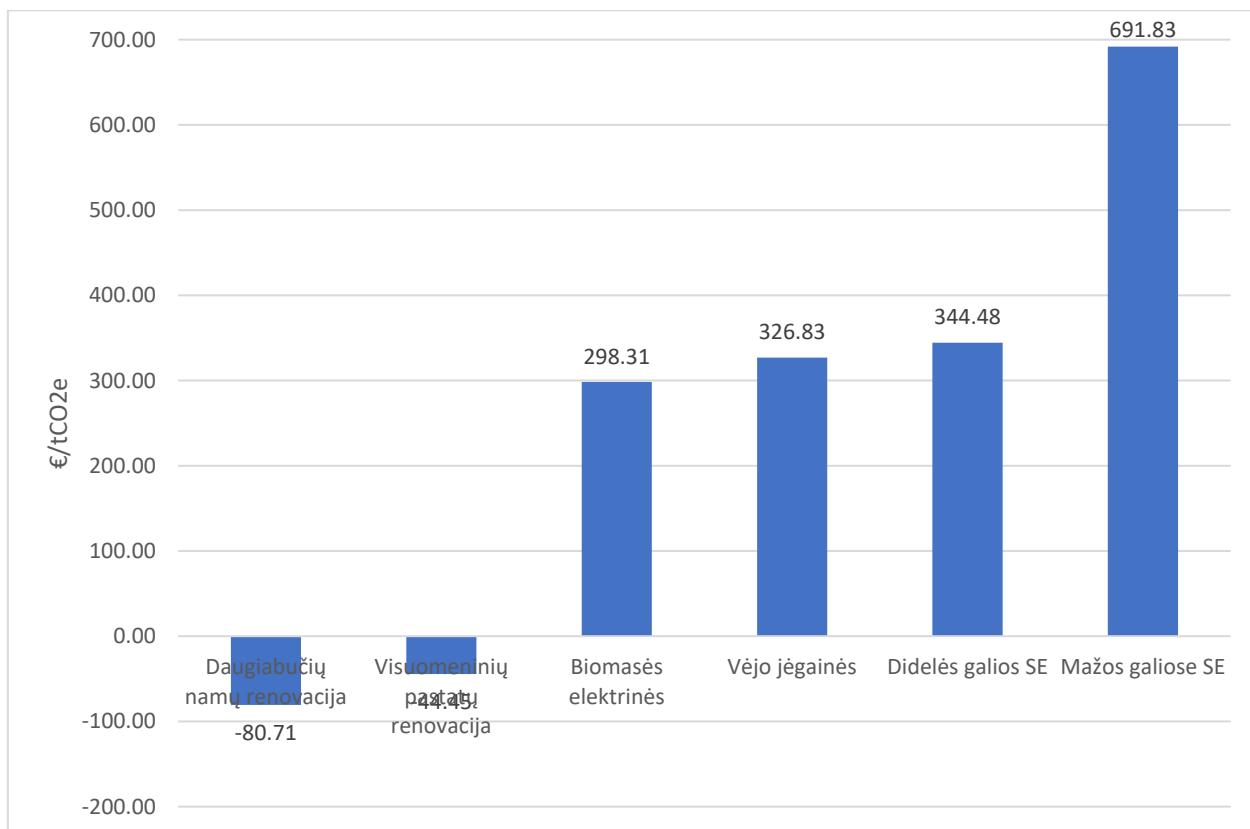
	Daugiabučių namų renovavimas	Visuomeninių pastatų renovavimas	Didelės galios (>10 kW) saulės elektrinės	Mažos galios (<10 kW) saulės elektrinės	Vėjo elektrinės	Biokuro elektrinės
Taršos intensyvumas, kgCO ₂ e/kWh	0,60	0,60	0,10	0,10	0,04	0,20
Taršos pokytis, kg CO ₂ e	-41 520 000	-100 062 000	-6 200 000	-500 000	-54 280 000	48 800 000
Elektros kaina, Eur/kWh	0,13	0,13	0,15	0,15	0,04	0,05
Elektros kainos pokytis, Eur/metus	8 966 000	21 680 100	9 176 000	740 000	55 637 000	12 444 000

6 lentelėje pateikiami įvesties duomenys naudoti apskaičiuojant pasirinktų priemonių ribinių kaštų vertes RSMK įrankiu. Įrankio pagalba apskaičiuotos vertės pateikiamos 7 lentelėje. Pagrindinė ieškoma vertė, t.y. ribinių kaštų rezultatai gaunami pagal 5 skyriaus, 5.3. poskyriaus pabaigoje 33-iajame puslapyje pateikiamą (1) formulę.

7 lentelė. RSMK rezultatai.

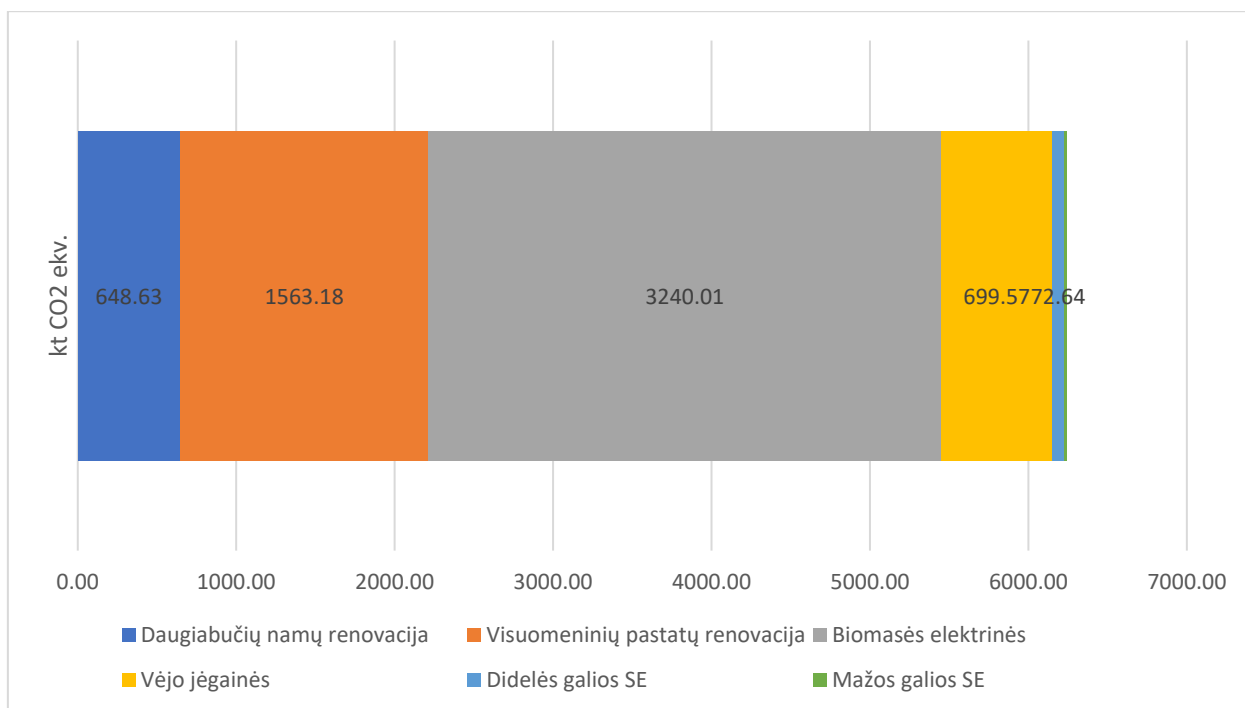
Priemonė	Bendras sumažintas ŠESD kiekis, tCO ₂ e	Metinė tarša, kgCO ₂ e	Ribinių kaštai, Eur/tCO ₂ e
Daugiabučių namų renovavimas	648 628,76	-41 520 000	-80,71
Visuomeninių pastatų renovavimas	1 563 179,56	-100 062 000	-44,45
Biokuro elektrinės	3 240 019,38	-207 400 000	298,31
Vėjo elektrinės	699 572,36	-44 781 000	326,83
Didelės galios SE	72 642,67	-4 650 000	344,48
Mažos galios SE	14 059,87	-900 000	691,83

Grafiškai atvaizduojami priemonių vertinimo rezultatai ir pateikiamos išvalgos.



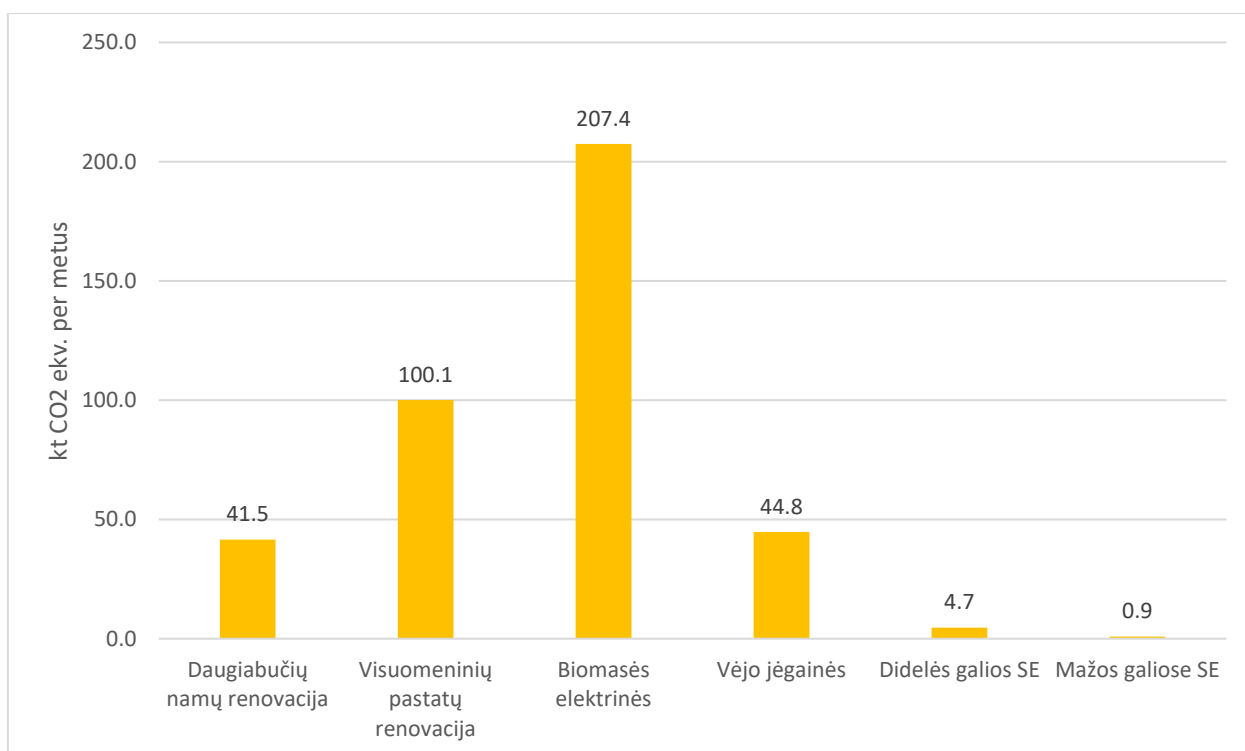
11 pav. Ribinių kaštų kreivės, €/tCO₂e.

Pagal 11 pav. pateikiamus duomenis matoma, jog didžiausios investicijos, norint sumažinti ŠESD per 1 tCO₂e reikalingos mažos galios iki 10 kW saulės elektrinėms. Mažiausios investicijos tenka daugiabučiams gyvenamiesiems namams. Minusinės vertės grafike nurodo, jog energijos taupymui pakanka minimalių veiksmų siekiant taupyti suvartotą energiją. Teigiamos vertės reiškia jog reikalinga investuoti į technologijas, kurių pagalba būtų taupoma energija.



12 pav. Bendras sumažintas ŠESD kiekis, ktCO_{2e}.

Išanalizavus 12 pav. duomenis matoma, jog didžiausias sutaupomas suminis ŠESD kiekis tenka biomasės elektrinėms 3240,01 ktCO_{2e}, visuomeninių pastatų renovavimui 1563,18 ktCO_{2e}. Apylygiai sutaupymo kiekiai matomi daugiabučių namų renovacijos ir vėjo jėgainių rezultatuose atitinkamai 648,63 ktCO_{2e} ir 699,57 ktCO_{2e}, o mažiausi sutaupoma diegiant saulės elektrines 14,05 ktCO_{2e}.



13 pav. Per metus sumažintas ŠESD kiekis, ktCO_{2e}/m.

Apžvelgus 12 pav. pateikiamą informaciją galima ją papildomai pateikti apžvelgiant numatomus sutaupymo kiekius pagal kiekvieną nagrinėtą technologiją vieneriems metams. Šie duomenys pateikiami 13 pav., kuriame matoma, jog įgyvendinant visuomeninių pastatų renovaciją ir diegiant biomasės elektrines, galima sutaupyti nuo 100,1 iki 207,4 ktCO_{2e}. Mažiausias kiekis sutaupomas diegiant mažos galios saulės elektrines ir siekia apie 0,9 ktCO_{2e}.

Išvados

1. Atlikta ŠESD kitimo tendencijų analizė rodo, kad viso pasaulio ŠESD išmetimai didėjo ir tam didžiausią įtaką turėjo Kinijos spartus pramonės augimas. Europos dedamos pastangos sąlygojo ŠESD išmetimų mažėjimą, kuris sudarė net 22 % lyginant su 1990 metais. Per 1990-2015 laikotarpį Lietuva ŠESD išmetimus sumažino net 58 %.
2. Atlikta ŠESD mažinimo priemonių analizė rodo, kad įvairios priemonės taikomos visuose ekonomikos sektoriuose, tačiau didžiausio efekto tikimasi energijos tiekimo ir energijos vartojimo sektoriuose. Apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema, verčia pramoninės įmonės efektyvinti savo procesus. Energijos efektyvumo didinimui įvedama energetikos klasifikavimo sistema, nustatanti pastatų ir prietaisų efektyvumą. Įvairiais būdais konkurencingumo skatinimo principu populiarinamos atsinaujinantys energijos ištekliai.
3. Atlikta ŠESD priemonių poveikio vertinimo metodikų analizė rodo, kad įrankiai gali būti universalūs arba sukurti įvertinti tik tam tikro projekto efektyvumą, todėl tokie įrankiai turi siaurą pritaikomumą. Įvertinus esamų ŠESD priemonių poveikio vertinimo metodų atitikimą pasirinktiems vertinimo kriterijams nustatyta, kad tyrimui tikslingiausia taikyti ribinių kaštų mažinimo kreivės (RSMK) metodą.
4. Atliktas šešių parinktų ŠESD mažinimo priemonių poveikio vertinimas, taikant CO₂ ribinių kaštų mažinimo kreivės vertinimo metodą, energijos tiekimo ir energijos vartojimo sektoriams. Rezultatai parodė, jog renovuojant senos statybos pastatus galima mažiausiomis sąnaudomis padaryti didžiausią įtaką ŠESD išmetimų mažinimui. Tiek gyvenamųjų, tiek visuomeninių pastatų renovavimas užtikrina neigiamus CO₂ mažinimo kaštus. Atsinaujinančių energijos išteklių plėtros CO₂ mažinimo kaštai yra teigiami, atitinkamai biomasės elektrinių – 298,31 €/tCO₂e, vėjo elektrinių – 326,83 €/tCO₂e, didelės galios saulės elektrinių – 344,48 €/tCO₂e ir mažos galios saulės elektrinių – 691,83 €/tCO₂e.
5. Vertinant analizuotų priemonių potencialą sumažinti ŠESD išmetimų kiekį jų gyvavimo laikotarpiu buvo nustatyta, kad pranašiausias yra visuomeninių pastatų renovavimas ir biokuro elektrinės. Skaičiavimų rezultatai rodo, kad visuomeninių pastatų renovavimas gali sumažinti ŠESD išmetimų kiekį apie 1563 ktCO₂e, o biokuro elektrinės 3240 ktCO₂e. Remiantis skaičiavimais mažiausią potencialą sumažinti ŠESD turi saulės elektrinės didelės galios apie 72,64 €/tCO₂e, o mažos galios 14,05 €/tCO₂e.

Literatūros sąrašas

- [1] Damian Carrington, “Global pollution kills 9m a year and threatens ‘survival of human societies,’” *The Guardian*, 2017.
- [2] Auksė Jurkevičiūtė, “Globalinis atšilimas: kas, kur, kaip, kada ir ką daryti,” *INFO Ekspresas*, 2015. [Prieiga internete]: <http://www.ekspresas.co.uk/apie-ka-kalba-pasaulis/globalinis-atsilimas-kas-kur-kaip-kada-ir-ka-daryti-17453/>. [Žiūrėta: 06-Birželį-2018].
- [3] GLOBAL CARBON ATLAS, “CO2 Emissions,” *GLOBAL CARBON ATLAS*, 2018. [Prieiga internete]: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>. [Žiūrėta: 06-Birželį-2018].
- [4] European Environment Agency, “Greenhouse gas emission statistics - emission inventories,” *Eurostat Statistics Explained*, 2017. [Prieiga internete]: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse_gas_emission_statistics. [Žiūrėta: 18-Birželį-2018].
- [5] “ŠILTNAMIO EFEKTĄ SUKELIANČIŲ DUJŲ KIEKIS LIETUVOJE 2015 M. IR TENDENCIJOS 1990-2015 M.,” *Aplink. Apsaug. Agentūra*, 2017.
- [6] Komunikacijos skyrius, “Neraminantys faktai - žemės ūkio ir transporto sektorių šiltnamio dujų kiekio išmetimai vis didėja,” *Aplinkos ministerija*, 2017. [Prieiga internete]: http://www.am.lt/VI/article.php3?article_id=18440. [Žiūrėta: 18-Birželį-2018].
- [7] CLIMATE ANALYTICS, “Paris Agreement Ratification Tracker,” *CLIMATE ANALYTICS*, 2017. [Prieiga internete]: <http://climateanalytics.org/briefings/ratification-tracker.html>. [Žiūrėta: 06-Birželį-2018].
- [8] “EUR-Lex - 32002D0358 - EN,” *Off. J. L 130*, 15/05/2002 P. 0001 - 0003; .
- [9] K. Frizen, “Conference of the Parties,” *GE*, pp. 16–7126, 2016.
- [10] Europos Audito Rūmai, “ES veiksmai energetikos ir klimato kaitos srityje,” *Eur. Audit. Rūmai*, 2017.
- [11] Kisielius Vaidotas, “ES apyvartinių taršos leidimų (ATL) prekybos sistema,” *Aplinkos ministerija*, 2014. [Prieiga internete]: http://www.am.lt/VI/article.php3?article_id=13175. [Žiūrėta: 18-Birželį-2018].
- [12] EUROPOS PARLAMENTAS IR EUROPOS SĄBIRŽELĖGOS TARYBA, “EUROPOS

- PARLAMENTO IR TARYBOS DIREKTYVA 2012/27/ES,” *EUR-Lex*, 2012. [Prieiga internete]: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32012L0027&from=LT>. [Žiūrėta: 28-Gegužė-2019].
- [13] “Energinis efektyvumas,” *www.energinisefektyvumas.lt*, 2016. [Prieiga internete]: <http://energinisefektyvumas.lt/energinis-efektyvumas/>. [Žiūrėta: 18-Gegužė-2018].
- [14] EUROPOS PARLAMENTAS IR EUROPOS SĄBIRŽELĪGOS TARYBA, “EUROPOS PARLAMENTO IR TARYBOS DIREKTYVA 2009/125/EB,” *EUR-Lex*, 2009. [Prieiga internete]: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/lt/TXT/?uri=CELEX:32009L0125>. [Žiūrėta: 28-Gegužė-2019].
- [15] EUROPOS PARLAMENTAS IR EUROPOS SĄBIRŽELĪGOS TARYBA, “EUROPOS PARLAMENTO IR TARYBOS DIREKTYVA 2010/30/ES,” 2010. [Prieiga internete]: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/lt/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0030>. [Žiūrėta: 28-Gegužė-2019].
- [16] EUROPOS PARLAMENTAS IR EUROPOS SĄBIRŽELĪGOS TARYBA, “EUROPOS PARLAMENTO IR TARYBOS DIREKTYVA 2009/28/EB,” 2009. [Prieiga internete]: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A02009L0028-20130701>. [Žiūrėta: 28-Gegužė-2019].
- [17] “Renewable energy,” *European Commission*, 2018. [Prieiga internete]: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy>. [Žiūrėta: 18-Birželį-2018].
- [18] “European Commission guidance for the design of renewables support schemes,” *Eur. Comm.*, 2013.
- [19] Vaičiūnas Žygimantas, “ĮSAKYMAS DĖL ENERGIJOS VARTOJIMO EFEKTYVUMO DIDINIMO 2017-2019 METŲ VEIKSMŲ PLANO PATVIRTINIMO,” 2017.
- [20] “Environment and Climate Change Canada - Greenhouse Gas Emissions Forecasting: Learning from International Best Practices,” *Government of Canada*, 2008. [Prieiga internete]: <http://www.ec.gc.ca/default.asp?lang=En&n=3B8552D4-1&xml=3B8552D4-3B91-4EE0-863B-C5D72EB83F42&offset=1&toc=show>. [Žiūrėta: 10-Sausį-2019].
- [21] “Home | ESMAP.” [Prieiga internete]. Available: <http://www.esmap.org/>. [Žiūrėta: 25-Sausį-2019].
- [22] “Energy Forecasting Framework and Emissions Consensus Tool (EFFECT) | Open Energy

- Information.” [Prieiga internete]: [https://openei.org/wiki/Energy_Forecasting_Framework_and_Emissions_Consensus_Tool_\(EFFECT\)](https://openei.org/wiki/Energy_Forecasting_Framework_and_Emissions_Consensus_Tool_(EFFECT)). [Žiūrėta: 25-Sausį-2019].
- [23] “GHG Assessment Tools | www.slocat.net.” [Prieiga internete]: <http://www.slocat.net/?q=content-stream/187/ghg-assessment-tools>. [Žiūrėta: 25-Sausį-2019].
- [24] “Transport Emissions Evaluation Model for Projects (TEEMP) BRT - Institute for Transportation and Development Policy,” 2012. [Prieiga internete]: <https://www.itdp.org/2012/08/06/transport-emissions-evaluation-model-for-projects-teemp-brt/>. [Žiūrėta: 25-Sausį-2019].
- [25] “Guidelines for Developing a Marginal Abatement Cost Curve (MACC),” WALGA, 2014. [Prieiga internete]: https://walga.asn.au/getattachment/Policy-Advice-and-Advocacy/Environment/Climate-Change/Climate-Change-Resources/Guidelines_for_Developing_a_MACC_tool_Feb2016.pdf.aspx?lang=en-AU. [Žiūrėta: 23-Sausį-2019].
- [26] R. Lukošius, “Diskonto norma,” *finansistas.net*, 2016. [Prieiga internete]: <http://www.finansistas.net/diskonto-norma.html>. [Žiūrėta: 24-Sausį-2019].
- [27] “Ministry of Energy 14.12.2018 Ministry of Environment Draft version INTEGRATED NATIONAL ENERGY AND CLIMATE PLAN OF THE REPUBLIC OF LITHUANIA,” 2018.
- [28] “Programos | 2014-2020 Europos Sąjūdos fondų investicijos Lietuvoje.” [Prieiga internete]: https://www.esinvesticijos.lt/lt/paraiskos_ir_projektai?f__priemone%5B%5D=120&f__contract_date%5Bfrom%5D=1990-01-01. [Žiūrėta: 20-Gegužę-2019].
- [29] Lithuanian Nature Protection Agency, “Lithuania ‘ S National Inventory Report 2014 Greenhouse Gas Emissions 1990-2012,” 2014.
- [30] Lietuvos Respublikos energetikos ministerija, “Statistika | Lietuvos Respublikos energetikos ministerija,” 2018. [Prieiga internete]: <https://enmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-3/atsinaujinantys-energijos-istekliai/statistika>. [Žiūrėta: 15-Gegužę-2019].
- [31] Y. M. Thomas Bruckner, Igor Alexeyevich, “Energy Systems,” Mitigation of Climate Change, 2014.

- [32] Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija, “Atsinaujinantys išteklių Tarifai,” 2018. [Prieiga internete]: <https://www.regula.lt/atsinaujinantys-istekliai/Puslapiai/tarifai.aspx>. [Žiūrėta: 22-Gegužė-2019].