



Kauno technologijos universitetas
Aplinkos inžinerijos institutas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Elektromobilių aplinkosauginis būvio ciklo įvertinimas Lietuvoje

Baigiamasis magistro projektas

Monika Skvarnavičiūtė

Projekto autorė

Prof. Dr. Jolanta Dvarionienė

Vadovė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas
Aplinkos inžinerijos institutas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Elektromobilių aplinkosauginis būvio ciklo įvertinimas Lietuvoje

Baigiamasis magistro projektas
Darnus valdymas ir gamyba (6213EX001)

Monika Skvarnavičiūtė
Projekto autorė

Prof. Dr. Jolanta Dvarionienė
Vadovė

Lekt. Dr. Daina Kliugaitė
Recenzentė

Kaunas, 2019



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Aplinkos inžinerijos institutas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Monika Skvarnavičiūtė

(Studento vardas, pavardė)

Darnus valdymas ir gamyba, 6213EX001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Elektromobilių aplinkosauginis būvio ciklo įvertinimas Lietuvoje“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 19 m. Gegužės 29 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Monikos Skvarnavičiūtės**, baigiamasis projektas tema „Elektromobilių aplinkosauginis būvio ciklo įvertinimas Lietuvoje“ 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.



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Magistro projekto užduotis

Projekto tema Elektromobilių aplinkosauginis būvio ciklo įvertinimas Lietuvoje

Reikalavimai ir sąlygos

Transportas sudaro beveik ketvirtadalį Europos šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir yra pagrindinė priežastis sukianti miestų oro taršą. Didžiuosiuose Europos miestuose ir Lietuvoje fiksuojami vis didesni oro taršos rodikliai. Vienas iš Europos Sąjungos (ES) būdų kovoti su miestų tarša yra transporto elektrifikacija. Tam tikslui yra skatinamas elektromobilių ir hibridinių transporto priemonių naudojimas. Europos pastangos pasiteisina, kadangi elektra varomų automobilių skaičius ES šalyse kiekvienais metais auga, o taip pat ir Lietuvoje. Perėjimas nuo vidaus degimo variklių automobilių iki elektromobilių yra vienas iš prioritetinių Europos Sąjungos tikslų. Tačiau elektromobilio daromai taršai itin didelę įtaką daro tai, kokia elektros energijos sudėtis yra naudojama jam įkrauti. LR išleido Nacionalinę energetinės nepriklausomybės strategiją, kurios vienas iš tikslų – pasiekti, kad iki 2050 m. atsinaujinančių energijos išteklių kiekis elektros balanse – 100 proc. Tuo tikslu siūloma atlikti ES ir LR teisės aktų, elektromobilių plėtros apžvalgą, literatūros ir kitų mokslininkų straipsnių analizę, surinkti duomenis būvio ciklo įvertinimui. Taip pat atlikti elektromobilių būvio ciklo įvertinimą ir palyginti su įprastinėmis transporto priemonėmis su VDV, atsižvelgiant į elektros energijos sudėtį 2015 m. ir prognozuojamą iki 2050 m. Palyginti skirtingas kuro rūšis naudojančius automobilius. Palyginti gautus tyrimų rezultatus.

Vadovas / Vadovė

Prof. Dr. Jolanta Dvarionienė

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Skvarnavičiūtė, Monika. Elektromobilių aplinkosauginis būvio ciklo įvertinimas Lietuvoje. Magistro krypties studijų baigiamasis projektas / vadovė Prof. Dr. Jolanta Dvarionienė; Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Aplinkos inžinerija (E03) – pagrindinė, Gamybos inžinerija (E10), Verslas (L01), Inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: elektromobilis, būvio ciklo įvertinimas, atsinaujinantys energijos ištekliai.

Kaunas, 2019. 53 p.

Santrauka

Elektromobiliai yra pripažįstami kaip ateities transportas, ypač miestuose, kadangi kasmet žmonių, gyvenančių urbanizuotose vietovėse daugėja. Didmiesčių oro tarša tampa nepakeliama – kasmet daugėja žmonių, turinčių oro taršos sukeltų sveikatos problemų, auga priešlaikinių mirčių skaičius. Europos Sąjunga itin skatina elektromobilių plėtrą ir taiko įvairias lengvatas jų turėtojams. Europos šalys, kurios nori dar labiau elektrifikuoti savo miesto transporto sistemas, savo gyventojams skiria daugiau paskatų įsigyti ir naudoti elektromobilius. Tačiau reikia nepamiršti, kad elektromobilis nėra visiškai netarši transporto priemonė. Elektromobilis generuos taršą, tačiau ją perkels ten, kur yra gaminama energija – už miesto ribų. Todėl yra itin svarbu kokią elektros energiją elektromobilis naudos, kad jis nesukurtų dar didesnės taršos negu įprastinės, vidaus degimo variklio, transporto priemonės. Ne vienas tyrimas teigia, kad geriausias šios problemos sprendimas – elektromobiliui įkrauti naudoti elektros energiją, išgautą iš atsinaujinančių energijos išteklių.

Vienas iš populiariausių ir labiausiai pripažintų būdų nustatyti gaminio ar proceso taršą yra aplinkosauginis būvio ciklo įvertinimas. Šis poveikio aplinkai įvertinimo būdas buvo pritaikytas ir šiame tyrime, kurio tikslas buvo išsiaiškinti elektromobilio daromą taršą Lietuvoje, o gautus rezultatus palyginti su tyrime parinkto elektromobilio klasę atitinkančio, vidaus degimo variklį (VDV) turinčio, automobilio generuojama tarša. Tyrimo objektas buvo pasirinktas populiariausias Lietuvos elektromobilis „Nissan Leaf“, naudojant naujausio (2018 metų) modelio duomenis. Svarbiausias šio būvio ciklo įvertinimo etapas – elektros energijos sudėtis, į kurią šiame tyrime skirta daug dėmesio. Tam tikslui buvo nagrinėta 2015–2050 metų elektros energijos sudėtis, kuria bus įkrautas tiriamas elektromobilis. Tai itin aktualu, kadangi Lietuva žada pereiti prie elektros energijos, kuri bus visiškai išgauta iš atsinaujinančių energijos išteklių. Buvo nagrinėjamos šešios aplinkos poveikio kategorijos: toksiškumas žmonėms, gėlo vandens eutrofikacija, sausumos rūgštėjimas, iškastinio kuro eikvojimas, šiltnamio efektą sukeliančios dujų (ŠESD) emisijos ir kietųjų dalelių susidarymas (KDS). Tyrimo rezultatai parodė, kad 2015 metų elektros energijos sudėtimi įkrautas elektromobilis darys didesnę ŠESD taršą negu įprastinės vidaus degimo variklio transporto priemonės (VDVTP). Taip pat sukeltų didesnę gėlo vandens eutrofikaciją ir toksiškumą žmonėms. Tačiau jeigu elektromobilis būtų įkrautas pagal 2050 metų elektros energijos gamybos scenarijų, t.y. naudojant atsinaujinančius energijos išteklius, jo šiltnamio efektą sukeliančių emisijų kiekis taptų mažesnis negu vidaus degimo variklio automobilio. Taip pat pastebėta, kad pradėjus naudoti atsinaujinančius energijos išteklius, pagrindinę taršą elektromobilio būvio cikle darytų nebe naudojimo etapas, o paties elektromobilio gamyba. Taip pat, vertinant tris žalos kategorijas, buvo nustatyta, kad mažiausią bendrą žalą darys elektromobilis, įkrautas 2050 metų elektros energija, o didžiausią taršą – benzinu varomas automobilis.

Skvarnaviciūtė, Monika. Environmental Life Cycle Assessment of Electric Vehicles in Lithuania. Master's Final Degree Project / supervisor Prof. Dr. Jolanta Dvarionienė; Institute of Environmental Engineering, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Environmental Engineering (E03) – main study field, Production and Manufacturing Engineering (E10), Business (L01), Engineering Sciences.

Keywords: Electric vehicle, life cycle assessment, renewable energy sources.

Kaunas, 2019. 53 pages.

Summary

Electric vehicles are considered to be the transport of the future. This especially can be seen in the cities, because more and more people are living in urban areas. Air pollution in metropolitan areas is getting unbearable and more and more people are getting serious health issues because of that. Air pollution has led to an increase in the number of fatalities. The European Union is strongly promoting the development of electric cars and has various benefits for its owners. European countries that want to further electrify their urban transport systems are giving their residents even more incentives to buy and use electric cars. However, we have to keep in mind that an electric car is not completely clean. Electric vehicle will pollute air, but air pollution will be transferred outside the city. That is why it is very important what kind of electricity the electric vehicle will use to avoid creating even greater pollution than conventional vehicles. The proposed solution to pollution in many research papers is the use of renewable energy resources to charge the electric car.

One of the most popular and most recognized ways to determine the pollution of a product or process is the environmental life cycle assessment (LCA). The LCA method was also applied to this study, which was aimed at finding out the pollution that an electric vehicle will generate in Lithuania. The results were compared with pollution that an internal combustion engine vehicle would generate. In his study LCA was conducted for the most popular electric vehicle model “Nissan Leaf”. The newest “Nissan Leaf” model data was considered. The most important part of this life cycle is Lithuania’s mix of electricity, which was focused on the most. For this purpose, Lithuania’s electricity mix for the year 2015–2050 was used for the study, because this electricity will be used to charge the electric vehicle. This is especially relevant as Lithuania is promising to switch to electricity that will be fully extracted from renewable energy sources. The life cycle assessment of conventional vehicles (petrol and diesel) has also been carried out in order to compare the environmental impact of these cars. Six environmental exposure categories were considered: human toxicity, fresh water eutrophication, terrestrial acidification, fossil fuel depletion, greenhouse gas (GHG) emissions and particulate matter formation. The results of the study showed that the electric car charged with 2015 electricity mix will cause higher GHG emissions than conventional vehicles. It would also cause higher fresh water eutrophication and toxicity to humans. However, if an electric car will be charged with 2050 electricity mix, its GHG emissions would get lower than the conventional vehicles. It has also been noted that if the vehicle will be charged with mainly renewable energy than the main air pollution will be caused by the manufacturing of the car, but not the use phase. In addition, it was found that in the three categories of damage, the lowest total damage would be caused by an electric car charged in 2050 and the most damage would be caused by petrol vehicle.

Turinys

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Santrumpų ir terminų sąrašas	10
Įvadas.....	11
1. LITERATŪROS APŽVALGA.....	12
1.1. Transporto tarša	12
1.2. Elektrinės transporto priemonės	13
1.2.1. Elektrinių transporto priemonių tipai	13
1.2.2. Akumulatoriai.....	15
1.2.3. Įkrovimo būdai	15
1.2.4. Elektromobilių plėtra Europoje	16
1.2.5. Elektromobilių plėtra Lietuvoje	17
1.3. Elektromobilių įtaką elektros įkainiui	20
1.4. Elektrinėms transporto priemonėms taikomi teisės aktai	21
1.4.1. Europos Sąjungos teisiniai dokumentai.....	21
1.4.2. Lietuvos Respublikos teisiniai dokumentai.....	22
1.5. Elektros energijos šaltinių įtaka elektromobilių poveikiui aplinkai	23
1.6. Atsinaujinantys energijos ištekliai.....	25
1.6.1. Atsinaujinančių energijos išteklių rūšys.....	25
1.6.2. LR atsinaujinančių energijos išteklių teisiniai dokumentai.....	26
1.7. Transporto priemonių būvio ciklo įvertinimas	27
1.8. Apibendrinimas	28
2. METODIKA	30
2.1. Tyrimo eiga	30
2.2. Tikslas, analizės apimtis ir būvio ciklo poveikio įvertinimo metodai.....	30
2.3. Prielaidos ir inventorinė analizė	32
2.4. Programinė įranga ir duomenų bazė.....	35
3. TIRIAMOJI DALIS.....	36
3.1. Automobilių gamybos proceso daroma tarša	36
3.2. Elektromobilio ir vidaus degimo variklio automobilio palyginimas.....	36
3.3. Elektromobilio būvio ciklo įvertinimas, 2015 – 2050 m.....	38
3.4. Palyginamoji elektromobilio ir vidaus degimo variklio automobilio analizė	39
3.5. Lietuvos elektros energijos sudėties poveikio kategorijų analizė	41
3.6. Rezultatų palyginimas su kitų autorių gautais rezultatais	42
3.7. Pasekmių („Endpoint“) analizė	45
Išvados	46
Literatūros sąrašas	49
Teisės aktai.....	52
Priedai.....	53

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Automobilių tipai.....	13
2 lentelė. Elektromobilių infrastruktūros ženklavimas.....	19
3 lentelė. Elektromobilių SSGG analizės apžvalga.....	20
4 lentelė. Įvertintos poveikio kategorijos „ReCipe MidPoint“ metodu	31
5 lentelė. Įvertintos poveikio kategorijos „ReCipe EndPoint“ metodu.....	32
6 lentelė. Elektromobilio būvio ciklo inventorių.....	33
7 lentelė. VDVTP būvio ciklo inventorių.....	33
8 lentelė. LR prognostinė elektros energijos sudėtis iki 2050 m, %.....	34
9 lentelė. Automobilių gamybos metu daroma tarša.....	36
10 lentelė. Lyginamoji elektromobilio ir vidaus degimo variklio automobilių viso būvio ciklo analizė.....	36
11 lentelė. Lyginamoji 2015 metų automobilio ir vidaus degimo variklio automobilių naudojimo etapo būvio ciklo analizė	37
12 lentelė. Elektromobilių viso būvio ciklo įvertinimas, 2015 – 2050 m.	38
13 lentelė. Elektromobilio ir VDVTP viso būvio ciklo palyginamoji analizė.....	39
14 lentelė. Gautų BCĮ rezultatų palyginimas su kitų mokslininkų rezultatais.....	42

Paveikslų sąrašas

1 pav. KD ₁₀ , 2016 m. koncentracijos - dienos ribinė vertė.....	13
2 pav. Elektromobilių ir hibridinių automobilių skaičius Lietuvoje.....	17
3 pav. 2014 m., 2017 m., 2018 m. elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtra valstybinės reikšmės keliuose.....	18
4 pav. Informacijos apie elektromobilių įkrovimo prietų tipą, būseną ir užimtumą žemėlapis.....	18
5 pav. Iš viso iki 2019-05-01 įregistruotų M1 klasės lengvųjų automobilių skaičius pagal degalų rūšį.....	19
6 pav. Siekiami rezultatai Lietuvos energetikos sektoriuje 2020, 2030 ir 2050 metais.....	26
7 pav. WTW analizės etapai.....	27
8 pav. BCĮ tarpsniai	28
9 pav. Tyrimo eiga	30
10 pav. Elektromobilio ir VDVTP būvio ciklo sistemos ribos	31
11 pav. „ReCipe“ metode naudojamų poveikio kategorijų ryšiai.....	32
12 pav. Elektromobilio duomenų rinkinio schema	33
13 pav. Duomenų bazėje naudojamų automobilių išskirstymas į modulius	35
14 pav. Elektromobilio ir vidaus degimo variklio automobilio (benzininio ir dyzelinio) būvio ciklo etapų poveikio aplinkai indikatoriai	38
15 pav. Elektromobilio ir vidaus degimo variklio automobilio (benzininio ir dyzelinio) būvio ciklo etapų poveikio aplinkai indikatoriai	40
16 pav. Skirtingų elektros energijos išteklių gamybos 1 kWh palyginimas.	41
17 pav. Lietuvos prognozuojamos elektros energijos sudėties poveikio kategorijų analizė.....	42
18 pav. Bendra elektromobilių ir vidaus degimo variklio automobilių daroma žala.....	45

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

CO₂ – anglies dvideginis;

EA – elektrinis automobilis;

ES – Europos Sąjunga;

ETP – elektrinė transporto priemonė;

HE – hidroelektrinė;

HEA – hidroakumuliacinė elektrinė;

JAV – Jungtinės Amerikos Valstijos;

KD – kietosios dalelės;

KDS – kietųjų dalelių susidarymas;

kWh – kilovatvalandė;

LR – Lietuvos Respublika;

NO₂ – azoto dioksidas;

NO_x – azoto oksidas;

SO₂ – sieros dioksidas;

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos;

TP – transporto priemonė;

VDV – vidaus degimo variklis;

VDVTP – vidaus degimo variklio transporto priemonė

Įvadas

Temos aktualumas

Transportas sudaro beveik ketvirtadalį Europos šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir yra pagrindinė priežastis sukelianti miestų oro taršą. Didžiuosiuose Europos miestuose fiksuojami vis didesni oro taršos rodikliai, o tuo pačiu ir didesni skaičiai žmonių, kurie apsinuodija būtent dėl prastos oro kokybės. Vienas iš Europos Sąjungos (ES) būdų kovoti su miestų tarša yra transporto elektrifikacija. Tam tikslui yra skatinamas elektromobilių ir hibridinių transporto priemonių naudojimas. Europos pastangos pasiteisina, kadangi elektra varomų automobilių skaičius ES šalyse kiekvienais metais auga, o taip pat ir Lietuvoje.

Tačiau elektromobilio generuojama tarša yra labai priklausoma nuo to, kokia elektros energija jis bus įkraunamas. Kiekvienas elektros energijos išteklius sukelia skirtingą taršą. Pavyzdžiui, vieni iš aplinkai blogiausių energijos išteklių yra pripažįstami anglies bei naftos išteklių. Daug geriau vertinami atsinaujinantys energijos išteklių (AEI), būtent juos ES ir skatina naudoti. Todėl elektromobilis gali daryti skirtingą taršą skirtingose šalyse, kadangi įvairiose valstybėse naudojami kitokie energijos išteklių.

Lietuva 2018 metais atnaujino Nacionalinę energetinės nepriklausomybės strategiją, kurioje yra pabrėžiamas spartus ir didelio masto perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo. Tikslai užsibrėžti iki 2050 metų. Tikimasi, kad 2050 metais elektros energijos, naudojamos transporto sektoriuje, AEI dalis sudarys 100 procentų (Lietuvos Respublikos seimas, 2018).

Šio darbo tikslas yra vadovaujantis Lietuvos Respublikos (LR) numatytais energetikos sektoriaus tikslais (iki 2050 m.) atlikti elektromobilio ir automobilio, su vidaus degimo varikliu, būvio ciklo įvertinimą, bei palyginti gautus skirtingų automobilių būvio ciklo įvertinimo rezultatus.

Temos naujumas

Tai yra pirmas toks palyginamasis elektromobilio būvio ciklo įvertinimo tyrimas Lietuvoje. Taip pat pirmas toks tyrimas, kur būvio ciklui naudojama dabartinė ir ateities šalies elektros energijos sudėtis, kuria bus įkraunamas automobilis.

Tyrimo objektas

Elektromobilis „Nissan Leaf“ ir jį atitinkančios klasės automobilis „Fiat Tipo“.

Tyrimo tikslas

Atlikti elektromobilio būvio ciklo įvertinimą Lietuvoje, atsižvelgiant į Lietuvos dabartinę ir ateities elektros energijos sudėtį.

Tyrimo uždaviniai

1. Atlikti elektromobilių plėtros Lietuvoje ir Europoje apžvalgą;
2. Atlikti ES ir Lietuvos elektromobilių teisės dokumentų apžvalgą;
3. Atlikti elektromobilių būvio ciklo įvertinimo mokslinių straipsnių analizę;
4. Atlikti elektromobilio būvio ciklo įvertinimą, remiantis LR Nacionalinėje nepriklausomos energetikos strategijoje pristatytais prognozėmis iki 2050 metų ir tuo pačiu atlikti pasirinkto elektromobilio klasę atitinkančio automobilio, su vidaus degimo varikliu, naudojančiu dyzelinį kurą ir benzininį kurą, būvio ciklo įvertinimą, ir palyginti gautus rezultatus;
5. Atlikti 1 kWh elektros energijos skirtingų šaltinių generuojamos taršos įvertinimą.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Transporto tarša

Transportas yra labai svarbi sritis tiek visuomenei, tiek ekonomikai. Mūsų gyvenimo kokybė priklauso nuo efektyvios ir prieinamos transporto sistemos. Tačiau, transportas taip pat yra pagrindinis taršos šaltinis ES ir prisideda prie oro taršos, klimato kaitos ir triukšmo didėjimo. Transportas taip pat užima didelius žemės plotus ir prisideda prie miestų plėtros bei buveinių susiskirstymo (European Comision, n.d.).

Kuro deginimas transporte ir tarptautinėje aviacijoje buvo vieninteliai sektoriai, kurie neprisidėjo prie šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisijų kiekio sumažinimo nuo 1990 m. iki 2016 m., o transporto sukeltų emisijų kiekis 2016 metais kilo trečius metus iš eilės (Eurostat, 2016). Tais pačiais metais transporto degalų deginimo metu sukeltų emisijų kiekis buvo antras pagal dydį po energetikos pramonės sektoriaus sukeltų emisijų kiekio (Eurostat, 2016).

Transportas taip pat sukelia didelę oro taršą, ypač tankiuose miestuose. Tokie oro teršalai, kaip kietosios dalelės (KD) ir azoto dioksidas (NO₂), kenkia žmonių sveikatai ir aplinkai. Transporto sektoriaus sukeliama oro tarša per paskutinį dešimtmetį sumažėjo. Tai lėmė įvairios priemonės: švaresnių technologijų naudojimas, kuro kokybės gerinimas, Euro klasės transporto priemonių emisijų standartų įvedimas. Nepaisant to, oro teršalų koncentracija vis tiek yra per aukšta (European Environment Agency, 2015).

Transporto tarša tampa vis aktualesnė problema, kadangi vis daugiau žmonių keliasi gyventi į urbanizuotas vietas, didžioji dauguma gyventojų dirba miestuose, tad net ir gyvendami priemiesčiuose sukelia suintensyvėjusį transporto srautą miestų centruose. O priemiesčių gyventojų kelionė automobilių prailgsta, nes nesibaigia miesto teritorijoje, todėl tokių gyventojų, dirbančių miestuose, tačiau gyvenančių priemiesčiuose, generuojama oro tarša tampa dar didesnė. Prognozuojama, kad 2050 metais beveik 70 % pasaulio populiacijos gyvens miestuose (United Nations, 2018). Todėl reikia prisitaikyti prie ateities tendencijų ir spręsti taršos problemas tankiai gyvenamose vietovėse, kad ši problema netaptų katastrofa.

Triukšmo tarša yra dar viena svarbi, su transportu susijusi, sveikatai žala daranti, problema. Kelių eismas yra labiausiai paplitęs garso šaltinis, paveikęs daugiau nei 100 mln. žmonių ES valstybėse. Pasak Pasaulio sveikatos organizacijos (angl. World Health Organisation), triukšmas yra antras po oro taršos pagal daromą žalą žmogaus sveikatai. Jis yra ne tik klausos praradimo, bet ir įvairių širdies ligų, vaikų mokymosi problemų ir miego sutrikimų priežastis (Samet & Woodward, 2018). 2011 metų gale Europos Komisija priėmė pasiūlymą dėl naujo reglamento, kuriuo siekiama sugriežtinti triukšmo standartus automobiliams, furgonams, sunkvežimiams ir autobusams.

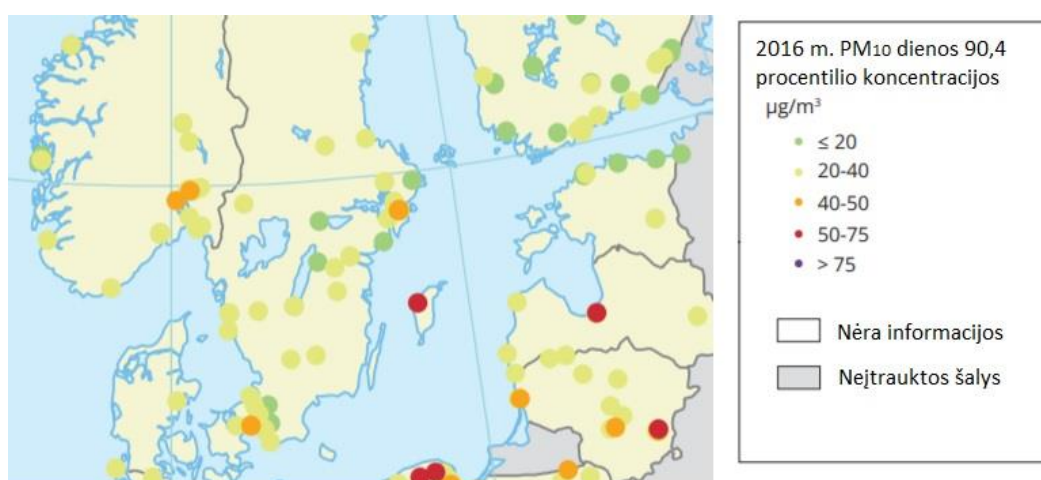
Londono Imperatoriškojo koledžo (angl. Imperial College London) mokslininkai (Smith et al., 2017) atliko tyrimą su daugiau nei pusę milijono kūdikių, norėdami išsiaiškinti Londono gatvių transporto priemonių sukeltų oro teršalų įtaką naujagimių augimui. Tyrimas parodė, kad miesto transporto priemonių išmetamų teršalų emisijų tarša neigiamai veikia vaisiaus augimą. Tai pasireiškia tuo, kad kūdikiai gimsta mažesnio, nei įprasta (mažiau nei 2,5 kg), svorio.

ES strateginiuose dokumentuose daugiausiai dėmesio skiriama transporto dekarbonizavimui. Europos Komisijos 2018 metų strategija „Švari mūsų visų planeta: strateginė klestinčios, modernios ir konkurencingos neutralaus poveikio klimatui Europos ekonomikos ateities vizija“, siekia apibūdinti perėjimą į „nulinę“ ŠESD emisijų koncentraciją turinčią ES, o tai pasiekti iki 2050 m. Strategijoje pabrėžiama, kad transporto sektoriuje reikia taikyti sisteminių požiūrį, jog svarbu pereiti prie mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančių transporto priemonių ir teršalų išmetimų neturinčių transporto priemonių. Taip pat pabrėžiama elektrifikacijos ir atsinaujinančių energijos išteklių svarba (European Environment Agency, 2015).

Europos regione kasmet įvyksta apie 100 tūkst. priešlaikinių suaugusių žmonių mirčių atvejų, susijusių su oro tarša. Kelių eismo sukelta tarša labai prisideda prie šios problemos (“Air pollution and climate change,” 2019). ES atlikti su oro tarša susijusio poveikio sveikatai skaičiavimai rodo, kad 2015 metų $KD_{2.5}$ koncentracijų sukeltų ankstyvų mirčių atvejų, dėl ilgalaikio poveikio, Europoje (41 šalyse) buvo apie 422000 atvejų. Taip pat buvo paskaičiuoti ankstyvų mirčių atvejai, kuriuos sukėlė NO_2 ir O_3 koncentracijos, o tokių mirčių atvejų buvo apie 79000 dėl NO_2 ir apie 17700 dėl O_3 . Lietuvoje 2015 metais ankstyvos mirties atveju dėl $KD_{2.5}$ buvo 2600, dėl NO_2 – 70, o dėl O_3 – 90 (European Environment Agency, 2015). KD_{10} ir $KD_{2.5}$ yra įkvepiamosios dalelės, kurios yra pakankamai mažos, kad prasiskverbtų į krūtinės ląstos kvėpavimo sistemą.

Įkvepiamų KD poveikis sveikatai yra gerai ištirtas. Jis atsiranda dėl trumpalaikio (valandų, dienų) ir ilgalaikio (mėnesių, metų) poveikio ir gali sukelti:

- kvėpavimo, širdies ir kraujagyslių ligas, pvz., astmą, kitas kvėpavimo takų ligas;
- padidėjusį mirtingumą dėl širdies, kraujagyslių, kvėpavimo takų ligų ir plaučių vėžio (Bae & Hong, 2018).



1 pav. KD_{10} , 2016 m. koncentracijos - dienos ribinė vertė. (European Environment Agency, 2015)

Lietuvoje didžiausios KD_{10} koncentracijos yra Vilniaus, Kauno ir Klaipėdos miestuose (1 paveikslas). Ribinė ES nustatyta KD_{10} vertė yra $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (EEA, 2016).

1.2. Elektrinės transporto priemonės

1.2.1. Elektrinių transporto priemonių tipai

Transporto priemonių gamintojai šiuo metu naudoja penkias pagrindines elektrinių transporto priemonių technologijas. Šios technologijos skiriasi atsižvelgiant į tai, kaip yra generuojama ir/arba įkraunama elektros energija, ir kaip sujungiamas vidinis elektros variklis ir degimo variklis (Transport and Environment, 2016).

1 lentelė. Automobilių tipai. Šaltinis (Transport and Environment, 2016)

Automobilio tipas	Privalumai	Trūkumai
Įprastinė transporto priemonė Įprastinės transporto priemonės su vidaus degimo varikliu (VDVTP) naudoja iškastinį kurą (pvz., benzina arba dyzeliną). Važiuodamos jos skleidžia triukšmą ir išmeta oro teršalus.	Didelis skirtingų modelių pasirinkimas; Daug degalinių	Išmetami teršalai; Priklausomybė nuo iškastinio kuro; Didelis variklio garsas; Mažas energijos vartojimo efektyvumas

1 lentelės tęsinys

<p>Grynasis (varomas tik elektros varikliu) elektromobilis</p> <p>Varomas tik elektros varikliu, naudojant elektros energiją, saugomą automobilyje esančioje baterijoje. Baterija turi būti reguliariai įkraunama, paprastai prijungiant transporto priemonę prie įkrovimo taško, prijungto prie vietinio elektros tinklo. Turi iš visų automobilių didžiausią varomųjų sistemų energijos vartojimo efektyvumą.</p>	<p>Didesnis efektyvumas; Galima pasikrauti namie/darbe; Mažas variklio garsas; Nėra išmetamųjų teršalų</p>	<p>Mažiau įkrovimo vietų; Ilgas įkrovimo laikas; Trumpas važiavimo atstumas</p>
<p>Hibridinis elektromobilis</p> <p>Jis sujungia vidaus degimo variklį ir elektrinį variklį, kuris padeda įprastiniam varikliui, pvz., automobilio pagreičio metu. Hibridinio elektromobilio akumuliatorius negali būti įkrautas iš tinklo, o dažniausiai kraunamas regeneracinio stabdymo metu arba kai automobilis važiuoja.</p>	<p>Didesnis efektyvumas; Daug degalinių</p>	<p>Išmetami teršalai; Priklausomybė nuo iškastinio kuro; Didesnis variklio garsas; Technologiškai sudėtingos</p>
<p>Kištukinis – hibridinis elektromobilis</p> <p>Varomas elektriniu varikliu ir vidaus degimo varikliu, sukurtais dirbti kartu arba atskirai. Akumuliatorius gali būti įkraunamas iš tinklo, o vidaus degimo variklis palaiko elektrinį variklį kai reikia didesnės darbinės galios arba kai akumuliatoriaus įkrova yra maža.</p>	<p>Didesnis efektyvumas; Galima įkrauti namie/darbe; Nėra išmetamųjų teršalų</p>	<p>Technologiškai sudėtingos</p>
<p>Prailgintos kelionės hibridinis elektromobilis</p> <p>Turi serijinę hibridinę konfigūraciją, kurioje jų vidaus degimo variklis neturi tiesioginio ryšio su ratais. Vietoj to degimo variklis veikia kaip elektros generatorius ir yra naudojamas elektros varikliui maitinti arba baterijai įkrauti, kai jis yra mažai įkrauta. Bateriją taip pat galima krauti iš tinklo. Todėl elektrinis variklis yra visiškai atsakingas už tiesioginį transporto priemonės maitinimą.</p>	<p>Didesnis efektyvumas; Galima įkrauti namie/darbe; Daug degalinių</p>	<p>Technologiškai sudėtingos</p>
<p>Kuro elementų elektrinės transporto priemonės</p> <p>Varomas tik elektra. Elektros energija nėra kaupiama didelėje akumuliatoriaus sistemoje, bet gaunama iš kuro elementų grupės, kuri naudoja vandenilį iš talpyklos kartu su deguonimi iš oro. Pagrindinis privalumas prieš BEV – ilgesnis važiavimo diapazonas ir greitesnis įkrovimas.</p>	<p>Didesnis efektyvumas; Mažas variklio garsas; Nėra išmetamųjų teršalų</p>	<p>Mažas komercinis prieinamumas; Mažai pasikrovimo vietų Technologiškai sudėtingos</p>

1.2.2. Akumulatoriai

Akumulatoriuose elektros energija pagaminama cheminių reakcijų būdu, kurių metu gaunami mažiau energijos turintys produktai. Gerai žinomas švino-rūgšties akumulatorius yra geras to pavyzdys ir yra dažnai naudojamas įprastinėse, benzinu varomose, transporto priemonėse varikliui užvesti. Populiari švino-rūgšties baterija yra sudaryta iš komplekto šešių 2-V elementų, kurie yra sujungti serijomis, kad būtų gauta 12-V baterija. Suderinama elektrodų pora arba plokštės yra sujungtos per sieros rūgšties elektrolitą ir išorinę vielą, per kurią elektronai gali judėti nuo vienos plokštės ant kitos. Šią grandinę užbaigia jonai, persikeliantys elementu per elektrolitą ir elektronai judantys per išorinę vielą nuo anodo iki katodo. Išsikrovusiame elemente tiek teigiami tiek neigiami elektrodai tampa švino sulfatu, o elektrolitas praranda daugumą savo sieros rūgšties ir tampa vandeniniu tirpalu. Įkrautame elemente yra neigiami švino ir teigiami švino oksido elektrodai, esantys sieros rūgšties elektrolite (Bansal, 2017).

Dabartinės elektrinės transporto priemonės yra varomos arba akumulatoriais, kaip ir prieš šimtmetį, arba kuro elementais. Svarbiausias skirtumas yra tas, kad tokių elektrinių transporto priemonių akumulatoriai yra ličio-rūgšties, o ne įprastiniai švino-rūgšties akumulatoriai. Tokie akumulatoriai mažiau teršia aplinką ir turi žymiai didesnę energijos tankį, gerokai ilgesnį naudojimo laiką ir galią, nei švino-rūgšties akumulatoriai (Bansal, 2017).

Trys pagrindiniai ličio baterijos komponentai yra teigiamas ir neigiamas elektrodai ir elektrolitas, kurie visi yra konceptualiai tokie patys kaip ir švino-rūgšties baterijoje, tačiau yra esminių skirtumų. Paprastai neigiamas elektrodas yra sudarytas iš anglies, teigiamas elektrodas – iš metalo oksido, o elektrolitas – tai ličio druska esanti organiniame tirpiklyje. Elektrodų elektrocheminės savybės yra grįžtamosios, priklausomai nuo srovės srauto elemente. Neigiamas elektrodas dažniausiai būna grafitas, o teigiamas sudarytas iš sumaišytų metalų oksidų, tokių kaip ličio kobalto oksidas. Organinės nevandeninės medžiagos, tokios kaip etileno karbonatas ir dietilo karbonatas, dažniausiai veikia kaip elektrolitai. Jie dažniausiai turi ličio perchlorato arba ličio tetrafluoroborato. Energijos tankis, įtampa, eksploatavimo laikas ir baterijos saugumas gali skirtis priklausomai nuo elemento konstrukcijos medžiagų. Litis, kaip pirmos grupės metalas yra labai reaktyvus, todėl gavęs kontaktą su vandeniu gali sukelti ugnį (Bansal, 2017).

1.2.3. Įkrovimo būdai

Vartotojams dėl riboto elektrinių transporto priemonių važiavimo diapazono yra labai svarbu, kokia technologija bus įkrauta jų transporto priemonė ir koks bus tam reikalingas laikas. Tik grynas elektromobilis ir kuro elementų elektromobilis yra visiškai priklausomi nuo įkrovimo infrastruktūros, tuo tarpu hibridinėms TP tai nėra taip svarbu, nes jos turi ir įprastinius vidaus degimo variklius.

Yra trys pagrindiniai elektromobilio įkrovimo būdai: kištukinis įkrovimas, baterijos keitimas arba belaidis įkrovimas.

Kištukinis įkrovimas

Kištukinis įkrovimas naudojamas daugumoje dabartinių elektromobilių Europoje. Automobiliai fiziškai prijungiami prie įkrovimo taško naudojant kabelį ir kištuką. Kištukinis įkrovimas gali būti bet kur, kur yra įkrovimo stotys: namuose, viešose vietose arba komercinėse ar privačiose valdose.

Elektromobiliai paprastai gali būti įkraunami naudojant įprastą namų kištukinį lizdą, bet tai yra lėtas procesas, nes įprasti buitiniai kištukiniai lizdai tiekia tik žemą elektros srovę. Tad tai gali užtrukti apie 8 valandas tipiniam įkrovimui ir tinka geriau naktiniam įkrovimui. Greitesnis kištukinis įkrovimas reikalauja specialios infrastruktūros. Iki šiol dauguma miesto, regioninio ar nacionalinio lygmens viešųjų kištukinių stočių siūlo tik įprasto greičio įkrovimą, tačiau Lietuvoje 2018 m. greito įkrovimo stočių jau buvo 84, vidutinio greičio – 69 (EAFO, 2019).

Akumulatoriaus keitimas

Akumulatoriaus keitimas apima panaudoto akumulatoriaus keitimą visiškai kitu, pilnai įkrautu akumulatoriumi specialiose keitimo stotyse. Tai greitas būdas sparčiai įkrauti transporto priemonę. Šiuo metu joks didelis tiekėjas Europoje nesiūlo akumulatoriaus pakeitimo būdo. Keletas kliūčių neleidžia plačiai naudoti akumulatoriaus keitimo technologijos, pavyzdžiui, tai, kad trūksta elektrinių transporto priemonių modelių, kuriems būtų įmanoma atlikti visišką baterijos pakeitimą, taip pat nėra standartinio tipo ar dydžio akumulatoriaus. Tam trukdo ir didelės akumuliatorių keitimo infrastruktūros sukūrimo išlaidos (Transport and Environment, 2016).

Belaidis įkrovimas

Belaidis įkrovimas, dar vadinamas indukcinio įkrovimu, nereikalauja fiksuoto fizinio ryšio tarp įkrovimo įrenginio ir transporto priemonės. Vietoj to, sistema sukuria lokalizuotą elektromagnetinį lauką aplink įkrovimo bloką, kuris įjungiamas, kai virš jo yra elektromobilis su atitinkamu padėklų. Šiuo metu belaidis metodas veikia tik keliose bandomosiose vietose ir bus naudojamas komerciniais tikslais (Transport and Environment, 2016).

1.2.4. Elektromobilių plėtra Europoje

Elektrinis judumas – tai viena iš prioritetinių ES sričių, kurios žiniomis ES dalinasi su valstybės narėmis. ES skatina elektrinį judumą per vietines, regionines ir nacionalines iniciatyvas, tokias kaip mažesni mokesčiai arba nemokamas viešasis automobilių stovėjimas elektromobiliams. ES taip pat skatina įvairias priemones, kuriomis siekiama padidinti išteklių naudojimo efektyvumą, rūšivimą, taip pat sumažinti priklausomybę nuo naftos, optimizuoti ir pagerinti transporto sistemų efektyvumą, plėtoti tvarų kuro naudojimą, didinti atsinaujinančios elektros energijos naudojimą ir pašalinti kliūtis transporto elektrifikacijai (Niestadt & Bjørnåvold, 2019).

Šiuo metu Europoje yra apie 450 tūkst. elektromobilių (2016 buvo tik 200 tūkst.), viena įkrovimo stotelė tenka keturiems automobiliams (EAFO, 2019). Populiariausias elektromobilio modelis Europoje (2019 m. sausio mėn.) – „Renault Zoe“, antroje – „Nissan Leaf“ (Pontes Jose, 2019).

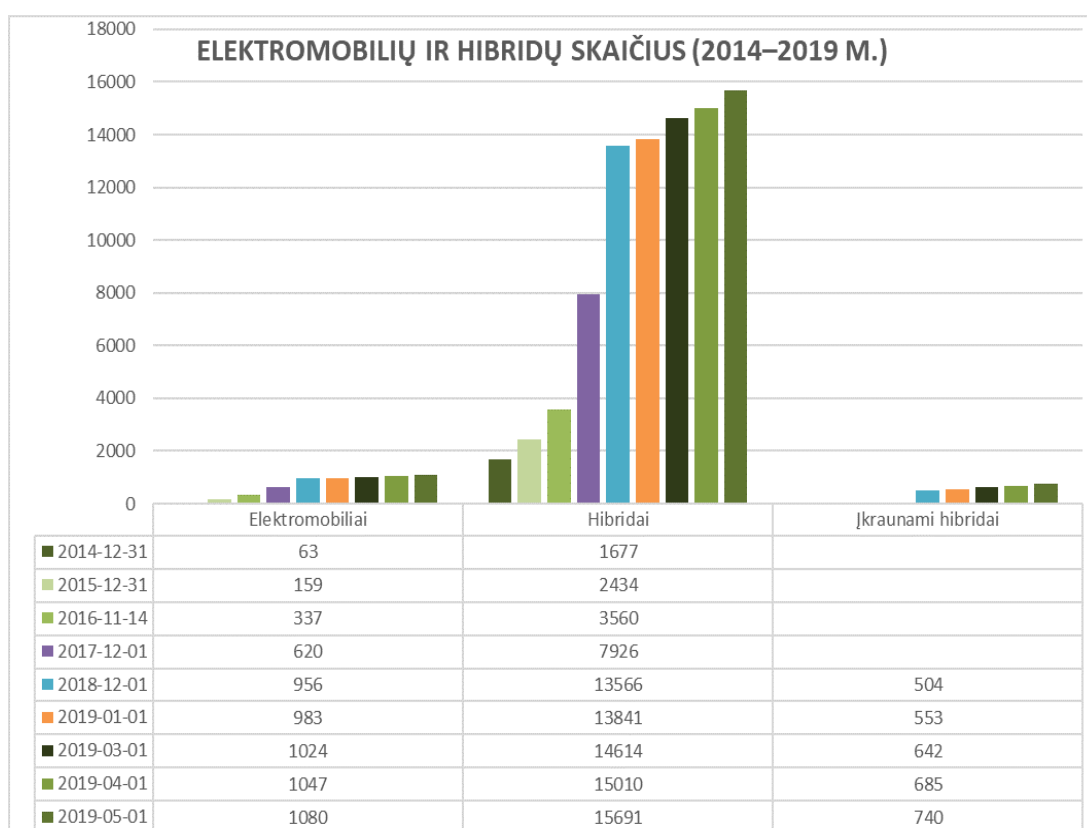
Įvairios, elektromobilius skatinančios, ES iniciatyvos:

- „AVERE“ – Europos elektrinio mobilumo asociacija (angl. The European association for electromobility), kurios tikslas yra sukurti stiprią elektrinio mobilumo pramonę, užtikrinti švarius, tylius ir sveikus miestus, skatinti energiją tausojantį transportą ir įgyti nepriklausomybę nuo iškastinio kuro. Asociacija turi narių 15-oje skirtingų valstybių, daugiausiai tose valstybėse, kurios pasižymi didžiausia elektromobilių plėtra – Norvegija, Prancūzija, Nyderlandai ir Belgija (AVERE, n.d.);
- „Horizontas 2020“ yra didžiausia ES mokslinių tyrimų ir inovacijų programa, kurios finansavimas per paskutinius 7 metus pasiekė 80 mlrd. eurų. „Horizontas 2020“ gauna politinę paramą iš Europos parlamento. Vienas iš „Horizonto 2020“ numatytų iššūkių – „Pažangus, ekologiškas ir integruotas transportas“. Šiam iššūkiui įveikti „Horizontas 2020“ suteiks finansavimą efektyviai išteklius naudojančiam transportui, sukurdamas tylesnius ir švaresnius automobilius („Smart, Green and Integrated Transport,” 2019);
- „Žalioji emocija“ (angl. The Green Emotion) – 2011 m. ES inicijuotas projektas, sėkmingai pasibaigęs 2015 metais. Projektas apibrėžė ir pavaizdavo Europos sistemą, kuri sujungia visus elektromobilio dalyvius, kad būtų užtikrinta vientisa, ekonomiška ir sąveikaujanti elektromobilio ekosistema (The Green eMotion project-preparing the future of European electromobility, 2015);

- Europos ekologiškų transporto priemonių iniciatyva (EETPI) – tai yra sutartinė viešojo ir privačiojo sektorių partnerystė, skirta kurti ekologiškas transporto priemones ir ateities mobilumo sistemos sprendimus, atitinkančius pagrindinius visuomenės, aplinkos ir ekonominius iššūkius. Ji buvo sukurta 2013 m., įgyvendinant „Horizontas 2020“ programą. Nustatydamas kokius tyrimai yra reikalingi, kad būtų pasiekti Europos transporto, energetikos ir aplinkosaugos politikos tikslai, EETPI prisideda prie bendro Europos tikslo dekarbonizuoti ES kelių transporto sektorių ir pasiekti ambicingą tikslą sumažinti transporto CO₂ emisijų kiekį 60 proc. iki 2050 m. palyginti su 1990 m., kaip numatoma 2011 metais išleistoje transporto „Baltojoje knygoje“ („EGVI,” n.d.).

1.2.5. Elektromobilių plėtra Lietuvoje

2019 m. gegužės 1 d. VĮ „Regitra“ duomenimis Lietuvoje buvo užregistruoti 1080 elektromobilių, 15619 hibridinių ir 740 įkraunamų hibridinių, M1 ir N1 klasės, automobilių (2 paveikslas). Populiariausias elektromobilio gamintojas Lietuvoje yra japonų firma „Nissan“ (54 %) (VĮ „Regitra“, 2019).

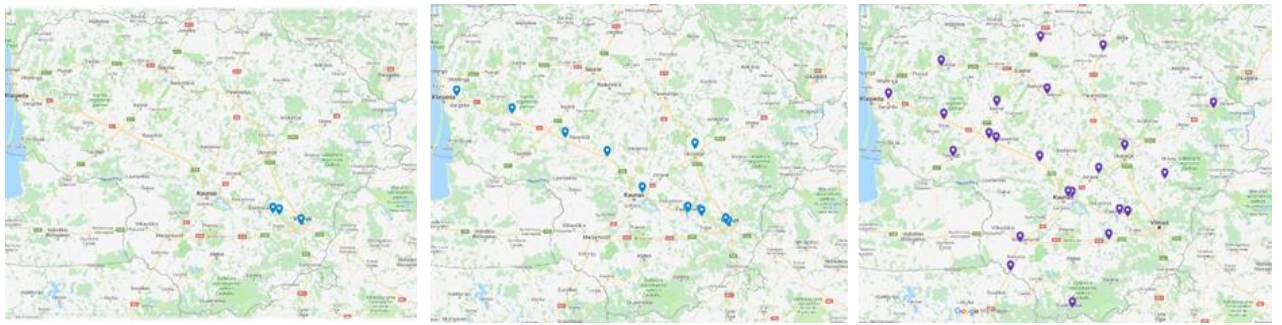


2 pav. Elektromobilių ir hibridinių automobilių skaičius Lietuvoje. (LR susiekimo ministerija, 2019)

Šiuo metu Lietuvoje yra įdiegtos šios elektromobilių naudojimą skatinančios priemonės (LR susiekimo ministerija, 2019):

- galimybė naudotis specialiai pažymėtomis maršrutinio transporto eismo juostomis Vilniaus mieste;
- įvažiavimo ir parkavimo rinkliavų lengvatos įvairiuose Lietuvos miestuose.

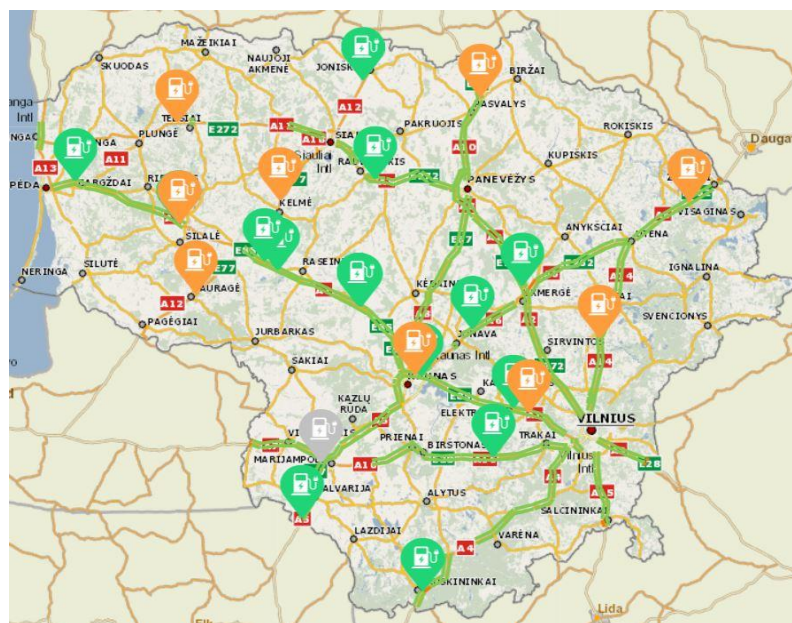
LR Viešosiose elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairėse nustatyti viešųjų elektromobilių įkrovimo prieigų įrengimo ir eksploatavimo reikalavimai ir rekomendacijos. 3 paveiksle pavaizduota infrastruktūros plėtros kaita 2014–2018 metais.



3 pav. 2014 m., 2017 m., 2018 m. elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtra valstybinės reikšmės keliuose. (LR susiekimo ministerija, 2019).

Viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros tikslas – kuriant ir plėtojant viešai prieinamą elektromobilių įkrovimo priegų tinklą Lietuvoje, skatinti naudotis elektromobiliais, siekiant sumažinti naftos produktų vartojimą transporto sektoriuje ir sušvelninti transporto poveikį aplinkai.

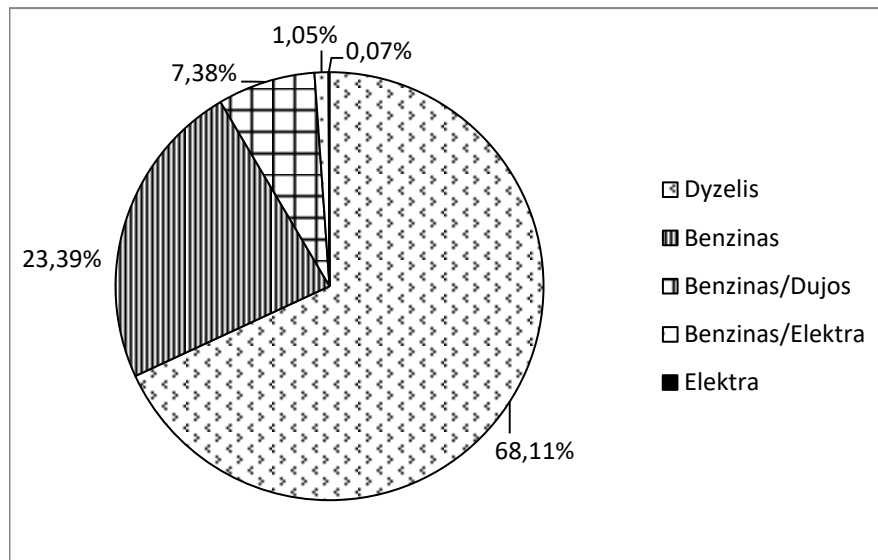
Informacinėje sistemoje www.eismoinfo.lt yra teikiama informacija apie elektromobilių įkrovimo priegų tipą, būseną ir užimtumą tikruoju laiku (4 paveikslas).



4 pav. Informacijos apie elektromobilių įkrovimo priegų tipą, būseną ir užimtumą žemėlapis. (<http://eismoinfo.lt>)

2012 metais LR Ūkio, Energetikos ir Susisiekimo ministerijų užsakymu buvo išleista „Kompleksinė elektromobilių transporto plėtros galimybių studija“, kurioje buvo nustatyta, kad vienas iš tikslų yra iki 2025 m. pasiekti, kad visi registruoti elektriniai automobiliai sudarytų 10 proc. visų per metus parduodamų naujų automobilių (LRŪM, 2012).

Lietuvoje taip pat veikia 2010 metais įsteigta Lietuvos elektromobilių asociacija. Asociacija vienija Lietuvos elektromobilių entuziastus ir įmones, besidominčias elektromobilių pritaikymu, perdarymu ir gamyba. Asociacija yra užsibrėžusi du tikslus: skatinti elektromobilių pramonę, bei jų platinimą Lietuvoje.







5 pav. Iš viso iki 2019-05-01 įregistruotų M1 klasės lengvųjų automobilių skaičius pagal degalų rūšį. (VĮ „Regitra“)

Elektromobilių infrastruktūros ženklimas

Elektromobilių įkrovimo infrastruktūros ženklimas plėtojamas vadovaujantis Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimu patvirtintomis Kelių eismo taisyklėmis (toliau – KET). Nuo 2013 m. sausio 19 d. KET įvesta elektromobilio sąvoka ir atsirado trys nauji ženklai, susiję su elektromobiliais (2 lentelė).

2 lentelė. Elektromobilių infrastruktūros ženklimas. Šaltinis (LR susisiekimo ministerija, 2019)

Ženkliai	Pavadinimas	Paaiškinimas
	Iš eilės: „Stovėjimo ribotą laiką vieta“, Stovėjimo vieta“ ir papildoma lentelė „Elektromobiliai“	Vietos, skirtos įkrauti Elektromobiliams ir kitoms elektros varikliais varomoms transporto priemonėms, ženklinamos šiais kelio ženklais ir papildomomis lentelėmis.
	„Išskyrus elektromobilius“	Gali būti numatytos tam tikros elektromobilių eismo ribojimo išimtys, naudojant kelio ženklų ir papildomos lentelės „Išskyrus elektromobilius“ derinius.
	„Elektromobilių įkrovimo vieta“	Informuoja vairuotoją apie netoliese esančią vietą, skirtą elektromobiliams ir kitoms elektros varikliais varomoms transporto priemonėms įkrauti.
	„A juosta“ ir „Elektromobiliai“	Įsigaliojimo KET pakeitimai dėl A juostos atvėrimo - maršrutiniam transportui skirtomis eismo juostomis (žymimomis „A“ raide), kurios papildomai pažymėtos elektromobilio simboliu, gali naudotis ir elektromobiliai:

Kauno Technologijos Universiteto mokslininkai (Raslavičius et al., 2015) atliko Lietuvos elektromobilių iššūkių ir galimybių apžvalgą. Apžvalgoje buvo atlikta stiprybių, silpnybių, galimybių ir grėsmių (SSGG) analizė (3 lentelė). Nors Lietuvos valdžia pasirinkusi atsargesnę perėjimo prie elektromobilių strategiją, SSGG analizė parodė, kad veržlios elektromobilių rinkos sukūrimas yra įmanomas. Tyrime teigiama, kad Lietuva turi galimybę pritraukti originalių detalių gamintojus statyti gamyklas, kurios galėtų gaminti elektromobilių baterijas arba kitas elektromobilio variklio dalis. Tačiau, pabrėžiama, kad tokios iniciatyvos kaip mokesčių lengvatos arba pajamų mokesčio lengvatos perkant elektromobilį bus reikalingos norint skatinti spartesnę elektromobilių plėtrą (Raslavičius et al., 2015).

3 lentelė. Elektromobilių SSGG analizės apžvalga. (Raslavičius et al., 2015).

<p>Stiprybės:</p> <ul style="list-style-type: none"> • stiprus verslas ir IT mokslų sritis; • stiprios elektromobilių ir transporto mokslo sritys; • kompetencija elektromobilių detalių gamyboje; • aktyvūs elektromobilių verslo dalyviai; • didelis automobilių skaičius Lietuvoje ir gyventojų įprotis vairuoti automobilius 	<p>Galimybės:</p> <ul style="list-style-type: none"> • oro ir garso taršos mažinimas; • priklausomybės nuo naftos mažinimas; • galimybė verslui ir mokslui įsitraukti į naują rinką; • galimybė padidinti elektrinio mobilumo plėtrą per kolektyvinius savivaldos veiksmus; • pagerinus vidaus degimo variklių užterštumo lygį iki 95 g CO₂/km iki 2020 m., priverstu elektromobilius pagerinti savo rodiklius, todėl tai padidintų jų rinkos plėtrą;
<p>Silpnybės:</p> <ul style="list-style-type: none"> • silpnas originalių detalių ir elektromobilių detalių gamintojų atstovavimas; • senų automobilių antrinė rinka; • maža gyventojų perkamoji galia; • aukštos pasaulinės elektromobilių ir jų baterijų kainos; • Lietuvoje nėra automobilių registracijos mokesčio, bet yra kiti automobilio ir numerių registracijos mokesčiai. Tačiau šie mokesčiai yra maži, todėl nesuteikia pranašumo elektromobiliams; • nedidelis transporto priemonių apmokestinimas; • kompetencijų ir iniciatyvių trūkumas daugumoje savivaldybių, nes nėra bendros elektromobilių politikos ir strategijos 	<p>Grėsmės:</p> <ul style="list-style-type: none"> • konservatyvus politikų požiūris; • reikalingos didelės valstybės investicijos elektromobilių infrastruktūrai; • vis dar kintanti ir neapibrėžta elektromobilių rinka; • šalyje dauguma mechanikų specializuojasi tik vidaus degimo variklių automobiliuose; • netikrumas dėl senų elektromobilių modernizavimo rinkos, nes yra grėsmė, kad seni elektromobiliai bus brangesni negu vidaus degimo variklio automobiliai; • visuomenės informavimo trūkumas gali lemti atmetimo reakciją; • pasaulyje esančios alternatyvaus kuro transporto priemonės: biokuro, vandenilio, biodujos ir kt.

1.3. Elektromobilių įtaką elektros įkainiui

Mokslininkai (Lowell, Jones, Seamonds, & M.J., 2016) išanalizavo elektromobilio daromą įtaką penkiose JAV valstijose ir nustatė, kad elektromobilis teikia naudą ne tik jų turėtojams, dėl kuro ir remontų išlaidų sutapymo, ar visuomenei – dėl sumažėjusių CO₂ emisijų kiekio, bet šios transporto priemonės naudingos ir mokantiems mokesčių už elektrą, kadangi sumažėja fiksuotas mokesčio tarifas. Tyrime taip pat buvo išsiaiškinta, kad tam tikrais atvejais, mokesčių mokėtojai gali gauti daugiau naudos nei elektromobilių savininkai. Pavyzdžiui, Niujorke atliktas tyrimas nustatė, kad naudojant elektromobilį galima sutapyti 265 dolerius per metus: 18 dolerių sutaupyti savininkas, 166 dolerius mokesčių mokėtojas ir 81 dolerį sutaupyti visuomenė, dėl sumažėjusio CO₂ emisijų kiekio (Lowell et al., 2016).

Visuomenėje yra susidariusi klaidinga nuomonė, kad plačiai paplitęs elektromobilių įkrovimas sukels elektros tinklo apkrovą ir todėl padidės elektros kaina. Tačiau, mokslinių tyrimų ir

konsultacijų įmonė „Synapse Energy Economics“ atliko analizę, kurioje nustatė, kad realybėje yra visai kitaip – elektromobiliai mažina elektros tarifo kainą, nes dažniausiai jie įkraunami nakties metu, kai žmonės jau miega ir yra prieinamas didesnis elektros pajėgumas. Tai reiškia, kad nėra daug ribinių išlaidų, susijusių su elektromobilių įkrovimu, tačiau egzistuoja didelės naujos pajamos (pinigai, kurie kitu atveju atitektų naftos įmonėms), kurios grįžta atgal klientams mažesnių tarifų ir sąskaitų pavidalu (Frost, Whited, & Allison, 2019). „Synapse“ išanalizavo dvi JAV elektros energijos gamintojas, aplink kurias yra didžiausias elektromobilių srautas, kad nustatyti jų poveikį elektros tinklams ir elektros tarifo dydžiui jų klientams. Buvo įvertintos abiejų gamintojų pajamos ir sąnaudos, susijusios su elektromobiliais, nuo 2012 m. iki 2017 m. Tyrėjai įvertino naujas pajamas, gautas iš elektromobilių savininkų su išlaidomis energijai, reikalingai įkrauti elektromobilius, taip pat išlaidas, susijusias su tinklų atnaujinimais, bei išlaidas, susijusias su programom, reikalingoms elektromobilių įkrovimo stotelėms. Buvo nustatyta, kad elektromobilių vairuotojai iš viso prisidėjo 322 mln. JAV dolerių daugiau nei, kad susidariusios išlaidos. Likusių pinigų elektros gamintojai pasilikti negali, nes pinigai turi būti automatiškai gražinti mokesčių mokėtojams mažesnių sąskaitų ir tarifų pavidalu, kaip jau buvo minėta prieš tai (Frost et al., 2019).

1.4. Elektrinėms transporto priemonėms taikomi teisės aktai

1.4.1. Europos Sąjungos teisiniai dokumentai

Europos Sąjunga siekia pagerinti gyventojų gyvenimo kokybę ir sustiprinti ekonomiką skatinant tvarų miestų judumą ir didinant švarią energiją naudojančių transporto priemonių skaičių. Todėl pastaraisiais metais atsirado naujų politinių iššūkių: klimato kaita, energetikos politika, oro kokybės teisės aktai, spūstys miestuose. Dabar ES tikslas yra padidinti judumą, tuo pačiu mažinant spūstis, nelaimingus atsitikimus ir taršą Europos miestuose.

ES Direktyva 2009/33/EB

2009 metais Europos Bendrija išleido direktyvą 2009/33/EB, dėl skatinimo naudoti netaršias ir efektyviai energiją vartojančias kelių transporto priemones.

ES strategija „Transporto baltoji knyga“

2011 metais Europos Komisija priėmė veiksmų planą 40-čiai naujų iniciatyvų ateinančiam dešimtmečiui, konkurencingos, efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos, transporto sistemos kūrimui. Šių iniciatyvų tikslas yra sumažinti Europos priklausomybę nuo importuojamos naftos ir sumažinti anglies emisijų kiekį 60 procentų iki 2050 m. Tam tikslui viena iš svarbesnių užduočių yra, kad miesto transporto sistemose nebeliktų įprastinį kurą naudojančių automobilių, o vietoj jų būtų naudojamos elektrinės transporto priemonės, kadangi jos išspręstų miestų oro taršos ir triukšmo problemas (European Commission, 2011).

Miesto judumo paketas

2013 m. Europos Komisijos patvirtintas Miesto judumo paketas nustatė Darnaus judumo mieste planų koncepciją, kurioje aprašomi pagrindiniai modernios ir darnios susisiekimo sistemos plėtros bruožai.

ES Švarios transporto energijos paketas

Švarios transporto energijos paketo tikslas yra palengvinti Europos bendros alternatyvių degalų rinkos plėtrą. Tam buvo priimtas komunikatas, kuriuo nustatoma išsami Europos alternatyvių degalų strategija, kurioje numatoma pakeisti naftą, kaip energijos šaltinį, visose transporto priemonėse (KOM/2013/017, „Transportui

– švari energija. Europinė alternatyviųjų degalų strategija“. Šiam paketui priklauso ir direktyva 2014/94/ES, kuri yra aptarta žemiau.

ES Direktyva 2014/94/ES

Ši, galutinė direktyva, dėl alternatyviųjų degalų infrastruktūros diegimo, kurią Europos Parlamentas ir Taryba priėmė 2014 m., reikalauja, kad valstybės narės parengtų nacionalines politikos kryptis alternatyviųjų degalų ir jų infrastruktūros rinkos plėtrai. Šioje direktyvoje apibrėžiama kas yra alternatyvieji degalai: elektra, vandenilis, biodegalai, sintetiniai degalai ir parafininis kuras, dujinės ir suskystintos būsenos gamtinės dujos ir suskystintos naftos dujos. Kiekviena valstybė narė patvirtina nacionalinę alternatyviųjų degalų transporto sektoriuje rinkos plėtojimo ir atitinkamos infrastruktūros diegimo politikos sistemą. Direktyvoje taip pat numatoma, kad valstybės narės iki 2021 metų įsipareigoja, kad būtų įrengtas tinkamas viešųjų įkrovimo prieigų skaičius, siekdamas užtikrinti, kad elektromobiliai galėtų judėti bent miestų ir (arba) priemiesčių aglomeracijose bei kitose tankiai gyvenamose vietovėse ir atitinkamais atvejais, valstybių narių nustatytuose tinkluose.

Remiantis šia direktyva, tinkamas vidutinis įkrovimo prieigų skaičius turėtų būti toks, kad bent vienai įkrovimo prieigai tektų 10 automobilių, taip pat būtina atsižvelgti į automobilio tipą, įkrovimo technologiją ir prieinamas privačias įkrovimo prieigas (ES Parlamentas, 2014).

Europos mažos taršos judumo strategija

2016 metais išleista Europos mažos taršos judumo strategija pabrėžia viešai prieinamo elektromobilių įkrovimo svarbą. Taip pat siūlo, kad būtų skatinamas elektromobilių naudojimas, o įkrovimo infrastruktūra turi tapti plačiai prieinama visoje Europoje (ES Parlamentas, 2016). ES yra numačiusi strateginį tikslą iki 2030 m. sumažinti įprastinių transporto priemonių su vidaus degimo varikliais naudojimą per pusę, o iki 2050 metų jų visai atsisakyti (ES Parlamentas, 2014).

Direktyva 2018/844/ES

Pastatų energinio naudingumo direktyvoje reikalaujama, kad į visus naujus negyvenamuosius pastatus (pvz., prekybos centrus), taip pat esamuose pastatuose, kuriuose vyksta esminės renovacijos ir kuriuose yra daugiau kaip 10 automobilių stovėjimo vietų, būtų įrengtas bent vienas elektros įkrovimo punktas. Be to, direktyvoje reikalaujama, kad bent vienas iš šių penkių, ne gyvenamųjų pastatų, automobilių stovėjimo vietų būtų iš anksto įrengtos su elektros kabelių vamzdžiais, kurie leistų įdiegti elektromobilių įkrovimo taškus (ES Parlamentas, 2018).

1.4.2. Lietuvos Respublikos teisiniai dokumentai

Viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairės

2015 m. pagal ES direktyvą 2014/94/ES, LR patvirtinto Viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairės. Viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros tikslas – kuriant ir plėtojant viešai prieinamą elektromobilių įkrovimo prieigų tinklą Lietuvoje, skatinti naudotis elektromobiliais, siekiant sumažinti naftos produktų vartojimą transporto sektoriuje ir sušvelninti transporto poveikį aplinkai. Viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtra prisidės prie rekomenduojamo rodiklio pasiekimo, kad iki 2020 m. visi įregistruoti elektromobiliai Lietuvoje sudarytų 5 proc. visų per metus parduodamų naujų automobilių, o 2025 m. – 10 proc (LR Susiekimo ministerija, 2015).

Siekiant viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros tikslo, numatoma:

- šalia kelių, priklausančių transeuropiniam transporto tinklui, ir šalia kitų valstybinės reikšmės kelių iki 2020 m. įrengti ne mažiau kaip 19 veikiančių viešųjų didelės galios elektromobilių įkrovimo prieigų, o iki 2022 m. – ne mažiau kaip 28 vnt.;
- Lietuvos miestuose ir priemiesčių aglomeracijose, kuriose gyvena daugiau kaip 25 tūkst. gyventojų, iki 2020 m. pabaigos įrengti ne mažiau kaip 100 veikiančių viešųjų elektromobilių įkrovimo prieigų.

Darnaus judumo mieste planų rengimo gaires

2015 metais LR priimtose darnaus judumo mieste planų rengimo gairėse, kuriose (LR Susiekimo ministerija, 2015):

- numatoma kaip bus kuriama ir plėtojama elektromobilių įkrovimo infrastruktūra (vietinės reikšmės viešuosiuose keliuose rekomenduojamų įrengti viešųjų elektromobilių įkrovimo prieigų planai, viešųjų stotelių įrengimas);
- atlikta elektromobilių ir kitų alternatyviais degalais varomų transporto priemonių parko ir jų įkrovimo / papildymo infrastruktūros plėtros analizė (schemos, priemonių planai, kt.);
- nurodyta, kokios yra vykdomos ir numatomos taikyti skatinimo priemonės naudoti elektromobiliais (nemokamas elektromobilių statymas, nuolaidos statant elektromobilius, viešojo transporto arba atskirų eismo juostų atvėrimas elektromobiliams, atskiros vietos, skirtos tik elektromobiliams statyti ir įkrauti, leidimai įvažiuoti į tam tikras zonas, gatves, kur degalais varomų transporto priemonių eismas ribojamas ir kt.).

1.5. Elektros energijos šaltinių įtaka elektromobilių poveikiui aplinkai

Vienas pagrindinių aspektų, kuris lemia ar elektromobilis neterš aplinkos yra tai, kokia elektros energija jis bus įkrautas. Kai elektromobilis įkraunamas elektra, išgauta iš atsinaujinančių energijos išteklių (AEI), jis sumažina globalinį atšilimo potencialą nuo 20–24 % palyginti su benzinine vidaus degimo variklio TP (VDVTP) ir nuo 10–14 % palyginti su dyzelinio vidaus degimo variklio TP, kuomet transporto priemonės nuvažiuotas atstumas yra 150000 km (Hawkins, Singh, Majeau-Bettez, & Strømman, 2013). Siūloma atsisakyti elektrinių transporto priemonių plėtros, kur elektros energija išgaunama iš naftos, anglies ar lignito, o elektros energijos naudojimo transporte reglamentavimas turi nusakyti aiškias politikos formavimo tendencijas gaminti energiją iš atsinaujinančių energijos šaltinių, bei norint įvertinti transporto poveikį aplinkai, pasitelkti būvio ciklo vertinimo požiūrį (Hawkins et al., 2013).

Transporto sektoriuje elektromobiliai yra pripažįstami kaip naujas technologinis pavyzdys, kuris gali išspręsti aplinkosaugines problemas, susijusias su vidaus degimo variklių transporto priemonėmis. Tačiau elektromobilių daromas poveikis aplinkai yra tiesiogiai susijęs su tos šalies, kurioje bus eksploatuojamas automobilis, elektros energijos sudėtimi. Šalyse, kuriose nėra netaršių energijos šaltinių, elektromobiliai gali būti netinkamas sprendimas norint sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį (Woo, Choi, & Ahn, 2017). Pietų Korėjos ir JAV mokslininkai (Woo et al., 2017) atliko analizę, kurioje stebėjo elektromobilių išskiriamų ŠESD emisijų kiekį 70-yje skirtingų valstybių, atsižvelgdami į kiekvienos valstybės elektros energijos sudėtį ir duomenis palygino su vidaus degimo variklio automobilių ŠESD emisijų kiekiu. Mokslininkai nustatė, kad elektromobilis išmes daugiausia ŠESD emisijų tose šalyse, kur energija išgaunama iš iškastinio kuro, palyginti su tomis valstybėmis, kur naudojama atominė arba atsinaujinančių išteklių energija, o elektromobilis, kuris naudos naftos ir anglies elektros energiją, išmes didesnes ŠESD vertes negu įprastinis vidaus degimo variklio automobilis (Woo et al., 2017).

Italų mokslininkams (De Luca, Fabozzi, Massarotti, & Vanoli, 2018) atlikus mažo Italijos miestelio, kuriame yra prognozuojamas pagaminamos energijos kiekis ir išteklių rūšys iki 2030 metų, scenarijaus taršos skaičiavimus, buvo nustatyta, kad jeigu miestelis energijai išgauti naudotų vien atsinaujinančius energijos išteklius ir naudotų elektrą naudojančią viešąjį transportą, būtų sumažintas metinis CO₂ emisijų kiekis (De Luca et al., 2018). Kiti italų mokslininkai (Faria et al., 2013) atliko elektromobilio būvio ciklo įvertinimą trijose skirtingose valstybėse (Lenkijoje, Prancūzijoje ir Portugalijoje) ir nustatė, kad didžiausią taršą elektromobilis darys Lenkijoje, kur didžiąją dalį elektros energijos šaltinių sudaro anglis, o mažiausią taršą jis darys Prancūzijoje, kur didžioji dalis elektros energijos yra išgaunama iš atominės elektrinės (Faria et al., 2013).

Kitas tyrimas buvo atliktas Rumunijoje – šios valstybės valdžia nori pereiti nuo vidaus degimo variklio automobilių prie elektrinių automobilių (EA), tačiau atlikus jų CO₂ emisijų įvertinimą atsižvelgiant į Rumunijos elektros energijos sudėtį (anglis - 42 %, AEI – 26 %, gamtinės dujos – 17 %, atominė – 13 %, kita – 2 %), buvo nuspręsta, kad jeigu šalis nepadidins AEI (vėjo ir hidroenergijos) dalies savo bendroje energijos sudėtyje, perėjimas prie elektromobilių norint sumažinti CO₂ emisijas neduos norimų rezultatų (Varga, 2013).

Dvi didžiausios pasaulio teršėjos yra JAV ir Kinija, tad elektromobilių rinka šiose valstybėse itin potenciali. Elektromobilio ŠESD emisijų ir oro teršalų (NO_x, SO₂, KD₁₀ ir KD_{2.5}) kuro ciklo analizės Kinijoje ir JAV rezultatai parodė, kad elektromobilio kuro ciklo emisijų kiekis priklauso nuo anglies kiekio elektros energijos šaltiniuose ir netaršios elektros energijos naudojimo, o tai itin skiriasi įvairiuose tirtuose regionuose. Elektromobilis tuose regionuose (pvz. Kalifornijoje), kuriuose yra maža dalis elektros, išgaunamos iš anglies, gali žymiai sumažinti ŠESD emisijų ir oro teršalų emisijų kiekį (išskyrus KD) palyginti su įprastinėmis, vidaus degimo variklio, transporto priemonėmis. Tuose Kinijos ir JAV vidurio vakarų regionuose, kuriuose dominuoja iš anglies išgauta elektros energija, elektromobilis gali sumažinti ŠESD emisijų kiekį, bet gali padidinti kitų išmetamų oro teršalų kiekį. Nustatyta, kad galima sumažinti ŠESD ir oro teršalų emisijas 60-85 proc., ten kur elektromobilis bus įkrautas elektra, kuri bus pagaminta iš energijos, kurioje AEI dalis sudaro 80%, arba elektra, kuri bus pagaminta iš geriausiai prieinamų anglies elektrinių technologijų (Huo, Cai, Zhang, Liu, & He, 2015).

Brazilijos mokslininkai atliko tyrimą (de Souza et al., 2018), kuriame atliko penkių skirtingų automobilių (elektromobilio, hibridinio elektromobilio ir įprastinių automobilių, su vidaus degimo varikliais (benzininis, dyzelinis, naudojantis etanolį ir naudojantis benzino ir etanolio mišinį), būvio ciklo įvertinimą, o rezultatus palygino. Rezultatai parodė, kad automobiliai, kurie naudoja etanolį, turi didesnes rūgštėjimo ir fotocheminės oksidacijos vertes. Automobiliai, kurie naudoja benzina, turi didesnes abiotinio ir iškastinio kuro eikvojimo, bei globalinio atšilimo potencialo reikšmes. Transporto priemonės, kurios naudojo ličio jonų baterijas turėjo didžiausias toksiškumo žmonėms reikšmes. Elektromobilis turėjo bendrą mažiausią poveikį aplinkai. Mokslininkai vietinei valdžiai siūlo padidinti elektromobilių plėtros finansavimą, kadangi šalies elektros energijos sudėtis pagrįdė išgaunama iš atsinaujinančių energijos išteklių (de Souza et al., 2018).

Kauno Technologijos Universiteto mokslininkai (Kliucinikas, L. et al, 2012) atliko alternatyvų kurą naudojančių miesto autobusų ir troleibusų būvio ciklo įvertinimą. Tyrime analizuotos transporto priemonės: dyzelinis autobusas, iš mazuto išgautą elektros energiją naudojantis troleibusas, iš gamtinių dujų išgautą elektros energiją naudojantis troleibusas, suspaustas gamtines dujas naudojantis autobusas ir suspaustas biodujas naudojantis autobusas. Tyrimui buvo pasirinkta „ReCipe Endpoint“ metodas, kuomet visi aplinkos poveikio indikatoriai susisteminami į tris poveikio kategorijas: poveikis žmogaus sveikatai, ekosistemoms ir ištekliams. Visose trijose poveikio kategorijose troleibusai turėjo mažiausias vertes. Dėl didelių KD, NO_x ir CO išmetimų, didžiausią poveikį žmogaus sveikatai darys dyzelinis autobusas. Ekosistemoms ir ištekliams didžiausią poveikį darys suspaustas biodujas naudojantis autobusas. Tyrime nustatyta, kad biodujos,

naudojamos autobusams ir iš gamtinių dujų išgauta elektra, naudojama troleibusams, yra mažiausiai taršios aplinkai kuro rūšys Kauno mieste (Kliucininkas, Matulevicius, & Martuzevicius, 2012).

1.6. Atsinaujinantys energijos ištekliai

Atsinaujinančios energetikos kiekis ES auga – 2005 m. jos kiekis buvo 9 proc., o 2016 – 17 proc. (Eurostat, 2016). ES 2020 strategijos tikslas yra iki 2020 m. šį procentą padidinti iki 20 %. Transporto sektoriuje 2016 m. atsinaujinančios energijos dalis pakilo iki 7,1 % nuo 1,8 % (2005 m.), o tikslas yra iki 2020 metų pasiekti 10 %.

1.6.1. Atsinaujinančių energijos išteklių rūšys

Įprastiniai energijos šaltiniai, kurių pagrindas yra nafta, anglis ar gamtinės dujos, yra veiksmingi ekonominiam progresui. Tačiau, sparčiai mažėjant įprastinės energijos šaltiniams ir didėjant energijos poreikiui, pasaulinis pirminės energijos suvartojimas 2012 metais išaugo 1,8 %. Dėl tam tikrų aplinkosauginių problemų daugelis organizacijų intensyviai skatina įvairius mokslinius tyrimus efektyvesnėms ir ekologiškesnėms jėgainėms, kad jos galėtų naudoti pažangesnes technologijas. Kadangi susirūpinimas aplinkos apsauga didėja, daugėja švarių kuro technologijų ir naujų energijos rūšių tyrimų. Iškastinio kuro ir atsinaujinančios energijos kainos, socialinės ir aplinkosauginės sąnaudos kinta skirtingai, o ekonominės ir politinės priemonės, reikalingos plėsti tvarią AEI plėtrą jau plačiai kuriamos. Todėl energijos sektoriaus augimas ateityje bus sudarytas pagrindu iš atsinaujinančios energijos. Dėl to, perėjimas prie AEI gali padėti pasiekti du tikslus: sumažinti ŠESD kiekį, o tuo pačiu sumažinant ekstremalaus oro ir klimato galimą poveikį ir užtikrinti patikimą, laiku pasiekiamą ir ekonomišką energijos tiekimą (Ellabban, Abu-Rub, & Blaabjerg, 2014).

Dažniausiai naudojamos atsinaujinančios energijos išteklių rūšys:

Saulės energija. Gali būti dviejų tipų: aktyvi ir pasyvi. Pasyvi saulės energija tiesiogiai ir netiesiogiai naudoja saulės šilumą. Netiesioginis energijos naudojimas yra galimas tik pastatams ar statiniams. Pietinė pastato pusė gauna didžiausią saulės spindulių kiekį. Aktyvi saulės energija yra saulės elektromagnetinės spinduliuotės naudojimas elektros energijos gamybai (Ellabban et al., 2014).

Vėjo energija. Vėjas, judantis dėl atmosferos oro, yra kitas būdas generuoti energiją. Saulė taip pat šildo atmosferą, o tai sukelia vėją. Šis reiškinys vyksta ir debesuotomis dienomis ir lietingais sezonais. Efektyviam vėjo turbinų mechanizmo veikimui labai svarbu yra jų įrengimo vieta. Vėjas, patekęs į turbinos ašmenis, paverčiamas į mechaninę energiją kuri po to tiekama į elektros generatorių (Ellabban et al., 2014).

Biomasės energija. Biomasė yra svarbiausias, dėl žemės ūkio atsiradęs, energijos gamybos šaltinis. Biomasės energija – tai kuras, pagamintas iš augalų ir gyvūnų atliekų. Biomasei priskiriamos ir komunalinės kietosios atliekos. Biomasė – tai išteklius, kuris yra organinė medžiaga, kurioje saulės energija yra saugoma cheminėse jungtyse. Kai anglies, vandenilio ir deguonies molekulių ryšiai suskaidomi virškinimo, degimo arba skilimo metu, šios medžiagos išleidžia sukauptą energiją (Ellabban et al., 2014).

Geotermine energija. Geotermine energija yra šiluma, gaunama iš Žemės. Geoterminės energijos ištekliai gali būti sekli žemė, karštas vanduo, karštos uolos, esantys kelios mylios žemiau žemės paviršiaus, arba dar žemiau esanti magma, kur yra labai aukštos temperatūros (Ellabban et al., 2014).

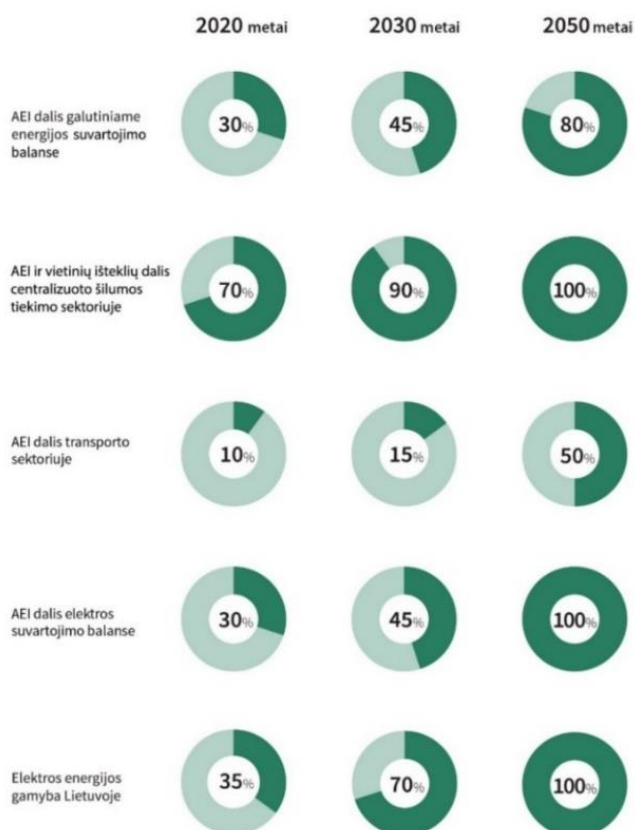
Hidroenergija. Hidroenergija naudoja vandens srautą, kad sukurtų turbinas elektros gamybai. Sukamos turbinos generuoja elektros energiją (Ellabban et al., 2014).

1.6.2. LR atsinaujinančių energijos išteklių teisiniai dokumentai

Nacionalinė Energetinės Nepriklausomybės Strategija

LR Seimas 2012 metais patvirtino Nacionalinę Energetinės Nepriklausomybės Strategiją, kurios naujausia suvestinė redakcija buvo atnaujinta 2018 metų antroje pusėje. Joje buvo išsikelti keturi tikslai: konkurencingumas, patikimumas, šalies verslo dalyvavimas siekiant energetikos pažangos ir **įtakos klimato kaitai ir aplinkos oro taršai mažinimas**. Strategijoje išdėstoma, kad atsinaujinantys energijos ištekliai laikomi perspektyviausiais energijos šaltiniais norint plėsti vidaus energijos gamybą, todėl tolesnė AEI plėtra ir energijos vartojimo efektyvumo didinimas, kurie turės derėti su aplinkos oro taršos mažinimu, bus skatinami finansinėmis ir nefinansinėmis priemonėmis. Vienas iš tikslų yra, kad 2020 metais elektros energija iš AEI sudarys 30 % šalies bendrai suvartojamos galutinės elektros energijos, 2030 metais – 45 %, o 2050 metais – 100 %. Energija iš atsinaujinančių energijos išteklių taps pagrindinė visuose sektoriuose: **transporto, elektros**, šilumos ir vėsumos energijos gamybos (6 paveikslas) (LR Energetikos ministerija, 2018).

Strategija, kaip vieną iš tikslų įgyvendinimo galimybių, pateikia transporto elektrifikavimą, kuris sumažintų išmetamų ŠESD emisijų ir aplinkos oro teršalų kiekį, importuojamo iškastinio kuro poreikį ir galėtų padidinti sukurtos infrastruktūros panaudojimą (LR Energetikos ministerija, 2018).



6 pav. Siekiami rezultatai Lietuvos energetikos sektoriuje 2020, 2030 ir 2050 metais. (LR energetikos ministerija, 2018)

LR Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas

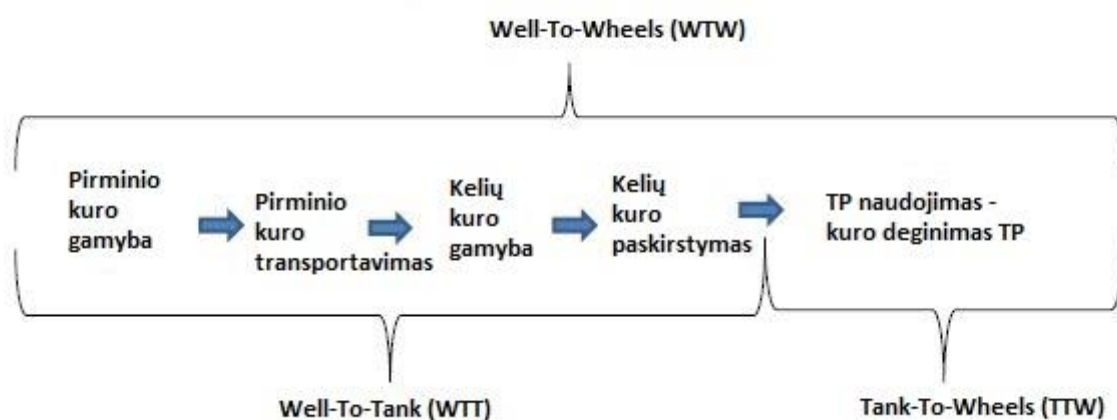
Šiame teisės akte, išleistame 2011 m., įvardijamos AEI sektoriaus valdymo srities institucijos, kurios yra atsakingos už šio įstatymo kontrolę ir valdymą ir įvardytos jų pareigos. Įstatyme taip pat nustatyti elektros

energijos gamybos iš AEI skatinimo, planavimo ir plėtros būdai. Pabrėžiama, kad savivaldybės turi kurti infrastruktūrą, reikalingą atsinaujinančių išteklių energiją, vandenilį ir elektros energiją naudojančių transporto priemonių naudojimo plėtrai (Lietuvos Respublikos Seimas, 2011).

1.7. Transporto priemonių būvio ciklo įvertinimas

Pastaraisiais metais automobilių pramonėje pastebima vis daugiau įvairių aplinkos taršos įvertinimo metodų. Šios transporto priemonių pramonės įmonės vis dažniau naudoja kuro būvio ciklo analizę „Well-To-Wheel“ (WTW), kuri leidžia įvertinti kuro gamybos ir naudojimo metu susidariusių energijos sąnaudų ir ŠESD emisijų kiekį (Chiara and Pellicelli, 2016; JEC, 2015).

WTW metodu kuro analizė atliekama dvejais etapais: „Well-To-Tank“ (WTT) ir „Tank-To-Wheel“ (TTW) (7 paveikslas).



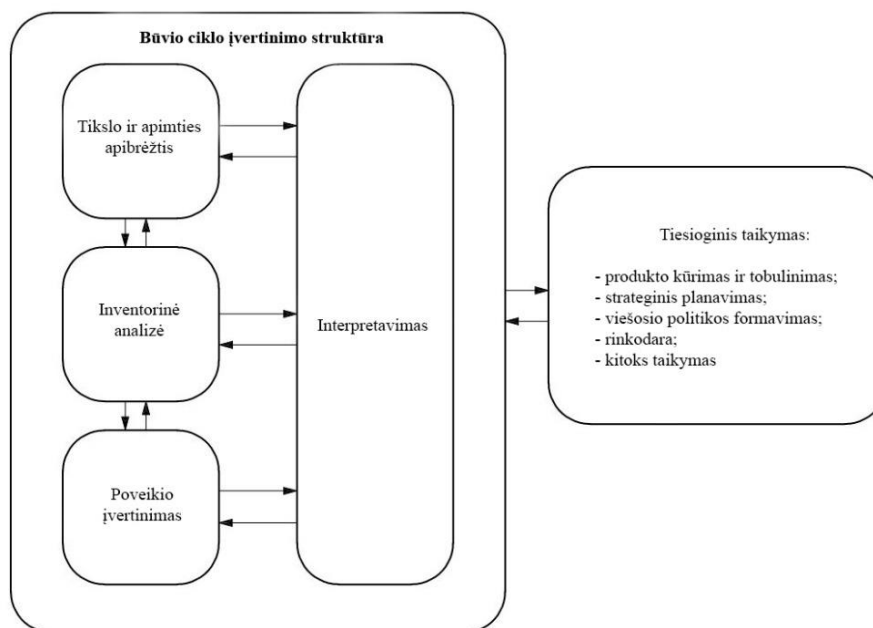
7 pav. WTW analizės etapai. Adaptuota iš (Burchart-Korol, Jursova, et al., 2018)

WTT etape atsižvelgiama į poveikį aplinkai, susijusį su žaliavų, iš kurių gaminamas kuras, išgavimu ir su kuro produkcijos metu daroma transporto ir sandėliavimo tarša. TTW etapas apima taršą aplinkai, kurią sukelia kuro naudojimas transporto priemonėse jų veikimo metu. Išsamesnis poveikio aplinkai veiksmų įvertinimas yra būvio ciklo įvertinimas (BCĮ), kuris apima visą būvio ciklą. BCĮ įtraukia poveikio aplinkai veiksmus viso automobilio gyvavimo ciklo metu, nuo automobilio gamybos etapo (įskaitant automobilio produkcijai naudotų medžiagų gamybą, automobilio surinkimą ir kuro gamybą) iki naudojimo etapo (įskaitant kuro degimo stadiją ir automobilio techninę apžiūrą) ir apima gyvavimo ciklo pabaigos etapą (atliekų tvarkymą, įskaitant perdirbimą ir antrinį panaudojimą). Skirtumas tarp WTW ir BCĮ susijęs su poveikiu (energija ir ŠESD emisijos, vietoj visų poveikio kategorijų) ir su gyvavimo ciklo stadijomis (kuro gamyba ir naudojimas vietoj visų gyvavimo ciklo stadijų). Palyginus su BCĮ, WTW metodas atsižvelgia tik į kelis aplinkosauginius aspektus, tokius kaip energija ir ŠESD emisijos. WTW metode nėra atsižvelgta į energiją ir ŠESD emisijas, kurios atsiranda konstrukcijos ir automobilio eksploatacijos nutraukimo metu (Moro & Helmers, 2017). Daugelis mokslininkų (Nordelöf, Messagie, Tillman, Ljunggren Söderman, & Van Mierlo, 2014) teigė, kad taikant WTE metodą, elektromobilis, įkrautas atsinaujinančia elektros energija, beveik neturi jokio aplinkosauginio poveikio.

Pasak tyrėjų (Helmers & Weiss, 2017) BCĮ leidžia kiekybiškai įvertinti su aplinka ir su žmonių sveikata susijusią naudą ir rizikas, kurios gali kilti dėl perėjimo nuo automobilio su vidaus degimo varikliu iki elektromobilio. BCĮ iki šiol šiuo klausimu yra išsamiausia priemonė ir leidžia optimizuoti ir tobulinti technologinius komponentus, kad sumažinti elektromobilio daromą aplinkos ir sveikatos poveikį bei žaliavų sunaudojimą.

Būvio ciklo įvertinimas yra holistinė aplinkos vadybos priemonė, kuri nustato produkto ar sistemos poveikį aplinkai, viso jo gyvavimo ciklo metu, nuo produkcijos, panaudojimo iki šalinimo, kaip apibrėžia SETAC ir ISO 14040 standartai. Jais remiantis BCĮ yra išskirstytas į 4 etapus (8 paveikslas) (ISO 14040:2006, 2006):

- **tyrimo tikslų ir apimties apibrėžimas** – pirminis etapas, kuriame nustatomi: tyrimo tikslas, funkcinis vienetas, sistemos ribos, duomenų kiekis ir kokybė, prielaidos ir ribos bei aplinkosaugos aspektai, į kuriuos reikia atsižvelgti;
- **inventorinė analizė** – tai etapas, kai atliekamas duomenų rinkimas atliekant literatūros analizę, praktinį duomenų rinkimą arba abu kartu;
- **poveikio įvertinimas** – šiame etape vertinamas pasirinktų aplinkosauginių problemų, atsiradusių dėl išteklių naudojimo ir teršalų emisijų, poveikis. Poveikio įvertinime inventorinės analizės metu gauti duomenys yra įvertinami pagal pasirinktą metodologiją, kad būtų įvertinta aplinkai daroma žala. Šis etapas yra suskirstytas į dar tris etapus: klasifikacijos etapas – inventoriaus analizės metu gauti srautai priskiriami atitinkamoms poveikio kategorijoms; apibūdinimo etapas – potencialus poveikis yra kiekybiškai įvertinamas dauginant atskirų inventoriaus elementų srautus iš atitinkamų apibūdinimo veiksnių, kad būtų gauti apibendrinti rodiklių rezultatai; normalizavimo ir vertinimo etapas – subjektyvių verčių naudojimas, norint gauti atskirus rodiklius.
- **rezultatų interpretacija** – paskutinis BCĮ etapas, kurio tikslas yra parodyti galimus svarbiausius būvio ciklo taškus ir pasiūlyti galimus pakeitimus, analizuotiems produktams ar procesams, kad būtų sumažinta aplinkai daroma neigiama įtaka.



8 pav. BCĮ tarpsniai. (LTS EN ISO 14040:2006, 2006)

1.8. Apibendrinimas

Atlikus literatūros analizę nustatyta, kad elektromobiliai ne tik bus ateityje, bet jau yra aktuali tema visame pasaulyje, o ypač Europoje, kuri pasižymi savo didelėmis įdedamomis pastangomis kovoti su aplinkosaugos problemomis. Viena iš tokių problemų yra oro tarša, o ES yra numaćiusi, kad elektromobiliai yra vienas pagrindinių jos sprendimo būdu, ypač miestuose.

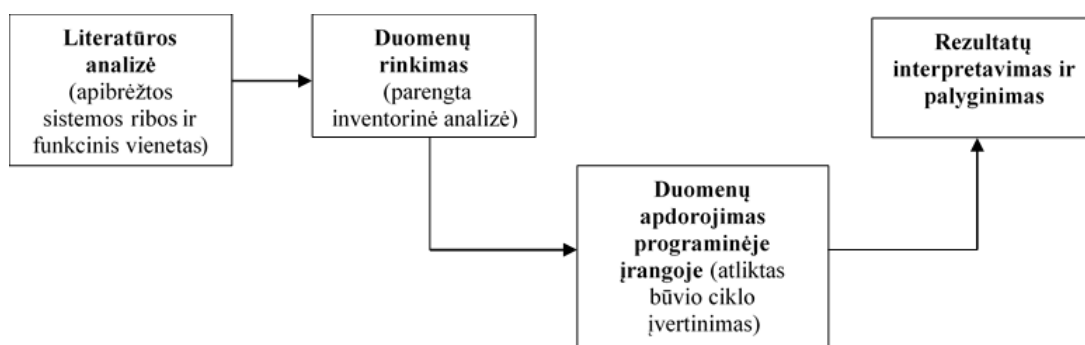
Taip pat aptarus daug kitų mokslininkų, kurie atliko elektromobilių taršos tyrimus, straipsnius, galima teigti, kad vienas svarbiausių aspektų, lemiančių elektromobilio taršos lygį ir poveikio aplinkai naudą yra tai, kokią elektros energiją įsikrauti jis naudos. Pripažįstama, kad geriausia elektros energija yra išgauta iš atsinaujinančių energijos išteklių. Tokią elektros energiją skatina ir ES. Lietuva, kaip ES narė, turi laikytis ES įstatymų ir strategijų, todėl irgi skatina AEI ir elektromobilių plėtrą. Vis dėl to, nors LR yra išleidusi elektromobilių infrastruktūros plėtros gaires ir Nacionalinę energetinės nepriklausomybės strategiją, kurioje yra numatyta AEI ateityje (iki 2050 metų) padaryti pagrindiniu elektros energijos gamybos šaltiniu, Lietuvoje dar nėra atliktas joks elektromobilio būvio ciklo įvertinimas. Taip pat nėra elektromobilio taršos įvertinimo, kuriame buvo atsižvelgta į Lietuvos prognozinę elektros energijos sudėtį, kuri yra numatyta LR Nacionalinėje nepriklausomos energetikos strategijoje.

2. METODIKA

Šiame skyriuje aprašyta kokia metodika buvo atliktas tyrimas: tyrimo eiga, naudota programinė įranga ir duomenų bazė. Būvio ciklo įvertinimas buvo atliktas pagal ISO 14040 ir ISO 14044 standartus.

2.1. Tyrimo eiga

Būvio ciklo įvertinimas (BCĮ) atliktas pagal Tarptautinės standartizacijos organizacijos ISO 14040 ir ISO 14044 standartų metodologiją. Tyrimo eiga pavaizduota 9 paveiksle.



9 pav. Tyrimo eiga

BCĮ padeda įvertinti poveikio aplinkai aspektus ir identifikuoti jai daromą žalą, tiesiogiai ir netiesiogiai susijusią su automobilio būvio ciklu, atsižvelgiant į automobilio surinkimo, naudojimo ir eksploatavimo nutraukimo stadijas. Būvio ciklo įvertinimas buvo atliktas pagal ISO14040:2006 ir ISO 14044:2006 standartų gaires. Pagal ISO 14040:2006 standartą buvo apibrėžtas darbo tikslas ir apimtis, įskaitant funkcinį vienetą, sistemos ribas ir pagrindines analizės prielaidas. BCĮ buvo atliktas naudojant „SimaPro v. 8.5“ programinę įrangą, kartu su „Ecoinvent v.3“ duomenų baze, kuri buvo naudojama kaip foninis duomenų rinkinys. Būvio ciklo įvertinimas atliktas „ReCipe Midpoint“ metodu, ir „ReCipe Endpoint“ metodu, kad būtų galima parodyti bendrą daromą poveikį aplinkai.

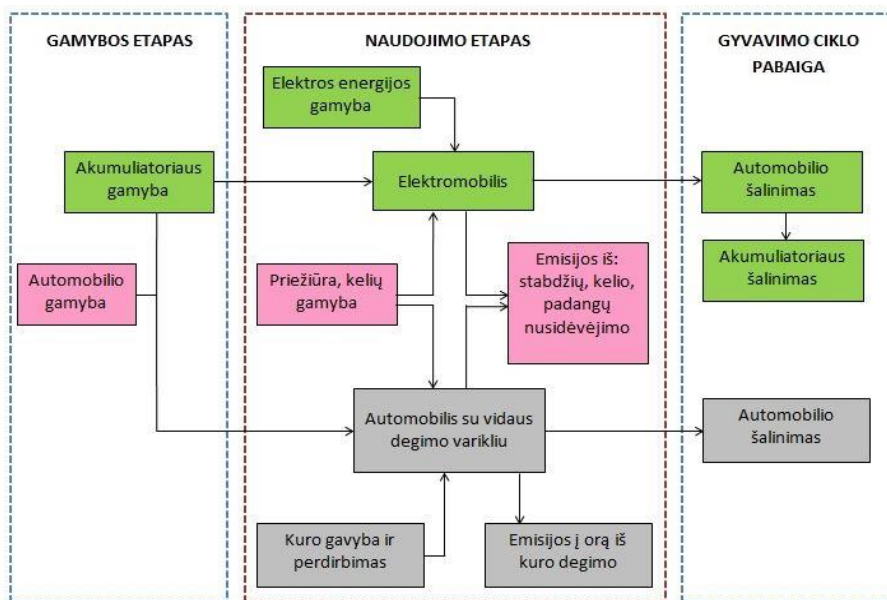
2.2. Tikslas, analizės apimtis ir būvio ciklo poveikio įvertinimo metodai

Šio tyrimo tikslas yra atlikti elektromobilio būvio ciklo įvertinimą Lietuvoje, atsižvelgiant į dabartinę LR elektros energijos sudėtį ir į pagal LR Nacionalinę energetinės nepriklausomybės strategijos tikslus prognozuojamą elektros energijos sudėtį iki 2050 m. Taip pat atlikti tyrimui pasirinkto elektromobilio klasę atitinkančio automobilio, su vidaus degimo varikliu (dyzelinio ir benzininio), būvio ciklo įvertinimą, o gautus rezultatus palyginti.

Remiantis BCĮ analize ir „ReCipe Midpoint“ metodu, aplinkosauginiai elektromobilio rodikliai buvo gauti pagal poveikio kategorijas. Į pasirinktas poveikio kategorijas įeina: šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisijos, bendras iškastinio kuro eikvojimas, rūgštėjimas, eutrofikacija, toksiškumas žmonėms ir kietųjų dalelių susidarymas (KDS) (4 lentelė) (Burchart-Korol, Jursova, et al., 2018). Likusios, pagrindiniame tyrime neaptartos, poveikio aplinkai kategorijos pateiktos 1 priede. Tyrime taip pat buvo atliktas poveikio aplinkai įvertinimas „ReCipe Endpoint“ metodu. Šiame metode yra analizuojamos trys žalos aplinkai kategorijos.

Palyginimui visoms analizėms buvo priskirtas tas pats funkcinis vienetas. Funkciniu vienetu buvo pasirinktas nuvažiuotas automobilio kelias – 1 km, o visas automobilio gyvavimo ciklas – 150000 km, kaip ir daugumoje kitų automobilių BCĮ mokslinių straipsnių (Girardi, Gargiulo, & Brambilla, 2015; Hawkins et al., 2013; Tagliaferri et al., 2016). Kadangi šis funkcinis vienetas naudotas daugelyje tokio tipo mokslinių

tyrimu, tai taip pat leidžia gautus rezultatus palyginti su kitų autorių gautais BCĮ rezultatais. BCĮ analizei atlikti buvo nustatytos sistemos ribos. Elektromobilio ir VDVTP būvio ciklo sistemos ribos pavaizduotos 10 paveiksle. Sistemos ribos apima procesus nuo „lopšio iki karsto“ (angl. „from cradle to grave“): automobilio gamyba, kuro padavimas (elektra elektromobiliui ir benzinas/dyzelis VDVTP), automobilio naudojimo stadija (įskaitant automobilio priežiūrą), kelio taisymą, šalinimą ir priežiūrą, priimant, kad kelio gyvavimo laikotarpis yra 100 metų. Sistemos ribos apėmė elektromobilio individualią elektros energijos sudėtį Lietuvoje nuo 2015 iki 2050 metų.



10 pav. Elektromobilio ir VDVTP būvio ciklo sistemos ribos (žalia spalva – elektromobilis, rausva – abejoms TP, pilka – VDVTP). Adaptuota iš (Burchart-Korol, Pustejovska, Blaut, Jursova, & Korol, 2018)

„Midpoint“ indikatoriai atspindi individualias aplinkosaugos problemas, pavyzdžiui klimato kaitą ar rūgštėjimą. „Endpoint“ indikatoriai parodo trijų didesnio lygio indikatorių poveikį: žalą žmogaus sveikatai, žalą ekosistemoms ir išteklių eikvojimui. „Midpoint“ verčių konvertavimas į „Endpoint“ vertes supaprastina būvio ciklo įvertinimo rezultatus (National Institute for Public Health and the Environment, 2018). Žemiau, 5 lentelėje, nurodytos metodo „ReCipe Endpoint“ poveikio (žalos) kategorijos, o 11 paveiksle pavaizduoti poveikio kategorijų ryšiai „ReCipe“ metodologijoje.

4 lentelė. Įvertintos poveikio kategorijos „ReCipe MidPoint“ metodu (Goedkoop et al., 2013)

Poveikio kategorija	Matavimo vnt.	Aprašymas
Šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos	kg CO ₂ ekv.	Bendras šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) kiekis, skirtas tiesiogiai ir netiesiogiai palaikyti žmogaus veiklą, išreikštas CO ₂ kiekiu kilogramais. ŠESD emisijų faktorius paskaičiuojamas remiantis globaliniu šiltėjimo potencialu.
Iškastinio kuro eikvojimas	kg naftos ekv.	Poveikio kategorija, kuri apima metano, naftos ir anglies suvartojimą, išreikšta naftos kiekiu kilogramais.
Sausumos rūgštėjimas	kg SO ₂ ekv.	Šis modelis apima amoniako (NH ₃), natrio (NO _x) ir sieros (SO _x) oksidų dujas, išreikštas sieros dioksido kiekiu kilogramais.
Eutrofikacija	kg P ekv.	Amoniako, natrio oksidų ir fosforo emisijos į orą ir vandenį daro poveikį aplinkai. Išreikšta fosforo kiekiu kilogramais.
Toksiškumas žmogui	kg 1,4-DB ekv	Tam tikrų medžiagų (pvz. sunkiųjų metalų) emisijos gali daryti įtaką žmonių sveikatai. Toksiškumas išreikštas 1,4-dichlorobenzeno kiekiu kilogramais.

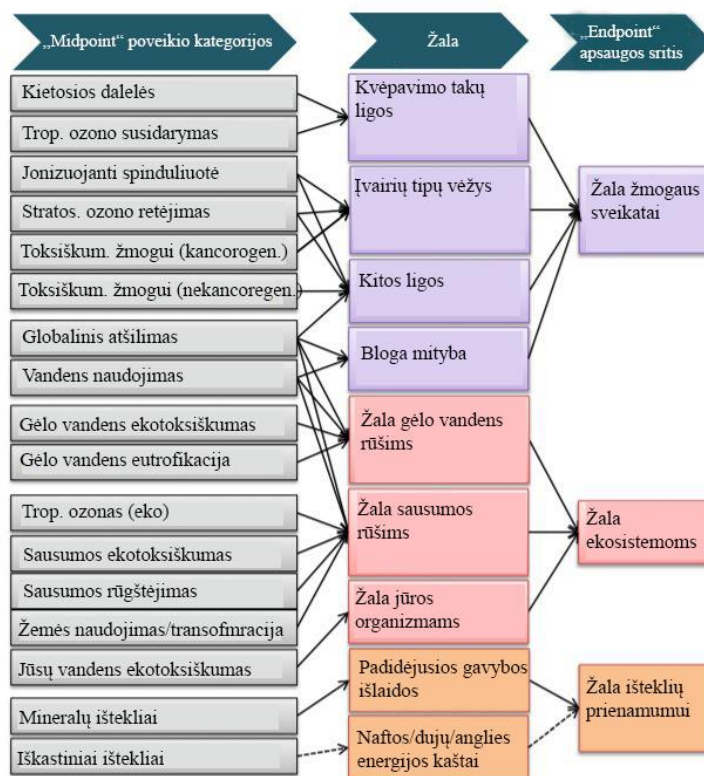
4 lentelės tęsinys

Kietųjų dalelių susidarymas	kg KD ₁₀ ekv.	Ši poveikio kategorija apima oro taršą, kurią sukėlė dulkių, kurių diametras <10 μm (KD ₁₀), emisijos ir sieros ir natrio oksidų ir amoniako aerozolių susidarymas. Išreikšta mažo diametro (d < 10μm) kietųjų dalelių kiekiu kilogramais.
-----------------------------	--------------------------	--

5 lentelė. Įvertintos poveikio kategorijos „ReCipe EndPoint“ metodu (Huijbregts, 2016)

Žalos kategorija	Matavimo vienetai
Žmogaus sveikata	kPt
Ekosistemos	kPt
Ištekliai	kPt

Daugialypiam poveikio aplinkai įvertinimui BCĮ buvo atliktas naudojant „ReCiPe Midpoint“ metodą hierarchinėje perspektyvoje (Goedkoop et al., 2013). Šio metodo tikslas yra viso BCĮ didelį įvesties ir išvesties duomenų kiekį paversti į susistemintą rodiklių skaičių, kurie parodo santykinę aplinkosaugos poveikio kategorijų intensyvumą (Goedkoop et al., 2013). Vėliau, BCĮ atliktas „ReCipe Endpoint“ metodu, norint parodyti „pasvertą“ suminį poveikių kiekį.



11 pav. „ReCipe“ metode naudojamų poveikio kategorijų ryšiai. Adaptuota iš (Huijbregts, 2016).

2.3. Prielaidos ir inventorinė analizė

Šio tyrimo ribos apėmė automobilio gamybą, naudojimą ir gyvavimo pabaigą. Elektromobilio naudojimo etape elektros energijos suvartojimas buvo stebimas visoje tiekimo grandinėje. Analizei buvo pasirinktas automobilis su ličio jonų baterija (LiMn₂O₄ baterija). Šio tipo automobilis buvo pasirinktas todėl, kad šio tipo baterija yra populiariausia naudojama baterija šiandieniniuose elektromobiliuose (pvz. „Nissan Leaf“) („Nissan Leaf, 2010,“ n.d.). Pagrindinis duomenų šaltinis elektromobiliui buvo „Ecoinvent v3“ duomenų

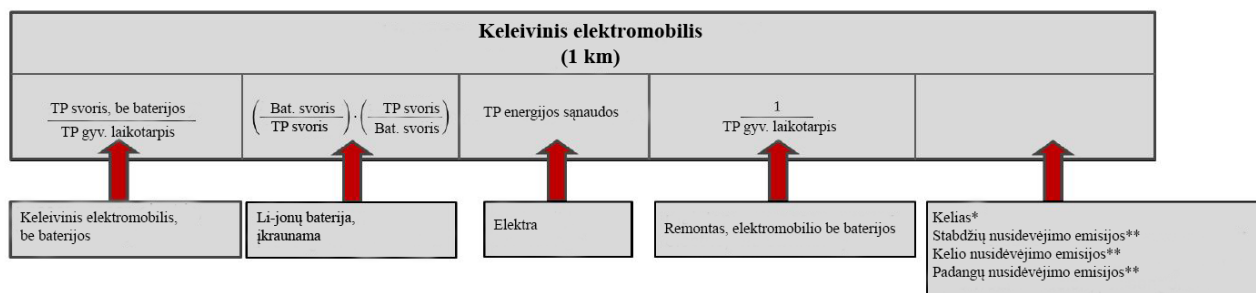
bazė (12 paveikslas) (Ecoinvent, 2017). Kadangi tyrimas vykdomas atsižvelgiant į ateities prognozes ir perspektyvas, buvo pasirinktas naujausio, 2018 metų, „Nissan Leaf“ automobilio modelio svoris ir baterijos svoris, bei elektros energijos sąnaudos (Nissan, 2019). Būvio ciklo inventorių (BCI) apėmė visus duomenis keleivinio elektromobilio būvio ciklui.

6 lentelė. Elektromobilio būvio ciklo inventorių

Elektromobilis, 1 km		Matavimo vienetai
Įvediniai		
Baterija, Li-jonų	0,001973	kg
Kelias	0,000487	my
Elektromobilis	0,008326	kg
Remontas	0,000007	-
Elektra	0,20600	kWh
Išvediniai		
Stabdžių nusidėvėjimo emisijos	0,000001	kg
Kelio nusidėvėjimo emisijos	0,000012	kg
Padangų nusidėvėjimo emisijos	0,000068	kg

7 lentelė. VDVTP būvio ciklo inventorių

VDVTP, 1km		Matavimo vienetai
Įvedami duomenys:		
Automobilio remontas	0,00000645	-
Automobilis	0,0093	kg
Kuras (benzinas/dyzelis), žemo sieringumo	0,050050/0,04025	kg
Kelias	0,000697	my
Išvedami duomenys:		
Emisijos į orą		kg
Stabdžių nusidėvėjimo emisijos	0,00000577	kg
Kelio nusidėvėjimo emisijos	0,0000127	kg
Padangų nusidėvėjimo emisijos	0,0000743	kg



* Iš (Spielmann, Beuer et al., 2007)
** Iš (Simons, 2013)

12 pav. Elektromobilio duomenų rinkinio schema. Adaptuota iš (Del Duce, Gauch, & Althaus, 2016)

Duomenų rinkinys buvo paskaičiuotas atsižvelgiant į automobilio ir baterijos masę, elektros suvartojimą ir automobilio ir baterijos tarnavimo laiką. Baterijos kiekis išreiškia baterijos keitimą dėl remonto. Pasirinkto elektromobilio svoris be baterijos yra 1249 kg, pačios baterijos svoris – 296 kg. Į BCI įtraukti duomenys ir apie automobilio remontą ir sunaudotą elektros energiją. Taip pat įtraukti šalutiniai produktai – emisijos, kurios nėra iš variklio išmetami teršalai, atsiradę dėl stabdžių, padangų ir kelio nusidėvėjimo. Į baterijos gamybos BCI buvo įtraukti duomenys apie ličio jono tipo bateriją, naudojamą pagrindiniam elektromobilio varikliui. Baterija (kurioje yra 14 atskirų elementų) tiekia 2,1 kWh elektros energiją, esant 48 V įtampai („Ecoinvent,” 2017a). Elektromobilio energijos sąnaudos, įskaitant įkrovimo ir iškrovimo efektyvumą, bei nuostolius kraunant automobilį yra 0,206 kWh/km (Nissan, 2019). Šios sąnaudos yra įvertintos nauju, 2017 metais patvirtintu, Europos Komisijos testu – „WLTP“ (angl. „Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure“). Šis testas žymiai pranašesnis negu senasis, kuris paskutinį kartą buvo atnaujintas 1997 metais. Naujas testas yra patikimesnis, nes įvertinamas realesnis vairavimo elgesys, didesnis vidutinis ir didžiausias greičiai, didesnis vairavimo situacijų spektras (miesto, priemiesčio, pagrindinio kelio, greitkelio), griežtesnės automobilių konfigūracijos ir matavimo sąlygos, ilgesni bandymų atstumai, realesnė aplinkos temperatūra (arčiau Europos vidurkio), dinamiškesni ir reprezentatyvesni pagreičiai ir lėtėjimai ir kt. (ACEA, 2017)

Programinėje įrangoje „SimaPro“ automatiškai papildomai pridedami nustatyti elektros energijos tinklų nuostoliai (transportavimas, transformavimas ir pan.). Automobilio ir baterijos šalinimas buvo sumodeliuotas pagal „Ecoinvent“ šalinimo duomenų bazę.

Svarbiausia elektromobilio BCI dalis yra tai, kokia elektros energija bus įkraunama elektromobilio baterija. Tam tikslui buvo surinkti duomenys apie dabartinę ir prognozuojamą, pagal LR Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos tikslus (iki 2050 m.) numatytą, elektros energijos sudėtį. Duomenys apie prognozes Lietuvoje buvo paimti iš LR energetikos ministerijos užsakyto Lietuvos Energetikos Instituto „Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos projekto energetikos politikos kryptių įgyvendinimo vertinimo analizės“ (Galinis et al., 2017) analizės. Duomenys pateikti 8 lentelėje.

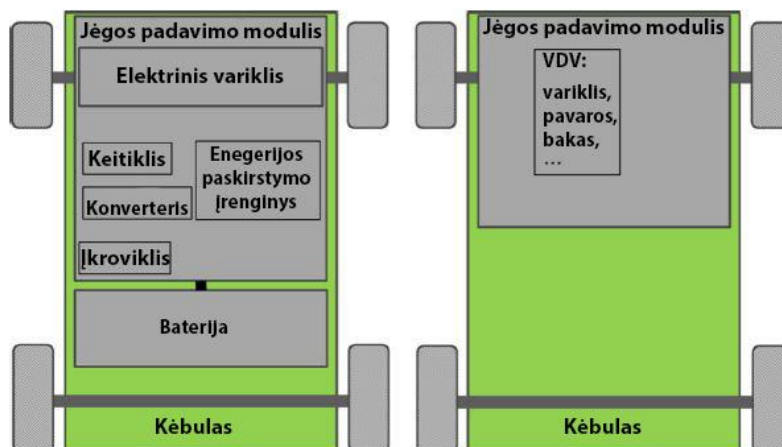
8 lentelė. LR prognostinė elektros energijos sudėtis iki 2050 m, %. (Galinis et al., 2017)

Energijos rūšies dalis, %	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Atliekos	2,28	6,63	4,16	2,50	2,50	1,79	1,79	1,28
Biodujos	3,51	4,79	1,75	0,57	0,57	0,97	0,97	1,13
Biokuras	5,85	24,12	25,18	15,56	15,56	4,97	4,97	4,49
Dujos	41,73	10,33	10,67	11,09	11,09	19,90	19,90	7,28
Saulės	1,76	5,96	11,71	11,83	11,83	30,00	30,00	45,57
Vėjo	14,56	36,76	38,58	52,40	52,40	34,86	34,86	33,61
HE	7,30	6,97	5,28	3,60	3,60	2,90	2,90	2,16
HEA	13,24	0,00	0,00	0,85	0,85	3,44	3,44	3,56
Geoterminė	5,19	4,45	2,68	1,60	1,60	1,17	1,17	0,93
Nafta	4,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Lietuvoje 2015 metais dar buvo naudojama ir naftos išgauta elektros energija. Planuojama, kad nuo 2020 naftos energija nebebus naudojama, o AEI kiekis tik didės. Nors dujos vis dar bus naudojamos iki pat 2050 metų, jų dalis bendrame balanse sumažės nuo beveik 42 % iki 7 %. Saulės energijos kiekis išaugs nuo 2 % iki beveik 46 %, vėjo nuo 14 % iki 34 %, hidroenergijos ir geoterminės energijos dalis sumažės.

Tyrimas apėmė ir palyginamąją elektromobilio ir jį atitinkančio, vidaus degimo variklio (dyzelinio ir benzininio), automobilio aplinkos poveikio analizę. Analizei buvo parinktas „Nissan Leaf“ atitinkantis vidaus degimo variklio automobilis. Kadangi 2018 ir 2019 metais populiariausias naujas vidaus degimo

variklio automobilis Lietuvoje buvo Fiat (Regitra, 2019), tai pasirinktas „Nissan Leaf“ atitinkantis Fiat modelis – „Fiat Tipo“, kurio variklio dydis – 1.3 l, o svoris – 1395 kg. Į duomenų rinkinį įtraukta automobilio gamyba, naudojimas, remontas ir šalinimas. Automobilio naudojimas apėmė visas tiesiogines emisijas iš kuro degimo ir emisijas iš padangų, stabdžių ir kelio nusidėvėjimo. VDVTP specifikacijos ir būvio ciklo inventorių buvo parengti pagal „Ecoinvent“ duomenų bazę „v 3“ (Ecoinvent, 2017) (6 ir 7 lentelės). Automobilų sudedamosios dalys pavaizduotos 13 paveiksle.



13 pav. Duomenų bazėje naudojamų automobilių išskirstymas į modulius (kairėje – elektromobilis, dešinėje – VDVTP). Adaptuota iš (Del Duce et al., 2016)

2.4. Programinė įranga ir duomenų bazė

Tyrime naudota programinė įranga „SimaPro“ („SimaPro“ 8 versija) yra jau 25 metus pasaulyje pirmaujanti būvio ciklo įvertinimo kompiuterinė priemonė. Šia programa pasitiki pramonės įmonės ir mokslininkai jau daugiau nei 80-yje šalių („SimaPro,” 2019).

Su programa „SimaPro“ galima („SimaPro,” 2019):

- lengvai modeliuoti ir analizuoti sudėtingus būvio ciklus sisteminiu ir skaidriu būdu;
- pamatuoti savo produktų ir paslaugų poveikį aplinkai visose būvio ciklo stadijose;
- identifikuoti svarbiausius tiekimo grandinės taškus, nuo žaliavų išgavimo iki gaminimo, paskirstymo ir šalinimo stadijos.

Duomenų bazė „Ecoinvent“ - yra patikima ir plačiai naudojama būvio ciklo inventoriaus duomenų bazė, kuri užtikrina tiek skaidrumą, tiek nuoseklumą. „Ecoinvent“ duomenų bazėje pateikiami užtikrintai pagrįsti procesų duomenys tūkstančiams produktų (Ecoinvent, 2017).

3. TIRIAMOJI DALIS

3.1. Automobilių gamybos proceso daroma tarša

Elektromobilio ir jį atitinkančio automobilio, su vidaus degimo varikliu, konstrukcija yra skirtinga (13 paveikslas), todėl skiriasi ir jų gamybos metu daroma tarša.

9 lentelė. Automobilių gamybos metu daroma tarša

Poveikio kategorija	Matavimo vnt.	Elektromobilis	Benzininis automobilis	Dyzelinis automobilis
ŠESD emisijos	kg CO ₂ ekv.	8810,28	7029,47	7045,05
Sausumos rūgštėjimas	Kg SO ₂ ekv.	-231,00*	268,76	310,43
Vandens eutrofikacija	kg P ekv.	6,82	2,13	2,21
Toksiškumas žmonėms	kg 1,4-DB ekv	7803,05	984,13	729,13
KDS	kg KD ₁₀ ekv.	-24,44	64,34	72,19
Iškastinio kuro eikvojimas	kg naftos ekv.	2369,01	1917,93	1920,07

* Daugumoje atvejų medžiagų ar paslaugų gamyba sukuria teigiamų ir neigiamų poveikių aplinkai visumą. Jeigu poveikio aplinkai kategorijos vertė yra teigiama, tai grynasis tos kategorijos poveikis bus neigiamas aplinkai. Tačiau tam tikrais atvejais kategorijos vertė yra neigiama, o tai reiškia, kad teigiamų poveikių yra daugiau nei neigiamų. Tai paaiškinama keliais aspektais (Ecoinvent, 2017):

- neigiami apibūdinimo veiksniai – kai kurios medžiagos yra sugrupuotos su negatyvaus apibūdinimo faktoriumi (angl. characterisation factor, FC). Pavyzdžiui, medžiagos, prisidedančios prie globalinio atšalimo;
- išvengta gamyba – priklausomai nuo to, kaip pasiskirsto duomenų rinkiniai, arba jeigu yra taikomas nuoseklus modeliavimas, tam tikrų tarpinių mainų gamyba gali lemti kitų mainų gamybos sumažėjimą. Tokia, išvengta gamyba, turinti neigiamą reikšmę skalės vektoriuje, persikels į inventorius duomenų rinkinį;
- neigiamos emisijos – kai kurios medžiagos išskiriamos su neigiama reikšme. Pavyzdžiui, metalo įsisavinimas pasėliuose.

Gamybos metu daugiausia ŠESD emisijų sukelia elektromobilis. Taip pat elektromobilio gamyba naudoja daugiau iškastinio kuro ir sukelia žymiai didesnę toksiškumą žmonėms, bei sukelia didesnę eutrofikaciją. Tačiau elektromobilis nesukels sausumos rūgštėjimo ir kietųjų dalelių susidarymo.

3.2. Elektromobilio ir vidaus degimo variklio automobilio palyginimas

Atliktas palyginamasis elektromobilio, įkrauto 2015 metų elektros energija ir benzinu bei dyzelinu varomų, vidaus degimo variklio, automobilių viso būvio ciklo įvertinimas. Rezultatai apsteikti 10-oje lentelėje.

10 lentelė. Lyginamoji elektromobilio ir vidaus degimo variklio automobilių viso būvio ciklo analizė

Poveikio kategorija	Matavimo vnt.	Elektromobilis	Benzininis automobilis	Dyzelinis automobilis
ŠESD emisijos	kg CO ₂ ekv.	21304,35	15786,82	11394,20
Sausumos rūgštėjimas	kg SO ₂ ekv.	-415,64	535,80	523,10
Vandens eutrofikacija	kg P ekv.	4,97	2,92	2,66

10 lentelės tęsinys

Toksiškumas žmonėms	kg 1,4-DB ekv	11554,71	1324,93	1094,81
KDS	kg KD ₁₀ ekv.	-69,65	123,99	117,17
Iškastinio kuro eikvojimas	kg naftos ekv.	6135,52	13669,19	10497,86

Šie rezultatai reprezentuoja visą automobilio būvio ciklą: gamybą, naudojimą, šalinimą. Jeigu elektros energijos sudėtis Lietuvoje nesikeistų ir liktų tokia, kokia buvo 2015 metais, elektromobilio šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisijos būtų didesnės nei įprastinių, vidaus degimo variklio transporto priemonių (VDVTP). Elektromobilis taip pat sukeltų didesnę toksiškumą žmogui ir vandens eutrofikaciją negu VDVTP. Kategorijos, kuriose elektromobilis pranašesnis negu VDVTP: iškastinio kuro eikvojimas, sausumos rūgštėjimas, kietųjų dalelių susidarymas (KDS).

Norint įvertinti, kuris automobilio būvio ciklo etapas daro didžiausią taršą, atskirai buvo atliktas naudojimo, gamybos ir šalinimo etapo būvio ciklo įvertinimas.

11 lentelė. Lyginamoji 2015 metų automobilio ir vidaus degimo variklio automobilių naudojimo etapo būvio ciklo analizė

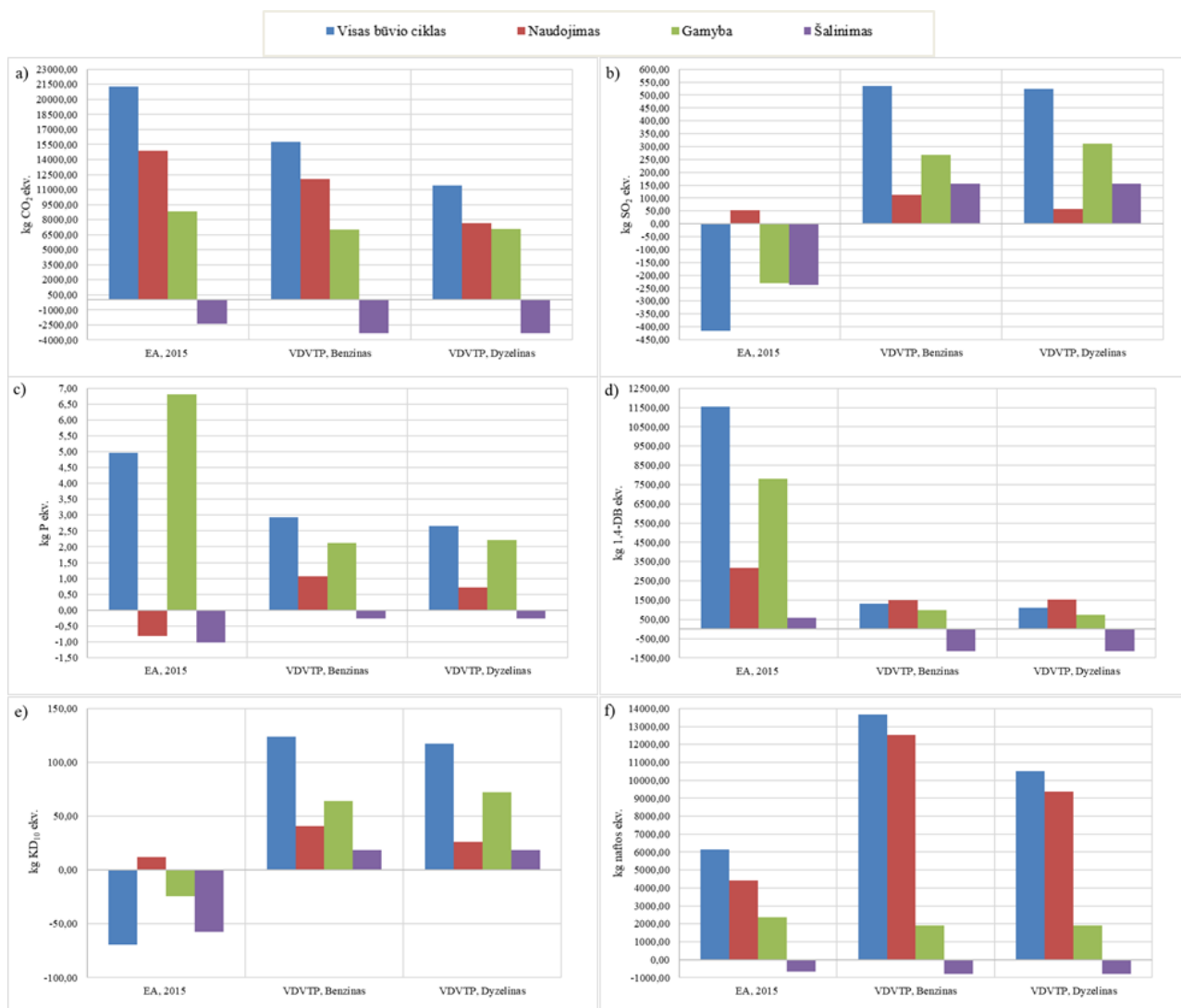
Poveikio kategorija	Matavimo vnt.	Elektromobilis	Benzininis automobilis	Dyzelinis automobilis
ŠESD emisijos	kg CO ₂ ekv.	14907,38	12077,05	7668,85
Sausumos rūgštėjimas	kg SO ₂ ekv.	52,79	111,64	57,28
Vandens eutrofikacija	kg P ekv.	-0,82	1,07	0,72
Toksiškumas žmonėms	kg 1,4-DB ekv	3164,70	1500,87	1525,75
KDS	kg KD ₁₀ ekv.	12,09	40,86	26,19
Iškastinio kuro eikvojimas	kg naftos ekv.	4420,30	12543,54	9370,07

Automobilis, įkrautas 2015 m. LR elektros energijos sudėtimi, sukeltų daugiau ŠESD emisijų negu įprastinės VDVTP, bei sukeltų didesnę toksiškumą žmonėms. Tačiau eikvotų žymiai mažiau iškastinio kuro, sukeltų mažesnę KDS, vandens eutrofikaciją ir sausumos rūgštėjimą.

Kad aiškiau būtų galima pamatyti, kuris automobilio etapas daro didžiausią taršą, buvo atlikti 2015 m. elektros energijos sudėti įkrovimui naudojančio elektromobilio ir įprastinių automobilių (dyzelinio ir benzininio) kiekvienos poveikio kategorijos palyginamoji analizė, išskiriant visus būvio ciklo etapus. Rezultatai pateikti 14 paveiksle.

Atlikus palyginamąją skirtingų būvio ciklo etapų analizę, galima teigti, kad jeigu elektromobilis bus įkraunamas 2015 metų Lietuvoje esančia elektros energija, kurioje vis dar naudojama nafta, o pagrindinę jos dalį sudaro dujos, ŠESD emisijų daugiausia išsiskirs elektromobilio naudojimo etape. Elektromobilio gamybos etapo ŠESD emisijų kiekis bus didesnis negu įprastinių VDVTP. SO₂ emisijų, kurios sukelia sausumos rūgštėjimą, bus daugiau elektromobilio naudojimo etape, o įprastinių VDVTP atveju atvirkščiai – gamybos etapas sukels daugiau SO₂ emisijų, negu naudojimo etapas. Sausumos rūgštėjimo VDVTP indikatorius reikšmė didesnė negu elektromobilio. Daugiausia fosforo emisijų sukels elektromobilis, o tiksliau jo gamybos etapas. Elektromobilio vandens eutrofikacijos indikatorius žymiai didesnis negu įprastinių VDVTP. Didesnę toksiškumą žmogui taipogi sukels elektromobilis, gamybos etape. Tačiau įprastinės VDVTP turi itin didesnę KDS, kurio didžiąją dalį sukels būtent gamybos etapas. Elektromobilis

taip pat eikvos mažiau iškastinio kuro – naftos. Šioje kategorijoje įprastinės VDVTP lenkia elektromobilį, o VDVTP gamybos ir naudojimo etapai daro panašią žalą.



14 pav. Elektromobilio ir vidaus degimo variklio automobilio (benzininio ir dyzelinio) būvio ciklo etapų poveikio aplinkai indikatoriai: a) – ŠESD emisijos; b) – sausumos rūgštėjimas; c) – vandens eutrofikacija; d) – toksiškumas žmogui; e) – KDS; f) – iškastinio kuro eikvojimas

3.3. Elektromobilio būvio ciklo įvertinimas, 2015 – 2050 m.

2015 metais Lietuvoje didžiąją dalį (virš 40 proc.) elektros energijos sudėties sudarė dujos, vis dar naudojama ir nafta, kuri yra laikoma viena labiausiai teršiančių aplinką energijos šaltinių. LR vadovaudamasi naujai išleista LR Energetinės Nepriklausomybės Strategija žada atsinaujinančią energetiką padaryti pagrindine energijos balanso dalimi. Pagal ateities prognozes (8 lentelė) buvo atliktas elektromobilio būvio ciklo įvertinimas, atsižvelgiant į elektros energijos besikeičiančią sudėtį iki 2050 m.

12 lentelė. Elektromobilių viso būvio ciklo įvertinimas, 2015 – 2050 m.

Poveikio kategorija	Matavimo vnt.	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ŠESD emisijos	kg CO ₂ ekv.	21304,3	10246,53	10021,15	10687,96	10687,96	13757,59	13757,59	11719,02

12 lentelės tęsinys

Sausumos rūgštėjimas	Kg SO ₂ ekv.	-415,64	-455,60	-458,40	-457,28	-457,28	-453,88	-453,88	-458,59
Vandens eutrofikacija	kg P ekv.	4,97	2,77	3,02	4,28	4,28	5,63	5,63	5,79
Toksiškumas žmonėms	kg 1,4-DB ekv.	11554,7	15368,9	15015	12681,8	12681,8	10807,8	10807,8	10975,1
KDS	kg KD ₁₀ ekv.	-69,65	-100,13	-99,93	-88,09	-88,09	-74,53	-74,53	-74,85
Iškastinio kuro eikvojimas	kg naftos ekv.	6135,52	686,68	822,04	1898,12	1898,12	3719,62	3719,62	2909,88

Jeigu LR nekeis numatytos elektros energijos sudėties iki 2050 m., palyginti su 2015 m., elektromobilio ŠESD emisijų kiekis sumažėtų 45 %, iškastinio kuro eikvojimas virš 52 %, žemės rūgštėjimas – 10 %, toksiškumas žmonėms – 5 %, KDS – virš 7 %. Vienintelė poveikio kategorija, kuri išaugtų yra vandens eutrofikacija, ji padidėtų 16 procentų

3.4. Palyginamoji elektromobilio ir vidaus degimo variklio automobilio analizė

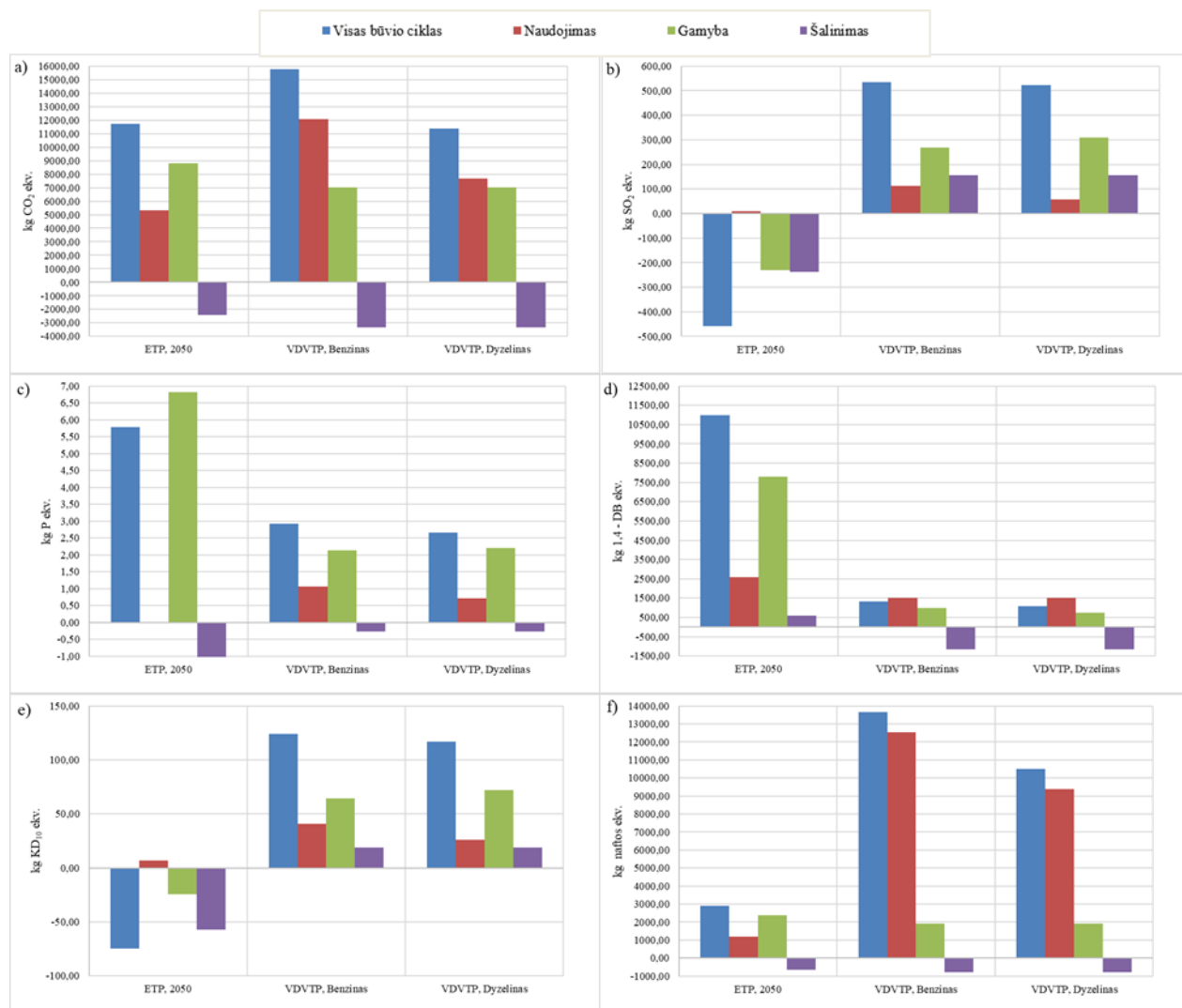
Buvo atlikta elektromobilio ir skirtingą kurą naudojančių (benzininį ir dyzelinį), vidaus degimo variklio automobilių gyvavimo ciklą lyginamoji analizė. Visų analizuotų poveikio kategorijų analizės rezultatai pateikti 13 lentelėje.

13 lentelė. Elektromobilio ir VDVTP viso būvio ciklo palyginamoji analizė

Poveikio kategorija	Matavimo vnt.	Elektromobilis, 2015 m.	Elektromobilis, 2050 m.	Benzininis automobilis	Dyzelinis automobilis
ŠESD emisijos	kg CO ₂ ekv.	21304,35	11719,02	15786,82	11394,20
Sausumos rūgštėjimas	Kg SO ₂ ekv.	-415,64	-458,59	535,80	523,10
Vandens eutrofikacija	kg P ekv.	4,97	5,79	2,92	2,66
Toksiškumas žmonėms	kg 1,4-DB ekv	11554,71	10975,07	1324,93	1094,81
KDS	kg KD ₁₀ ekv.	-69,65	-74,85	123,99	117,17
Iškastinio kuro eikvojimas	kg naftos ekv.	6135,52	2909,88	13669,19	10497,86

Iš gautų rezultatų matyti, kad jeigu elektromobilis įsikrauti naudos 2050 metų elektros energiją, jo ŠESD emisijos bus mažesnės negu benzininio automobilio, tačiau šiek tiek didesnės negu dyzelinės. Sausumos rūgštėjimas, KDS, iškastinio kuro eikvojimas išliks mažesni elektromobiliams. Vis dėl to, net ir sumažinus toksiškumą žmonėms, lyginant su 2015 metais, ši poveikio kategorija vis tiek išliks didesnė negu įprastinių VDVTP.

Analogiškai buvo atlikta 2050 metų elektromobilio ir įprastinių VDVTP palyginamoji visų etapų analizė visoms aplinkosaugos poveikio kategorijoms. Rezultatai pateikti žemiau (15 paveikslas).



15 pav. Elektromobilio ir vidaus degimo variklio automobilio (benzininio ir dyzelinio) būvio ciklo etapų poveikio aplinkai indikatoriai: a) – ŠESD emisijos; b) – žemės rūgštėjimas; c) – vandens eutrofikacija; d) – toksiškumas žmogui; e) – KDS; f) – iškastinio kuro eikvojimas

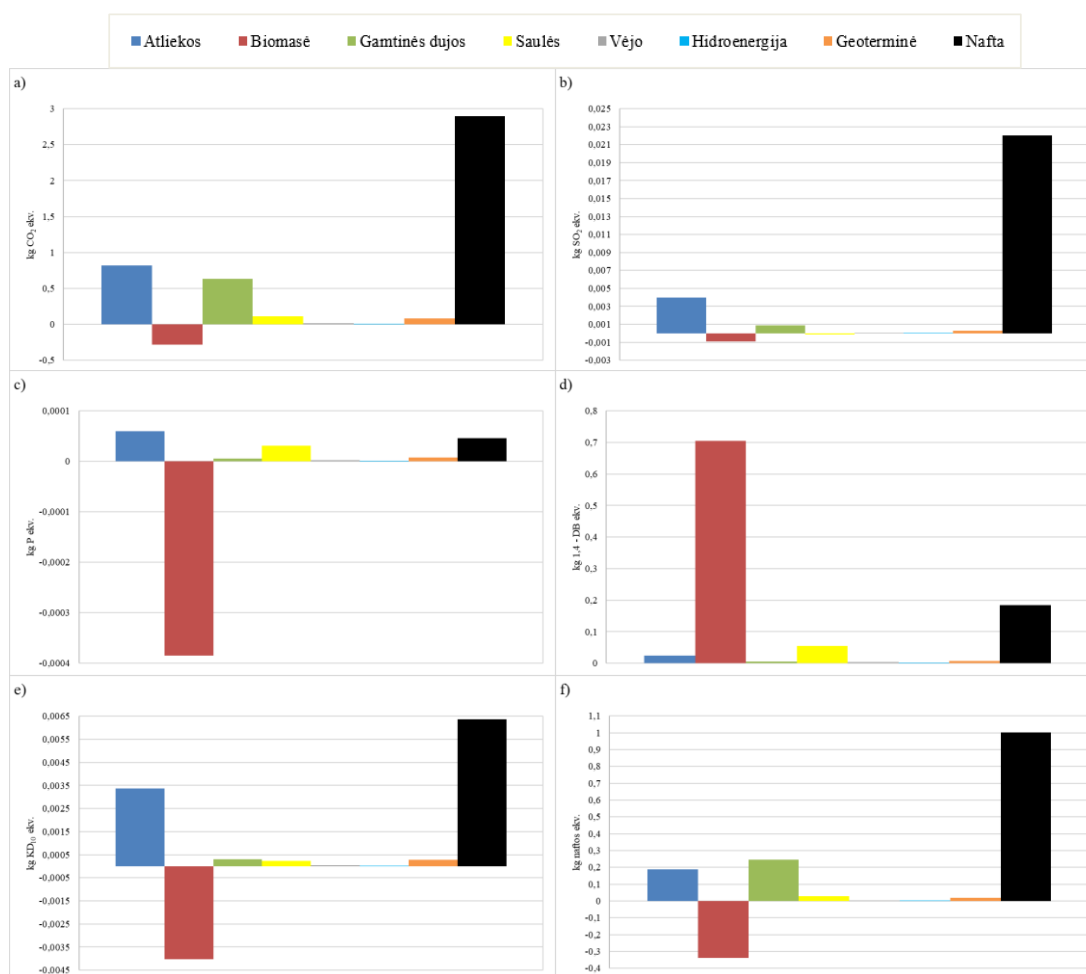
2015 metų elektromobilio naudojimo etapas išskyrė daugiau ŠESD emisijų negu gamybos etapas, o 2050 metais, kai AEI bus didžiausia elektros energijos dalis, naudojimo etapas darys mažiau taršos negu gamybos etapas. Tai reiškia, kad AEI teigiamai veikia ŠESD emisijų susidarymą – jį mažina. Taip pat 2050 metų elektrinio automobilio (EA) naudojimo etapas darys mažesnę ŠESD emisijų taršą negu įprastinių VDVTP, o 2015 EA naudojimo etape ŠESD emisijų kiekis buvo didesnis negu įprastinių VDVTP. Galima teigti, kad didelį EA ŠESD kiekį lemia automobilio gamyba. Jeigu EA gamyba darytų mažesnę ŠESD taršą, bendras EA būvio ciklo ŠESD emisijų kiekis būtų mažesnis negu dyzelinio automobilio.

Panaši situacija atsispindi ir iškastinio kuro poveikio kategorijoje. 2015 daugiau naftos buvo eikvojama EA naudojimo etape, o 2050 m. – gamybos, nes itin sumažėjo naudojimo etapo naftos eikvojimas.

Iš gautų rezultatų galima daryti prielaidą, kad didžiąją dalį elektromobilio taršos 2050 metais darys paties automobilio gamyba, o nebe jo eksploatacija. Tačiau pastebima, kad viena poveikio kategorija 2050 metais padidėtų – vandens eutrofikacija. Tą lėmė elektros sudėtis.

3.5. Lietuvos elektros energijos sudėties poveikio kategorijų analizė

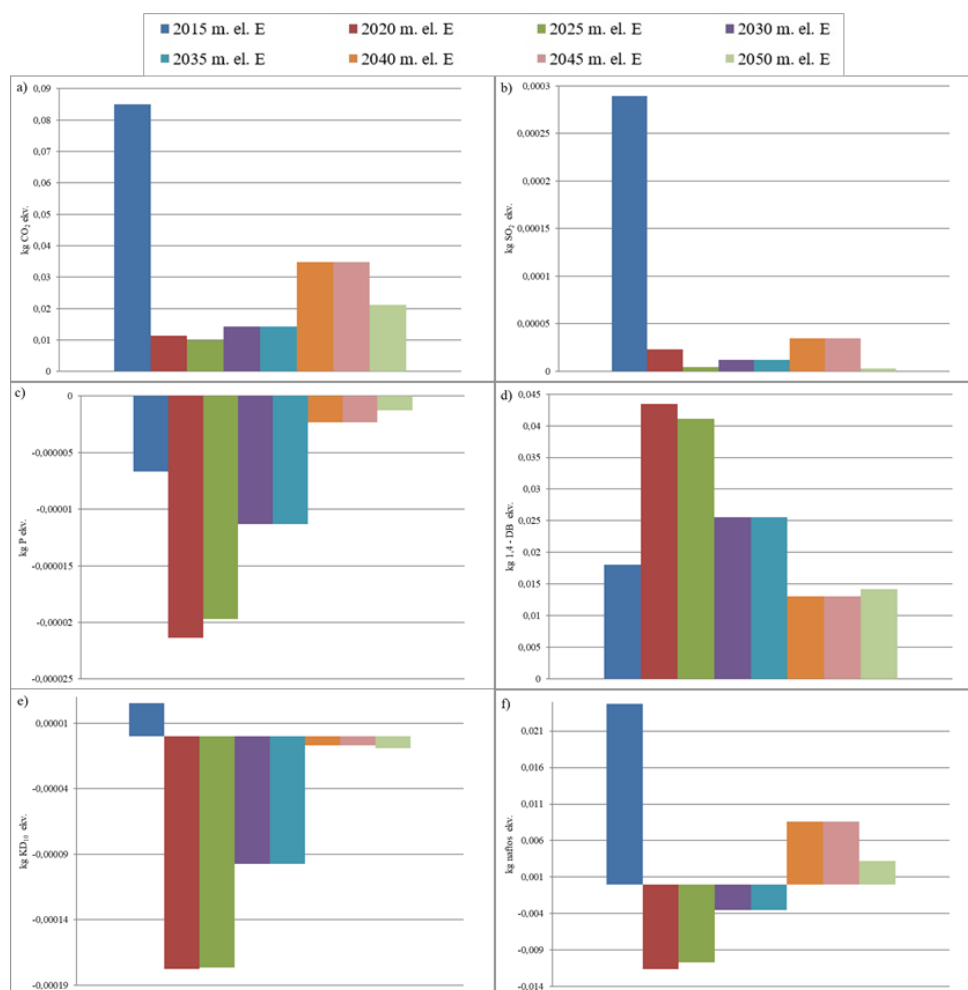
Kad būtų galima nustatyti, kuris energijos šaltinis yra palankiausias aplinkai atliktas 1 kWh elektros energijos būvio ciklo įvertinimas.



16 pav. Skirtingų elektros energijos išteklių gamybos 1 kWh palyginimas: a) – ŠESD emisijos; b) – žemės rūgštėjimas; c) – vandens eutrofikacija; d) – toksiškumas žmogui; e) – KDS; f) – iškastinio kuro eikvojimas.

Iš rezultatų (16 paveikslas) matyti, kad taršiausias elektros energijos išteklius yra nafta – iš šešių nagrinėtų kategorijų nafta penkiose iš jų turi didžiausias vertes. Biomasė penkiose iš šešių kategorijų turi mažiausias vertes, tačiau šio išteklius toksiškumas žmonėms yra itin didelis palyginti su kitais ištekliais. Geriausiomis būtų galima pripažinti vėjo energiją ir hidroenergiją. Atliktas Lietuvos elektros energijos sudėties poveikio kategorijų įvertinimas (17 paveikslas).

Kadangi 2015 metais Lietuvoje vis dar buvo naudojama nafta elektros energijai išgauti, 2015 metų elektros sudėtis pripažįstama kaip taršiausia. Ši elektros sudėtis daro didžiausią taršą keturiose iš šešių nagrinėtų kategorijų. Pagal gautus šešių poveikio kategorijų rezultatus galima teigti, kad mažiausiai tarši elektros energijos sudėtis yra 2020 ir 2025 metų sudėtis. Tai gali būti dėl to, kad daugiausia energijos 2020 ir 2025 m. išgauta iš vėjo energijos ir biomasės, o biomasė visose poveikio aplinkai kategorijose darė mažiausią taršą. 2050 metais prognozuojama, kad saulės energijos dalis sudarys net 45 proc. bendroje elektros energijos sudėtyje, tačiau iš rezultatų matyti, kad saulės energija nėra pats aplinkai palankiausias atsinaujinančios energijos išteklius.



17 pav. Lietuvos prognozuojamos elektros energijos sudėties poveikio kategorijų analizė: a) – ŠESD emisijos; b) – žemės rūgštėjimas; c) – vandens eutrofikacija; d) – toksiškumas žmogui; e) – KDS; f) – iškastinio kuro eikvojimas.

3.6. Rezultatų palyginimas su kitų autorių gautais rezultatais

Šioje dalyje pateikiami elektrinio automobilio (EA) ir vidaus degimo variklio transporto priemonių (VDVTP) būvio ciklo įvertinimo rezultatų palyginimai su kitų autorių gautais rezultatais (14 lentelė).

14 lentelė. Gautų BCĮ rezultatų palyginimas su kitų mokslininkų rezultatais

Poveikio kategorija	Matavimo vnt.	Tyrimas	Kitų rezultatai	Šio tyrimo rezultatai
ŠESD emisijos	kg CO ₂ ekv.	(Tagliaferri et al., 2016)	EA: 0,12 kg/km, VDVTP: dyzelis 0,16 kg/km	EA: 2015 m.: 0,14 kg/km, 2050 m.: 0,078 kg/km, VDVTP: benzinas: 0,105 kg/km, dyzelis: 0,076 kg/km
		(Hawkins et al., 2013)	EA: 0,081 kg/km	
		(Girardi et al., 2015)	EA: 0,155 kg/km, VDVTP: benzinas 0,30 kg/km	
		(Burchart-Korol, Jursova, et al., 2018)	EA: 0,172 – 0,276 kg/km, VDVTP: benzinas 0,284 kg/km	

14 lentelės tęsinys

		(Bicer & Dincer, 2018)	EA: 0,29 kg/km, VDVTP: dyzelis 0,23 kg/km	
		(Pero, Delogu, & Pierini, 2018)	EA: 0,07 kg/km, VDVTP: benzinas 0,143 kg/km	
Vandens eutrofikacija	kg P ekv.	(Burchart-Korol, Jursova, et al., 2018)	EA: 0,00017 – 0,00032 kg/km VDVTP: 0,000053 kg/km	EA: 2015 m. 0,000033 kg/km, 2050 m. 0,000038 kg/km, VDVTP: benzinas 0,00002 kg/km, dyzelis 0,0000177 kg/km
		(Bicer & Dincer, 2018)	EA: 0,00073 kg/km VDVTP: Benzinas 0,000131 kg/km dyzelis 0,0001 kg/km	
		(Pero et al., 2018)	EA: 0,00017 kg/km VDVTP: benzinas 0,000031 kg/km	
Toksiškumas žmonėms	kg 1,4-DB ekv.	(Nordelöf et al., 2014)	EA: 0,46 kg/km VDVTP: benzinas 0,026 kg/km, dyzelis 0,025 kg/km	EA: 2015 m. 0,077 kg/km, 2050 m. 0,073 kg/km VDVTP: benzinas 0,009 kg/km, dyzelis 0,0073 kg/km
		(Girardi et al., 2015)	EA: 0,136 kg/km VDVTP: benzinas 0,095 kg/km	
		(Burchart-Korol, Jursova, et al., 2018)	EA: 0,23 – 0,33 kg/km VDVTP: benzinas 0,085 kg/km	
		(Bicer & Dincer, 2018)	EA: 0,25 kg/km, VDVTP: dyzelis 0,04 kg/km	
		(Pero et al., 2018)	EA: 0,027 kg/km VDVTP: benzinas 0,00057 kg/km	
KDS	kg KD ₁₀ ekv.	(Girardi et al., 2015)	EA: 0,0002 kg/km, VDVTP: benzinas 0,00027 kg/km	EA: 2015 m. -0,00046 kg/km, 2050 m. - 0,00005 kg/km VDVTP: benzinas 0,0008 kg/km, dyzelis 0,00078 kg/km
		(Burchart-Korol, Jursova, et al., 2018)	EA: 0,0006 – 0,00036 kg/km VDVTP: benzinas: 0,00034 kg/km	
Iškastinio kuro eikvojimas	kg naftos ekv.	(Burchart-Korol, Jursova, et al., 2018)	EA: 0,04 – 0,075 kg/km, VDVTP: benzinas 0,094 kg/km	EA: 2015 m. 0,041 kg/km, 2050 m. 0,020 kg/km VDVTP: benzinas 0,091 kg/km, dyzelis 0,070 kg/km

(Tagliaferri et al., 2016) tyrimo inventoriaus duomenis ėmė iš įvairių literatūros šaltinių (Swiss Centre For Life Cycle Inventories, 2014; Thinkstep 2015) ir iš privačių įmonių pranešimų ir prezentacijų (Umicore, 2015). Šiame tyrime automobilis buvo parinktas pagal naujausius esamus modelius: elektromobilis „Nissan Leaf“ ir įprastinė VDVTP „Toyota Yaris“ (naudojamas kuras – dyzelis). Tačiau, kadangi tyrimas buvo atliktas 2016 metais ir elektromobilio elektros sąnaudos buvo imtos dar pagal seną metodiką (NEDC) – 0,173 kWh, tokios sąnaudos mažesnės negu šio tyrimo, kur buvo imtos elektros sąnaudos paskaičiuotos pagal naują metodiką („WLTP“) – 0,206 kWh. Taip pat „Nissan Leaf“ baterijos priimtas svoris – 250 kg, tuo tarpu šiame tyrime – 296 kg. Elektros energijos sudėtis pasirinkta pagal vidutinę Europos energijos sudėtį, kur dauguma energijos išgaunama iš atominių elektrinių, anglies ir gamtinių dujų (64 %). Parinktos kuro sąnaudos dyzeliniam automobiliui – 5 l/100 km, tuo tarpu šiame tyrime pasirinkto dyzelinio automobilio sąnaudos – 4,5 l/100km.

(Hawkins et al., 2013) inventorius sudarytas pagal (Nakamura, Nakajima, Kondo, & Nagasaka, 2007). Taip pat naudota senesnė, negu šiame tyrime, „Ecoinvent“ duomenų bazės versija „2.2“. „Nissan Leaf“ buvo pasirinktas kaip elektromobilio atitikmuo: baterijos svoris 214 kg, elektros sąnaudos – 0,173 kWh/km. Įprastinių VDVTP sąnaudos: benzininio – 6,85 l/100km, dyzeliniam – 5,35 l/100km. Šiame tyrime benzininio automobilio sąnaudos – 6,5 l/100km. Elektros sudėtis naudota pagal Europos vidutinę elektros energijos sudėtį.

(Girardi et al., 2015) naudojo „Ecoinvent“ versiją „2.2“. Pasirinkto elektromobilio elektros sąnaudos – 0,22 kWh/km ir naudota Italijos elektros energijos sudėtis (pagrindė gamtinės dujos). Benzininio automobilio sąnaudos – 8,9 l/100km.

(Burchart-Korol, Jursova, et al., 2018) naudojo „Ecoinvent v.3“. Elektromobilis parinktas panašus į Nissan Leaf, baterijos svoris – 262 kg, elektros sąnaudos 0,199 kWh/km. Naudoti Lenkijos ir Čekijos 2015 metų ir 2050 metų prognostiniai elektros energijos kiekiai. 2015 metais elektros energija tiek Lenkijoje tiek Čekijoje pagrinde buvo išgaunama iš anglies (Lenkijoje – 85 %, Čekijoje – 50 %, likusi dalis, virš 30 proc. – atominė energija). Prognozuojama 2050 metų Lenkijos elektros energijos sudėtis tolygiai pasiskirsčiusi: 28 % atominės, 26 % anglies, 17 % dujų, 18 % vėjo, 9 % biomasės ir kt. Čekijos: 54 % atominės, 18 % anglies, 7,5 % biomasės ir kt. Benzininio automobilio sąnaudos – 6,95 l/km.

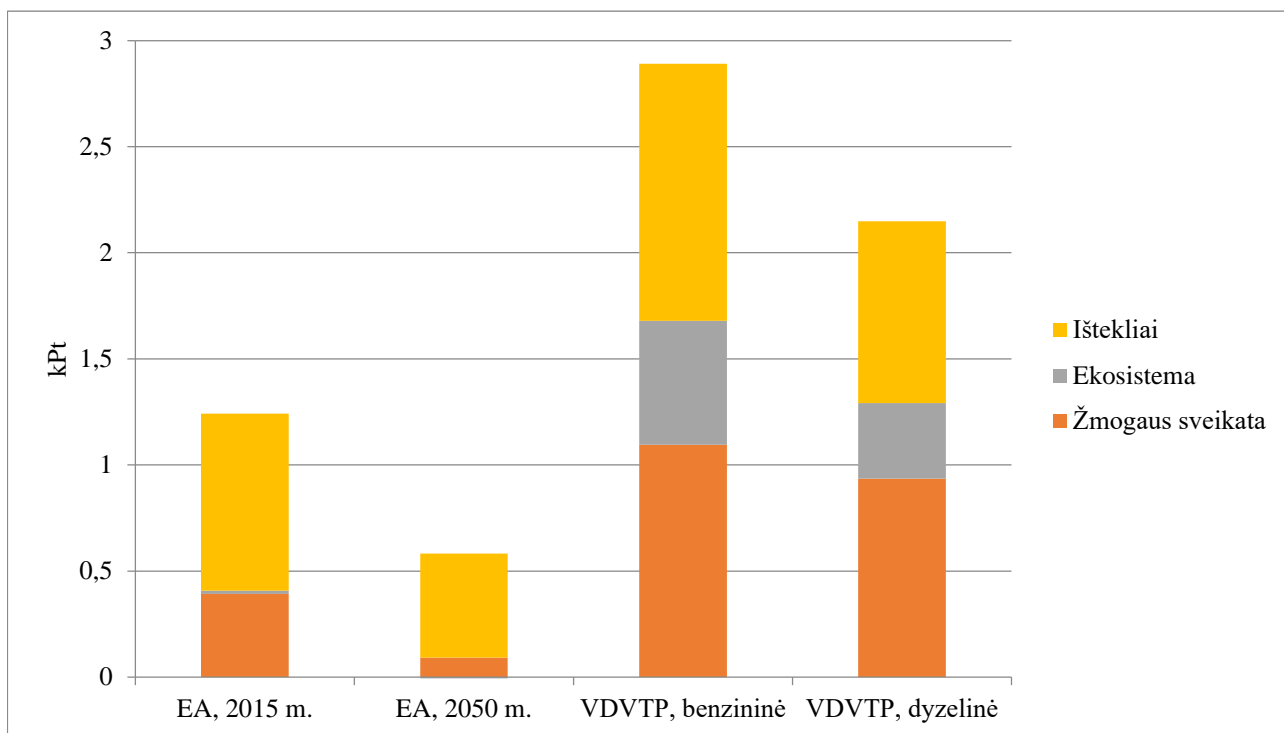
(Bicer & Dincer, 2018) naudojo „GREET“ programinę įrangą, kurios duomenys po to buvo apdoroti „Simapro“ kartu su „Ecoinvent 2.2“. Pasirinkto elektromobilio baterijos svoris – 250 kg, sąnaudos – 0,21 kWh/km, elektros energijos sudėtis – UCTE (angl. Union for the Co-ordination of transmission of electricity). Įprastinių VDVTP: benzininės – 8,44 l/100km, dyzelinės – 7,14 l/100km.

(Pero et al., 2018) pasirinktos elektromobilio elektros energijos sąnaudos – 0,167 kWh/km, įprastinės VDVTP benzino sąnaudos – 5,8 l/km. Tyrime buvo naudota Europos vidutinė elektros energijos sudėtis. Buvo naudota „GaBi 6.3“ duomenų bazė.

Galima teigti, kad įvairių straipsnių gautų rezultatų vertės visuomet skirsis. Vienodų rezultatų nebuvo nė viename straipsnyje. Tai galima paaiškinti tuo, kad kiekvienas mokslininkas sudaro skirtingą duomenų inventorinę analizę, naudojamos skirtingos programinės įrangos, duomenų bazės. Didžiausią įtaką elektromobilio taršai daro jo baterijos gamyba, todėl svarbu kokią svorį mokslininkas pasirenks. Taip pat dar svarbesnis aspektas yra kokia elektros energija elektromobilis bus pakrautas. Dauguma mokslininkų naudoja regiono vidurkinę elektros energijos sudėtį, jeigu norima parodyti bendrą to regiono elektromobilio taršą. Taip pat, kuo naujesnis tyrimas, tuo didesnė tikimybė, kad bus naudojami naujesnių automobilių duomenys. Keičiasi tiek šalių elektros energijos sudėtys, kadangi valstybės skatinamos pereiti prie švaresnių energijos gamybos būdų, taip pat keičiasi ir patys automobiliai: sąnaudos, efektyvumas, svoriai ir kt.

3.7. Pasekmių („Endpoint“) analizė

Norint parodyti, kurio automobilio bendras poveikis aplinkai (pagal tris pagrindines žalos kategorijas) yra didžiausias, atlikta „EndPoint“ vieno taško analizė. Jos metu gauti „Midpoint“ charakterizavimo rezultatai yra susisteminti į tris žalos kategorijas, prieš tai normalizuotas poveikio indikatorių vertes dauginant iš svartinio koeficiento. Šie rezultatai turi vienodą matavimo vienetą todėl gali būti sudedami norint gauti vieno taško poveikio aplinkai rezultatus. Matavimo vienetai – kPt, tai naštos aplinkai taškai, išreikšti kaip vienas balas. Palyginimui pasirinkti 2015 ir 2050 metų LR elektros energijos sudėtimi įkrauti elektriniai automobiliai (EA) ir jau prieš tai analizuoti vidaus degimo variklio automobiliai. Rezultatai pateikti 18 paveiksle.



18 pav. Bendra elektromobilių ir vidaus degimo variklio automobilių daroma žala

Apibendrinus visas poveikio kategorijas ir jas susisteminus į tris pagrindines poveikio kategorijas, kurios daro žalą ištekliams, ekosistemoms ir žmogaus sveikatai, nustatyta, kad bendrą didžiausią žalą darys benzina naudojančią vidaus degimo variklio automobilis, o Lietuvai perėjus prie atsinaujinančių energijos išteklių, tokia elektros energija įkrautas elektromobilis savo žalą galėtų sumažinti per pus.

Išvados

1. Atlikus elektromobilių plėtros Lietuvoje ir Europoje apžvalgą, nustatyta kad tiek Europoje tiek Lietuvoje yra skatinamas elektromobilių naudojimas. Europoje veikia visa eilė organizacijų ir programų, skirtų šviesti visuomenę ir skatinti elektrinių transporto priemonių naudojimą, siekiant mažinti taršą ne tik miestuose, bet ir atsisakyti naftos kaip kuro šaltinio.
2. Atlikus ES ir Lietuvos elektromobilių teisės aktų apžvalgą, nustatyta, kad Europa jau nuo 2009 metų pradėjo skatinti netaršias transporto priemones, kuomet išleido direktyvą 2009/33/EB, dėl skatinimo naudoti netaršias ir efektyviai energiją vartojančias kelių transporto priemones. Vėliau buvo priimta keletas darnaus judumo, bei draugiško aplinkai transporto skatinimo priemonių, buvo sukurto direktyvos, skatinančios AEI ir elektromobilių plėtrą ES valstybėse narėse. Lietuva, priklausydama ES, taip pat sekė Europos pavyzdžiu ir išleido elektromobilių infrastruktūros plėtros gaires, bei Nacionalinę energetinės nepriklausomybės strategiją, kurioje yra užsibrėžti ambicingi tikslai pereiti prie elektros energijos, kurios išgavimas iki 2050 metų yra planuojamas 100 proc. naudojant atsinaujinančius energijos išteklius.
3. Išanalizavus kitų autorių atliktų mokslinių tyrimų elektromobilių būvio ciklo įvertinimo tema, nustatyta, kad vienas svarbiausių aspektų atliekant elektromobilio būvio ciklo įvertinimą yra tai, kokia elektros energijos rūšis buvo panaudota įkrauti automobilį. Daugelio tyrimų atveju automobilis, kur šalies didžioji dalis energijos išgaunama iš naftos ar anglies, yra taršesnis negu vidaus degimo variklį turinčios transporto priemonės. Tačiau, jeigu elektromobilis įkrautas elektros energija išgaunama iš AEI, elektromobilis aplinkai palankesnis negu vidaus degimo variklio automobilis.
4. Atlikus elektromobilio būvio ciklo įvertinimą remiantis LR Nacionalinėje nepriklausomos energetikos strategijoje pristatytomis prognozėmis iki 2050 metų ir vidaus degimo variklio automobilių būvio ciklo įvertinimą, gauti rezultatai parodė, kad jei elektromobilis įkraunamas 2015 metų Lietuvos elektros energijos gamybos sudėtimi, bendros ŠESD emisijos būtų didesnės negu VDVTP. Taip pat 2015 metų LR elektros energija įkrautas elektromobilis sukeltų didesnę vandens eutrofikaciją ir toksiškumą žmogui. Tuo tarpu jis turėtų geresnius rezultatus KDS, iškastinio kuro ir sausumos rūgštėjimo kategorijose:
 - a) Elektromobilio, įkrauto 2015 metų Lietuvos elektros energija, šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis (1 km) – 0,14 kg/km, įkrauto 2050 metų elektros energija – 0,078 kg/km. Vidaus degimo variklio automobilių ŠESD emisijų kiekis (1 km): dyzelinį kurą naudojančio automobilio – 0,076 kg/km, benzininį kurą naudojančio – 0,105 kg/km.
 - b) Vandens eutrofikacijos indikatorius vertė elektromobiliui bus (1 km): įkrauto 2015 m. elektros energija – 0,000033 kg/km, įkrauto 2050 m. el. energija – 0,000038 kg/km. Vidaus degimo variklio automobilių (1 km): dyzelinį kurą naudojančio automobilio – 0,000017 kg/km, benzininį kurą naudojančio – 0,00002 kg/km.
 - c) Toksiškumo žmogui indikatorius vertė elektromobiliui bus (1 km): įkrauto 2015 m. elektros energija – 0,077 kg/km, įkrauto 2050 m. el. energija – 0,073 kg/km. Vidaus degimo variklio automobilių (1 km): dyzelinį kurą naudojančio automobilio – 0,0073 kg/km, benzininį kurą naudojančio – 0,009 kg/km.
 - d) Kietųjų dalelių susidarymo indikatorius vertė elektromobiliui bus (1 km): įkrauto 2015 m. elektros energija – 0,00046 kg/km, įkrauto 2050 m. el. energija – 0,00005 kg/km. Vidaus degimo variklio automobilių (1 km): dyzelinį kurą naudojančio automobilio – 0,00078 kg/km, benzininį kurą naudojančio – 0,0008 kg/km.

- e) Iškastinio kuro eikvojimo indikatoriaus vertė elektromobiliui bus (1 km): įkrauto 2015 m. elektros energija – 0,0041 kg/km, įkrauto 2050 m. el. energija – 0,020 kg/km. Vidaus degimo variklio automobilių (1 km): dyzelinį kurą naudojančio automobilio – 0,07 kg/km, benzininį kurą naudojančio – 0,070 kg/km.
- f) Sausumos rūgštėjimo indikatoriaus vertė elektromobiliui bus (1 km): įkrauto 2015 m. elektros energija – -0,0028 kg/km, įkrauto 2050 m. el. energija – -0,003 kg/km. Vidaus degimo variklio automobilių (1 km): dyzelinį kurą naudojančio automobilio – 0,0035 kg/km, benzininį kurą naudojančio – 0,0036 kg/km.
5. Atlikus būvio ciklo įvertinimą Lietuvoje naudojamoms elektros energijos ištekliams, nustatyta, kad iš nagrinėtų šešių poveikio kategorijų naftos elektros energija penkiose iš jų turi didžiausias vertes: ŠESD – 2,9 kg/kWh; sausumos rūgštėjimas – 0,022 kg/kWh; vandens eutrofikacija – 0,000045 kg/kWh; KDS – 0,006 kg/kWh; iškastinio kuro eikvojimas – 1 kg/kWh. Biomasės elektros energija mažiausias vertes turėjo penkiose kategorijose: ŠESD – -0,28 kg/kWh; sausumos rūgštėjimas – -0,0009 kg/kWh; gėlo vandens eutrofikacija – -0,00039 kg/kWh; KDS – -0,004 kg/kWh; iškastinio kuro eikvojimas – -0,34 kg/kWh.
6. Didžiausią bendrą žalą žmogui, ekosistemoms ir ištekliams darys benziną naudojantis automobilis. Jo bendros daromos žalos vertė yra 2,9 kPt, dyzolino automobilio – 2,1 kPt, 2015 metų elektros energija įkrauto elektromobilio – 1,24 kPt, 2050 metų elektros energija įkrauto elektromobilio – 0,6 kPt.
7. Apibendrinant, iš tirtų šešių poveikio aplinkai kategorijų „*Midpoint*“ metodu buvo nustatyti tokie taršos pasikeitimai:
- a) 2050 metų elektrą įkrauto elektromobilio ŠESD kiekis sumažėtų 45 %, lyginant su 2015 m. elektrą įkrautu elektromobiliu ir turėtų 35 % mažesnę ŠESD vertę nei benzininė VDVTP, tačiau 3 % didesnę nei dyzelinė VDVTP.
- b) 2050 metų elektrą įkrauto automobilio sausumos rūgštėjimo potencialas sumažėtų 10 %, lyginant su 2015 m. elektros sudėtimi įkrauto elektromobilio potencialo verte. Tiek benzinu, tiek dyzeliu varomų VDVTP sausumos rūgštėjimo potencialas du kartus didesnis negu elektromobilio.
- c) 2050 metų elektrą įkrauto automobilio vandens eutrofikacijos potencialas padidėtų 16 %, lyginant su 2015 m. elektros sudėtimi įkrauto elektromobilio. Tiek benzinu, tiek dyzeliu varomų VDVTP vandens eutrofikacijos potencialas 50 proc. mažesnis negu elektromobilio.
- d) 2050 metų elektrą įkrauto automobilio žmogaus toksiškumo potencialas sumažėtų 5 %, lyginant su 2015 m. elektros sudėtimi įkrauto elektromobilio potencialo verte. Benzinu varomos VDVTP žmogaus toksiškumo potencialas mažesnis 8 kartus negu elektromobilio, o dyzelinės VDVTP – 10 kartų mažesnis.
- e) 2050 metų elektrą įkrauto automobilio kietųjų dalelių susidarymo (KDS) potencialas sumažėtų 5 %, lyginant su 2015 m. elektros sudėtimi įkrauto elektromobilio potencialo verte. Tiek benzinu, tiek dyzeliu varomų VDVTP KDS potencialas 2,6 karto didesnis negu elektromobilio.
- f) 2050 metų elektrą įkrauto automobilio iškastinio kuro eikvojimo potencialas sumažėtų 47 %, lyginant su 2015 m. elektros sudėtimi įkrauto elektromobilio ir būtų beveik 5 kartus mažesnis negu benzininės VDVTP ir 4 kartus mažesnis negu dyzelinės VDVTP.

8. Apibendrinant, iš trijų žalos poveikio aplinkai kategorijų „*Endpoint*“ metodu buvo nustatyti tokie taršos pasikeitimai:
- a) Bendra elektromobilio, įkrauto 2050 metų elektros energija, žala sumažėtų 53 % lyginant su 2015 metų elektros energija įkrautu elektromobiliu ir būtų 5 kartais mažesnė už benzininį automobilio daromą žalą ir beveik 4 kartais už dyzelinio.
 - b) Didžiąją dalį daromos žalos 2015 m. elektros energija įkrautame elektromobilyje sudarys žala ištekliams (67 proc.), o 2050 m. elektros energija įkrautame elektromobilyje irgi didžiausią žalą bus daroma ištekliams (85 %). Vidaus degimo variklio automobiliuose daroma skirtinga žala pasiskirsčiusi tolygiau: benzininiame automobilyje: 38 proc. žmogaus sveikatai daroma žala; 20 proc. ekosistemoms ir 42 proc. ištekliams. Dyzeliniame automobilyje: beveik 44 proc. žmogaus sveikatai, 16 proc. ekosistemoms ir 40 procentų ištekliams.

Literatūros sąrašas

- ACEA. (2017). *THE BENEFITS OF WLTP*. Prieiga per internetą https://www.wltpfacts.eu/wp-content/uploads/2017/04/WLTP_Leaflet_FA_web.pdf
- Air pollution and climate change. (2019, gegužės 8d.). [žiūrėta 2019-05-08]. Prieiga per internetą <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/Transport-and-health/data-and-statistics/air-pollution-and-climate-change2>
- AVERE. (n.d.). [žiūrėta 2019-05-26]. Prieiga per internetą <https://avere.org/what-is-avere/>
- Bae, S., & Hong, Y. C. (2018). Health effects of particulate matter. *Journal of the Korean Medical Association*, 61(12), 749–755. <https://doi.org/10.5124/jkma.2018.61.12.749>
- Bansal, R. C. (2017). Electric vehicles. *Handbook of Automotive Power Electronics and Motor Drives*, 55–96. <https://doi.org/10.1201/9781420028157>
- Bicer, Y., & Dincer, I. (2018). Life cycle environmental impact assessments and comparisons of alternative fuels for clean vehicles. *Resources, Conservation and Recycling*, 132(Spalis 2017), 141–157. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.036>
- Burchart-Korol, D., Jursova, S., Folega, P., Korol, J., Pustejovska, P., & Blaut, A. (2018). Environmental life cycle assessment of electric vehicles in Poland and the Czech Republic. *Journal of Cleaner Production*, 202(Lapkritis 2014), 476–487. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.145>
- Burchart-Korol, D., Pustejovska, P., Blaut, A., Jursova, S., & Korol, J. (2018). Comparative life cycle assessment of current and future electricity generation systems in the Czech Republic and Poland. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(11), 2165–2177. <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1450-z>
- De Luca, G., Fabozzi, S., Massarotti, N., & Vanoli, L. (2018). A renewable energy system for a nearly zero greenhouse city: Case study of a small city in southern Italy. *Energy*, 143, 347–362. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.004>
- de Souza, L. L. P., Lora, E. E. S., Palacio, J. C. E., Rocha, M. H., Renó, M. L. G., & Venturini, O. J. (2018). Comparative environmental life cycle assessment of conventional vehicles with different fuel options, plug-in hybrid and electric vehicles for a sustainable transportation system in Brazil. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.236>
- Del Duce, A., Gauch, M., & Althaus, H. J. (2016). Electric passenger car transport and passenger car life cycle inventories in ecoinvent version 3. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(9), 1314–1326. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0792-4>
- Ecoinvent. (2017a). [žiūrėta 2019-05-18]. Prieiga per internetą <https://www.ecoinvent.org/>
- Ecoinvent. (2017b). [žiūrėta 2019-05-08]. Prieiga per internetą <https://www.ecoinvent.org/support/faqs/methodology-of-ecoinvent-3/why-is-the-lcia-score-of-a-certain-product-negative.html?most>
- EEA, 2018a. (2016). *90 . 4 percentile of daily mean PM10 concentrations observed at background stations , 2016*.
- EGVI. (n.d.). [žiūrėta 2019-05-26]. Prieiga per internetą <https://egvi.eu/what-we-do/egvi-cppp-roadmap/>
- Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 748–764. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.113>
- European Environment Agency. (2015). Air quality in Europe. In *EEA Report N° 5*.

<https://doi.org/10.2800/62459>

- Faria, R., Marques, P., Moura, P., Freire, F., Delgado, J., & De Almeida, A. T. (2013). Impact of the electricity mix and use profile in the life-cycle assessment of electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 271–287. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.063>
- Frost, J., Whited, M., & Allison, A. (2019). *Real World Revenues from EVs*. Prieiga per internetą www.synapse-energy.com
- Galinis, A., Miškinis, V., Lekavičius, V., Konstantinavičiūtė, I., Štreimikienė, D., Pažeraitė, A., ... Alėbaitė, I. (n.d.). *Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos projekto energetikos politikos krypčių įgyvendinimo vertinimas*.
- Girardi, P., Gargiulo, A., & Brambilla, P. C. (2015). A comparative LCA of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle using the appropriate power mix: the Italian case study. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(8), 1127–1142. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0903-x>
- Goedkoop, M. J., Heijungs, R., Huijbregts, M. A. J., Schryver, A. De, Struijs, J., & van Zelm, R. (2013). Category indicators at the midpoint and the endpoint level ReCiPe 2008. *ResearchGate*, (Birželis 2016), 126. <https://doi.org/10.2307/40184439>
- Hawkins, T. R., Singh, B., Majeau-Bettez, G., & Strømman, A. H. (2013). Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. *Journal of Industrial Ecology*, 17(1), 53–64. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x>
- Helmers, E., & Weiss, M. (2017). Advances and critical aspects in the life-cycle assessment of battery electric cars. *Energy and Emission Control Technologies*, Volume 5, 1–18. <https://doi.org/10.2147/eect.s60408>
- Huijbregts, M. A. J. (2016). *ReCiPe 2016 A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level Report I: Characterization*. Prieiga per internetą <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0104.pdf?fbclid=IwAR3FQ2GZ1tn18IRnN4C-JUu09an4LOcBDSJowdPMjEVhqcJsdo7lnALuDbY#page=89&zoom=100,0,178>
- Huo, H., Cai, H., Zhang, Q., Liu, F., & He, K. (2015). Life-cycle assessment of greenhouse gas and air emissions of electric vehicles: A comparison between China and the U.S. *Atmospheric Environment*, 108, 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.02.073>
- Kliucininkas, L., Matulevicius, J., & Martuzevicius, D. (2012). The life cycle assessment of alternative fuel chains for urban buses and trolleybuses. *Journal of Environmental Management*, 99, 98–103. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.01.012>
- Lowell, D., Jones, B., Seamonds, D., & M.J., B. (2016). *Mid-Atlantic and Northeast Plug-in Electric Vehicle Cost-Benefit Analysis Methodology & Assumptions*. Prieiga per internetą https://mjbradley.com/sites/default/files/NE_PEV_CB_Analysis_Methodology.pdf
- LRŪM, L. ir L. (2012). *Kompleksinė elektromobilių transporto plėtros galimybių studija*. Prieiga per internetą [https://sumin.lrv.lt/uploads/sumin/documents/files/Veikla/Kita_veikla/Kompleksine_EM_transporto_plėtros_galimybiu_studija_min_\(1\).pdf](https://sumin.lrv.lt/uploads/sumin/documents/files/Veikla/Kita_veikla/Kompleksine_EM_transporto_plėtros_galimybiu_studija_min_(1).pdf)
- Moro, A., & Helmers, E. (2017). A new hybrid method for reducing the gap between WTW and LCA in the carbon footprint assessment of electric vehicles. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(1), 4–14. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0954-z>
- Nakamura, S., Nakajima, K., Kondo, Y., & Nagasaka, T. (2007). The Waste Input-Output Approach to Materials Flow Analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 11(4), 50–63. <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1290>
- National Institute for Public Health and the Environment. (2018). LCIA: the ReCiPe model | RIVM. [žiūrėta

- 2019-05-29]. Prieiga per internetą <https://www.rivm.nl/en/life-cycle-assessment-lca/recipe>
- Niestadt, M., & Bjørnåvold, A. (2019). *BRIEFING EPRS | European Parliamentary Research Service*. Prieiga per internetą [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637895/EPRS_BRI\(2019\)637895_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637895/EPRS_BRI(2019)637895_EN.pdf)
- Nissan Leaf, 2010. (n.d.). [žiūrėta 2019-05-14]. Prieiga per internetą, <https://www.nissan.lt/automobiliai/nauji-automobiliai/leaf.html>
- Nordelöf, A., Messagie, M., Tillman, A. M., Ljunggren Söderman, M., & Van Mierlo, J. (2014). Environmental impacts of hybrid, plug-in hybrid, and battery electric vehicles—what can we learn from life cycle assessment? *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(11), 1866–1890. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0788-0>
- Pero, F. Del, Delogu, M., & Pierini, M. (2018). Life Cycle Assessment in the automotive sector: A comparative case study of Internal Combustion Engine (ICE) and electric car. *Procedia Structural Integrity*, 12, 521–537. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2018.11.066>
- Raslavičius, L., Azzopardi, B., Keršys, A., Starevičius, M., Bazaras, Ž., & Makaras, R. (2015). Electric vehicles challenges and opportunities: Lithuanian review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 786–800. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.076>
- Regitra. (2019). Atviri duomenys | Valstybės įmonė „REGITRA“. [žiūrėta 2019-05-23]. Prieiga per internetą <https://www.regitra.lt/lt/atviri-duomenys/>
- Samet, J., & Woodward, A. (2018). Air Pollution and Climate Change. In *Global Health Leadership* (pp. 91–105). https://doi.org/10.1007/978-3-319-95633-6_9
- SimaPro. (2019). [žiūrėta 2019-05-24]. Prieiga per internetą <https://simapro.com/>
- Smart, Green and Integrated Transport. (2019). [žiūrėta 2019-05-26]. Prieiga per internetą <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/smart-green-and-integrated-transport>
- Smith, R. B., Fecht, D., Gulliver, J., Bevers, S. D., Dajnak, D., Blangiardo, M., ... Toledano, M. B. (2017). Impact of London's road traffic air and noise pollution on birth weight: retrospective population based cohort study. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 359, j5299. <https://doi.org/10.1136/bmj.j5299>
- Tagliaferri, C., Evangelisti, S., Acconcia, F., Domenech, T., Ekins, P., Barletta, D., & Lettieri, P. (2016). Life cycle assessment of future electric and hybrid vehicles: A cradle-to-grave systems engineering approach. *Chemical Engineering Research and Design*, 112, 298–309. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2016.07.003>
- The Green eMotion project-preparing the future of European electromobility*. (2015). Prieiga per internetą http://www.greenemotion-project.eu/upload/pdf/about_us/Green-eMotion_results_and_findings.pdf
- Transport and Environment. (2016). *Electric Vehicles in Europe - 2016 - Approaching adolescence*. <https://doi.org/10.2800/100230>
- United Nations. (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. *United Nations Economic & Social Affairs*, 1–2.
- Varga, B. O. (2013). Electric vehicles, primary energy sources and CO2 emissions: Romanian case study. *Energy*, 49(1), 61–70. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.10.036>
- VĮ „Regitra“. (2019). [žiūrėta 2019-05-28]. Prieiga per internetą <https://www.regitra.lt/lt/atviri-duomenys/>
- Woo, J. R., Choi, H., & Ahn, J. (2017). Well-to-wheel analysis of greenhouse gas emissions for electric vehicles based on electricity generation mix: A global perspective. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 51, 340–350. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.01.005>

Teisės aktai

Europos Parlamento ir Tarybos 2009 m. balandžio 23 d. direktyva 2009/33/EB dėl skatinimo naudoti netaršias ir efektyviai energiją vartojančias kelių transporto priemones. [žiūrėta 2019-05-20]. Prieiga per internetą <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0033&from=LT>

Europos Parlamento ir Tarybos 2011 m. kovo 28 d. komunikatas KOM(2011) 144 BALTOJI KNYGA Bendros Europos transporto erdvės kūrimo planas. Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos transporto sistemos kūrimas. [žiūrėta 2019-05-20]. Prieiga per internetą <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52011DC0144&from=lt>

Europos Komisijos 2013 m. komunikatas KOM(2013)017 Transportui – švari energija. Europinė alternatyviųjų degalų strategija. [žiūrėta 2019-05-21]. Prieiga per internetą <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52013PC0017&from=LT>

Europos Komisijos 2013 m. komunikatas KOM(2013)017 Transportui – švari energija. Europinė alternatyviųjų degalų strategija. [žiūrėta 2019-05-21]. Prieiga per internetą <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52013PC0017&from=LT>

Europos Parlamento ir Europos Sąjungos Tarybos 2014 m. spalio 22 d. direktyva 2014/94/ES dėl alternatyviųjų degalų infrastruktūros diegimo. [žiūrėta 2019-05-25]. Prieiga per internetą <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014L0094&from=LT>

Europos Komisijos 2016 m. komunikatas KOM(2016)501 Europos mažataršio judumo strategija [žiūrėta 2019-05-21]. Prieiga per internetą <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016DC0501&from=LT>

Europos Parlamento ir Tarybos 2018 m. gegužės 30 d. direktyva 2018/844/ES kuria iš dalies keičiama Direktyva 2010/31/ES dėl pastatų energinio naudingumo ir Direktyva 2012/27/ES dėl energijos vartojimo efektyvumo [žiūrėta 2019-05-20]. Prieiga per internetą <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018L0844&from=LT>

Lietuvos Respublikos Susiekimo Ministerija. (2015). Viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairės (2015 m. gegužės 6 d. Nr. 3-125). [žiūrėta 2019-05-05]. Prieiga per internetą <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/59c70320f43b11e4ab99c3ab3bbb5843/asr>

Lietuvos Respublikos Seimas. (2012). Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija (2012 m. birželio 26 d. Nr. XI-2133). [žiūrėta 2019-04-10]. Prieiga per internetą <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.429490/asr>

Lietuvos Respublikos Seimas. (2011). Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas (2011 m. gegužės 12 d. Nr. XI-1375). [žiūrėta 2019-04-11]. Prieiga per internetą <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.398874/asr>

Priedai

1. PRIEDAS

2015 ir 2050 metų elektros energija įkrautų elektromobilių ir vidaus degimo variklio transporto priemonių būvio ciklo įvertinimo poveikio kategorijos

Poveikio kategorija	Matavimo vnt.	EV, 2015 m.	EV, 2050 m.	VDVTP, benzinas	VDVTP, dyzelinas
Ozono sluoksnio retėjimas	kg CFC-11 ekv.	0,002	0,001	0,006	0,005
Jūrų vandens eutrofikacija	kg N ekv.	4,977	2,910	1,117	0,743
Fotocheminių oksidantų susidarymas	kg NMVOC	39,786	5,995	96,438	82,532
Sausumos ekotoksiškumas	kg 1,4-DB ekv.	5,774	7,295	4,825	4,427
Gėlo vandens ekotoksiškumas	kg 1,4-DB ekv.	86,950	80,675	70,822	66,382
Jūrų vandens ekotoksiškumas	kg 1,4-DB ekv.	76,030	90,320	6,338	-2,356
Jonizuojanti radiacija	kBq U235 ekv.	201,793	21,377	1973,101	1711,426
Ūkių žemių okupacija	m ² a	-13985,699	-8046,455	8968,657	3796,592
Miestų žemių okupacija	m ² a	0,674	-0,011	254,275	194,886
Gamtinių žemių transformacija	m ²	3,743	0,979	12,530	10,050
Vandens eikvojimas	m ³	-219,297	-74,931	375,856	224,895
Metalų eikvojimas	kg Fe ekv.	3804,390	3866,249	-5423,999	-5760,208