

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Dainė Bubelaitė

**M1 KLASĖS ELEKTROMOBILIŲ IR HIBRIDINIŲ
TRANSPORTO PRIEMONIŲ PLĖTROS TYRIMAS LIETUVOJE**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Prof. dr. Daiva Dumčiuvienė

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMOS KATEDRA

**M1 KLASĖS ELEKTROMOBILIŲ IR HIBRIDINIŲ
TRANSPORTO PRIEMONIŲ PLĖTROS TYRIMAS LIETUVOJE**

Baigiamasis magistro projektas

Energijos technologijos ir ekonomika(kodas 621E30004)

Vadovas

Prof. dr. Daiva Dumčiuvienė

Recenzentas

Lekt. dr. Donata Putnaitė

Projektą atliko

Dainė Bubelaitė

KAUNAS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Dainė Bubelaitė

(Studento vardas, pavardė)

Energijos technologijos ir ekonomika 621E30004

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „M1 klasės elektromobilių ir hibridinių transporto priemonių plėtros tyrimas Lietuvoje“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 18 m. gegužės 22 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Dainės Bubelaitės** baigiamasis projektas tema „M1 klasės elektromobilių ir hibridinių transporto priemonių plėtros tyrimas Lietuvoje“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Bubelaitė, Dainė. M1 klasės elektromobilių ir hibridinių transporto priemonių plėtros tyrimas Lietuvoje. *Energijos technologijų ir ekonomikos* baigiamasis projektas, vadovė prof. dr. Daiva Dumčiuvienė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemos katedra.

Mokslo kryptis ir sritis: Energijos inžinerija, Technologiniai mokslai

Reikšminiai žodžiai: *elektromobiliai, hibridai, plėtra, M1 transporto priemonės, prognozė.*

Kaunas, 2018. 72 p.

SANTRAUKA

Temos aktualumas. Europos Sąjungos darnaus vystymosi tikslai nukreipti į ekologijos ir aplinkosaugos suderinamumą su ekonomine plėtra. Siekiama, kad ekonominis augimas spartintų socialinę pažangą ir gerintų aplinkos būklę. Ypatingas dėmesys ES skiriamas ekonomikos augimo atskirčiai nuo išteklių naudojimo ir poveikio aplinkai.

Elektromobiliai (EM), varomi tik elektros energija, hibridiniai (HEV) bei įkraunami hibridiniai elektromobiliai (PHEV) užima vis didesnę dalį lengvųjų transporto priemonių sektoriuje. Dabartinės tendencijos rodo, jog šios transporto priemonės ateityje gali pakeisti iškastiniu kuru varomus automobilius su vidaus degimo varikliais. Elektromobilių privalumai ypač aktualūs miestuose, kuriuose viršijamos leidžiamos taršos normos. Juose integravus šias transporto priemones sumažėtų smogas bei lengvųjų transporto priemonių sukeliamas triukšmas. Automobilių gamintojams nustatomi nauji reikalavimai, jog nuo 2025 m. vidutinis emisijų kiekis naujose lengvosiose transporto priemonėse turi būti 15 %, o nuo 2030 m. – 30 % mažesnis lyginant su 2021 m. reikalavimais.

Lietuvoje nuo 2014 metų kuriama elektromobilių plėtros įstatyminė bazė. VĮ „Regitra“ oficialiais statistiniais duomenimis 2018 m. sausio 1 d. Lietuvoje buvo užregistruota 621 vnt. elektra varomų ir 9105 vnt. hibridinių lengvųjų transporto priemonių. Faktinių duomenų tiriamuoju 2013-2018 m. laikotarpiu elektra varomų ir hibridinių lengvųjų M1 transporto priemonių plėtra, lyginant su ankstesniais metais nuolat augo, nors bendroje automobilių rinkoje jie sudaro tik 0,72 %. Lietuvos automobilių parko statistinių duomenų analizė rodo, naujų lengvųjų transporto priemonių plėtros tendenciją Lietuvoje bei netolygaus įkrovimo infrastruktūros prieigų pasiskirstymo Lietuvos savivaldybėse bei jų trūkumo problemą.

Darbo tikslas yra remiantis prognozavimo metodais iširti Lietuvos M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtrą 10 metų laikotarpyje, įvertinant esamą Lietuvos automobilių parką bei plėtrai įtaką darančius veiksnius.

Metodologija. Naudojami statistinių duomenų sisteminimo, analizės metodai, regresinės, koreliacinės analizės, mažiausių kvadratų bei determinacijos analizės.

Pagrindiniai rezultatai. Lietuvos M1 klasės EM skaičiaus kitimo savivaldybėse priklausomybės nuo įkrovimo prieigų infrastruktūros bei Norvegijos M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių priklausomybės nuo įkrovimo infrastruktūros tyrimų koreliacija labai stipri. EM bei HEV skaičius tiesiogiai priklausomas nuo įkrovimo prieigų infrastruktūros. Lietuvoje užregistruotų EM bei HEV skaičiaus priklausomybės nuo Lietuvos demografijos (2013-2017 m.) tyrimo rezultatai rodo labai stiprią atvirkštinę koreliaciją. Nepaisant faktinio mažėjančio Lietuvos gyventojų skaičiaus bei prognozuojamo demografijos kritimo, M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių skaičius didės. Ištyrus elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių skaičiaus kitimo Lietuvoje priklausomybę nuo BVP gautas labai aukštas koreliacijos koeficientas. Kylantis BVP rodo gerėjančią gyvenimo kokybę ir pasitenkinimą. 2018 metais prognozuojamas 3,2 %, o 2019 m. – 2,7 % BVP augimas darys teigiamą įtaką EM ir HEV plėtrai Lietuvoje. Lietuvos įstatyminėje bazėje reglamentuotas įkrovimo infrastruktūros prieigų skaičiaus didinimas, kuris koreliuoja su elektromobilių bei hibridų skaičiaus plėtra, sudarys sąlygas spartesnei šių transporto priemonių integracijai Lietuvoje.

Iš suprognozuotų trijų M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių 10 metų laikotarpiui scenarijų, labiausiai tikėtinas yra pirmasis. Šio scenarijaus vidutinis EM bei HEV skaičiaus didėjimo tempas lygus 1,18. Per prognozuojamą 2018-2027 metų laikotarpį šių transporto skaičius turėtų išaugti iki 50 209 vnt., o 2018 m. pabaigoje Lietuvoje turėtų būti užregistruota 12 171 vnt. mažos ar nulinės emisijos automobilių. Neatmetama tikimybė, jog tyrimo objekto vertės 2018-2027 m laikotarpiu nekis taip ženkliai, todėl pasiskirstys tarp dviejų labiausiai tikėtinų pirmojo ir antrojo scenarijų.

Bubelaitė, Dainė. Study of M1 Class Electric and Hybrid Vehicle Development in Lithuania: *Master's Thesis in Energy Technologies and Economics* supervisor prof. dr. Daiva Dumčiuvienė. Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Electrical Power Systems.

Research area and field: Energy Engineering, Technological Sciences

Key words: electric vehicle, hybrid vehicle, development, M1 class vehicles, forecast

Kaunas, 2018. 72 p.

SUMMARY

Relevance of the topic. The European Union's sustainable development goals are tied to ecological and environmental compatibility with economic development. The aim is that economic development would speed up social progress and improvement of state of the environment. Particular EU's attention is paid to detachment of economic growth from using resources and negative impacts on environment.

Electric vehicle (EM) powered only by electricity, hybrid (HEV) and plug-in hybrid electric vehicle (PHEV) are taking up an increasing share of light-duty vehicles in transport sector. Current trends indicate that these vehicles can replace fossil fuel-powered internal combustion engines in the future. Advantages of electric cars are particularly relevant in urban areas, where pollution exceeds allowable pollution rate. The integration of these vehicles would reduce smog and noise from light-duty vehicles. For car manufacturers, new requirements are set up – from 2025, the average emissions in new light-duty vehicles must be 15% and, from 2030, – 30% lower compared to 2021 requirements.

Starting from 2014, the legal bases for the development of electric vehicles in Lithuania are being developed. According to official statistics of public institution “Regitra”, in January 1, 2018 621 units of EM and 9105 units of HEV light-duty vehicles were registered. During 2013-2018 research period actual data of M1 class electric and hybrid vehicles continued to grow. While in the overall car market, they account only 0.72 %. The analysis of the statistical data of the Lithuanian automobile fleet shows the tendency of development of new light-duty vehicles in Lithuania, uneven distribution of charging infrastructure in municipalities of Lithuania and their shortages.

The aim of the work. To research the development of M1 class electric and hybrid vehicle in Lithuania for a period of 10 years, considering the current Lithuanian automobile fleet and factors that affect this development, by implementing forecasting methods.

Methodology. The statistical systematization, analytical methods, regression, correlation analysis, least squares method and determination peculiarities are presented.

Main results. The correlation between the development of M1 class electric vehicle in municipalities dependency on charging infrastructure and Norwegian M1 class electric and hybrid vehicle dependency on charging infrastructure is very strong. The number of electric and hybrid vehicle is directly dependent on the charging infrastructure. The results of the research on the number of electric and hybrid vehicle dependence of Lithuania's demography (2013-2017) show a very strong inverse correlation. Despite the fact that Lithuania's population is decreasing and the demographic decline is predicted in the future, the number of M1 electric and hybrid vehicle will increase. After examining dependence of the number of electric and hybrid vehicles in Lithuania on the GDP, a very high correlation coefficient was obtained. Increasing GDP shows rising quality of life and satisfaction. The forecast for 2018 is 3.2%, and in 2019 – 2.7% of GDP growth, that will have a positive impact on the development of EM and HEV in Lithuania. The increase of charging infrastructure, regulated by Lithuanian legal basis, which correlates with the electric and hybrid vehicle development, will enable faster integration of these vehicles.

Out of the projected three ten-year scenarios for M1 class electric and hybrid vehicles, the most likely is the first one. The average increase in this scenario for EM and HEV is 1.18. During the forecast period of 2018-2027, number of EM and HEV vehicles should increase to 50209 units and in the end of 2018 – 12 171 units will be registered in Lithuania. It is possible that the value of the object during the 2018-2027 period would not be so dramatic and will therefore be divided between the two most probable first and second scenarios.

TURINYS

SANTRUMPŲ ŽODYNAS	12
ĮVADAS	13
1. M1 KLASĖS ELEKTROMOBILIŲ IR HIBRIDINIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ PLĖTROS PROBLEMATIKA LIETUVOJE	15
1.1 Šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos kontrolė transporto srityje.....	15
1.2 Elektromobilių plėtros įstatyminė bazė Lietuvoje	17
1.3 M1 klasės elektromobilių ir hibridinių transporto priemonių plėtros Lietuvoje 2013-2018 m. analizė.....	21
1.4 Lietuvos M1 klasės automobilių parkas pagal degalų rūšį bei amžių	25
1.5 Lengvųjų M1 klasės elektromobilių ir hibridinių transporto priemonių analizė pagal jų amžiaus bei pasiskirstymo Lietuvos savivaldybėse kriterijus	31
2. ELEKTROMOBILIŲ IR HIBRIDINIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ TEORINIAI ASPEKTAI.....	35
2.1 Tradicinių, hibridinių automobilių ir elektromobilių samprata	35
2.2 Elektromobilių baterijos efektyvumo mažėjimo aspektai	37
3. ELEKTROMOBILIŲ IR HIBRIDINIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ PLĖTROS TYRIMO METODOLOGIJA	43
4. M1 KLASĖS ELEKTROMOBILIŲ IR HIBRIDINIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ PLĖTROS TYRIMAS LIETUVOJE	46
4.1 M1 klasės elektromobilių ir hibridinių transporto priemonių plėtros 2013-2017 m. pasirinktose šalyse analizė.....	46
4.2 Norvegijos ir Lietuvos elektromobilių skatinimo politikos analizė	49
4.3 M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtrai įtaką darančių veiksnių analizė	52
4.4 M1 klasės elektra varomų bei hibridinių įkraunamų transporto priemonių scenarijų sudarymas 10 metų laikotarpiui Lietuvoje	62
IŠVADOS.....	67
LITERATŪROS SĄRAŠAS	69

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. M1 klasės elektromobilių ir hibridinių lengvųjų automobilių plėtra Lietuvoje 2013-2018 m. [1-6, 27].	22
2 pav. M1 klasės elektromobilių plėtra Lietuvoje 2013-2018 m. [1-6, 76].	24
3 pav. 2018 m. Lietuvos parko pasiskirstymas pagal kuro rūšį, procentais [27].	25
4 pav. Lietuvos lengvųjų automobilių parko amžius 2007-2016 m. pagal „Eurostat“ statistiką [44].	26
5 pav. 2017 m. sausio 1 d. duomenys apie M1 klasės TP pasiskirstymą pagal amžių [43].	28
6 pav. 2017 bei 2018 metų kovo mėnesio ir I metų ketvirčio(sausio-kovo) naujų užregistruotų TP registro duomenys [30].	29
7 pav. 2017 bei 2018 metų kovo mėnesio ir I metų ketvirčio(sausio-kovo) naujų užregistruotų TP pokytis procentais [30].	30
8 pav. Naujų ir naudotų EM plėtra 2017m [1].	32
9 pav. Naudotų ir naujų benzinu/elektra varomų hibridinių transporto priemonių plėtra 2017 m.[1]	32
10 pav. Kitų naudotų hibridinių transporto priemonių plėtra 2017m.[1]	33
11 pav. EM pasiskirstymas Lietuvoje 2017 metais [12].	34
12 pav. Galios perdavimas įprastinėje transporto priemonėje [7].	35
13 pav. Galios perdavimas hibridiniame nuosekliame automobilyje [7].	36
14 pav. Galios perdavimas hibridiniame lygiagrečiame automobilyje [7].	36
15 pav. Galios perdavimas EM [7].	36
16 pav. Populiariausių elektromobilių pasiskirstymas Lietuvoje 2018m. [8].	37
17 pav. 24 kWh ir 30 kWh „Nissan Leaf“ efektyvumo kritimo priklausomybė nuo TP amžiaus [35].	39
18 pav. 24 kWh ir 30 kWh „Nissan Leaf“ efektyvumo nuosmukio palyginimas [35].	40
19 pav. „Tesla Model S/X“ efektyvumo priklausomybė nuo TP ridos [36].	41
20 pav. „Tesla Model S/X“ baterijos efektyvumo SoH priklausomybė nuo amžiaus [36].	42
21 pav. EM ir HEV plėtra 2013-2017m. pasirinktose šalyse [1-6, 27, 18-21].	47
22 pav. Užregistruotų elektromobilių skaičius 2013-2017 m., tenkantis 1k gyventojų.	48
23 pav. Įkrovimo stotelių infrastruktūra Vilniaus mieste 2018 m gegužės mėn. [9].	52
24 pav. Infrastruktūra Kauno mieste 2018 m sausio mėn. [9].	53
25 pav. Esamų ir projektuojamų didelės galios įkrovimo stotelių infrastruktūra magistraliniuose keliuose [33].	54
26 pav. EM sklaidos poveikslas, jų skaičiaus priklausomybė nuo įkrovimo infrastruktūros [9].	55

27 pav. 2013-2017 m. Norvegijoje įrengtų įkrovimo priėgų skaičiaus bei M1 klasės EM ir HEV plėtros analizės rezultatai [24].	56
28 pav. Norvegijos M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių priklausomybė nuo infrastruktūros.	57
29 pav. Elektromobilių bei hibridų skaičiaus, tenkančio 1 k gyventojų sklaida 2013-2017 m. laikotarpiu.	58
30 pav. Lietuvos demografijos ir EM + HEV skaičiaus kitimo prognozė.	59
31 pav. BVP , tenkančio gyventojui, kitimas 2015-2018 metų ketvirčiais [28].	60
32 pav. M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtros priklausomybė nuo BVP tenkančio vienam gyventojui kitimo [31].	61
33 pav. EM ir HEV 10-ies metų plėtros scenarijai.	64

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Gautų koreliacijos koeficiento stiprumo intervalų reikšmės [38].....	44
2 lentelė. 3 skaičiuojamų scenarijų lygčių matematinės išraiškos [38].....	44
3 lentelė. Užregistruotų EM skaičiaus Lietuvos savivaldybėse priklausomybės nuo įkrovimo priėgų infrastruktūros koreliacijos koeficiento skaičiavimo duomenys ir gautas rezultatas.....	55
4 lentelė. Norvegijos EM ir HEV skaičiaus kitimo 2013-2017 m. priklausomybės nuo įkrovimo priėgų infrastruktūros koreliacijos koeficiento skaičiavimo duomenys ir gautas rezultatas.....	57
5 lentelė. Lietuvoje užregistruotų EM bei HEV skaičiaus priklausomybės nuo Lietuvos gyventojų skaičiaus (2013-2017 m.) koreliacijos koeficiento skaičiavimo duomenys ir gautas rezultatas.....	58
6 lentelė. Lietuvoje užregistruotų EM bei HEV skaičiaus priklausomybės nuo BVP, (EUR/gyventojui to meto kainomis) 2013-2017 m. [25] koreliacijos koeficiento skaičiavimo duomenys ir gautas rezultatas.....	61
7 Lentelė. 10 metų laikotarpio EM ir HEV plėtros scenarijų funkcijos bei gauti determinacijos koeficiento rezultatai.	63

SANTRUMPŲ ŽODYNAS

EM – elektromobilis

VDV – vidaus degimo variklis

EV – elektros variklis

HEV – hibridinės transporto priemonės

PHEV – kištukiniai hibridai

TP – transporto priemonė

IVADAS

Senkant iškastinio kuro atsargoms ir tobulėjant technologijoms, pasaulinėje rinkoje sparčiai populiarėja elektromobiliai. Lengvuosiuose M1 klasės automobiliuose kaip energijos šaltinį efektyviau naudoti ne skystą mineralinį kurą, biodegalus ar dujas, o elektros energiją. Tobulėjant akumuliatorių baterijų technologijoms bei mažėjant jų kainai, tikimasi, kad ateityje elektromobiliai pakeis vidaus degimo variklius turinčius automobilius, kurie degindami iškastinį kurą išskiria gamtą teršiančias kenksmingas medžiagas.

ES aktyviai vykdo šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo politiką. Europos Sąjungos darnaus vystymosi tikslai nukreipti į ekologijos ir aplinkosaugos suderinamumą su ekonomine plėtra. Ypatingas dėmesys skiriamas ekonomikos augimo atskirčiai nuo iškastinių išteklių naudojimo ir poveikio aplinkai. Daugelis šalių sparčiai vysto elektromobilių įkrovimo stotelių infrastruktūros plėtrą bei skatinimo politiką ir planuojama visas naujas M1 klasės transporto priemones pakeisti elektromobiliais. Lietuvoje elektromobilių plėtros procesai pradėti sąlyginai neseniai ir vyksta lėtai. Plečiantis elektromobilių rinkai, dabartinė sistema gali tapti nestabili, todėl šiuo metu reikalinga tinkamai koordinuoti elektromobilių skaičiaus didėjimą Lietuvoje.

Šiame darbe analizuojama faktinė M1 klasės lengvųjų elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtra Lietuvoje, esama elektromobilių skatinimo įstatyminė bazė/politika Lietuvoje bei šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos kontrolė. Atliekama M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtrai įtaką darančių – Lietuvos automobilių parko amžiaus, pasiskirstymo savivaldybėse bei elektromobilių įkrovimo infrastruktūros, kriterijų analizė. Kintamųjų ryšio stiprumui nustatyti tarp M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių ir demografijos Lietuvoje, įkrovimo prieigų skaičiaus, ekonominių rodiklių kaitos atliekama koreliacinė analizė.

Darbo tikslas yra remiantis prognozavimo metodais ištirti Lietuvos M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtrą 10 metų laikotarpyje, įvertinant esamą Lietuvos automobilių parką bei plėtrai įtaką darančius veiksnius.

Šio darbo uždaviniai:

1. Apžvelgti elektromobilių plėtros įstatyminę bazę Lietuvoje.
2. Atlikti Lietuvos M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių statistinių duomenų analizę pagal kiekio, amžiaus, degalų rūšies, pasiskirstymo Lietuvos savivaldybėse kriterijus.
3. Išsiaiškinti tradicinių, hibridinių automobilių bei elektromobilių veikimo ir efektyvumo aspektus.

4. Atlikti faktinės M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtros 2013-2017 m pasirinktose šalyse bei skatinimo politikos Norvegijoje ir Lietuvoje palyginamąją analizę.

5. Atlikti elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtrai įtaką darančių veiksnių analizę.

6. Prognozuoti tris M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtros Lietuvoje 10 metų laikotarpiui scenarijus.

1. M1 KLASĖS ELEKTROMOBILIŲ IR HIBRIDINIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ PLĖTROS PROBLEMATIKA LIETUVOJE

1.1 Šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos kontrolė transporto srityje

Žmonių veikla, tokia kaip iškastinio kuro naudojimas, augmenijos kirtimas, daro įtaką klimato pokyčiams ir kintančiai žemės temperatūrai. Tai didina šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį atmosferoje bei visuotinį atšilimą. Anglies dioksidas (CO₂), metanas (CH₄), azoto oksidas (NO₂), fluoruotos dujos neleidžia šilumai pasiskirstyti už žemės atmosferos ribų. Globalinės žemės temperatūros vidurkis nuo IXX a. pabaigos pakilęs 0,85 ° C. Tai sukelia vandens temperatūros pakitimus, tirpdo ledynus, kelia jūros lygį – visa tai sukelia potvynius bei eroziją pakrantėse. Pietinė ir Vidurio Europa, Viduržemio jūros regionas alinami karščio bangomis, gaisrais ir sausromis. Šiaurės Europoje problematiškai tampa žiemos potvyniai. Skirtingi regionai susiduria su dideliais temperatūrų svyravimais. Kovai su šiais reiškiniais ES kuria 2020, 2030, 2050 metų strategijas ir užsibrėžia tikslus šiltnamio efekto mažinimui, atsinaujinančių energijos išteklių naudojimui bei energijos efektyvaus panaudojimo skatinimui.

Pastaruoju metu elektromobiliai (santr. - EM), varomi tik elektros energija, hibridiniai (santr. - HEV) bei įkraunami hibridiniai elektromobiliai (santr. - PHEV) užima vis didesnę dalį lengvųjų transporto priemonių sektoriuje. Dabartinės tendencijos rodo, jog šios transporto priemonės ateityje gali pakeisti iškastiniu kuru varomas vidaus degimo variklių transporto priemones. Elektros energija varomi automobiliai daro didelę įtaką aplinkai ir energetikos sistemai. Didelę naudą elektromobilių plėtra duoda aplinkai. Įprastų vidaus degimo variklio principu varomų transporto priemonių keitimas į elektromobilius mažina transporto sektoriaus šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą. Elektromobilių privalumai ypatingai aktualūs miestuose, kuriuose viršijamos leidžiamos taršos normos. Juose integravus šias transporto priemones sumažėtų smogas bei lengvųjų transporto priemonių sukeliamas triukšmas.

Transporto sektorius išmeta beveik ketvirtadalį Europos šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio, atskirai kelių transportas – apie penktadalį. Pagrindinė problematinė sritis – oro tarša miestuose. Nuo 1990 metų pramonės, energetikos, žemės ūkio sektoriuose užfiksuota išmetamų šiltnamio dujų mažėjimo tendencija, tačiau transporto sektoriuje išmetamos emisijos kiekis vis didėja. Kelių transporte emisijos 3,3 % krito 2012 metais, tačiau šis rodiklis lyginant su 1990 metais yra didesnis 20,5 %. Šiame sektoriuje kelių transportas išmeta didžiausią teršalų kiekį, kuris 2014 metais sudarė 70 % viso transporto sektoriaus išmetamo šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio. Lengvasis transportas išmeta apie 15 % bendro Europos Sąjungos CO₂ kiekio [37].

Išmetamų teršalų mažinimas lengvųjų transporto priemonių sektoriuje remiasi iškastinio kuro didelės emisijos transporto priemonių tobulinimu arba jų keitimu į mažos bei nulinės emisijos automobilius. Teigiama, jog iki 2050 metų šiltnamio efektą skatinančių dujų kiekis turi būti 60 % mažesnis lyginant su 1990 m. ir artėti prie nulinės emisijos. Oro taršos kiekis iš transporto sektoriaus, kuris kenkia sveikatai, turi drastiškai mažėti [37].

Komunikate nurodomos trys prioritetinės veiklos sritys. Didinti transporto sistemos efektyvumą, išnaudojant skaitmenines technologijas bei apmokestinti didesnės emisijos transporto priemones siekiant, jog žmonės sąmoningai rinktųsi ekologiškesnius automobilius. Spartinti mažos emisijos alternatyvių energijos šaltinių, tokių kaip biodegalai, elektra, vandenilis, plėtrą transporto sektoriuje bei šalinti kliūtis transporto elektrifikavimo procesui. Tęsti vidaus degimo variklių tobulinimą, spartinti perėjimą prie mažos, nulinės emisijos transporto priemonių. Pastarajai strategijai įgyvendinti didžiausią įtaką daro vietinės valdžios bei atskirų miestų vykdoma politika. EU šalyse įgyvendinamos paskatos mažos emisijos alternatyvios energijos transportui, skatinamos kelionės pėsčiomis, dviračiais, viešuoju transportu taip pat spūsčių ir taršos mažinimui diegiamos dviračių, automobilių dalinimosi sistemos. 70 mlrd. eurų Europos struktūrinių fondų ir investicijų lėšų skirta transporto sektoriui, iš jų 39 mlrd. Eur skirta remti mažai teršiančių transporto priemonių plėtrą, iš kurių 12 mlrd. Eur skirta mažos emisijos bei tvaraus judumo miestuose skatinimui. 6,4 mlrd. Eur skirta mokslinių tyrimų programai „Horizontas 2020“ mažos emisijos plėtros projektams [37].

ES teisės aktuose nurodyta (1999/94/EC direktyva), jog valstybės narės užtikrintų informacijos suteikimą vartotojams apie automobilio degalų naudojimo efektyvumą ir išmetamą CO₂ kiekį. Ši direktyva siekia skatinti gamintojus mažinti naujų automobilių degalų sąnaudas [42].

ES teisės aktuose naujiems automobiliams nustatyti emisijos rodikliai. Automobilių pramonė įgyvendina šiuos reikalavimus. 2015 m. naujų parduodamų lengvųjų transporto priemonių emisijos apribojimas ES reikalavimu buvo 130 g CO₂/km. 2017 m šis reikalavimas pakoreguotas ir vidutinis emisijos lygis tapo 118,5 g CO₂/km [37]. Taigi ES Komisija daro įtaką automobilių gamintojams, jog šie tobulintų technologijas ir mažintų šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetamą kiekį.

Naujausiais duomenimis 2017 m lapkričio mėn. Europos Komisija pateikė įstatymo pasiūlymą COM/2017/676 dėl naujų automobilių ir mikroautobusų išmetamo CO₂ nustatymo po 2020 m. Siūlomi nauji tikslai nustatyti naujiems lengviesiems automobiliams ir furgonams nuo 2025 m. ir dar griežtesni – 2030 m. Gamintojams nustatomi nauji reikalavimai, jog nuo 2025 m. vidutinis emisijų kiekis naujose lengvosiose transporto priemonėse turi būti 15 %, o nuo 2030 m. – 30 % mažesnis lyginant su 2021 m. (2021 m. reikalavimas yra 95 g CO₂/km) [41].

Gamintojui viršijus numatytą CO₂emisijos kiekį nuo 2012 m. įvesti mokesčiai už kiekvieną viršytą taršos normą kiekvienam užregistruotam automobiliui:

5 Eur – už vieną viršytą g/km;

15 Eur – už antrą g/kg;

25 Eur – už trečiąjį g/kg;

95 Eur – už kiekvieną vėlesnį g/kg.

Nuo 2019 m. minimali g/km viršijimo priemoka prasidės nuo 95 Eur [41].

Taigi, palaiapsniui griežtėjantys Europos Sąjungos reikalavimai bei piniginės nuobaudos verčia automobilių gamintojus keisti technologinius lengvųjų automobilių gamybos aspektus, tirti bei diegti naujas technologijas. Šie pokyčiai yra visuotinai naudingi, nes nauji automobiliai naudingiau išnaudoja iškastinio kuro potencialą, todėl vartotojas išleidžia mažiau transporto priemonės eksploatavimui bei mažiau teršia aplinką. Skatinama mažos ir nulinės emisijos transporto priemonių rinka ir siekiama, jog kelių transporto sektoriaus išmetamų emisijų kiekis pradėtų kristi, nes tai šiuo metu yra vienas problematiškiausių teršiančių sektorių.

1.2 Elektromobilių plėtros įstatyminė bazė Lietuvoje

2010 m. kovo 3 d. komunikate „2020 m. Europa – Pažangaus, tvaraus ir integracinio augimo strategija“ nurodoma, kad bus siekiama didinti konkurencingumą ir energetinį saugumą efektyviau naudojant išteklius ir energiją.

Europos Komisija 2011 m. kovo 28 d. Komisijos Baltojoje knygoje „Bendros Europos transporto erdvės kūrimo planas. Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos transporto sistemos kūrimas“ pateikia 40 iniciatyvų, skatinančių mažinti transporto priklausomybę nuo naftos išteklių, parengiant tvarių alternatyviųjų degalų strategiją, plėtojant atitinkamą infrastruktūrą ir kt. Dokumente keliami ambicingi tikslai kelių lengvajam transporto sektoriui iki 2030 metų numatoma atsisakyti pusės, o iki 2050 m.– visų, tradiciniu kuru varomų transporto priemonių miestuose. Komisijos Baltojoje knygoje taip pat numatoma, jog įvykdžius visas transporto reformas iki 2050 m. 60 % sumažės transporto išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis, palyginti su 1990 m. lygiu.

2013 m. sausio 24 d. Komisijos komunikate „Transportui – švari energija. Europinė alternatyviųjų degalų strategija“, nustatyta, kad elektra, vandenilis, biodegalai, gamtinės dujos ir suskystintosios naftos dujos šiuo metu yra pagrindinės alternatyviųjų degalų, ilgainiui galinčių pakeisti naftą, rūšys [37].

2014 m. spalio 22 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyvoje 2014/94/ES „Dėl alternatyviųjų degalų infrastruktūros diegimo“ 4 straipsnyje dėl elektros tiekimo transportui patvirtinami reikalavimai ES valstybėms narėms:

1. Siekiant užtikrinti, kad elektromobiliai galėtų judėti bent miestų ir (arba) priemiesčių aglomeracijose bei kitose tankiai gyvenamose vietovėse ir valstybių narių nustatytuose tinkluose, valstybės narės, pasitelkdamos nacionalines politikos sistemas, privalo užtikrinti, jog iki 2020 m. gruodžio 31 d. būtų įrengtas tinkamas viešųjų įkrovimo prieigų skaičius [16];

2. Komisija įvertina, kaip taikomi 1 dalies reikalavimai, ir atitinkamais atvejais pateikia pasiūlymą iš dalies pakeisti šią direktyvą, kuriame būtų atsižvelgta į elektromobilių rinkos plėtojimą, siekiant užtikrinti, kad kiekvienoje valstybėje narėje ne vėliau kaip 2025 m. gruodžio 31 d. būtų įrengtas papildomas viešųjų įkrovimo prieigų skaičius bent esamame TEN-T pagrindiniame tinkle, miestų ir (arba) priemiesčių aglomeracijose ir kitose tankiai gyvenamose vietovėse [16].

3. Valstybės narės savo nacionalinėse politikos sistemose taip pat imasi priemonių, skirtų skatinti ne viešųjų įkrovimo prieigų įrengimą ir sudaryti jam palankesnes sąlygas.

Valstybės narės užtikrina, kad viešųjų įkrovimo prieigų operatorių paslaugų kainos būtų pagrįstos, lengvai ir aiškiai palyginamos, skaidrios ir nediskriminacinės [16].

Europos parlamento direktyva 2014/94/ES kelia reikalavimus užtikrinančius, kad Europos Sąjungos narės imtųsi konkrečių veiksmų dėl alternatyviųjų degalų infrastruktūros diegimo. Valstybės narės iki 2016 m. lapkričio 18 d. privalo užtikrinti, kad įsigaliojusių įstatymai ir kiti teisės aktai, būtini, kad šios direktyvos būtų laikomasi. Kiekviena ES valstybė narė patvirtina nacionalinę alternatyviųjų degalų transporto sektoriuje rinkos plėtojimo ir atitinkamos infrastruktūros diegimo politikos sistemą.

Lietuvoje 2013 m. gruodžio 18 d. Lietuvos Respublikos Vyriausybė patvirtino nutarimą „Dėl nacionalinės susisiekimo plėtros 2014–2022 metų programos patvirtinimo.“ Vienas programos tikslų yra energijos vartojimo transporto sektoriuje efektyvumo didinimas ir neigiamo poveikio aplinkai mažinimas. Lietuvos 2014–2020 metų nacionalinės pažangos programos uždavinio „plėtoti modernią transporto infrastruktūrą ir darnų judumą“ kryptis numato mažinti išmetamų į atmosferą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį.

Prognozuojama, jog CO₂ tarša nuo 2009 iki 2020 metų padidės ne daugiau kaip 34,7 %. Transporto sektorius yra vienas pagrindinių taršos šaltinių, todėl 2006 m. spalio 19 d. Europos Komisijos komunikate „Efektyvaus energijos vartojimo veiksmų planas: išnaudoti potencialą“ (KOM (2006) 545) numatoma didinti energijos vartojimo efektyvumą šiame sektoriuje. Komunikate pabrėžiama, kad transporto sektoriuje suvartojama beveik 20 % visos pirminės energijos. Lietuvoje

transporto sektorius išmeta apie 20,7 % (ES vidurkis – 20,2 %) bendro šalies šiltnamio efekta sukeliančių dujų kiekio, iš jų – 89,6 % (2011 metų Eurostato duomenys, ES vidurkis – 94,4 procento) sudaro kelių transporto išmetamosios dujos. 2008 m. lapkričio 11 d. Europos Komisijos komunikate „Energijos vartojimo efektyvumas – pasiekti 20 % rodiklį“ (KOM (2008) 772) pabrėžiama, kad transporto sektoriuje galima papildomai sutaupyti 20 % energijos, todėl būtina įtraukti įvairius subjektus, valstybės ir savivaldybių institucijas, infrastruktūros planuotojus, vežėjus ir visuomenę [13].

Lietuvos transporto sektorius energijos vartojimas yra visiškai priklausomas nuo iškastinio kuro, jo sunaudojama vis daugiau. Lietuvoje vyrauja kelių transportas, o kelių transporto priemonių išmetamo CO₂ kiekis sparčiai didėja. Kelių transporto priemonių taip pat daugėja – nuo 1995 iki 2012 metų jų padvigubėjo. Sparčiausiai keliuose gausėjo lengvųjų automobilių. Šių transporto priemonių daugėja dėl nuolat intensyvėjančių prekių srautų, gerėjančios gyventojų ekonominės būklės, neribojamo taršių transporto priemonių naudojimo, kadangi nėra diferencijuotų taršos mokesčių [13].

Lietuvos nacionalinės susisiekimo plėtros 2014-2022 metų programoje vienas iš tikslų (perkeltų iš ES politikos), skatinančių elektromobilių ir hibridinių transporto priemonių plėtrą Lietuvoje, yra padidinti energijos vartojimo efektyvumą, skatinti alternatyvių energijos šaltinių naudojimą transporte, sukurti tam reikalingą infrastruktūrą.

Šiuo metu Lietuvoje nėra išplėto, vartotojams patogaus elektromobilių įkrovimo prieigų tinklo, aiškios elektromobilių plėtros bei mažos ar nulinės emisijos transporto priemonių įsigijimo skatinimo sistemos. Nacionalinės susisiekimo plėtros 2014-2022 metų programos uždavinys: plėtoti elektromobilių įkrovimo prieigų tinklą, o valstybinio ir viešojo sektorių automobilius nuosekliai keisti alternatyviuosius degalus naudojančiu transportu. Prie alternatyviųjų degalų priskiriami degalai arba energijos šaltiniai, kurie bent iš dalies pakeičia iškastinio kuro šaltinius, ir kurie gali prisidėti prie transporto dekarbonizacijos ir pagerinti transporto sektoriaus aplinkosauginį veiksmingumą (pavyzdžiui: elektra, vandenilis, biodegalai, sintetiniai ir parafininiai degalai, suslėgtosios gamtinės dujos ir suskystintosios gamtinės dujos, įskaitant biometaną, ir suskystintosios naftos dujos).

Nacionalinės susisiekimo plėtros 2014-2022 metų programoje teigiama, jog Lietuvoje daug dėmesio skiriama elektromobilių plėtrai. Ūkio, Energetikos, Susisiekimo ministerijų užsakymu 2012 metais parengta „Smart Continent LT“, UAB Kompleksinė elektromobilių transporto plėtros galimybių studija. Studijoje rekomenduojama siekti, kad 2025 metais Lietuvoje būtų apie 15–16 tūkst. (apie 6 tūkst. 2020 metais) iš elektros tinklo įkraunamų elektromobilių (EM+HEV). Studijoje prognozuotas elektra varomų automobilių skaičius 2015 metais turėjo siekti apie 600, tačiau 2015 metų pradžioje Lietuvoje buvo tik 65 elektromobiliai, t. y., beveik 10 kartų mažiau, nei prognozuota

[14]. Šis tikslas pasiektas 2018 metais (2018 m sausio 1 d VĮ „Regitra“ užregistravo 621 EM). Tikėtina, kad iki 2020 metų užregistruotas elektromobilių skaičius Lietuvoje sieks 1 200 vnt.

Elektromobilių skaičius Lietuvoje didėja lėčiau nei planuota galimybių studijoje, todėl Nacionalinės susisiekimo plėtros 2014-2022 metų programoje siūloma imtis kuo skubesnių veiksmų. Studijoje siūlytoms elektromobilių plėtros finansavimo priemonėms (žaliųjų pirkimų skatinimas, kompensacijos vartotojams, bandomieji projektai ir kt.) įgyvendinti, kad elektromobilių plėtros tikslai būtų pasiekti iki 2025 metų [13].

Viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtra skatina naudotis elektromobiliais. Šiuo tikslu 2015 m. parengtos Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro patvirtintos „Viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairės“. Jose reglamentuojama šalia kelių, priklausančių transeuropiniam transporto tinklui, ir šalia kitų valstybinės reikšmės kelių iki 2020 m įrengti ne mažiau 19 didelės galio įkrovimo stotelių, o iki 2022m – ne mažiau 28 vnt. Savivaldybėse, miestų ir priemiesčių aglomeracijose, kuriose yra daugiau kaip 25 tūkst. gyventojų viešųjų elektromobilių įkrovimo prieigų skaičius iki 2020 m turi būti ne mažiau 100 vnt. Taip pat nurodoma, jog elektromobilių įkrovimo nustatytos kainos viešosiose elektromobilių įkrovimo prieigose turi būti pagrįstos, skaidrios ir nediskriminacinės [15].

Viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtra padidina tikimybę, jog Lietuva pasieks Kompleksinėje elektromobilių transporto plėtros galimybių studijoje apskaičiuoto rodiklio pasiekimą, kad iki 2020 m. visi įregistruoti elektromobiliai Lietuvoje sudarytų 5 %. visų per metus parduodamų naujų automobilių, o 2025 m. – 10 % [14].

Rekomenduojama viešąsias elektromobilių įkrovimo prieigas šalia valstybinės reikšmės kelių įrengti ne didesniu kaip 40-50 km atstumu, o prieš įrengiant viešąją elektromobilių įkrovimo infrastruktūrą Lietuvoje, jų prieigų išdėstymą planuoti atsižvelgiant į kaimyninių valstybių elektromobilių įkrovimo tinklą, tam kad būtų sudaromos galimybės transeuropiniame kelių tinkle keliauti elektromobiliais [15].

Nurodomos rekomendacijos viešųjų elektromobilių įkrovimo prieigas savivaldybėse įrengti prie traukos objektų (prekybos centrų, mokymo įstaigų, oro uostų, kino teatrų, viešbučių, degalinių ir kt.), privataus ir viešojo transporto jungties automobilių stovėjimo aikštelėse (Angl. - *Park and Ride*) ir miesto teritorijos bendrajame plane apibrėžtoje centrinėje miesto dalyje; centrinėje miesto dalyje automobilių stovėjimo aikštelėje, turinčioje ne mažiau kaip 10 stovėjimo vietų, rekomenduojama įrengti bent vieną viešąją elektromobilių įkrovimo prieigą; viešąsias elektromobilių įkrovimo prieigas rekomenduojama įrengti kuo arčiau pagrindinio įėjimo į pastatą; didėjant elektromobilių skaičiui, ne

mažiau kaip 10 procentų visų centrinės miesto dalies automobilių stovėjimo vietų turėtų būti įrengtos viešosios elektromobilių įkrovimo prieigos ir išdėstytos ne didesniu kaip 300 metrų atstumu; savivaldybėms taip pat rekomenduojama jų automobilių stovėjimo aikštelėse ir (ar) automobiliams stovėti skirtose vietose įrengti bent po vieną viešąją elektromobilių įkrovimo prieigą [15].

Rekomenduojama įrengti viešąsias elektromobilių įkrovimo prieigas su centrine miesto dalimi besiribojančiose miesto dalyse, į kurias patenka mažieji prekybos centrai ir daugiabučių namų teritorijos, t. y., viešąsias elektromobilių įkrovimo prieigas įrengti prekybos centrų automobilių stovėjimo aikštelėse, daugiabučių namų kiemų teritorijose arba kuo arčiau įėjimų į pastatus, išdėstytas ne didesniu kaip 300 metrų atstumu [15].

Elektromobilių didelės galios įkrovimo infrastruktūrą rekomenduojama planuoti prie objektų, kur praleidžiama ne ilgiau kaip 1 val. (pvz., šalia maitinimo įstaigų, degalinių ir pan.), o prie prekybos centrų, parkų, pramogų parkų ir pan. (kur praleidžiama ilgiau kaip 1 val.) siūloma įrengti elektromobilių įprastos galios įkrovimo infrastruktūrą [15].

Savivaldybėms siūloma skatinti įvairias elektromobilių ir jų infrastruktūros plėtrą miestuose ir priemiesčių aglomeracijose, kuriose gyvena daugiau kaip 25 tūkst. gyventojų. Rekomenduojamos skatinimo priemonės: leidimas naudotis maršrutinio transporto juostomis, elektromobilių eismo riboto eismo zonose galimybė, vietinių rinkliavų lengvatos, žaliųjų pirkimų ir bandomųjų projektų skatinimas, lengvai randamos ir aiškios informacijos apie elektromobilių viešąsias įkrovimo prieigas pateikimas ir kt.

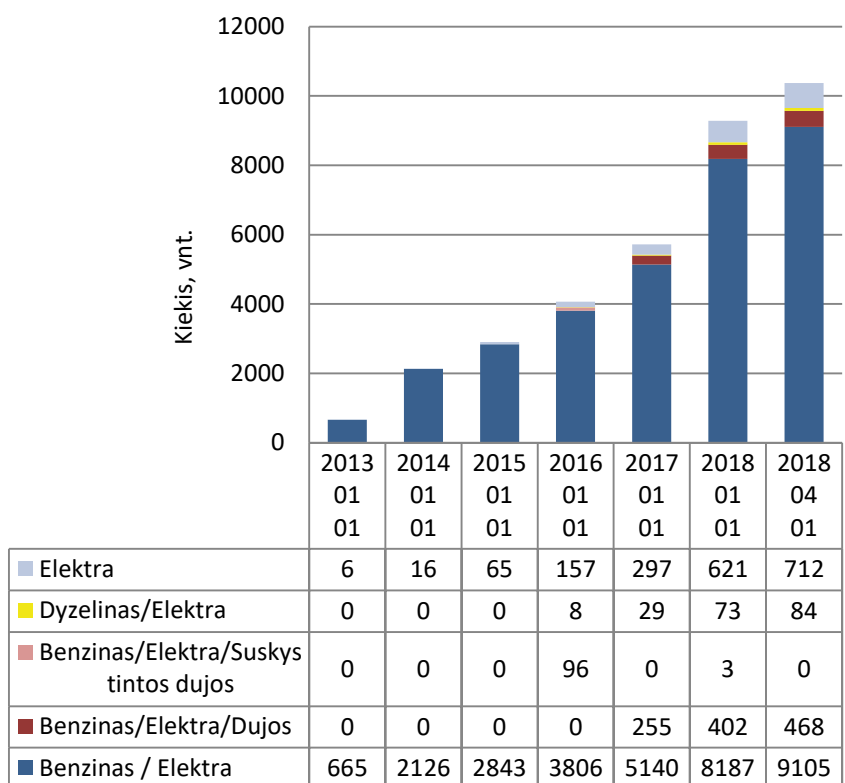
1.3 M1 klasės elektromobilių ir hibridinių transporto priemonių plėtros Lietuvoje 2013-2018 m. analizė

Neoficialiais duomenimis nuo 2006 m Lietuvoje bandomi pirmieji elektromobilių prototipai, tačiau tik 2010 m buvo įgyvendintos su elektrinių transporto priemonių plėtra susijusios iniciatyvos. 2011 m elektromobilių (EM), naudojančių tik elektros energiją, suskaičiuota tik 4 vienetai. Atitinkamai neišplėtotas ir elektra varomų bei įkraunamų hibridinių automobilių pakrovimo stotelių tinklas.

Pirmiausia, tam, kad būtų galima ištirti elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtrą dešimties metų laikotarpiu, tyrimui reikalingi statistiniai duomenys. Šios studijos metu remiamasi oficialiais Lietuvos bei kitų šalių pateikiamais duomenimis apie EM.

Pagal oficialius 2013 – 2018 m VĮ „Regitra“ duomenis apie elektromobilių ir hibridinių automobilių įregistravimo kiekį kiekvienais metais, analizuojama elektromobilių plėtra Lietuvoje.

Visame šiame darbe bus remiamasi ir analizuojami būtent M1 klasės – transporto priemonių keleiviams vežti, turinčių ne daugiau kaip aštuonias sėdimas vietas keleiviams ir vieną sėdimą vietą vairuotojui (lengvojo automobilio), statistiniais duomenimis, kuriuos Lietuvoje pateikia VĮ „Regitra“. **1 paveiksle** pavaizduota grafinė elektromobilių ir hibridinių M1 klasės automobilių plėtros Lietuvoje išraiška, o lentelėje po ja – atrinkti ir susisteminti 2013-2018 metų duomenys.



1 pav. M1 klasės elektromobilių ir hibridinių lengvųjų automobilių plėtra Lietuvoje 2013-2018 m. [1-6, 27].

1 paveiksle matome, kaip kiekvienais metais didėjo šių transporto priemonių skaičius. Nors didžiąsą dalį sudaro hibridiniai (daugiausiai: benzino/elektros, kiek mažiau: dyzelinio kuro/elektros, benzino/elektros/suskystintų dujų, benzino/elektros/dujų,) elektromobiliai, tačiau akivaizdus ir automobilių varomų tik elektros energija skaičiaus didėjimas: 2018 m. sausio 1 d. iš viso Lietuvoje užregistruota 621 transporto priemonė, o 2018 m. balandžio 1 d. šis skaičius jau siekia 712 [27]. Nuo 2013 metų elektra varomų ir hibridinių lengvųjų M1 transporto priemonių plėtra lyginant su ankstesniais metais nuolat augo:

2014 m. sausio 1 d. užfiksuotas hibridinių elektromobilių skaičius, lyginant su 2013 metais, išaugo net 3,20 karto;

2015 m. sausio 1 d. hibridų skaičius, lyginant su praėjusiais metais, padidėjo 1,34 karto;

2016 m. sausio 1d. – 1,38 karto;

2017 m. sausio 1 d – 1,39 karto;

2018 m. sausio 1 d – 1,60 karto;

O per pirmuosius keturis 2018 metų mėnesius net 1,11 karto.

Matome gana stabilų užregistruotų hibridinių elektromobilių skaičiaus didėjimą. Jis svyruoja 1,34-3,20 karto per metus. 2018 m. galima tikėtis dar didesnio užregistruotų hibridinių automobilių skaičiaus. Apskaičiuotas tikėtinas vidutinis didėjimo tempas 2018 m. pabaigoje – 1,33. Taigi, Lietuvoje yra tendencija kiekvienais metais užregistruoti vis daugiau tokių transporto priemonių. 2014 metais šis pokytis buvo didžiausias. Šis šuolis reiškia, jog nuo tada, kai buvo imtasi iniciatyvos registruoti automobilius pagal kuro rūšis (2013 m.), Lietuvoje iš tiesų prasidėjo susidomėjimas elektromobiliais. HEV skaičiaus vidutinis didėjimo tempas kiekvienais metais svyruoja, tačiau nekintant sąlygoms, 2018 metų pabaigoje, lyginant su tiriamuoju laikotarpiu, jis bus mažiausias.

Tam, kad būtų vizualiai matomas mažesnę rinkos dalį užimantis segmentas – vien tik elektra varomos transporto priemonės (TP), **2 paveiksle** atskirai išskirtas EM skaičiaus kitimas nuo pirmosios transporto priemonių registracijos pagal degalų tipą (2013 m.) iki 2018 m.

Statistika rodo, jog:

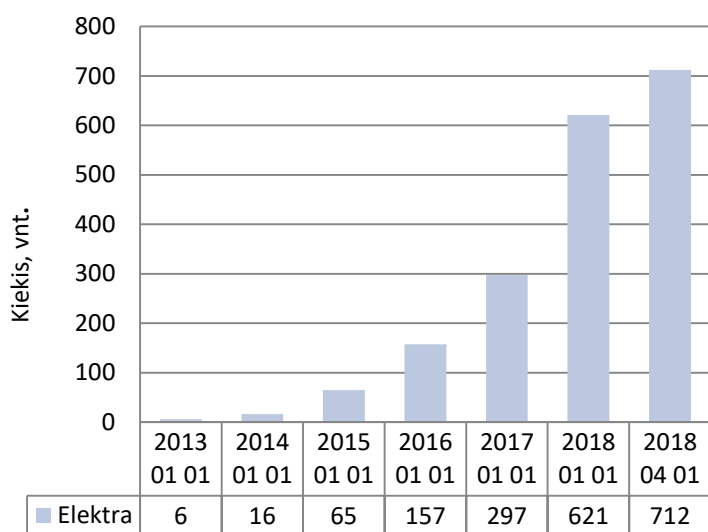
2014 m. sausio 1 d. užfiksuotas EM skaičius, lyginant su 2013 metais, padidėjo 2,67 karto;

2015 m. sausio 1 d. EM skaičius, lyginant su praėjusiais metais, padidėjo 4,06 karto;

2016 m. sausio 1d. – 2,42 karto;

2017 m. sausio 1 d. – 1,89 karto;

2018 m. sausio 1 d – 2,09 karto.



2 pav. M1 klasės elektromobilių plėtra Lietuvoje 2013-2018 m. [1-6, 76]

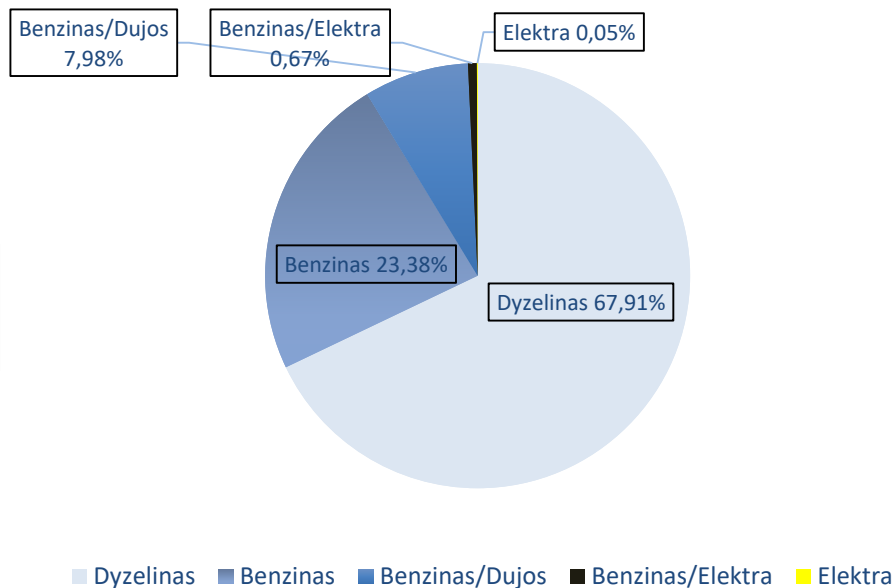
Taigi, akivaizdžiai matoma elektromobilių skaičiaus augimo tendencija Lietuvoje. Nors hibridinės užima didesnę rinkos dalį nei tik elektra transporto priemonės, tačiau pastarųjų kitimas didesnis – nuo 1,89 iki 4,06 karto kasmet. Todėl galima teigti jog, kaip ir hibridinių TP, taip ir tik elektra varomų EM skaičius pastoviai didėjo (apie 2 kartus), išskyrus 2015 metus, kuomet matomas didesnis elektromobilių šuolis (apie 4 kartus). Nepaisant menkai vystomos nulinės bei mažos emisijos transporto priemonių įsigijimo paskatinimo politikos, gyventojų susidomėjimas kiekvienais metais elektromobiliais didėja. Elektromobilių rinka dar nėra pripildyta.

Pirmąjį 2018 metų trečdalį naujai užregistruotas 91 EM [27]. Su sąlyga, jog šis augimo tempas išliks ir kitas dvi šių metų atkarpas gauname, jog 2018 m. pabaigoje (2019 m. sausio 1 d.) Lietuvoje turėtų būti užregistruota 894 elektrinių transporto priemonių. Ši prognozė parodo, jog lyginant su 2018 m. sausio 1d. duomenimis EM skaičius padidėtų 1,44 karto. Tai reiškia, jog nekintant sąlygoms, prognozuojamas elektromobilių plėtros tempas lyginant su ankstesniais metais kristų.

Šiais laikais ši elektromobilių plėtros tema darosi vis aktualesnė. O tam, kad užregistruojamų EM skaičius ir toliau kasmet keistųsi tam tikru pastoviu (ar net didėjančiu) tempu, reikia remtis kitų šalių patirtimi ir skatinti EM plėtrą įsigijimo lengvatomis, plėsti įkrovimo stotelių infrastruktūrą, imtis kitų (įtaką darančių veiksnių) plėtros, nes kitu atveju realu, jog augimo tempai gali sumažėti.

1.4 Lietuvos M1 klasės automobilių parkas pagal degalų rūšį bei amžių

Anksčiau pateikta analizė apie elektromobilių ir hibridinių TP kiekio kitimą Lietuvoje, tačiau tam, kad įvertinti situaciją, reikia išsiaiškinti kokią rinkos dalį šios transporto priemonės užima Lietuvos automobilių parke lyginant su kitomis, populiareesnėmis kuro rūšimis. Naudojantis VĮ „Regitra“ pateiktais naujausiais oficialiais duomenimis (2018 m. balandžio mėn. 1 d.) [27] įvertinama kaip atrodo Lietuvos automobilių parkas pagal degalų rūšį (**3 paveikslas**).



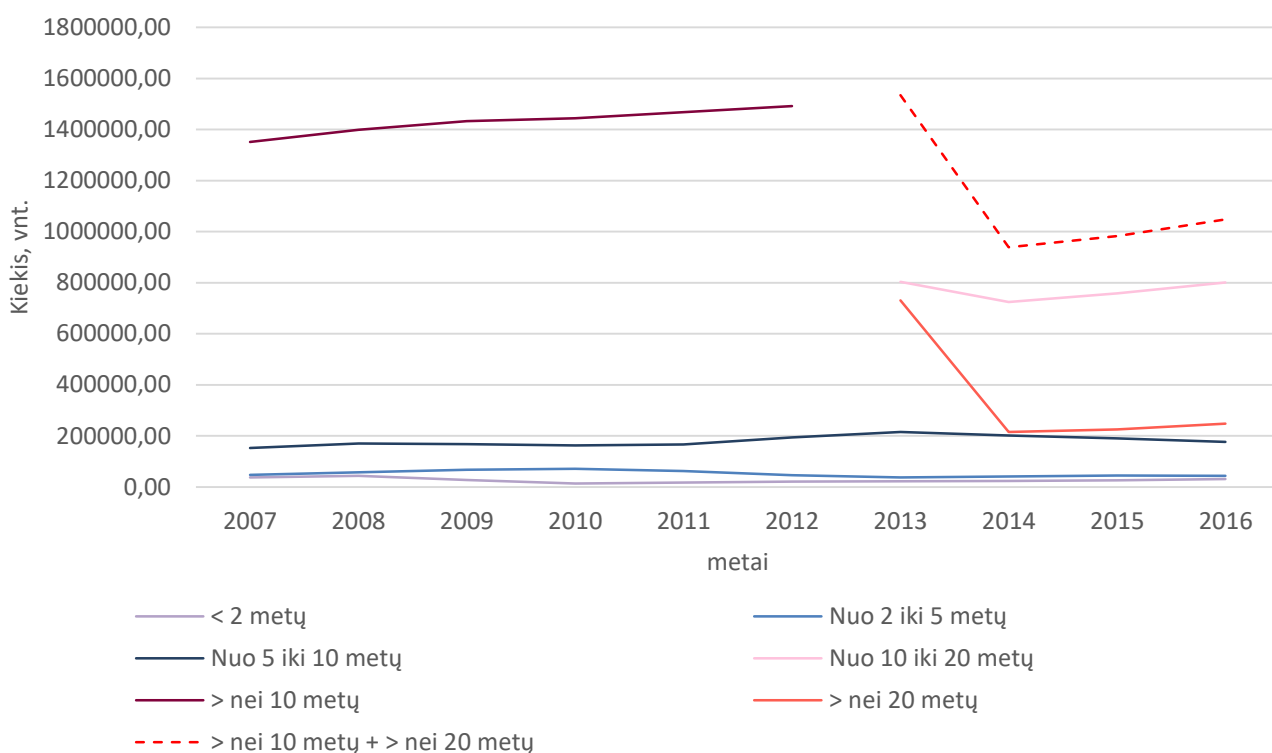
3 pav. 2018 m. Lietuvos parko pasiskirstymas pagal kuro rūšį, procentais [27].

Šių metų balandžio mėnesio turimais duomenimis tarp M1 klasės lengvųjų transporto priemonių populiariausi yra dyzeliniai automobiliai, t. y., jie sudaro net 67,91 % viso Lietuvos automobilių parko, antroje vietoje, žinoma, yra benzininiai automobiliai (23,38 %), trečioje – transporto priemonės varomos benzinu/dujomis – 7,98 % bei net vieno procento dalies nesiekiantys hibridiniai automobiliai (0,67 %) ir mažiausią rinkos dalį užimantys elektriniai automobiliai (0,05 %). Nors prieš tai pateiktos analizės metu ištirta, jog hibridinių bei elektra varomų transporto priemonių skaičius Lietuvoje kasmet didėja keliais kartais, tačiau ši, nulinės arba mažos taršos transporto priemonių, niša yra dar neišplėtota ir sudaro tik labai nedidelę dalį bendrame Lietuvos automobilių parko kontekste. Vienas didžiausių plėtrą stabdančių veiksnių yra lietuvių nenoras/neišgalėjimas rinktis naujų transporto priemonių.

Lietuvos automobilių parko amžius Lietuvoje yra vienas seniausių ES. Pagal oficialią VĮ „Regitra“ registraciją eksploatuojamų M1 klasės TP vidutinis amžius Lietuvoje 2015-2017 metais (kiekvienų metų sausio mėnesio duomenimis) išliko toks pat – 15 m. [29]. Tai, žinoma, daro įtaką ir EM bei hibridinių TP plėtrai Lietuvoje, nes šių automobilių savybės yra tobulinamos kasmet ir technologiniu/ekologiniu požiūriu pravartu rinktis kuo naujesnes mažos ar nulinės emisijos TP. Todėl

norint išsiaiškinti, kaip Lietuvos automobilių parko amžiaus gali įtakoti elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių skaičiaus augimą ateityje, būtina įvertinti, kaip keičiasi Lietuvos automobilių parko amžius pamečiui. Analizuojami oficialūs „Eurostat“ ir VĮ „Regitra“ duomenys.

Remiantis oficialaus Europos Sąjungos statistikos departamento „Eurostat“ duomenimis [44], Lietuvos automobilių parko amžiaus duomenys pateikiami **4 paveiksle**.



4 pav. Lietuvos lengvųjų automobilių parko amžius 2007-2016 m. pagal „Eurostat“ statistiką [44].

Pagal šiuos duomenis atliktos analizės rezultatai parodo, jog naujų lengvųjų (iki 2-jų metų senumo) TP skaičius 2007-2008 metų laikotarpiu išaugo 16 %. 2008-2010 metais Lietuvoje iki 2-jų metų senumo TP skaičius kiekvienais metais mažėjo daugiau nei dvigubai (atitinkamai -122,2% 2008-2009 metų laikotarpiu bei -108,0% – 2009-2010 metais), tai įtakojo 2008 metų finansų krizė. Tačiau pokriziniu laikotarpiu nuo 2010 iki 2016 metų naujų TP rinka pradeda atsigauti ir kiekvienais metais Lietuvoje užfiksuotas teigiamas 2,8-25,4% pokytis.

Taigi, naujų (iki 2-jų metų senumo) TP skaičius Lietuvoje turi tendenciją augti, tačiau šių transporto priemonių skaičius (2016 m. duomenimis) užima mažiausią Lietuvos automobilių parko dalį (2,3%) bei yra stipriai įtakojamas ekonominių veiksnių ir gyventojų pragyvenimo lygio.

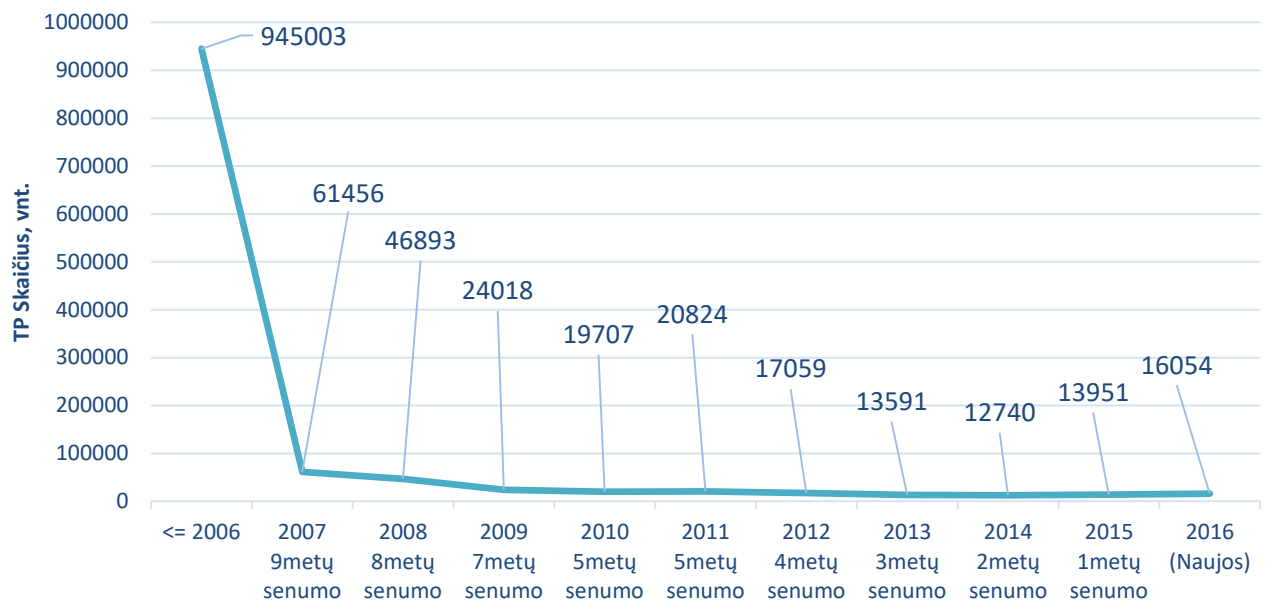
Kita 2-5 metų amžiaus TP kreivė, lyginant su naujais automobiliais, užima didesnę rinkos dalį, nors tokio amžiaus automobilių Lietuvoje taip pat 2007-2016 metų laikotarpiu buvo sąlyginiai

nedaug. 2016 metų pabaigoje šie automobiliai sudarė 3,4% viso Lietuvos lengvųjų automobilių parko. Lietuvoje 2-5 metų senumo automobiliai taip pat yra laikomi naujomis transporto priemonėmis. Atlikta analizė parodė, jog nuo 2007 m. iki 2010 m. buvo matomas tokių transporto priemonių skaičiaus augimas. 2010 metais jų skaičius pasiekė piką (užregistruota iš viso 71 535 vnt.), o 2010-2013 metų laikotarpiu kiekvienais metais skaičius mažėjo atitinkamai: -15,7 %; -34,7%; -25,1%. Nuo 2013 m. pabaigos iki 2016 m matomas nežymus augimas, pastaruoju laikotarpiu 2-5 metų amžiaus transporto priemonių užregistruota 43 774 vnt.

13,6 % Lietuvos lengvųjų transporto priemonių parko, „Eurostat“ duomenimis [44], sudaro 5-10 metų automobilių senumo klasė. Kaip matome **4 paveiksle**, ši kreivė su tam tikrais svyravimais kyla iki 2013 metų, kada pasiekia 215 412 vnt. užregistruotų tokių TP, tačiau nuo 2014 metų šio amžiaus transporto priemonių grupė turi tendenciją trauktis ir kasmet mažėja 6,3-8 %. 2016 metų pabaigoje užregistruotų 5-10 metų amžiaus TP skaičius nukrito iki 176 090.

Kaip matome **4 paveiksle** iki 2013 metų registruota daugiau nei 10 metų senumo TP amžiaus statistika nuo 2013 metų išskaidyta atskirai į dvi naujas grupes. Tai transporto priemonės nuo 10 iki 20 metų ir senesnės nei 20 metų transporto priemonės. Nors iki 2013 metų bendras senesnių nei 10 metų senumo lengvųjų TP skaičius pastoviai 0,9-3,4% augo, nuo 2013 metų tiek 10-20 metų, tiek daugiau nei 20 metų senumo lengvųjų automobilių skaičius stipriai krito (net 63,4%). 2014-2016 metų laikotarpiu šių TP skaičius vėl pradėjo augti atitinkamai 4,5 ir 6,2 % kasmet. Taip pat svarbu pabrėžti, jog nepaisant to, kad šių, senesnių nei 10 metų senumo, TP skaičius sumažėjo, tačiau jis ir toliau pamažu auga. 2016 metų Lietuvos automobilių parko kontekste šios TP sudarė 80,7 %: lengvosios nuo 10 iki 20 metų senumo TP 61,7% ir senesnės nei 20 metų – 19%.

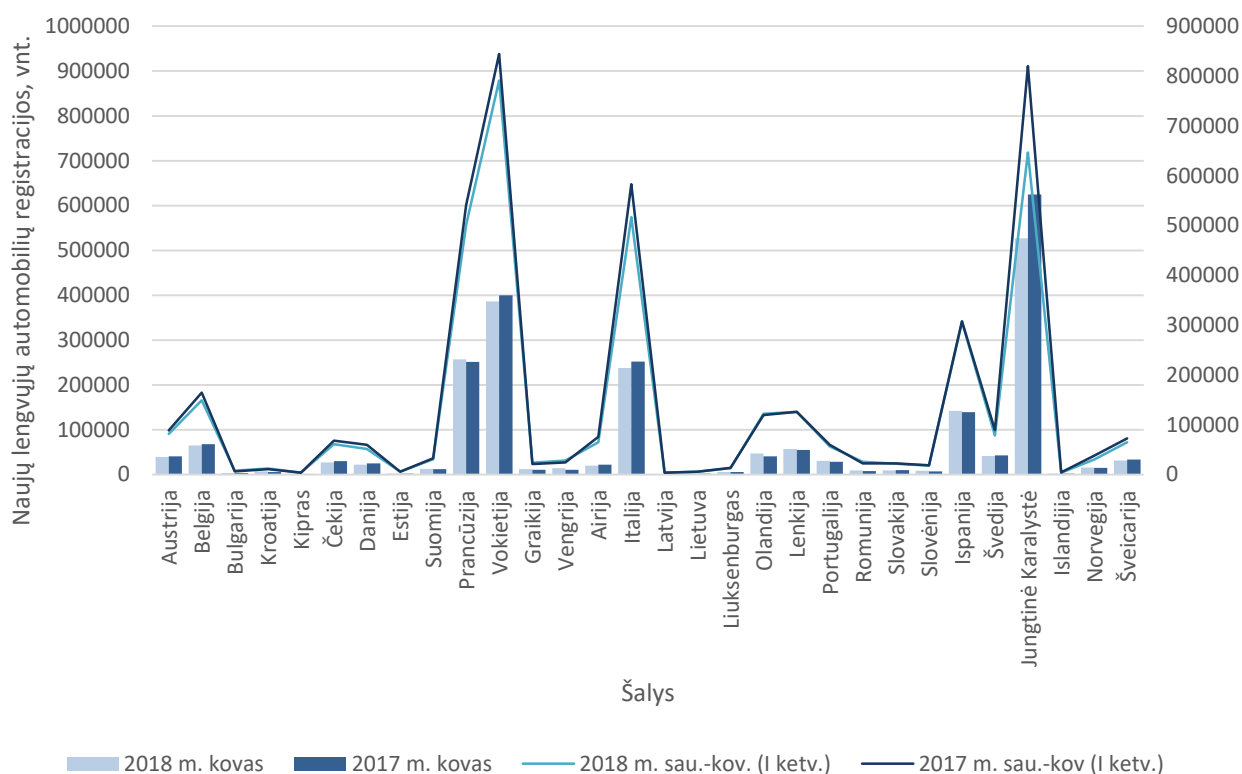
Oficialiais VĮ „Regitra“ 2017 metų sausio 1 dienos duomenimis [43] 2016 metų pabaigoje Lietuvoje buvo užregistruota 945003 vnt. ≥ 10 metų senumo M1 klasės automobilių. Tai sudarė 79,3 % viso Lietuvos automobilių parko, tuo tarpu naujos (≤ 2 metų amžiaus) TP sudarė tik 3,6 %. (**5 paveikslas**).



5 pav. 2017 m. sausio 1 d. duomenys apie M1 klasės TP pasiskirstymą pagal amžių [43].

Tam, kad išsiaiškinti kokios naujos lengvųjų TP tendencijos (mažėjančios/didėjančios/pastovios) tikėtinos Lietuvoje, toliau tiriami naujausi 2018 metų statistiniai duomenys Lietuvoje ir kitose Europos šalyse.

Naujausią 2018 metų balandžio 18 d. statistiką pateikia ACEA (angl. – *European Automobile Manufacturers Association*)[30], kurioje atsispindi 2018 m. bei 2017 m. kovo mėnesio užregistruotų naujų lengvųjų automobilių kiekvienoje ES šalyje duomenys ir to paties laikotarpio I-ojo metų ketvirčio duomenys (**6 paveikslas**).



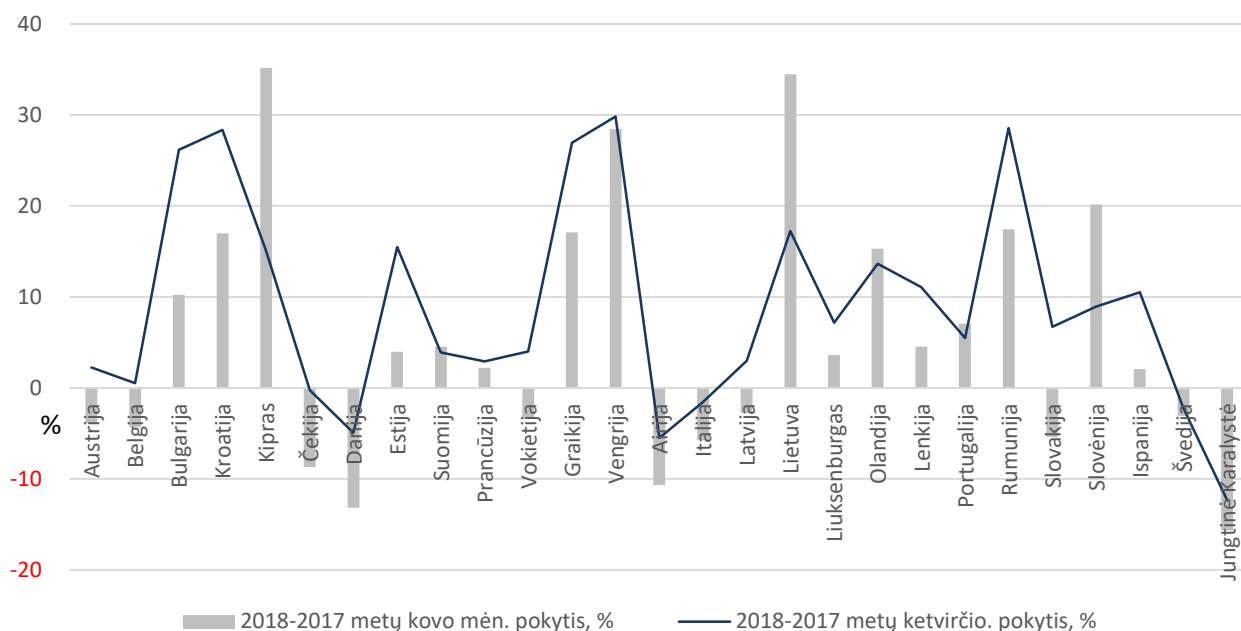
6 pav. 2017 bei 2018 metų kovo mėnesio ir I metų ketvirčio (sausio-kovo) naujų užregistruotų TP registro duomenys [30].

6 paveiksle matome, jog daugiausia naujų automobilių (vienetų) užregistruota Vokietijoje, Jungtinėje Karalystėje, Prancūzijoje, Italijoje. Tai nestebina, nes būtent tokia pačia tvarka jos išsidėsčiusios ir pagal gyventojų skaičių. Tačiau reikia atkreipti dėmesį, jog daugelyje šių šalių š. m. kovo mėnesį užfiksuotas naujų lengvųjų TP skaičiaus mažėjimas. Didžiausias tokių TP kritimas lyginant paskutiniųjų metų kovo mėnesio bei I metų ketvirčio duomenis užfiksuotas Jungtinėje Karalystėje.

Tam, kad aiškiau matytume teigiamus bei neigiamus pokyčius Europos šalyse, analizuojamos kiekvienos šalies naujų automobilių skaičiaus kitimo tendencijos. 7 paveiksle pateikiamas procentinis tokių transporto priemonių pokytis ataskaitiniais laikotarpiais. Matome, jog išanalizavus duomenis didžiausias neigiamas pokytis -15,7 % kovo mėnesį bei -12,4 % I-ąjį 2018/2017 metų ketvirtį užfiksuotas Jungtinėje Karalystėje. Danijoje 2018 m. kovo mėnesį (lyginant su 2017 m.) naujų lengvųjų automobilių užregistruota 13,2 %, o I-ąjį metų ketvirtį 5 % mažiau. Taip pat ir Airijoje tiek kovo tiek I ketvirčio duomenimis naujų transporto priemonių užregistruota atitinkamai -10,7 ir -5,5 %.

Ne tokie žymūs, tačiau taip pat neigiami pokyčiai užfiksuoti ir Čekijoje, Italijoje, Švedijoje, Islandijoje bei Šveicarijoje.

Taipogi yra šalių, kuriose lyginant pastarųjų metų kovo mėnesio duomenimis užfiksuotas mažesnis naujų transporto priemonių skaičius, tačiau bendrame I-ojo metų ketvirčio kontekste stebimas naujų TP pagausėjimas. Ryškiausias pavyzdys – Slovakija, taip pat Vokietija, Latvija, Austrija, Belgija.



7 pav. 2017 bei 2018 metų kovo mėnesio ir I metų ketvirčio (sausio-kovo) naujų užregistruotų TP pokytis procentais [30].

7 paveiksle pavaizduotų šalių naujų transporto priemonių statistika parodo, jog daugumoje šalių automobilių parkas jaunėja – užregistruojamų naujų transporto priemonių procentinė dalis lyginant tiek su 2017 metų kovo, tiek ir I-ojo metų ketvirčio (sausio-kovo mėn.) duomenimis didėja. Labiausiai tai pastebima Vengrijoje: 28,5 % augimas kovo mėnesį, 29,8 % – I-ąjį ketvirtį. Atitinkamai Rumunijoje – 17,5%, 28,6%; Kroatijoje – 17,0 %, 28,4 %; **Lietuvoje – 34,5 %, 17,3 %** ir kt.

Apibendrinus statistiką, matome, jog Europos Sąjungoje 2018 m. kovo mėnesį buvo užregistruota 5,3 % mažiau naujų lengvųjų transporto priemonių nei 2017 metų kovo mėnesį, tačiau bendra I-ojo ketvirčio statistika išlieka teigiama – 0,7 %. Taip pat pastebima įdomi tendencija: šalyse, kurios įstojo į ES po 2004 metų (tarp jų yra ir Lietuva) statistika yra palankesnė, t. y., šių šalių kovo mėnesio vidurkis 5,8 %, o I ketvirčio – 11,9 %. Tuo tarpu šalys, kurios įstojo į ES anksčiau (iki 2004 m.) pasižymi neigiamais pokyčiais, atitinkamai -6 % ir -0,2.

Lietuvos statistiniai rodikliai rodo naujų TP plėtros tendenciją Lietuvoje. **4 paveiksle** pavaizduotas senesnių nei 10 metų senumo automobilių staigus automobilių skaičiaus kritimas 2014 metais. Tačiau nuo 2010 iki 2016 metų kiekvienais metais Lietuvoje užfiksuotas teigiamas naujų lengvųjų TP pokytis (2,8-25,4%). O naujausi šių metų I ketvirčio duomenys pagal ACEA (*Angl.* –

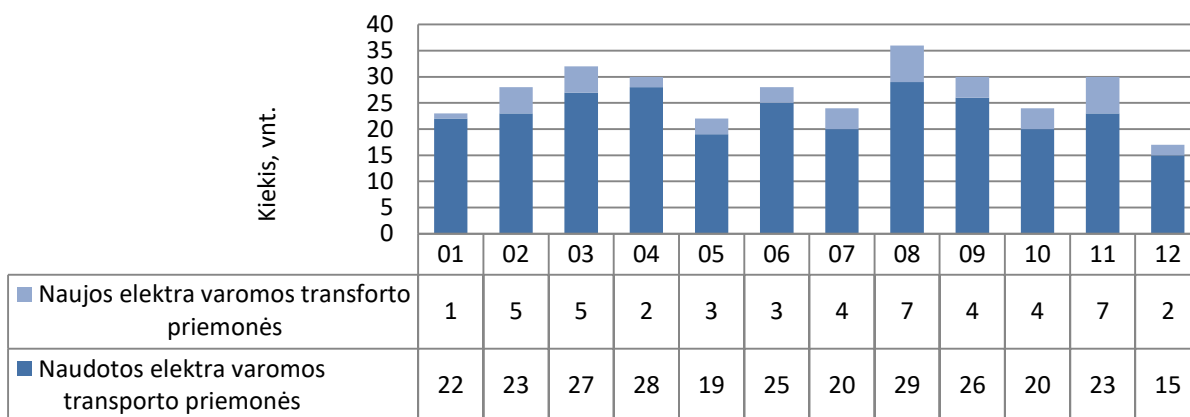
European Automobile Manufacturers Association) pateiktą statistiką [30] rodo, jog Lietuva yra viena iš šalių, kuriose užfiksuotas didžiausias naujų transporto priemonių augimas. Žinoma, Lietuvos automobilių parko amžius vis dar yra vienas seniausių Europoje, todėl Lietuva turi kur tobulėti, tačiau naujų automobilių rinkos plėtra Lietuvoje yra akivaizdi ir tai teigiamai įtakos elektromobilių bei hibridinių TP plėtrą Lietuvoje. Jeigu vis daugiau lietuvių domėsisi naujais, o ne naudotais automobiliais, tuomet mažesnės bei nulinės emisijos TP taps didesne Lietuvos automobilių parko dalimi.

1.5 Lengvųjų M1 klasės elektromobilių ir hibridinių transporto priemonių analizė pagal jų amžiaus bei pasiskirstymo Lietuvos savivaldybėse kriterijus

Didelė elektromobilių plėtros problema Lietuvoje yra ta, jog lietuviai vis dar linkę rinktis arba finansiškai nepajėgūs pirkti naujas transporto priemones. Elektromobiliai yra nauja, nuolat tobulėjanti sritis, EM nuvažiuojamas atstumas ilgėja kasmet, todėl naujesni automobiliai yra pranašesni, ekologiškesni ir praktiškesni daugeliu atvejų. Pagal prieš tai išnagrinėtus duomenis galima daryti išvadą, jog naujų automobilių rinka Lietuvoje ateityje turi plėstis, tačiau ar tai darys įtaką Lietuvos automobilių parko amžiaus sumažėjimui tai vis dar išlieka klausimas, nes lietuviai vis dar dažniau renkasi naudotas TP.

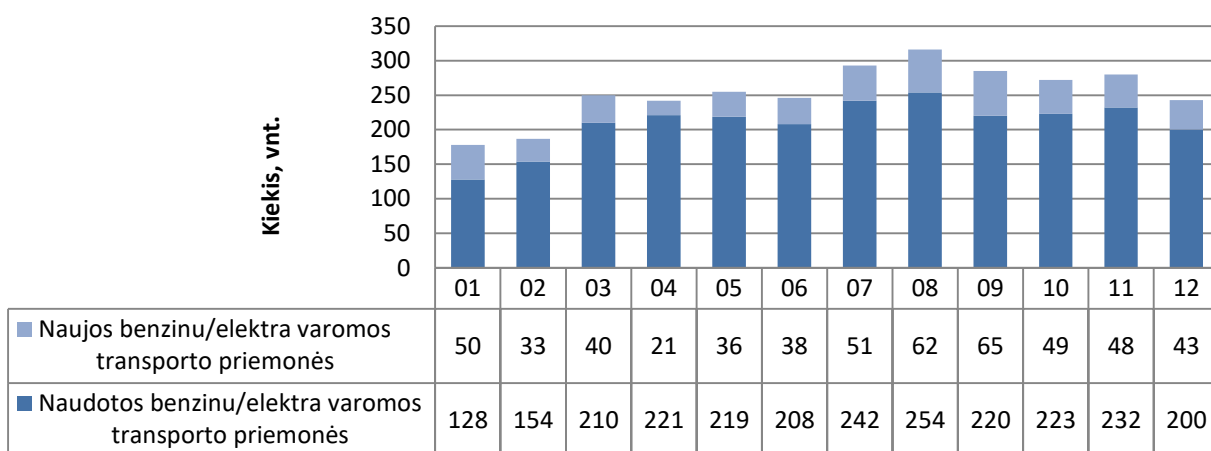
Toliau pateikiama 2017 metais užregistruotų naujų bei naudotų elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių skaičiaus kitimo analizė.

Pagal VĮ „Regitra“ pateiktus 2017 metų duomenis [1] analizuojama kaip vystėsi naudotų ir naujų elektra varomų transporto priemonių plėtra 2017 metų laikotarpiu. **8 paveiksle** matome, jog naujų EM buvo užregistruota kiekvieną 2017-ųjų metų mėnesį, registracijų skaičius svyruoja nuo 1 iki 7 automobilių. Lietuvos Respublikos kelių transporto priemonių registre 2017 metais pirmą kartą (naujai) įregistruoti 47 nauji M1 klasės EM, tuo tarpu naudotų EM skaičius – 277. Taigi, Lietuvoje naudotų elektromobilių per 2017 metus užregistruota 5,9 kartų daugiau.



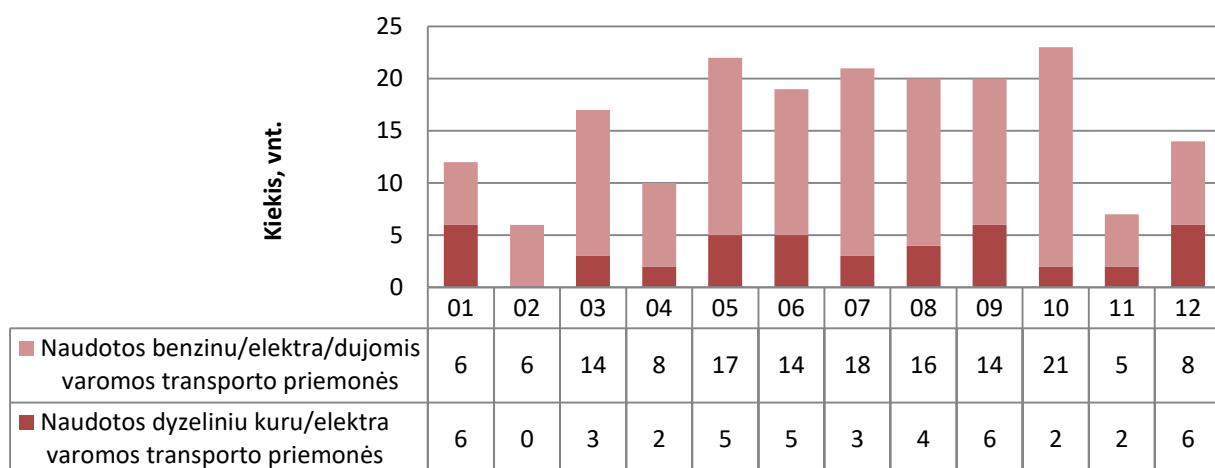
8 pav. Naujų ir naudotų EM plėtra 2017m [1].

1 paveiksle matome, jog Lietuvoje hibridinių elektra/benzinu varomų transporto priemonių paklausa yra didesnė. Naujausiais duomenimis 2018 m. balandžio 1 d. hibridinių transporto priemonių užregistruota 12,8 karto daugiau nei vien tik elektra varomų automobilių. 9 paveiksle išryškėja tendencija, jog kaip ir naudoti elektromobiliai, taip ir naudoti hibridiniai automobiliai (HEV) paklausesni. Per 2017-uosius metus naudotų HEV užregistruota 2511 vnt., naujų – 536, t. y., 4,7 kartus daugiau.



9 pav. Naudotų ir naujų benzinu/elektra varomų hibridinių transporto priemonių plėtra 2017 m.[1]

Taip pat pagal 10 paveikslą matome, jog 2017-aisiais metai buvo užregistruota ir kitų rūšių naudotų hibridinių automobilių varomų benzinu/elektra/dujomis bei dyzeliniu kuru/elektra, tačiau šios transporto priemonės nebuvo tokios paklausios lyginant su benzinu/elektra varomomis HEV ir neužregistruota tokių naujų transporto priemonių.



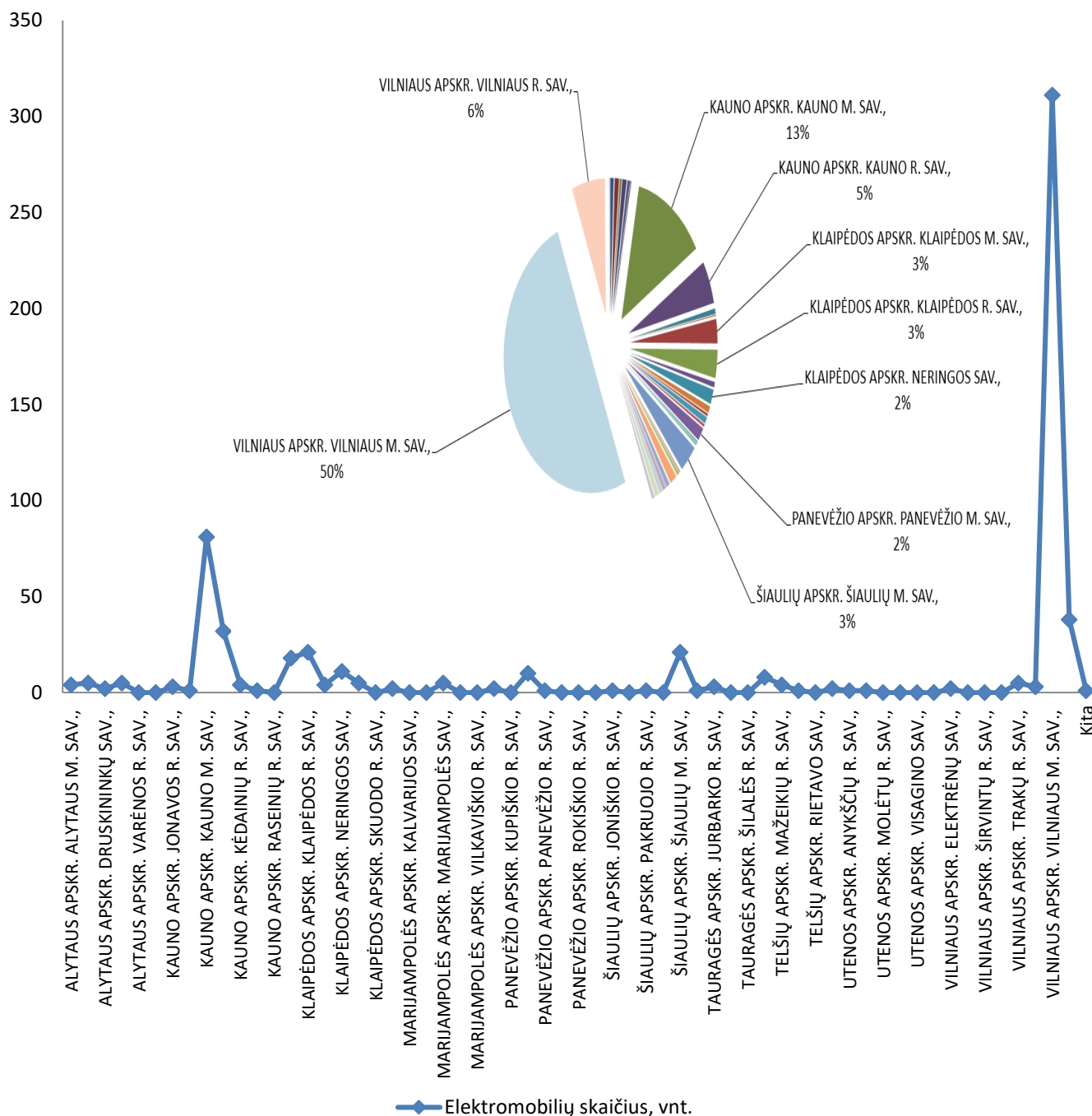
10 pav. Kitų naudotų hibridinių transporto priemonių plėtra 2017m.[1]

Taigi, per 2017 metus užregistruota 2788 vnt. naudotų mažos ar nulinės emisijos transporto priemonių (EM+HEV) bei 583 vnt.– naujų, tai reiškia, jog 2017 metais Lietuvoje užregistruota 4,8 karto daugiau naudotų elektromobilių (EM+HEV).

Didėjant naujų transporto priemonių rinkai, turėtų didėti ir naujų EM bei HEV skaičius Lietuvoje. Tačiau naujų automobilių rinka nėra didelė, todėl didelių pokyčių sukelti neturėtų. Pagal 2017 m. užregistruotų EM ir HEV statistinių duomenų pasiskirstymą matoma pigesnių – naudotų elektromobilių plėtros tendencija Lietuvoje, dažnu atveju šios priemonės importuojamos iš kitų šalių.

Pagal naujausius 2018 m sausio 1d. pateiktus VĮ „Regitra“ duomenis [12] galime išanalizuoti užregistruotų EM pasiskirstymą Lietuvos miestų ir rajonų savivaldybėse. Pagal **11 paveiksle** perteiktus duomenis matome, jog Lietuvos Respublikos kelių transporto priemonių registre įregistruotų elektros energija varomų transporto priemonių skaičius pagal savivaldybes didžiausias yra Vilniaus miesto savivaldybėje, kurioje užregistruota 311 EM. Sostinėje užregistruotų EM skaičius sudaro net pusę visų Lietuvoje užregistruotų elektromobilių. Antroje vietoje pagal elektromobilių skaičių yra Kauno miesto savivaldybė – užregistruotas 81 EM, tai sudaro 13 % bendrame kontekste. Trečioje vietoje pagal EM paklausą Vilniaus rajono savivaldybė su 38 EM (6 % EM kiekio), ketvirtoje – Kauno rajono savivaldybė su 32 EM (5%). Ši statistika yra suprantama, nes didžiuosiuose Lietuvos miestuose yra EM įkrovimo stotelių infrastruktūra. Stipriai atsilieka kitos savivaldybės: Klaipėdos miesto, Klaipėdos rajono bei Šiaulių miesto savivaldybės sudaro tik po 3 %, Neringos ir Panevėžio miesto savivaldybės – 2 %, o kitose savivaldybėse užregistruota tik po keletą elektra varomų transporto priemonių. Svarbu paminėti tai, jog esama daug savivaldybių, kuriose iki 2018 m sausio mėnesio neužregistruota EM, tai yra: Varėnos r. sav., Birštono sav., Raseinių r. sav., Skuodo r. sav., Kalvarijos sav., Kazlų Rūdos sav., Šakių r. sav., Vilkaviškio r. sav., Kupiškio r. sav., Pasvalio r. sav., Rokiškio r. sav., Akmenės r. sav., Kelmės r. sav., Radviliškio r. sav., Pagėgių sav., Šilalės r.

sav., Rietavo sav., Molėtų r. sav., Utenos r. sav., Visagino sav., Zarasų r. sav., Šalčininkų r. sav., Širvintų r. sav., Švenčionių r. sav.



11 pav. EM pasiskirstymas Lietuvoje 2017 metais [12].

Dažnu atveju užregistruotas elektromobilių skaičius gyvenvietėse stipriai koreliuoja su infrastruktūros kiekiu – įrengtų įkrovimo priegų skaičiumi toje vietovėje. Matome, jog Vilniaus ir Kauno miesto bei rajono savivaldybėse užregistruota daugiausia EM, kitose savivaldybėse dėl viešosios įkrovimo infrastruktūros nebuvimo sudėtinga eksploatuoti tokias transporto priemones.

2. ELEKTROMOBILIŲ IR HIBRIDINIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ TEORINIAI ASPEKTAI

2.1 Tradicinių, hibridinių automobilių ir elektromobilių samprata

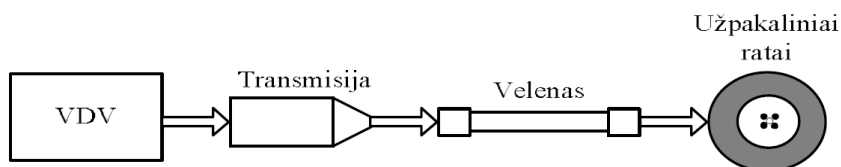
Įprastuose automobiliuose naudojami vidaus degimo varikliai (santr. - VDV) ir mechaninė galios perdavimo schema, kurioje atsiranda energijos nuostoliai. Jeigu automobilio kuro potencialą įvertinsime 100 %, tai energijos balansas įprastiniame automobilyje susidarys iš šių dedamųjų:

- Kuro energija -100 %;
- Nuostoliai vidaus degimo varikliuose -**62,4** %;
- VDV tuščiosios veikos nuostoliai -**17,2** %;
- Kiti energijos vartotojai -**2,2** %;
- Iš VDV galios perdavimo sistema gauna -**18,2** %;
- Nuostoliai galios perdavimo sistemoje -5,6 %;
- Varantys ratai gauna -12,6 %.

Likę ratams perduodami 12,6 % kuro energijos potencialo sunaudojama taip:

- Oro pasipriešinimui nugalėti -2,6 %;
- Riedėjimo trinties nuostoliams -4,2 %;
- Stabdymo nuostoliams -5,8 % [7].

Įprastinės transporto priemonės su vidaus degimo varikliais neefektyviai vartoja kurą ir pasižymi dideliais nuostoliais, todėl jie yra neekonomiški, be to teršia aplinką. Supaprastinta transporto priemonės su VDV schema pavaizduota **12 paveiksle**.

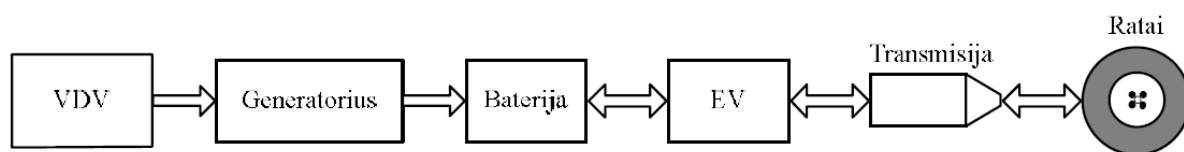


12 pav. Galios perdavimas įprastinėje transporto priemonėje [7].

Pirmieji visiems prieinami hibridiniai automobiliai buvo sukurti Japonijoje – „Toyota Prius“ (1997 m.) ir „Honda Insight“ (1999).

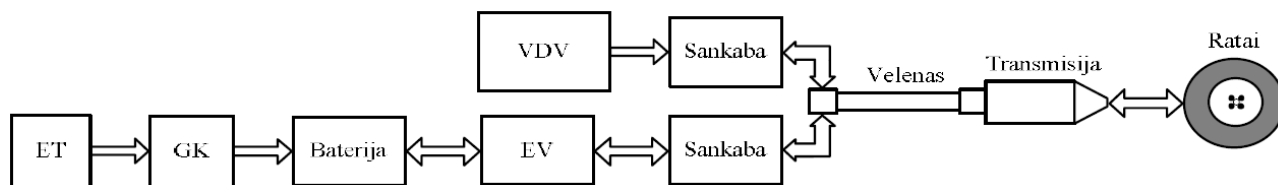
Pagal galios perdavimo schemą hibridiniai automobiliai skirstomi į du tipus: su nuoseklia galios perdavimo schema, pavaizduota **13 paveiksle**, ir lygiagrečia – **14 paveiksle**. Hibridinio nuoseklaus automobilio akumulatoriai pakrovimo stotelėse neįkraunami, nes jame elektrą gamina vidaus degimo variklis sukamas elektros generatorius. Iš generatoriaus įkraunama baterija, o automobilio ratus suka

elektros variklis EV. Šioje transporto priemonėje stabdymo energija yra grąžinama į bateriją, todėl jame galima eliminuoti elektros variklio tuščiąją veiką.



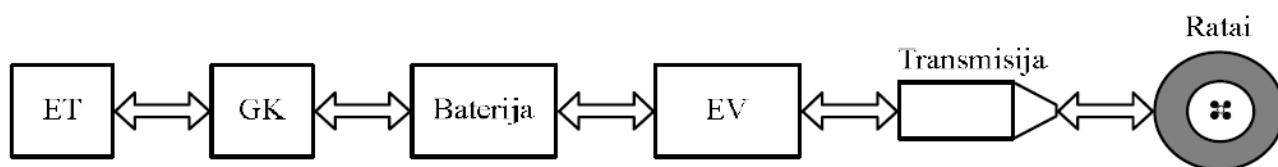
13 pav. Galios perdavimas hibridiniame nuosekliame automobilyje [7].

Hibridiniame lygiagrečio galios perdavimo automobilyje (angl. - Plug-in hybrid car) transporto priemonės ratus per sankabas gali varyti elektros variklis arba vidaus degimo variklis, o baterija įkraunama per galios keitiklį (GK) iš pakrovimo stotelės. Važiuojant mieste, kuomet dažniau sustojama, stabdymo energija grąžinama į bateriją (nėra tuščiosios veikos nuostolių), mieste automobilis varomas elektros energija, užmiestyje – vidaus degimo energija.



14 pav. Galios perdavimas hibridiniame lygiagrečiame automobilyje [7].

Tik elektros energija varomas automobilis – elektromobilis (EM). Ši transporto priemonė įkraunama specialiose tam skirtose vietose - įkrovimo stotelėse, esančiose viešosiose erdvėse, pavyzdžiui, prie prekybos centrų, mokymo įstaigų, taip pat magistraliniuose keliuose – prie degalinių ar poilsio sustojimo vietose, prie darboviečių bei asmeninėse erdvėse, įrengtose stotelėse prie namų. Elektromobiliai energetiniu požiūriu yra ekonomiškiausi ir paprasčiausi, tiesa, šiuo metu labai sparčiai vyksta jų technologinio vystymosi procesas. Jų galios perdavime išvengiama transmisijos grandies nuostolių (**15 paveikslas**).



15 pav. Galios perdavimas EM [7].

Elektromobiliuose energijos panaudojimas yra žymiai didesnis, todėl plečiant jų infrastruktūrą ir keičiant transporto priemones su vidaus degimo varikliais būtų sutaupoma pirminė energija. Benzininiuose varikliuose vardinis naudingumo koeficientas yra žemas (~25 %), dideli (~20 %) tuščiosios veikos nuostoliai, neišnaudojamas stabdymo energijos potencialas.

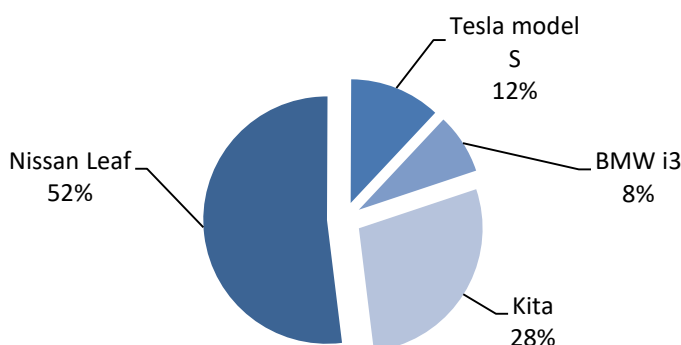
EM patrauklūs todėl, kad jų techniniai, ekonominiai, ekologiniai rodikliai lyginant su įprastomis transporto priemonėmis yra žymiai geresni. Elektromobiliai neišmeta tiesioginių teršalų, triukšmo lygis važiuojant iki 10 km/h greičiu yra 25-50 dBA, važiuojant 10-20 km/h greičiu 50-60 dBA.

2.2 Elektromobilių baterijos efektyvumo mažėjimo aspektai

Anksčiau pateiktoje analizėje išryškėjo naudotų elektromobilių tendencija Lietuvoje. Dauguma Lietuvoje užregistruotų elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių yra importuotos naudotos iš kitų šalių. Todėl sėkmingam naudotų EM bei HEV transporto priemonių įsisavinimui, labai aktualus šių transporto priemonių baterijos efektyvumo kritimas laiko perspektyvoje.

Baterijos talpa gali būti analizuojama pagal SoH (angl.- *State of Health*). SoH – baterijos faktinės ir idealios būklės palyginimas. Tai elektros energijos dalis procentais, kurią akumulatoriaus baterija gali palaikyti lyginant su techniniais gamybos metu nustatytais parametrais. Akumulatoriaus talpa labai svarbi elektromobilių savininkams, nes tai tiesiogiai sąlygoja, kokį atstumą elektromobilis geba nuvažiuoti po pilno baterijos įkrovimo. Potencialūs elektromobilių pirkėjai jautriai reaguoja į palyginti nedidelį EM nuvažiuojamą atstumą, dažnai dėl to juntamas nerimas (angl.- „range anxiety“), kuris daro įtaką sprendimui rinktis transporto priemones, varomas iškastiniu kuru [35].

2018 m. sausio 1 d. VĮ „Regitra“ duomenimis [27] pagal populiarumą suskirstytų elektromobilių markės Lietuvoje pateikiamos **16 paveiksle**. Daugiau nei pusę elektromobilių rinkos Lietuvoje užima „Nissan Leaf“ (52 %), antroje vietoje „Tesla model S“ bei trečioje – „BMW i3“.



16 pav. Populiariausių elektromobilių pasiskirstymas Lietuvoje 2018m. [8].

Populiariausi „Nissan Leaf“ šiuo metu yra vienas pigiausių pasirinkimų rinkoje, todėl jie užima didžiausią rinkos dalį Lietuvoje. „Tesla model S“ yra vienas iš brangiausių elektrinio transporto

pasirinkimų – tai labiau prabangos prekė. Lietuvoje 12 % šių TP EM rinkoje yra palyginus didelis kiekis, parodantis, jog dalis vidurinėsios ar turtingųjų gyventojų klasės noriai renkasi elektromobilius. Trečioje vietoje esantis „MBW i3“ yra brangesnis nei „Nissan Leaf“. Proveržį šioje rinkoje padarytų lengvatos transporto priemonės įsigijimui. Pavyzdžiui, kitose šalyse propaguojamos dotacijos įsigijus EM ar HEV arba PVM mokesčio atsisakymas/mažinimas.

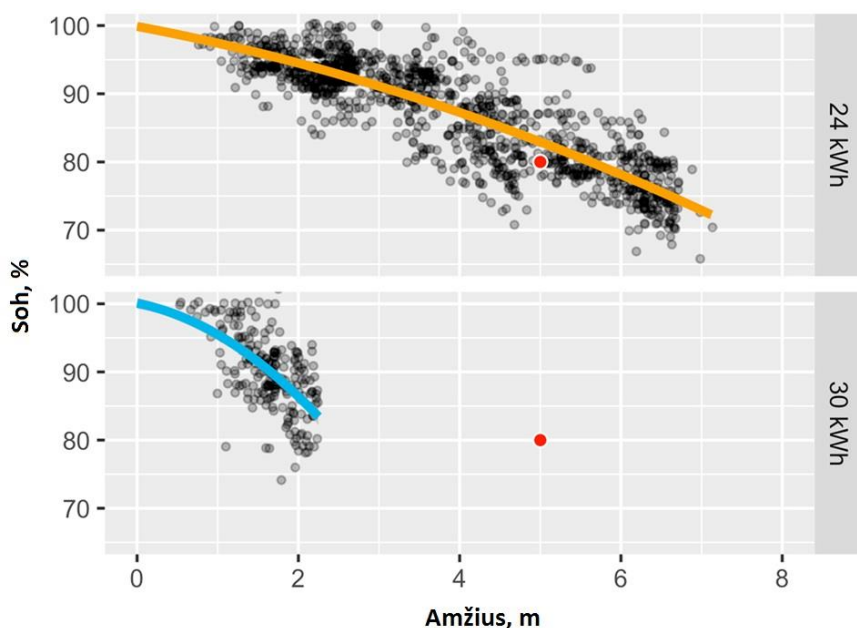
Kadangi Lietuvoje 2018 m. sausio 1 d. duomenimis „Nissan Leaf“ sudarė didžiausią (52 %) visos elektromobilių rinkos dalį [8], bus nagrinėjama būtent šio modelio baterijos efektyvumo kritimo duomenys, aktualūs Lietuvos rinkai.

Elektromobilių ličio jonų akumuliatorių baterijoms būdingas SoH kitimas laiko perspektyvoje. „Nissan“ skaičiavimais po 5 metų „Leaf“ modelyje akumulatorius turi išlaikyti apie 80 % efektyvumą. Analizėje lyginami „Nissan Leaf“ 24 kWh bei naujesnis 30 kWh (nuo 2015 m. pabaigos) modeliai. Tiesa, pastarasis modelis naudotų automobilių rinkoje yra trečdaliu brangesnis lyginant su ankstesniuoju [35].

Ekspertų nuomone, lyginant šių modelių charakteristikas, naujasis 30 kWh „Nissan Leaf“ modelio baterijos efektyvumas (SoH) mažėja sparčiau nei ankstesnio 24 kWh modelio, tai ypač pasireiškia šiltesnio klimato regionuose, pavyzdžiui, JAV [35]. Lietuvai, kaip naudotų elektromobilių importuotojai, ši informacija aktuali, nes EM baterijų, importuotų iš šiltesnio klimato šalių, efektyvumas bus mažesnis.

Daniel Myall, Dima Ivanov, Walter Larason, Mark Nixon ir Henrik Moller atliktas tyrimas, iš 1385 akumuliatorių baterijų statistinių duomenų, prie kurių prisidėjo 82 vienetų 30 kWh ir 201 vnt. – 25 kWh Naujosios Zelandijos „Leaf“ modelių savininkų pateikti duomenys apie nuvažiuotą atstumą, efektyvumą, vidutinį greitį registruotų kas mėnesį, leidžia išanalizuoti ir daryti išvadas apie šio modelio technines charakteristikas laiko perspektyvoje. Daugumos (81 %) tyrimo transporto priemonės priklauso privačiam sektoriui, naudojamos šeimyninėms kelionėms, o likusioji dalis – įmonių/kompanijų transportas. Pateikiami 2015-2017 metais pagamintų 201 vnt. 24 kWh ličio baterijų bei 82 vnt. – 30 kWh duomenys. Dauguma tyrimo objektų yra naudotos, importuotos iš Japonijos (89%), Jungtinės Karalystės (7%), Australijos (<1%) ar Europos (<1%) transporto priemonės [35]. Tyrimo eigoje automobilio amžiumi laikoma pagaminimo arba pirmos registracijos šalyje data. Priėmus sąlygą, kai automobilis yra naujas, tai jo būklė yra priimama 100 % SoH. Įvertinamas 24 ir 30 kWh modelių baterijos efektyvumo kritimas pamečiui, pateikiamos vidutinės vertės su 95 % neapibrėžtumo intervalais.

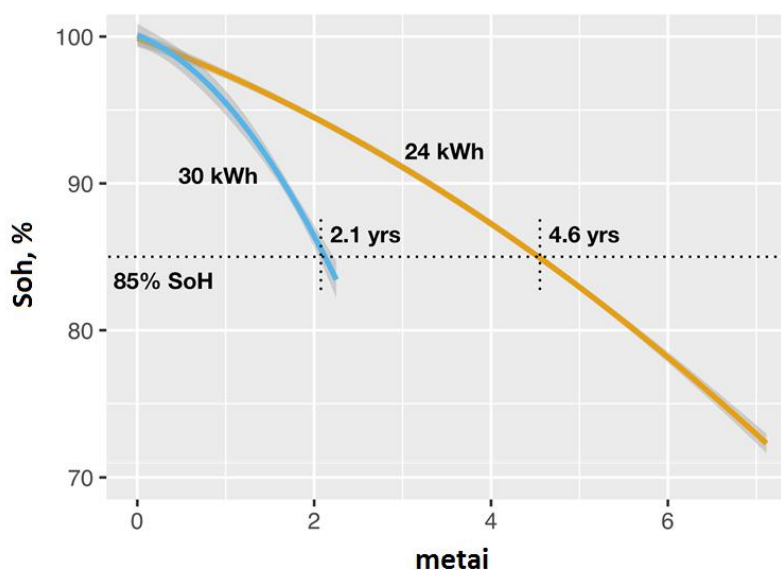
Tyrimo rezultatai pateikiami **17 paveiksle** parodo, jog 24 ir 30 kWh modelių baterijų efektyvumas (SoH) laiko perspektyvoje kinta skirtingai. Matome, jog kai kurių transporto priemonių efektyvumas išliko gana pastovus, kitų mažėjo sparčiau, tačiau krypties kreivės parodo bendrą SoH rodiklio mažėjimą abejuose modeliuose. Efektyvumui įtaką daro kelionės atstumas. Tyrimo dalyviai atskleidė, jog SoH išlieka pastovus arba didėja po keleto didesnio kilometražo kelionių, kuomet transporto priemonės įkraunamos greito įkrovimo stotelėse bei sumažėja, kai TP įkraunama lėto įkrovimo sistemose, įrengtose namuose.



17 pav. 24 kWh ir 30 kWh „Nissan Leaf“ efektyvumo kritimo priklausomybė nuo TP amžiaus [35].

18 paveiksle pažymėti visų akumuliatorių baterijų surinkti duomenys. „Nissan“ teigimu SoH dydis jų modeliuose po 5 metų turėtų išlikti apie 80 % (**17 paveiksle** pažymėta raudonai). Tyrime dalyvavusių automobilių nuvažiuojamas atstumas bei būdinga įkrovimo tendencija stipriai skyrėsi, tačiau matoma aiški tendencija SoH mažėjimui.

SoH kritimas 30 kWh modeliuose yra spartesnis nei 24 kWh (**18 paveikslas**). Vidutinis SoH sumažėjimas pirmaisiais 24 kWh modelio metais yra 2,9 % (95 % neapibrėžtumo intervalas – 2,6-3,2 %), tuo tarpu 30 kWh modelio SoH mažėjimo vidurkis pirmaisiais metais yra 7,2 % (95 % neapibrėžtumo intervalas – 6,7-7,6 %). Antraisiais elektromobilio gyvavimo metais 24 kWh užfiksuotas 3,1 % (95 % neapibrėžtumo intervalas – 2,9-3,3 %) SoH nuosmukis, o 30 kWh modelyje – net 9,9 % (95 % neapibrėžtumo intervalas – 8,7-11,1 %) [35].



18 pav. 24 kWh ir 30 kWh „Nissan Leaf“ efektyvumo nuosmukio palyginimas [35].

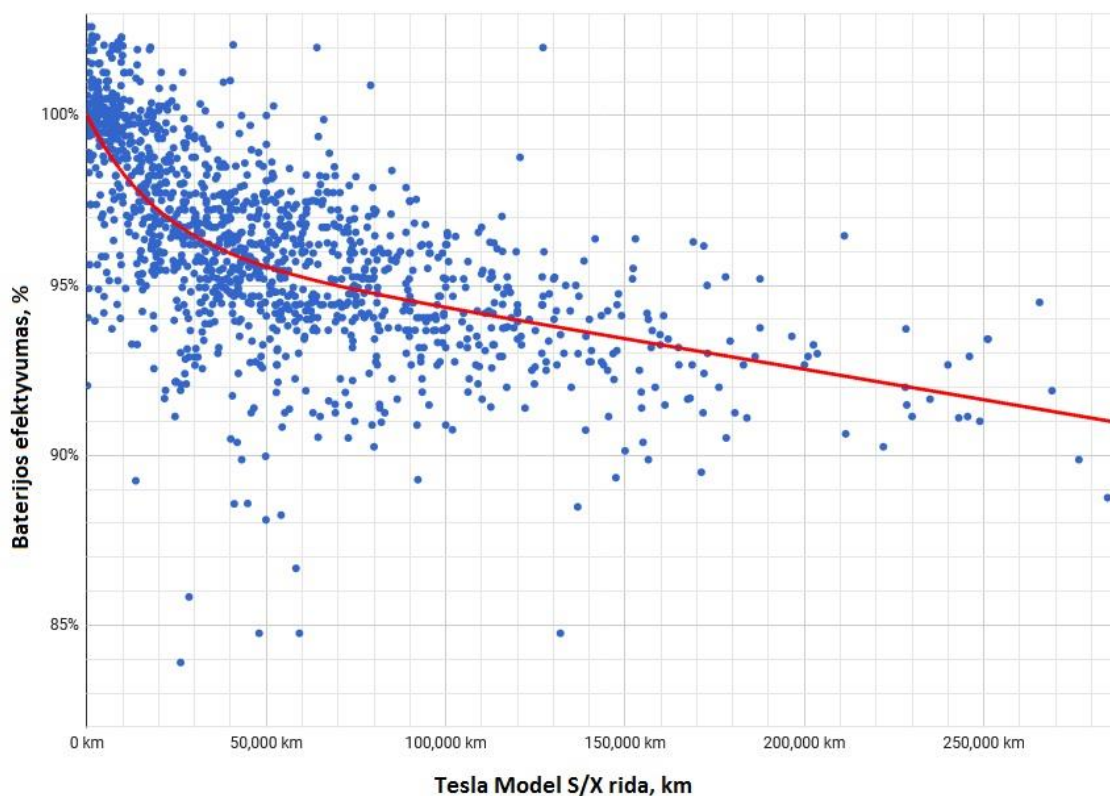
Palyginamoji analizė **18 paveiksle** rodo, jog 85 % SoH nuosmukį 24 kWh modelis pasiekia per 4,6 metų, o 30 kWh modelis per 2,1 metų.

Taigi šio tyrimo duomenys rodo, kad 30 kWh talpos „Leaf“ baterijos efektyvumas vidutiniškai mažėja greičiau nei 24 kWh modeliuose. Užfiksuotas skirtumas, jog SoH padidėja važiuojant didesnius atstumus 24 kWh modeliuose, tačiau sumažėja 30 kWh modeliuose. SoH šiek tiek sumažėjo dažniau naudojant greito įkrovimo stoteles. Užfiksuotas ir to paties modelio atskirų elektromobilių efektyvumo skirtumas, šis, įtakojamas įvairių veiksnių, gali labai svyruoti.

Tiksliai nežinoma, kas sukelia 30 kWh „Nissan Leaf“ spartesnį efektyvumo mažėjimą, tačiau įtariama, jog tai gali įtakoti cheminės medžiagos pakeitimas – 24 kWh modelio baterijoje buvo naudojamas ličio mangano oksidas (santr. - LMO), kuris 30 kWh modelyje pakeistas į nikelio mangano kobaltą (santr. - NMC). Taip pat didesnės talpos 30 kWh modelio baterijos gali ilgiau dirbti aukštesnėje temperatūroje. Didesnis energijos tankis, didesnis tūrinis masės tankis ir didesnė įkrovimo srovė gali įtakoti didesnę baterijos temperatūrą šiuose modeliuose ir lėtesnį ataušimą [35].

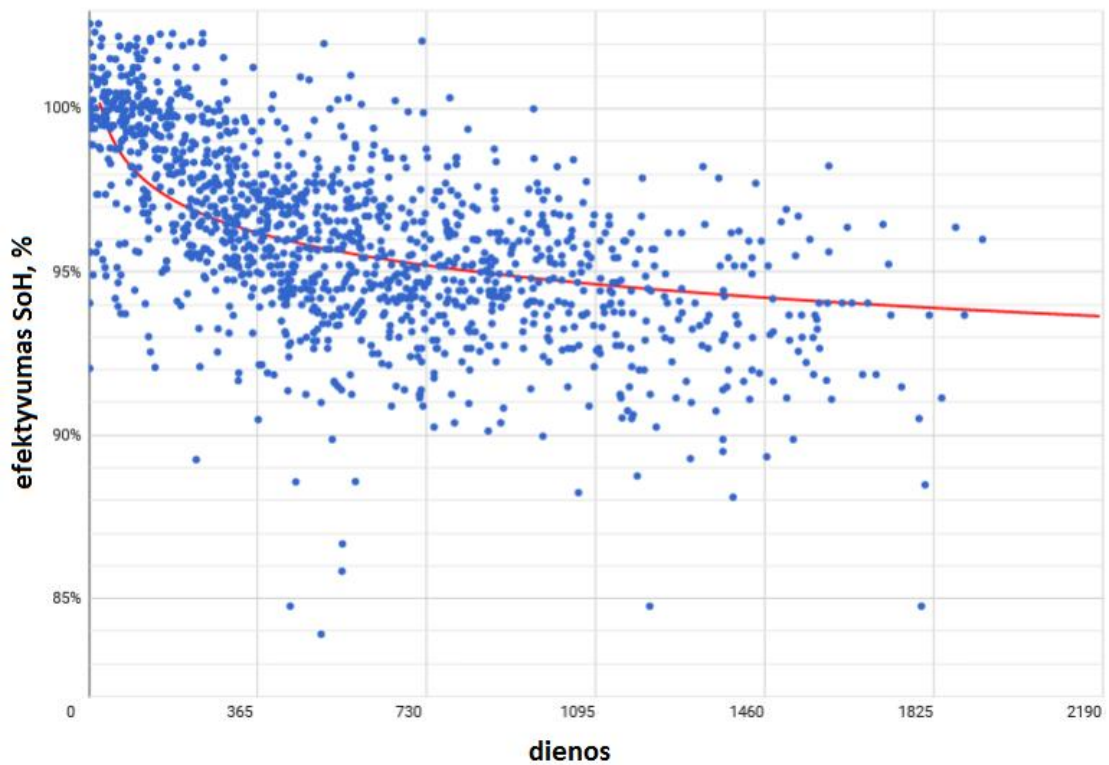
„Tesla Model S“ elektromobiliai sudaro 12 % Lietuvos EM rinkos [27]. Šio modelio transporto priemonės yra brangesnės, ne tokios paklausios Lietuvoje, tačiau norint palyginti elektromobilių baterijų efektyvumo kritimą laiko perspektyvoje analizuojami šių transporto priemonių duomenys. 350 „Tesla“ elektromobilių savininkų grupės surinktais duomenimis atliktas tyrimas, kurio objektas yra „Tesla Model S/X“ baterijos efektyvumas. Šio tyrimo duomenimis „Tesla“ akumuliatorių baterijos elektromobiliui pravažius ~260000 km (160 000 mylių) išlaiko 90 % efektyvumą (**19**

paveikslas). Raudona spalva pažymėta akumulatoriaus baterijos efektyvumo kritimo krypties linija (angl.- trendline). Savininkų surinktų duomenų analizė parodė jog, transporto priemonei nuvažiavus 128 000 km (50 000 mylių) SoH krinta apie 5 %, tačiau vėliau kritimo tempas ima mažėti. Net jeigu ši SoH kritimo tendencija išliks tokia pati, dauguma šių TP pravažiavusios 300 000 km (185 000 mylių), efektyvumas sieks 90 %, o po 800 000 km (500 000 mylių) – 80 % [36].



19 pav. „Tesla Model S/X” efektyvumo priklausomybė nuo TP ridos [36].

„Tesla Model S/X“ baterijos degradacijai garantijos nesuteikia, tačiau **20 paveiksle** matome, jog tyrimo duomenimis po 5 metų krypties kreivės duomenimis akumulatoriaus baterijos efektyvumas turėtų išlikti apie 94 %, o tai yra daug daugiau nei „Nissan Leaf“ garantija, jog po 5 metų efektyvumas sieks 80 %.



20 pav. „Tesla Model S/X“ baterijos efektyvumo SoH priklausomybė nuo amžiaus [36].

Naudotų elektromobilių rinka susiduria su akumuliatorių baterijų degradacijos problema. Ypač tai aktualu šalyse, kuriose automobilių parko amžiaus vidurkis yra didesnis (Lietuvoje – 15 m). Šiose šalyse didesnė naudotų elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių koncentracija. Baterijos SoH kritimas tiesiogiai įtakoja elektromobilio nuvažiuojamą maksimalų atstumą, o tai lemia potencialių elektromobilių pirkėjų požiūrį į šios transporto priemonės įsigijimą. Skirtinguose elektromobilių modeliuose gamintojai naudoja kitą akumuliatorių baterijų technologija, jos nuolat tobulinamos, todėl laiko perspektyvoje techniniai rodikliai skiriasi. Pigesnėse TP, kurios yra prieinamesnės gyventojams, naudojamos akumuliatoriaus baterijos efektyvumo neužtikrinančios technologijos, todėl jų SoH gali sparčiai kristi. Tačiau siekiama, jog elektromobiliai nuvažiuotų didesnę atstumą ir tiriama, kokios priežastys daro įtaką efektyvumo mažėjimui. 52 % Lietuvos elektromobilių rinkos sudarančių „Nissan Leaf“ pateikti naudotų elektromobilių 24 ir 30 kWh akumuliatoriaus baterijų modelių faktiniai statistiniai duomenys atskleidė sparčią baterijų efektyvumo kritimo tendenciją, tačiau šiuo metu naujausiuose „Nissan Leaf“ modeliuose integruojama nauja 40 kWh talpos baterija. 12 % Lietuvos elektromobilių rinkos sudarantys „Tesla Model S“ pasižymi patikimesnėmis technologijomis ir jų baterijų efektyvumas yra stabilus. Ateityje galima tikėtis ir kitų gamintojų technologinio šuolio, todėl elektromobiliai taps dar patrauklesni.

3. ELEKTROMOBILIŲ IR HIBRIDINIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ PLĖTROS TYRIMO METODOLOGIJA

Norint išanalizuoti surinktą stebimo objekto – elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių – statistiką ir atskleisti reiškinių esmę, nustatant jų vystymosi dėsningumus bei tarpusavio ryšius duomenys tyrime yra susistemunami.

Kai statistinių duomenų grupavimas atliekamas laiko aspektu, tai gautos eilutės vadinamos dinamikos eilutėmis. Kiekviena jų turi du elementus:

t – laiko charakteristiką (metai, mėnesiai);

y_i – skaitinę rodiklio reikšmę.

Toks tam tikro pasirinkto laikotarpio dinamikos eilučių analizavimas leidžia daryti įvairias išvadas, duoda pagrindą perspektyviniams planams sudarinėti, leidžia lyginti Lietuvos elektromobilių skaičiaus plėtros vystymosi tempus su kitų šalių rodikliais.

Sudarant dinamikos eilutes visi lygiai turi atitikti vienodo dydžio laikotarpius, visi lygiai turi būti išreikšti vienodais matais, turi atitikti tą pačią teritoriją, būti apskaičiuoti pagal tą pačią vienodą metodiką.

Analizuojant duomenų pasikeitimą laiko atžvilgiu skaičiuojamas vidutinis lygis, intensyvumas.

Skaičiuojami analitiniai rodikliai:

Vidutinis lygis apskaičiuojamas pagal aritmetinio vidurkio formulę:

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}; \quad (1)$$

Vidutinis absoliutus padidėjimas/sumažėjimas rodo keliais vienetais pasikeičia reiškinio lygis per laiko vienetą:

$$\Delta \bar{y} = \frac{y_n - y_0}{n-1}; \quad (2)$$

Vidutinis didėjimo tempas apskaičiuojamas pagal geometrinį vidurkį:

$$\bar{T}_d = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_0}}; \quad (3)$$

Tiriant statistinių dydžių – užregistruojamų elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių skaičiaus ir įkrovimo infrastruktūros skaičiaus – ryšio (koreliacijos) stiprumą skaičiuojamas koreliacijos koeficientas, pavyzdžiui, užregistruotų EM ir HEV skaičiaus priklausomybės nuo infrastruktūros plėtros skaičiavimams. Koreliacinė analizė naudojama kiekybinių kintamųjų ryšiui, jo stiprumui nustatyti [38].

$$\text{Koreliacijos koeficiento matematinė išraiška: } r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}} [39]. \quad (4)$$

1 lentelė. Gautų koreliacijos koeficiento stiprumo intervalų reikšmės [38].

Koreliacijos koeficiento reikšmė	Interpretacija
Nuo 0,9 iki 1,0 arba nuo -0,9 iki -1,0	Labai stipri koreliacija
Nuo 0,7 iki 0,9 arba nuo -0,7 iki -0,9	Stipri koreliacija
Nuo 0,5 iki 0,7 arba nuo -0,5 iki -0,7	Vidutinė koreliacija
Nuo 0,3 iki 0,5 arba nuo -0,3 iki -0,5	Silpna koreliacija
Nuo 0,3 iki -0,3	Nereikšminga koreliacija

Pagal koreliacijos koeficiento gautą reikšmę ir **1 lentelėje** pateiktas reikšmes gaunama išvada apie dydžių koreliaciją.

Statistiniai metodai, skirti regresijos modeliui sudaryti, patikrinti, ar jis tinkamas, ir taikyti prognozėms, vadinami regresine analize. Ilgalaikės prognozės paprastai remiasi scenarijų planavimu ir analize. Prognozių patikimumas priklauso nuo įtaką darančių veiksnių tiriamo proceso kaitai nustatymo. Turint pakankamai ilgas statistinių duomenų eilutes ir nekintant esamoms sąlygoms galima parengti patikimas ilgalaikes prognozes. [39]. Todėl tyrime naudojama ateities scenarijų prognozė, kai pagal dinaminės eilutės pasikeitimus (faktinius duomenis), lemiančius tam tikrą bendrą proceso raidos tendenciją, pateikiamos tam tikro laikotarpio prognozės remiantis skirtingomis regresijos lygčių formomis (**2 lentelė**).

2 lentelė. 3 skaičiuojamų scenarijų lygčių matematinės išraiškos [38].

Regresijos lygties forma	Matematinė išraiška
Laipsninė (rodiklinė)	$y = cx^b$
Linijinė (tiesinė)	$y = cx + b$
Logaritminė	$y = c \ln x + b$

Tendencijos kreivę paprastai galima vizualiai matyti pagal duomenų grafiką, tačiau šioje analizėje tiriama, kuri funkcija tiksliausiai apibūdina turimą EM ir HEV transporto priemonių plėtros duomenų eilutę.

Kad būtų randamas kiekvieno pasirinkto scenarijaus (skirtingų regresijos lygčių) kreivės, geriausiai atitinkančios faktinius statistinius duomenis, taikomas mažiausių kvadratų metodas, randami kiekvienos lygties formos \hat{c} ir \hat{b} įverčiai.

Mažiausių kvadratų metodas:

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min; \quad (5)$$

Skaičiuojamas determinacijos koeficientas R^2 , kuris yra lygus regresijos kvadratų sumos ir visos kvadratų sumos santykiui:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST}; \quad (6)$$

Čia: $SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{y}(x_i) - \bar{y})^2$ – kvadratų suma, rodanti, kiek regresijos kreivė skiriasi nuo faktinių duomenų;

$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ – visa kvadratų suma įvertinanti, kaip y_1, \dots, y_n išsibarsčiusios aplink kreivę [39].

Determinacijos koeficientas naudojamas kaip scenarijaus regresijos modelio tinkamumo indikatorius: didesnis determinacijos koeficientas reiškia, kad stebėjimai yra labiau koncentruoti apie mažiausių kvadratų metodu gautą scenarijaus kreivę, R^2 – tai regresinės priklausomybės charakteristika – determinacijos koeficientas. R^2 priklauso intervalui $[0; 1]$. Kai $R^2 \geq 0,25$ modelis tinkamas, $R^2 \leq 0,25$, labai abejotina, kad regresijos modelis tinkamas. Jeigu R^2 artimas 1 turime funkcinę priklausomybę, tačiau R^2 artimas 0 – dydžiai nepriklausomi. Kuo R^2 yra artimesnis vienetui, tuo kreivė tiksliau atitinka faktinius duomenis ir tikslesnis scenarijus, tuo remiantis nustatoma, kuris scenarijus yra tiksliausias [39].

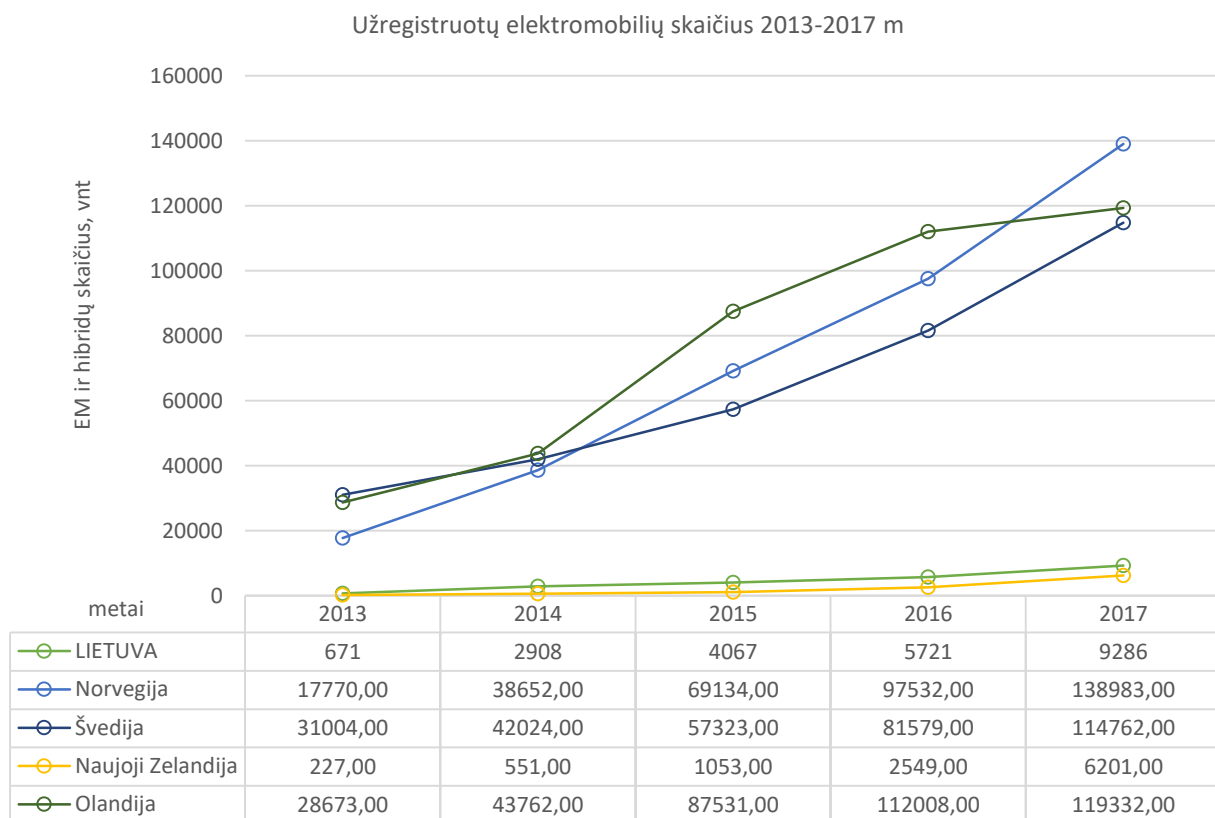
4. M1 KLASĖS ELEKTROMOBILIŲ IR HIBRIDINIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ PLĖTROS TYRIMAS LIETUVOJE

4.1 M1 klasės elektromobilių ir hibridinių transporto priemonių plėtros 2013-2017 m. pasirinktose šalyse analizė

Šiuo metu visame pasaulyje yra stengiamasi išskatinti kurą pakeisti alternatyviais šaltiniais. Tobulėjant technologijoms ilgėja EM nuvažiuojamas atstumas. Plečiantis pakrovimo stotelių infrastruktūrai, žmonėms darosi vis patrauklesni tik elektra varomi arba įkraunami hibridiniai elektromobilių modeliai. Vis intensyviau pasireiškiančios šiltnamio efektą sukeliančių dujų pasekmės bei kiti aplinkosauginiai aspektai skatina riboti į aplinką išmetamų teršalų kiekį visose srityse, ypač tai aktualu transporto sektoriuje. ES imasi politikos, skatinančios CO₂ išmetimo į aplinką mažinimą, visos valstybės tam tikrais mokesčiais, lengvatomis ar kitais būdais skatina gyventojų susidomėjimą elektromobiliais bei stengiasi daryti įtaką jų pasirinkimui perkant lengvasias transporto priemones. Visi šie veiksniai lemia EM bei HEV skaičiaus didėjimą šalyse.

Elektromobilių priklausančių M1 transporto klasei plėtra yra vystoma visose šalyse ir planuojamas sektoriaus spartus augimas artimoje ateityje. Spartus elektrinių lengvųjų M1 transporto priemonių augimas pastebimas Europoje. Norvegija, Švedija, Olandija lyderiauja pagal užregistruojamų elektromobilių skaičių [17].

Analizei surinkta pasirinktų šalių oficiali statistika apie užregistruotas M1 klasės transporto priemones suskirstytas pagal kuro rūšis [18, 19, 20, 21]. Pagal šiuos elektromobilių kiekius užregistruotus kiekvienais metais įvertinami elektromobilių sektoriaus mastai ir jų kitimas kiekvienoje šalyje 2013-2017 m laikotarpiu. Tam, kad būtų galima daryti išvadas apie tai, kokia vykdoma politika ir kokios priemonės daro didžiausią įtaką kasmet didėjančia, užregistruotų elektromobilių skaičiui, pasirinkta analizuoti šalių lyderių (Olandijos, Norvegijos, Švedijos) elektromobilių plėtros statistiką. Taip pat tyrimui pasirinkta neutralios šalies Naujosios Zelandijos statistika. Naujosios Zelandijos gyventojų skaičius yra artimesnis Lietuvos diapazonui ir elektromobilių infrastruktūra nėra taip plačiai išplėta. Nagrinėjami paskutinių 5 metų laikotarpio duomenys (užregistruoti kalendorinių metų pabaigoje, dažniausiai gruodžio 31d.) pateikti **21 paveiksle**.

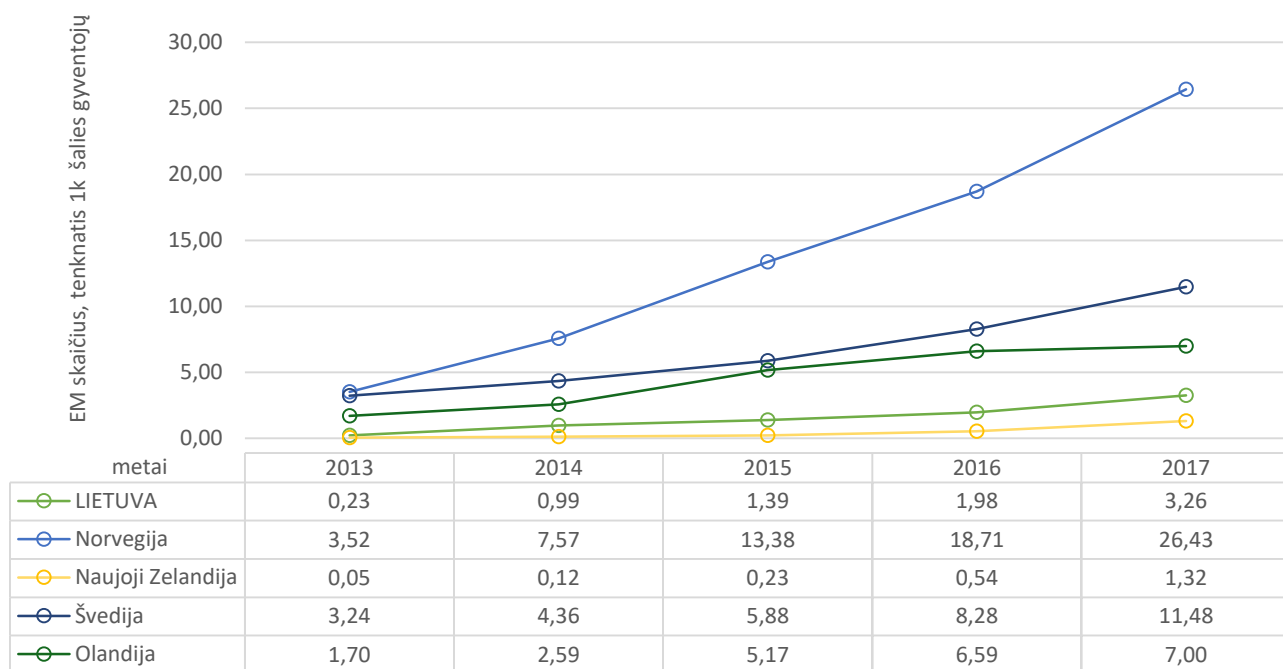


21 pav. EM ir HEV plėtra 2013-2017m. pasirinktose šalyse [1-6, 27, 18-21].

Pagal užregistruotų elektra varomų bei hibridinių transporto priemonių skaičių galima išskirti tris lyderes, Norvegiją, kurioje 2017 m. pabaigoje užregistruota beveik 140 000 elektromobilių, Olandiją su ~ 120 000 elektromobilių bei Švediją su ~ 115 000 (EM + HEV). Įdomu tai, kad Švedijoje elektromobilių skaičius auga pastoviausiai – 1,4 karto per metus, tačiau lyginant 2017 ir 2013 metų statistinius duomenis prieaugis yra mažiausias – 2017 metais suskaičiuota apie 3,7 karto daugiau elektromobilių nei 2013 m. Iš šalių lyderių didžiausias augimas užfiksuotas Norvegijoje, šis svyruoja nuo 1,4 iki 2,2 kartų per metus (bendrai nuo 2013 iki 2017 m EM skaičius padidėjo 7,8 karto). Kita vertus, šalyse, kuriose elektromobilių rinka nėra tokia didelė, pastebima spartesnė plėtros tendencija. Lietuvoje elektromobilių skaičiaus didėja nuo 1,4 iki 4,3 karto per metus, o Naujojoje Zelandijoje 1,9-2,4 karto per metus.

Tam, kad būtų galima įvertinti tikrąjį elektromobilių mastą kiekvienoje šalyje ir objektyviau lyginti skirtingos populiacijos ir dydžio teritorijas, šie duomenys įvertinami gyventojų skaičiaus perspektyvoje, t. y. atsižvelgiama į gyventojų skaičiaus kaitą 2013-2017 m laikotarpiu bei gaunami duomenys kiek elektromobilių tenka 1 tūkstančiui gyventojų. Šie duomenys pateikti **22 paveiksle**.

Užregistruotų elektromobilių skaičius 2013-2017 m tenkantis 1k gyventojų



22 pav. Užregistruotų elektromobilių skaičius 2013-2017 m., tenkantis 1k gyventojų.

Išryškėjo aiškus lyderis – Norvegija, kurioje 2017 metų pabaigoje 1 tūkstančiui gyventojų teko 26,43 elektromobiliai (EM+HEV). Žemiau – Švedija (11,48 EV/1k gyventojų) ir Olandija (7 EV/1k gyventojų) bei diagramos apačioje Lietuva (3,26/1k gyventojų) ir Naujoji Zelandija (1,32/1k gyventojų).

Norint išanalizuoti kodėl taip stipriai skiriasi elektromobilių plėtra skirtingose šalyse ir kokie veiksniai tai įtakoja labiausiai analizuojama Lietuvos ir Norvegijos EM ir HEV plėtros politikos skirtumai.

4.2 Norvegijos ir Lietuvos elektromobilių skatinimo politikos analizė

Norvegijos elektromobilių plėtros tikslas buvo iki 2020 metų užregistruoti 100 000 M1 klasės elektrinių transporto priemonių šalyje. Pagal pateiktą statistiką matome, jog šis tikslas buvo pasiektas jau 2017 metų pirmoje pusėje, o 2017 metų pabaigoje skaičius siekė beveik 140 000. Sėkmingai EM plėtrai didelę įtaką daro platus paskatų ir privilegijų sistemos sukūrimas.

Nulinės emisijos paskatos ir jų įdiegimo metai:

- Netaikomas automobilio įsigijimo/importo mokestis (1990 m.);
- Mažas metinis kelių mokestis (1996 m.);
- Mokesčių už kelius bei persikėlimą keltu atleidimas (1997 ir 2009 m.);
- Nemokamas automobilių stovėjimas (1999 m.);
- Įmonės automobilio mokesčiui taikoma 50% nuolaida tiek visiškai elektrinėms transporto priemonėms, tiek įkraunamiems hibridams (2000 m.);
- Atleidimas nuo 25 % PVM mokesčio pirkimo metu (2001 m.);
- Leidimas važiuoti viešojo transporto (autobusų) juosta (2005 m.);
- Atleidimas nuo 25 % PVM elektromobilių nuomos atveju (2015 m.) [22].

Naujausi EM politikos atnaujinimai Norvegijoje:

- Piko valandomis prieiga prie važiavimo autobusų juosta Osle tik tuo atveju, kai vežamas bent vienas keleivis (2015 m.);
- Nemokamas automobilio stovėjimas priklausomai nuo miesto politikos (2017 m.);
- Elektromobiliai atleisti nuo kelių mokesčio (2018 m.);
- 40% sumažintas įmonės automobilio mokestis (2018 m.);
- 50% nuolaida persikėlimui keltuose (2018 m.);
- Nėra perregistravimo mokesčio nulinės emisijos automobiliams (2018m.) [22].

Matome, jog paskutiniu metu lengvatos elektromobiliams yra persvarstomos, pavyzdžiui, išvis panaikintas kelių mokestis elektromobiliams. Tačiau apribotos kai kurios lengvatos, įvestos lengvatų išimtys, t. y. leidimui važiuoti autobusų juosta įvesti apribojimai, 10 % padidintas įmonės automobilio mokestis (lyginant su 2000 metų lengvata) bei apmokestintas kėlimasis keltu (50% įprastos kainos) ir kt.

Taigi Norvegijos skatinimo politika atsižvelgiant į rinkos plėtrą pastaruosiu metu yra persvarstoma, keičiamos mokesčių lengvatos, tačiau bendras politinių partijų siekis yra toks, kad nulinės emisijos bei mažai teršalų išmetantis transportas piliečiams būtų ekonomiškai naudingesnis

už didelės emisijos automobilius. Tai pasiekama taikant principą „teršėjas moka“ automobilių mokesčių sistemoje. Taikomi dideli mokesčiai už didelės emisijos automobilius ir mažesni – už mažiau teršiančius. Įvedant tokius mokesčius galima finansuoti lengvatas be nuostolių [22].

Naujas Norvegijos parlamento tikslas yra labai ambicingas, jog iki 2025 m visos naujos M1 klasės transporto priemonės būtų nulinės emisijos (varomos elektra, vandeniliu) arba mažos emisijos (pakraunami hibridai). Šiam tikslui pasiekti reikalinga skirti dėmesį tinkamoms politikos priemonėms, pasitelkiant ne draudimus, bet sustiprintą „žalių“ mokesčių sistemą, pagrįstą „teršėjas moka“ principu [22].

Tuo tarpu Lietuvoje elektromobilių skatinimo politika, lyginant su Norvegija, praktiškai neegzistuoja – priimtos tik kelios lengvatos. Elektrinių transporto vairuotojams Lietuvoje leidžiama važiuoti autobusams skirtomis eismo juostomis, papildomai pažymėtomis elektromobilio ženklu. Ši paskata aktualesnė didmiesčių (Vilniaus, Kauno) gyventojams, nes iš esmės tik šiuose miestuose dėl susidarančių eismo kamščių elektromobilių vairuotojai pajauštų šį pranašumą.

Kita, šiek tiek daugiau pranašumo suteikianti privilegija yra galimybė savivaldybės administruojamose stovėjimo aikštelėse nemokėti už elektromobilio stovėjimo laiką. Beje ši lengvata taip pat taikoma tik didmiesčiuose bei Trakuose [23].

Paskutinė privilegija, skatinanti elektromobilių plėtrą, tai galimybė įkrauti elektromobilį nemokamai greito bei standartinio įkrovimo viešose stotelėse. Tiesa, vieša prieiga be jokių apribojimų galioja tik kai kuriose stotelėse, o kitur skirtingi stotelių savininkai taiko skirtingas įkrovimo leidimų taisykles, tad neturint paleidimo kortelių ar pakabukų, įsikrauti jose nepavyks.

Elektromobilių skatinimo politika yra labai skurdi, didžiausią paskatą lietuvių EM pirkimui darytų įsigijimo lengvatos, nes šiuo metu nėra dalinių pirkimo kainos kompensacijų, mokesčių lengvatų perkantiems elektromobilį ar įsirengiantiems jų įkrovimo stoteles savarankiškai.

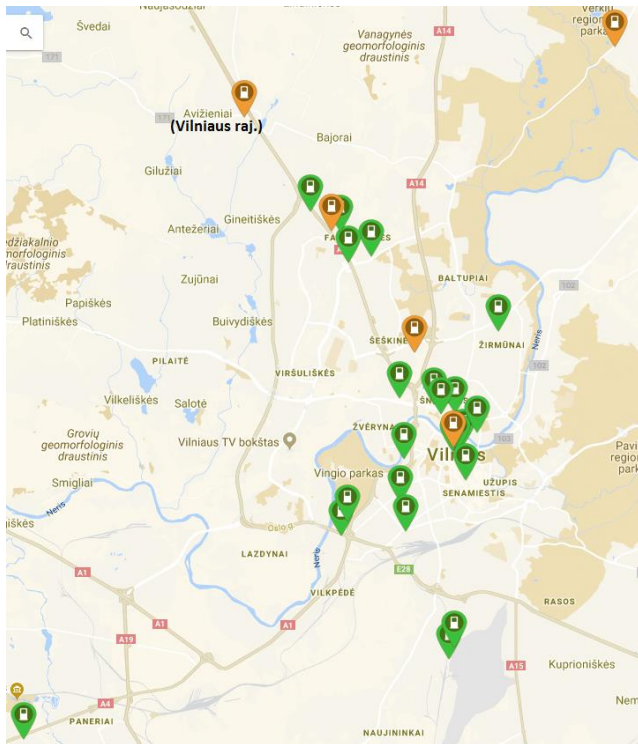
Tiesa, šiuo metu valdančiųjų atstovai pateikė siūlymą nuo 2019 m. taikyti lengvatinį pridėtinės vertės PVM mokestį perkant elektrines transporto priemones bei jas remontuojant. Pataisos numato, kad hibridinių variklių transporto priemonėms, kai transporto priemonė yra iš dalies ekologiška, būtų taikomas 9 % PVM tarifas, o 5 % – visiškai ekologiškoms ar naudojančioms atsinaujinančią energiją transporto priemonėms. Pataisos iniciatoriai sako, kad lengvata būtų taikoma ribotą laiką, iki 2025 m. – tam, kad būtų sukurta ekologiškų transporto priemonių rinka ir infrastruktūra. Lyginant su Norvegija, kuri dar 2001 metais atleido gyventojus nuo 25 % PVM mokesčio perkant elektromobilius, Lietuvos politikų iniciatyvos atrodo nedidelės, tačiau panašu, jog artimiausiu metu jos nebus realizuojamos. Susisiekimo ministras Rokas Masiulis susitikime su Lietuvoje viešėjusia Europos

Transporto komisare Violeta Vulc, kalbėdamas apie alternatyvios energijos transporto priemones, teigė, kad jokių skatinimo priemonių nenumato imtis iki 2030 m [26]. Būtent tais metais dauguma ES šalių žada, kad pasieks, jog apie pusė jų transporto parko sudarys elektra ar kitomis alternatyviomis degalų rūšimis varomos transporto priemonės. O Norvegija dar iki 2025 m. sieks, jog visos naujos M1 klasės transporto priemonės būtų nulinės arba mažos emisijos.

Lietuva šiuo metu yra viena iš penkių Europos Bendrijos šalių, kuriose netaikomos jokios skatinimo priemonės elektromobiliui įsigyti. Apibendrinant galima teigti, kad Lietuvoje nėra ir 5 metų laikotarpyje neplanuojama naujų elektromobilių įsigijimo lengvatų, tačiau galima tikėtis naujų mokesčių iškastiniu kuru varomiems automobiliams. Todėl nulinės nei mažos emisijos transporto plėtra kaip ir iki šiol turėtų didėti dėl tokių veiksnių kaip infrastruktūros plėtra, EM ar HEV kainos kritimo, žmonių sąmoningumo, tačiau ženkliausios plėtros šuolio dėl šių TP skatinimo politikos tikėtis nereikėtų.

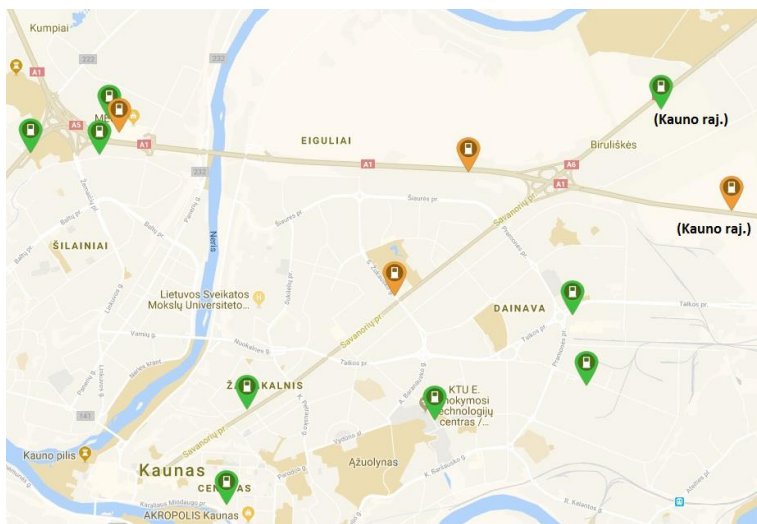
4.3 M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtrai įtaką darančių veiksnių analizė

Remiantis programos „PlugShare“ [9] 2018 m. gegužės mėn. duomenimis Vilniaus mieste buvo 26 veikiančios elektromobilių įkrovimo stotelės (**23 paveikslas**). Lengvųjų M1 klasės elektrinių transporto priemonių pasiskirstymas yra netolygus. Net 50 % visų EM užregistruota Vilniaus mieste (**11 paveikslas**), todėl įkrovimo prieigų infrastruktūra Vilniuje yra labiausiai išplėtotą Lietuvos mastu. Nepaisant to, kad VĮ „Regitra“ duomenimis 6 % visų EM užregistruota Vilniaus rajono savivaldybėje, joje yra įrengta tik viena pakrovimo stotelė.



23 pav. Įkrovimo stotelių infrastruktūra Vilniaus mieste 2018 m gegužės mėn. [9].

2018 metų gegužės mėn. Kauno mieste buvo 11 viešo naudojimo įkrovimo stotelių, Kauno raj. – 2 (**24 paveikslas**). Kaune užregistruota 81 elektra varoma transporto priemonė, tai sudaro 13 % visos Lietuvos EM rinkos. Kauno rajone užregistruota mažiau – 5 % EM.



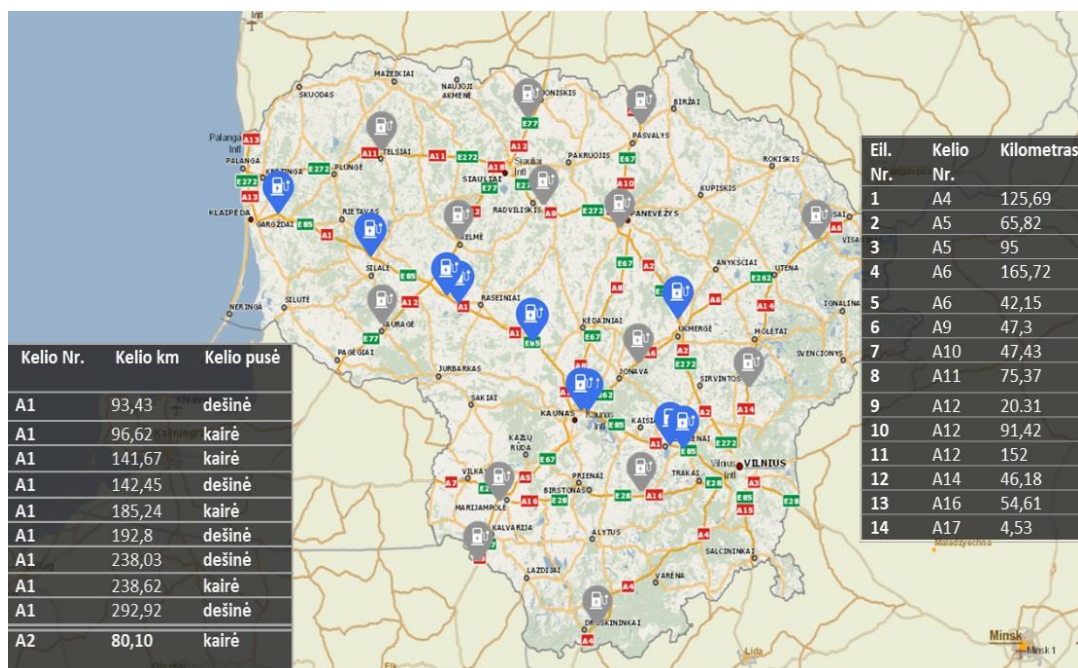
24 pav. Infrastruktūra Kauno mieste 2018 m sausio mėn. [9].

Matome priklausomybę tarp įregistruoto elektromobilių skaičiaus miestuose bei rajonuose ir esamos EM įkrovimo infrastruktūros juose. Ten, kur infrastruktūra labiau išplėtota, ten verslas, valstybinės įmonės bei gyventojai drąsiau renkasi elektrines transporto priemones.

Be elektromobilių įkrovimo stotelių miestuose, yra ir infrastruktūra magistraliniuose keliuose. Ši infrastruktūra yra labai svarbi, nes išplėtota ji leistų tarp miestiniais keliais elektromobiliais keliauti didesnę atstumą.

Šiuo metu yra 12 viešųjų didelės galios įkrovimo stotelių A1 Vilnius-Klaipėda ir A2 Vilnius-Panevėžys keliuose. Lietuvos susisiekimo ministerijos tikslas per 2018 metus suprojektuoti ir įrengti dar 14 tokių didelės galios įkrovimo stotelių poilsiavietėse, sustojimo aikštelėse prie magistralinių kelių. Norima pasiekti, jog iki 2018 metų pabaigos, susisiekimui tarp Lietuvos miestų užtikrinti, įkrovimo stotelių prieigos būtų įrengtos kas ~ 50 km [34].

25 paveiksle mėlyna spalva pažymėta jau įrengta EM įkrovimo infrastruktūra, pilka spalva – planuojams/projektuojamos viešos įkrovimo stotelių prieigos prie magistralinių kelių.



25 pav. Esamų ir projektuojamų didelės galios įkrovimo stotelių infrastruktūra magistraliniuose keliuose [33].

Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro įsakyme „Dėl viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairių patvirtinimo“ siekiama 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 prisideda prie Studijoje rekomenduojamo rodiklio pasiekimo, kad iki 2020 m. visi įregistruoti elektromobiliai Lietuvoje sudarytų bent 5 % visų per metus parduodamų naujų automobilių, o 2025 m. – 10 %. Siekiant viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros tikslo, numatoma: šalia kelių, priklausančių transeuropiniam (angl. *TEN-T Core network*) transporto tinklui, ir šalia kitų valstybinės reikšmės kelių iki 2020 m. įrengti ne mažiau kaip 19 veikiančių viešųjų elektromobilių didelės galios įkrovimo prieigų, o iki 2022 m. – ne mažiau kaip 28 vnt. [34].

Taigi, matome, jog EM skaičius dėl įtaką jų plėtrai darančios įkrovimo infrastruktūros diegimo ateityje turėtų augti. Magistraliniuose keliuose per 2018 bus įrengta 14 naujų greito įkrovimo stotelių (padvigubintas iki šiol turėtas EM greito įkrovimo prieigų skaičius). Tai turėtų paskatinti EM įsigijimą ne tik didmiesčių, bet ir mažesnių aglomeracijų gyvenvietėse, plėtrą rajonų savivaldybėse.

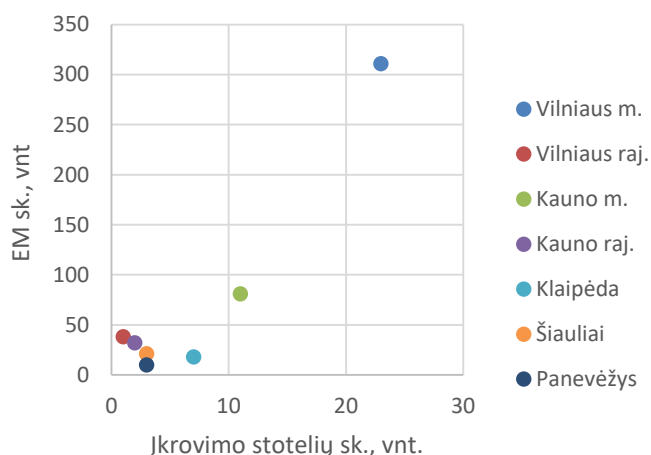
Lietuvos susisiekimo ministerija iškėlė tikslą, jog Lietuvos miestuose ir priemiesčių aglomeracijose, kuriose gyvena daugiau kaip 25 tūkst. gyventojų, iki 2020 m. pabaigos įrengta ne mažiau kaip 100 veikiančių viešųjų elektromobilių įkrovimo prieigų [33].

„PlugShare“ duomenimis Lietuvos miestuose ir miesteliuose įkrovimo infrastruktūros prieigų skaičiaus pasiskirstymas yra:

- Vilniaus mieste – 23;
- Vilniaus rajone – 1;
- Kauno mieste – 11;
- Kauno rajone – 2;
- Klaipėdos mieste – 7 EM įkrovimo stotelės;
- Šiauliuose – 3;
- Panevėžys – 3 [9].

Pagal pateiktus duomenis, tyrimo metodologiniuose nurodymuose aprašytais būdais, tiriama užregistruotų EM skaičiaus bei įrengtos infrastruktūros (įkrovimo stotelių skaičiaus) koreliacija.

26 paveiksle grafiškai pavaizduoti „PlugShare“ pateikti duomenys.



26 pav. EM sklaidos paveikslas, jų skaičiaus priklausomybė nuo įkrovimo infrastruktūros [9].

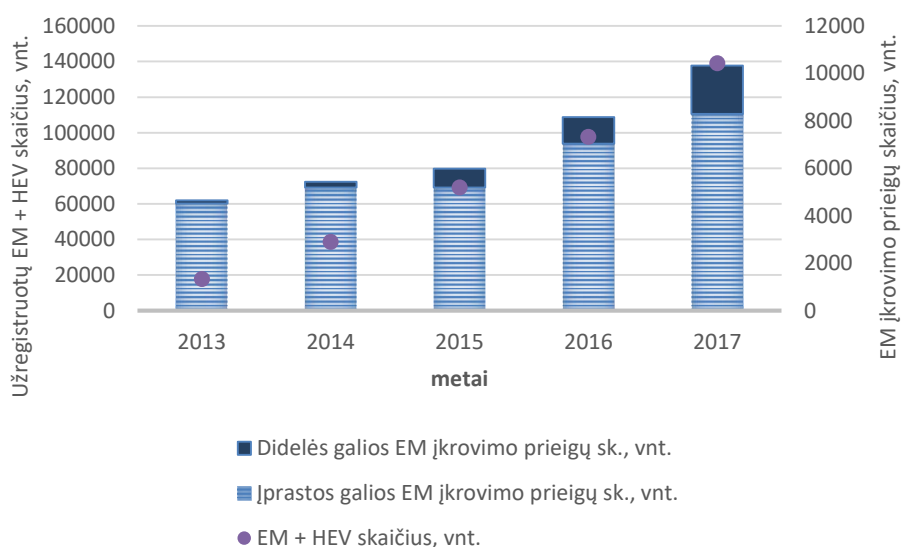
3 lentelėje pateikiami pradiniai skaičiavimo duomenys apie faktinį infrastruktūros kiekio pasiskirstymą Lietuvos savivaldybėse bei jose užregistruotą elektromobilių (EM) skaičių ir gautas šių dydžių koreliacijos koeficiento rezultatas.

3 lentelė. Užregistruotų EM skaičiaus Lietuvos savivaldybėse priklausomybės nuo įkrovimo prieigų infrastruktūros koreliacijos koeficiento skaičiavimo duomenys ir gautas rezultatas.

Duomenys	r
$x_1 = 23; y_1 = 311;$ $x_2 = 1; y_2 = 38;$ $x_3 = 11; y_3 = 81;$ $x_4 = 2; y_4 = 32;$ $x_5 = 7; y_5 = 18;$ $x_6 = 3; y_6 = 21;$ $x_7 = 3; y_7 = 10.$	0,94

Koreliacija nusako tiesinę atsitiktinių kintamųjų priklausomybę vienas nuo kito. Kuo jos reikšmė artimesnė vienetui, tuo priklausomybė stipresnė. Šiuo atveju koreliacijos koeficiento reikšmė $r = 0,94$ patenka į intervalą $[0,9-1]$, todėl tiesinė koreliacija yra labai stipri. Tai reiškia, jog EM skaičius tiesiogiai priklauso nuo infrastruktūros.

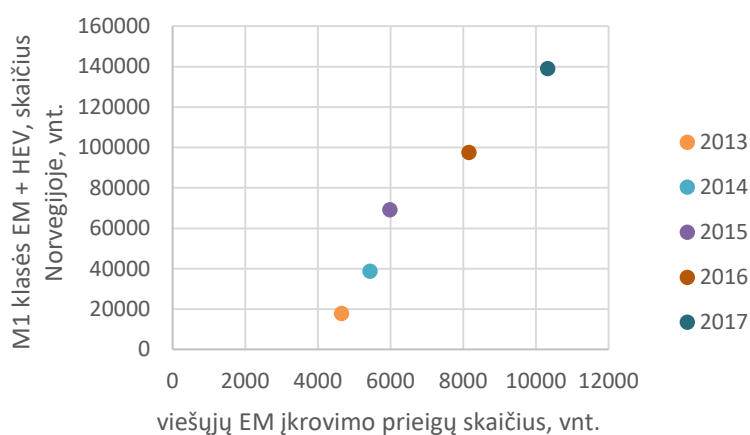
Remiantis EAFO (*angl. – European Alternative Fuels Observatory*) duomenimis [24] apie viešųjų elektromobilių įkrovimo prieigų infrastruktūros plėtrą Norvegijoje, atliekama 2013-2017 m. užregistruotų M1 klasės EM, HEV skaičiaus bei įkrovimo infrastruktūros koreliacijos analizė Norvegijoje (**27 paveikslas**).



27 pav. 2013-2017 m. Norvegijoje įrengtų įkrovimo prieigų skaičiaus bei M1 klasės EM ir HEV plėtros analizės rezultatai [24].

Analizės rezultatai rodo, jog sukurta elektromobilių įkrovimo infrastruktūra daro didelę įtaką pačių transporto priemonių skaičiui Norvegijoje. 2013 metais, kai elektromobilių ir hibridinių transporto skaičius dar buvo sąlyginai nedidelis – 17770 vnt., Norvegijoje buvo skirtas didžiulis dėmesys šių TP įkrovimo infrastruktūrai, išplėtota įprastos galios viešųjų įkrovimo stotelių infrastruktūra. Nuo 2014 metų didesnis dėmesys skirtas naujos kartos greito įkrovimo infrastruktūrai.

Remiantis prieš tai naudota metodika apskaičiuojamas šių dydžių koreliacijos koeficientas. Nubrėžiamas aktualių duomenų priklausomybės grafikas (**28 paveikslas**). Matome, jog tiriamų dydžių išsidėstymas yra artimas tiesei.



28 pav. Norvegijos M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių priklausomybė nuo infrastruktūros.

4 lentelėje pateikiami surinkti oficialūs tiriamo objekto atskaitiniai duomenys, pagal kuriuos skaičiuojamas koreliacijos koeficientas.

4 lentelė. Norvegijos EM ir HEV skaičiaus kitimo 2013-2017 m. priklausomybės nuo įkrovimo prieigų infrastruktūros koreliacijos koeficiento skaičiavimo duomenys ir gautas rezultatas

Duomenys	r
$x_1 = 4655; y_1 = 17770;$ $x_2 = 5434; y_2 = 38652;$ $x_3 = 5989; y_3 = 69134;$ $x_4 = 8157; y_4 = 97532;$ $x_5 = 10333; y_5 = 138983.$	0,98

Gautas koreliacijos koeficiento dydis 0,98 yra labai artimas vienetui, todėl koreliacija šiuo atveju yra labai stipri.

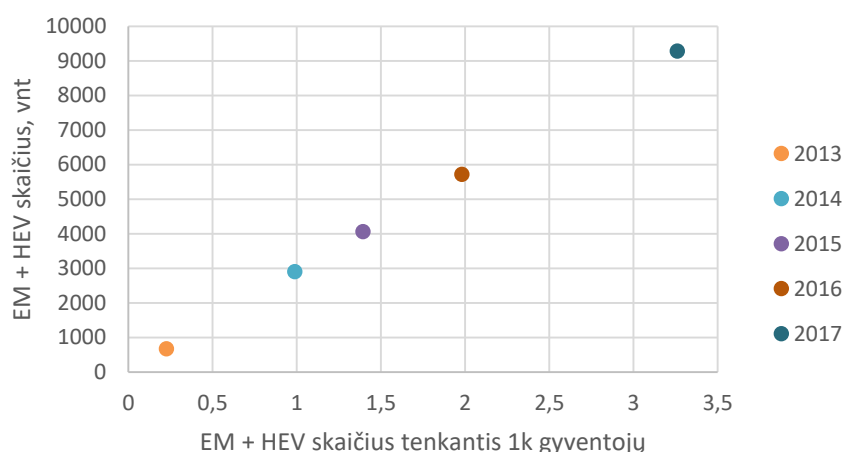
EM ir HEV skaičiaus bei jų įkrovimo prieigų infrastruktūros pasiskirstymo Lietuvos savivaldybėse ir Norvegijos M1 klasės EM bei HEV skaičiaus priklausomybės nuo įkrovimo stotelių skaičiaus analizė patvirtino, jog elektromobilių skaičius tiesiogiai priklauso nuo įkrovimo infrastruktūros. Abiejų tyrimų rezultatai parodė, jog koreliacijos koeficientas artimas vienetui.

Sėkmingas Norvegijos pavyzdys rodo, jog norint skatinti EM skaičiaus augimą, viena iš pagrindinių priemonių turi būti viešųjų įkrovimo prieigų didmiesčiuose, kuriuose infrastruktūra nėra pakankama, bei mažesniuose miestuose ir miesteliuose, kur užregistruoti vos keli EM, kūrmas.

Kita, labai stipri Lietuvoje matoma tendencija galinti įtakoti M1 klasės EM bei HEV plėtrą yra demografinis mažėjimas. Gyventojų skaičiaus kitimo pokyčiai daro didelę įtaką ne tik darbo rinkai, bet ir kitoms visuomenės sritims. Kadangi gyventojų skaičiaus kitimo prognozavimas yra sudėtingas ir nuo daugelio veiksnių priklausomas procesas, atliekant elektromobilių priklausomybės nuo Lietuvos demografinės aplinkos analizę, remtasi „Eurostat“ statistikos duomenimis [25]. Yra žinoma,

jog didelis gyventojų skaičius kiekvienais metais emigruoja, gyventojų amžiaus struktūra keičiasi – didėja vidutinis gyventojų amžius. Todėl svarbu ištirti kaip šis reiškinys veikia EM bei HEV plėtros tendenciją.

29 paveiksle matoma kaip kito M1 klasės lengvųjų elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių skaičius 2013-2017 m., tenkantis 1k gyventojų.



29 pav. Elektromobilių bei hibridų skaičiaus, tenkančio 1 k gyventojų sklaida 2013-2017 m. laikotarpiu.

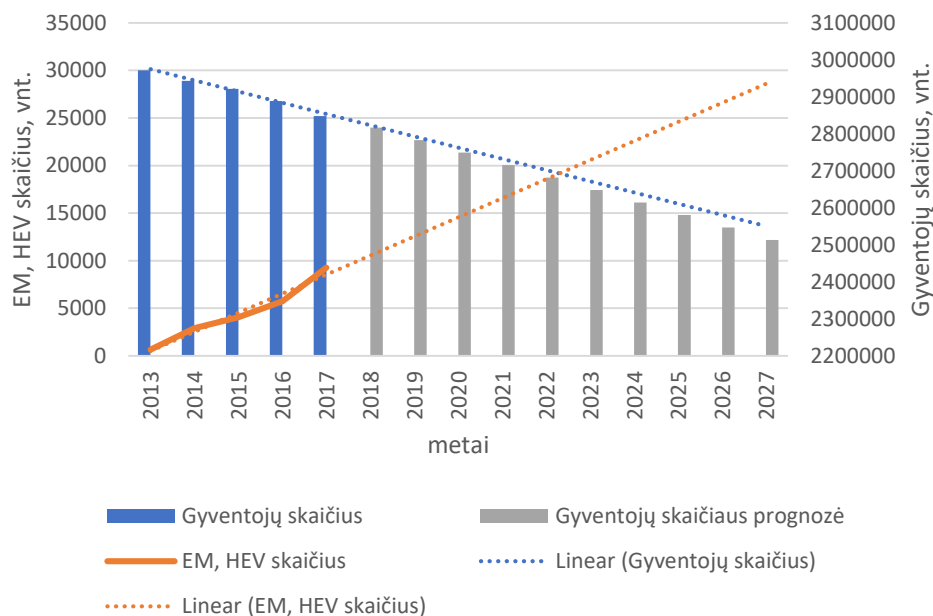
Kiekvienais tiriamo laikotarpio metais Lietuvoje M1 klasės lengvųjų elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių skaičius, tenkantis tūkstančiui gyventojų augo. Paskutiniiais (tiriamo laikotarpio) metais šis dydis išaugo 1,5 karto: nuo ~ 2 (EM+HEV)/1k gyventojų iki 3,26 (EM+HEV)/1k gyventojų.

5 lentelėje pateikiami EM bei HEV bei demografijos kitimo ataskaitiniai duomenys bei gauti koreliacijos koeficiento rezultatai. Koreliacijos koeficientas artimas -1, atvirkštinė koreliacija yra labai stipri. Tai labai aktualu elektromobilių rinkai, nes matoma tendencija, jog nepaisant didelių emigracijos mastų bei mažėjančio Lietuvos gyventojų skaičiaus, M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių skaičius sparčiai didėja.

5 lentelė. Lietuvoje užregistruotų EM bei HEV skaičiaus priklausomybės nuo Lietuvos gyventojų skaičiaus (2013-2017 m.) koreliacijos koeficiento skaičiavimo duomenys ir gautas rezultatas

Duomenys	r
$x_1 = 671; y_1 = 2971705;$ $x_2 = 2908; y_2 = 2943472;$ $x_3 = 4067; y_3 = 2921262;$ $x_4 = 5721; y_4 = 2888558;$ $x_5 = 9286; y_5 = 2847904.$	-0,99

30 paveiksle pavaizduoti M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių ir Lietuvos gyventojų skaičius (2013-2017 m.) faktiniai duomenys. Pateikta „Eurostat“ Lietuvos demografijos prognozės vizualizacija (2018-2027 m.).



30 pav. Lietuvos demografijos ir EM + HEV skaičiaus kitimo prognozė.

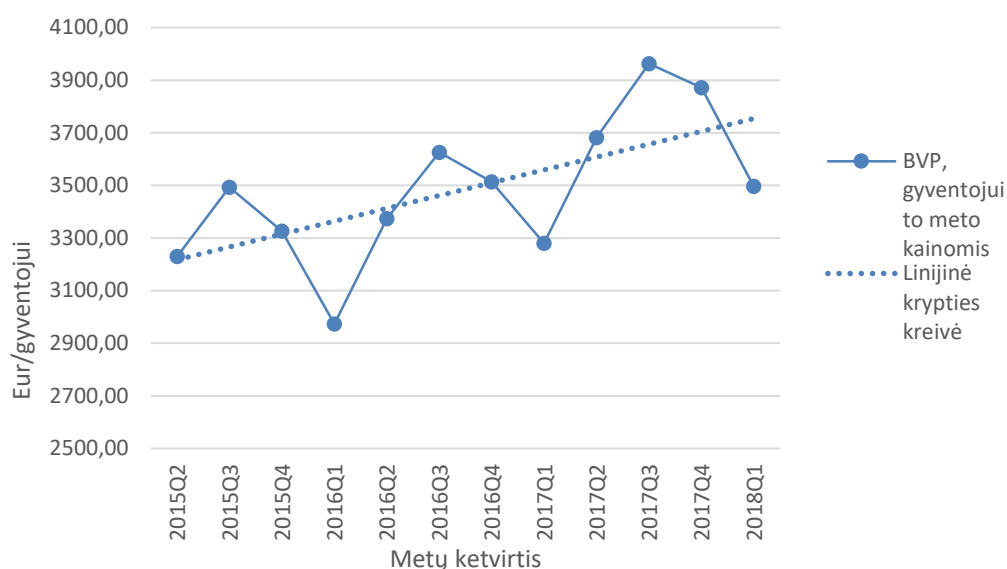
Nubrėžtos linijinės (tiesinės) krypties kreivės geriausiai atitinkančios Lietuvos faktinius statistinius duomenis parodo, jog nepaisant to, jog prognozuojamas Lietuvos gyventojų skaičiaus kritimas, elektromobilių rinka Lietuvoje neturėtų imti trauktis ir dešimties metų laikotarpiu išlaikoma pastovi augimo tendencija.

Europos Sąjungos darnaus vystymosi tikslai nukreipti į ekologijos ir aplinkosaugos suderinamumą su ekonomine plėtra. Darnus vystymasis yra ilgalaikė ES strategija, užtikrinanti švarią aplinką ir gerėjančią gyventojų gyvenimo kokybę dabartinei ir ateinančioms kartoms. Siekiama, kad ekonominis augimas spartintų socialinę pažangą ir gerintų aplinkos būklę, o socialinė politika skatintų ekonominį augimą. Ypatingas dėmesys ES skiriamas ekonomikos augimo atskirčiai nuo išteklių naudojimo ir poveikio aplinkai. Gamtos išteklių naudojimas ir aplinkos teršimas turi augti lėčiau nei ekonomika. Remiantis šia strategija pateikiama transporto sektoriaus – elektromobilių bei hibridų – plėtros priklausomybės nuo BVP augimo analizė.

Elektromobilių plėtra Lietuvoje yra susijusi su gerėjančia gyventojų gyvenimo kokybe (*angl. – Quality of Life - QoL*) bei didesne perkamąja galia. Gyvenimo kokybė tyrime susieta su bendroju vidaus produktu, nes kylant BVP, tenkančiam vienam gyventojui, dydžiui kyla žmonių gyvenimo lygis ir pasitenkinimas, didėja pagalba skurstantiems visuomenės sluoksniams.

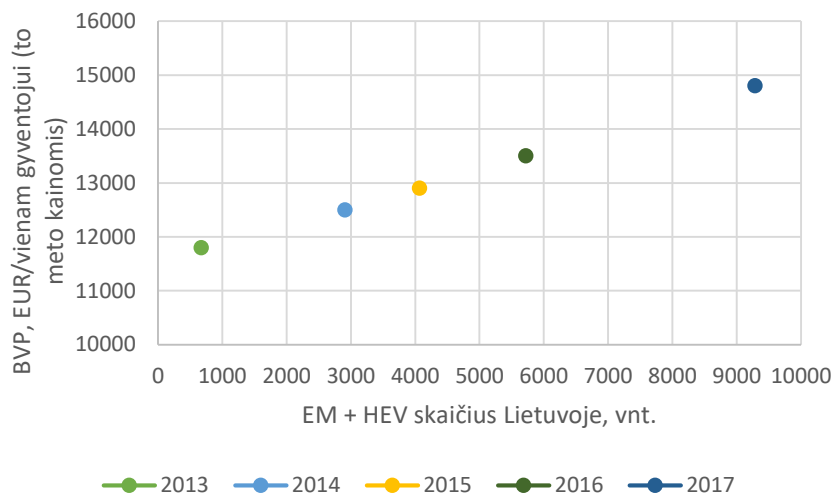
Bendrasis vidaus produktas (BVP) (*angl. – Gross Domestic Product – GDP*) yra makroekonomikos matavimo vienetas, rodantis šalies ekonomikos išsivystymo lygį. Bendrasis vidaus produktas yra apibrėžiamas kaip galutinė prekių ir paslaugų sukurtų šalyje rinkos vertė per tam tikrą laikotarpį. Tai vienas iš pagrindinių statistinių rodiklių, skirtų nacionalinės ekonomikos raidai apibūdinti ir plačiai naudojamas tarptautiniams palyginimams, ekonominei analizei [39].

31 paveiksle matoma Lietuvos statistikos departamento duomenų [28] vizualizacija: BVP, tenkančio vienam gyventojui to meto kainomis, augimo tendencija. Akivaizdus BVP sezoniškumas skirtingais metų ketvirčiais, tačiau linijinė krypties kreivė rodo bendrą BVP augimą.



31 pav. BVP, tenkančio gyventojui, kitimas 2015-2018 metų ketvirčiais [28].

Norint ištirti elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių skaičiaus kitimo priklausomybę nuo bendro vidaus produkto remiamasi naujausiais oficialiais „Eurostat“ duomenimis [31]. Ši 2013-2017 metų sklaidos vizualizacija pateikiama **32 paveiksle**.



32 pav. M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtros priklausomybė nuo BVP tenkančio vienam gyventojui kitimo [31].

6 lentelėje pateikiami M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių skaičiaus ir BVP (Eur/gyventojui) kitimo išeiniai skaičiavimo duomenys [25] bei gautas koreliacijos koeficiento rezultatas.

6 lentelė. Lietuvoje užregistruotų EM bei HEV skaičiaus priklausomybės nuo BVP, (EUR/gyventojui to meto kainomis) 2013-2017 m. [25] koreliacijos koeficiento skaičiavimo duomenys ir gautas rezultatas.

Duomenys	r
$x_1 = 671; y_1 = 11800;$ $x_2 = 2908; y_2 = 12500;$ $x_3 = 4067; y_3 = 12900;$ $x_4 = 5721; y_4 = 13500;$ $x_5 = 9286; y_5 = 14800.$	0,999

Gautas koreliacijos koeficientas rodo, jog dydžių sklaidos koreliacija yra labai stipri.

Nuo 2009 iki 2017 metų Lietuvos bendrasis vidaus produktas BVP nuolat augo, o tai parodo šalies ekonominę būklę, jos stabilumą bei konkurencingumą pasaulinėje ekonomikoje. Lietuvos banko ekonomikos raidos 2017-2019 m prognozėje ištirta, jog Lietuvos bendrasis vidaus produktas 2017 m., lyginant su 2016 m., padidėjo 3,9 %, tuo tarpu artimoje ateityje – 2018 metais prognozuojamas 3,2 %, o 2019 m. – 2,7 % BVP augimas [32]. Elektromobilių plėtrai šis reiškinys darys teigiamą poveikį. Nes didėjant BVP, gerėja gyvenimo kokybė, kyla žmonių gyvenimo lygis ir pasitenkinimas.

4.4 M1 klasės elektra varomų bei hibridinių įkraunamų transporto priemonių scenarijų sudarymas 10 metų laikotarpiui Lietuvoje

Remiantis prieš tai išnagrinėtais oficialiais Lietuvos statistiniais duomenimis apie užregistruotą EM faktinį skaičiaus kitimą laiko perspektyvoje, Lietuvos automobilių parko pasiskirstymą pagal degalų rūšies, amžiaus bei užregistruotų TP teritorinio išsidėstymo savivaldybėse kriterijus, ištirtomis elektromobilių plėtrą skatinančiomis lengvatomis bei įtaką darančiais veiksniais (infrastruktūros plėtra, demografijos kitimu, BVP rodiklio augimu) modeliuojami trys skirtingi M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtros scenarijai. Norint ištirti duomenų tendencijas ir prognozuoti 10-ies metų būsimas reikšmes randamos geriausiai oficialius VĮ „Regitra“ faktinius elektromobilių ir hibridinių lengvųjų automobilių 2013-2017 metų plėtros duomenis atitinkančios funkcijos, kurios geriausiai aproksimuoja turimus faktinius rezultatus, nubrėžiamos krypties linijos bei mažųjų kvadratų metodu apskaičiuojamas regresijos priklausomybės charakteristikos kiekvienai kreivei.

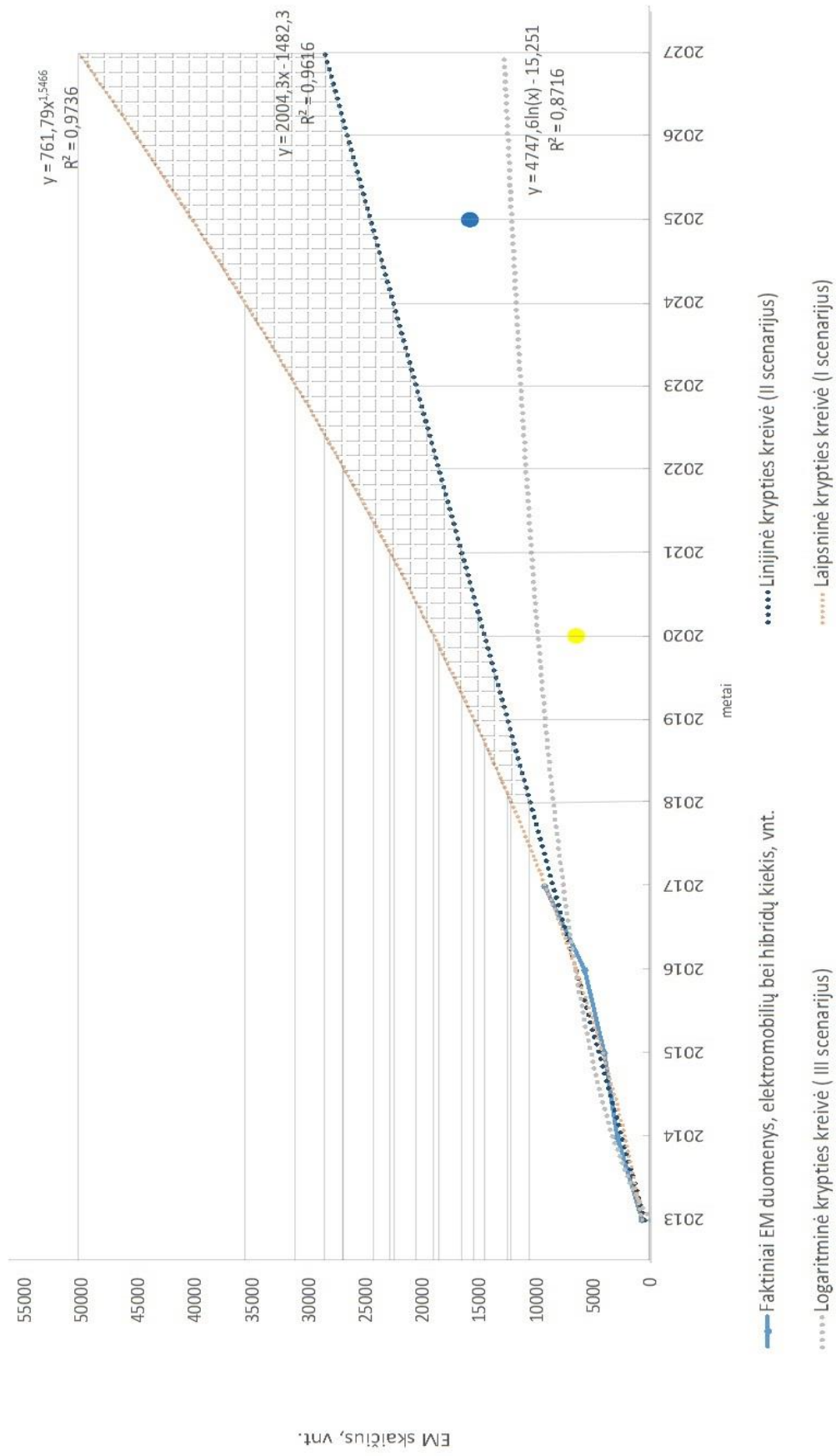
Pirmasis scenarijus analizuojamas pagal laipsninę krypties liniją. Tai yra kreivė, naudinga duomenų rinkiniams, kuriuose lyginami tam tikru tempu didėjantys duomenys. Antrasis scenarijus remiasi linijine krypties kreive, kuri naudojama tiesiai linijai, tinkamiausiai paprastiems linijinių duomenų rinkiniams, sukurti. Duomenys yra linijiniai, jei duomenų taškų struktūra su tam tikrais nedideliais nukrypimais primena liniją. Linijinė krypties linija rodo, kad kažkas nuosekliai didėja ar mažėja. Trečiasis scenarijus analizuojamas pagal logaritminę krypties liniją, kurią taikant gaunama išlinkusi linija, yra naudojama tais atvejais, kai duomenų kitimo tempas staiga didėja arba mažėja ir ilgai nusiustovi. Logaritminei krypties linijai gali būti naudojamos neigiamos ar teigiamos reikšmės. Šis scenarijus labiau tikėtinas didelį kiekį EM ir hibridinių įkraunamų M1 klasės lengvųjų automobilių užregistruojančioms šalims, kuomet rinka yra pripildyta ir tokių TP skaičius laiko periode išlieka pastovus. Šis scenarijus turėtų būti mažiausiai tikėtinas, kadangi Lietuvoje užregistruoti mažos ir nulinės emisijos automobiliai užima mažiau nei 2 % lengvųjų automobilių rinkos.

Lentelėje 7 pateikiamos regresijos lygčių formų gautos matematinės išraiškos ir rastas R^2 dydis.

7 Lentelė. 10 metų laikotarpio EM ir HEV plėtros scenarijų funkcijos bei gauti determinacijos koeficiento rezultatai.

Scenarijaus Nr.	Regresijos lygties forma	Gauta funkcija	Determinacijos koef., R ²
1	Laipsninė (rodiklinė)	$y = 761,79x^{1,5466}$	0,9736
2	Linijinė (tiesinė)	$y = 2004,3x + 1482,3$	0,9616
3	Logaritminė	$y = 4747,6 \ln x - 15,251$	0,8716

33 paveiksle pateikiami M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių trys labiausiai tikėtini plėtros scenarijai bei faktinių duomenų krypties kreivių funkcijos ir jų determinacijos koeficientų rezultatai.



33 pav. EM ir HEV 10-ies metų plėtros scenarijai.

Ateities scenarijų prognozė remiasi 2013-2017 m. dinaminės eilutės faktiniais duomenimis, lemiančiais tam tikrą bendrą proceso raidos tendenciją. Remiantis skirtingomis regresijos lygčių formomis, **33 paveiksle** pateikiamos 10 metų laikotarpio prognozės. Tendencijos kreivės parodo EM ir HEV transporto priemonių plėtros duomenų eilutę.

Pagal apskaičiuoto determinacijos koeficiento dydį, kuris lygus 0,8716, mažiausiai tikėtinas yra trečiasis scenarijus aprašytas rodikline regresinės lygties forma (pilkos spalvos kreivė). Šio scenarijaus krypties kreivė rodo, jog 2027 metais elektromobilių bei hibridinių lengvųjų transporto priemonių kiekis Lietuvoje turėtų išaugti iki 12841 vnt. Šis scenarijus remiasi M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtros sustojimu. 2013-2017 m. laikotarpiu vidutinis M1 klasės EM bei HEV skaičiaus vidutinis didėjimo tempas, apskaičiuotas pagal geometrinį vidurkį buvo 1,9. Remiantis šiuo scenarijumi, priimant, jog nuo 2017 m. iki 2027 m (dešimties metų laikotarpiu) EM ir HEV skaičius išaugtų tik 3555 vnt. Tai reiškia, jog šių transporto priemonių vidutinis didėjimo tempas tiriamuoju laikotarpiu nukristų dvigubai – iki 1. Tai mažai tikėtinas scenarijus, nes pagal išanalizuotą šią M1 klasės elektromobilių nei hibridų plėtrą Lietuvoje lemiančių veiksnių analizę, nėra priežasčių elektromobilių skaičiaus augimo sustojimui, rinka nėra perpildyta.

Antrojo scenarijaus determinacijos koeficientas lygus 0,9616, šis dydis yra artimas vienetui, todėl scenarijus yra labai tikėtinas. Antrojo scenarijaus tendencijos krypties kreivė yra linijinė. Ji rodo nuoseklų M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtrą Lietuvoje. Pagal faktinių duomenų vidutinio didėjimo tempą kiekvienais 2013-2017 metais matome mažėjančią tendenciją, tempas svyruoja: 4,33; 1,40; 1,41; 1,62 (vidurkis 1,9). Faktinius duomenis atitinkanti linijinė krypties linija pratęsia vidutinio didėjimo tempo tendenciją prognozuojamu laikotarpiu 2018-2027 m. Gauti rezultatai rodo, kad 2018 metų pabaigoje užregistruotų EM ir HEV skaičius turėtų siekti 12171 vnt. (vidutinis didėjimo tempas – 1,14). O paskutiniaisiais prognozuojamo laikotarpio metais – 2027 – EM ir HEV skaičius Lietuvoje šio scenarijaus atveju siektų 28 582 vnt. (vidutinis didėjimo tempas 2018-2027 m. – 1,12). Tai reikštų, jog prognozuojamu laikotarpiu elektromobilių skaičius padidėtų apie 20 000 vnt.

Pirmojo scenarijaus atveju determinacijos koeficientas, atitinkantis apskaičiuotą laipsninę faktinių duomenų funkciją, yra didžiausias – 0,9786. Tai reiškia, jog matematiškai, šis scenarijus 10 metų laikotarpiui yra labiausiai tikėtinas. Šio scenarijaus vidutinis EM bei HEV skaičiaus didėjimo tempas lygus 1,18. Per prognozuojamą 2018-2027 metų laikotarpį šių transporto skaičius turėtų išaugti iki 50 209 vnt., o 2018 m. pabaigoje Lietuvoje turėtų būti užregistruota 12 171 vnt. mažos ar nulinės emisijos automobilių.

Faktiniais VĮ „Regitra“ duomenimis iki 2018 metų gegužės 1 d. užregistruota 745 vnt. M1 klasės elektromobilių bei 9515 vnt. (suma 10 260 vnt. EM+HEV). Taigi, per pirmąjį 2018 metų trečdalį naujai užregistruota 974 vnt. mažos ar nulinės taršos automobilių. Iki antrojo scenarijaus 2018 metų pabaigos tikslo pasiekimo liko užregistruoti tik 284 vnt. tokių transporto priemonių. Išlikus pastoviam šių metų didėjimo tempui, per kitus aštuonis 2018 metų mėnesius turėtų būti užregistruota 1948 EM+HEV. Tokiu atveju 2018 metų pabaigoje Lietuvoje būtų užregistruota 12 208 M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonės. Šis skaičius yra labai artimas ir net didesnis nei optimistiškiausio trečiojo scenarijaus prognozuotas rezultatas (12171 vnt.).

Ūkio, Energetikos ir Susisiekimo ministerijų užsakymu 2012 m. rugsėjo 10 d. parengtoje Kompleksinėje elektromobilių transporto plėtros galimybių studijoje nurodoma, jog elektromobilių, varomų tik elektros energija, skaičius 2015 metais turėjo siekti apie 600, tačiau 2015 metų pradžioje Lietuvoje buvo tik 65 elektromobiliai, t. y. beveik 10 kartų mažiau, nei prognozuota. 2018 m sausio 1 d. VĮ „Regitra“ duomenimis tik 2018 m pradžioje pasiektas šis tikslas – užregistruotas 621 EM rodo, jog tik elektros energija varomų M1 klasės transporto priemonių plėtra Lietuvoje buvo lėtesnė nei tikėtasi.

Studijoje rekomenduojama siekti, kad 2025 m. Lietuvoje būtų apie 15–16 tūkst. (**33 paveiksle** pažymėta mėlynai), ir apie 6 tūkst. 2020 metais (pažymėta geltonai) iš elektros tinklo įkraunamų elektromobilių (EM+HEV). Tačiau 2016 m. pabaigoje buvo VĮ „Regitra“ duomenimis Lietuvoje jau buvo užregistruota 5721 vnt., o 2017 m. duomenimis – 9286 tokių TP. Taigi M1 klasės bendra elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių plėtra Lietuvoje vystėsi sparčiau nei tikėtasi. Šiame tyrime, išanalizavus naujausius oficialius mažos ir nulinės emisijos TP plėtros tendencijų duomenis, gauta prognozė 2020-iesiems metams yra ambicingesnė: 14 552 vnt. (2 scenarijus) ir 18 991 (3 scenarijus). Nors apskaičiavus determinacijos koeficientą gauta, jog 3 scenarijus yra tinkamesnis, tačiau neatmetama tikimybė, jog tyrimo objekto vertės 2018-2027 metų laikotarpiu taip ženkliai nekils ir pasiskirstys **32 paveiksle** pažymėtoje srityje tarp labiausiai tikėtinų 1 ir 2 scenarijų.

IŠVADOS

1. Išnagrinėjus Lietuvos įstatyminę bazę, pastebėta jog tik 2015 m. imtasi esminių elektromobilių plėtros priemonių reglamentavimo: parengtos LR susisiekimo ministro patvirtintos „Viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairės“, kuriose konkrečiai nurodoma šalia transeuropiniam transporto tinklui (TEN-T) priklausančių kelių ir valstybinės reikšmės kelių iki 2020 m įrengti ne mažiau 19 didelės galios įkrovimo stotelių, o iki 2022m – ne mažiau 28 vnt. savivaldybėse, miestų ir priemiesčių aglomeracijose, viešųjų elektromobilių įkrovimo prieigų skaičius iki 2020 m. turi būti ne mažiau 100 vnt.

2. Atlikta Lietuvos M1 klasės EM ir HEV TP plėtros statistinių duomenų analizė parodė, jog tiriamuoju laikotarpiu (2013-2018 m.) užregistruotų HEV vidutinis tempo didėjimas per metus svyruoja 1,34-3,20, o EV – 1,89-4,06.

Išanalizavus Lietuvos M1 klasės Lietuvos automobilių parką pastebėta, jog nulinės arba mažos emisijos transporto priemonių niša sudaro tik 0,72 % (HEV 0,67 % ir EM 0,05 %) dalį bendrame Lietuvos automobilių parko kontekste ir turi potencialą plėstis.

Atlikus Lietuvos automobilių parko analizę pagal amžiaus kriterijų išryškėjo, jog 2010-2016 metų laikotarpiu Lietuvoje užfiksuotas teigiamas naujų lengvųjų TP pokytis (2,8-25,4%). O pagal ACEA pateiktą naujausią 2017/2018 m. I ketvirčio statistiką, naujų TP pokytis šiais metais – 17,3 % didesnis. Naujų M1 klasės TP rinkos plėtimasis darys teigiamą įtaką EM bei HEV TP plėtrai Lietuvoje.

Atliktos 2017 m. EM bei HEV transporto priemonių pasiskirstymo pagal amžių analizės rezultatai rodo, jog 2017 metais Lietuvoje 4,8 karto daugiau užregistruota naudotų EM ir HEV. O M1 klasės EM ir HEV pasiskirstymo Lietuvos savivaldybėse analizės rezultatai rodo pasiskirstymo savivaldybėse problemą: Vilniaus miesto savivaldybėje 311 EM (50 %), Kauno miesto savivaldybė – užregistruotas 81 EM (13 %) esama daug savivaldybių, kuriose iki 2018 m sausio mėnesio EM neužregistruota. Reikia skatinti tolygų šių TP pasiskirstymą Lietuvoje.

3. Tradicinių automobilių, HEV bei EM veikimo ypatumų analizė parodė, jog elektromobiliuose techniniai, ekonominiai, ekologiniai rodikliai lyginant su įprastomis transporto priemonėmis yra geresni, energijos panaudojimas yra didesnis, todėl keičiant TP su vidaus degimo varikliais būtų sutaupoma pirminė energija. EM akumuliatoriaus baterijos efektyvumo analizė rodo, jog pigesnių naudotų elektromobilių rinka susiduria su akumuliatorių baterijų degradacijos problema (po 5 metų naudingumas krenta ~ 20 %), tačiau artimoje ateityje galima tikėtis gamintojų technologinio šuolio, todėl šie elektromobiliai taps patrauklesni.

4. Atlikus M1 klasės EM bei HEV TP plėtros 2013-2017 m. pasirinktose šalyse analizę išryškėjo, jog Norvegija, kurioje 2017 metų pabaigoje 1 tūkstančiui gyventojų teko 26,43 M1 klasės elektromobiliai (EM+HEV) yra šių TP plėtros lyderė, antroje vietoje – Švedija (11,48 EV/1k gyventojų) ir Olandija (7 EV/1k gyventojų) bei Lietuva (3,26/1k gyventojų). Norvegijos ir Lietuvos elektromobilių skatinimo politikos palyginamoji analizė išryškino lengvatų stoką Lietuvoje. Didžiausią paskatą EM pirkimui Lietuvoje darytų TP įsigijimo lengvatos, nes šiuo metu nėra dalinių pirkimo kainos kompensacijų, PVM mokesčių lengvatų perkantiems EM ar HEV ar įsirengiantiems jų įkrovimo stoteles savarankiškai. Tačiau Lietuvoje galima tikėtis naujų mokesčių iškastiniu kuru varomiems automobiliams. Todėl EM ir HEV TP plėtra kaip ir iki šiol turėtų didėti dėl tokių veiksnių kaip infrastruktūros plėtra, EM ar HEV kainos kritimas, žmonių sąmoningumas, tačiau ne dėl jų skatinimo politikos.

5. Lietuvos M1 klasės EM skaičiaus kitimo savivaldybėse priklausomybės nuo įkrovimo prieigų infrastruktūros bei Norvegijos M1 klasės EM ir HEV TP priklausomybės nuo įkrovimo infrastruktūros tyrimų koreliacijos koeficiento rezultatai atitinkamai 0,94 ir 0,98. Todėl norint skatinti EM skaičiaus augimą, viena iš pagrindinių priemonių turi būti viešųjų įkrovimo prieigų didmiesčiuose, kuriuose infrastruktūra nėra pakankama, bei mažesniuose miestuose ir miesteliuose, kur užregistruoti vos keli EM, kūrmas.

Lietuvoje užregistruotų EM bei HEV skaičiaus priklausomybės nuo Lietuvos demografijos (2013-2017 m.) tyrimo koreliacijos koeficiento rezultatas $|-0,99|$. Labai stipri atvirkštinė koreliacija, rodo, jog nepaisant faktinės mažėjančios Lietuvos demografijos, M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių skaičius didės.

Ištyrus EM bei HEV TP skaičiaus kitimo Lietuvoje priklausomybę nuo BVP gautas koreliacijos koeficientas lygus 0,99. 2018 metais prognozuojamas 3,2 %, o 2019 m. – 2,7 % BVP augimas darys teigiamą įtaką EM ir HEV plėtrai Lietuvoje.

6. Iš suprognozuotų trijų M1 klasės elektromobilių bei hibridinių transporto priemonių 10 metų laikotarpiui scenarijų, matematiškai labiausiai tikėtinas yra pirmasis. Determinacijos koeficiento reikšmė lygi 0,96. Šio scenarijaus bendras vidutinis EM bei HEV skaičiaus didėjimo tempas lygus 1,18. Per prognozuojamą 2018-2027 metų laikotarpį šių transporto skaičius turėtų išaugti iki 50 209 vnt., o 2018 m. pabaigoje Lietuvoje turėtų būti užregistruota 12 171 vnt. (EM+HEV). Neatmetama tikimybė, jog tyrimo objekto vertės 2018-2027 m. laikotarpiu nekis taip ženkliai, todėl tyrimo objekto reikšmės pasiskirstys tarp dviejų labiausiai tikėtinų 1 ir 2 scenarijų.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Transporto priemonių parko duomenys pagal degalų rūšį (2018 m. sausio 1 d. duomenys)[interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2018 m sausio 20d.]. Prieiga per internetą: <https://www.regitra.lt/lt/paslaugos-ir-veikla/duomenu-teikimas/statistika/transporto-priemones-2?fileyear=2017&filesquery=>
2. KTPR įregistruotų ir turinčių galiojančią privalomąją techninę apžiūrą transporto priemonių skaičius (pagal degalus, galios šaltinį)[interaktyvus]]. 2016 [žiūrėta 2018 m sausio 20d.]. Prieiga per internetą: <https://www.regitra.lt/lt/paslaugos-ir-veikla/duomenu-teikimas/statistika/transporto-priemones-2?fileyear=2016&filesquery=>
3. 2013 m. Lietuvoje pirmą kartą įregistruotos transporto priemonės pagal degalų tipą [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2018 m sausio 20d.]. Prieiga per internetą: <https://www.regitra.lt/lt/paslaugos-ir-veikla/duomenu-teikimas/statistika/transporto-priemones-2?fileyear=2013&filesquery=>
4. Kelių transporto priemonių registre įregistruotų transporto priemonių, kurioms atlikta privalomoji techninė apžiūra, skaičius pagal degalų tipą. 2014 m. sausio 1 d. duomenys [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2018 m sausio 20d.]. Prieiga per internetą: <https://www.regitra.lt/lt/paslaugos-ir-veikla/duomenu-teikimas/statistika/transporto-priemones-2?fileyear=2014&filesquery=>
5. Kelių transporto priemonių registre įregistruotų transporto priemonių, kurioms atlikta privalomoji techninė apžiūra, skaičius pagal degalų tipą. 2015 m. sausio 1 d. duomenys [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2018 m sausio 20d.]. Prieiga per internetą: <https://www.regitra.lt/lt/paslaugos-ir-veikla/duomenu-teikimas/statistika/transporto-priemones-2?fileyear=2015&filesquery=>
6. KTPR įregistruotų ir turinčių galiojančią privalomąją techninę apžiūrą transporto priemonių skaičius (pagal degalus, galios šaltinį) [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2018 m sausio 20d.]. Prieiga per internetą: <https://www.regitra.lt/lt/paslaugos-ir-veikla/duomenu-teikimas/statistika/transporto-priemones-2?fileyear=2016&filesquery=>
7. ADOMAVIČIUS, Vytautas. Elektromobiliai ir jų plėtros perspektyvos. [interaktyvus]. 2011 [žiūrėta 2018 m sausio 21d.]. Prieiga per internetą: <http://gjstudija.net/ltma/ltma-darbai/LTMAMD-7-VA-Elektromob.pdf>
8. Elektromobilių skaičius Lietuvoje [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. sausio 21d.]. Prieiga per internetą: <https://sumin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/kita-veikla/pletra-ir-inovacijos/elektromobiliu-skaicius-lietuvoje>
9. PlugShare's database[interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. gegužės 1d.] Prieiga per internetą: <https://www.plugshare.com/>
10. CHAN, C.C., Wong, Y.S., 2004. Electric vehicles charging forward. IEEE Power and Energy Magazine, 24-33 (November/December)
11. Bendra informacija apie elektromobilius, [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. sausio 21d.]. Prieiga per internetą: <https://sumin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/bendra-informacija-apie-elektromobilius>
12. Įregistruotų transporto priemonių skaičius pagal degalų rūšį ir savivaldybes (2018 m. gegužės 1 d. duomenys) [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m sausio 26d.]. Prieiga per

interneta: <https://www.regitra.lt/lt/paslaugos-ir-veikla/duomenu-teikimas/statistika/transporto-priemones-2?datayear=2017&dataquery=>

13. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2013 m. gruodžio 18 d. nutarimas Nr. 1253 „Dėl nacionalinės susisiekimo plėtros 2014–2022 metų programos patvirtinimo“ [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2018 m sausio 26d.]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/501ff610723211e3bd0ecaffd80c672a1FvjZKTTra>

14. Kompleksinė elektromobilių transporto plėtros galimybių studija. Galutinės ataskaitos projektas, Lietuvos Respublikos ūkio ministerija, Lietuvos Respublikos energetikos ministerija, Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija, 2012 m. [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta 2018 m sausio 20d.]. Prieiga per internetą: <https://sumin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/kita-veikla/pletra-ir-inovacijos/kompleksine-elektromobiliu-transporto-pletros-galimybiu-studija>

15. Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro įsakymas „Dėl viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairių patvirtinimo“, 2015m (Suvestinė redakcija nuo 2017-03-21)[interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2018 m sausio 10d.]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/8a12de40f3b511e4927fda1d051299fb/DEJfpUPUKL>

16. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2014/94/ES. 2014 m. spalio 22 d. „Dėl alternatyviųjų degalų infrastruktūros diegimo“ [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2018 m sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014L0094&from=LT>

17. PRESSMAN, Matt. Electric Car Incentives In Norway, UK, France, Germany, Netherlands, & Belgium. [interaktyvus]. 2017 m. rugsėjo 2d. [žiūrėta 2018 m kovo 3d.]. Prieiga per internetą: <https://cleantechnica.com/2017/09/02/electric-car-incentives-norway-uk-france-germany-netherlands-belgium/>

18. Registered vehicles, by type of fuel, contents and year [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. balandžio 3d.] Prieiga per internetą: https://www.ssb.no/en/statbank/table/07849/tableViewLayout1/?rxid=ed72c622-e1d5-4a6d-aa60-3f1554e65632https://www.google.lt/?gws_rd=ssl

19. Personbilar i trafik efter drivmedel, årsviis 2008–2017. Vehicle 2017 database [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2018 m. balandžio 4 d.] Prieiga per internetą: <https://www.trafa.se/en/road-traffic/vehicle-statistics/>

20. Monthly electric and hybrid light vehicle registrations [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. balandžio 3d.] Prieiga per internetą: <https://www.transport.govt.nz/research/newzealandvehiclefleetstatistics/monthly-electric-and-hybrid-light-vehicle-registrations/>

21. Evolution des immatriculations de voitures neuves par carburant [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. balandžio 3d.] Prieiga per internetą: <http://www.febiac.be/public/statistics.aspx?FID=23&lang=FR>

22. Norwegian EV policy. [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m kovo 5d.] Prieiga per internetą: <https://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/>

23. Lengvatos elektromobiliams Lietuvoje ir svetur [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2018 m balandžio 5d.] Prieiga per internetą: <http://www.100procentuelektrinis.lt/lengvatos-elektromobiliams/lengvatos-elektromobiliams-lietuvoje/>

24. Number of publicly accessible charging positions [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. balandžio 19 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.eafo.eu/content/norway>
25. Population (Demography, Migration and Projections) [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. balandžio 21 d.]. Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/statistics-illustrated>
26. Mokesčių lengvatos elektromobiliams [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. vasario 25 d.]. Prieiga per internetą: <http://kauno.diena.lt/naujienos/verslas/ratai/mokesciu-lengvatos-elektromobiliams-vel-traukiamos-stalciu-851970>
27. Iš viso įregistruotų M1 klasės lengvųjų automobilių skaičius pagal degalų rūšį (iki 2018 m. gegužės 1 d.) [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.regitra.lt/lt/atviri-duomenys/>
28. Lietuvos statistikos departamentas: BVP, praėjusių metų kainomis [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. gegužės 10 d.]. Prieiga per internetą: [https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S7R211#/#/](https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S7R211#/)
29. Lietuvos Respublikos kelių transporto priemonių registre tvarkomų duomenų statistika [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2018 m. kovo 15 d.]. Prieiga per internetą: http://www.regitra.lt/uploads/documents/files/Vie%C5%A1i%20pristatymai/D_Jurgutis_REGITRA_LAA_2017_01_19.pdf
30. ACEA: New Passenger Car Registrations European Union [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. gegužės 1 d.]. Prieiga per internetą: http://www.acea.be/uploads/press_releases_files/20180418_PRPC_1803_FINAL.PDF
31. Eurostat: Gross domestic product at market prices. Lithuania [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. gegužės 10 d.]. Prieiga per internetą: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nama_10_pc&lang=en
32. Lietuvos bankas: Numatoma Lietuvos ekonomikos raida 2017–2019 m. [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. gegužės 10 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.lb.lt/lt/naujausios-ekonomikos-prognozes#ex-1-1>
33. Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija: Elektromobilių infrastruktūros plėtra [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. balandžio 26 d.]. Prieiga per internetą: <https://sumin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/kita-veikla/pletra-ir-inovacijos/elektromobiliu-infrastrukturos-pletra>
34. Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro įsakymas „Dėl viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairių patvirtinimo“ [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2018 m. kovo 16 d.]. Prieiga per internetą: [https://sumin.lrv.lt/uploads/sumin/documents/files/AR_2017-03-21\(1\).pdf](https://sumin.lrv.lt/uploads/sumin/documents/files/AR_2017-03-21(1).pdf)
35. Myall, D.; Ivanov, D.; Larason, W.; Nixon, M.; Moller, H. Accelerated Reported Battery Capacity Loss in 30 kWh Variants of the Nissan Leaf. *Preprints* 2018, 2018030122 (doi: 10.20944/preprints201803.0122.v1)

36. Tesla batteries will live longer than expected, survey finds [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. gegužės 1 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.engadget.com/2018/04/16/tesla-battery-packs-live-longer/>
37. Komisijos komunikatas Europos Parlamentui, Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui „Transportui – švari energija. Europinė alternatyviųjų degalų strategija“ [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2018 m. balandžio 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2013/LT/1-2013-17-LT-F1-1.Pdf>
38. BILEVIČIENĖ, Tatjana, Steponas JONUŠAUSKAS. Statistinių metodų taikymas rinkos tyrimuose, Vilnius, 2011. ISBN 978-9955-19-242-8.
39. KONSTANTINAVIČIŪTĖ, Inga, Vaclovas MIŠKINIS ir Algimantas NAVICKAS. Energijos poreikių kaita ir jų prognozavimo metodai. 2010. ISBN 978-9955-25-835-3
40. A European Strategy for low-emission mobility [interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. balandžio 13 d.]. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport_en
41. Proposal for a Regulation of the EP and of the Council setting emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles as part of the Union's integrated approach to reduce CO2 emissions from light-duty vehicles and amending Regulation (EC) No 715/2007 08/11/2017 - COM/2017/676 [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2018 m. balandžio 15 d.]. Prieiga per internetą: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52017PC0676R\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52017PC0676R(01))
42. Directive 1999/94/EC of the European Parliament and of the Council of 13 December 1999 relating to the availability of consumer information on fuel economy and CO2 emissions in respect of the marketing of new passenger cars [interaktyvus]. 2008 [žiūrėta 2018 m. balandžio 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1999/94/2008-12-11>
43. Lietuvos lengvųjų automobilių parko struktūra [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2018 m. kovo 11 d.]. Prieiga per internetą: https://www.regitra.lt/uploads/documents/files/Vie%20a%20pristatymai/Data%20Center_Automobili%20parko%20struktura%202017_01_01.pdf
44. Eurostat: Road traffic on national and foreign territory by type and age of vehicle [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2018 m. sausio 25 d.]. Prieiga per internetą: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>