



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

Eva Grigorjeva

**ELEKTROMOBILIŲ TINKLO PLĖTROS MODELIAVIMAS  
GEOGRAFINĖMIS INFORMACINĖMIS SISTEMOMIS  
MODELING OF ELECTRIC CARS NETWORK DEVELOPMENT BY  
USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS**

Baigiamasis magistro darbas

Geodezija ir kartografija studijų programa, valstybinis kodas 6211EX036

Geografinės informacinės sistemos specializacija

Matavimų inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2019

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Vilniaus Gedimino technikos universitetas<br><br><b>Aplinkos inžinerijos</b> fakultetas<br><br><b>Geodezijos ir kadastro</b> katedra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ISBN                      ISSN<br><br>Egz. sk. ....<br><br>Data ....-....-.... |
| <b>Geodezijos ir kartografijos</b> studijų programos baigiamasis magistro darbas<br><br>Pavadinimas <b>Elektromobilių tinklo plėtros modeliavimas geografinėmis informacinėmis sistemomis</b><br><br>Autorius <b>Eva Grigorjeva</b> Vadovas prof. <b>Jūratė Sužiedelytė-Visockienė</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                |
| Kalba<br><br>Lietuvių                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                |
| <p>Anotacija</p> <p>Baigiamajame magistro darbe nagrinėjamos elektromobilių plėtros galimybės Vilniaus mieste. Transporto sektorius yra tiesiogiai susijęs su CO2 emisijomis, tuo pačiu ir su klimato kaitos padariniais. Vienas iš būdų, kaip valdyti neigiamą transporto poveikį aplinkai, yra švarios transporto technologijos, tokios kaip elektromobilis, integravimas į kasdienį žmonių gyvenimą. Tam, kad tai taptų patraukli alternatyva vartotojams, naudojantiems automobilius su vidaus degimo varikliais, tai turi būti patogiai naudojama. Vartotojas, įsigijęs tvarią transporto priemonę, turi būti garantuotas, kad baterijos įkrovimas bus pasiekiamas mieste. Darbe, naudojantis geografinėmis informacinėmis sistemomis, sumodeliuotos elektromobilių įkrovimo stotelių vietos, įvertinant esamų įmonių Vilniaus mieste išsidėstymą.</p> <p>Darbą sudaro šios pagrindinės dalys: įvadas, analitinė-metodinė dalis, tiriamoji dalis, išvados ir siūlymai, literatūros sąrašas.</p> <p>Darbo apimtis – 51 p. teksto be priedų, 15 iliustr., 5 lent., 51 bibliografiniai šaltiniai.</p> |                                                                                |
| <b>Prasminiai žodžiai:</b> elektromobilis, įkrovimo stotelė, GIS.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Vilnius Gediminas Technical University<br>Faculty of <b>Environmental Engineering</b><br>Department of <b>Geodesy and Cadastre</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ISBN            ISSN<br>Copies No. ....<br>Date ....-....-.... |
| Master Degree Studies <b>Geodesy and cartography</b> study programme Final work<br>Title Modeling of Electrical Cars Network Development by Using Geographical Information Systems<br>Author <b>Eva Grigorjeva</b> Academic Supervisor prof. <b>Jūratė Sužiedelytė-Visockienė</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Thesis language:<br>Lithuanian                                 |
| <p>Annotation</p> <p>The development possibilities of electric vehicles explain in this master work. The study area is in Vilnius city. The transport sector is directly linked to CO2 emissions and have the influence to the change of climate. One way to manage the negative impact of transport on the environment is to integrate clean transport technology as an electric vehicle into the daily lives of people. In order to make it an attractive alternative to car user with internal combustion engines, it must be easy to use. The consumer should be guaranteed that charging the battery will be available in the city after the purchase of a sustainable vehicle. Geographic information systems (GIS) helps to model the locations of charging stations for electric vehicles by estimating the location of existing companies in Vilnius.</p> <p>The master's thesis consists of the following main structural parts: introduction, analytical and methodological part, research part, conclusions and suggestions, references.</p> <p>The volume of work: 51 pages without annexes, 15 figures, 5 tables, 51 literature Sources.</p> |                                                                |
| <b>Keywords:</b> electric car, charging station, GIS.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                |

# TURINYS

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Sąvokos .....                                                                                                                | 10 |
| Įvadas .....                                                                                                                 | 11 |
| 1. BENDROS ŽINIOS APIE ELEKTROMOBILIUS.....                                                                                  | 13 |
| 1.1. Literatūros apžvalga .....                                                                                              | 13 |
| 1.2. Elektromobilių istorija.....                                                                                            | 17 |
| 1.3. Elektromobilių tipai.....                                                                                               | 19 |
| 1.5. Elektromobilių plėtros tendencijos .....                                                                                | 22 |
| 1.6. Elektromobilių infrastruktūros plėtros apžvalga užsienio šalyse .....                                                   | 23 |
| 1.7. Mokslinėje literatūroje minimi elektromobilių viešosios infrastruktūros plėtrą ribojantys ir skatinantys veiksniai..... | 25 |
| 2. ELEKTROMOBILIŲ ĮKROVIMO TINKLO PLĖTROS TYRIMO METODOLOGIJA .....                                                          | 27 |
| 2.1. Elektromobilių Lietuvoje bei Vilniaus mieste statistiniai duomenys ir perspektyvos .....                                | 27 |
| 2.2. Elektromobilių įkrovimo stotelių Lietuvoje bei Vilniaus mieste statistiniai duomenys ir perspektyvos .....              | 29 |
| 2.3 Elektromobilių įkrovimo stotelių tinklo išdėstymas, taikant GIS technologijas .....                                      | 32 |
| 3. ELEKTROMOBILIŲ ĮKROVIMO STOTELIŲ TINKLO PLĖTROS MODELIAVIMAS<br>VILNIAUS MIESTE, TYRIMO REZULTATAS IR ANALIZĖ.....        | 36 |
| 3.1. Elektromobilių įkrovimo stotelių modeliavimas <i>ArcGIS Pro</i> programoje.....                                         | 36 |
| 3.2. Tyrimo rezultato analizė ir išvados .....                                                                               | 40 |
| 3.3. Papildomi įrankiai efektyviam infrastruktūros naudojimui.....                                                           | 41 |
| IŠVADOS.....                                                                                                                 | 44 |
| LITERATŪROS SĄRAŠAS.....                                                                                                     | 46 |
| PRIEDAI .....                                                                                                                | 52 |

## **Paveikslų sąrašas**

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1 pav. Inicijatyvos Lietuvoje nuo 2006 m. (UKMIN, ENMIN ir SUMIN, 2012) .....                                    | 19 |
| 1.2 pav. Elektromobilių tipų apžvalga (UKMIN, ENMIN ir SUMIN, 2012).....                                           | 20 |
| 2.1 pav. Elektromobilių ir hibridų skaičius Lietuvoje (Lietuvos Respublikos..., 2019) .....                        | 28 |
| 2.2 pav. Elektromobilių skaičiaus augimas 2018 m. sausio-gruodžio mėn. (vnt.) (Lietuvos Respublikos..., 2019)..... | 28 |
| 2.3 pav. Elektromobilių įkrovimo stotelės Lietuvos valstybiniuose keliuose (Eismoinfo, 2019) .....                 | 29 |
| 2.4 pav. Įmonės, vykdančios veiklą Vilniaus mieste (parengta autorės, 2019) .....                                  | 33 |
| 3.1 pav. Aukšto tinkamumo tinklas (parengta autorės, 2019) .....                                                   | 36 |
| 3.2 pav. Elektromobilių įkrovimo stotelių tinklas (parengta autorės, 2019).....                                    | 37 |
| 3.3 pav. Vidutinio tinkamumo tinklas (parengta autorės, 2019).....                                                 | 38 |
| 3.4 pav. Mažo tinkamumo tinklas (parengta autorės, 2019).....                                                      | 38 |
| 3.5 pav. Tinkamiausios įkrovimo stotelių lokacijos Vilniaus mieste (parengta autorės, 2019)....                    | 39 |
| 3.6 pav. Planuojamų ir modeliujamų vietų įkrovimo stotelėms palyginimas (parengta autorės, 2019).....              | 40 |
| 3.7 pav. Aplikacija „Įkrovimo stotelių žemėlapis“ (parengta autorės, 2019) .....                                   | 41 |
| 3.8 pav. Apklausos brūkšninis kodas (parengta autorės, 2019) .....                                                 | 42 |
| 3.9 pav. Apklausa „Let Us Know“ (parengta autorės, 2019).....                                                      | 43 |

## **Lentelių sąrašas**

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1 lentelė. Skatinantys ir ribojantys veiksniai (sudaryta autorės, 2018) .....            | 25 |
| 1.1 lentelės tęsinys. Skatinantys ir ribojantys veiksniai (sudaryta autorės, 2018) .....   | 26 |
| 2.1 lentelė. Viešos elektromobilių įkrovimo vietos (sudaryta autorės, 2018).....           | 30 |
| 2.1 lentelės tęsinys. Viešos elektromobilių įkrovimo vietos (sudaryta autorės, 2018) ..... | 31 |
| 2.2 lentelė. Viešos elektromobilių įkrovimo vietos (sudaryta autorės, 2018).....           | 32 |
| 2.3 lentelė. Elementų sluoksniai (sudaryta autorės, 2019) .....                            | 34 |
| 2.4 lentelė. Tinkamumo balai (sudaryta autorės, 2019) .....                                | 35 |

## Sąvokos

**Elektromobilis** – motorinė transporto priemonė, kurioje sumontuota jėgos pavarą, turinti bent vieną ne išorinį elektros energijos keitiklį su elektrine įkraunamąja energijos kaupimo sistema, kurią galima įkrauti iš išorės.

**Elektromobilių įkrovimo prieiga** – elektromobilių įkrovimo sąsaja, per kurią galima vienu metu įkrauti vieną elektromobilį, arba įrenginys, kuriuo vienu metu galima sukeisti vieno elektromobilio akumuliatorių.

**Viešojo elektromobilių įkrovimo prieiga** – viešai prieinama elektromobilių įkrovimo prieiga, kuria naudotojai gali naudotis vienodomis sąlygomis. Siekiant sudaryti galimybę naudotis prieigomis vienodomis sąlygomis gali būti taikomos tapatumo nustatymo, naudojimosi ir mokėjimo sąlygos.

**Elektromobilių įprastos galios įkrovimo prieiga** – elektromobilių įkrovimo prieiga, kurios elektrinė galia, perduodama elektromobiliui, yra ne didesnė kaip 22 kW, išskyrus ne didesnės kaip 3,7 kW elektrinės galios įtaisyti, kurie įrengti privačiuose namų ūkiuose arba kurių pirminė paskirtis nėra elektromobilių įkrovimas ir kurie nėra viešai prieinami.

**Elektromobilių didelės galios įkrovimo prieiga** – elektromobilių įkrovimo prieiga, kurios elektrinė galia, perduodama elektromobiliui, yra didesnė kaip 22 kW.

**Geografinės informacinės sistema (GIS)** – kompiuterinė sistema, kuri yra skirta kurti erdvinius (geo)duomenis, tvarkyti, tyrinėti ir analizuoti juos bei dalintis rezultatais – kurti interaktyvų žemėlapių, taikomąją programėlę.

**ArcGIS Pro** – naujausia profesionali darbalaukio GIS programinė įranga iš Esri. Su *ArcGIS Pro* galima peržiūrėti, iširti, analizuoti, redaguoti ir bendrinti žemėlapius ir duomenis. *ArcGIS Pro* projekte gali būti daug žemėlapių ir išdėstymų, taip pat lentelių, diagramų ir kitų elementų

**ArcGIS Online** – debesų technologija paremta erdvinių duomenų valdymo sistema, skirta žemėlapių, aplikacijų ir kitos geografinės informacijos kūrimui bei saugojimui.

## Ivadas

Per pastaruosius 100 metų nafta tapo dominuojančiu energijos šaltiniu transporto pramonėje. Tikimasi, kad ateinančiais metais naftos paklausa augs, bet tuo pačių palaipsniui taps neįperkama prekė. Augantis kuro poreikis sukuria galimybę kurti ekonomišką, aplinką tausojančią ir patikimą energijos šaltinį transporto pramonei.

Šiuo metu vyraujantys alternatyvūs energijos šaltiniai transportui yra tokie, kaip saulė, vėjas, vandenilio kuro elementai ir elektra. Pastarasis ypač sulaukia daug dėmesio, nes yra norima didinti elektros naudojimą transporto pramonėje. Numanoma, kad toks alternatyvus kuras bus geriausias sprendimas dėl artėjančios iškastinio kuro krizės.

Šiuo metu didelis dėmesys yra skiriamas ne tik patiems elektromobiliams, bet ir įkrovimo stotims. Jos daugiausiai sukelia nerimo ir klausimų būsimiems vartotojams. Ateities vizijoje yra manoma, kad vartotojai naudos elektra varomas mašinas ne tik miestuose, bet ir už jų ribų. Norint pasiekti tokį rezultatą reikia sukurti efektyvų elektromobilių įkrovimo stotelių tinklą.

Įkrovimo stotelės turi būti išdėstytos taip, kad būtų pasiekiamos įvairių markių bei galingumo elektromobiliams. Jų išsidėstymas turi būti sumodeliuotas taip, kad būtų apskaičiuoti realūs atstumai bei galimi kamščių laikai.

Modeliuojant efektyvų elektromobilių įkrovimo stotelių tinklą, bus sukurtas GIS (geografinės informacinės sistemos) pagrįstas įkrovimo įrenginių vietos modelis Vilniuje, siekiant nustatyti naudingumo balą pagal įvairias kiekvienos potencialios vietovės sąlygas. Vietos, kurios gaus didžiausią naudingumo balą gali būti rekomenduojamos kaip idealiausios vietos elektromobilio įkrovimo stotelei realizuoti.

**Darbo aktualumas** – Europos Komisijos dokumente „Baltoji knyga“ yra nustatyti tikslai, kuriais siekiama sukurti efektyvių išteklių naudojimu grindžiamą transporto sistemą: iki 2030 m. dvigubai sumažinti įprastiniu kuru varomų automobilių naudojimą miestuose; iki 2050 m. pasiekti, kad miestuose jų nebeliktų; iki 2050 m. ŠESD (šiltnamio efektą skatinančios dujos) kiekį, būtina sumažinti bent 60 %; mažinti priklausomybę nuo naftos; skatinti tvarų judumą bei švaresnės energijos naudojimą pasitelkus naujus degalus ir varymo sistemas. Todėl atsižvelgiant į šias aktualijas, magistro darbe pasirinktas tikslas yra elektromobilių įkrovimo tinklo plėtros modeliavimas geografinėmis informacinėmis sistemomis (GIS).

**Tiriamasis objektas** – Vilniaus miesto elektromobilių įkrovimo stotelių tinklas.

**Darbo tikslas** – sumodeliuoti elektromobilių įkrovimo stotelių tinklą Vilniaus mieste, naudojant geografinės informacinės sistemas.

**Darbo uždaviniai:**

1. Atlikti mokslinės literatūros apžvalgos analizę;
2. Išnagrinėti Vilniaus mieste esamą elektromobilių įkrovimo tinklą;
3. Sukurti elektromobilių įkrovimo tinklo modelį remiantis geografinėmis informacinėmis technologijomis;
4. Apibendrinti gautus rezultatus.

**Mokslinis naujumas** – Vilniaus miestui pasiūlytas elektromobilių įkrovimo stotelių modelis.

**Tyrimų metodai** – statistiniai skaičiavimai, *ArcGIS Pro* programinė įranga, *Esri ArcGIS Online* platforma pagrįsta žemėlapių sudarymo ir analizės metodika.

**Darbo rezultatų aprobavimas** – darbo rezultatai pristatyti 22-ojoje Jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas Lietuvos ateitis“ Civilinės inžinerijos ir geodezijos sekcijoje.

# 1. BENDROS ŽINIOS APIE ELEKTROMOBILIUS

Yra prognozuojama, kad iki 2040-ųjų daugiau nei trečdalis pasaulio automobilių bus varomi elektra tam, kad sumažinti taršą ir kartu sutaupyti pinigų (Covert, Greenstone & Knittel, 2016). Dėl mažos teritorijos Lietuva turi didelį potencialą elektromobilių integracijai. Dviejų Baltijos kaimynių pavyzdys rodo, kad įvedus subsidijas automobilių įsigijimui – jų pardavimai pradėjo kilti. Tinkama infrastruktūra ir įvairios papildomos rėmimo priemonės gali paskatinti elektromobilių plėtrą bei pritraukti investuotojų į Lietuvą (European Automobile..., 2013).

Pirmajame skyriuje yra apžvelgiami mokslinės literatūros straipsniai, elektromobilių raidos istorija. Supažindinama su elektromobilių tipais, jų įkrovimo specifika ir palyginami baterijų tipai. Taip pat yra nagrinėjami elektromobilių viešosios infrastruktūros plėtrą skatinantys ir ribojantys veiksniai.

## 1.1. Literatūros apžvalga

Tobulėjant ir vystantis kompiuterinei ir programinei įrangai buvo pastebėtas poreikis sujungti informacijos kaupimą, valdymo technologijas su kompiuterine grafika kartu. Tam įvykdyti buvo sukurta nauja GIS (geografinės informacinės sistemos) technologija. Šios technologijos spartus vystymasis prasidėjo apie 1980 metus. Ši sistema jungia įvairių rūšių informaciją įvairiems poreikiams. Apdorotos informacijos gali teikti įvairaus pobūdžio rezultatus, tokius kaip: žemėlapiai, duomenų bazės ar erdvinė analizė.

Pasaulis stengiasi ieškoti švarių energijos šaltinių tam, kad kiekvieną dieną galėtų keliauti skirtingomis transporto priemonėmis. Alternatyvų ieškojimas yra būtinas, nes transportas yra vienas pagrindinių teršalų išmetimo iš vidaus degimo variklių į atmosferą šaltinis. Šios toksiškos emisijos prisideda prie klimato kaitos, oro taršos ir neigiamai veikia žmonių sveikatą. Kuro elementų prietaisai palaipsniui pakeičia vidaus degimo variklius transporto pramonėje. Straipsnyje nagrinėjama naujausia informacija apie elektromobilių technologijas ir jų projektavimo specifikacijas. Tyrime taip pat palyginamos trijų tipų elektrinių automobilių, kurie šiuo metu yra rinkoje, charakteristikos ir technologijos (Wilberforce, El-Hassan, Khatib, Al Makky & Baroutaji, 2017).

Asmeninės vertybės, žaliąją savimonę ir etiški motyvai yra plačiai nagrinėjami kaip svarbūs, tačiau dažniausiai atskiriami nuo ekologinio elgesio prognozių. Mokslininkai reikalauja daugiau mokslinių tyrimų apie bendrą šių kintamųjų poveikį, siekiant paaiškinti aplinką tausojančią elgseną. Šiuo požiūriu šiame tyrime pateikiamas elektrinio automobilio visuomenės priėmimo modelis, kurio metu asmeninės vertybės lemia žaliąją savimonę, kuri savo ruožtu daro įtaką vartotojų norui tiesiogiai ir netiesiogiai priimti elektra varomus automobilius taikant etikos motyvus ir moralinę pareigą. Antra, šiame darbe nagrinėjama, kaip asmeninės vertybės sujungia santykius tarp žaliosios savęs tapatybės, ekologinės priežiūros, moralinių įsipareigojimų ir elektrinio automobilio priėmimo ketinimo (Barbarossa, Pelsmacker & Moons, 2017).

GIS naudojimas tampa itin svarbiu siekiant sukurti elektra varomų automobilių infrastruktūrą, kad ji taptų labiau prieinama ir patogiai vis daugiau elektromobiliais keliaujantiems žmonėms. Skirtingai nuo įprastų transporto priemonių, trumpiausią ar greičiausią maršrutą į paskirties vietą reikia pateikti apskaičiavus laiką, reikalingą pakarotinam įkrovimui. GIS leidžia naudoti realaus laiko duomenis apie konkrečius maitinimo taškus, eismą ir kelių būklę (Altaweel, 2016).

Elektros transportas sparčiai vystosi Nyderlanduose. Kaip rezultatas, šiuo metu Nyderlandai yra tarptautinė lyderė Europoje tarp elektrinių transporto priemonių tinklo, įskaitant autobusus ir sunkesnes transporto priemones ir jų infrastruktūrą. Tokia elektromobilių tinklo plėtra šalyje sukuria didesnes verslo galimybes (Ministry..., 2017).

Kelių transporto priemonių elektrifikavimas yra viena iš pagrindinių energijos transformavimo veiklų ateityje. Svarbi sąlyga yra paversti mokslinių tyrimų ir plėtros rezultatus į daugelį praktikos sričių. Tai apima efektyvių, įperkamų ir praktiškai tinkamų naudoti akumuliatorių arba saugios įkrovimo įrangos kūrimą. Elektromobilumas - tai procesas, kuris energetikos įmonėms kelia didelį iššūkį. Taip pat tai yra koncepcija, kuri siūlo kompleksinį sprendimą elektrinių transporto priemonių ir jų infrastruktūrų plėtimui (Straka, Chovan, Bindzar, Žatkovič & Hricova, 2015).

Įkrovimo infrastruktūros tinklo diegimas yra būtina elektra varomų transporto priemonių skaičiaus didinimo sąlyga. Šiame straipsnyje siūloma metodika, kaip apskaičiuoti reikiamą elektrą varomų automobilių įkrovimo stočių skaičių ir nustatyti jų padėtį kelių tinkle. Naudojant elektromobilių paklausą ir tiekimą (kelių tinklą, kuriame jie bus išdėstyti) dviejų lygių modelio

pagalba buvo iš pradžių nustatytos vietos (pirmasis lygis) ir po to kiekvieno aptarnavimo zonos įkrovimo stočių skaičius (antra lygis). Straipsnyje nagrinėjamos trys pagrindinės temos: transporto priemonių technologijos (variklio ir akumuliatorių specifikacijos), įkrovimo stoties charakteristikos ir elektromobilių srautas. Patvirtinus modelį ir sprendimo būdą bandomajame kelio tinkle, metodika taikoma didelio masto atveju, atsižvelgiant į Italijos greitkelių tinklą (Micari, Polimeni, Napoli, Andaloro & Antonucci, 2017).

Šiame straipsnyje nagrinėjama elektrinės transporto priemonės miesto automobilių tinkle. Išnagrinėję strateginius ir eksploatacinius skirtumus ir palygindami juos su benzininiais varikliais, buvo atliktas modeliavimo tyrimas. Siūlomas diskrečiųjų įvykių modeliavimo įrankis apėmė svarbias elektrinių transporto priemonių eksploatacines charakteristikas, įskaitant realistines įkrovimo procedūras. Skirtingi transporto priemonių tipai buvo palyginti skirtingomis sąlygomis ir keliose rinkose, siekiant nustatyti jų našumą (Illgen & Hock, 2018).

Transporto sektorius yra labai susijęs su pagrindinėmis problemomis: ekologija, piliečių sveikata, klimatas ir ekonomika. Tokie klausimai kaip eismas, degalų sąnaudos ir parkavimo vietos dar labiau apsunkina gyvenimą, ypač tankioje miesto aplinkoje. Taigi, yra didelis poreikis plėtoti elektra varomų transporto priemonių sektorių. Automobilių mieste skaičius išaugo tiek, kad dabartinė transporto sistema (keliai, automobilių stovėjimo vietos, šviesoforai ir kt.) negali tinkamai jas pritaikyti. Didėja transporto priemonių skaičius, kuris sukelia poveikį žmonių sveikatai per oro ir triukšmo taršą. Tyrimai rodo, kad teršalai yra ne tik susirinkę į pagrindinius kelius ir (arba) greitkelius, bet gali migruoti priklausomai nuo meteorologinių sąlygų. Abiejų tiek elektrinių transporto priemonių, tiek įkrovimo stočių skatinimas yra vienodai svarbus. Reikia toliau tobulinti, kad elektromobiliai būtų naudojami ne tik miestuose, bet ir už jų ribų. Šiame darbe nagrinėjami vėjo ištekliai ir GIS analizė, diegiant įkrovimo stotis, kurios naudoja vėjo energiją elektromobilių įkrovimui (Xydis & Nanaki, 2015).

Šiame straipsnyje nagrinėjamas elektrinių transporto priemonių potencialas tam, kad patenkinti mobilumo paklausą, kuri šiuo metu yra patenkinama įprastinių degalų transporto priemonėmis, ir nagrinėjama, kaip GIS duomenų rinkiniai apibrėžia elektros energijos paklausą elektromobilių įkrovimo stočių diegimui didelėse geografinėse vietovėse (Gennaro, Paffumi, Scholz & Martini, 2014).

Šiame straipsnyje buvo išnagrinėta geografinės informacijos sistema kartu su matematiniu algoritmu, pagrįstu genetiniais algoritmais, buvo gautas įkrovimo stočių planavimas, kai diegimo investicijų kaina buvo sumažinta ir pagerintas geografinis pasiskirstymas, siekiant pagerinti paslaugos kokybę. Po simuliacijos, vykstančios Ispanijos mieste Sarago-soje, nuostoliai sumažėjo nuo 156,60 € iki 115,27 € (Alegre, Miguez & Carpio, 2017).

Pateikiama savivaldybių kritinių infrastruktūrų analizės sistema, kuri siūlo integruotą tikslinės analizės, rizikos scenarijaus modeliavimo ir erdvinės analizės priemonę prieinamą nuotoliniu būdu per geografinės informacijos sistemą. Sistema buvo taikoma Gdanskio mieste vykdomiems tyrimams, kuriuose buvo naudojami sprogimo išpuoliai, cheminių nuotėkių ir potvynių pavojaus scenarijai. Straipsnyje taip pat aptariamas būdas, kuriuo sistemos pateiktomis priemonėmis siekiama palengvinti infrastruktūros pažeidžiamumo įvertinimo procesą, sušvelninti atradusį pavojų ir strategiškai planuoti miesto plėtrą (Kulawiak & Lubniewski, 2013).

Elektrinės transporto priemonės yra visą laiką persvarstomos politikos ir techninių aspektų kontekste, atsižvelgiant į Lietuvos nacionalinį vaizdą pasauliniame ir Europos Sąjungos kontekste. Šiame straipsnyje taip pat pateikiami geriausi elektromobilių taikymo metodai, įskaitant potencialias nišų rinkas, problemas ir galimybes energetikos ir energetikos sistemų rėmimo srityje. Išnagrinėta SSGG analizė - vertinamos stipriosios pusės, silpnybės, galimybės ir grėsmės. Išsiaiškinama kokios problemos ir galimybės yra Baltijos regione (Raslavičius, Azzopardi, Krepšys, Starevičius, Bazaras & Makaras, 2014).

Straipsnyje yra pateikiama metodika sudaryta iš laipsniško tinklo struktūros, pagrįstos technologijų priėmimo kreive. Ši sistema yra pritaikoma prie besikeičiančių sąlygų, technologijų ir rinkos laiko. Į patvirtintas strategijas įeina kontekstinė stotis, regioninio tinklo projektavimas, stočių projektavimas. Diegimo planas grindžiamas miestų formos GIS analize, kuri apima prognozuojamą analizę, siekiant informuoti, kuri infrastruktūra turės didžiausią įtaką. Galiausiai nagrinėtame straipsnyje parodomas sudėtingas kintamųjų, susijusių su besivystančių technologijų infrastruktūros projektavimu, rinkinys (Maia, Teicher & Meyboom, 2015).

Šiame straipsnyje apžvelgiamos daugelio imitavimo priemonių, kurios gali būti naudojamos, modeliuojant ir valdant elektrinių transporto priemonių poveikį elektros paskirstymo tinklams. Nustatytos 125 modeliavimo priemonės, iš kurių 67 įrankiai buvo apibendrinti, kad būtų lengviau pasirinkti tinkamiausias konkrečių užduočių priemones. Įprasti

įrankiai yra transporto priemonių sistemos analizė ir kontrolė, atsinaujinanti energija ir transporto priemonių integracija į tinklą, poveikio analizė, energijos rinkos elgsena ir įkrovos planavimas, transporto priemonių energijos valdymas ir eismo sistemų modeliavimas. Jokia vienintelė priemonė neapima visų šių programų sričių, tačiau pateikiama pakankamai informacijos, kad tyrėjai galėtų pasirinkti tinkamiausią įrankių derinį konkrečioms mokslinių tyrimų tikslams pasiekti (Mahmud & Town, 2016).

Įkrovimo stotelių pozicijos yra labai svarbios, norint paskatinti naudoti elektra varomas transporto priemones. Šiame straipsnyje siūloma dviejų lygių programavimo modelis, kuriame atsižvelgiama į elektromobilių važiavimo diapazoną, siekiant rasti optimalias įkrovimo stočių vietas. Siekiant efektyviai rasti optimalų modelio sprendimą, siūlomas modelis kaip vienos pakopos matematinė programa. Modelio pagrįstumas įrodytas skaitiniais pavyzdžiais iš dviejų bandymų tinklų. Aprašyta, kad transporto priemonės važiavimo diapazonas turi didelę įtaką optimaliai įkrovimo stoties vietoms (He, Yang, Tang & Huang, 2018).

Elektromobilumas kasdieniame gyvenime yra vienas iš galimų dabarties indėlių ateities kartoms. Šiltnamio efektą skatinančių dujų, triukšmo taršos mažinimas yra svarūs argumentai automobilių su vidaus degimo varikliais elektrifikavimui. Ne tik baterijų talpa ar elektromobilių kaina yra pagrindiniai varikliai elektromobilumo skatinimo nišoje. Patogus ir efektyvus elektromobilių įkrovimo stotelių modelis taip pat yra skatinančioji priemonė žmonėms įsigyti elektromobilį. Šio tyrimo tikslas - sukurti erdvinę metodiką, kurioje būtų atsižvelgta į įvairius teigiamus ir neigiamus veiksnius turinčius įtaką optimalioms elektromobilių įkrovimo stočių vietoms Vilniaus mieste, o esant sėkmingam modeliui jį pritaikyti ir Lietuvos mastu.

## **1.2. Elektromobilių istorija**

Kaip ir vėjo elektrinės, elektromobiliai nėra šių dienų naujovė. Pirmąjį elektromobilio prototipą – elektra varomą kariatą sukūrė škotas Robertas Andersonas dar 1834 m.. Olandų profesorius Stratingh`as iš Groningeno 1835 m. suprojektavo mažą elektromobilį. Neįkraunamus elektros elementus elektrinėms transporto priemonėms pirmieji 1842 m. panaudojo amerikietis Thomas Davenportas ir škotas Robertas Davidsonas. 1859 m. buvo išrastos įkraunamos švino rūgštinės baterijos. Prancūzai Gastonas Plante`as 1865 m. išrado, o Camille`as Faure`as 1881 m. patobulino įkraunamas baterijas. 1899 m. 60 mylių per val. (96 km/h) greitį pirmasis pasaulyje

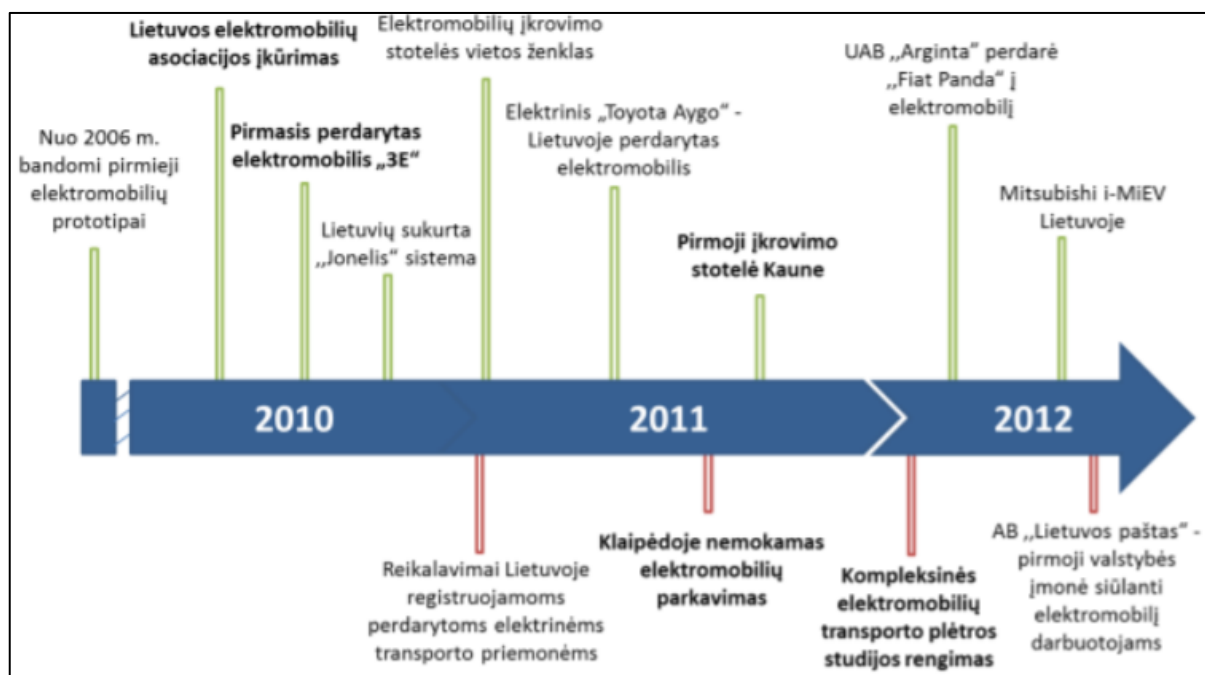
viršijo prancūzas Camille`as Jenatzy`as su elektromobiliu. 1890–1900 m. rinkoje elektromobiliai santykiu 10:1 pirmavo prieš benzininius automobilius, nes pastariesiems buvo reikalinga pavarų dėžė, jie vibravo, skleidė teršalus, nemalonų kvapą ir triukšmą. Viso to nebuvo elektromobiliuose. 1912 m. keliuose važinėjo arti 40 tūkst. elektromobilių. Bet 1910 m. prasidėjo masinė skystais degalais varomų automobilių gamyba ir jie žymiai atpigo. Degalai tada buvo pigūs, o į aplinkos taršą tais laikais niekas nekreipė dėmesio. 1930–1960 m. buvo mirtino elektromobilių nuosmukio metais. 1960–1994 m. buvo kai kurių bandymų atgaivinti elektromobilius, nes brango naftos produktai, o aplinkos tarša įgavo grėsmingą mastą. Vėliau JAV, Japonijoje ir kitose šalyse buvo pradėti kurti naujoviški elektromobiliai, baterijų įkrovikliai, sparčiai tobulinamos baterijos – esminė elektromobilio įrangos dalis (Roisin, 2010).

Prieš dabartinio elektromobilių proveržio pradžią daug vilčių buvo dedama į vandenilio technologijų panaudojimą transporto priemonėse. Buvo manoma, kad ateityje transporto priemonės bus varomos vandeniliu. Yra sukurta nemažai bandomųjų elektromobilių, autobusų ir kitų transporto priemonių, kuriuose kuro elementai gamina elektros energiją, naudojamą elektromobiliui varyti. Kaip kuras juose naudojamas vandenilis ir kiti savo molekulės sandaroje daug vandenilio turintys degalai. Tačiau kol kas tokie vandeniliu varomi elektromobiliai yra brangūs, vandenilis ir kiti tinkami degalai taip pat yra brangūs, o bendras viso ciklo nuo vandenilio gamybos iki jo sunaudojimo tokiam elektromobilyje naudingumo koeficientas yra žemas – tik 20–36 %. Pagrindinė tokio neefektyvumo priežastis yra ta, kad visoje šioje grandinėje nuo vandenilio gamybos, kaupimo, transportavimo, sandėliavimo, įkrovimo į elektromobilius, elektros gamybos kuro elementuose ir jos panaudojimo elektromobiliui varyti susidaro gana dideli nuostoliai ir tuomet bendras naudingumo koeficientas gaunasi nedidelis. Todėl buvo prieita išvados, kad daug efektyviau įvairiose elektrinėse pagamintą elektros energiją įkrauti į akumuliatorių bateriją ir iš jos per keitiklį maitinti elektromobilio ratų elektros variklius.

Dabar manoma, kad ateityje elektromobiliai su kuro elementais irgi gali užimti tam tikrą rinkos dalį, ypač galingose transporto priemonėse, o jų perspektyvumas gali vėl padidėti, jeigu bus sukurti pigūs kuro elementų ir vandenilio gamybos būdai. Siekiant šio tikslo, ne vienoje pasaulio laboratorijoje atliekami moksliniai tyrimai.

Pirmieji elektromobilių prototipai Lietuvoje buvo išbandyti 2006 m., bet tik 2010 m. šia sritimi pradėjo domėtis verslo atstovai, kurie pradėjo įgyvendinti esmines iniciatyvas, reikalingas elektrinių transporto priemonių plėtrai bei populiarinimui visuomenėje (Lietuvos Respublikos

ūkio ministerija [UKMIN], Lietuvos Respublikos energetikos ministerija [ENMIN] ir Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija [SUMIN], 2012) (1.1 pav.).



**1.1 pav.** Iniciatyvos Lietuvoje nuo 2006 m. (UKMIN, ENMIN ir SUMIN, 2012)

Iniciatyvos yra vykdomos ir daugelyje Lietuvos savivaldybių. Įkrovimo prieigas yra numačiusios savo parengtuose ar rengiamuose darnaus judumo mieste planuose, su kuriais galima susipažinti Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerijos internetiniame puslapyje.

### 1.3. Elektromobilių tipai

Elektra (pilnai, ar iš dalies) varomos transporto priemonės skirstomos į keturis tipus – hibridinius automobilius (HEV), kištukinius hibridus (PHEV), prailgintos kelionės hibridus (REV) ir grynuosius elektromobilius (BEV). Šių tipų charakteristikų apžvalga ir pavyzdiniai kiekvieno tipo modeliai pateikti 1.2 paveiksle.

| Hibridiniai automobiliai (HEV)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Kištukiniai hibridai (PHEV)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Prailgintos kelionės hibridai (REV)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Grynieji elektromobiliai (BEV)                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Automobilis varomas ir vidaus degimo varikliu (VDV), ir elektriniu varikliu</li> <li>Baterijos įkraunamos stabdant (angl. regenerative braking)</li> <li>Gali nuvažiuoti trumpą atstumą vien tik elektriniu varikliu</li> <li>Toyota Prius</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Automobilis varomas ir VDV, ir elektriniu varikliu (dirbant lygiagrečiai, ar kitais režimais)</li> <li>Baterijos gali būti įkraunamos iš elektros tinklo</li> <li>Vien tik elektriniu varikliu nuvažiuojamas atstumas: 40 – 60 km</li> <li>Volvo V70 PHEV</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Automobilis varomas elektriniu varikliu; VDV tik įkrauna bateriją</li> <li>Baterijos gali būti įkraunamos iš elektros tinklo</li> <li>Vien tik elektriniu varikliu nuvažiuojamas atstumas: 40 – 80 km</li> <li>Chevrolet Volt</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Automobilis varomas tik elektra</li> <li>Didžiausia baterijų talpa</li> <li>Baterijos, įkraunamos iš elektros tinklo</li> <li>Nuvažiuojamas atstumas: 100 – 300 km</li> <li>Nissan Leaf</li> </ul>  |

1.2 pav. Elektromobilių tipų apžvalga (UKMIN, ENMIN ir SUMIN, 2012)

### Hibridiniai automobiliai (HEV – Hybrid Electric Vehicle)

Šio tipo automobiliai pasižymi ženkliai geresne kuro ekonomija negu VDV automobiliai, tačiau elektrinis variklis šio tipo automobiliuose iš esmės atlieka tik pagalbinę funkciją. Dėl šios priežasties daugelis ekspertų nepriskiria HEV automobilių prie elektromobilių kategorijos. Šiuo metu didžiąją dalį Lietuvoje ir pasaulyje eksploatuojamų elektros variklį naudojančių automobilių sudaro būtent HEV tipo automobiliai.

### Kištukiniai hibridai (PHEV – Plug-in Hybrid Electric Vehicle)

Šio tipo automobiliuose veikia ir elektrinis ir vidaus degimo variklis. Kištukiniai hibridai gali pakankamai didelį atstumą nuvažiuoti vien tik elektriniu varikliu. Naudojant automobilį mieste, elektra nuvažiuojamo atstumo gali visiškai užtekti vienos dienos važiavimo reikmėms. Išsikrovus baterijai pradeda veikti vidaus degimo variklis. Taip pat įmanomas „lygiagretus“ režimas, kuomet elektrinis ir vidaus degimo varikliai veikia vienu metu. Skirtingai nuo HEV automobilių, kištukiniai hibridai gali būti kraunami iš elektros tinklo.

### Prailgintos kelionės hibridai (REV – Range Extended Vehicle)

Pagrindinis bruožas, skiriantis REV tipo elektromobilį nuo PHEV yra tai, kad REV elektromobilyje vidaus degimo variklis nėra sujungtas su automobilio ašimis ir nėra automobilio

tiesioginė varomoji jėga. REV automobilis visuomet yra varomas elektrinio variklio, o vidaus degimo variklis naudojamas tik sukurti elektros variklio generatorių, kuomet išsikrauna baterija. Prailgintos kelionės hibridai pasižymi didesniu nuvažiuojamu atstumu elektros režimu nei PHEV automobiliai.

### **Grynieji elektromobiliai (BEV – Battery Electric Vehicle)**

Grynasis elektromobilis varomas išskirtinai tik elektriniu varikliu. Tam tikslui šio tipo automobilių baterijų talpa yra pati didžiausia. Kadangi BEV automobiliuose visiškai nenaudojamas iškastinis kuras, BEV automobiliai pasižymi didžiausia aplinkosaugine nauda ir degalų ekonomija iš visų elektromobilių tipų.

Apžvelgiant elektromobilių įkrovimo galimybes šiuo metu yra išskiriamos trys technologijos:

- Baterijų įkrovimas iš stacionarios elektros energijos tiekimo, procesas yra vykdomas laidinės jungties pagalba. Šiuo metu toks būdas yra populiariausias, paprasčiausias.
- Baterijų pakeitimas naudojantis stacionaria automatine elementų keitimo stotimi. Robotų technologijos pagalba atvažiavusiam elektromobiliui yra pakeičiama išsekusi baterija į visiškai pakrautą.
- Elektromagnetinės indukcijos metodas yra belaidžio įkrovimo technologija. Kiekvienoje stovėjimo vietoje yra įtaisytas galingas elektromagnetas, kuris sukuria indukcinę energiją ir taip įkrauna bateriją.

Brangiausia elektromobilio detalė yra baterija. Naujausiuose elektromobiliuose vyrauja Ličio-jonų (Li-jonų) baterijos, kurių yra daug skirtingų atmainų. Iš daugelio Li-jonų technologijų toliausiai pažengusios yra šios: ličio-nikelio-kobalto-aliuminio (NCA), ličio-nikelio-mangano-kobalto (NMC), ličio-mangano špinelių (mineralų) (LMO), ličio titanato (LTO), ličio-geležies fosfato (LFP), ličio- kobalto oksido (LCO).

Viso iš paminėtų baterijų tusi savų minusų. Mokslinės laboratorijos visame pasaulyje dirba ir ieško kaip galima jas patobulinti. Brangias medžiagas norima pakeisti pigesnėmis, žemus parametrus ir charakteristikas, norima tobulinti nanotechnologijų dėka, darbo amžių norima

pailginti, o sumažinus jų svorį padidinti energijos ir galio tankius. Prognozuojama, kad baterijų kaina kiekvienais metais mažės, nors charakteristikos gerės.

## **1.5. Elektromobilių plėtros tendencijos**

Siekiant gerai suvokti pasaulines elektromobilių tendencijas, buvo išanalizuotos tarptautinių organizacijų ir užsienio konsultantų atliktos studijos elektromobilių srityje, kuriose pateikiamos elektromobilių plėtros prognozės iki 2020 – 2025 metų ar dar ilgesniam laikotarpiui. Kai kuriais klausimais užsienio ekspertai pateikia skirtingas prognozes, tačiau galima išskirti keletą bendrų išvalgų, kurias remia dauguma iš išanalizuotų studijų: tobulės elektromobilių charakteristikos, tačiau 2025 metais elektromobiliai išliks ženkliai brangesni už VDV (toliau – vidaus degimo variklis) automobilius. Visi ekspertai sutaria, kad elektromobilių technologijos sparčiai vystysis. Tai ypač galioja elektromobilių baterijoms, kurios ateityje talpins daugiau kWh tame pačiame tūryje ir pigs baterijų kaina pagal 1 kWh talpą. Tačiau ši technologinė pažanga pasireikš ne per ženkliai mažėjančią baterijų kainą, bet per didinamą elektromobilių nuvažiuojamą atstumą. Taigi, ateityje elektromobiliai nuvažiuos didesnius atstumus ir išvystys didesnę greitį, o elektromobilių kaina nors ir mažės, tačiau išliks ženkliai didesnė už VDV automobilių. Ši išvada paremta prielaida, kad baterijų technologijos tobulės ligšioliniu greičiu (Lietuvos Respublikos..., 2012).

Įvykus netikėtam technologiniam proveržiui, įmanoma, jog baterijų talpa padidėtų iki lygio, leisiančio elektromobiliams nuvažiuoti didesnius atstumus nei VDV automobiliai, arba baterijų kaina atpigtų kelis kartus. Masinė elektromobilių rinka prognozuojama apie 2020 metus. Šiuo metu elektromobiliai išlieka nišiniu produktu, kurį įsigytų tik itin nedidelė dalis vartotojų. Dėl tobulėjančių technologijų, mažėsiančios kainos ir didėsiančios elektromobilių modelių pasirinkimo, prognozuojama, kad elektromobiliai taps masinės rinkos produktu apie 2020 metus. Pagal skirtingas prognozes, 2020 metais elektromobiliai sudarys apie 5 % naujų automobilių pardavimų pasaulyje; 2025 metais – apie 10 % naujų automobilių pardavimų (Lietuvos Respublikos..., 2012).

Elektromobiliai taps sudėtine išmaniojo elektros tinklo dalimi. Prognozuojama, kad ateityje elektros gražinimo (ang. vehicle-to-grid) ir išmaniojo krovimo technologijos lems tai, kad elektromobiliai turės didelę svarbą optimizuojant elektros energijos suvartojimą. Didės ir

vidaus degimo variklių automobilių efektyvumas, taip pat tobulės alternatyvios automobilių technologijos (pvz., vandeniliu varomi automobiliai). Automobiliai su vidaus degimo varikliais ateityje pasižymės didesne degalų ekonomija bei mažesniu išmetamo CO<sub>2</sub> kiekiu (Lietuvos Respublikos..., 2012).

## **1.6. Elektromobilių infrastruktūros plėtros apžvalga užsienio šalyse**

### **Norvegija**

2012 m. duomenimis Norvegijoje iki 2020 m. buvo planuojama, kad elektromobiliai užims 7 % bendro šalies automobilių parko, tačiau 2018 m. Norvegija jau pasiekė 10 %.

- Infrastruktūros valdymo modelis:

įkrovimo stotelės gali būti tiek įrengtos savivaldybės, tiek privataus sektoriaus. Pagrindė Norvegijoje elektromobilių infrastruktūra užsiima valstybinė įstaiga „Transnova“ ir Norvegijos elektromobilių naudotojų asociacija.

- Skatinimo priemonės:

elektromobiliai atleidžiami nuo vienkartinių automobilio mokesčių, PVM ir kelių mokesčio, sumažintas automobilių mokestis įmonėms, nemokamas elektromobilių parkavimas viešose parkavimo aikštelėse, leidimas naudotis autobusų ir taksi juostomis, nemokamas naudojimasis mokamais keliais.

- Infrastruktūros diegimo eiga:

2011 m. Norvegijoje elektromobilių įkrovimo stotelių skaičius siekė 3123. Dalis jų buvo finansuota per „Transnovą“, o kita privataus sektoriaus arba savivaldybių. 2018 m. įkrovimo stotelių kiekis siekė 10711.

### **Airijos respublika**

Iki 2020 m. siekia, kad 10 % šalies automobilių parko sudarytų elektromobiliai. 2017 m. duomenimis elektromobiliai sudarė 5,5 % visos automobilių rinkos.

- Infrastruktūros valdymo modelis:

infrastruktūros vystymu rūpinasi Electric Supply Board (ESM) – Airijos skirstomieji tinklais.

- Skatinimo priemonės:

subsidijos įsigijimui iki 5000 Eur, suteikiama 600 Eur suma naujiems elektromobilių savininkams įrengti įkrovimo vietą šalia namo.

- Infrastruktūros diegimo eiga:

2010 m. pagal patvirtintą planą iki 2012 m. buvo planuojama įrengti 1500 viešų įprastinio krovimo taškų, tačiau 2019 m. duomenimis įrengta tik 1300 viešųjų krovimo taškų. Lėto infrastruktūros diegimo priežastys galimai yra biurokratija ir krovimo technologijos plėtojimas kartu su įrengimu.

## **Portugalija**

2009 m. Portugalijos valstybė siekė, kad iki 2020 m. elektromobiliai sudarys 3,4 % bendro šalies automobilių parko. 2018 m. duomenimis elektromobilių dalis rinkoje siekė 3,6 %.

- Infrastruktūros valdymo modelis:

infrastruktūrą Portugalijoje apjungia MOBI.E platforma. Tai yra privatūs ir nepriklausomi operatoriai.

- Skatinimo priemonės:

subsidijos įsigijimui iki 5000 Eur, papildomi 1500 Eur, jei yra keičiamas automobilis su vidaus degimo varikliu.

- Infrastruktūros diegimo eiga:

2010 m. numatyta įdiegti 1350 viešų įprasto krovimo ir greitojo krovimo taškų, o iki 2012 m. vidurio tikslas buvo beveik pasiektas – bendras įkrovimo stotelių skaičius siekė 1300 vienetų. Toks sėkmingas infrastruktūros plėtimas didžiąją dalimi priklausė nuo operatyvaus savivaldybių darbo. Kiekviena savivaldybė turėjo aiškias užduotis ir atsakomybes.

## 1.7. Mokslinėje literatūroje minimi elektromobilių viešosios infrastruktūros plėtrą ribojantys ir skatinantys veiksniai

Įvairaus pobūdžio naujos technologijos prieš tampant aktualiomis, patraukliomis ir priimtinais visuomenei yra veikiamos įvairių skatinančių ir ribojančių veiksnių. Vystydamos vienos technologijos lengvai ir greitai atranda vartotoją ir galimybę konkuruoti su kitomis technologijomis rinkoje, kitos technologijos taip ir neatranda savo nišos.

Nuo 2006 m. Lietuvoje elektromobilių infrastruktūra yra vystymosi procese. Užsienio moksliniuose šaltiniuose yra išskiriami įvairūs veiksniai, kurie gali skatinti ar riboti elektromobilių infrastruktūros plėtrą (1.1 lent.).

**1.1 lentelė.** Skatinantys ir ribojantys veiksniai (sudaryta autorės, 2018)

| Metai (m.) | Autoriai                | Valstybė                   | Skatinantys veiksniai                                                                  | Ribojantys veiksniai                                                                            |
|------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2007       | B. Lane, S. Potter      | Dž. Britanija              | –                                                                                      | Vartotojų ne gebėjimas apskaičiuoti ir palyginti finansinę naudą                                |
| 2009       | Benjamin K.Sovacool     | Danija                     | –                                                                                      | Valdžios komunikacijos su visuomene trūkumas                                                    |
| 2012       | G. Pasaoglu ir kt.      | Olandija, Turkija, Italija | Gamybos apimčių didinimas, skirtingų produktų gausa, infrastruktūros plėtros vystymas  | Potencialių vartotojų trūkumas                                                                  |
| 2013       | J. Dong, C. Liu, Z. Lin | JAV                        | Optimalus ir šiuolaikiškas įkrovimo infrastruktūros tinklas                            | –                                                                                               |
| 2014       | M. Petsching            | Vokietija                  | Infrastruktūros plėtros vystymas                                                       | Ribotas įkrovimo prieigų prieinamumas                                                           |
| 2015       | G. Wu ir kt.            | Šveicarija                 | Politinių priemonių taikymas                                                           | Galimas nuvažiuoti atstumas, elektromobilių kaina                                               |
| 2016       | M. Braz, F. Moura       | Portugalija                | Subsidijos, naftos produktų apmokestinimas, gamintojų inovacijos, baterijų tobulinimas | Įprastų automobilių konkurencingumas, įkrovimo prieigų trūkumas, nenuspėjamas vartotojų elgesys |

**1.1 lentelės tęsinys.** Skatinantys ir ribojantys veiksniai (sudaryta autorės, 2018)

| <b>Metai (m.)</b> | <b>Autoriai</b>      | <b>Valstybė</b> | <b>Skatinantys veiksniai</b>                                  | <b>Ribojantys veiksniai</b>                                          |
|-------------------|----------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>2016</b>       | K. Miao, Y. Liu      | Kinija          | Infrastruktūros politikos sistema, sistemos paslaugų vystymas | Netinkamas infrastruktūros planavimas ir mažos finansinės subsidijos |
| <b>2017</b>       | T. Thananusak ir kt. | Tailandas       | Ekologiškas gyvenimo būdas                                    | Per didelė elektromobilių kaina                                      |
| <b>2017</b>       | H. Wu, D. Niu        | Kinija          | Elektromobilių įkrovimo stotelės                              | Elektromobilių įkrovimo vietų nustatymo tyrimų trūkumas              |

Mokslininkai iš įvairių šalių išskiria labai panašius veiksniai, kurie daro įtaką elektromobilių viešosios infrastruktūros vystymuisi. Šios technologijos vystymas yra veikiamas tiek žmonių gyvenimo būdo, tiek valdžios politikos. Dažniausiai iš nurodytų elektromobilių viešosios infrastruktūros plėtrą ribojančių ir skatinančių veiksnių yra išskiriama infrastruktūros plėtra.

Šiuolaikinis vartotojas yra įpratęs prie komfortiškų paslaugų. Todėl galime teigti išvadą, kad ne tik valdžios subsidijos ar nuvažiuojamas elektromobilių kilometražas skatintų naudotis jais.

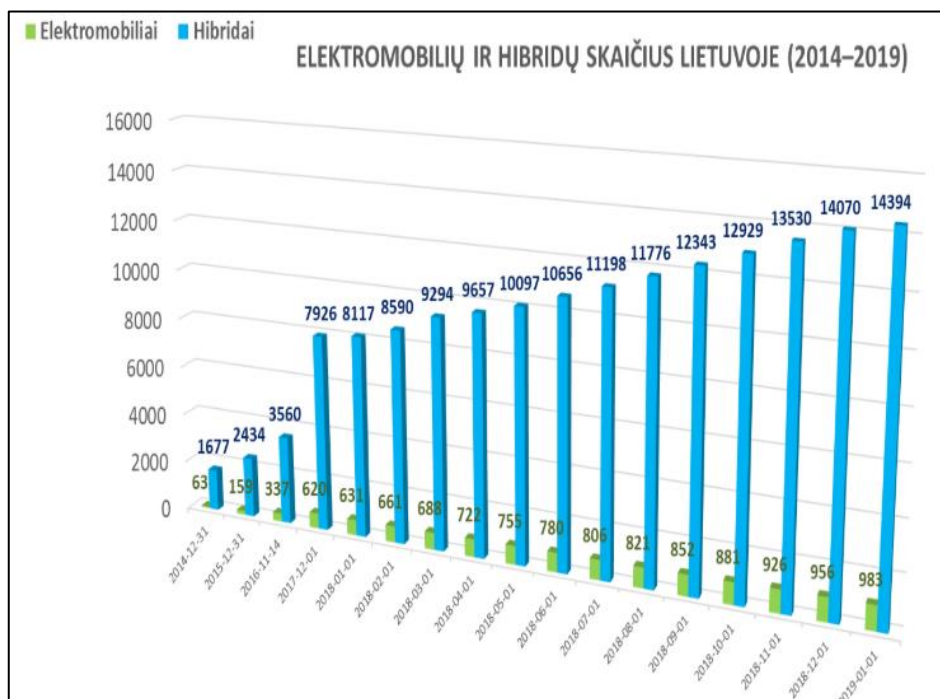
Svarbu daugiau investuoti į elektromobilių infrastruktūros vystymo tyrimus. Kurti modelius, juos išbandyti. Lygiagrečiai su elektromobilių baterijų tobulinimu turi būti vystoma ir infrastruktūra. Produkto pirkimo nepaskatintų nei subsidijos, nei skirtingų produktų gausa jeigu nebus sukurta optimali ir efektyvi elektromobilių naudojimo infrastruktūra miestuose ir jų už ribų. Šiuolaikinis vartotojas nesinaudos paslauga, kurios naudojimo galimybėmis praktikoje sudvejos.

## **2. ELEKTROMOBILIŲ ĮKROVIMO TINKLO PLĖTROS TYRIMO METODOLOGIJA**

Antrajame skyriuje yra nagrinėjami elektromobilių statistiniai duomenys Lietuvoje bei Vilniuje. Statistiniai duomenys yra įvertinami ir palyginami tarp Lietuvos miestų. Taip pat apžvelgiama elektromobilių plėtros modeliavimo metodologija Vilniaus mieste. Analizuojamas esamas įmonių skaičius, jų pobūdis bei elektromobilių įkrovimo stotelių skaičius Vilniuje. Įvertinus esamą situaciją papildomai atsižvelgiama į Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2015-05-06 įsakymą Nr. 3-173(1.5 E) „Dėl viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairių patvirtinimo“ numatoma tyrimo metodologija.

### **2.1. Elektromobilių Lietuvoje bei Vilniaus mieste statistiniai duomenys ir perspektyvos**

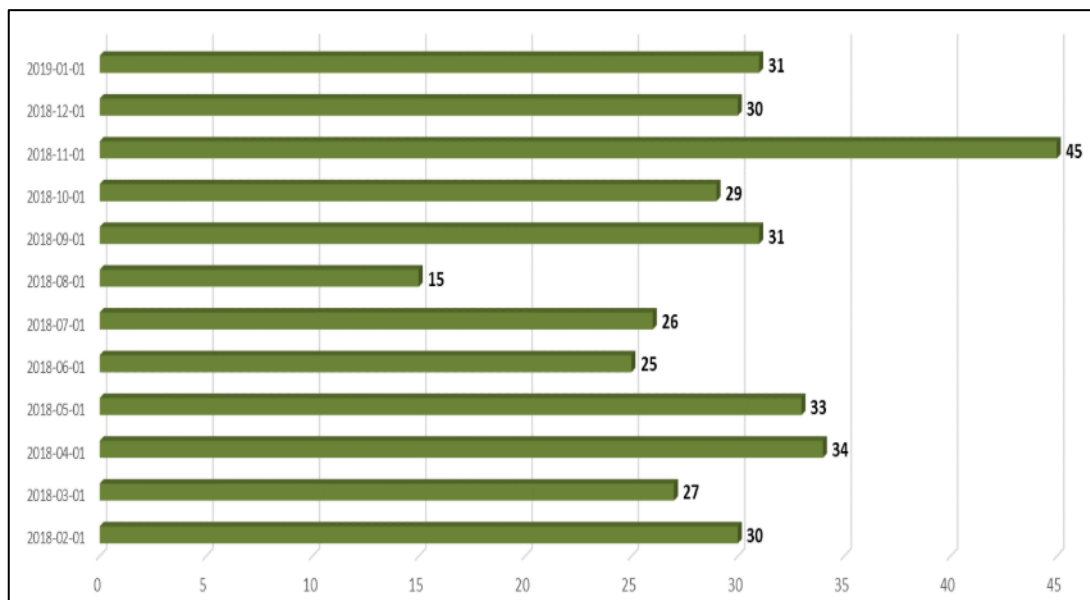
Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2015-05-06 įsakymu Nr. 3-173(1.5 E) „Dėl viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairių patvirtinimo“ siekiama, kad iki 2020 m. visi įregistruoti elektromobiliai Lietuvoje sudarytų 5% visų per metus parduodamų naujų automobilių, o iki 2025 m. – 10% (Lietuvos Respublikos..., 2017). Nuo 2014 m. iki 2019 m. įregistruotų elektromobilių ir hibridų skaičius kiekvienais metais vis didėja. 2014 m. gruodžio 31 d. įregistruotų elektromobilių buvo 63, o hibridų 1677. 2019 m. sausio 1 d. įregistruotų elektromobilių buvo 983, o hibridų 14394 (Lietuvos Respublikos..., 2019) (2.1 pav.).



**2.1 pav.** Elektromobilių ir hibridų skaičius Lietuvoje (Lietuvos Respublikos..., 2019)

Matoma, kad per 5 m. hibridinių automobilių paklausa Lietuvoje yra žymiai didesnė nei elektromobilių. Santykiniai hibridų yra beveik 15 k. daugiau nei elektromobilių. Tam įtaką gali daryti žemesnė hibridų kainą bei patogesnis jų naudojimas kasdieniame vartotojų gyvenime.

Vertinant 2018 m. elektromobilių skaičiaus augimas buvo ganėtinai stabilus (2.2 pav.).



**2.2 pav.** Elektromobilių skaičiaus augimas 2018 m. sausio-gruodžio mėn. (vnt.) (Lietuvos Respublikos..., 2019)

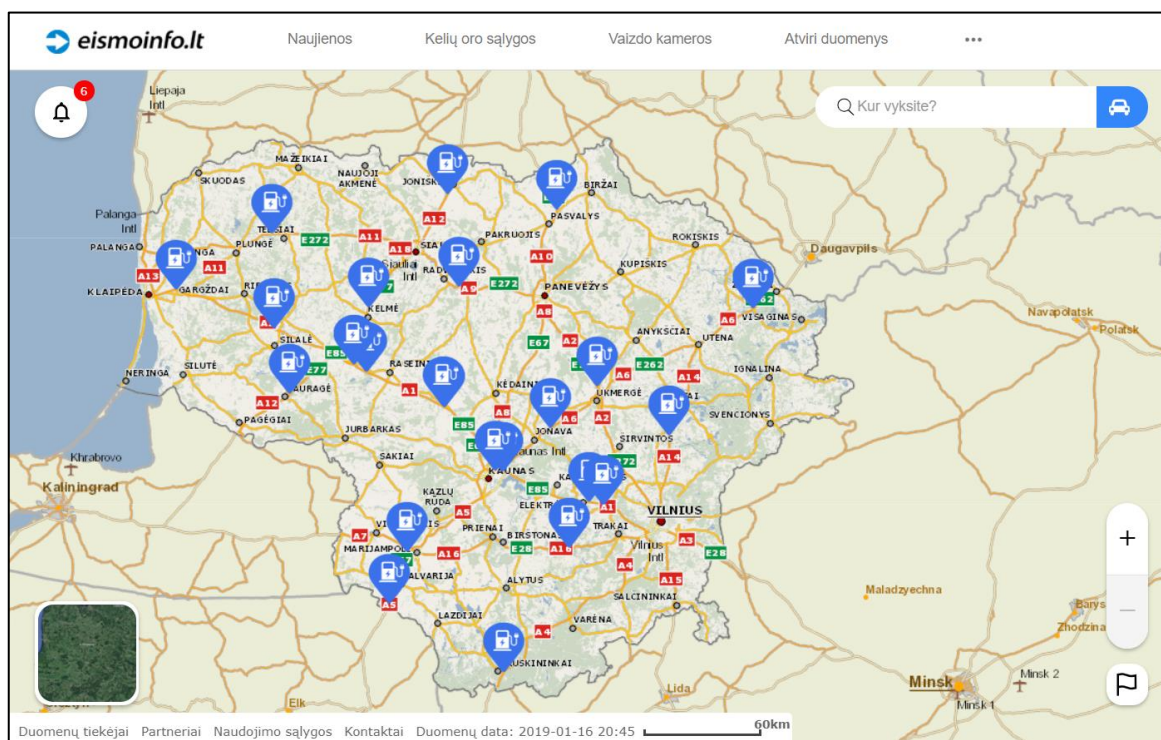
Vidutiniškai 2018 m. Lietuvoje per mėnesį buvo įregistruota 30 elektromobilių.

Vilniaus miesto savivaldybėje 2019 m. sausio 1 d. įregistruotų elektromobilių skaičius siekė 512, tai yra didžiausias elektromobilių skaičius Lietuvoje iš visų savivaldybių. Įregistruotų elektromobilių nebuvo Zarasų, Visagino, Širvintų, Šalčininkų, Šakių, Skuodo ir kitose rajonų savivaldybėse (Lietuvos Respublikos..., 2019).

Nepaisant to, kad elektromobilių entuziastų kiekvienais metais Lietuvoje vis daugėja, remiantis 2019-05-01 statistiniais duomenimis elektromobilių skaičius nesudaro net 1 % viso Lietuvos automobilio parko.

## 2.2. Elektromobilių įkrovimo stotelių Lietuvoje bei Vilniaus mieste statistiniai duomenys ir perspektyvos

2019 m. sausio 16 d. duomenimis Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose veikė 23 didelės galios elektromobilių įkrovimo stotelės (2.3 pav.).



2.3 pav. Elektromobilių įkrovimo stotelės Lietuvos valstybiniuose keliuose (Eismoinfo, 2019)

Planuojama, kad Lietuvos valstybinių kelių mastu įkrovos vietos bus maždaug kas 50 km (Eismoinfo, 2019). Taip pat numatoma, kad šalia transeuropinio transporto kelių ir kitų

valstybinės reikšmės kelių iki 2020 m. bus įrengtos ne mažiau kaip 19 didelės galio įkrovimo vietos, o iki 2022 m. – nemažiau kaip 28 vietos. Lietuvos miestuose ir jų priemiesčiuose, kuriuose gyvena daugiau kaip 25 tūkst. gyventojų iki 2020 m. pabaigos įrengti ne mažiau kaip 100 veikiančių viešųjų elektromobilių įkrovimo vietų (Lietuvos Respublikos..., 2017).

2018 m. duomenimis Vilniaus mieste veikė 6 viešos elektromobilių įkrovimo stotelės. Iki 2020 m. yra papildomai planuojama įrengti 58 viešas elektromobilių didelės galios įkrovimo stoteles (2.1 lent.).

**2.1 lentelė.** Viešos elektromobilių įkrovimo vietos (sudaryta autorės, 2018)

| <b>Jau veikiančios elektromobilių krovos vietos</b>     |                                                                                        |                               |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Nr.</b>                                              | <b>Adresas</b>                                                                         | <b>Koordinatės (LKS94), m</b> |
| 1.                                                      | J. Lelevelio g. 6                                                                      | X 6062082, Y 582373           |
| 2.                                                      | Lakūnų g. 24                                                                           | X 6065022, Y 583635           |
| 3.                                                      | A. Goštauto g. 40A                                                                     | X 6061772, Y 581205           |
| 4.                                                      | S. Nėries g. 16                                                                        | X 6067552, Y 579283           |
| <b>Suplanuotos įrengti elektromobilių krovos vietos</b> |                                                                                        |                               |
| <b>Nr.</b>                                              | <b>Adresas</b>                                                                         | <b>Koordinatės (LKS94), m</b> |
| 5.                                                      | Savanorių pr. 31                                                                       | X 6060447, Y 580481           |
| 6.                                                      | Naugarduko g. 76                                                                       | X 6060102, Y 581332           |
| 7.                                                      | Bazilijonų g. 2                                                                        | X 6060482, Y 582904           |
| 8.                                                      | Jono Basanavičiaus g. 27                                                               | X 6061090, Y 580970           |
| 9.                                                      | Laisvės pr. 29                                                                         | X 6062515, Y 578383           |
| 10.                                                     | Kovo 11-osios gatvė (šalia prekybos centro)                                            | X 6059762, Y 570698           |
| 11.                                                     | Šiltnamių gatvė (šalia Greitosios pagalbos ligoninės)                                  | X 6059878, Y 577829           |
| 12.                                                     | Parodų gatvė (šalia parodų rūmų Litexpo)                                               | X 6060359, Y 579022           |
| 13.                                                     | Titnago g. 13                                                                          | X 6057120, Y 577294           |
| 14.                                                     | Laisvės pr. 140                                                                        | X 6066556, Y 579644           |
| 15.                                                     | Teritorija ties Vydūno ir Karaliaučiaus gatvių sankryža (šalia prekybos centro Maxima) | X 6064058, Y 575729           |
| 16.                                                     | Pilaitės pr. 13                                                                        | X 6063605, Y 577597           |
| 17.                                                     | Rūdninkų g. skveras (Rūdninkų ir Ligoninės gatvių sankryžos aikštelė)                  | X 6060756, Y 582790           |
| 18.                                                     | Savanorių pr. 1                                                                        | X 6061085, Y 581163           |
| 19.                                                     | A. Goštauto g. 40                                                                      | X 6061686, Y 581144           |
| 20.                                                     | Laisvės pr. 58                                                                         | X 6063301, Y 578698           |
| 21.                                                     | Laisvės pr. 40                                                                         | X 6062979, Y 578629           |
| 22.                                                     | Geležinio Vilko gatvėje (šalia įvažiavimo į Vingio parką)                              | X 6060418, Y 580009           |
| 23.                                                     | Erfurto g. 29                                                                          | X 6060476, Y 577528           |
| 24.                                                     | L. Asanavičiūtės g. 11A                                                                | X 6061533, Y 577784           |
| 25.                                                     | Ateities g. 91                                                                         | X 6066860, Y 580239           |
| 26.                                                     | Rinktinės g. 45                                                                        | X 6063433, Y 582937           |
| 27.                                                     | Upės gatvėje (šalia Vilniaus centrinės universalinės parduotuvės)                      | X 6062680, Y 582259           |

**2.1 lentelės tęsinys. Viešos elektromobilių įkrovimo vietos (sudaryta autorės, 2018)**

| <b>Suplanuotos įrengti elektromobilių krovos vietos</b> |                                                                                  |                               |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Nr.</b>                                              | <b>Adresas</b>                                                                   | <b>Koordinatės (LKS94), m</b> |
| 28.                                                     | V. Gerulaičio g. 1                                                               | X 6065244, Y 582552           |
| 29.                                                     | Žalgirio g. 92                                                                   | X 6063767, Y 582298           |
| 30.                                                     | Sėlių g. 54                                                                      | X 6063143, Y 580439           |
| 31.                                                     | Justiniškių g. 35                                                                | X 6063883, Y 578930           |
| 32.                                                     | Lvovo gatvėje (šalia verslo centro „Quadrum“)                                    | X 6063242, Y 581935           |
| 33.                                                     | Birutės gatvė (šaliai Vingio parko tilto)                                        | X 6062439, Y 580323           |
| 34.                                                     | Upės gatvėje (šalia verslo centro „Barclays“)                                    | X 6062861, Y 581249           |
| 35.                                                     | Saltoniškių g. 9                                                                 | X 6063293, Y 581143           |
| 36.                                                     | Konstitucijos pr. 26A                                                            | X 6063162, Y 581574           |
| 37.                                                     | Šeškinės g. 59A                                                                  | X 6065213, Y 580236           |
| 38.                                                     | Rygos g. 13A                                                                     | X 6065258, Y 578853           |
| 39.                                                     | Didlaukio g. 80                                                                  | X 6066556, Y 581854           |
| 40.                                                     | Žaliųjų Ežerų g. 138                                                             | X 6072001, Y 585967           |
| 41.                                                     | Jeruzalės g. 2                                                                   | X 6067811, Y 582172           |
| 42.                                                     | Santariškių g. 2                                                                 | X 6069138, Y 582256           |
| 43.                                                     | Santariškių gatvėje (šalia viešojo transporto mazgo prie Vaikų ligoninės)        | X 6069643, Y 582474           |
| 44.                                                     | Vilniaus gatvės aikštelė (šalia Vilniaus ir Liejyklos gatvių sankryžos)          | X 6061476, Y 582524           |
| 45.                                                     | Maironio g. 2                                                                    | X 6061713, Y 583379           |
| 46.                                                     | Maironio gatvės aikštelė (šalia Maironio ir Kūdrų gatvių sankryžos)              | X 6060996, Y 583465           |
| 47.                                                     | Teritorija šalia Užupio gatvės skvero (šalia Polocko ir Užupio gatvių sankryžos) | X 6061278, Y 583717           |
| 48.                                                     | Antakalnio g. 26                                                                 | X 6063248, Y 584298           |
| 49.                                                     | F. Vaitkaus gatvė (šalia Vilniaus oro uosto)                                     | X 6057033, Y 582553           |
| 50.                                                     | Saulėtekio al. 9                                                                 | X 6065860, Y 585777           |
| 51.                                                     | Saulėtekio al. 43                                                                | X 6066235, Y 586470           |
| 52.                                                     | Tremtinių g. 2                                                                   | X 6062826, Y 590872           |
| 53.                                                     | Žirmūnų g. 2A                                                                    | X 6063150, Y 583712           |
| 54.                                                     | Pylimo g. 17                                                                     | X 6061059, Y 582375           |
| 55.                                                     | Gynėjų g. 2                                                                      | X 6062232, Y 581452           |
| 56.                                                     | Rotušės aikštė (šalia Rotušės)                                                   | X 6060984, Y 582977           |
| 57.                                                     | Žirmūnų g. 70                                                                    | X 6065514, Y 583928           |
| 58.                                                     | P. Lukšio g. 34                                                                  | X 6064537, Y 583848           |
| 59.                                                     | Antakalnio g. 70                                                                 | X 6064478, Y 584634           |
| 60.                                                     | Dariaus ir Girėno g. 16                                                          | X 6059139, Y 582177           |
| 61.                                                     | Vikingų g. 1                                                                     | X 6057959, Y 582661           |
| 62.                                                     | Juodasis kl. 35                                                                  | X 6059239, Y 586616           |

Planuojama, kad ateityje šios įkrovimo stotelės bus apmokestintos. Elektromobilių įkrovimo kaina prieigoje bus skaičiuojama už naudojimo laiką.

Taip pat įkrovimo stoteles įrengė SI „Susisiekimo paslaugos“ požeminėse automobilių įkrovimo aikštelėse: Gedimino pr. 9A ir Tiltų g. .

**2.2 lentelė.** Viešos elektromobilių įkrovimo vietos (sudaryta autorės, 2018)

| Nr. | Adresas         | Koordinatės (LKS94), m |
|-----|-----------------|------------------------|
| 1.  | Gedimino pr. 9A | X 6062021, Y 582527    |
| 2.  | Tiltų g. 14     | X 6062125, Y 582700    |

Stotelėse, kurios yra įrengtos požeminėse automobilių stovėjimo aikštelėse įkrovimas nemokamas, tačiau automobilio stovėjimas yra apmokestintas.

## **2.3 Elektromobilių įkrovimo stotelių tinklo išdėstymas, taikant GIS technologijas**

Elektromobilių tinklo plėtros modeliavimui papildomai svarbu atsižvelgti į elektromobilių įkrovimo lygius. Jų yra trys:

- Lėtas krovimas (iki ~3 kW, apie 8–12 valandų);
- Greitas krovimas (7–22 kW, apie 3–6 valandų);
- Itin greitas krovimas (43–50, apie 30–60 minučių).

Vidutinė elektromobilių baterijos talpa yra apie 21 kWh.

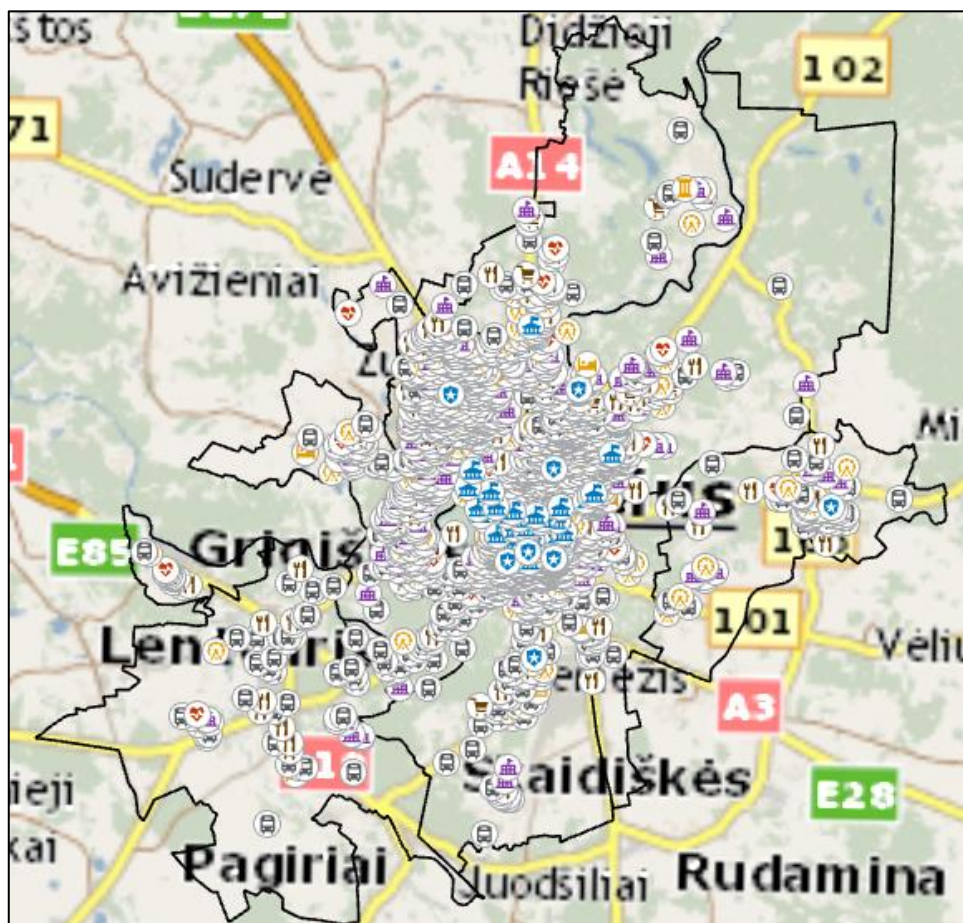
Itin greitas krovimas yra geriausiai tinkamas naudoti viešose įkrovimo stotelėse. Kraunant elektromobilį tokio tipo stotelėje visiškai baterijos įkrovimui reikia 45–60 minučių (prielaida, kad yra netinkamos oro sąlygos, baterijos būklė ir kt.). Priimančios tokias sąlygas viena įkrovimo stotelė per parą gali aptarnauti apie 48 automobilius.

Vadovaujantis V. Adomavičiaus 2011 studija „Elektromobiliai ir jų plėtros perspektyvos“ mūsų šalyje vidutinis lengvojo automobilio kilometražas turėtų būti apytiksliai 35 km per dieną. Vienos įkrovos elektromobilio kilometražas yra apytiksliai 161 km. To sekoje vidutiniškai elektromobilio baterija išseks kas 4 dienas.

Vertinant 2019-01-01 duomenis Vilniaus mieste buvo įregistruoti 512 vienetai elektromobilių. Įvertinus vienos dienos lengvojo automobilio ir elektromobilio įkrovos kilometražus per dieną Vilniaus mieste galimai susidarys 128 vnt. elektromobilių, kurių baterijos yra pilnai išsekusios.

Priimant prielaidą, kad Vilniaus mieste šiuo metu veiktų 64 viešos įkrovimo stotelės, ir tai, kad kiekviena iš jų aptarnautų 48 automobilius per parą, iš viso gauname, kad visi 64 įkrovimo punktai kartu per dieną gali aptarnauti 3072 automobilius. Planuojamam elektromobilių įkrovimo stotelių skaičiui ir esamam elektromobilių kiekiui įkrovimo stotelių turėtų visiškai pakakti, esant idealioms sąlygoms.

GIS analizės pagrindui yra parinkti duomenys apie įmones, vykdančias veiklas Vilniaus miesto teritorijoje. 2016–2018 metų duomenimis veiklą vykdo 3315 įmonės. Daugiausiai Vilniaus mieste yra maitinimo įstaigų – 710 įmonių ir įmonių susijusių su transporto veikla, pavyzdžiui, autoservisai – 610 įmonių (2.4 pav.).



2.4 pav. Įmonės, vykdančios veiklą Vilniaus mieste (parengta autorės, 2019)

Iš 2.4 pav. matoma, kad daugiausiai įmonių yra pasiskirstę Vilniaus miesto centre.

*ArcGIS Pro* programoje buvo sukurti 13-ka skirtingų elementų sluoksnių. 12 elementų sluoksnių nurodo įmones, vykdančias įvairią veiklą Vilniaus mieste, ir 1 elementų sluoksnis – viešų ir nemokamų elektromobilių įkrovimo stotelės (2.3 lentelė.).

**2.3 lentelė.** Elementų sluoksniai (sudaryta autorės, 2019)

| Duomenų sluoksnis                              | Tipas    | Paskutinis duomenų atnaujinimas |
|------------------------------------------------|----------|---------------------------------|
| Bankai, paštai                                 | Taškinis | 2018-02-15                      |
| Apgyvendinimo paslaugos                        | Taškinis | 2018-02-15                      |
| Ambasados                                      | Taškinis | 2018-02-15                      |
| Vaistinės                                      | Taškinis | 2018-02-15                      |
| Policija                                       | Taškinis | 2018-02-15                      |
| Mokymo įstaigos                                | Taškinis | 2018-02-15                      |
| Medicinos įstaigos                             | Taškinis | 2018-02-15                      |
| Maitinimo paslaugos                            | Taškinis | 2018-02-15                      |
| Lankytini objektai                             | Taškinis | 2018-02-15                      |
| Laisvalaikis                                   | Taškinis | 2018-02-15                      |
| Transportas                                    | Taškinis | 2018-02-15                      |
| Prekybos centrai                               | Taškinis | 2016-08-10                      |
| Esamos ir planuojamos stotelės Vilniaus mieste | Taškinis | 2019-12-05                      |

Analizės metu buvo vertinamas elektromobilių įkrovimo stotelių poreikis ne pagal esamą elektromobilių skaičių, o pagal esamą įmonių skaičių bei pagal didžiausią žmonių srautą per dieną jose.

Visiems 12-kai Vilniaus miesto įmonių elementų sluoksnių buvo suteikti svertiniai balai pagal jų teigiamą ar neigiamą įtaką elektromobilių įkrovimo stotelių lokacijai. Teigiama ar neigiama įtaka yra vertinama pagal kasdienį miesto gyventojų srautą tam tikros sritys įmonėse. Kiekvienos elementų sluoksnių vertinimo sistema buvo suskirstyta į šias kategorijas: aukštas tinkamumas (5 balai), vidutinio tinkamumo (3 balų), mažas tinkamumas (1 balas) (2.4 lentelė.).

**2.4 lentelė.** Tinkamumo balai (sudaryta autorės, 2019)

| <b>Duomenų sluoksnis</b> | <b>Tinkamumo balas</b> |
|--------------------------|------------------------|
| Bankai, paštai           | 5                      |
| Apgyvendinimo paslaugos  | 1                      |
| Ambasados                | 1                      |
| Vaistinės                | 5                      |
| Policija                 | 3                      |
| Mokymo įstaigos          | 3                      |
| Medicinos įstaigos       | 5                      |
| Maitinimo paslaugos      | 5                      |
| Lankytini objektai       | 3                      |
| Laisvalaikis             | 5                      |
| Transportas              | 1                      |
| Prekybos centrai         | 5                      |

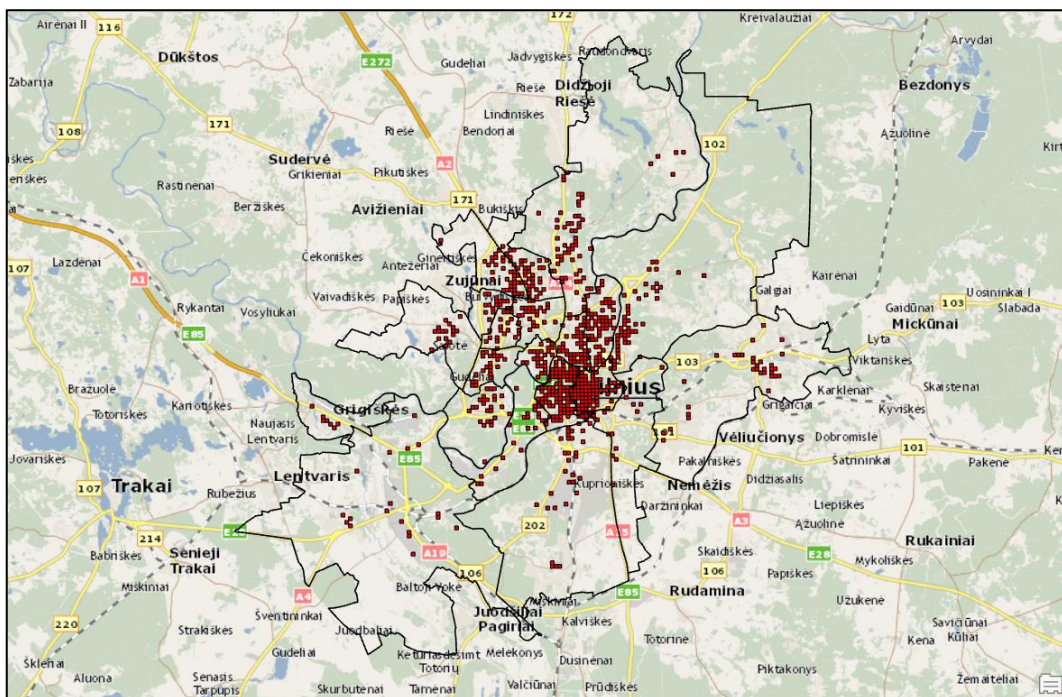
Aukšto tinkamumo balai buvo priskirti prekybos centrams, medicinos įstaigoms, bankams, paštams, vaistinėms, maitinimo paslaugoms ir laisvalaikiui. Šios vietos yra dideli traukos centrai visuomenei. Policija, mokymosi įstaigos, lankytini objektai yra vidutinio tinkamumo vietos. Mažo tinkamumo teritorijos yra priskirtos transportui, ambasadoms ir apgyvendinimo paslaugoms.

### 3. ELEKTROMOBILIŲ ĮKROVIMO STOTELIŲ TINKLO PLĖTROS MODELIAVIMAS VILNIAUS MIESTE, TYRIMO REZULTATAS IR ANALIZĖ

Remiantis daugiakriteriu metodu *ArcGIS Pro* programoje yra modeliuojama galima elektromobilių įkrovimo stotelių infrastruktūra Vilniaus mieste. Rezultatas turi atitikti Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2015-05-06 įsakymo Nr. 3-173(1.5 E) „Dėl viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairių patvirtinimo“ numatytus punktus.

#### 3.1. Elektromobilių įkrovimo stotelių modeliavimas *ArcGIS Pro* programoje

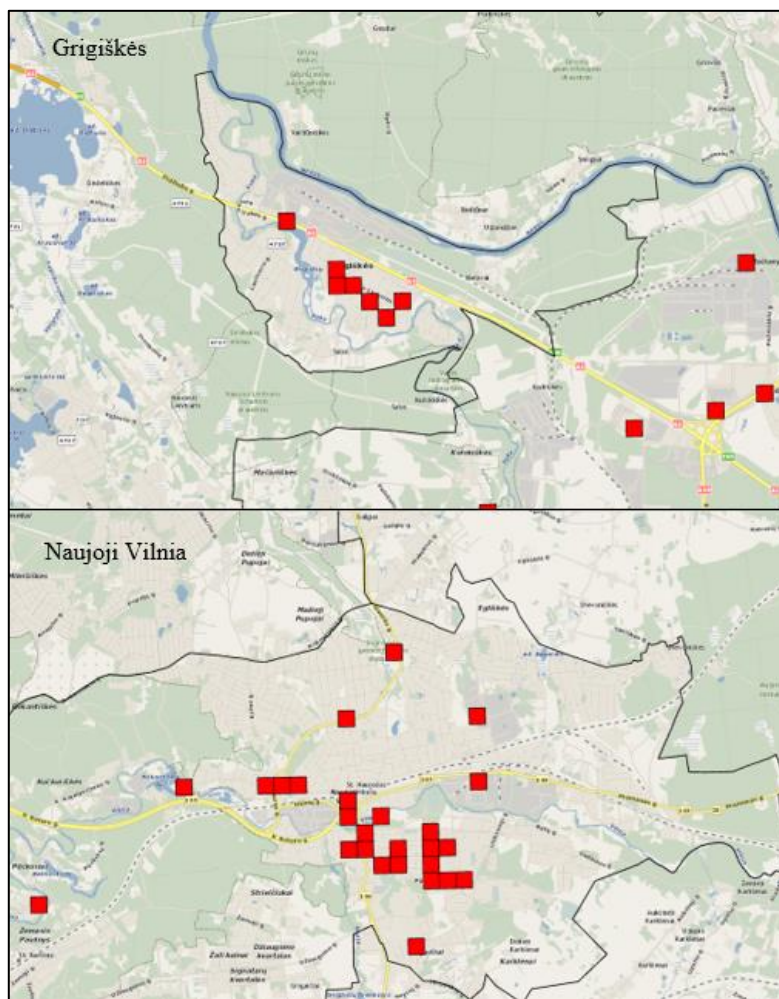
Naudojant *ArcGIS Pro* programinę įrangą buvo sukurti trys atskiri tinkeliai pagal priskirtą tinkamumo rodiklį (3.1, 3.3, 3.4 pav.). Tinklelio modeliavimui buvo naudojamas įrankis „Grid Index Features“. Remiantis Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2015-05-06 įsakymo Nr. 3-173(1.5 E) „Dėl viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairių patvirtinimo“ 19.1 p. tinklelio celės dydis buvo priimtas 300x300 m.



3.1 pav. Aukšto tinkamumo tinklelis (parengta autorės, 2019)

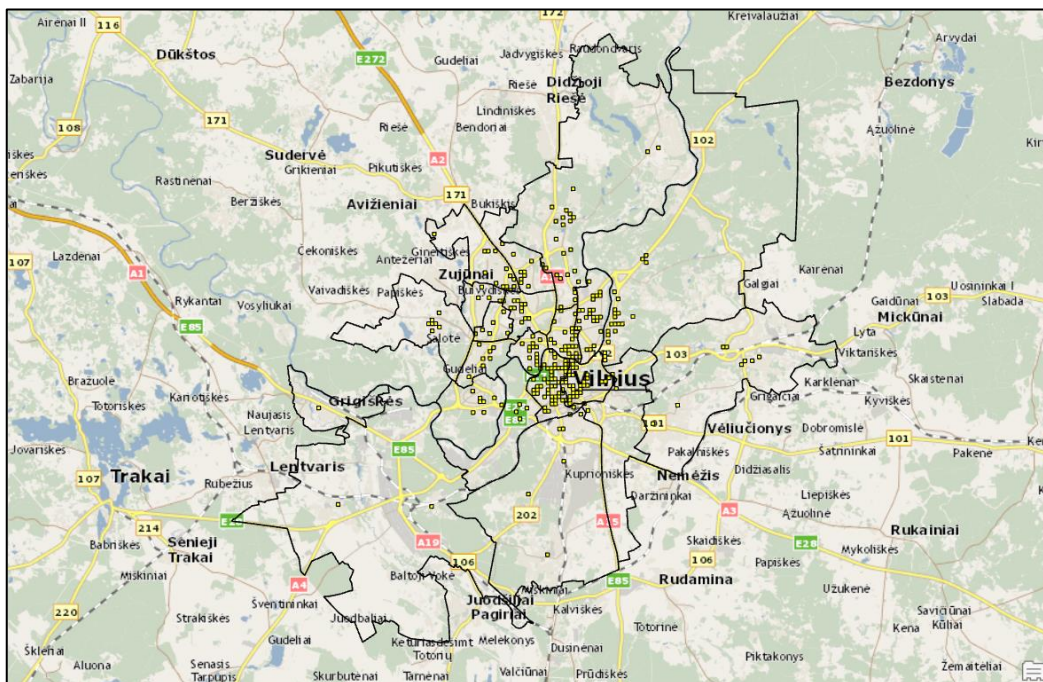
3.1 pav. matomas tinklelis, kuris yra sumodeliuotas atsižvelgiant į aukšto tinkamumo balą. Šį tinklelį sudaro 755 celės. Tankiausias užpildymas tenka centrinei miesto daliai. Taip pat pastebima tendencija jog daugiau tinkamų vietų įkrovimo stotelėms yra išskiriama šiaurės vakarų pusėje nei pietryčių Vilniaus miesto dalyje.

Papildomai vertinant sumodeliuotą rezultatą matoma, kad tankesnis elektromobilių įkrovimo stotelių pasiskirstymas tenka ir tolimesniems nuo centro mikrorajonams (3.2 pav.).



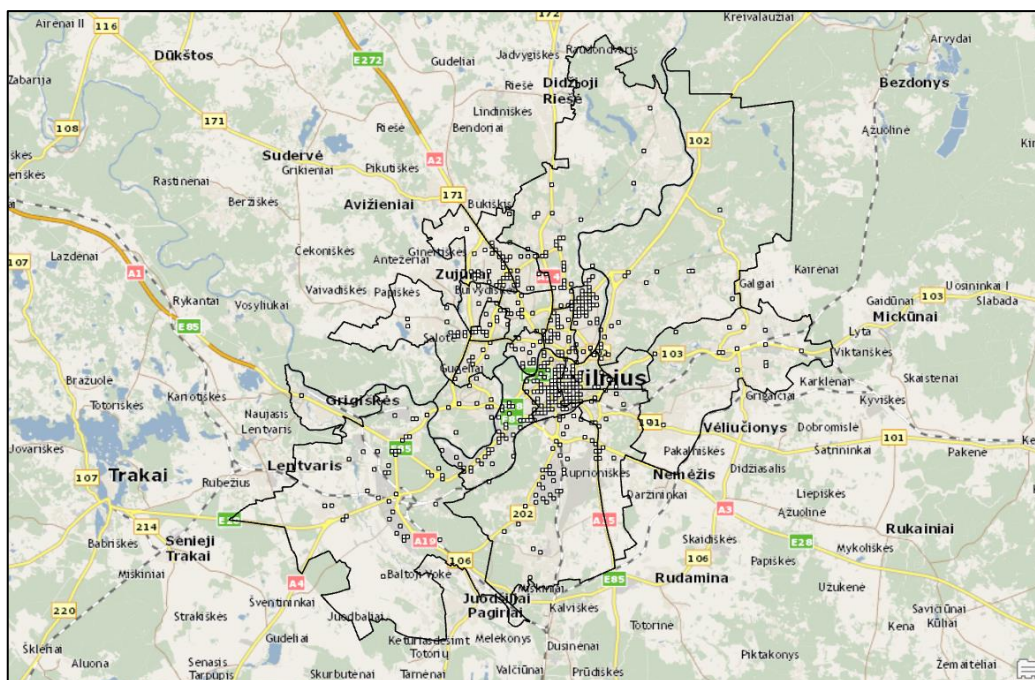
**3.2 pav.** Elektromobilių įkrovimo stotelių tinklas (parengta autorės, 2019)

3.2 pav. matoma, kad pasitelkiant tinkamumo rodiklius, elektromobilių įkrovimo stotelių tinkamiausios lokacijos išskiriamos taip pat Grigiškių bei Naujosios Vilnios mikrorajonuose. Šios gyvenvietės nors yra tolimesnės nuo Vilniaus centro, bet taip pat yra tankiai apgyvendintos. Svarbu, kad įkrovimo stotelės būtų paskirstytos ne tik tolygiai miesto centre, bet proporcingai per visą Vilniaus miestą.



**3.3 pav.** Vidutinio tinkamumo tinklelis (parengta autorės, 2019)

3.3 pav. matomas sumodeliuotas tinklelis, atsižvelgiant į vidutinio tinkamumo balą. Ši tinklę sudaro 281 celės, kurios daugiausiai yra išsidėstę Vilniaus miesto centre bei šiaurės vakarų pusėje. Taip pat matoma, kad keletas įkrovimo stotelių yra sumodeliuojamos Grigiškių bei Naujosios Vilnios mikrorajonuose.

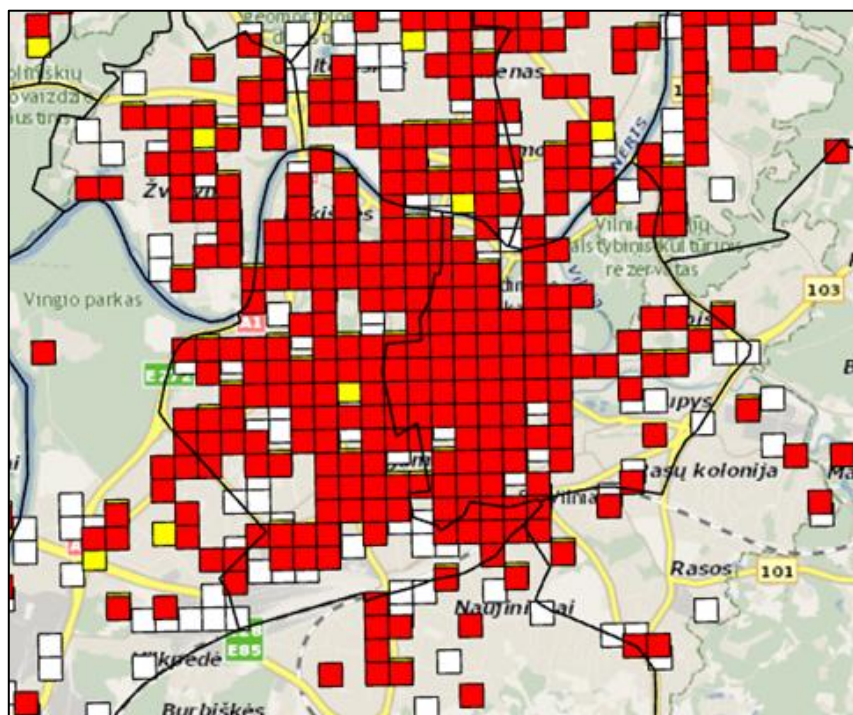


**3.4 pav.** Mažo tinkamumo tinklelis (parengta autorės, 2019)

3.4 pav. matomas sumodeliuotas tinklėlis, atsižvelgiant į mažo tinkamumo balą. Ši tinklėlį sudaro 486 celės. Tankiausiai užpildoma centrinė Vilniaus miesto dalis. Be to išskiriamos pavienės elektromobilių įkrovimo stotelių lokacijos. Daugiausiai jų tenka pietvakarių Vilniuje.

Lyginant tinklėlius tarpusavyje matoma, kad Vilniaus mieste veikiančios įmonės tankiausiai yra išsidėsčiusios centrinėje miesto dalyje. Įmonių priskyrimas tam tikram tinkamumui yra reikalingas tam, kad Vilniaus miesto centre įkrovimo stotelių nebūtų per didelis kiekis.

Bendrame modeliavimo rezultate yra išskiriamos 755 aukšto, 281 vidutinio ir 486 mažo tinkamumo vietos elektromobilių įkrovimo stotelėms Vilniaus mieste (3.5 pav.).



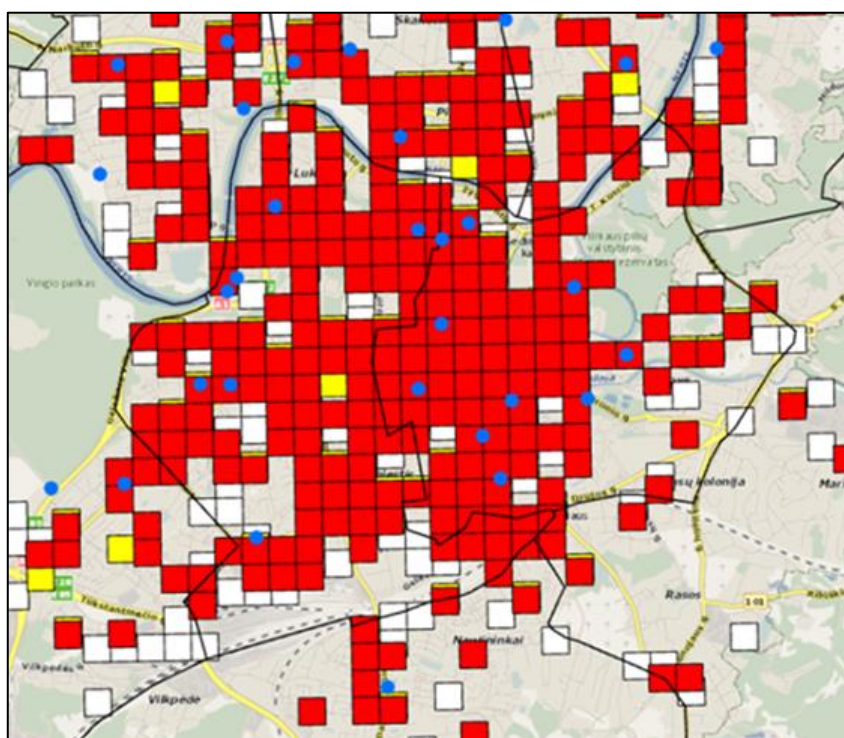
**3.5 pav.** Tinkamiausios įkrovimo stotelių lokacijos Vilniaus mieste (parengta autorės, 2019)

Naudojant tinkamumo vertinimą matoma, kad tinkamiausios vietos elektromobilių įkrovimo stotelių įrengimui yra Senamiesčio ir Naujamiesčio seniūnijos. Tolygus, tankus įkrovimo stotelių išsidėstymas kas 300 m centrinėje miesto dalyje atitinka Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2015-05-06 įsakymą Nr. 3-173(1.5 E) „Dėl viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairių patvirtinimo“, kuriame teigiama, kad tankiausias užpildymas įkrovimo stotelėmis turi tekti centrinei miesto daliai.

GIS pagalba naudota daugiakriterė metodika yra skirta sukurti sprendimą įkrovimo stotelių išdėstymui teritorijoje. Metodikoje daugiausia dėmesio skiriama Vilniaus mieste esamų įmonių paklausos įvertinimui gyventojų srauto jose atžvilgiu ir papildomai įvertinamas maksimalus galimas atstumas tarp įkrovimo stotelių. Tokiu būdu yra sukuriamas sudėtinis rezultatas, kurio pagalba galima nustatyti tinkamiausias vietas įkrovimo stotelėms.

### 3.2. Tyrimo rezultato analizė ir išvados

Papildomai analizei atlikti sumodeliuotas rezultatas *ArcGIS Pro* programoje yra lyginimas su elektromobilių įkrovimo stotelėmis Vilniaus mieste, kurias planuojama įrengti iki 2020 m.. Žemėlapyje aukščiau minėtos stotelės yra pažymėtos mėlynais taškais (3.6 pav.).



**3.6 pav.** Planuojamų ir modeliujamų vietų įkrovimo stotelėms palyginimas (parengta autorės, 2019)

Matoma, kad planuojamas užpildymas miesto centre nėra pakankamas lyginant su modeliujamu įkrovimo stotelių modeliu.

VĮ Regitra duomenimis 2019 m. kovo 01 d. Vilniaus mieste visų įregistruotų transporto priemonių skaičius siekė 342890. Priimant viziją, kad visos transporto priemonės su vidaus degimo varikliais ateityje bus pakeistos elektra varomais varikliais daroma, išvada, kad Vilniaus

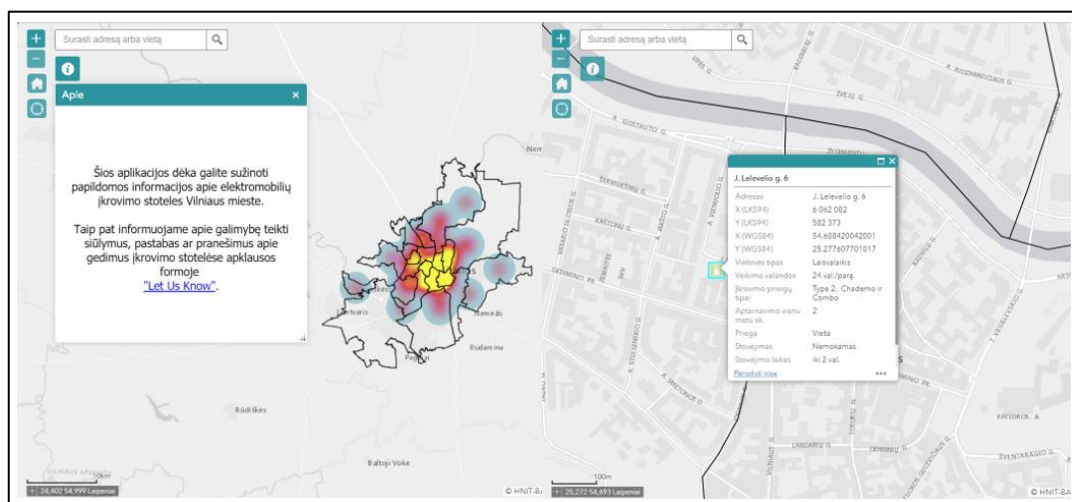
miestui neužtektų 755 elektromobilių įkrovimo stotelių. Nepaisant to, kad vienoje įkrovimo stotelėje tuo pačiu metu galima įkrauti du automobilius, o per parą aptarnauti 36240, esant dabartiniam transporto priemonių skaičiui ir juos visus pakeičiant elektromobiliais per parą susidarytų apie 85723 įkrovimo reikalaujantys elektromobiliai – tai yra beveik 2,5 karto daugiau nei galimas efektyvus aptarnavimas.

Prieinama prie prielaidos, kad kiekvienoje parinktoje lokacijoje turėtų būti įrengta ne viena elektromobilių įkrovimo įranga, o mažiausiai 3. Esant 2265 įkrovimo stotelėms aptarnavimas vyktų efektyviai.

### 3.3. Papildomi įrankiai efektyviam infrastruktūros naudojimui

Elektromobilių krovimo infrastruktūra turi būti ne tik tinkamai išdėstyta ar efektyviai aptarnauti tam tikra vartotojų kiekį. Elektromobilių įkrovimo tinklas turi būti šiuolaikiškas, įdomus bei priimtinas šių dienų vartotojui. Kadangi šiuolaikinis žmogus yra įpratęs naudoti įvairias programėles kasdieniame gyvenime yra siūloma diegti aplikacijas taip pat ir elektromobilių infrastruktūroje.

Pirmasis papildomas įrankis Vilniaus elektromobilių infrastruktūrai gerinti yra siūloma naudoti bendrą aplikaciją „Įkrovimo stotelių žemėlapis“ (3.7 pav.) <http://bit.ly/2vJurkh>, kurioje kiekvienas vartotojas galėtų sužinoti įvairią informaciją apie elektromobilių įkrovimo stoteles Vilniaus mieste.



3.7 pav. Aplikacija „Įkrovimo stotelių žemėlapis“ (parengta autorės, 2019)

Šios aplikacijos dėka vartotojas gali įvertinti ne tik, kuris įkrovimo punktas yra artimiausias jam, bet ir sužinoti apie įkrovimo stotelės veikimo valandas arba apie maksimalų stovėjimo laiką įkrovimo stovėjimo vietoje.

Dažnai elektromobilių vartotojai susiduria su įkrovimo punktų gedimais, todėl antrasis iš siūlymų yra naudoti vartotojų apklausos formą. Tokiu būdu yra sudaroma galimybė vartotojui bendradarbiauti, teikti savo siūlymus ar pranešti apie gedimą.

*Survey123 for ArcGIS* yra paprastas ir intuityvus formomis pagrįstas duomenų rinkimo ir apklausų vykdymo sprendimas, leidžiantis kurti, bendrinti ir analizuoti apklausas. Ant kiekvienos įkrovimo stotelės turėtų būti brūkšninio kodo lipdukas (3.8 pav.).



**3.8 pav.** Apklausos brūkšninis kodas (parengta autorės, 2019)

Vartotojas nuskaitęs lipduką galės užpildyti trumpą apklausą „Let Us Know“ <https://arcg.is/1mL40y> (3.9 pav.), kurios dėka informuotų prižiūrinčią įstaigą apie gedimą ar tiesiog pateiktų savo siūlymus.

# Let us know

Šios apklausos pagalba norime gerinti elektromobilių įkrovimo stotelių infrastruktūros veikimą ir plėtrą.

## Įvykio laikas\*

2019-05-06

16:23

## Jūsų vieta?\*

## Įvykio fotofiksacija

Norėdami pasirinkti failą atvaizdas, spauskite čia. (<10MB)

## Pastabos\*

1000

## Infrastruktūros įvertinimas\*

Pateikti

**3.9 pav.** Apklausa „Let Us Know“ (parengta autorės, 2019)

Tokios aplikacijos dėka būtų skatinimas grįžtamas ryšys iš vartotojų. Būtų žinomos problemos, siūlymai. Respondentų pateiktus atsakymus galima būtų analizuoti grafikų, lentelių ir žemėlapių pavidalu. Taip pat atsakymai pateikti apklausoje visada bus surišti prie tam tikros vietovės. Esant poreikiui, atsakymus galima išeksportuoti į atskirą norimo formato failą, pvz., CSV.

## IŠVADOS

1. Elektromobiliai yra ekologiška alternatyva transportui su vidaus degimo varikliais. Mažinant CO<sub>2</sub> emisijas yra mažinamos klimato kaitos pasekmės. Tačiau kol kas šiuolaikinėje visuomenėje tai yra tik teorija, kuri yra sunkiai pritaikoma realybėje. Kasdienis vartotojas susiduria su dviem ekologiškų alternatyvų trūkumais. Visų pirma tai yra nepatogus pritaikymas, o visų antra kainos santykis tarp tvarių ir netvarių produktų dažniausiai yra tiesiog per didelis tam, kad vidutines pajamas gaunantis asmuo rinktųsi aplinkai draugišką produktą.
2. Technologijų dėka elektromobiliai yra tvari alternatyva automobiliams su vidaus degimo varikliai. Šiuo metu jie yra vis tobulinami ir gerinami. Kiekvienais metais su vienu baterijos įkrovimu jie gali nuvažiuoti vis didesnę kilometražą. Nepaisant naujinimų ir tobulinimų tai nėra paklausus produktas Lietuvos rinkoje. Vartotojai vangiai renkasi įsigyti elektromobilį dėl tokių priežasčių kaip aukšta kaina, įkrovimo stotelių tinklo ir skatinimo iš valdžios pusės trūkumo.
3. Iki 2020 m. planuojama, kad Vilniaus mieste veiks 64 greito krovimo viešos elektromobilių įkrovimų stotelės. Vilniaus miesto savivaldybėje 2019 m. sausio 1 d. įregistruotų elektromobilių skaičius siekė 512. Planuojamų elektromobilių įkrovimo stotelių turėtų užtekti pakrauti 6 kartus daugiau elektra varomų automobilių, nei jų yra įregistruota dabar.
4. Priimant viziją, kad visos vidaus varikliais varomos priemonės bus pakeistos elektra varomomis baterijomis, 64 įkrovimo stotelių neužtektų aptarnauti 342890 Vilniaus mieste įregistruotų transporto priemonių VĮ Regitra 2019 m. kovo 01 d. duomenimis.
5. GIS įrankio pagalba buvo modeliuojamas efektyviausia elektromobilių įkrovimo stotelių infrastruktūra. Tyrimui atlikti buvo parinktas daugiakriteris metodas ir įvertinti aspektai tokie kaip: Vilniaus mieste įregistruotos įmonės, žmonių srautas per dieną jose bei Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2015-05-06 įsakymo Nr. 3-173(1.5 E) „Dėl viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairių patvirtinimo“ 19.1 p., kuriame nurodoma, kad atstumas tarp įkrovimo stotelių turi būti ne didesnis kaip 300 m. Skirtingo pobūdžio įmonėms buvo priskirti svertiniai balai

pagal jų teigiamą ar neigiamą įtaką elektromobilių įkrovimo stotelių lokacijai. Naudojant *ArcGIS Pro* programinę įrangą, buvo sukurti trys atskiri tinkleliai pagal priskirtą tinkamumo rodiklį. Įmonių priskyrimas tam tikram tinkamumui yra reikalingas tam, kad Vilniaus miesto centre įkrovimo stotelių nebūtų per didelis kiekis.

6. Rezultate yra išskiriamos 755 tinkamiausios vietos elektromobilių įkrovimo stotelėms Vilniaus mieste. Tankiausias užpildymas tenka Senamiesčio ir Naujamiesčio seniūnijoms.
7. Norint efektyviai aptarnauti 342890 vartotoją 755 įkrovimo vietose turėtų būti įrengti 3 įkrovimo punktai, kurie vienu metu galėtų aptarnauti 6 elektromobilius.

# LITERATŪROS SĄRAŠAS

- Alegre, S., Miguez, J. V., Carpio, J. 2017. Modelling of electric and parallel-hybrid electric vehicle using Matlab/Simulink environment and planning of charging stations through a geographic information system and genetic algorithms. *Journal Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 1020-1027. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117303660>
- Altaweel, M. 2016. How GIS is Helping Electric Cars on the Road. GISLOUNGE. Prieiga per internetą: <https://www.gislounge.com/gis-helping-electric-cars-road/>
- Barbarossa, C., De Pelsmacker, P., Moons, I. 2017. Personal Values, Green Self-identity and Electric Car Adoption. *Journal Ecological Economics*, 140, 19-200. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800916307261>
- Braz, M., Moura, F. 2016. Electric vehicle diffusion in the Portuguese automobile market. *International Journal of Sustainable Transportation*, 10, 49-64. Prieiga per internetą: [https://www.researchgate.net/publication/271625618\\_Electric\\_Vehicle\\_Diffusion\\_in\\_the\\_Portuguese\\_Automobile\\_Market](https://www.researchgate.net/publication/271625618_Electric_Vehicle_Diffusion_in_the_Portuguese_Automobile_Market)
- Covert T., Greenstone, M., Knittel, Ch. R. 2016. We Ever Stop Using Fossil Fuels? *Journal of Economic Perspectives*, 30, 117-138. Prieiga per internetą: <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.30.1.117>
- De Gennaro, M., Paffumi, E., Scholz, H., Martini, G. 2014. GIS-driven analysis of e-mobility in urban areas: An evaluation of the impact on the electric energy. *Journal Applied Energy*, 124, 94-116. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261914002256>
- Dong, J.; Liu, C.; Lin, Z. 2014. Charging infrastructure planning for promoting battery electric vehicles: An activity-based approach using multiday travel data. *Journal Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 38, 44-55. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X13002283>
- Eismoinfo 2019. Žemėlapis. Prieiga per internetą: <http://eismoinfo.lt/#/>

- European Automobile Manufacturers Association 2013. Electric Vehicles. Prieiga per internetą: <https://www.acea.be/>
- Europos komisija 2011. Bendros Europos transporto erdvės kūrimo planas. Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos transporto sistemos kūrimas. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0144&from=SL>
- He, J., Yang, H., Tang, T., Q., Huang, H., J. 2017. An optimal charging station location model with the consideration of electric vehicle's driving range. Journal Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 86, 641-654. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X17303558>
- Illgen, S., Hock, M. 2018. Electric vehicles in car sharing networks – Challenges and simulation model analysis. Journal Transportation Research Part D: Transport and Environment, 63, 377-387. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920918300865>
- Insideevs 2019. 10% Of Norway's Passenger Vehicles Are Plug Ins. Prieiga per internetą: <https://insideevs.com/news/341060/10-of-norways-passenger-vehicles-are-plug-ins/>
- Ižarikova, G. 2014. Using of multi-criterial evaluation methods to assess position of the object in the market. Acta Logistica, 1, 3, 17-22.
- Jobson, E., Rong, L.J. 2013. Development of electromobility in public transport. Sustainable Urban Transport, September, 22-29.
- Kamiya, M. 2005. Development of traction drive motors for the Toyota Hybrid System, e-mobile, 2005/321, p. 1-8.
- Kulawiak, M., Lubniewski, Z. 2014. SafeCity — A GIS-based tool profiled for supporting decision making in urban development and infrastructure protection. Journal Technological Forecasting and Social Change, 89, 174-187. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162513002163>
- Lane, B., Potter, S. 2007. The adoption of cleaner vehicles in the UK: exploring the consumer attitude–action gap. Journal of Cleaner Production, 15, 1085-1092. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652606002472?via%3Dihub>

- Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija 2017. Įsakymas dėl viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairių patvirtinimo. 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)
- Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija 2019. Elektromobilių skaičius Lietuvoje. Prieiga per internetą: <https://sumin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/kita-veikla/pletra-ir-inovacijos/elektromobiliu-skaicius-lietuvoje>
- Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija 2018. Elektromobilių infrastruktūros plėtra. Prieiga per internetą: <https://sumin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/kita-veikla/pletra-ir-inovacijos/elektromobiliu-infrastrukturos-pletra>
- Lietuvos Respublikos ūkio ministerija, Lietuvos Respublikos energetikos ministerija, Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija 2012. Kompleksinė elektromobilių transporto plėtros galimybių studija. Prieiga per internetą: [https://sumin.lrv.lt/uploads/sumin/documents/files/Veikla/Kita%20veikla/Kompleksine%20EM%20transporto%20pletros%20galimybiu%20studija%20min\\_\(1\).pdf](https://sumin.lrv.lt/uploads/sumin/documents/files/Veikla/Kita%20veikla/Kompleksine%20EM%20transporto%20pletros%20galimybiu%20studija%20min_(1).pdf)
- Mahmud, K., Town, G. E., 2016. A review of computer tools for modeling electric vehicle energy requirements and their impact on power distribution networks. Journal Applied Energy, 172, 337-359. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261916304275>
- Maia, S. C., Teicher, H., Meyboom, A. 2015. Infrastructure as social catalyst: Electric vehicle station planning and deployment. Journal Technological Forecasting and Social Change, 100, 53-65. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162515002826>
- Masoumi, H. E. 2014. A theoretical approach to capabilities of the traditional urban form in promoting sustainable transportation. Theoretical and Empirical Researches in Urban Management, 9, 44-60.
- Miao, K., Liu, Y. 2016. Development Status and Characteristics of Electric Vehicle Infrastructure in Beijing. Prieiga internete: <http://dpi-proceedings.com/index.php/dtees/article/viewFile/5855/5470>

- Micari, S., Polimeni, A., Napoli, G., Andaloro, L., Antonucci, V. 2017. Electric vehicle charging infrastructure planning in a road network. *Journal Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 98-108. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117306603>
- Ministry of Economics Affairs 2017. Vision on the charging infrastructure for electric transport. Prieiga per internetą: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2017/05/Vision%20on%20the%20charging%20infrastructure%20for%20electric%20transport.pdf>
- Money Guider Irland 2019. Electric Cars in Ireland – Some Facts and Figures. Prieiga per internetą: <http://www.moneyguideireland.com/electric-cars-facts-figures.html>
- Newman, P., Kenworthy J., 2006. Urban Design to Reduce Automobile Dependence, *Opolis*, 1, 2, 1, p. 35-52.
- Pasaoglu G.; Honselaar M.; Thiel C. 2012. Potential vehicle fleet CO2 reductions and cost implications for various vehicle technology deployment scenarios in Europe. *Energy Policy* 40, 404-421.
- Petschnig M.; Heidenreich S.; Spieth P. 2014. Innovative alternatives take action -Investigating determinants of alternative fuel vehicle adoption. *Transportation Research Part A* 61, 68-83.
- Raslavičius, L., Azzopardi, B., Krepsys, A., Starevičius, M., Bazaras, Ž., Makaras, R. 2014. Electric vehicles challenges and opportunities: Lithuanian review. *Journal Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 786-800. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114009010>
- Rye, C. A Short History of Electric Vehicles and Charging Technology. Prieiga internete: <http://evauthority.com/a-short-historyof-electric-vehicles-and-charging-technology/>
- Roisin, B. R. 2010. Electric Car. Where the technology stands. Challenges, examples. Prieiga internete: [http://engineering.dartmouth.edu/~Benoit\\_R\\_Roisin/courses/engs37/electric-vehicle.pdf](http://engineering.dartmouth.edu/~Benoit_R_Roisin/courses/engs37/electric-vehicle.pdf)
- Saniuk, S., Saniuk, A., Lenort, R., Samolejova, A., 2014. Formation and planning of virtual production networks in metallurgical clusters, *Metalurgija*, 53, 4, 25-727.

- Benjamin, K.S. 2009. Rejecting renewables: The socio-technical impediments to renewable electricity in the United States. *Journal Energy Policy*, 37, 4500-4513. Prieiga internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509004212?via%3Dihub>
- Statista 2019. Number of charging stations for electric cars in Norway from 2011 to 2018, by type. Prieiga per internetą: <https://www.statista.com/statistics/696548/number-of-electric-car-charging-stations-in-norway-by-type/>
- Straka, M., Balog, M. 2014. What way determine the correct allocation and layout for the needs of parking freight design in concrete region. *Acta Logistica*, 1, 4, 9-16.
- Straka, M., Bindzar, P., Kadukova, A. 2014. Utilization of the multicriteria decision-making methods for the needs of mining industry, *Acta Montanistica Slovaca*, 19, 4, 199-206. Prieiga per internetą: [https://actalogistica.eu/issues/2015/III\\_2015\\_04\\_Straka\\_Chovan.pdf](https://actalogistica.eu/issues/2015/III_2015_04_Straka_Chovan.pdf)
- Straka, M., Chovan, T., Bindzar, P., Žatkovič, E., Hricova, R. 2015. Possibilities and limitations of electromobility utilization. *Applied Mechanics and Materials*, 708, 159-164.
- Szabo, S., Ferencz, V., Pucihar, A. 2013. Trust, Innovation and Prosperity. *Quality Innovation Prosperity, Kvalita Inovácia Prosperita*, 17, 2, 1-8.
- Thananusak, T., Rakthin, S., Tavewatanaphan, T., Punnakitikashem, P. 2017. Factors affecting the intention to buy electric vehicles: Empirical evidence from Thailand. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, 9. Prieiga internete: [https://www.researchgate.net/publication/323215580\\_Factors\\_affecting\\_the\\_intention\\_to\\_buy\\_electric\\_vehicles\\_Empirical\\_evidence\\_from\\_Thailand](https://www.researchgate.net/publication/323215580_Factors_affecting_the_intention_to_buy_electric_vehicles_Empirical_evidence_from_Thailand)
- Twidell, J., Weir, T., 2016. *Renewable Energy Resources*, second edition, Taylor & Francis, 581.
- Wilberforce, T., El-Hassan, Z., Khatib, F.N., Al Makky, A., Baroutaji, A. 2017. Developments of electric cars and fuel cell hydrogen electric cars. *Journal International Journal of Hydrogen Energy*, 42, 2569525734. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036031991732791X>
- Winkler, R., Moczulska, M. 2014. Quality of service and conditions of customer satisfaction measurement. *Acta Logistica*, 1, 3, 23- 26.

- Witkowski, K., Saniuk, S. 2011. Aspect of logistics management of the city infrastructure, *Logistyka*, 41, 2, 589-600.
- Wu G., Inderbitzin A., Bening C. 2015. Total cost of ownership of electric vehicles compared to conventional vehicles: Aprobabilistic analysis and projection across market segments. *Energy Policy* 80 (2015) 196-214.
- Xydis, G., Nanaki, E. 2015. Wind Energy Based Electric Vehicle Charging Stations Sitting. A GIS/Wind Resource Assessment Approach . Prieiga per internetą: <http://www.mdpi.com/2078-1547/6/2/258>
- Wu, H., Niu, D. 2017. Study on Influence Factors of Electric Vehicles Charging Station Location Based on ISM and FMICMAC. *Open Access Journal* 9(4), 1-19. Prieiga per internetą: <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v9y2017i4p484-d93956.html>
- Zhang, Y., Iman, K. 2018. A multi-factor GIS method to identify optimal geographic locations for electric vehicle (EV) charging stations. Prieiga per internetą: [https://www.researchgate.net/publication/325187137\\_A\\_multi-factor\\_GIS\\_method\\_to\\_identify\\_optimal\\_geographic\\_locations\\_for\\_electric\\_vehicle\\_EV\\_charging\\_stations](https://www.researchgate.net/publication/325187137_A_multi-factor_GIS_method_to_identify_optimal_geographic_locations_for_electric_vehicle_EV_charging_stations)

## **PRIEDAI**

- Pateiktų publikacijų sąrašas:

Grigorjeva, E.; Sužiedelytė Visockienė, J. 2019. Elektromobilių tinklo plėtros modeliavimas geografinėmis informacinėmis sistemomis. 22-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos "Civilinė inžinerija ir geodezija", vykusios 2019 m. kovo 29 d. Vilniuje, straipsnis (straipsnis priimtas spausdinimui).

- Dalyvavimas konferencijose:

Jaunųjų mokslininkų 22-oji konferencija „Mokslas – Lietuvos ateitis. Civilinė inžinerija ir geodezija“. Vilnius, VGTU, 2019 m. kovo 29 d. „Elektromobilių tinklo plėtros modeliavimas geografinėmis informacinėmis sistemomis“.