



## ELEKTROMOBILIŲ TINKLO PLĖTROS MODELIAVIMAS GEOGRAFINĖMIS INFORMACINĖMIS SISTEMOMIS

Eva Grigorjeva<sup>1</sup>, Jūratė Sužiedelytė Visockienė<sup>2</sup>

<sup>1</sup>magistrantė, <sup>2</sup>profesorė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Geodezijos ir kadastro katedra

El. p. <sup>1</sup>eva.grigorjeva@stud.vgtu.lt; <sup>2</sup>jurate.visockiene@vgtu.lt

**Anotacija.** Straipsnyje yra nagrinėjamos elektromobilių plėtros galimybės Vilniaus mieste. Transporto sektorius yra tiesiogiai susijęs su CO<sub>2</sub> emisijomis tuo pačiu ir su klimato kaitos padariniais. Vienas iš būdų kaip valdyti neigiamą transporto poveikį aplinkai yra švarios transporto technologijos kaip elektromobilis integravimas kasdieniame žmonių gyvenime. 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. Straipsnyje Geografinių informacinių sistemų pagalba sumodeliuotos elektromobilių įkrovimo stotelių vietos įvertinant esamų įmonių Vilniaus mieste išsidėstymą.

**Reikšminiai žodžiai:** elektromobilis, įkrovimo stotelė, GIS.

### Įvadas

Pasaulis stengiasi ieškoti švarių energijos šaltinių tam, kad kiekvieną dieną galėtų ir toliau keliauti skirtingomis transporto priemonėmis. Alternatyvų ieškojimas tapo 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 (Wilberforce, El-Hassan...2017).

Kelių transporto priemonių elektrifikavimas yra viena iš pagrindinių energijos transformavimo veiklų ateityje. Svarbi sąlyga yra mokslinių tyrimų ir plėtros rezultatus pritaikyti praktiškai. 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 2015).

Nors kai kuriose vietovėse ši perspektyvi transporto galimybė yra prieinama, gerai paskirstytos elektromobilių įkrovimo stoties infrastruktūros nebuvimas neleidžia keliautojams sklandžiai ir greitai priimti šią technologiją. Dauguma elektromobilių įkrovimo stočių, kurias diegia vyriausybės, įmonės ir kiti, yra kaip parama švaresnėms transporto galimybėms. Tačiau loginė EV įkrovimo stoties

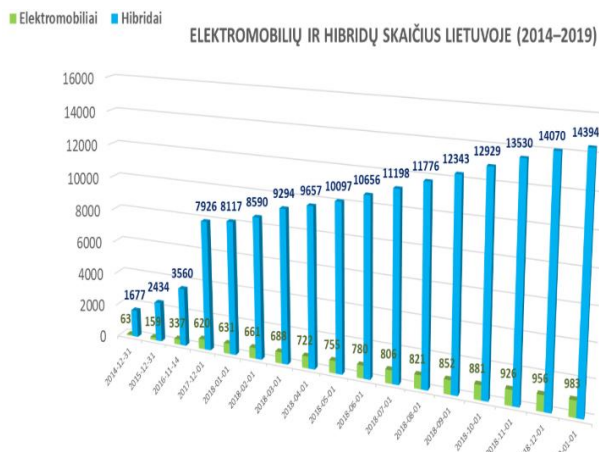
infrastruktūra nebūna nustatyta. Siekiant išspręsti šią problemą reikia daugiau mokslinių tyrimų ir pateikti patikimus sprendimus, kaip sukurti tvirtą elektromobilių įkrovimo stoties infrastruktūrą.

GIS naudojimas tampa itin svarbiu siekiant sukurti elektrą varomų automobilių infrastruktūrą tam, 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 pakrovinimui. GIS leidžia naudoti realaus laiko duomenis apie konkrečius maitinimo taškus, eismą ir kelių būklę (Altaweel 2016).

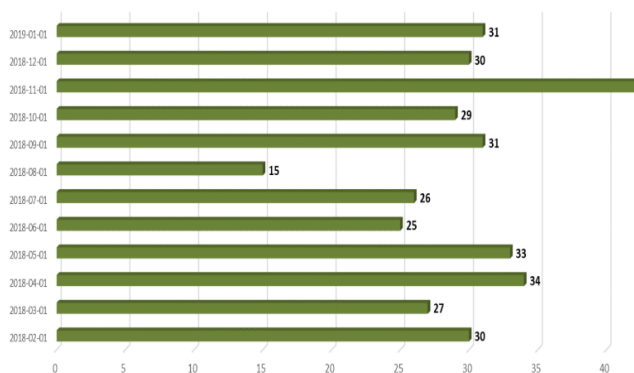
Šio tyrimo tikslas - sukurti erdvinę metodiką, kurioje būtų atsižvelgta į įvairius teigiamus ir neigiamus veiksnius tam, kad būtų galima nustatyti optimalias elektromobilių įkrovimo stočių vietas Vilniaus miestas, o esant sėkmingam modeliui jį pritaikyti ir Lietuvos mastu.

Elektromobilių pakrovimo stotelių Lietuvoje statistiniai duomenys ir perspektyvos Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro įsakyme „Dėl viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairių patvirtinimo“ siekiama, kad iki 2020 m. visi įregistruoti elektromobiliai Lietuvoje sudarytų 5% visų permetus parduodamų naujų automobilių, o iki 2020 m. – 10%. Taip pat numatoma, kad šalia transeuropinio transporto kelių ir kitų valstybinės reikšmės kelių iki 2020 m. bus įrengtos ne mažiau kaip 19 didelės galios įkrovimo vietos, o iki 2022 m. – nemažiau

kaip 28 vietas. Lietuvos miestuose ir jų priemiesčiuose, kuriuose gyvena daugiau kaip 25 tūkst. Gyventojų iki 2020 n. Pabaigos įrengti ne mažiau kaip 100 veikiančių viešųjų elektromobilių įkrovimo vietų (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 (vnt.) (Lietuvos Respublikos...2019). 2019 m. sausio 1 d. įregistruotų elektromobilių buvo 983, o hibridų 14394 (Lietuvos Respublikos...2019) (1 pav.).

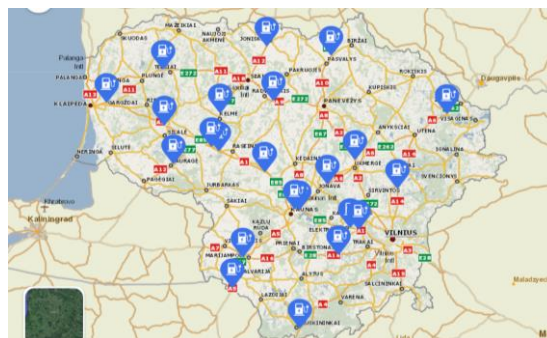


**1 paveikslas.** Elektromobilių ir hibridų skaičius Lietuvoje (Lietuvos Respublikos...2019)



**2 paveikslas.** Elektromobilių skaičiaus augimas 2018 m. sausio-gruodžio mėn. (Lietuvos Respublikos...2019)

2018 m. elektromobilių skaičiaus augimas buvo gėtinai stabilus. Vidutiniškai per mėnesį buvo įregistruoti 30 elektromobilių (2 pav.). 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 rajono savivaldybėse (Lietuvos Respublikos...2019). 2019 m. sausio 16 d. duomenimis Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose veikia 23 didelės galios elektromobilių įkrovimo stotelės (3 pav.). Planuojama, kad Lietuvos valstybinių kelių mastu įkrovos vietos bus maždaug kas 50 km (www.eismoinfo.lt 2019).

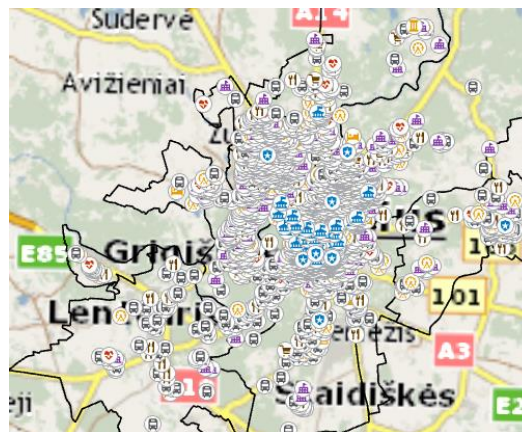


**3 paveikslas.** Elektromobilių įkrovimo stotelės Lietuvos valstybiniuose keliuose (www.eismoinfo.lt 2019)

2018 m. duomenimis Vilniaus mieste veikė 4 viešos elektromobilių įkrovimo stotelės. Viešo tipo stotelėse įkrovimas yra neribotas ir nemokamas. Vilniaus mieste papildomai planuojama yra įrengti 58 viešas elektromobilių įkrovimo stoteles (Lietuvos Respublikos...2019). Taip pat nemokamas ir neribojamas įkrovimo stoteles įrengė SĮ „Susisiekimo paslaugos“ požeminėse automobilių įkrovimo aikštelėse: Gedimino pr. 9A ir Tiltų g.

#### Tyrimo vietovė

Analizuojama Vilniaus miesto teritorija, kurioje 2018-02-15 ir 2016-08-10 duomenimis veiklą vykdo 3315 įmonės. Daugiausiai Vilniaus mieste yra maitinimo įstaigų – 710 įmonių ir įmonių susijusių su transporto veikla, pavyzdžiui, autoservisai, – 610 įmonių (4 pav.).



**4 paveikslas.** Įmonės vykdančios veiklą Vilniaus mieste

GIS analizei buvo parinkti 13-kos skirtingų elementų sluoksniai, tai įmonės vykdančios įvairią veiklą Vilniaus mieste ir elementų sluoksnis – viešų ir nemokamų elektromobilių įkrovimo stotelės (1 lentelė). Vilniaus mieste šiuo metu veikia 6 viešos ir nemokamos įkrovimo stotelės, o papildomai Vilniaus miesto savivaldybė iki 2020 m. planuoja įrengti 58 įkrovimo stoteles.

**1 lentelė.** Elementų sluoksniai, jų tipas ir paskutinis duomenų atnaujinimas

| 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                      |
| Ministerijos planuojamos stotelės Vilniaus mieste | Taškinis | 2019-02-15                      |

### Elektromobilių pakrovimo stotelių tinklo išdėstymo modeliavimas taikant GIS technologijas

Elektromobilių įkrovimo lygiai yra trys:

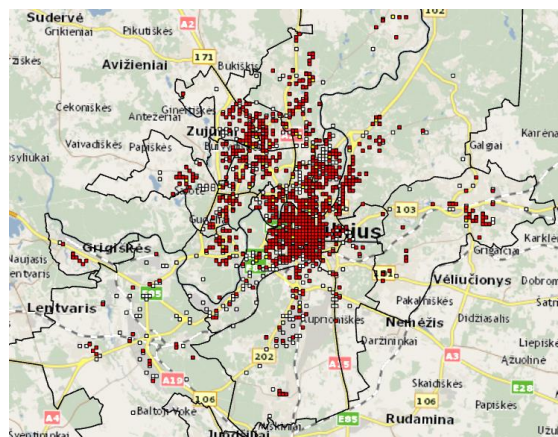
- Lėtas krovimas (iki ~3 kW, apie 8-12 valandų);
- Greitas krovimas (7-22 kW, apie 3-6 valandų);
- Itin greitas krovimas (43-50 kW, apie 30-60 minučių).

Vidutinė elektromobilių baterijos talpa yra apie 21 kWh. Itin greitas krovimas yra geriausiai tinkamas naudoti viešose įkrovimo stotelėse. Kraunant elektromobilį tokio tipo stotelėje pilnam baterijos pakrovimui reikia 45 minučių (prielaida, kad yra netinkamos oro sąlygos, baterijos būklė ir kt.). Priimant tokias sąlygas viena įkrovimo stotelė per parą gali aptarnauti 48 automobilius. Vadovaujantis V. Adomavičiaus studija Lietuvoje vidutinis lengvojo automobilio kilometražas yra apytiksliai 35 km per dieną. Vienos įkrovos elektromobilio kilometražas yra apytiksliai 161 km. Vidutiniškai elektromobilio baterija išseks kas 4 dienas. 2019-01-01 duomenimis Vilniaus mieste buvo įrengti 512 vienetų galimai susidarys 128 vnt. elektromobilių, kurių baterijos yra pilnai išsekusios. Priimant, kad Vilniaus mieste šiuo metu veikia 64 nemokamos ir neribojamos įkrovimo stotelės ir tai, kad kiekviena iš jų aptarnautų 48 automobilius per parą rezultate gautume, kad visos 64 įkrovimo vietos kartu per dieną gali aptarnauti 3072 automobilius. Planuojamam elektromobilių įkrovimo stotelių skaičiui ir esamam elektromobilių kiekiui, įkrovimo stotelių turėtų pilnai pakakti, esant idealioms sąlygoms. Tačiau jei vertinti elektromobilių įkrovimo stotelių poreikį ne pagal esamą elektromobilių skaičių, o pagal esamą įmonių skaičių bei pagal didžiausią žmonių srautą per dieną jose.

Visiems 12-kai elementų sluoksniams, kurie nurodo Vilniaus miesto įmones, 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 srities įmonėse. Kiekvienos elementų sluoksnių vertinimo sistema buvo suskirstyta į šias kategorijas: aukštas tinkamumas (5 balai), vidutinio tinkamumo (3 balų), mažas tinkamumas (1 balas).

Aukšto tinkamumo balai (pažymėti raudona spalva) buvo priskirti prekybos centrums, 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 (pažymėti geltona spalva). Mažo tinkamumo teritorijos (pažymėtos balta spalva) yra priskirtos transportui, ambasadoms ir apgyvendinimo paslaugoms.

Naudojant ArcGIS PRO programinę įrangą, buvo sukurti trys atskiri tinkeliai pagal priskirtą tinkamumo rodiklį (5 pav.). Remiantis Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro įsakymu „Dėl Viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairėmis“ tinkelio celės dydis buvo priimtas 300x300 m.

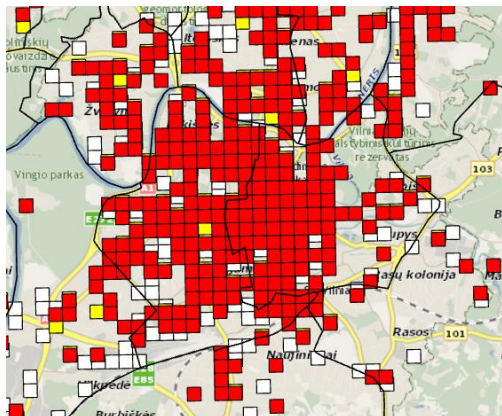


**5 paveikslas.** Vietos pagal tinkamumą elektromobilių įkrovimo stotelėms

Naudojant tinkamumo vertinimą, matoma, kad tinkamiausios vietos elektromobilių įkrovimo stotelių įrengimui yra Senamiesčio ir Naujamiesčio seniūnijos. Vilniaus mieste yra išskiriamos 755 tinkamiausios vietos elektromobilių įkrovimo stotelėms.

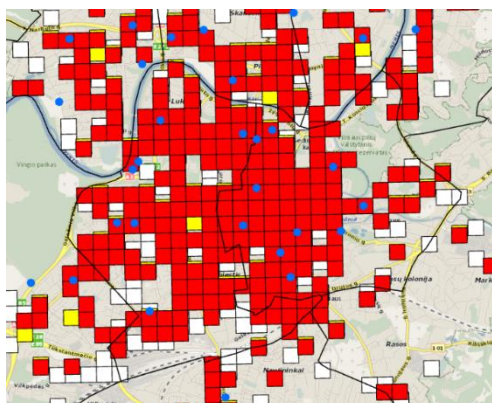
Toks įkrovimo stotelių išsidėstymas centrinėje miesto dalyje atitinka ir Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro įsakymo „Dėl Viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gaires“.

Pilniausias įkrovimo stotelių užpildymas, įvertinant įmonių išsidėstymą, būtų Senamiesčio ir Naujamiesčio seniūnijose (6 pav.).



**6 paveikslas.** Pilniausias įkrovimo stotelių užpildymas Vilniaus mieste

Mėlynais taškais yra pažymėtos vietos, kuriose yra planuojama iki 2020 m. įrengti elektromobilių įkrovimo stoteles Vilniaus mieste (7 pav.). Matoma, kad planuojamas užpildymas miesto centre nėra pakankamas įvertinus pagal modeliuojamą įkrovimo stotelių modelį.



**7 paveikslas.** Planuojamų ir modeliuojamų vietų įkrovimo stotelėms palyginimas

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.

## Išvados

GIS pagalba naudojama daugiakartinė metodika skirta sukurti sprendimą įkrovimo stotelių išdėstymui Vilniaus mieste. Metodikoje daugiausia dėmesio skiriama Vilniaus mieste esamų įmonių paklausos įvertinimui gyventojų atžvilgiu. Skirtingų sričių įmonių elementų sluoksniams yra priskiriami atskiri tinkamumo balai. Tokiu būdu yra sukuriamas sudėtinis rezultatas, kurio pagalba galima nustatyti tinkamiausias vietas įkrovimo stotelėms, papildomai atsižvelgiant ir į norimą atstumą tarp stotelių. Tačiau priimant viziją, kad visi Vilniaus mieste registruoti automobiliai bus pakeisti elektromobiliai sumodeliuotų įkrovimo stotelių neužtektų. Jų skaičių reiktų trigubinti, norint aptarnauti kiekvieną automobilį.

## Literatūra

Adomavičius, V. 2011 „Elektromobiliai ir jų plėtros perspektyvos“, 10 p.  
Eismoinfo.lt 2019 [interaktyvus]. Žemėlapis;  
VĮ Regitra 2019 [interaktyvus]. Statistiniai duomenys;  
Wilberforce, T., El-Hassan, Z., Khatib, F.N., Al Makky, A., Baroutaji, A. 2017 [interaktyvus]. Developments of electric cars and fuel cell hydrogen electric cars;  
Straka, M., Chovan, T. 2015 [interaktyvus]. Analyse of electromobile charging stations for the needs of urban projection;  
Altaweel, M. 2016 [interaktyvus]. How GIS is Helping Electric Cars on the Road;  
Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija 2017 [interaktyvus]. Įsakymas dėl viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros gairių patvirtinimo;  
Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija 2019 [interaktyvus]. Elektromobilių skaičius Lietuvoje;  
Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija 2018 [interaktyvus]. Elektromobilių infrastruktūros plėtra;  
Lietuvos Respublikos ūkio ministerija, Lietuvos Respublikos energetikos ministerija, Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija 2012 [interaktyvus]. Kompleksinė elektromobilių transporto plėtros galimybių studija.

## MODELING OF ELECTRIC CARS NETWORK DEVELOPMENT BY GIS

E. Grigorjeva, J. Sužiedelytė Visockienė

**Summary.** The development possibilities of electric vehicles explain in this article. The study area is in Vilnius city. The transport sector is directly linked to CO<sub>2</sub> 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.