



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

KELIŲ KATEDRA

Rima Vaicekauskaitė

**VILNIAUS MIESTO TROLEIBUSŲ KONTAKTINIO TINKLO INŽINERINĖS
INFORMACINĖS POSISTEMĖS ANALIZĖ
ANALYSIS OF THE ENGINEERING INFORMATION SUBSYSTEM OF THE VILNIUS
CITY TROLLEYBUS CATENARY NETWORK**

Baigiamasis magistro darbas

Išmaniųjų miestų inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 6211EX046

Išmaniųjų miestų inžinerijos specializacija

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2023

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

KELIŲ KATEDRA

Rima Vaicekauskaitė

**VILNIAUS MIESTO TROLEIBUSŲ KONTAKTINIO TINKLO INŽINERINĖS
INFORMACINĖS POSISTEMĖS ANALIZĖ
ANALYSIS OF THE ENGINEERING INFORMATION SUBSYSTEM OF THE VILNIUS
CITY TROLLEYBUS CATENARY NETWORK**

Baigiamasis magistro darbas

Išmaniųjų miestų inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 6211EX046

Išmaniųjų miestų inžinerijos specializacija

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

doc. dr. Vytautas Grigonis

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Lietuvių kalbos konsultantas

dr. Aušra Žemienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vilnius, 2023

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
INŽINERIJOS FAKULTETAS
KELIŲ KATEDRA

Statybos inžinerija studijų kryptis

Išmaniųjų miestų inžinerija studijų programa, valstybinis kodas 6211EX046

Išmaniųjų miestų inžinerija specializacija

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO

UŽDUOTIS

2023 m....gegužės 15 d.....Nr. ...ISfm-21–2768....
Vilnius

Studentui (ei) Rima Vaicekauskaitei.....
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: Vilniaus miesto troleibusų kontaktinio tinklo inžinerinės informacinės posistemės analizė.....
Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2023 m. ...05...30... d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Baigiamojo darbo tikslas – parengti troleibusų kontaktinio tinklo inžinerinės informacinės posistemės sudarymo metodiką ir atlikti šios posistemės analizę pasirinkto miesto pavyzdžiu. Darbo struktūra: Apžvalginė dalis (Literatūros analizė), Metodinė dalis, Eksperimentinė dalis, Darbo išvados ir rekomendacijos. Apžvalginėje dalyje įvertinti kitų šalių miestuose naudojamus informacinės kaupimo metodus. Suformuoti tikslą, uždavinius, pagal poreikį pateikti hipotezes, darbo metodus. Metodinėje dalyje apžvelgti eksperimentinėje dalyje taikytinus metodus, įvertinti atributinės informacijos poreikius, suformuoti duomenų bazės metmenis. Eksperimentinėje dalyje atlikti kontaktinio tinklo vertinimą pagal pasirinktus metodus, pateikti siūlymų dėl metodikos taikymo probleminėse vietose. Pateikti darbo išvadas ir rekomendacijas.....

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

.....
(Moksl. laipsnis/pedagoginis vardas, vardas, pavardė)

Vadovas

doc. dr. Vytautas Grigonis

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

.....
(Vardas, pavardė)

.....
(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universiteto
egzaminų sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei
gynimo organizavimo tvarkos aprašo
2 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Rima Vaicekauskaitė, 20162695

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Aplinkos inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Išmaniųjų miestų inžinerija, ISfm-21

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2023_ m. gegužės 29 d.
(Data)

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas (projektas) tema Vilniaus miesto troleibusų
kontaktnio tinklo inžinerinės informacinės posistemės analizė

patvirtintas 20_22_ m. balandžio 12 d. dekanų potvarkiu Nr. 68ap,
parašytas savarankiškai. Šiame darbe (projekte) pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar
netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą (projektą), mane konsultavo
mokslininkai ir specialistai: doc. dr. Vytautas Grigonis

Mano darbo (projekto) vadovas doc. dr. Vytautas Grigonis

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą (projektą) nėra. Jokių įstatymų nenumatytų
piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).



(Parašas)

Rima Vaicekauskaitė

(Vardas ir pavardė)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Aplinkos inžinerijos fakultetas

Kelių katedra

ISBN

ISSN

Egz. sk.

Data-....-....

Išmaniųjų miestų inžinerijos studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas **Vilniaus miesto troleibusų kontaktinio tinklo inžinerinės informacinės
posistemės analizė**

Autorius **Rima Vaicekauskaitė**

Vadovas doc. dr. **Vytautas Grigonis**

Kalba:

lietuvių

Anotacija

Informacinės sistemos yra vienas iš būdų užtikrinti darnią miestų plėtrą, tačiau iki šiol nebuvo sukurtos troleibusų kontaktinio tinklo informacinės sistemos, kurioje būtų galima kaupti, atnaujinti, analizuoti duomenis, kuriais remiantis būtų galima nustatyti remontuotinus ar rekonstruotinus ruožus. Šiame baigiamajame magistro darbe apžvelgtos kitų šalių troleibusų sistemos ir sukurta troleibusų kontaktinio tinklo informacinė sistema. Sukurti kriterijai, siekiant nustatyti remontuotinus ar rekonstruotinus ruožus, atlikta ekspertinė apklausa. Apskaičiuoti kriterijų svoriai vadovaujantis ekspertų nuomonių suderinamumu bei sudaryta suminė kriterijų reikšmingumo balų skaičiavimo formulė. Pagal sudarytą rodiklių vertinimo sistemą atliktas pasirinktos atkarpos bandomasis rekonstruotinių ar remontuotinių ruožų nustatymo skaičiavimas. Sudaryta rekonstruotinių ar remontuotinių ruožų nustatymo metodika, kuri galėtų būti taikoma Kauno miestui ir adaptuota kitoms šalims.

Darbo apimtis – 62 puslapis teksto, 4 puslapiai priedų, 37 paveikslai, 10 lentelių ir 51 literatūros ir informacijos šaltinis.

Prasminiai žodžiai: troleibusų kontaktinis tinklas, informacinė sistema, kriterijai, ekspertinė apklausa, remontas, rekonstravimas.

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Faculty of Environmental Engineering
Department of Roads

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data-....-....

Master Degree Studies Smart Cities Engineering study programme Master Graduation Thesis
Title **Analysis of the Engineering Information Subsystem of the Vilnius City Trolleybus Catenary Network**

Author **Rima Vaicekauskaitė**

Academic supervisor doc. dr. **Vytautas Grigonis**

Kalba:
Lithuanian

Annotation

Information systems are one of the ways to ensure the development of cities, but until now there was no trolleybus catenary network information system that could collect, update, analyse data, on the basis which would allow to determine the sections that need to be repaired or reconstructed. In this master's thesis, the trolleybus systems of other countries were reviewed and an information system of the trolleybus catenary network was created. Criteria were created in order to determine the sections to be repaired or reconstructed as well as an expert survey was conducted. The importance of the criteria was calculated based on the compatibility of experts' opinion. Also, a cumulative formula for calculating the significance of the criteria was created. Lastly, according to the established indicator evaluation system, a trial calculation of the selected segment to determine the sections to be reconstructed or repaired was carried out. A methodology for determining the sections to be reconstructed or repaired was created, which could be applied to the city of Kaunas and adapted to other countries.

Thesis consist of 62 pages of text, 4 pages of appendixes, 37 pictures, 10 tables and 51 references and information sources.

Keywords: trolleybus catenary network, Information system, criteria, expert survey, repair, reconstruction.

TURINYS

ĮVADAS.....	12
1. APŽVALGINĖ DALIS	14
1.1. Informacinių sistemų pritaikymas miestų vystymuisi.....	14
1.2. Troleibusų tinklo apžvalga	15
1.3. Miestuose kuriamos inžinerinės informacinės sistemos.....	19
1.4. Išvados.....	21
2. ANALITINĖ DALIS.....	22
2.1. GIS technologijų analizė ir įvertinimas.....	22
2.1.1. GIS analizė.....	22
2.1.2. GIS programinių įrangų apžvalga.....	24
2.2. Troleibusų kontaktinio tinklo remontuotinių rekonstruotinių ruožų nustatymo metodologija	25
2.2.1. Daugiakriterio vertinimo principai ir taikymas.....	25
2.2.2. Ekspertinė apklausa ir jos organizavimo principai.....	26
2.2.3. Daugiakriterės sistemos taikymas Kendall metodu.....	26
2.2.4. Kriterijų analizė.....	27
2.2.5 Pasiūlymai remontuotinių ar rekonstruotinių ruožų parinkimo metodikai.....	29
2.3. Troleibusų kontaktinio tinklo infrastruktūros analizė	29
2.4. Kontaktinio tinklo aprašomieji duomenų šaltiniai	36
2.5. Išvados.....	38
3. EKSPERIMENTINĖ DALIS	39
3.1. Troleibusų kontaktinio tinklo duomenų modelio kūrimas	39
3.2. Ekspertinė apklausa ir jos vertinimas	44
3.2.1. Pirmasis ekspertinės apklausos etapas	45
3.2.2. Antrasis ekspertinės apklausos etapas.....	46
3.3. Skaičiavimo duomenys.....	47
3.3.1. Ekspertų nuomonių suderinamumas.....	47
3.3.2. Kriterijų svorių nustatymas Kendall metodu.....	48
3.4. Bandomasis skaičiavimas.....	49
3.5. Bandomojo skaičiavimo išvados	54
3.6. Metodikos taikymas.....	54
3.7. Išvados.....	55
BENDROS IŠVADOS.....	56
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	58
PRIEDAI	63

LENTELIŲ SĄRAŠAS

3.1 lentelė. Ekspertinis kriterijų vertinimas (sudaryta autoriaus)	45
3.2 lentelė. Kriterijų reitingavimas (sudaryta autoriaus)	46
3.3 lentelė. Transponuoti kriterijų reitingavimo duomenys (sudaryta autoriaus).....	47
3.4 lentelė. Ekspertų nuomonių suderinamumo skaičiavimo rezultatai (sudaryta autoriaus)	48
3.5 lentelė. Kriterijų svorių skaičiavimo rezultatai (sudaryta autoriaus).....	49
3.6 lentelė. Troleibusų eismo intensyvumo ruože balų vertinimo skalė (sudaryta autoriaus, remiantis Vilniaus miesto maršrutų tvarkaraščių duomenimis).....	51
3.7 lentelė. Fiksuotų gedimų skaičiaus ruože balų vertinimo skalė (sudaryta autoriaus remiantis techninių specifikacijų duomenimis)	51
3.8 lentelė. Ruožo orientacinių statybos metų ir ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metų balų vertinimo skalė (sudaryta autoriaus remiantis techninių specifikacijų duomenimis)	52
3.9 lentelė. Keleivių eismo intensyvumo ruože balų vertinimo skalė (sudaryta autoriaus remiantis 2019 m. Vilniaus miesto viešojo transporto keleivių srautų duomenimis).....	52
3.10 lentelė. Maitinimo linijų balų vertinimo rezultatai (sudaryta autoriaus)	53

PAVEIKSLŲ SARAŠAS

1.1 pav. Troleibusų sistemų pasiskirstymas (šaltinis: https://www.openstreetmap.org)	15
2.1 pav. Atramos (iš kairės į dešinę): apvali, daugiabriaunė, dekoratyvinė (šaltinis: http://www.troleibusas.lt).....	30
2.2 pav. Kontaktinis laidas (šaltinis: http://www.troleibusas.lt).....	30
2.3 pav. Išlyginamoji jungtis (šaltinis: http://www.troleibusas.lt).....	31
2.4 pav. Maitinimo jungtys (šaltinis: http://www.troleibusas.lt)	31
2.5 pav. Suėjimo iešmas (šaltinis: http://www.troleibusas.lt).....	31
2.6 pav. Automatinis iešmas (šaltinis: http://www.troleibusas.lt)	32
2.7 pav. Persikirtimai (šaltinis: http://www.troleibusas.lt)	32
2.8 pav. Kilpinis izoliatorius (šaltinis: http://www.troleibusas.lt)	33
2.9 pav. Sagtinis izoliatorius (šaltinis: http://www.troleibusas.lt)	33
2.10 pav. Sekcijinis izoliatorius (šaltinis: http://www.troleibusas.lt)	33
2.11 pav. Trikampinis izoliatorius (šaltinis: http://www.troleibusas.lt)	33
2.12 pav. Plokštuminis izoliatorius (šaltinis: http://www.troleibusas.lt).....	34
2.13 pav. Delta izoliatorius (šaltinis: http://www.troleibusas.lt)	34
2.14 pav. Kreivės laikiklis (šaltinis: http://www.troleibusas.lt)	34
2.15 pav. Laido laikiklis (šaltinis: http://www.troleibusas.lt).....	34
2.16 pav. Lankinis laikiklis (šaltinis: http://www.troleibusas.lt).....	35
2.17 pav. Elementų palaikymo lynas (šaltinis: http://www.troleibusas.lt)	35
2.18 pav. Išilginis lynas (šaltinis: http://www.troleibusas.lt)	35
2.19 pav. Skersinis lynas (šaltinis: http://www.troleibusas.lt).....	36
2.20 pav. Maitinimo linijos planas.....	36
2.21 pav. Remonto žurnalo ištrauka	37
2.22 pav. Maitinimo linijos techniniai duomenys.....	37
3.1 pav. Sukurti kontaktinio tinklo sluoksniai ArcMap programoje (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą).....	39

3.2 pav. Troleibusų kontaktinio tinklo išsidėstymas vilniaus mieste (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą).....	40
3.3 pav. Kontaktinio tinklo fragmentas (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)	40
3.4 pav. Atramų sluoksnio atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą).....	41
3.5 pav. Kontaktinių laidų sluoksnio atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)	41
3.6 pav. Skersinių jungčių sluoksnio atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)	42
3.7 pav. Lanksčių jungčių sluoksnio atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant Arcmap programą)	42
3.8 pav. Laikiklių sluoksnio atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą) ..	43
3.9 pav. Izoliatorių sluoksnio atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)	43
3.10 pav. Lynų sluoksnio atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą).....	44
3.11 pav. Iešmų sluoksnio atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)	44
3.12 pav. Ekspertų nuomonių pasiskirstymas (sudaryta autoriaus).....	46
3.13 pav. Pasirinkti bandomojo skaičiavimo ruožai nuo nemenčinės pl. – saulėtekio al. Sankryžos iki olandų žiedo (sudaryta autoriaus)	50
3.14 pav. Ruožų remontavimo ar rekonstravimo poreikis (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)	53

PRIEDŲ SĄRAŠAS

Priedas Nr. 1 Apklausą (I etapas).....	63
Priedas Nr. 2 Apklausą (II etapas)	65

IVADAS

Miestai yra sudėtingos sistemos, kuriose tarpusavyje sąveikauja daugybė veiksnių. Viena šios sistemos dalis yra transportas. Tai labai svarbi šalies ūkio šaka, užtikrinanti laisvą paslaugų, prekių ir žmonių judėjimą. 21 amžiuje vis daugiau miestų orientuojasi į viešojo transporto efektyvumo didinimą. Tai susiję ne tik su spūsčių problemomis, didėjančia miestų plėtra, kurios yra neabejotinai pagrindinės viešojo transporto efektyvumą mažinančios priežastys, bet ir su žmonių socialinių ir ekonominiu gyvenimo kokybės gerėjimu.

Viena iš ekologiškiausių viešojo transporto rūšių yra troleibusai. Tai yra viena efektyviausių elektrinių kelių transporto priemonių, galinti užtikrinti didelių keleivių srautų pervežimą. Tačiau norint užtikrinti sklandų keleivių pervežimą, reikalingas tvarkingas ir tinkamai funkcionuojantis kontaktinis tinklas. Tad informacinė sistema – efektyviausias ir patogiausias būdas kaupti, atnaujinti, analizuoti kontaktinio tinklo duomenis, o šiuos duomenis galima naudoti nustatant remontuotinus ar rekonstruotinus tinklo ruožus.

Darbo problema – nėra sukurtos troleibusų kontaktinio tinklo informacinės sistemos bei parengtos metodikos remontuotiems ar rekonstruotiems ruožams nustatyti.

Darbo tikslas – parengti troleibusų kontaktinio tinklo inžinerinės informacinės posistemės sudarymo metodiką ir atlikti šios posistemės analizę Vilniaus miesto pavyzdžiu.

Darbo objektas – Vilniaus miesto troleibusų kontaktinis tinklas.

Darbo uždaviniai:

1. Apžvelgti kitose šalyse naudojamas troleibusų sistemas.
2. Apžvelgti Lietuvos miestuose naudojamas ir kuriamas inžinerines informacines sistemas.
3. Sukurti kriterijų sistemą troleibusų kontaktinio tinklo remontuotiems ar rekonstruotiems ruožams nustatyti ir reitinguoti.
4. Atlikti troleibusų kontaktinio tinklo infrastruktūros analizę išskiriant atskirų elementų tarpusavio ryšius.
5. Sukurti troleibusų kontaktinio tinklo infrastruktūros informacinę sistemą Vilniaus miesto pavyzdžiu.
6. Nustatyti kriterijų rodiklių svorius panaudojant ekspertinius metodus.
7. Atlikti pasirinktų atkarpų bandomąjį skaičiavimą pritaikant kriterinio vertinimo sistemą.
8. Įvertinti metodikos pritaikomumą kitiems miestams.

Darbo metodai: kitų šalių troleibusų tinklų analizė, troleibusų tinklo infrastuktūros analizė, informacinės sistemos projektavimas, ekspertinė apklausa, daugiakriteris vertinimas, bandomojo skaičiavimo metodikos sudarymas, bandomojo skaičiavimo pritaikomumas kitiems miestams.

1. APŽVALGINĖ DALIS

1.1. Informacinių sistemų pritaikymas miestų vystymuisi

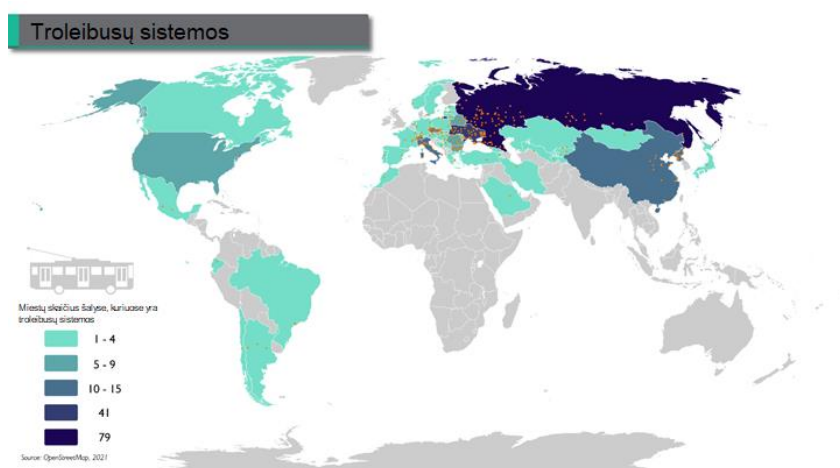
Miestai yra viena iš sudėtingiausių žinomų struktūrų formų (Holland, 1995), kurie einant laikui susiduria su svarbiais technologijų, žmogiškojo kapitalo ir miesto gyvenimo procesų pokyčiais (Neirotti, Marco, Cagliano, Mangano, and Scorrano, 2014). Miestai ir toliau pritraukia vis didesnę pasaulio gyventojų dalį – Jungtinių Tautų Ekonomikos ir socialinių reikalų departamentas (2018) apskaičiavo, kad iki 2050 m. du trečdaliai pasaulio gyventojų gyvens miestuose. Dėl to miestai susiduria su daugybe išbandymų, nes jų infrastruktūra ir ištekliai patiria vis didesnius iššūkius (Breetzke ir Flowerday, 2016). Tad norint sklandžiau valdyti miestų plėtrą reikalingos informacinės sistemos. Miestų informacinės sistemos yra efektyvi priemonė vyriausybėms sprendžiant ilgalaikius strateginio planavimo ir valdymo iššūkius. Pavyzdžiui, informacija iš geografinės informacijos duomenų bazės padeda planuoti, skirstyti į grupes, transportuoti, urbanizuoti ir kitaip panaudoti rodiklius formuojant viešąją strategiją. Tai leidžia geriau suprasti tarpusavio santykius tarp aplinkos bei socialinės ir ekonominės gerovės. Miestų informacinė sistema teikia įvairių objektų, urbanistikos, aplinkosaugos, nelaimių prevencijos, vandentiekio, transporto ir kt. informaciją savivaldybėms, siekiant efektyvaus sprendimų priėmimo bei administravimo. Žemėlapius, statistiką ir visus duomenis, kurie gali būti miesto informacinės sistemos komponentai ruošia ir tvarko kiekvienas skyrius (transporto, urbanistikos, vandentiekio, aplinkos apsaugos ir kt.). Įdiegus miestų informacines sistemas būtų galima integruoti visą tarpusavyje susijusią informaciją, o tai palengvintų jos naudojimą (Chourabi, Nam, Walker, Gil-Garcia, Mellouli, Nahon, Pardo and Scholl, 2012).

Vienas iš pavydžių – Dubajaus miestas. Šis miestas žinomas kaip vienas iš sparčiausiai augančių miestų. Jame nuolatos vystomi nauji keliai, geležinkelio bėgiai, uosto plėtra, statomi nauji namai, biurų kvartalai, turistų kurortai. Suvaldyti šią sparčią plėtrą ir su tuo susijusias paslaugas yra sudėtinga, tačiau Dubajaus savivaldybės darbui padeda 2001 m. įkurtas GIS centras, kuriame yra kaupiamos ir saugomos didžiulės duomenų bazės. Kuriant tokį centrą iškilo daug iššūkių, vienas iš tokių buvo – kaip integruoti iš įvairių savivaldybės skyrių ir privataus sektoriaus esamas dideles duomenų bases. Šiandien šis sukurtas GIS centras yra centralizuota, bet fiziškai į tinklą sujungta sistema, kuri realiuoju laiku sujungia skirtingose duomenų bazėse saugomus duomenis. 2001 m. priimtas Dubajaus įstatymas Nr. 6, pagal kurį GIS centras tapo vienintelė institucija, atsakinga už duomenų apsaugą, tvarkymą ir klasifikavimą bei techninių gairių nustatymus dėl sąveikos su įvairiu viešuoju ir privačiu sektoriumi. Prieigos, prie duomenų, saugumas valdomas suteikiant konkrečias teises kiekvienam vartotojui. GIS centro plėtra padidino daugybės sukauptų duomenų investicijų grąžą, inicijavo daugiau vyriausybės elektroninių paslaugų ir strateginiu lygmeniu – sustiprino integruotą planavimą ir valdymą (Burrough, McDonnell and Lloyd, 2015). Tad toks duomenų

kaupimo būdas ne tik, kad palengvina duomenų ieškojimo ir gavimo procesą, bet ir visą, su tais duomenimis susijusį darbo procesą.

1.2. Troleibusų tinklo apžvalga

Transporto sektorius yra vienas iš pagrindinių išmetamųjų dujų šaltinis (Sówka, Bezyk, 2018). Viešojo transporto plėtra yra viena iš daugelio iniciatyvų, mažinančių neigiamą poveikį aplinkai ir didinanti miestų tvarumą (Europos aplinkos agentūra, 2022). Viešojo transporto elektrifikavimas yra labai svarbus veiksnys, norint pagerinti energijos suvartojimo efektyvumą (Lajunen, 2014), mažinti kenksmingų medžiagų, išmetamų į orą, kiekį ir triukšmo lygį (Ajanovic ir Haas, 2016). Be to, viešojo transporto elektrifikavimas yra svarbus veiksnys, siekiant švelninti klimato kaitos padarinius (Nordelöfm Romare, Tivander, 2019). Pasak Moriarty'čio ir Honnery'io (2016), visame pasaulyje keleivinis ir krovininis transportas sunaudoja maždaug ketvirtadalį visos pasaulinės pirminės energijos. 2019 m. gruodį Europos Komisija pristatė Žaliojo kurso pramonės planą, kuriuo siekiama iki 2050 m. pasiekti neutralų poveikį klimatui (Europos Komisija, 2019). Vienas iš jo tikslų – paspartinti išmetamų, šiltnamio efektą sukeliančių, dujų mažinimą (Chiaramonti, Talluri, Scarlat, Prussi, 2021), o tai reikštų, kad išmetamųjų teršalų kiekis visoje Europoje transporto sektoriuje sumažėtų 90 proc. (Europos Komisija, 2019). Viešojo transporto parkų elektrifikacija auga greičiau nei lengvųjų automobilių ir iki 2030 m. Europoje turėtų siekti 75 proc. (Pasaulio ekonomikos forumas, 2022). Daugelyje miestų troleibusai (dažnai su tramvajais) yra miesto transporto pagrindas ir dažniausiai šioms transporto priemonėms teikiamas prioritetas miestų centruose (Fitzová ir Matulová, 2020; Taczanowski, Kołoś, Gwosdz, Domański, Guzik, (2018). Jų naujausia plėtra susijusi su pažanga baterijų technologijos srityje. Šiuo metu pasaulyje yra 276 troleibusų sistemos. Žemėlapyje matyti, jog didžioji troleibusų sistemų dalis yra Europoje ir Azijoje. Rusija yra ta šalis, kurioje yra didžiausias troleibusų sistemų skaičius – net 79, o tai yra beveik trečdalis visų troleibusų sistemų pasaulyje. Didžiausia troleibusų sistema pagal maršruto ilgį yra Kryme, Ukrainoje. Maršruto ilgis siekia 86 km.



1.1 pav. Troleibusų sistemų pasiskirstymas (šaltinis: <https://www.openstreetmap.org>)

Nors didžioji troleibusų sistemų dalis yra Rusijoje bei dauguma šiuo metu egzistuojančių troleibusų sistemų yra buvusiose sovietinėse valstybėse, tačiau pirmieji troleibusai pradėjo važinėti ne Rusijoje ar Sovietų Sąjungoje, bet Vokietijoje 1882 m. Troleibusai buvo labai populiarūs ir paplitę XX amžiaus pirmoje pusėje, skaičiuojama, kad buvo daugiau nei 800 troleibusų sistemų. Tačiau laikui bėgant, troleibusų sistemų skaičius mažėjo, nes kuras buvo lengvai prieinamas ir pigus, o brangiai kainuojanti troleibusų infrastruktūra ir elektros tiekimo sistema nusileido vidaus degimo varikliais varomiems autobusams (Costa, Fernandes, 2012).

Troleibusai yra ne tik viena iš ekologiškiausių motorinių transporto priemonių, tačiau turi ir daugiau privalumų, palyginti su kitomis transporto priemonėmis. Garva (2003) bei Murray'us (2000) išskyrė, jog lyginant troleibusus su tramvajais, troleibusų infrastruktūra yra pigesnė nei tramvajų tinklo. Elektrinio variklio naudingumo koeficientas yra bent kelis kartus didesnis nei autobusuose esančio dyzelinio variklio, be to, generuojama kur kas didesnė galia, todėl troleibusai yra pranašesni už autobusus kalvotuose miestuose. Be to, tokiomis sąlygomis jie pranašesni ir už tramvajus, nes guminės padangos užtikrina žymiai geresnį sukibimą su kelio paviršiumi nei plieniniai ratai ir bėgiai. Troleibusai yra tylesni už autobusus ir tramvajus, nes neturi nei dyzelinio variklio, nei kaukši ratais per bėgių sandūras. Lyginant su autobusais troleibusams reikia mažiau priežiūros ir jie ilgiau tarnauja. Murray'us (2000) taip pat išskyrė, jog troleibusai yra perspektyvi alternatyva vietoje autobusų, naudojant juos intensyviuose miesto maršrutuose, nes elektros kaina gali būti mažesnė nei degalų tam pačiam atstumui nuvažiuoti. Dėl ko, bendros išlaidos gali būti žymiai mažesnės.

Nepaisant šių privalumų, troleibusai turi ir keletą trūkumų. Palyginti su tramvajais, troleibusuose reikalaujama žymiai didesnė transporto priemonės valdymo kontrolė. Lyginant su autobusais, troleibusams važiuoti reikalingi kontaktiniai laidai, todėl jie negali apvažiuoti didelių kliūčių ar pakeisti maršruto dėl eismo įvykio ar remontuojamos gatvės. Kontaktinio tinklo laidai neleidžia troleibusams aplenkti vienas kito. Be to, kontaktinio tinklo defektai gali sukelti didelių problemų, viena iš jų – didžiulės transporto spūstys. Vėlgi, lyginant su tramvajais, įrengti troleibuso tinklą yra kur kas pigiau, tačiau, lyginant su autobusais, troleibusų tinklo įrengimas kainuoja brangiau. Be to, ne kiekvienoje gatvėje galima įrengti kontaktinį tinklą, pavyzdžiui, ten, kur šlaitai yra ypač statūs (kaip, tarkime, Velington, Naujojoje Zelandijoje) to padaryti neįmanoma. Negalima įrengti troleibuso laidų ten, kur važinėja ypač aukšti sunkvežimiai ar dviaukščiai autobusai (Garva, 2003). Pasak Dunbaro (2004) dar vienas didelis troleibusų trūkumas yra kontaktinio tinklo laidai. Laidai vizualiai nesukuria estetinio vaizdo bei taip pat dėl per mažos ar didelės įtampos troleibuso srovės imtuvai („ūsai“) gali atsijungti nuo kontaktinio tinklo laidų. Todėl vairuotojas turės iš naujo prijungti imtuvus, o dėl ko bus sugaištas papildomas kelionės laikas.

Skirtinguose pasaulio miestuose troleibusų sistemos turi įvairias statybos ir eksploataavimo specifikas.

Lenkijoje pirmasis troleibusų tinklas atidarytas 1930 m. Poznanėje. Po Antrojo pasaulinio karo veikė 7 savivaldybėse, nauji tinklai pradėti kurti Varšuvoje (1946 m.) ir Liubline (1953 m.). Nors Legnicos tinklas buvo uždarytas 1956 m., troleibusų transportas klestėjo šeštojo dešimtmečio pradžioje, kai bendras troleibusų transporto priemonių skaičius viršijo 300: Varšuvoje važiuojo apie 130 troleibusų, Gdynėje, Liubline ir Valbžyche – po 40–60, o Olštyno ir Poznanėje apie 20. Septintojo dešimtmečio pabaigoje troleibusų transportas Lenkijoje po truputėlį nyko. Tinklai pradėjo trauktis. Poznanės uždaryta 1970 (po 40 metų), Olštyno – 1971 (po 32 metų), Valbžycho – 1973 (po 29 metų), o Varšuvoje – 1973 (po 27 metų) (Wołek, Hebel, 2019). Devintajame dešimtmetyje troleibusų tinklai buvo iš naujo atidaryti Debicoje, Tychyje, Slupske ir Varšuvoje. Dauguma jų tuo metu pasirodė neefektyvūs ir sumažėjo iki kelių trasų, išskyrus Tychį, kur sistema išliko, ir po sąstingio laikotarpio pradėjo augti (Borowik, Cywinski, 2016). Dešimtajame dešimtmetyje troleibusų transportas įgavo naują kvėpavimą: buvo atidaromos naujos linijos, atnaujinami parkai. Šiuo metu veikia 3 sistemos – Gdynėje, Liubline ir Tychyje. Visi 3 tinklai laikomi būtinomis savivaldybių viešojo transporto sistemų dalimis. Iš viso eksploatuojami 263 troleibusai. Gdynėje yra 103 troleibusai, Liubline daugiausiai – 139, o Tychyje 21 troleibusas. Gdynėje yra 12 maršrutų ir bendras jų ilgis siekia 96 km. Liubline – 13 ir bendras maršrutų ilgis siekia 81 km. Tychyje yra 6 maršrutai, kurių ilgis siekia 40 km.

Liublino viešojo transporto tarnybos (2019) duomenimis, planuojama, jog nuo 2021 metų pusė Liublino viešojo transporto parko bus nulinės emisijos. Gdynėje transporto priemonėse bus sumontuoti papildomi akumulatoriai (panaudota „In Motion Charging“ technologija, toliau – IMC), leidžiantys važiuoti nenaudojant kontaktinių laidų (Wołek, Szmelter-Jarosz, Koniak, Golejewska, 2020). Tik dalį Gdynės miesto aptarnauja troleibusų transportas, kadangi visoje šiaurinėje dalyje nėra išvystyta kontaktinio tinklo infrastruktūra. Transporto priemonės galės įveikti keliasdešimties kilometrų atstumą nulinės emisijos režimu, nenaudojant srovės imtuvų (Biresselioglu, Kaplan, Yilmaz, 2018). IMC technologija yra efektyvi technologija, turinti didžiulį ekonominį ir aplinkosauginį potencialą. IMC technologijos įdiegimas troleibusų transporte įmanomas dėl traukos akumuliatorių technologijų pažangos. Technologija sukuria naujas galimybes važiuoti troleibusui miesto teritorijose, kai nėra kontaktinių laidų. Lenkijoje buvo atliktas „TROLLEY 2.0“ (2020) tyrimas, kuriame buvo lyginamos trys transporto priemonės: dyzeliu varomi autobusai, troleibusai ir akumuliatorines elektrinės transporto priemonės (IMC technologija). Bendras sąnaudų skirtumas tarp dyzeliu varomų autobusų ir akumuliatorines elektrinės transporto priemonės, esant didelei ridai (450 km/darbo dieną) yra 0,17 €/km, o esant vidutinei ridai (250 km/darbo dieną) – 0,09 €/km. Lyginant

dyzelinį autobusą su troleibusu, troleibusų sąnaudos išauga atitinkamai 1,08 €/km ir 0,60 €/km. Atliekant ekonominę analizę, atsižvelgiant į išorines sąnaudas, skirtumas tarp transporto priemonių yra nedidelis, tačiau akumuliatorinė elektrinė transporto priemonė iš visų yra pigiausia. Lenkijoje gaunamos vietinės energijos santykis nėra palankus (tik 20 proc. energijos pagaminama naudojant nulinės emisijos technologijas), o prasta oro kokybė ir tanki miesto aplinka paskatino įvesti mokestį už padidėjusį išmetamų teršalų ir triukšmo lygį. Įprastos 250 km kelionės per dieną atveju ekonominės eksploataavimo ciklo sąnaudos, iš esmės, yra tokios pačios lyginant dyzelinius autobusus ir akumuliatorines elektrines transporto priemones. Tačiau akumuliatorines elektrines transporto priemones yra efektyvesnės nei dyzelinis autobusas – jos yra ekonomiškai labiau palankios, nes vartoja vietoje pagamintą kurą. Be to, vietinės atsinaujinančios energijos gamybos padidėjimas padidintų elektromobilių konkurencingumą, nes įkrovimas eksploatacijos metu (IMC) žymiai sumažina išmetamųjų teršalų kiekį, palyginus su dyzeliniais autobusais, kadangi atsinaujinančios energijos, ypač saulės energijos, gaunama elektros energijos dalis yra didžiausia šviesiu paros metu (Rupp ir kt., 2019).

Kitas pavyzdys – Praha. Troleibusai Prahoje važinėjo dviem skirtingais laikotarpiais. Pirmoji troleibusų sistema buvo atidaryta 1936 m. rugsėjo 28 d., kurios ilgis siekė 3,5 km. Po Antrojo pasaulinio karo sparčiai plėtėsi sistema, troleibusai atsirado tiek miesto centre, tiek priemiesčiuose bei dideliuose gyvenamuosiuose rajonuose. 1959 m. tinklas pasiekė maksimalų 56,876 km ilgį. Buvo 14 maršrutų bei eksploatuojami 197 troleibusai. Tačiau dauguma ruožų, kurie tuo metu buvo statomi, nebuvo baigti, o veikiančius pamažu pakeitė autobusai. Nuo 1960 m. naujų troleibusų nebuvo perkama, transporto priemonės pradėjo senti. Daugelis gatvių buvo rekonstruojamos, nes nebuvo pakankamai elektros energijos tinklui eksploatuoti, o dyzelinis kuras buvo nebrangus – tai buvo viena iš priežasčių, lėmusių sprendimą troleibusus pakeisti autobusais, dėl kurių galiausiai 1972 m. spalio 16 d. buvo uždaryta Prahos troleibusų sistema (Box, 2010). Tačiau praėjus lygiai 45 metams, 2017 m. spalio 15 d., Prahoje atidaryta nauja troleibusų linija. Viešojo transporto operatorius DPP (2019) teigia, jog lankstumas, kurį šiandien suteikia IMC technologija, ir galimybė turėti nulinės emisijos transporto priemonę paskatino apsvarstyti galimybę atnaujinti troleibusų tinklą. Kol kas sistema įrengta viršuje išilgai einančiais mažiau nei 1 km trasos ilgio kontaktiniais laidais, todėl reikalingi troleibusai su papildomomis baterijomis, galinčiomis veikti atokiau nuo laidų ar kitose maršruto dalyse. 2017 m. yra prasidėjęs Prahos bandomasis projektas, kuriuo siekiama stebėti akumuliatorių veikimą ir eksploataavimo trukmę, siekiant įvertinti galimybę elektrifikuoti didelės paklausos ir aukšto dažnio miesto linijas, kurias šiuo metu eksploatuoja autobusai su dyzeliniais varikliais.

Lietuvoje yra dvi troleibusų sistemos – Kaune ir Vilniuje. Kaune 1965 m. gruodžio mėn. 31 d. atidarytas pirmas troleibusų parkas bei nutiestas 19,6 km ilgio kontaktinis tinkas. Po 32 metų – 1997

atidarytas antrasis troleibusų parkas. Šiuo metu Kaune iš viso yra 17 troleibusų maršrutų, tačiau vos 28 proc. troleibusų yra ne senesni nei 15 metų. Pagal Kauno darnaus judumo planą (2018) iki 2030 metų siekiama sumažinti troleibusų vidutinį amžių iki 10 metų.

1956 m. spalį buvo įkurta Vilniaus troleibusų valdyba ir nutiestas 7,8 km ilgio kontaktinis tinklas bei įkurtas 25-rių troleibusų parkas. 1956 m. lapkritį pradėjo dirbti pirmojo modelio „MTB-82D“ troleibusai, kurie važiuojo maršrutu „Antakalnis–Geležinkelio stotis“. 1981 m. troleibusų skaičius padvigubėjo, tad atsirado poreikis antrojo parko statyboms. Antrasis troleibusų parkas, atidarytas 1985 m. gruodžio 28 d., Viršuliškių kaimynystėje, galėjo išlaikyti 150 troleibusų. Šiuo metu Vilniaus mieste yra 18 troleibusų maršrutų, maršrutų ilgį sudaro 412,7 km. Darbo dienomis kursuoja 171 troleibusai, o savaitgaliais – 95 (Vilniaus viešasis transportas, 2022). Pagal Vilniaus miesto viešojo transporto atnaujinimo galimybių studiją (2020) troleibusų parkas nors ir yra ekologiškiausia Vilniaus viešojo transporto dalis, tačiau yra pasenęs. Troleibusų parko amžiaus vidurkis yra 21 metai, o 72 proc. visų troleibusų yra senesni nei 15 metų. 67 proc. troleibusų nėra pritaikyti neįgaliesiems, o 68 proc. neturi kondicionierių. Nusidėvėjęs yra ir troleibusų kontaktinis tinklas. Senesnės nei 40 m. ir kritinės būklės yra 130 atramų, patiriami energetiniai nuostoliai dėl prastos elektros pastočių techninės būklės bei dėl lėto troleibusų greičio sankryžose kalti pasenę iešmai. Kontaktinis tinklas iš esmės nebuvo naujinamas per paskutinius 20 metų. Naujausia linija „Antakalnio žiedo–Saulėtekio alėja“ buvo įrengta 1999 m. Tačiau vertinant jau turimą troleibusų infrastruktūrą mieste, būtų netikslinga ją naikinti ir kurti naują, ar iš vis jos atsisakyti, nes troleibusai yra efektyviausia elektrinė transporto priemonė, galinti užtikrinti didelių keleivių srautų pervežimą. Todėl tinkamai atnaujinus tinklą, būtų galima naujo tipo troleibusus pritaikyti prie jau esamo tinklo. Viena iš tikslingų kontaktinio tinklo pašalinamų vietų galėtų būti Vilniaus senamiesčio teritorijos. Ši teritorija yra problemiškesnė, yra išreiškiami paveldosaugininkų, kitų ekspertų bei gyventojų susirūpinimai. Šią teritoriją galėtų aptarnauti autonominės eigos troleibusai. Remiantis Vilniaus miesto savivaldybės judaus darnumo planu (2018) bus siekiama iki 2030 m., kad ne mažiau 55 proc. visų transporto priemonių būtų elektrinės, o 45 proc. – varomos alternatyviais degalais. Planuojama, kad iki 2026 m. bus atnaujintas visas troleibusų parkas ir vidutinis troleibusų amžius sieks apie 2 metus. Troleibusų parką sudarytų 80 įprastų troleibusų ir 120 autonominės eigos troleibusų.

1.3. Miestuose kuriamos inžinerinės informacinės sistemos

Vienas iš pavyzdžių sukurti ir naudoti informacinę sistemą transporto srityje yra, norint nustatyti geriausią greitųjų autobusų maršrutą. Ši informacinė sistema sukurta Irake esančio Kuto miesto pagrindu. Duomenų bazė sudaryta iš kelių tinklo, sveikatos ir švietimo paslaugų vietų, vyriausybės pastatų, gyventojų tankumo, žemės naudojimo ir esamų autobusų stotelių duomenų. Apdorojus šiuos duomenis ir atikus modeliavimus gauti geriausi maršruto pasiūlymai (Balket, Asmael, 2021).

Lietuvoje informacinės sistemos naudojamos daugelyje sričių. Toliau pateikiama keletas pavyzdžių.

Lietuvoje naudojama nuotekų tvarkymo informacinė sistema (NTIS). Pagal Lietuvos Respublikos geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo įstatymą (2022), nuotekų tvarkymo informacinė sistema yra individualiojo nuotekų tvarkymo įrenginių (sistemų) apskaitos ir kontrolės valstybės informacinė sistema. Šio įstatymo 17 straipsnis nurodo, jog:

1. Nuotekų tvarkymo informacinė sistema steigama užtikrinti individualiojo nuotekų tvarkymo veiklų kontrolės įgyvendinimą.
2. Nuotekų tvarkymo informacinės sistemos valdytoja ir asmens duomenų valdytoja yra Aplinkos ministerija. Nuotekų tvarkymo informacinės sistemos tvarkytoja ir šios sistemos asmens duomenų tvarkytoja – valstybės įmonė Žemės ūkio duomenų centras.
3. Nuotekų tvarkymo informacinė sistema finansuojama iš valstybės biudžeto asignavimų, skirtų Aplinkos ministerijai, Europos Sąjungos struktūrinių fondų ir kitų teisės aktuose nustatytų finansavimo šaltinių.

Tad nuotekų tvarkymo sistema padės saugoti šalies vandens telkinius nuo taršos individualiai tvarkomomis nuotekomis ir pagerinti jų būklę. Joje fiksuojami duomenys aiškiai parodys, kaip sklypo savininkas tvarko nuotekas, ar neviršija taršos normų. Sistemoje bus pateikta informacija apie individualiai tvarkomus įrenginius ir pažymėtos jų vietos. Pavyzdžiui, nurodytas įrenginio tipas, kada įrenginys aptarnautas, kada išsiurbtos nuotekos ir kur nuvežtos sutvarkyti, ar įrenginį patikrino valstybinės aplinkos apsaugos kontrolės pareigūnai ir pan. Kuriama NTIS – vienas iš būdų nuotekų tvarkymo problemoms spręsti. Nuotekų tvarkymo sistema bus skirta savivaldybėms, valstybinės aplinkos apsaugos kontrolės pareigūnams, visiems vandentvarkos sektoriaus dalyviams. Bus palengvintas vandens telkinių būklės stebėjimas, automatizuotas informacijos teikimas, kontrolės procesai, gerokai padidintas procesų skaidrumas. Numatoma, kad 2023 m. viduryje nuotekų tvarkymo sistema turtėtų pradėti veikti (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2021).

Kitas pavyzdys – „Energijos skirstymo operatorius“ (ESO) sėkmingai modernizavo dujų tinklo informacines sistemas. Pasak ESO tinklų eksploatavimo tarnybos direktoriaus Virgilijaus Žukausko (2021), naujoji sistema leidžia geografiškai matyti pačias detaliausias inžinerinės dujų tinklo infrastruktūros dalis, kontroliuojant tinklo efektyvumą, įvertinti planuojamus tinklo pokyčius, sumažinti įvedamų duomenų klaidų tikimybę. Per 15 metų ESO skaitmenizavo visus dujų ir elektros tinklų elementus bei sistemas. Pritaikius šiuos duomenis darbui GIS sistemose, jose yra nuolatos atnaujinami duomenis apie elektros ir dujų tinklus, prijungtus naujų klientų objektus, vykusias investicijas ir remontus. ESO informacinėje sistemoje GIS yra nepakeičiamas įrankis planuojant tinklų plėtrą – skaitmeniname žemėlapyje bus įvedamos naujos dujotiekių ir elektros tinklų trasos,

konkrečių objektų įrengimo, techninių sąlygų išdavimo vietos. GIS duomenys bus naudojami elektros ar dujų tinklo planavimo, projektų rengimo ir derinimo, eksploatavimo, operatyvaus valdymo, taip pat ir apskaitos rodmenų nurašymo, maršrutų sudarymo procesuose. Modernizavus dujų tinklo valdymą, toliau siekiamas elektros tinklo modernizavimas taikant „Esri ArcGIS Utility Network“ programinį paketą. Į naują sistemą yra perkelta virš 1,5 mln. dujų tinklo objektų, o tolimesnis planas – administruoti virš 8,5 mln. elektros tinklo objektų (ESO, 2021).

Dar viena informacinė sistema - Vilniaus miesto vandentiekio tinklo hidraulinio modeliavimo informacinė sistema. Anot UAB „Vilniaus vandenys“ metinio pranešimo, nepriklausomo auditoriaus išvada ir finansinės ataskaitos už metus, pasibaigusius 2020 m. gruodžio 31 d. (2020) Avarijų ir vandens tiekimo sutrikimų prevencijai bendrovė pasitelkė hidraulinio modeliavimo technologiją – buvo sukurta ir įdiegta Vilniaus miesto vandentiekio tinklo hidraulinio modeliavimo informacinė sistema, kurios pagalba avarijų, taip pat ir Astravo AE avarijos atveju, bendrovė galės įvertinti vandens suvartojimo scenarijus, pasikeitus pagrindiniams vandens tiekimo šaltiniams – vandenvietėms.

1.4. Išvados

1. Šiuo metu pasaulyje yra 276 troleibusų sistemos, tačiau siekiant mažinti aplinkai daromą neigiamą poveikį ir didinti miestų tvarumą, vykstant elektrinių baterijų revoliucijai, troleibusų sistemų skaičių galima aktyviai didinti.
2. Troleibusai, kaip infrastruktūros tinklas ir kaip transporto priemonė, turi ir privalumų, ir trūkumų. Tačiau privalumų daugiau nei trūkumų, nes troleibusai yra viena iš ekologiškiausių transporto priemonių.
3. Atsižvelgiant į Lenkijos ir Prahos troleibusų sistemų pavydžius, troleibusų sistemoms pradedamos taikyti IMC technologijos, dėl kurių ateityje bus galima atsisakyti dyzeliu varomų transporto priemonių ir turėti nulinės emisijos transporto priemones.
4. Norint siekti darnios miestų plėtros, būtina kurti ir naudoti informacines sistemas, kad sudėtingų inžinerinių sistemų darbas taptų ne tik efektyvesnis, bet ir paprastesnis.

2. ANALITINĖ DALIS

2.1. GIS technologijų analizė ir įvertinimas

2.1.1. GIS analizė

Geografinės informacinės sistemos (GIS) yra naudojamos daugelyje žmogaus veiklos sričių: kartografijoje, žemėtvarkoje, teritorijų planavime, valstybės valdyme, žemės ūkyje ir miškininkystėje, inžinerinėse komunikacijose (vandentiekys, dujotiekys ir pan.), logistikoje, aviacijoje, laivyboje ir kt.

GIS apibrėžiama kaip programinės įrangos, duomenų apie supančią aplinką ir juos apdorojančio personalo visuma, skirta kaupti, atnaujinti, saugoti, analizuoti, kurti ir vaizduoti geografinius duomenis. Geografiniai objektai geografinėje informacinėje sistemoje yra siejami su įvairiais registrais, taip sudarydami geoinformacinės duomenų bazes (GDB). Registras – susistemintos informacijos visuma apie vienos rūšies objektus (sklypus, gatves ir pan.) (Stankevičius, 2002). Mikajelian, Feizienė ir Antanaitis (2003) teigia, kad „Geografinė informacinė sistema (GIS) – tai kompiuterinė techninių, programinių priemonių ir geografinių duomenų sistema, skirta geografiniai referencinei informacijai įvesti, saugoti, išvesti, apdoroti, analizuoti ir atvaizduoti.“

GIS esmė yra analizuoti geografinius duomenis. Analizės metu pradiniai duomenys, kurie yra neapdoroti, paverčiami į naudingą informaciją, kuri naudojama efektyvių sprendimų priėmimui ar moksliniams tyrimams (Stankevičius, 2002).

Gali būti atliekamos dvi analizės – erdvinės arba neerdvinės. Erdvinėje analizėje geografinės duomenų reikšmės priklauso nuo objektų padėties erdvėje. Kitaip sakant – duomenų reikšmės kinta, kintant objektų padėčiai (pvz., oro temperatūra, dirvožemio pH). Neerdvinėje analizėje geografinės duomenų reikšmės nepriklauso nuo padėties erdvėje (pvz., gyventojų amžiaus vidurkis). Geografiniai duomenys gali būti vektoriniai, rastriniai arba paviršiniai. Geografinės informacinės sistemos funkcionalumas ir efektyvumas priklauso nuo duomenų bazės modelio. Populiariausias būdas saugoti duomenims yra naudojant vektorinių duomenų modelį. Šiame modelyje duomenys saugomi kaip koordinačių porų rinkiniai (x, y). Išskiriami trys pagrindiniai erdvinių elementų tipai:

- taškas (suteikiama viena koordinačių pora). Tai paprasčiausias duomenų tipas, naudojamas kai yra reikalinga tik elemento padėtis, bet ne jo plotis ar ilgis (medis, namas ir pan.)
- linija (suteikiamos bent dvi koordinačių poros). Linijomis vaizduojami elementai, turintys ilgį, bet ne plotį (gatvė, geležinkelis, upė ir pan.)
- poligonas (suteikiamos bent trys koordinačių poros). Tai uždari, užpildyti plotai, turintys plotį ir plotą (ežeras, žemės ribos ir pan.).

Kitas dažnai naudojamas duomenų modelis erdviniams duomenims saugoti yra rastrinis modelis. Kai erdviniai duomenis saugomi taikant rastrinį modelį, yra naudojamas tinklėlis, sudarytas iš kvadratinių laukelių. Rastriniai duomenys yra paveikslėlio pavidalo. JPEG, GIF, TIFF failai dažniausiai naudojami rastrinių vaizdų formatai. Tačiau rastriniai duomenys tiesiogiai netinka geografiškai apdoroti, todėl yra keičiami į vektorinius duomenis.

Paviršiaus duomenų modelis naudojamas atvaizduoti realioms arba menamiems paviršiams (reljefams). Paviršiaus informacija gali būti saugoma rastro pavidalu (suteikiama informacija kiekvienai ląstelei apie paviršiaus aukštį tame taške) ar netaisyklingųjų trikampių tinklu (nurodant trikampių viršūnių aukštį ir jų tarpusavio ryšius).

Erdvinių objektų duomenis galima rinkti dviem būdais – pirminiu ir antriniu. Pirminiai geografiniai duomenys renkami ir gaunami tiesiai iš šaltinio, kaip pavyzdžiui – geodeziniai matavimai (analitikai tiesiogiai matuoja objektus), GPS žemėlapiai (analitikai Žemėje gauna koordinates GPS įrenginiui), skaitmeniniai fotoaparatai (fotografas atlieka tiesioginius matavimus). Antriniais geografiniams duomenims priskiriami duomenys, kurie surinkti ne analizę atliekančio asmens, o ko nors kito. Antriniai duomenys gali būti įvairūs ir surenkami iš įvairių šaltinių – valstybinių įstaigų, privačių įmonių ar interneto.

Geografiniai duomenys yra pats svarbiausias GIS komponentas, todėl prieš naudojant jie turi būti atitinkamai paruošti, kad būtų galima struktūrizuoti į atskirus sluoksnius. Sluoksnis yra pagal atributus ar erdvinę padėtį tarpusavyje logiškai susijusi geografinių duomenų grupė. Rastriniame duomenų modelyje sluoksniai sudaryti iš atskirų grupių ar objektų vaizduojančių ląstelių. Vektoriniame modelyje sluoksniai sudaromi pagal logiškus ryšius turinčius geografinius duomenis ir taip pat pagal grafinių elementų vaizdavimo tipus – taškus, linijas, poligonus (Mikajelian ir kt., 2003).

Geografiniai duomenys sudaryti iš dviejų komponentų: geografinės informacijos (erdvinės, geometrinės) ir atributinės informacijos (aprašomosios). Šie komponentai yra glaudžiai susiję (pvz., gatvė ir jos kategorija ar eismo juostų skaičius ir pan.), nes jie sudaro GIS duomenų bazę. Tad naudojant GIS duomenų bazes galima sužinoti ne vien tik objekto geografinę padėtį, bet ir kitus parametrus (pavadinimą, tipą, klasę ir pan.). Objektų atributai saugomi atributinėse lentelėse (Stankevičius, 2002).

GIS duomenų bazės yra realaus pasaulio geografinis modelis. Tik realus pasaulis yra pernelyg sudėtingas, kad būtų galima tiksliai sukaupiti duomenis ir juos po to atvaizduoti. Todėl dažniausiai modeliui atvaizduoti pasirenkami tik tam tikram tikslui pasiekti reikalingi objektai ar reiškiniai. GIS pagrindinis privalumas yra gebėjimas operuoti erdvine (koordinuota, orientuota erdvėje) informacija, t. y. galimybė į vieną sistemą integruoti geografinę ir aprašomąją (atributinę, vaizdinę, lentelinę ir kitą) informaciją (Mikajelian ir kt., 2003).

2.1.2. GIS programinių įrangų apžvalga

GIS programinių įrangų yra daugybė, tad norint išsirinkti tinkamiausią reikia atsižvelgti į vartotojo poreikius ir projekto reikalavimus. Vienos iš populiariausių žemėlapių sudarymo ir erdvinių duomenų analizei naudojamų programinių įrangų yra ArcGIS Desktop (ArcMap, Arc Catalog), QGIS, ArcGIS Pro ir ArcGIS Online.

ArcGIS Desktop (ArcMap, Arc Catalog), yra plačiausiai naudojama programinė įranga, turinti didžiausią funkcionalumą. Skirta geoinformacinių duomenų bazių tvarkymui ir valdymui, taip pat atlikti tiek paprastoms užduotims, tiek sudėtingoms regresinėms analizėms, erdvinių duomenų analizėms ir modeliavimams, kaip pavyzdžiui, apskaičiuoti optimalius transporto maršrutus, numatyti, kuriose vietose gali susidaryti nuošliaužos ar numatyti gaisro plitimo kelią. Tačiau Esri kompanija 2017 metais pranešė, kad daugiau nebebus atnaujinamos ArcGIS Desktop versijos (dabartinė 10.8.1) ir 2026 m. kovo 1 d. bus nutrauktas vartojimas. Tad raginama ArcGIS Desktop vartotojus pereiti prie ArcGIS Pro programinės įrangos. Ši programinė įranga ne tik, kad nenusileidžia ArcGIS Desktop, bet dar ir turi pranašumų. ArcGIS Pro duomenis galima palaikyti, vizualizuoti ar analizuoti tiek 2D, tiek 3D formatu vienoje programoje. Kai tuo tarpu ArcGIS Desktop galimas tik 2D formatas (norint palaikyti 3D formato duomenis reikalingi papildomi plėtiniai). ArcGIS Pro atsiranda galimybė vienu metu naudotis keliais žemėlapiais, kai ArcGIS Desktop tėra įmanoma naudotis vienu žemėlapiu. Be to, atsiranda galimybė viešinti duomenis tiesiai į ArcGIS Online platformą, o ArcGIS Desktop tai leidžia daryti tik į ArcGIS serverius. ArcGIS Pro atsiranda prieiga naudoti internetinius žemėlapius ir duomenis, kai ArcGIS Desktop tokios galimybės yra stipriai apribotos.

Kita populiari naudojama programa yra QGIS. Tai yra nemokama atvirojo kodo programinė įranga, naudojama erdvinių duomenų kūrimui, redagavimui, vizualizavimui ir analizavimui. QGIS ir ArcGIS Pro programinės įrangos turi panašias funkcijas, tačiau yra ir didelių skirtumų, dėl kurių viena gali būti tinkamesnė naudoti už kitą. Pagrindinis skirtumas tarp šių programinių įrangų yra licencijavimas. Norint naudoti ArcGIS Pro reikalinga licencija, o QGIS yra atvirojo kodo ir yra nemokama. ArcGIS Pro turi platų funkcionalumo asortimentą, kuris padeda atlikti sudėtingas analizes ar modeliavimus, tačiau yra viena problema, jog norint naudoti šiuos funkcionalumus gali tekti įsigyti papildomų licencijų. QGIS funkcionalumas yra ribotas, todėl tinka mažesniems projektams, kuriuose naudojama mažiau duomenų. Tačiau yra daug plėtinių, kuriuos galima naudoti norint atlikti dalykus, kurių pati programa negali padaryti. Bet kartais gali iškilti sunkumų norint surasti reikiamą plėtinį, nes jie nėra patalpinti vienoje vietoje. ArcGIS Pro turi geresnės erdvinės topologinės analizės galimybės ir suteikia patikimesnius rezultatus nei QGIS, taip pat QGIS neturi galimybės vienu metu naudoti kelių žemėlapių, o galimybės dirbti su 3D duomenimis yra ribotos. QGIS naudojimas yra geras duomenų redagavimo, peržiūros ir analizės požiūriu, tačiau žemėlapių

kūrimo funkcijos yra gan sudėtingos, tad vartotojai žemėlapių kūrimui yra labiau linkę rinktis ArcGIS Pro.

Dar viena populiari naudojama programinė įranga yra ArcGIS Online. Tai yra internetinė GIS platforma, skirta kurti ir viešinti erdvinius duomenis bei žemėlapius. Tiesiai internete galima atlikti kai kurias analizės funkcijas nenaudojant specialios programinės įrangos. ArcGIS Online turi du paskyrų tipus – asmeninę (viešą) paskyrą ir organizacijos paskyrą. Pastaroji pasižymi daug didesniu funkcionalumu. ArcGIS Online privalumas yra tas, jog paprasta dalintis duomenimis ne tik tarp atskirtų vartotojų, grupės narių bet ir tarp organizacijų.

Aptartos programinės įrangos nors ir yra populiariausios ir dažniausiai naudojamos, tačiau yra ir galybė kitų GIS programinių įrenginių. Tad programinės įrangos pasirinkimas priklauso nuo atliekamo darbo pobūdžio, sudėtingumo, turimų resursų bei vartotojo galimybių ir patirties.

2.2. Troleibusų kontaktinio tinklo remontuotinių ar rekonstruotinių ruožų nustatymo metodologija

2.2.1. Daugiakriterio vertinimo principai ir taikymas

Daugiakriterio metodo pasirinkimas priklauso nuo daugelio veiksnių: uždavinio tikslo, ypatumų, mikro ir makro aplinkos sąlygų, duomenų patikimumo bei tikslumo ir kt. Atsižvelgiant į tikslus daugiakriterio vertinimo modelis padeda priimti tam tikrus sprendimus. Bergh (2002) išskyrė šiuos pagrindinius daugiakriterio vertinimo modelių komponentus:

1. Tikslų ir juos atitinkančių rodiklių sistemos sudarymas, jų reikšmingumo nustatymas.
2. Atsakų matricos suformavimas ir normalizavimas, pritaikant daugiakriterinio sprendimų priėmimo metodus.
3. Gautų rezultatų interpretavimas ir sprendimų priėmimas.

Anot Ginevičiaus (2006) visi šiuo metu žinomi ir taikomi būdai daugiakriterio vertinimo veiksnių svoriams nustatyti yra pagrįsti ekspertų nuomone. Svariai vienais atvejais gali būti nurodomi tiesiogiai vieneto dalimis, o kitais atvejais, remiantis ekspertų nuomone, norint nustatyti svorius atliekami sudėtingi skaičiavimai. Tai yra subjektyvus procesas, todėl rezultatai priklauso nuo daugelio sąlygų – ekspertų kvalifikacijos, vertinimo skalės diapazono, ekspertų skaičiaus ir kt. Svorijų nustatymo būdas ir veiksnių skaičius turi ypač didelę reikšmę veiksnių svorių tikslumui nustatyti, nes šios dvi sąlygos yra susijusios tarpusavyje. Kai veiksnių yra nedaug paprasčiausia taikyti tiesioginį vertinimą, kai ekspertai iš karto nurodo veiksnių svorius vieneto dalimi. Tada šis vertinimas duoda bene geriausius rezultatus, nes jis paprastas, suprantamas ir jį patogiau taikyti. Tačiau, kai yra gausybė veiksnių šį vertinimą taikyti tampa problematiška. Ekspertui darosi vis sunkiau nustatyti svorių tarpusavio teisingus santykius nagrinėjamo reiškinio atžvilgiu. Dėl šios priežasties nuomonių

nesuderinamumas vis didėja, dažnai ir viršija leistinąsias ribas, todėl tolesniems skaičiavimams negalima naudoti tokių ekspertinių apklausos rezultatų.

Kai veiksnių yra gausybė, norint nustatyti svorius, remiantis ekspertų nuomone, naudojami APH, Kendall, COPRAS, VIKOR, TOPSIS, SNOD ir kiti metodai.

2.2.2. Ekspertinė apklausa ir jos organizavimo principai

Šitame darbe atliktas tyrimas bus paremtas duomenimis, kurie buvo surinkti atlikus ekspertinį vertinimą. Kaip teigia Kardelis (2002), ekspertinio vertinimo metodo esmė ta, kad jis leidžia racionaliai organizuotai tirti problemas su nuomonių įvertinimu bei išgautų rezultatų atlikti jų apdorojimo analizę. Apibendrinta ekspertų grupės nuomonė pateikiama kaip problemos sprendinys (sprendimo rezultatas). Tuo atveju, jei yra priimamas sprendimas ekspertų vertinimo pagrindu, būtina įvertinti ekspertų nuomonių suderinamumo laipsnį. Ekspertų nuomonių suderinamumą labai svarbu nustatyti taikant daugiakriterius vertinimų metodus.

Nuo narių skaičiaus ir atskirų ekspertų žinių lygio priklauso ekspertinis vertinimų patikimumas. Jei ekspertų žinių lygis yra pakankamai panašus, tai didėjant narių skaičiui vertinimo patikimumas taip pat didėja. Kompetencijos koeficientu yra vertinamas eksperto kompetencijos laipsnis. Kompetentiškumas – eksperto kvalifikacijos laipsnis tam tikroje žinių srityje.

Ekspertinio vertinimo metodą nulemia apklausos rūšis. Išskiriami šie apklausos metodai: anketinė apklausa, interviu, telefoninė apklausa, anketinė apklausa paštu ir kt. Lietuvos mokslinėje praktikoje dažniausiai naudojama anketinė apklausa (Kardelis, 2002).

Anketuojant eksperto apklausos duomenys surašomi parengtoje anketoje. Be anketos pateikiamas kreipimasis į ekspertus – aiškinamasis raštas, kuriame paaiškinami ekspertizės tikslai ir uždaviniai, suruošiama ekspertui būtina informacija, nurodoma anketos pildymo instrukcija (Kardelis, 2002).

Atlikus apklausą gauti duomenys yra apdorojami. Apdorojimo tikslas yra gauti apibendrintus duomenis ir naują informaciją.

2.2.3. Daugiakriterės sistemos taikymas Kendall metodu

Kai yra atlikta ekspertinė apklausa, toliau vertinamas ekspertų nuomonių suderinamumas. Norint nustatyti, ar dviejų ekspertų nuomonės yra suderintos, skaičiuojamas koreliacijos koeficientas, tačiau, jei ekspertų skaičius yra didesnis, tada nuomonių suderinamumas skaičiuojamas pagal konkordancijos koeficientą W (Zavadskas, Vilutiene, 2006; Jakimavičius, Burinskienė, Gusarovienė, Podvieszko, 2016).

Pirmiausia nustatoma kiekvieno vertinimo rodiklio rangų suma pagal (2.1) formulę:

$$P_j = \sum_{k=1}^r P_{jk}, \quad (2.1)$$

čia P_{jk} – k -tojo eksperto j -ajam vertinimo rodikliui suteiktas vertinimas, k – ekspertų autoriteto koeficientas.

Toliau paskaičiuojama vidutinė vertinimo rodiklio reikšmė pagal (2.2) formulę:

$$\bar{P}_j = \frac{\sum_{k=1}^r P_{jk}}{r}, \quad (2.2)$$

čia r – ekspertų skaičius.

Nustatoma kiekvieno vertinimo rodiklio įvertinimo rezultatų nukrypimo kvadratų suma pagal (2.3) formulę:

$$S = \sum_{j=1}^m (P_j - \bar{P})^2, \quad (2.3)$$

čia m – vertinimo rodiklių skaičius.

Vidutinė visų vertinimo rodiklių rangų suma skaičiuojama pagal (2.4) formulę:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^m P_{jk}}{m}, \quad (2.4)$$

Statistinis skirstinys χ^2 skaičiuojamas panaudojus konkordancijos koeficientą W pagal (2.5) formulę (Kendall 1975):

$$\chi^2 = W \cdot r \cdot (m - 1) = \frac{12S}{r \cdot m \cdot (m+1)}. \quad (2.5)$$

Jei χ^2 apskaičiuotas pagal (2.5) formulę yra didesnis už χ^2_{lent} , gaunamą iš χ^2 platinio lentelės su tam tikru laisvės laipsnių skaičiumi $v = m - 1$ ir pasirinktu reikšmingumo lygmeniu α , tada laikoma, kad ekspertų nuomonės suderintos.

Didžiausia skaitinė išraiška yra geriausia vertė skaičiuojant vertinimo rodiklių reikšmingumus (Gudienė, Banaitis, Podvezko, Banaitienė, 2014). Vertinimo rodiklių reikšmingumai skaičiuojami pagal (2.6) formulę:

$$\bar{q}_j = \frac{\bar{P}_j}{\sum_{i=1}^m P_j}. \quad (2.6)$$

Apskaičiavus vertinimo rodiklių reikšmingumus, jų suma turi būti lygi 1. Reikšmingumas nurodo kiek kartų vertinimo rodiklis yra svarbesnis už kitą vertinimo rodiklį. Tuo pasinaudojus, galima vykdyti tolesnę vertinimo rodiklių atranką ir pasirinkti tik tuos rodiklius, kurie turi didžiausią reikšmę.

2.2.4. Kriterijų analizė

Šiame tyrime buvo pateikti 7 kriterijai, kurie buvo naujai sukurti ir pasiūlyti naudoti šiame darbe. Kituose tyrimuose, kaip pavyzdžiui „Lietuvos valstybinės reikšmės kelių priežiūros lygių nustatymo metodikos vertinimas ir tobulinimas“ (2022) buvo naudojami 7 kriterijai: vidutinis metinis paros

eismo intensyvumas, vidutinis metinis paros sunkiasvorių transporto priemonių eismo intensyvumas, kelio funkcinė paskirtis, didžiausias leistinas greitis (vis šie kriterijai naudojami esamoje metodikoje), eismo įvykių rizika, VT eismas ir dangos tipas (naujai pasiūlyti). „Viešojo transporto elektrifikavimas Lenkijos miestuose panaudojant daugiakriterį vertinimą“ (2021) tyrime panaudoti 6 kriterijai: kontaktinio tinklo ilgis tam tikrame autobuso maršrute, tankiai apgyvendintų vietovių aptarnavimas, viešojo transporto intensyvumas ruože, stotelių skaičius ruože, autobusų tvarkaraštis darbo dienomis ir savaitgaliais, transporto rida. Tad kuriuos kriterijus būtų tikslinga naudoti, norint nustatyti remontuotinus ar rekonstruotinus troleibusų kontaktinio tinklo ruožus, bus įvertinta pagal ekspertų nuomonę tolimesniuose skyriuose.

Apklausos metodu ekspertams pateikti kriterijai, siekiant gauti jų ekspertinius vertinimus ir remiantis gautais duomenimis atlikti skaičiavimus.

Toliau pateikiami tyrimui naudoti kriterijai ir jų paaiškinimai.

1. **Ruožo orientaciniai statybos metai** – t. y. ruože esančio kontaktinio tinklo orientaciniai statybos metai (m.). Kuo ruožo statybos metai yra ankstesni, tuo tikėtina yra didesnis remonto arba rekonstravimo poreikis.
2. **Ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai** – rodiklis parodo, prieš kiek metų buvo atliktas paskutinis ruožo remontas arba rekonstrukcija (m.). Kuo remontas arba rekonstravimas atliktas seniau, tuo tikėtina ruožas yra daugiau nusidėvėjęs.
3. **Troleibusų eismo intensyvumas ruože** – troleibusų kursavimo intensyvumas kontaktinio tinkle ruože (transporto priemonės/darbo dienos parą). Kuo didesnis kursavimo dažnis, tuo didesnis kontaktinio tinklo nusidėvėjimas, o kontaktinis tinklas turi būti patikimas visuose ruožuose, norint sklandžiai vykdyti keliones troleibusais.
4. **Fiksuojamų gedimų skaičius ruože** – fiksuojami vairuotojų pranešimai apie įvykusius kontaktinio tinklo gedimus per apibrėžtą laiko tarpą (fiksuojamas pranešimų skaičius per paskutinius metus). Kuo pranešimų apie gedimus ruože yra daugiau, tuo ruožo remontas ar rekonstravimas yra aktualesnis.
5. **Fiksuojamų remontų skaičius ruože** – fiksuojama ir kaupiama informacija apie atliktus remontus ruože per apibrėžtą laiko tarpą (kiek remontų buvo įvykdyta ruože per laiko tarpą). Kuo dažniau ruožas yra remontuojamas, tuo aktualesnis to ruožo rekonstravimas.
6. **Bendras VT eismo intensyvumas ruože** – viešojo transporto kursavimo intensyvumas kontaktinio tinkle ruože (transporto priemonės/darbo dienos parą). Kuo didesnis bendras VT kursavimo dažnis, tuo tikėtina mažesnė troleibusų kontaktinio tinklo gedimų tikimybė ir neigiama įtaka kitų viešojo transporto rūšių vėlavimams.

7. **Keleivių eismo intensyvumas ruože** – troleibusais pervežamų keleivių skaičius

kontaktinio tinklo ruožuose (keleiviai/parą). Kuo daugiau keleivių yra pervežama per parą, tuo atskiro ruožo remontas arba rekonstravimas yra aktualesnis.

2.2.5. Pasiūlymai remontuotinų ar rekonstruotinų ruožų parinkimo metodikai

Siekiant nustatyti troleibusų kontaktinio tinklo rekonstruotinus ar remontuotinus ruožus siūloma naudoti vertinimo formulę, kurioje taip pat būtina nustatyti ir moksliskai pagrįsti svorinių kriterijų koeficientus.

$$SKRB = X_1\% \cdot (ROSM) + X_2\% \cdot (RPRRM) + X_3\% \cdot (TEIR) + X_4\% \cdot (FGSR) + X_5\% \cdot (FRSR) + X_6\% \cdot (BVTEIR) + X_7\% \cdot (KEIR), \quad (2.7)$$

čia: SKRB – suminis kriterijų reikšmingumo balas;

ROSM – ruožo orientaciniai statybos metai (m.),

RPRRM – ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai (m.);

TEIR – troleibusų eismo intensyvumas ruože (transporto priemonės/darbo dienos parą);

FGSR – fiksuojamų gedimų skaičius ruože (fiksuojamas pranešimų skaičius per paskutinius metus);

FRSR – fiksuojamų remontų skaičius ruože (kiek remontų buvo įvykdyta ruože per laiko tarpsnį);

BVTEIR – bendras VT eismo intensyvumas ruože (transporto priemonės/darbo dienos parą);

KEIR – keleivių eismo intensyvumas ruože (keleiviai/parą);

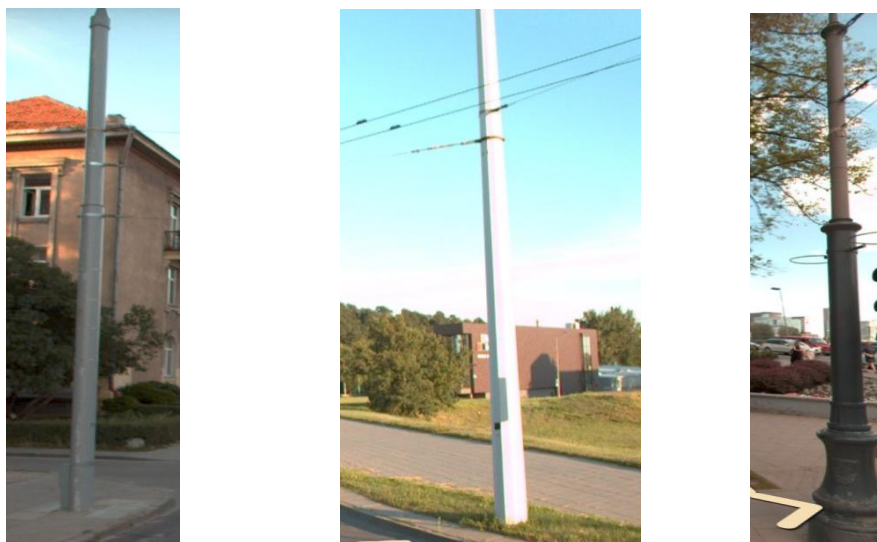
$X_1\%$, $X_2\%$, $X_7\%$ – kriterijų svoriniai koeficientai, nustatyti daugiakriteriu ekspertiniu vertinimu.

2.3. Troleibusų kontaktinio tinko infrastruktūros analizė

Norint užtikrinti ir išlaikyti sklandų keleivių pervežimo troleibusais lygį, būtina tinkamai prižiūrėti kontaktinio tinklo infrastruktūrą. Kontaktinį tinklą sudarantys elementai yra neatsiejami vienas nuo kito, tad, kad tinkamai tinklas funkcionuotų, visos dalys turi būti tinkamos naudoti. Visą kontaktinį tinklą sudaro 10 elementų: atramos, kontaktinis laidas, skersinės jungtys, persikirtimai, lanksčios jungtys, laikikliai, izoliatoriai, lynai, iešmai bei gembės. Toliau pateikiami kontaktinį tinklą sudarančių elementų aprašymai.

Atramos – ant jų tvirtinasi lynai ir maitinimo linijos (fideriai). Atramos yra trijų rūšių:

- apvalios
- daugiabriaunės
- dekoratyvinės.



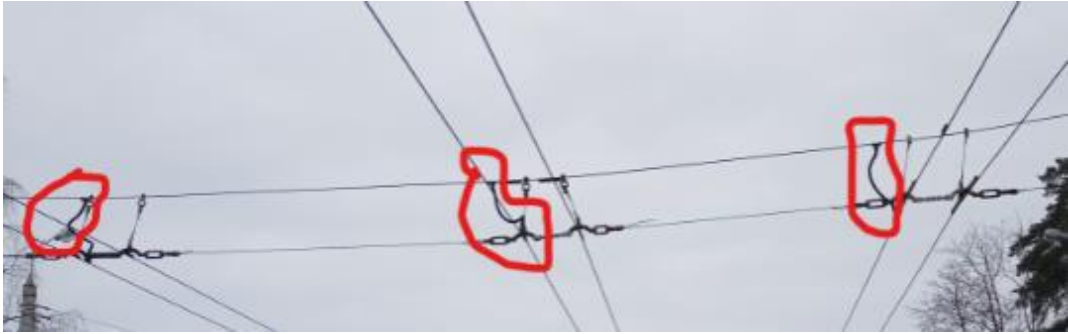
2.1 pav. Atramos (iš kairės į dešinę): apvali, daugiabriaunė, dekoratyvinė (šaltinis: www.mapillary.com)

Kontaktinis laidas – išilgai kelio einantis dvigubas laidas, kuris jungiamas su lanksčia jungtimi prie kontaktinio tinklo (dažniausiai kontaktiniam tinklui naudojamas 10 mm skersmens kabelis, vienu metu, turbūt taupant lėšas, buvo naudojamas 8,5 mm skersmens kabelis). Virš gatvės kontaktinio laidui pakabinti reikalingas $5,7 \pm 0,1$ m aukštis. Leidžiami tokie kontaktinio laido pakabinimo aukščio nuokrypiai: iki 5,2 metro troleibusų parkų pastatuose, iki 4,7 metro ties troleibusų parkų pastatų vartais ir po inžineriniais statiniais – iki 4,2 metro, laikantis tolygaus kontaktinių laidų pakabinimo aukščio keitimo. Kontaktinio tinklo laidas su teigiamo poliškumo įtampa visuomet būna arčiau gatvės važiuojamosios dalies centro, o su neigiamo poliškumo įtampa – arčiau šaligatvio (Markevičius, 2013).



2.2 pav. Kontaktinis laidas (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)

Lanksčios jungtys – tai lankstus kabelis, kurio skerspjūvis yra nemažesnis už kontaktinio laido. Jos būna dviejų rūšių: išlyginamosios ir maitinimo jungtys. Išlyginamosios jungtys yra pliusinės ir minusinės. Tai išilgai kelio einantis kontaktinis laidas, prijungtas prie kontaktinio tinklo. Jo paskirtis yra išlyginti įtampą Maitinimo linijos pradžioje arba pabaigoje (Markevičius, 2013).



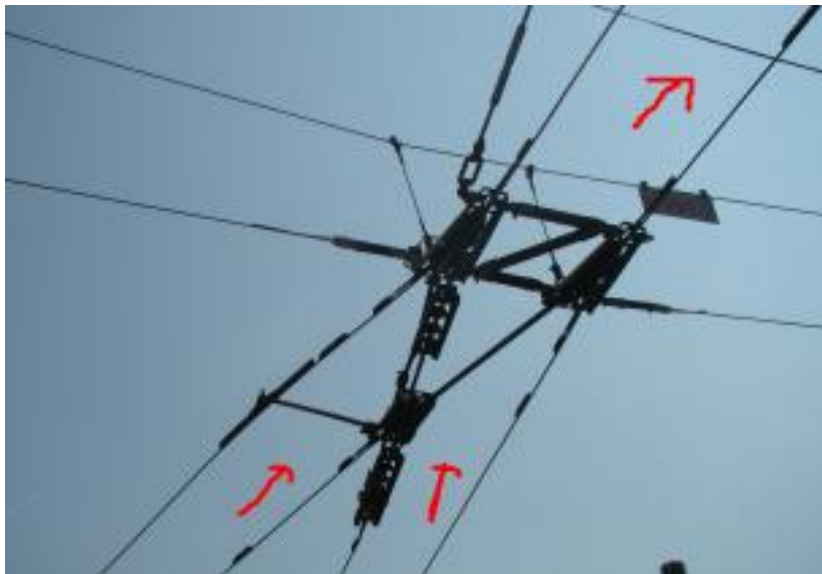
2.3 pav. Išlyginamoji jungtis (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)

Maitinimo jungtys – perduoda įtampą kontaktiniams laidams.



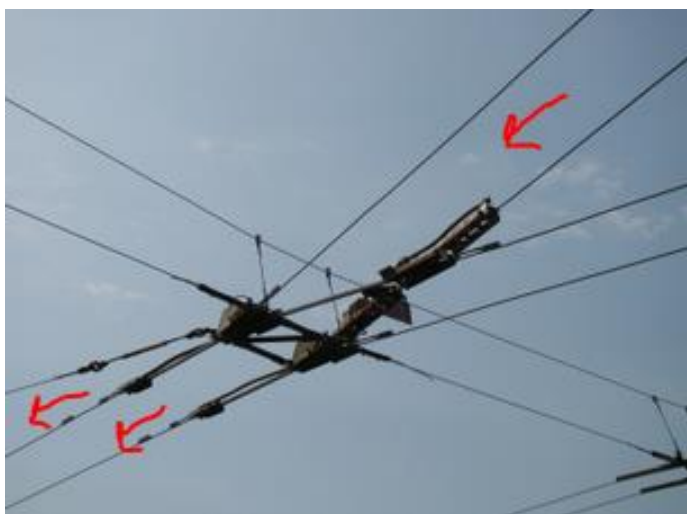
2.4 pav. Maitinimo jungtys (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)

Iešmai yra dviejų rūšių: suėjimo ir automatiniai. Suėjimo naudojami ten, kur dvi atskiros troleibusų kontaktinio tinklo linijos sujungiamos į vieną liniją.



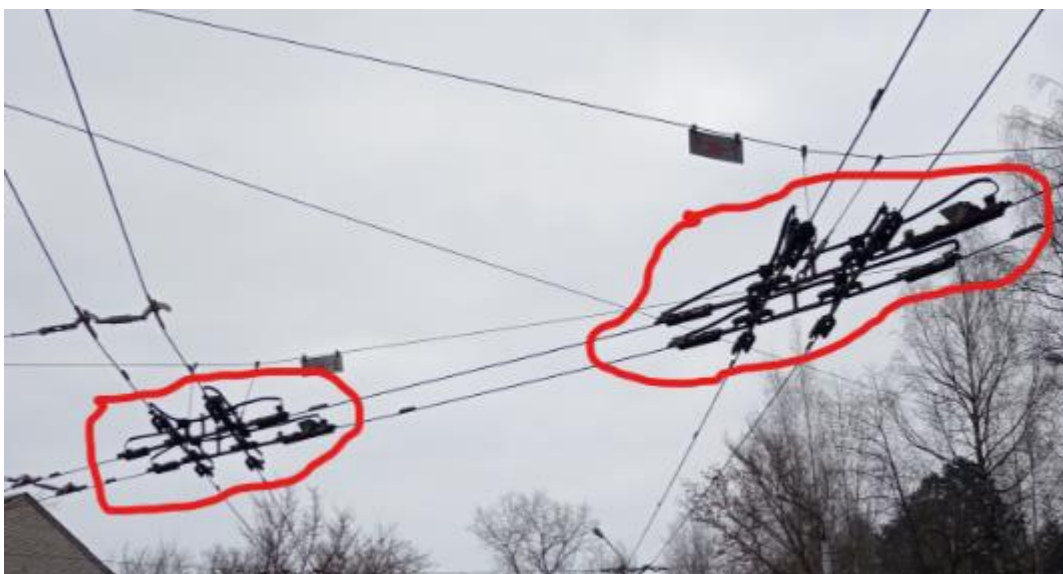
2.5 pav. Suėjimo iešmas (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)

Automatinis iešmas – atvirkščiai, naudojamas ten, kur iš vienos linijos išskiria į dvi atskiras kontaktinio tinklo linijas.



2.6 pav. Automatinis iešmas (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)

Persikirtimas - naudojamas ten, kur statmenai susikerta troleibusų kontaktinis tinklas.



2.7 pav. Persikirtimai (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)

Izoliatoriai yra 6 rūšių: sagtiniai, kilpiniai, delta, trikampiniai, sekcijiniai ir plokštuminiai. Sagtiniai ir kilpiniai izoliatoriai naudojami kontaktinio tinklo izoliavimui nuo atramų arba tvirtinami ant lynų. Izoliacija turi būti dviguba, tai yra vienas izoliatorius turi būti prie laido, o kitas – prie atramos. Sagtinis ir kilpinis izoliatoriai naudojami ir tarp laidų, bet retai. Papildomai naudojami su delta izoliatoriumi, tam, kad padidinti atstumą tarp laidų. Statomas tarp + ir – laidų. Sekcijiniai izoliatoriai įrengiami tarp maitinimo linijų, ant jų nėra įtampos. Tokiose vietose, kur įrengti sekcijiniai izoliatoriai troleibusai turėtų pravažiuoti pro juos nestabdydami. Kitu atveju, sustojus taip, kad srovės

imtuvai yra ant sekcijinių izoliatorių, avarinei tarnybai troleibusą reikės stumti 10 ar 20 cm (Markevičius, 2013).



2.8 pav. Kilpinis izoliatorius (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)



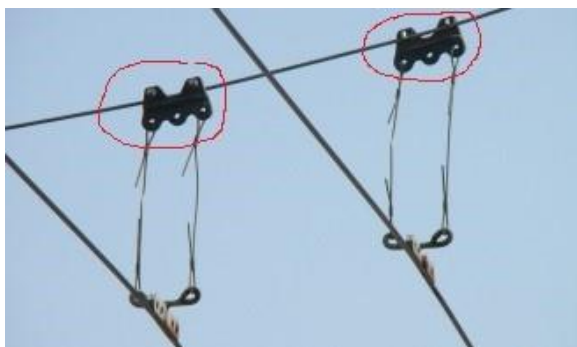
2.9 pav. Sagtinis izoliatorius (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)



2.10 pav. Sekcijinis izoliatorius (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)



2.11 pav. Trikampinis izoliatorius (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)



2.12 pav. Plokštuminis izoliatorius (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)



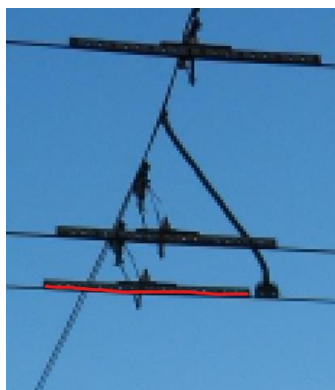
2.13 pav. Delta izoliatorius (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)

Laikikliai yra 3 rūšių: kreivės, laido ir lankinis. Kreivės laikiklis – jo paskirtis įvažiuoti į sudėtingus posūkius.



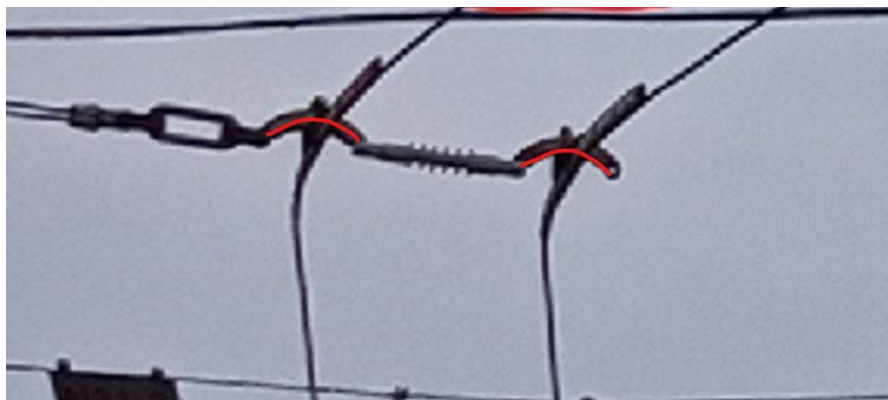
2.14 pav. Kreivės laikiklis (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)

Laido laikiklis – palaiko kontaktinio tinklo laidą.



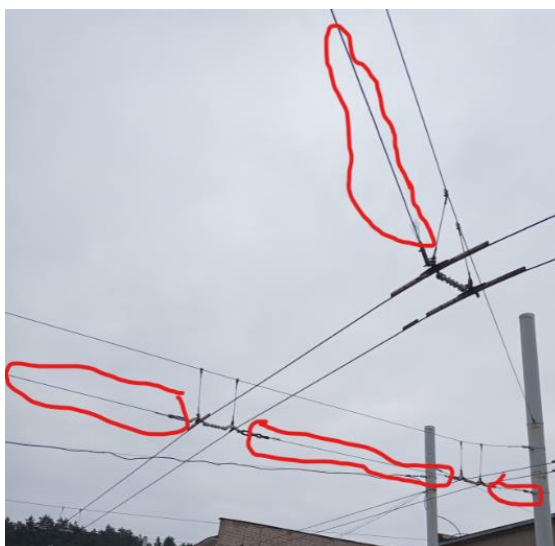
2.15 pav. Laido laikiklis (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)

Lankinis laikiklis – palaiko laido laikiklį.



2.16 pav. Lankinis laikiklis (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)

Lynai yra 3 rūšių: išilginis, skersinis ir elementų palaikymo. Elementų palaikymo lynas – palaiko horizontaliai esančius kontaktinio tinklo elementus.



2.17 pav. Elementų palaikymo lynas (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)

Išilginis lynas – virš kontaktinio tinklo laidų einantis lynas.



2.18 pav. Išilginis lynas (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)

Skersinis lynas – palaiko vertikalias apkrovas.



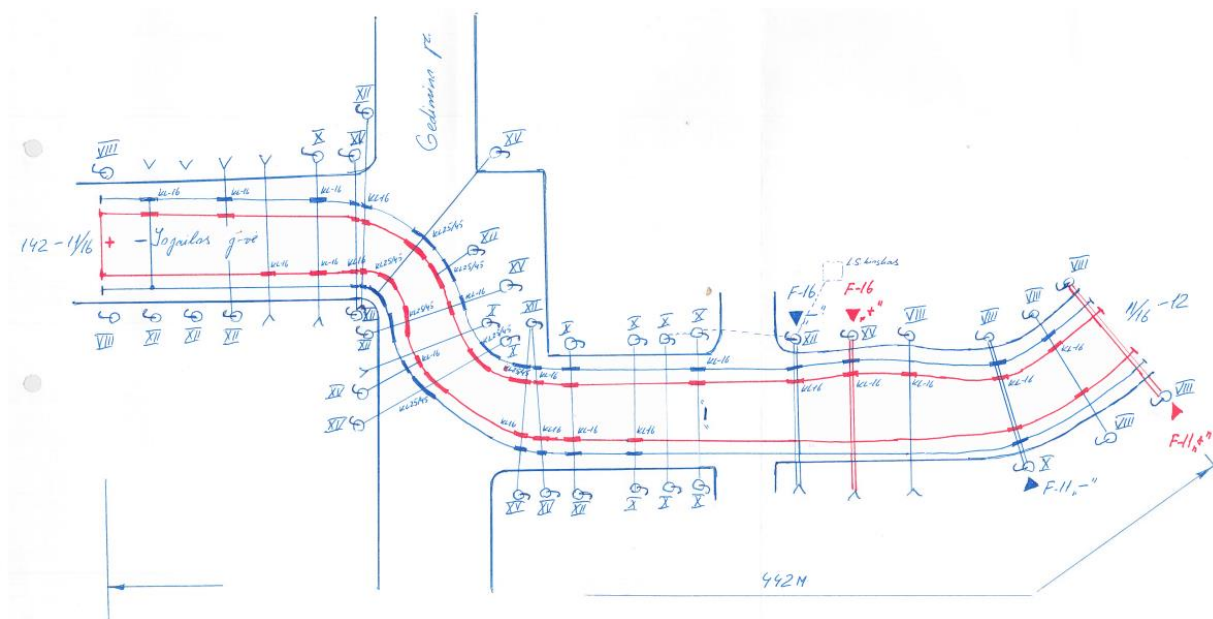
2.19 pav. Skersinis lynas (šaltinis: <http://www.troleibusas.lt>)

2.4. Kontaktinio tinklo aprašomieji duomenų šaltiniai

Žmonių veikla nuo neatmenamų laikų yra paremta informacija ir ji yra neatsiejama kasdieninio gyvenimo dalis. Sparčiai besikeičiančiame pasaulyje informacijos poreikis tapo dar svarbesnis. Tarptautinis žodžių žodynas (2013) informaciją apibrėžia kaip duomenų ar žinių, koku nors klausimu, visuma. Todėl gauti aktualią ir tikslią informaciją yra labai svarbu, norint priimti pagrįstus sprendimus, kaip pavyzdžiui, siekiant nustatyti troleibusų kontaktinio tinklo remontuotinus ar rekonstruotinus ruožus.

Iki šiol visa informacija apie kontaktinį tinklą buvo kaupiama byloje. Visas Vilniaus troleibusų kontaktinis tinklas suskirstytas į 94 ruožus (maitinimo linijas), tad kiekvienas ruožas turi savo atskirą bylą. Kiekviena byla sudaryta iš fiderio plano, remonto žurnalo ir techninės specifikacijos.

Plane nurodytos kiekvienos atramos maksimalios leistinos apkrovos, kontaktinių laidų poliškumas, maitinimo ir išlyginimo jungčių poliškumas, laikiklių tipai ir pasvirimo kampai, fiderio atstumas, gatvių pavadinimai. Planas yra nubraižytas ranka.



2.20 pav. Maitinimo linijos planas

Remonto žurnaluose užpildoma remonto charakteristika – kas buvo remontuojama. Data – kada buvo atliekamas remontas ir kas buvo darbų vykdytojas. Viskas taip pat užpildyta raštu.

F-11/16

DATA	REMOTO CHARAKTERISTIKA	DARBŲ VYKDYTOJAS
2019 02 24	F-11/16 demontuoti lygtiniai sėdės imtuvai vini su F-12. Demontuoti automatai, apšviestas, demontuoti nauji celiški trinkeliniai. Pripildomai suvaratavai 4 vnt plastikiniai stipras, 2 vnt gubozitinis lygtis	P. Pichlunas
2019 05 07	F-11/16 patikrinti kabelinis deresė + "i2" - montavimais iš išlyginamosios jungties	P. Pichlunas
2019 08 14	F-11/16 su F-12 atstatyti 2 vnt feld. išdeklai, pakelstas 1 vnt laido laukiklis, išlyginus KL-14, išlyginus KL-25/45 12	P. Pichlunas

2.21 pav. Remonto žurnalo ištrauka

Techninėje specifikacijoje supildomi fiderio techniniai duomenys: kontaktinio tinklo pakabinimas (tipas), kontaktinio tinklo laidas (tipas ir skerspjūvis), fiderio kontaktinio laido ilgis (m), atramos (tipas ir kiekis), automatiniai iešmai (kiekis), suėjimo iešmai (kiekis), susikirtimai (kiekis), kreivių laikikliai (tipas ir kiekis), maitinimo kabeliai (tipas ir skerspjūvis), maitinimo kabelių ilgis (m), išlyginamosios jungtys (kiekis), maitinimo jungtys (kiekis), fiderio eskizas (kiekis) ir nuo kada fideris pradėtas eksploatuoti (metai). Kaip ir planas, remonto žurnalas, taip ir techninė specifikacija yra užpildyta raštu.

Kontaktinis-kabelinis tinklas

Fiderio Nr. 11/16

TECHNINIAI DUOMENYS		
1.	Kontaktinio tinklo pakabinimas:	skersinė pakaba
2.	Kontaktinis laidas:	NF-85 NF-100
4.	Fiderio kontaktinio laido ilgis:	asS-442M 41 laido-1268M
5.	Atramos:	VIII-8vnt IX-11vnt X-10vnt XV-3vnt
6.	Automatiniai iešmai:	
7.	Suėjimo iešmai:	
8.	Susikirtimai:	
9.	Kreivių laikikliai:	KL-16-92vnt KL25/45-14vnt
10.	Maitinamasis kabelis:	ASB1x800
11.	Kabelių ilgis:	200
12.	Išlyginamosios jungtys:	1
13.	Maitinančios jungtys:	2
14.	Fiderio eskizas:	
15.	Pradėtas eksploatuoti:	

2.22 pav. Maitinimo linijos techniniai duomenys

Tad iki šiol visa kaupiama informacija apie kontaktinį tinklą buvo pildoma raštu. Šis duomenų kaupimo būdas nėra nei efektyvus, nei patogus. Laiko atžvilgiu tai nėra efektyvu, nes gaištamas laikas norint surasti reikiamo fiderio bylą ar joje esančią informaciją. Nepatogu analizuoti duomenis, kadangi jie yra skirtinguose puslapiuose, o ne vienoje vietoje. Atnaujinti ar papildyti duomenis taip pat nėra patogų popieriniame variante. Gali kilti keblumų dėl rašto perskaityti informaciją. Be to, bylų laikymui reikalinga papildoma vieta.

2.5. Išvados

1. Geografinės informacinės sistemos naudojamos daugybėje sričių: kartografijoje, laivyboje, teritorijų planavime ir kt. Norint įvykdyti projektus ir užsibrėžtus tikslus reikalingas tinkamas programinės įrangos pasirinkimas, kuris priklauso nuo atliekamo darbo pobūdžio, sudėtingumo, turimų resursų bei vartotojo galimybių ir patirties.
2. Visi šiuo metu žinomi ir taikomi būdai daugiakriterio vertinimo veiksnių svoriams nustatyti yra pagrįsti ekspertų nuomone. Vienas atvejais svoriai nurodomi tiesiogiai vieneto dalimis, kitais atvejais atliekami sudėtingi skaičiavimai, kaip pavyzdžiui, AHP, Kendall, TOPSIS, COPRAS ir kitais metodais. Šiame darbe kriterijų svoriams nustatyti bus naudojamas Kendall metodas, o ekspertų nuomonių suderinamumui nustatyti bus naudojama ekspertinė apklausa. Apklausoje pateikiami 7 kriterijai (ruožo orientaciniai statybos metai, ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai, troleibusų eismo intensyvumas ruože, fiksuotų gedimų skaičius ruože, fiksuotų remontų skaičius ruože, bendras VT eismo intensyvumas ruože, keleivių eismo intensyvumas ruože). Pagal ekspertų nuomonę bus įvertinta, kuriuos kriterijus būtų tikslinga naudoti, norint nustatyti remontuotinus ar rekonstruotinus troleibusų kontaktinio tinklo ruožus ir sudaryta suminė kriterijų reikšmingumo balo skaičiavimo formulė.
3. Atlikus troleibusų kontaktinio tinklo infrastruktūros analizę, nustatyta, jog tinklą sudaro 10 elementų: atramos, kontaktinis laidas, skersinės jungtys, persikirtimai, lanksčios jungtys, laikikliai, izoliatoriai, lynai, iešmai bei gembės.
4. Iki šiol visa informacija apie troleibusų kontaktinį tinklą buvo kaupiama popierinėse bylose, sudarytose iš kontaktinio tinklo plano, remonto žurnalo ir techninės specifikacijos.

3. EKSPERIMENTINĖ DALIS

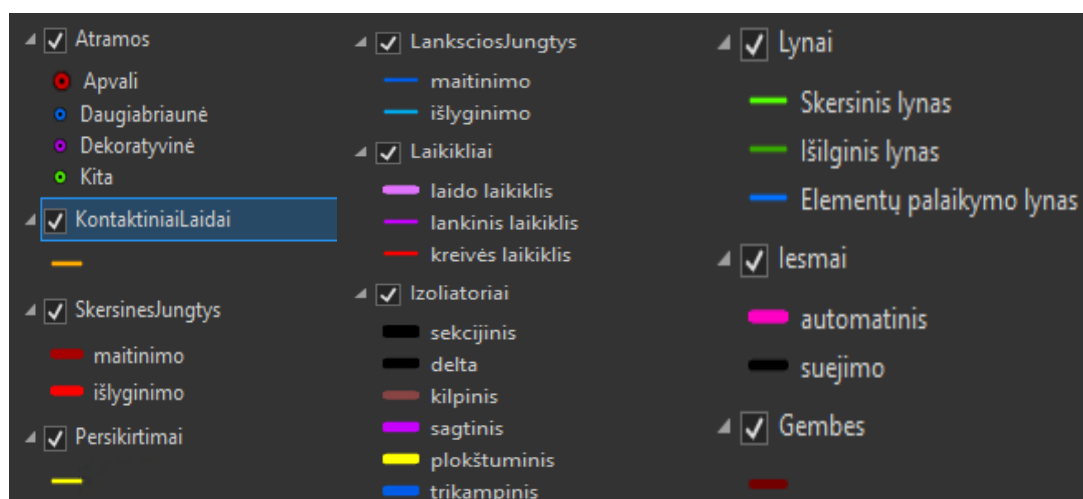
Iki šiol nėra metodikos remontuotiems ar rekonstruotiems troleibusų kontaktinio tinklo ruožams nustatyti, todėl bandomajam skaičiavimui bus naudojama tokia suskurta metodika:

1. Kontaktinio tinklo vektorizavimas ir atributų suvedimas.
2. Kriterijų kūrimas remontuotiems ar rekonstruotiems ruožams nustatyti.
3. Atliekama ekspertinė apklausa.
4. Apskaičiuojamas ekspertų nuomonių suderinamumas ir kriterijų svoriai pagal ekspertinės apklausos gautus rezultatus.
5. Pagal turimus kontaktinio tinklo duomenis sudarinėjamos balų vertinimo lentelės ir kiekvienam ruožui priskiriami balai.
6. Apskaičiuojamas kiekvieno ruožo bendras balų skaičius.

3.1. Troleibusų kontaktinio tinklo duomenų modelio kūrimas

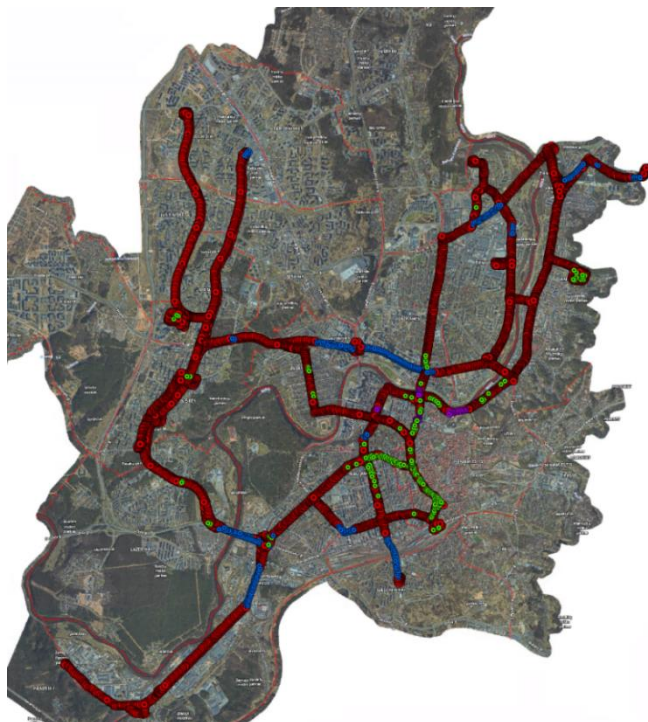
Duomenų modelio kūrimui pasirinktas Vilniaus miesto troleibusų kontaktinis tinklas. Darbas atliktas naudojant ArcMap programinę įrangą. Ši programinė įranga pasirinkta, kadangi yra žinoma ir gerai įvaldyta bei prieinama universitete. Šioje programoje skirtingiems erdviųjų duomenų tipams kaupti, pildyti ar saugoti naudojami keli duomenų modeliai – vektorinis, rastrinis ir objektinis. Kuriamam troleibusų kontaktinio tinklo duomenų modeliui pasirinktas vektorinis, kadangi vektoriniame modelyje galima atskirus duomenis atvaizduoti kaip taškus, linijas ar poligonus.

Visas kontaktinis tinklas sudarytas iš 10 elementų: atramų, kontaktinių laidų, skersinių jungčių, persikirtimų, lanksčiųjų jungčių, laikiklių, izoliatorių, lynų, iešmų ir gembų. ArcMap programoje atramos pavaizduotos kaip taškinis sluoksnis, o visi likusieji – kaip linijiniai sluoksniai.



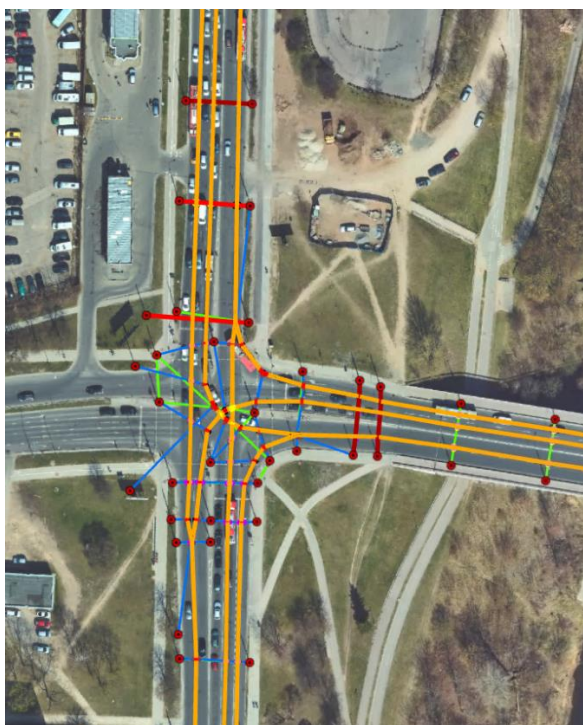
3.1 pav. Sukurti kontaktinio tinklo sluoksniai ArcMap programoje (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)

Erdviniai duomenys vektoriniam modeliui buvo kuriami nuo nulio. Tam, kad būtų galima kuo tiksliau atvaizduoti realius duomenis programoje, buvo pasitelkti ortofotografiniai žemėlapiai, sferinės nuotraukos bei „Mapillary street views“ vaizdai. Troleibusų kontaktinio tinklo išsidėstymas Vilniaus mieste pavaizduotas 3.2 paveiksle.



3.2 pav. Troleibusų kontaktinio tinklo išsidėstymas Vilniaus mieste (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)

Detalesnis nuvektorizuoto kontaktinio tinklo fragmentas pateiktas 3.3 paveiksle.



3.3 pav. Kontaktinio tinklo fragmentas (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)

Nuvektorizavus kontaktinį tinklą automatiškai kiekvienam sluoksniui susikūrė atributinės lentelės. Iš jau turimų duomenų, kurie buvo kaupiami bylose, buvo sukurti nauji atributiniai laukai ir duomenys perkeliama į sukurta duomenų bazę.

Atramų sluoksniui buvo sukurti tokie atributiniai laukai: fiderio nr., atramos tipas (apvali, daugiabriaunė, dekoratyvinė arba kita), leistina maksimali apkrova (kN), šviestuvų kiekis (vnt), ar atrama turi kompensatorių (taip arba ne), ar atrama turi išvadą (taip arba ne), ar atrama turi šviestuvą (taip arba ne).

OBJECTID	4290
atramosUID	{B355BA46-DFB1-47B4-82BE-57F03CBC8D5B}
fiderioNr	86
atramosTipas	Apvali
leistinaMaksApkrova_kN	10
sviestuvuKiekisVnt	1
POINT_X	584081.0385
POINT_Y	6064061.6109
POINT_XY	584081.0385, 6064061.6109
CreationDate	12/7/2021 12:37:56 PM
Creator	
EditDate	1/5/2022 11:34:42 AM
Editor	
turiKompensatoriu	Ne
turiIsvada	Ne
turiSviestuva	Taip

3.4 pav. Atramų sluoksnio atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)

Kontaktinių laidų sluoksniui buvo sukurtas toks atributinis laukas: poliškumas (plius arba minus).

OBJECTID	20423
laidoUID	{E1E6FCBF-2C1B-4CD8-BFE0-80DC0E21D9F5}
Shape_Length	32.487034
CreationDate	12/7/2021 12:37:58 PM
Creator	
EditDate	12/30/2021 12:24:35 PM
Editor	
poliskumas	plius

3.5 pav. Kontaktinių laidų sluoksnio atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)

Skersinės jungties sluoksniui buvo sukurti tokie atributiniai laukai: jungties tipas (maitinimo arba išlyginimo), poliškumas (plius arba minus).

OBJECTID_1	779
jungtiesUID	{CFE32E3C-722F-473D-8458-BDB82180BFDB}
jungtiesTipas	išlyginimo
OBJECTID	779
ORIG_FID	809
POINT_X	584057.943
POINT_Y	6064063.2491
POINT_XY	584057.943, 6064063.2491
Shape_Length	11.69089
CreationDate	12/7/2021 12:38:00 PM
Creator	
EditDate	1/4/2022 1:21:19 PM
Editor	
poliskumas	minus

3.6 pav. Skersinių jungčių sluoksniu atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)

Lanksčių jungčių sluoksniui buvo sukurti atributiniai laukai: jungties tipas (maitinimo arba išlyginimo), poliškumas (plius arba minus).

OBJECTID_1	837
jungtiesUID	{886358E0-243D-4CB6-ADC9-B4FAB5BC12F0}
jungtiesTipas	maitinimo
OBJECTID	836
ORIG_FID	867
POINT_X	584117.9398
POINT_Y	6064029.4109
POINT_XY	584117.9398, 6064029.4109
Shape_Length	0.681352
CreationDate	12/7/2021 12:37:57 PM
Creator	
EditDate	1/4/2022 6:29:47 AM
Editor	
poliskumas	plius

3.7 pav. Lanksčių jungčių sluoksniu atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)

Laikiklių sluoksniui buvo sukurti tokie atributiniai laukai: laikiklio tipas (laido laikiklis, lanko laikiklis arba kreivės laikiklis), posūkio kampas (laipsniai).

OBJECTID_1	9785
laikiklioUID	{8AEAE51D-25F8-470C-A662-9518A3A632A2}
laikiklioTipas	kreivės laikiklis
OBJECTID	9785
ORIG_FID	9883
POINT_X	584083.9727
POINT_Y	6064030.8976
POINT_XY	584083.9727, 6064030.8976
Shape_Length	0.90548
CreationDate	12/7/2021 12:37:57 PM
Creator	
EditDate	1/3/2022 11:30:44 AM
Editor	
posukioKampas	14

3.8 pav. Laikiklių sluoksnio atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)

Izoliatorių sluoksniui buvo sukurtas toks atributinis laukas: izoliatoriaus tipas (sekcijinis, delta, kilpinis, sagtinis, plokštuminis arba trikampinis).

OBJECTID_1	8422
izoliatoriausUID	{347E53D5-C295-41E7-BFDE-7521AAF0562A}
izoliatoriausTipas	plokštuminis
OBJECTID	8421
ORIG_FID	8714
POINT_X	584140.4672
POINT_Y	6064035.275
POINT_XY	584140.4672, 6064035.275
Shape_Length	0.281888
CreationDate	12/7/2021 12:37:59 PM
Creator	
EditDate	12/30/2021 10:08:07 AM
Editor	

3.9 pav. Izoliatorių sluoksnio atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)

Lynų sluoksniui buvo sukurtas toks atributinis laukas: lyno tipas (skersinis lynas, išilginis lynas arba elementų palaikymo lynas).

OBJECTID_1	6438
lynoUID	{324D04DE-AA9A-4F79-AC9A-F85665D83F5E}
lynoTipas	Skersinis lynas
OBJECTID	6438
ORIG_FID	7498
POINT_X	584138.5535
POINT_Y	6064023.545
POINT_XY	584138.5535, 6064023.545
Shape_Length	4.71957
CreationDate	12/7/2021 12:38:00 PM
Creator	
EditDate	12/30/2021 8:21:17 AM
Editor	

3.10 pav. Lynų sluoksnio atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)

Iešmų sluoksniui buvo sukurti tokie atributiniai laukai: iešmo tipas (automatinis arba suėjimo), iešmo pavadinimas (SI1, AI1, AI4, AI5 ir kt.)

OBJECTID_1	86
iesmoUID	{91411B69-94F3-408B-BE97-8A429A207606}
iesmoTipas	suejimo
OBJECTID	86
ORIG_FID	91
POINT_X	584064.9438
POINT_Y	6064000.1305
POINT_XY	584064.9438, 6064000.1305
Shape_Length	3.966147
CreationDate	12/7/2021 12:38:01 PM
Creator	
EditDate	1/4/2022 12:14:09 PM
Editor	
iesmoPavadinimas	SI1

3.11 pav. Iešmų sluoksnio atributinė lentelė (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)

3.2. Ekspertinė apklausa ir jos vertinimas

Ekspertų grupė buvo sudaryta iš šios srities specialistų, kurie yra įgiję aukštąjį išsilavinimą transporto susisiekimo srityje. Grupę sudarė 9 ekspertai – 3 iš UAB „Vilniaus planas“, 3 iš Vilniaus Gedimino technikos universiteto ir 3 iš SI „Susisiekimo paslaugos“.

Ekspertinė apklausa sudaryta iš dviejų etapų. Pirmajame etape buvo siekiama nustatyti, troleibusų kontaktinio tinklo remontuotinių / rekonstruotinių ruožų atrankos kriterijus. Antrajame etape buvo prašoma atrankos kriterijus sureitinguoti pagal svarbumą priskiriant jiems balus.

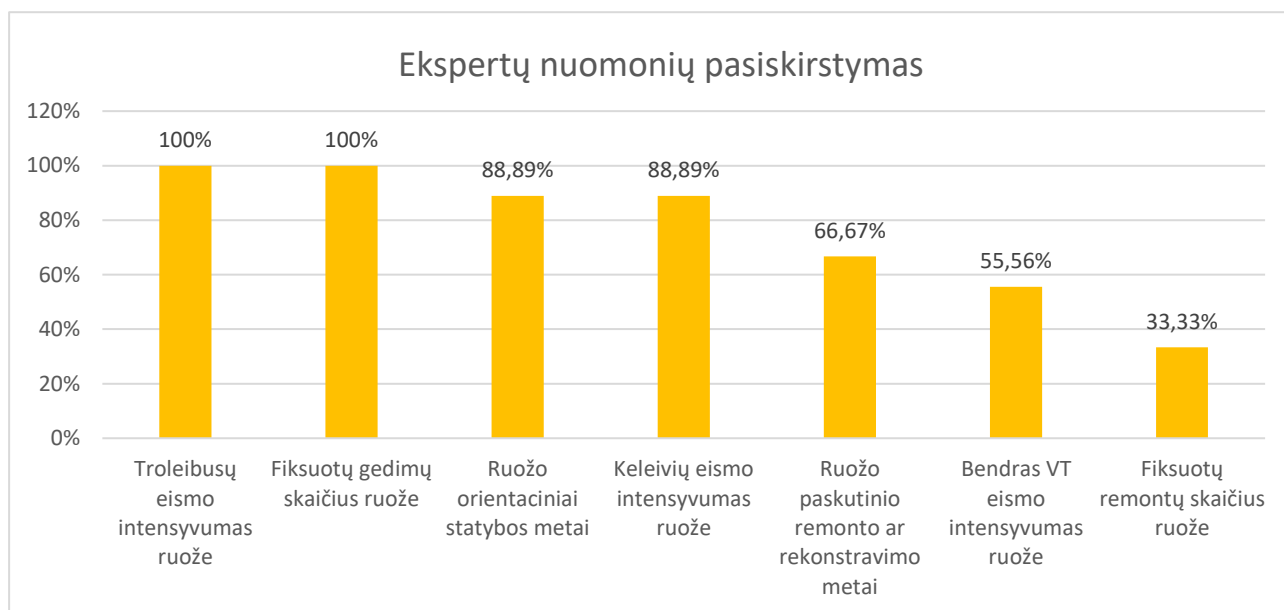
3.2.1. Pirmasis ekspertinės apklausos etapas

Pirmajame apklausos etape buvo analizuojami kriterijai, kuriais vadovaujantis galėtų būti nustatomi remontuoti arba rekonstruoti troleibusų kontaktinio tinklo ruožai. Savo nuožiūra ekspertai iš septynių pateiktų kriterijų sužymėjo, kurie, jų nuomone, yra svarbūs nustatant remontuotinus ar rekonstruotinus tinklo ruožus. Kriterijus vertinamas kaip svarbus, jei bent 60 proc. ekspertų įvertina, kad jis turi reikšmę nustatant remontuotinus arba rekonstruotinus troleibusų kontaktinio tinklo ruožus. Kriterijų vertinimo duomenys pateikti 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Ekspertinis kriterijų vertinimas (sudaryta autoriaus)

Eil. Nr.	Kriterijus	Ekspertai									Vertinimų suma
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	
1	Ruožo orientaciniai statybos metai	1	1		1	1	1	1	1	1	8
2	Ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai		1	1	1		1		1	1	6
3	Troleibusų eismo intensyvumas ruože	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
4	Fiksuotų gedimų skaičius ruože	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
5	Fiksuotų remontų skaičius ruože	1						1	1		3
6	Bendras VT eismo intensyvumas	1	1	1		1				1	5
7	Keleivių eismo intensyvumas ruože	1	1	1	1		1	1	1	1	8

Išanalizavus apklausos įvertinimus nustatyta, jog penkti kriterijai, anot ekspertų, yra svarbūs ir du kriterijai – nesvarbus, norint nustatyti remontuotinus / rekonstruotinus troleibusų kontaktinio tinklo ruožus. Kaip svarbius kriterijus ekspertai išskyrė šiuos: troleibusų eismo intensyvumas ruože ir fiksuotų gedimų skaičių ruože (teigiamai atsakė po 100 proc. respondentų), ruožo orientaciniai statybos metai ir keleivių eismo intensyvumas ruože (teigiamai atsakė po 88,98 proc. respondentų), ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai (teigiamai atsakė 66,67 proc. respondentų). Kaip nesvarbius ekspertai išskyrė du kriterijus: bendras VT eismo intensyvumas (teigiamai atsakė 55,56 proc. respondentų) ir fiksuotų remontų skaičius ruože (teigiamai atsakė 33,33 proc. respondentų). Duomenų grafinis atvaizdavimas pateiktas 3.13 paveiksle.



3.12 pav. Ekspertų nuomonių pasiskirstymas (sudaryta autoriaus)

3.2.2. Antrasis ekspertinės apklausos etapas

Antrajame apklausos etape ekspertų buvo prašoma sureitinguoti penkis kriterijus, kurie buvo atrinkti pirmajame apklausos etape. Svarbiausias kriterijus vertinamas 1 balu, o mažiausiai svarbus – 5 balais. Antrajame apklausos etape savo nuomonę išreiškė tie patys devyni ekspertai. Gauti rezultatai pateikiami 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Kriterijų reitingavimas (sudaryta autoriaus)

Eil. Nr.	Kriterijus	Ekspertai									Vertinimų suma
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	
1	Ruožo orientaciniai statybos metai	4	5	5	4	5	5	5	4	5	42
2	Ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai	3	3	3	2	3	3	2	3	3	25
3	Troleibusų eismo intensyvumas ruože	1	1	2	1	2	1	1	1	1	11
4	Fiksuotų gedimų skaičius ruože	2	4	4	3	1	2	4	2	2	24
5	Fiksuotų remontų skaičius ruože	5	2	1	5	4	4	3	5	4	33

Išanalizavus apklausos duomenis nustatyta, kad troleibusų eismo intensyvumui ruože ekspertai skyrė aukščiausią reitingą. Antra vieta pagal svarbumą atiteko fiksuotų gedimų skaičiui ruože, trečia vieta – ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metams, ketvirta – fiksuotų remontų skaičiui ruože ir paskutinė vieta – ruožo orientaciniams statybos metams.

3.3. Skaičiavimo duomenys

3.3.1. Ekspertų nuomonių suderinamumas

Pagal antrajame apklausos etape gautus rezultatus toliau bus vertinamas ekspertų nuomonių suderinamumas Kendall metodu. Tam, kad būtų galima apskaičiuoti kriterijų svorius, reikia transponuoti duomenų lentelę, kadangi kriterijų reikšmingumas teisingai vertinamas tik tada, kai svarbiausiam kriterijui suteikiama didžiausia skaitinė reikšmė. Transponuota duomenų lentelė pateikiama 3.3 lentelėje.

3.3 lentelė. Transponuoti kriterijų reitingavimo duomenys (sudaryta autoriaus)

Eil. Nr.	Kriterijus	Ekspertai									Vertinimų suma
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	
1	Ruožo orientaciniai statybos metai	2	1	1	2	1	1	1	2	1	12
2	Ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai	3	3	3	4	3	3	4	3	3	29
3	Troleibusų eismo intensyvumas ruože	5	5	4	5	4	5	5	5	5	43
4	Fiksuotų gedimų skaičius ruože	4	2	2	3	5	4	2	4	4	30
5	Fiksuotų remontų skaičius ruože	1	4	5	1	2	2	3	1	2	21

Pirmiausia yra nustatoma kiekvieno kriterijaus rangų suma pagal (2.1) formulę. Visi skaičiavimo rezultatai pateikti 3.4 lentelėje.

$$P_{\text{ruožo orientaciniai statybos metai}} = \sum_{k=1}^r P_{jk} = 2 + 1 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1 + 2 + 1 = 12$$

Toliau skaičiuojama vidutinė vertinimo kriterijaus reikšmė pagal (2.2) formulę. Visi skaičiavimo rezultatai pateikti 3.4 lentelėje.

$$\overline{P_{\text{ruožo orientaciniai statybos metai}}} = \frac{\sum_{k=1}^r P_{jk}}{r} = \frac{12}{9} = 1,333$$

Suskaiciavus vidutinę vertinimo kriterijaus reikšmę skaičiuojama kiekvieno kriterijaus įvertinimo rezultatų nukrypimo kvadratų suma pagal (2.3) formulę. Visi skaičiavimo rezultatai pateikti 3.4 lentelėje.

$$S = \sum_{j=1}^m (P_j - \overline{P})^2 = (12 - 1,333)^2 + \dots + (21 - 2,333)^2 = 530$$

Toliau skaičiuojama vidutinė visų vertinimo kriterijų rangų suma pagal (2.4) formulę. Visi skaičiavimo rezultatai pateikti 3.4 lentelėje.

$$\bar{P} = \frac{\sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^m P_{jk}}{m} = \frac{135}{5} = 27$$

Statistinis skirstinys χ^2 skaičiuojamas konkordancijos koeficiento W pagalba pagal (2.5) formulę (Kendall 1975):

$$\chi^2 = W \cdot r(m-1) = \frac{12S}{r \cdot m(m+1)} = \frac{12 \cdot 530}{9 \cdot 5(5+1)} = 23,556$$

Gavus χ^2 reikšmę yra tikrinama ar apskaičiuotas χ^2 pagal (2.6) formulę yra didesnis nei χ^2_{lent} , gautas iš platinio χ^2 lentelės. Reikšmei nustatomas laisvės laipsnių skaičius $\nu = m - 1 = 4$, ir priskiriamas reikšmingumo lygis $\alpha = 0,10$. χ^2_{lent} lygus 7,779.

$$\chi^2 \geq \chi^2_{lent}$$

$$23,556 \geq 7,779$$

Atlikus skaičiavimus gauta, jog χ^2 reikšmė yra didesnė už χ^2_{lent} , todėl galima teigti, kad ekspertų nuomonės yra suderintos.

3.4 lentelė. Ekspertų nuomonių suderinamumo skaičiavimo rezultatai (sudaryta autoriaus)

Eil. Nr.	Kriterijus	Ekspertai									Rangų suma	Rangų sumos vidurkis	Sj
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9			
1	Ruožo orientaciniai statybos metai	4	5	5	4	5	5	5	4	5	42	27	225
2	Ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai	3	3	3	2	3	3	2	3	3	25		4
3	Troleibusų eismo intensyvumas ruože	1	1	2	1	2	1	1	1	1	11		256
4	Fiksuotų gedimų skaičius ruože	2	4	4	3	1	2	4	2	2	24		9
5	Fiksuotų remontų skaičius ruože	5	2	1	5	4	4	3	5	4	33		36
S =												530	
W =												0,654	
Chi_kv =												23,556	
Chi_kv(0,05; n-1)												7,779	

3.3.2. Kriterijų svorių nustatymas Kendall metodu

Skaičiuojant vertinimo rodiklių reikšmingumus, didžiausia skaitinė išraiška yra geriausia vertė. Vertinimo rodiklių reikšmingumai skaičiuojami pagal (2.6) formulę. Gauti rezultatai pateikti 3.5 lentelėje.

$$\bar{q}_{\text{ruožo orientaciniai statybos metai}} = \frac{\bar{P}_{\text{ruožo orientaciniai statybos metai}}}{\sum_{i=1}^m P_j} = \frac{1,333}{15} = 0,089$$

3.5 lentelė. Kriterijų svorių skaičiavimo rezultatai (sudaryta autoriaus)

Eil. Nr.	Kriterijus	Ekspertai									Rangų vid.	Svoriai
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9		
1	Ruožo orientaciniai statybos metai	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1,333	0,089
2	Ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3,222	0,215
3	Troleibusų eismo intensyvumas ruože	5	5	4	5	4	5	5	5	5	4,778	0,319
4	Fiksuotų gedimų skaičius ruože	4	2	2	3	5	4	2	4	4	3,333	0,222
5	Keleivių eismo intensyvumas ruože	1	4	5	1	2	2	3	1	2	2,333	0,156
Sumos											15	1

Atlikus skaičiavimus gauta svorių suma yra lygi 1. Svoris nurodo kiek kartų vienas vertinimo rodiklis yra svarbesnis už kitą vertinimo rodiklį. Pagal atliktus skaičiavimus galima sudaryti suminę kriterijų reikšmingumo balo skaičiavimo formulę, kad naudojant ją būtų galima nustatyti troleibusų kontaktinio tinklo remontuotinus / rekonstruotinus ruožus.

$$SKRB = 0,089(ROSM) + 0,215(RPRRM) + 0,319(TEIR) + 0,222(FGSR) + 0,156(KEIR)$$

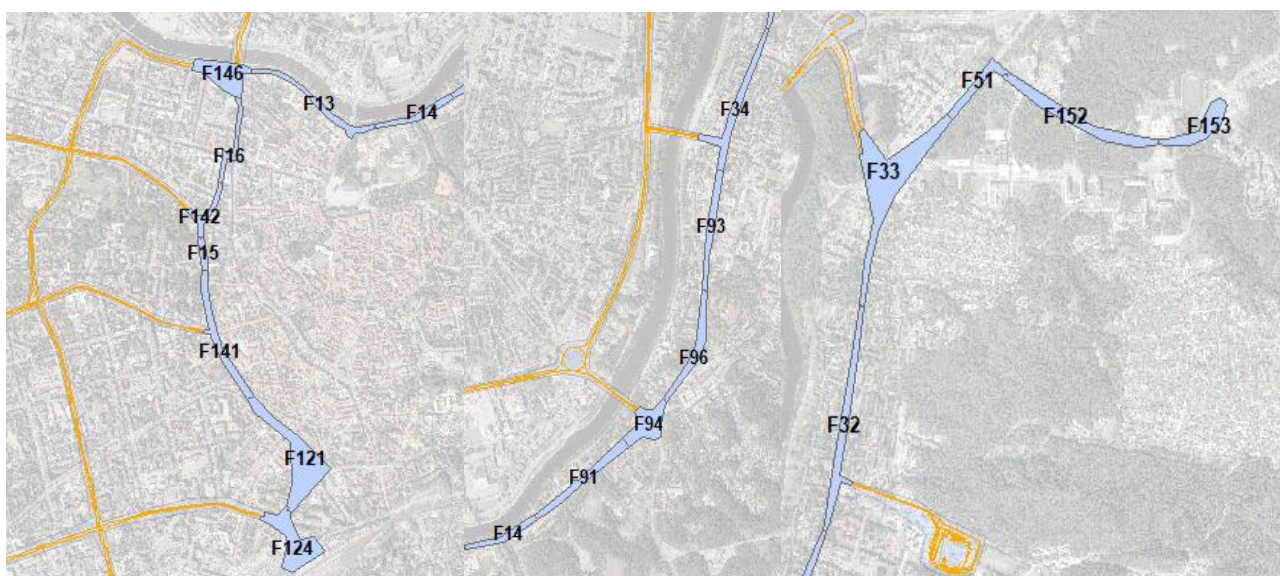
(3.1)

3.4. Bandomasis skaičiavimas

Atikus apklausą ir išsiaiškinus svarbiausius kriterijus toliau atliekamas pasirinktos atkarpos bandomasis skaičiavimas, norint nustatyti troleibusų kontaktinio tinklo remontuotinus ar rekonstruotinus ruožus.

Atkarpa pasirinkta Naujamiesčio, Senamiesčio ir Antakalnio rajonuose – Geležinkelio stotis–Saulėtekio al. (2 troleibuso maršrutas). Ši atkarpa pasirinkta neatsitiktinai, nes ją sudaro seniausiai įrengta kontaktinio tinklo linija ir naujausiai įrengta kontaktinio tinklo linija. Atkarpa yra padalinta į 19 ruožų – maitinimo linijų. Kiekviena maitinimo linija turi savo unikalų numerį. Pirmos maitinimo linijos, esančios Stoties g. unikalus numeris yra F124, ilgis 785 m. Antros maitinimo linijos, prasidedančios Sodų g. ir pasibaigiančios Pylimo g. unikalus numeris yra F121, o ilgis 600 m. Trečios maitinimo linijos, esančios Pylimo g. unikalus numeris yra F141, o ilgis 660 m. Ketvirtos maitinimo linijos, esančios Pylimo g. unikalus numeris yra F15, o ilgis 155 m. Penktos maitinimo linijos, prasidedančios Pylimo g. ir pasibaigiančios Jogailos g. unikalus numeris yra F142. Šeštos maitinimo linijos, prasidedančios Jogailos g. ir pasibaigiančios Vilniaus g. unikalus numeris yra F16, o ilgis 442 m. Septintos maitinimo linijos, prasidedančios Vilniaus g. ir pasibaigiančios Žygimantų g. unikalus numeris yra F146, o ilgis 667 m. Aštuntos maitinimo linijos, prasidedančios Žygimantų g. ir pasibaigiančios T. Kosciuškos g. unikalus numeris yra F13, o ilgis 670 m. Devintos maitinimo linijos,

esančios T. Kosciuškos g. unikalus numeris yra F14, o ilgis 430 m. Dešimtos maitinimo linijos, esančios T. Kosciuškos g. unikalus numeris yra F91, o ilgis 590 m. Vienuoliktos maitinimo linijos, prasidedančios T. Kosciuškos g. ir pasibaigiančios Antakalnio g. unikalus numeris yra F94, o ilgis 476 m. Dvyliktos maitinimo linijos, esančios Antakalnio g. unikalus numeris yra F96, o ilgis 630 m. Tryliktos maitinimo linijos, esančios Antakalnio g. unikalus numeris yra F93, o ilgis 568 m. Keturioliktos maitinimo linijos, esančios Antakalnio g. unikalus numeris yra F34, o ilgis 702 m. Penkioliktos maitinimo linijos, esančios Antakalnio g. unikalus numeris yra F32, o ilgis 945 m. Šešioliktos maitinimo linijos, prasidedančios Antakalnio g. ir pasibaigiančios Nemenčinės pl. unikalus numeris yra F33, o ilgis 990 m. Septynioliktos maitinimo linijos, prasidedančios Nemenčinės pl. ir pasibaigiančios Saulėtekio al. unikalus numeris yra F151, o ilgis 350 m. Aštuonioliktos maitinimo linijos, esančios Saulėtekio al. unikalus numeris yra F152, o ilgis 743. Devynioliktos maitinimo linijos, esančios Saulėtekio al. unikalus numeris yra F153, o ilgis 540 m.



3.13 pav. Pasirinkti bandomojo skaičiavimo ruožai Geležinkelio st.– Saulėtekio al. (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)

Jog būtų galima nustatyti troleibusų tinklo remontuotinus ar rekonstruotinus ruožus, kiekvienam kriterijui buvo sudaromos lentelės, kurios yra vertinamos balų sistema. Balų vertinimo skalė nuo 0 iki 10. Troleibusų eismo intensyvumas ruože suskaidytas nuo 0 iki 1220 transporto priemonių/darbo dienos parą kas 122 transporto priemonės ir atitinkamai pagal troleibusų intensyvumą kiekvienai maitinimo linijai priskirtas balas.

3.6 lentelė. Troleibusų eismo intensyvumo ruože balų vertinimo skalė (sudaryta autoriaus, remiantis Vilniaus miesto maršrutų tvarkaraščių duomenimis)

Troleibusų eismo intensyvumas ruože	Balai
0–122	1
122–244	2
244–366	3
366–488	4
488–610	5
610–732	6
732–854	7
854–976	8
976–1098	9
1098–1220	10

Fiksuotų gedimų skaičius ruože suskaidytas nuo 0 iki 30 kas 3 gedimus ir atitinkamai pagal gedimų skaičių kiekvienai maitinimo linijai priskirtas balas.

3.7 lentelė. Fiksuotų gedimų skaičiaus ruože balų vertinimo skalė (sudaryta autoriaus remiantis techninių specifikacijų duomenimis)

Fiksuotų gedimų skaičius ruože	Balai
0–3	1
3–6	2
6–9	3
9–12	4
12–15	5
15–18	6
18–21	7
21–24	8
24–27	9
27–30	10

Ruožo orientaciniai statybos metai bei ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai buvo suskaidyti nuo 0 iki 70 kas 7 metus ir atitinkamai pagal orientacinius, remonto ar rekonstravimo metus kiekvienai maitinimo linijai priskirtas balas.

3.8 lentelė. Ruožo orientacinių statybos metų ir ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metų balų vertinimo skalė (sudaryta autoriaus remiantis techninių specifikacijų duomenimis)

Ruožo orientaciniai statybos metai ir ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai	Balai
0–7	1
7–14	2
14–21	3
21–28	4
28–35	5
35–42	6
42–49	7
49–56	8
59–63	9
63–70	10

Keleivių eismo intensyvumas ruože suskaidytas nuo 0 iki 13000 kas 1300 keleivių/parą ir pagal keleivių skaičių kiekvienai maitinimo linijai priskirtas balas.

3.9 lentelė. Keleivių eismo intensyvumo ruože balų vertinimo skalė (sudaryta autoriaus remiantis 2019 m. Vilniaus miesto viešojo transporto keleivių srautų duomenimis)

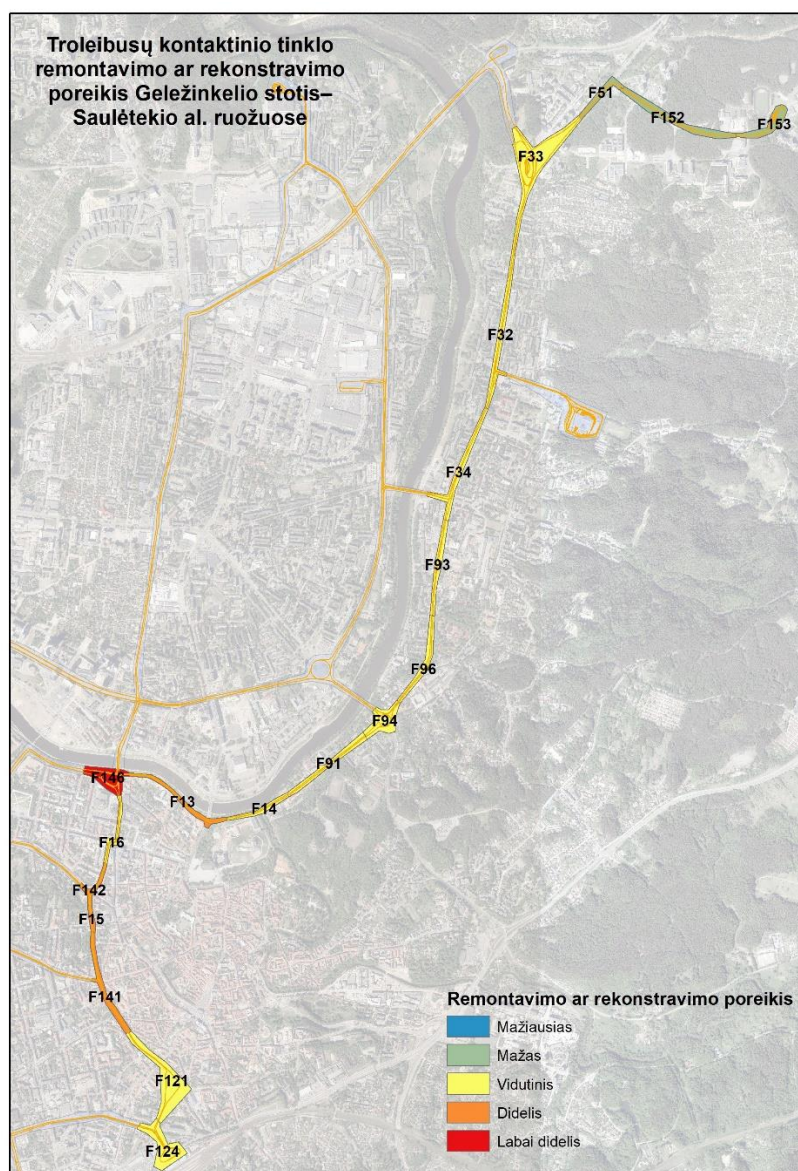
Keleivių eismo intensyvumas ruože	Balai
0–1300	1
1300–2600	2
2600–3900	3
3900–5200	4
5200–6500	5
6500–7800	6
7800–9100	7
9100–10400	8
10400–11700	9
11700–13000	10

Sudarius kriterijų balų vertinimo skalių lenteles, toliau kiekvienam ruožui buvo priskirti atitinkami balai. Skaičiavimo rezultatai pagal sudarytą metodiką pateikti 3.10 lentelėje.

3.10 lentelė. Maitinimo linijų balų vertinimo rezultatai (sudaryta autoriaus)

Kriterijai	Maitinimo linijų nr.	F35_15	F33	F32	F34	F93	F96	F124	F121	F141	F15	F142	F11_16	F146	F13	F14	F91	F94	F152	F153
Ruožo orientaciniai statybos metai		4	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	4	4
Ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Troleibusų eismo intensyvumas ruože		6	8	6	4	6	6	9	7	10	10	10	7	10	8	8	8	9	6	6
Fiksuotų gedimų skaičius ruože		1	5	4	4	1	1	7	4	7	3	5	1	10	7	3	1	2	2	3
Kelvių eismo intensyvumas ruože		1	4	6	8	8	8	3	4	8	10	7	8	10	9	10	10	8	3	2
Suminis kriterijų reikšmingumo balas		2,859	5,207	4,659	4,333	4,304	4,304	5,993	4,844	7,089	6,511	6,489	4,800	8,067	6,607	5,874	5,252	5,481	3,393	3,459

Iš pateiktų duomenų matoma, jog pirmą vietą pagal remontavimo ar rekonstravimo poreikį užėmė ruožas F146, surinkęs 8,067 balo. Ruožų F13, F15, F141 ir F142 remontavimo ar rekonstravimo poreikis yra didelis. Ruožų F11_16, F14, F32, F33, F91, F93, F94, F96, F121 ir F124 remontavimo ar rekonstravimo poreikis yra vidutinis. Ruožų F35_151, F152 ir F153 remontavimo ar rekonstravimo poreikis yra mažas. Mažiausias poreikis apibrėžiamas (0–2) intervale, mažas – [2–4), vidutinis – [4–6), didelis – [6–8) ir labai didelis poreikis apibrėžiamas [8–10) intervale. Ruožų remontavimo ar rekonstravimo poreikis grafiškai pateiktas 3.14 paveiksle.



3.14 pav. Ruožų remontavimo ar rekonstravimo poreikis (sudaryta autoriaus naudojant ArcMap programą)

3.5. Bandomojo skaičiavimo išvados

Sukūrus Vilniaus miesto troleibusų kontaktinio tinklo duomenų bazę, ekspertinę kriterijų vertinimo sistemą, bandomajam skaičiavimui buvo pasirinkti 19 ruožų, esančių Stoties, Sodų, Pylimo, Jogailos, Vilniaus, Žygimantų, T. Kosciuškos, Antakalnio gatvėse, Nemenčinės pl. ir Saulėtekio al. Išanalizavus ir apibendrinus duomenis rezultatai prarodė, jog ruože F146 remontavimo ar rekonstravimo poreikis yra labai didelis. Ruožas F146 surinko daugiausiai balų – 8,046. Ruožuose F13, F15, F141 ir F142 yra didelis remontavimo ar rekonstravimo poreikis. Jie atitinkamai surinko 6,607, 6,511, 7,089 ir 6,489 balus. Šie penki ruožai, surinkę daugiausiai balų, yra vieni seniausių (67 metai), o tai lemia didesnę tinklo nusidėvėjimą. Vidutinis pervežamų keleivių skaičius šiuose ruožuose yra 10838 keleivių/parą. Nuo keleivių eismo intensyvumo priklauso troleibusų kursavimo dažnis. Daugiausiai balų surinkusiuose ruožuose vidutinis troleibusų eismo intensyvumas yra 1162 transporto priemonės/darbo dienos parą. Galiausiai, fiksuoti gedimų skaičiai šiuose ruožuose yra vieni didžiausių. Ruože F146 užfiksuoti 28 gedimai per 2019 metus. Ruože F141 užfiksuota 19 gedimų per 2019 metus. Ruože F13 užfiksuota 18 gedimų per 2019 metus. Ruože F142 užfiksuota 12 gedimų per 2019 metus. , F33 ir F34 užfiksuota atitinkamai 10, 12 ir 11 gedimų per paskutinius metus (2019), kai tuo tarpu likusiuose ruožuose užfiksuotų gedimų skaičius svyruoja nuo 2 iki 10. Tad įvertinus kiekvieno ruožo suminius balus ir palyginus su kriterijų duomenimis, galima teigti, kad bandomojo skaičiavimo gauti rezultatai yra gana tikslūs.

Apibendrinus galima teigti, jog balų sistema gali būti vienas iš naudojamų būdų remontuoti ar rekonstruoti ruožams nustatyti. Tačiau norint gauti dar labiau tikslesnius ir patikimesnius rezultatus, reikia, kad duomenys būtų kaupiami ir nuolatos atnaujinami.

3.6. Metodikos taikymas

Bandomojo skaičiavimo rezultatai parodė, jog balų sistemos naudojimas gali būti vienas iš būdų nustatant remontuotinus ar rekonstruotinus kontaktinio tinklo ruožus. Apžvelgus kitų šalių literatūrą nebuvo rasta jokios metodikos, norint tokius ruožus nustatyti. Tad šiame darbe naudotą metodiką būtų galima pritaikyti Kauno miestui bei adaptuoti kitose šalyse.

1. Pirmiausia atliekamas viso troleibusų kontaktinis tinklo vektorizavimas. Tinklą sudarantiems elementams sukuriami atributai.
2. Iš turimų duomenų sukuriami kriterijai, pagal kuriuos vėliau bus nustatinėjami remontuoti ar rekonstruoti ruožai. Buvo sukurti 7 kriterijai: ruožo orientaciniai statybos metai, ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai, troleibusų eismo intensyvumas ruože, fiksuojamų gedimų skaičius ruože, fiksuojamų remontų skaičius ruože, bendras VT eismo intensyvumas ruože, keleivių eismo intensyvumas ruože.

3. Atliekama ekspertinė apklausa. Pirmajame apklausos etape siekiama išsiaiškinti, kurie kriterijai yra svarbus, o kurie ne. Šiuo atveju, remiantis ekspertų nuomone iš 7 kriterijų atrinkti 5: ruožo orientaciniai statybos metai, ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai, troleibusų eismo intensyvumas ruože, fiksuojamų gedimų skaičius, keleivių eismo intensyvumas ruože. Antruoju apklausos etapu prašoma sureitinguoti jau atrinktus 5 kriterijus nuo svarbiausio iki mažiausiai svarbaus.
4. Atlikus apklausą skaičiuojamas ekspertų nuomonių suderinamumas ir kriterijų svoriai.
5. Toliau sudarinėjamos pagal turimus duomenis kiekvieno kriterijaus balų vertinimo lentelės.
6. Apskaičiuojamas kiekvieno ruožo bendras balų skaičius.

3.7. Išvados

1. Sukurtas Vilniaus miesto troleibusų kontaktinio tinklo duomenų modelis, sudarytas iš 10 pagrindinių elementų ir suvesta atributinė informacija.
2. Atlikus ekspertinę apklausą pirmu etapu, pagal ekspertų nuomonę, iš 7 kriterijų atrinkti 5 svarbiausieji, kuriuos antrajame etape ekspertai sureitingavo nuo svarbiausio iki mažiausiai svarbaus. Apskaičiavus ekspertų nuomonių suderinamumą ir kriterijų svorius gauta, jog troleibusų eismo intensyvumas ruože, surinkęs 0,319 svorio yra pats svarbiausias kriterijus, antroje vietoje – fiksuotų gedimų skaičius ruože, surinkęs 0,222 svorio, trečioje vietoje – ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai su 0,215 svorio, ketvirtoje vietoje – keleivių eismo intensyvumas ruože su 0,156 svorio ir penktoje vietoje, surinkęs 0,089 svorio yra ruožo orientaciniai statybos metai. Pasiūlyta formulė suminiam kriterijų reikšmingumo balui apskaičiuoti:

$$SKRB = 0,089(ROSM) + 0,215(RPRRM) + 0,319(TEIR) + 0,222(FGSR) + 0,156(KEIR)$$

3. Remontuotinų ar rekonstruotinų ruožų bandomajam nustatymui pasirinkta atkarpa Geležinkelio st.–Saulėtekio al., kurią sudaro 19 ruožų: F124, F121, F141, F15, F142, F16, F146, F13, F141 F91, F94, F96, F93 F34, F32, F33, F151, F152 ir F153. Sudarius kriterijų balų vertinimo lenteles ir jas pritaikius ruožams gauta, jog labai didelis ir didelis remontavimo ar rekonstravimo poreikis yra 5 ruožuose – F146 (8,046 balo), F313 (6,607 balo), F15 (6,511 balo), F141 (7,089 balo) ir F142 (6,489 balo). Taip yra todėl, kad šie ruožai yra vieni seniausių, juose yra didžiausias troleibusų intensyvumas ir didžiausias fiksuotų gedimų skaičius.
4. Įvertinus kiekvieno ruožo suminius balus ir palyginus su kriterijų duomenimis, galima teigti, kad bandomojo skaičiavimo rezultatai yra gana tikslūs, todėl šiame darbe naudotą metodiką būtų galima pritaikyti Kauno miestui bei adaptuoti kitose šalyse.

BENDROS IŠVADOS

1. Vis daugiau šalių skiria didesnę dėmesį viešojo transporto elektrifikavimui. Diegiamos naujos technologijos, kurios troleibusams leidžia nenaudojant tinklo nuvažiuoti nuo 10 iki 30 km autonomine eiga, o taip pat avarijų ir kitų susidariusių kliūčių metu padeda užtikrinti sklandų troleibusų eismą.
2. Lietuvoje informacinės sistemos naudojamos daugelyje sričių: dujų tinklų, aplinkos taršos, kelių eismo reguliavimo ir kitose. Informacinės sistemos reikalingos ne tik kaupti, atnaujinti, analizuoti duomenis, bet ir priimti efektyvius sprendimus siekiant darniai plėtoti miestus.
3. Iki šiol nebuvo metodikos, kuria būrų galima nustatyti troleibusų kontaktinio tinklo remontuotinus ar rekonstruotinus ruožus, todėl šiam tikslui pasiekti buvo naudojamas daugiakriteris vertinimo metodas ir nustatyti 7 pradiniai kriterijai: ruožo orientaciniai statybos metai, ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai, troleibusų eismo intensyvumas ruože, fiksuojamų gedimų skaičius ruože, fiksuojamų remontų skaičius ruože, bendras VT eismo intensyvumas ruože, keleivių eismo intensyvumas ruože.
4. Analizės metu yra nustatyta, kad troleibusų kontaktinį tinklą sudaro 10 pagrindinių elementų: atramos, kontaktinis laidas, skersinės jungtys, persikirtimai, lanksčios jungtys, laikikliai, izoliatoriai, lynai, iešmai bei gembės. Sklandžiam troleibusų eismui užtikrinti visi elementai turi būti tinkami eksploatuoti.
5. Kuriant duomenų modelį pasirinktas vektorinis modelis, nes jame duomenys pavaizduojami kaip taškai, linijos ar poligonai. Modelyje pavaizduotos 5294 atramos, 201 iešmas, 63 persikirtimai ir 268 km ilgio kontaktinis tinklas.
6. Pirmu apklausos etapu iš 7 kriterijų, atsižvelgiant į ekspertų nuomonę, atrinkti 5 svarbiausi kriterijai: ruožo orientaciniai statybos metai, ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai, troleibusų eismo intensyvumas ruože, fiksuotų gedimų skaičius ruože, keleivių eismo intensyvumas ruože. Antru etapu atrinktus 5 kriterijus ekspertai sureitingavo ir priskyrė balus. Atlikus skaičiavimus gauta, jog ekspertų nuomonė suderinta ir *Kendall* metodu nustatyti kriterijų svoriai, pagal kuriuos siūloma suminė kriterijų reikšmingumo balų skaičiavimo formulė:

$$SKRB = 0,089(ROSM) + 0,215(RPRRM) + 0,319(TEIR) + 0,222(FGSR) + 0,156(KEIR)$$

čia: SKRB – suminis kriterijų reikšmingumo balas;

ROSM – ruožo orientaciniai statybos metai (m.),

RPRRM – ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai (m.);

TEIR – troleibusų eismo intensyvumas ruože (transporto priemonės/darbo dienos parą);

FGSR – fiksuojamų gedimų skaičius ruože (fiksuojamas pranešimų skaičius per paskutinius metus);

FRSR – fiksuojamų remontų skaičius ruože (kiek remontų buvo įvykdyta ruože per laiko tarpą);

BVTEIR – bendras VT eismo intensyvumas ruože (transporto priemonės/darbo dienos parą);

KEIR – keleivių eismo intensyvumas ruože (keleiviai/parą).

7. Sudarytos rodiklių sistemos pagrindu atliktas atkarpos Geležinkelio st.–Saulėtekio al. bandomasis troleibusų tinklo rekonstruotinių ar remontuotinių ruožų nustatymo vertinimas. Atlikus skaičiavimus nustatyta, jog viename ruože, surinkusiame 8,046 balo rekonstravimo ar remontavimo poreikis yra labai didelis. Keturiuose ruožuose remontavimo ar rekonstravimo poreikis yra didelis. Vienuolikoje ruožų – vidutinis poreikis. Trijuose ruožuose – mažas poreikis. Tačiau norint įvertinti viso Vilniaus miesto troleibusų kontaktinio tinklo ruožų remontavimo ar rekonstravimo poreikius, reiktų užpildyti visą duomenų bazę bei adaptuoti balų vertinimo skalių lenteles ir poreikių intervalus viso tinklo mastu.
8. Sukurtą metodiką troleibusų kontaktinio tinklo remontuotinių ar rekonstruotinių ruožų nustatymui būtų galima panaudoti ir kituose miestuose – Kaune, nes kontaktinio troleibusų tinklo struktūra yra tokia pati. Tuo tikslu reiktų atlikti tokius pagrindinius darbus:
 1. Kontaktinio tinklo vektorizavimas ir atributų suvedimas.
 2. Kriterijų kūrimas remontuotiniams ar rekonstruotiniams ruožams nustatyti.
 3. Atliekama ekspertinė apklausa.
 4. Apskaičiuojamas ekspertų nuomonių suderinamumas ir kriterijų svoriai pagal ekspertinės apklausos gautus rezultatus.
 5. Pagal turimus kontaktinio tinklo duomenis sudarinėjamos balų vertinimo lentelės ir kiekvienam ruožui priskiriami balai.
 6. Apskaičiuojamas kiekvieno ruožo bendras balų skaičius.

Be to, adaptavus metodiką jos naudojimas būtų galimas ir kitose šalyse.

LITERATŪROS SARAŠAS

1. Ajanovic, A. and Haas, R. (2016). Dissemination of electric vehicles in urban areas: Major factors for success. *Energy*, 115(2), 1451–1458. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.05.040>.
2. Balket, S. F. and Asmael, N. M. (2021). Selecting the best route location for bus rapid transit using geographic information system (gis): kut city is a case study. In 2nd International Conference for Civil Engineering Science: Journal of Physics: Conference Series, (pp. 1–13). IOP Publishing.
3. Bergh Van den, J. C. J. M. (2002). *Handbook of Environmental and Resource Economics*. Edward Elgar Publishing.
4. Biresselioglu, M. E., Kaplan, M. D., Yilmaz, B. K., (2018). Electric mobility in Europe: A comprehensive review of motivators and barriers in decision making processes. *Transportation Research Part A Policy and Practice*, 109, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.01.017>.
5. Breetzke, T., and Flowerday, S. V. (2016). The usability of IVRs for smart city crowdsourcing in developing cities. *Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 73(1), 1–14.
6. Borowik, L., Cywiński, A. (2016). Modernization of a trolleybus line system in Tychy as an example of eco-efficient initiative towards a sustainable transport system. *Journal of Cleaner Production*, 117, 188–198. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.072>.
7. Box, R. (2010). Another decade of mixed fortunes, *Trolleybus Magazine*, 290, 26–34. [žiūrėta 2023 m. gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: <http://transphoto.ru>.
8. Burrough, P. A., McDonnell, R. A. and Lloyd, C. D. (2015). *Principles of Geographical Information Systems* (3 ed.). Oxford University Press.
9. Chiaramonti, D., Talluri, G., Scarlat, N., Prussi, M. (2021). The challenge of forecasting the role of biofuel in EU transport decarbonisation at 2050: A meta-analysis review of published scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 139, 110715. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110715>.
10. Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J. R., Mellouli, S., Nahon, K., Pardo, T. A. and Scholl, H. J. (2012). Understanding Smart Cities: An Integrative Framework. 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences (pp. 2289–2291). IEEE Computer Society.
11. Costa, Á.; Fernandes, R. (2012). Urban public transport in Europe: Technology diffusion and market organization. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(2), 269–284. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.09.002>.

12. Čekijos viešojo transporto operatoriaus DPP metinis pranešimas (2019). [žiūrėta 2023 m. gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: https://www.dpp.cz/cs/data/V%C3%BDro%C4%8Dn%C3%AD%20zpr%C3%A1vy/Annual%20report/DPP_ANNUAL_REPORT_2019.pdf.
13. Dunbar, C., S. (2005). Buses, Trolleys & Trams. Bounty Books.
14. Energijos skirstymo operatorius (2021). [žiūrėta gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.eso.lt/lt/ziniasklaida/eso-modernizuoja-duju-tinklo-valdyma.html>.
15. European Commission (2019). The Green Deal Industrial Plan: putting Europe's net-zero industry in the lead. [žiūrėta 2023 m. gegužės 3 d.]. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_510.
16. European Environment Agency. Reducing greenhouse gas emissions from heavy-duty vehicles in Europe. [žiūrėta 2023 m. gegužės 3 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/publications/co2-emissions-of-new-heavy>.
17. Fitzová, H., Matulová, M. (2020). Comparison of urban public transport systems in the Czech Republic and Slovakia: Factors underpinning efficiency. Research in Transportation Economics, 81, 100824. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100824>.
18. Garva, S. (2003). *Urban Transportation Systems*. McGraw-Hill Education.
19. Ginevičius, R. (2006). Daugiakriterinio vertinimo rodiklių svorių nustatymas, remiantis jų tarpusavio sąveika. Verslas: teorija ir praktika, 1, 1–13. DOI: [10.3846/btp.2006.01](https://doi.org/10.3846/btp.2006.01).
20. Gudienė, N., Banaitis, A., Podvezko, V., & Banaitienė, N. (2014). Identification and evaluation of the critical success factors for construction projects in Lithuania: AHP approach. Journal of Civil Engineering and Management, 20(3), 350–359. <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.914082>.
21. Holland, J. H. (1995). Hidden order: How adaptation builds complexity. Addison-Wesley Publishing Company.
22. Jakimavičius, M., Burinskienė, M., Gusarovienė, M. & Podvezko, A. (2016). Assessing multiple criteria for rapid bus routes in the public transport system in Vilnius. Public transport, 8(3), 365–385. doi: [10.1016/j.cities.2011.04.003](https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.04.003).
23. Juchnevičius, G. (2022). LIETUVOS VALSTYBINĖS REIKŠMĖS KELIŲ PRIEŽIŪROS LYGIŲ NUSTATYMO METODIKOS VERTINIMAS IR TOBULINIMAS. Baigiamasis magistro darbas. [žiūrėta gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: <https://vb.vgtu.lt/object/elaba:133004080/133004080.pdf>.
24. Kardelis, K. (2002). Mokslinių tyrimų metodologija ir metodai: (edukologija ir kiti socialiniai mokslai) : vadovėlis (2-asis patais. ir papild. leid., p. 398). Kaunas: Judex.

25. Kauno miesto darnaus judumo planas, III tomas (2018). [žiūrėta gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.kaunas.lt/wp-content/uploads/sites/13/2017/11/Judumo-mieste-variantai.pdf>.
26. Kendall, M.G. (1975). Rank Correlation Methods. 4th Edition, Charles Griffin, London.
27. Lajunen, A. (2014). Energy consumption and cost-benefit analysis of hybrid and electric city buses. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 38, 1–15.
28. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija (2021). [žiūrėta gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: <https://am.lrv.lt/lt/naujienos/duomenys-valstybineje-informacineje-sistemoje-aiskiai-parodys-kaip-sklupo-savininkas-tvarko-nuotekas>.
29. Lietuvos Respublikos geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo įstatymas. Valstybės žinios, 2006-07-27, Nr. 82-3260. Galiojanti suvestinė redakcija 2022-11-16 - 2023-12-31. [žiūrėta gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.280587/asr>.
30. Markevičius, M. (2013). Trolleybus overhead network in Vilnius. [žiūrėta 2023 m. balandžio 26 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.troleibusas.lt/?p=1626&lang=en>.
31. Mikajelian, L., Feizienė, D., Antanaitis, Š. (2003). Dirvožemio agrocheminių tyrimų duomenų skaitmeninio kartografavimo GIS priemonėmis galimybės. Žemdirbystė: mokslo darbai, LŽI, LŽŪU.- Akademija.
32. Moriarty, P. and Honnery, D. (2016). Can renewable energy power the future? *Energy Policy*, 93, 3–7. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.02.051>.
33. Murray, A. (2000). *World Trolleybus Encyclopaedia*. UK: Trolleybooks.
34. Neirotti, P., Marco, A. de, Cagliano, A. C., Mangano, G., and Scorrano, F. (2014). Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts, *The International Journal of Urban Policy and Planning*, 38, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.12.010>.
35. Nordelöf, A., Romare, M., Tivander, J. (2019). Life cycle assessment of city buses powered by electricity, hydrogenated vegetable oil or diesel. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 75, 211–222. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.08.019>.
36. Rupp, M., Handschuh, N., Rieke, C., Kuperjans, I. (2019). Contribution of country-specific electricity mix and charging time to environmental impact of battery electric vehicles: A case study of electric buses in Germany. *Applied Energy*, 237(1), 618–634. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.059>.
37. Stankevičius, Ž. (2002). Skaitmeniniai žemėlapiai. Mokomoji knyga. Technika.
38. Sówka, I., Bezyk, Y. (2018). Greenhouse gas emission accounting at urban level: A case study of the city of Wrocław (Poland). *Atmospheric Pollution Research*, 9(2), 289–298. [10.1016/j.apr.2017.10.005](https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.10.005).

39. Taczanowski, J., Kołoś, A., Gwosdz, K., Domański, B., Guzik, R. (2018). The development of low-emission public urban transport in Poland. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 41, 79–92. <http://doi.org/10.2478/bog-2018-0027>.
40. Tarptautinių žodžių žodynas (2013). *Alma littera*, p. 353.
41. United Nations (UN) (2018). Sustainable development goals. [žiūrėta 2023 m. gegužės 3 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals>.
42. Vilniaus miesto savivaldybės darnaus judumo planas (2018).). [žiūrėta gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: <https://drive.google.com/file/d/1t9xSEd6hsz4LDmMjklK-Ifql5BNgTDU6/view>.
43. Vilniaus miesto viešojo transporto atnaujinimo galimybių studija (2020). [žiūrėta gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: <https://judu.lt/wp-content/uploads/2021/06/VT-2020-ataskaita.pdf>.
44. Vilniaus miesto viešojo transporto keleivių srautai (2019). [žiūrėta 2023 m. gegužės 3 d.]. Prieiga per internetą: <https://portal.sisp.lt/portal/apps/MapJournal/index.html?appid=7048f9ad80b24f7488611249ac33cf32#>.
45. Vilniaus vandenys (2020). UAB „Vilniaus vandenys“ Metinis pranešimas, nepriklausomo auditoriaus išvada ir finansinės ataskaitos už metus, pasibaigusius gruodžio 31 d. [žiūrėta gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: https://governance.lt/wp-content/uploads/2021/02/Vilniaus-vandenys-UAB-Metinis-pranesimas_audito-ismados-2020-20210326-signed.pdf.
46. Vilniaus viešasis transportas (2022). [žiūrėta gegužės 4 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.vilniausviesasistransportas.lt/veikla-2/>.
47. Wołek, M., Hebel, K. (2019). The quality of life in Sustainable Urban Mobility Planning. The case study of the Polish city of Piotrków Trybunalski. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 63(10), 129–143. [doi:10.15611/pn.2019.10.10](https://doi.org/10.15611/pn.2019.10.10).
48. Wołek, M., Jagiełło, A., Wolański, M. (2021). Multi-Criteria Analysis in the Decision-Making Process on the Electrification of Public Transport in Cities in Poland: A Case Study Analysis. *Energies*, 14(19), 6391. <https://doi.org/10.3390/en14196391>.
49. Wołek, M., Szmelter-Jarosz, A., Koniak, M., Golejewska, A. (2020). Transformation of trolleybus transport in Poland. Does in-motion charging (technology) matter? *Sustainability*, 12, 9744. <https://doi.org/10.3390/su12229744>.
50. World Economic Forum (2022). Our electric future depends on cities. Here's why. [žiūrėta 2023 m. gegužės 3 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.weforum.org/agenda/2022/01/electric-future-cities-transport-net-zero/>.

51. Zavadskas, E. K. & Vilutienė, T. (2006). A multiple criteria evaluation of multi-family apartment block's maintenance contractors: I—Model for maintenance contractor evaluation and the determination of its selection criteria. *Building and environment*, 41(5), 621–632.

PRIEDAI

Priedas Nr. 1

APKLAUSA (I etapas)

Šioje apklausoje analizuojami kriterijai, kuriais vadovaujantis galėtų būti nustatomi remontuoti arba rekonstruoti *troleibusų kontaktinio tinklo ruožai*. Norint užtikrinti sklandų troleibusų kursavimą miesto gatvėmis, reikia žinoti ruožus, kurie turėtų būti remontuojami ar rekonstruojami, taip sumažinant įvykstančių gedimų skaičių. Šios apklausos metu bandome nustatyti svarbius kriterijus kontaktinio tinklo remontuojamiems arba /rekonstruojamiems ruožams identifikuoti. Ekspertų balsavimo rezultatai bus naudojami, rengiant magistro darbą.

Ši apklausa yra pirmas žingsnis, kurio metu siekiama ekspertiniu balsavimu įvertinti, ar kriterijai yra svarbūs, nustatant, kuriuos troleibusų kontaktinio tinklo ruožus reikia remontuoti ar rekonstruoti. Kai bus nustatyti svarbūs kriterijai, antruoju žingsniu bus siekiama nustatyti atitinkamų kriterijų svorius, apklausiant tuos pačius ekspertus.

Nurodykite, kurie kriterijai, Jūsų nuomone, yra svarbūs arba nesvarbūs sprendžiant kuriuos troleibusų kontaktinio tinklo ruožus reikia remontuoti arba rekonstruoti. Jeigu manote, kad reikėtų vertinti papildomus kriterijus nenurodytus sąraše, įrašykite juos paskutinėse eilutėse.

	Svarbus	Nesvarbus
<u>Ruožo orientaciniai statybos metai</u>	+	
<u>Ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai</u>	+	
<u>Troleibusų eismo intensyvumas ruože</u>	+	
<u>Fiksuotų gedimų skaičius ruože</u>	+	
<u>Fiksuotų remontų skaičius ruože</u>	+	
<u>Bendras VT eismo intensyvumas ruože</u>		-
<u>Keleivių eismo intensyvumas ruože</u>	+	
Kita – Ruožai, kuriuose numatoma autonominė troleibusų rida		
Kita - _____		

Kriterijų aprašymas:

Ruožo orientaciniai statybos metai – t.y. ruože esančio kontaktinio tinklo orientaciniai statybos metai (m). Kuo ruožo statybos metai yra ankstesni, tuo tikėtina yra didesnis remonto arba rekonstravimo poreikis.

Ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai – rodiklis parodo, prieš kiek metų buvo atlikta paskutinis ruožo remontas arba rekonstrukcija (m). Kuo remontas arba rekonstravimas atliktas seniau, tuo tikėtina ruožas yra daugiau nusidėvėjęs.

Troleibusų eismo intensyvumas ruože – troleibusų kursavimo intensyvumas kontaktinio tinkle ruože (transporto priemonės/darbo dienos parą). Kuo didesnis kursavimo dažnis, tuo didesnis kontaktinio tinklo nusidėvėjimas, o kontaktinis tinklas turi būti daugiau patikimas.

Fiksuojamų gedimų skaičius ruože – fiksuojami vairuotojų pranešimai apie įvykčius kontaktinio tinklo gedimus per apibrėžtą laiko tarpą (fiksuojamas pranešimų skaičius per paskutinius metus). Kuo pranešimų apie gedimus ruože yra daugiau, tuo ruožo remontas ar rekonstravimas yra aktualesnis.

Fiksuojamų remontų skaičius ruože – fiksuojama ir kaupiama informacija apie atliktus remontus ruože per apibrėžtą laiko tarpą (kiek remontų buvo įvykdyta ruože per laiko tarpą). Kuo dažniau ruožas yra remontuojamas, tuo aktualesnis tuo ruožo rekonstravimas.

Bendras VT eismo intensyvumas ruože – VT kursavimo intensyvumas kontaktinio tinkle ruože (transporto priemonės/darbo dienos parą). Kuo didesnis bendras VT kursavimo dažnis, tuo tikėtina mažesnė troleibusų kontaktinio tinklo gedimų tikimybė neigiamai įtakos autobusų eismą.

Keleivių eismo intensyvumas ruože – troleibusais pervežamų keleivių skaičius kontaktinio tinkle ruožuose (keleiviai/parą). Kuo daugiau keleivių yra pervežama per parą, tuo atskiro ruožo remontas arba rekonstravimas yra aktualesnis.

Priedas Nr. 2

APKLAUSA (II etapas)

Šioje apklausoje pateikiami pirmos apklausos metu nustatyti svarbūs kriterijai, kuriais vadovaujantis turėtų būti nustatomi remontuoti arba rekonstruoti *troleibusų kontaktinio tinklo ruožai*. Norint užtikrinti sklandų troleibusų kursavimą miesto gatvėmis, reikia žinoti ruožus, kurie turėtų būti remontuojami ar rekonstruojami, taip sumažinant įvykstančių gedimų skaičių. Ekspertų rezultatai bus naudojami, rengiant magistro darbą.

Ši apklausa yra antrasis žingsnis, kurio metu siekiama nustatyti atitinkamų kriterijų svorius apklausiant tuos pačius ekspertus.

Sureitinguokite kriterijus balais, nuo 1 iki 5. Jūsų nuomone, įrašykite, kuris kriterijus nustatant remontuotinus arba rekonstruotinus *troleibusų kontaktinio tinklo ruožus* yra svarbiausias – 1 balas, o mažiausiai svarbus – 5 balai. Balai kartotis negali.

	Vertinimas
Ruožo orientaciniai statybos metai	3
Ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai	5
Troleibusų eismo intensyvumas ruože	1
Fiksuotų gedimų skaičius ruože	2
Keleivių eismo intensyvumas ruože	4

Kriterijų aprašymas:

Ruožo orientaciniai statybos metai – t.y. ruože esančio kontaktinio tinklo orientaciniai statybos metai (m). Kuo ruožo statybos metai yra ankstesni, tuo tikėtina yra didesnis remonto arba rekonstravimo poreikis.

Ruožo paskutinio remonto ar rekonstravimo metai – rodiklis parodo, prieš kiek metų buvo atlikta paskutinis ruožo remontas arba rekonstrukcija (m). Kuo remontas arba rekonstravimas atliktas seniau, tuo tikėtina ruožas yra daugiau nusidėvėjęs.

Troleibusų eismo intensyvumas ruože – troleibusų kursavimo intensyvumas kontaktinio tinkle ruože (transporto priemonės/darbo dienos parą). Kuo didesnis kursavimo dažnis, tuo didesnis kontaktinio tinklo nusidėvėjimas, o kontaktinis tinklas turi būti daugiau patikimas.

Fiksuojamų gedimų skaičius ruože – fiksuojami vairuotojų pranešimai apie įvykusius kontaktinio tinklo gedimus per apibrėžtą laiko tarpą (fiksuojamas pranešimų skaičius per paskutinius metus).

Kuo pranešimų apie gedimus ruože yra daugiau, tuo ruožo remontas ar rekonstravimas yra aktualesnis.

Keleivių eismo intensyvumas ruože – troleibusais pervežamų keleivių skaičius kontaktinio tinklo ruožuose (keleiviai/parą). Kuo daugiau keleivių yra pervežama per parą, tuo atskiro ruožo remontas arba rekonstravimas yra aktualesnis.