



**VILNIUS
TECH**

Vilniaus Gedimino
technikos universitetas

Justina RANCEVA

KELIŲ VIEŠOJO TRANSPORTO VEIKLOS TOBULINIMO METODIKA SIEKIAMT DARNIOS REGIONŲ PLĖTROS

DAKTARO DISERTACIJA

TECHNOLOGIJOS MOKSLAI,
TRANSPORTO INŽINERIJA (T 003)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Justina RANCEVA

KELIŲ VIEŠOJO TRANSPORTO VEIKLOS TOBULINIMO METODIKA SIEKIANČI DARNIOS REGIONŲ PLĖTROS

DAKTARO DISERTACIJA

TECHNOLOGIJOS MOKSLAI,
TRANSPORTO INŽINERIJA (T 003)

Vilnius, 2025

Disertacija rengta 2020–2025 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

Vadovas

doc. dr. Rasa UŠPALYTĖ-VITKŪNIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerija – T 003).

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Transporto inžinerijos mokslo krypties disertacijos gynimo taryba:

Pirmininkas

prof. dr. Alfredas LAURINAVIČIUS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerija – T 003).

Nariai:

prof. dr. Gintautas BUREIKA (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerija – T 003),

prof. dr. Marija BURINSKIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerija – T 003),

doc. dr. Artūras KERŠYS (Kauno technologijos universitetas, Transporto inžinerija – T 003),

doc. dr. Marjan LEP (Mariboro universitetas, Slovėnija, Transporto inžinerija – T 003).

Disertacija bus ginama viešame Transporto inžinerijos mokslo krypties disertacijos gynimo tarybos posėdyje **2025 m. balandžio 25 d. 10 val.** Vilniaus Gedimino technikos universiteto *Aula Doctoralis* posėdžių salėje.

Adresas: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva.

Tel.: (0 5) 274 4956; faksas (0 5) 270 0112; el. paštas doktor@vilniustech.lt

Pranešimai apie numatomą ginti disertaciją išsiųsti 2025 m. kovo 24 d.

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus Gedimino technikos universiteto talpykloje <https://etalpykla.vilniustech.lt> ir Vilniaus Gedimino technikos universiteto bibliotekoje (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lietuva), Klapėdos universiteto (H. Manto g. 84 K5, LT-92294 Klaipėda, Lietuva), Vytauto Didžiojo universiteto (K. Donelaičio g. 52–215 kab., LT-44244 Kaunas, Lietuva), Kauno technologijų universiteto (K. Donelaičio g. 20, LT-44239 Kaunas, Lietuva) bibliotekose.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto 2025-010-M mokslo literatūros knyga

<https://doi.org/10.20334/2025-010-M>

© Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2025

© Justina Ranceva, 2025

justina.ranceva@vilniustech.lt

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Justina RANCEVA

**METHODOLOGY FOR IMPROVING ROAD
PUBLIC TRANSPORT SERVICE ACHIEVING
SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT**

DOCTORAL DISSERTATION

TECHNOLOGICAL SCIENCES,
TRANSPORT ENGINEERING (T 003)

Vilnius, 2025

The doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2020–2025.

Supervisor

Assoc. Prof. Dr Rasa UŠPALYTĖ-VITKŪNIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering – T 003).

The Dissertation Defence Council of the Scientific Field of Transport Engineering of Vilnius Gediminas Technical University:

Chairman

Prof. Dr Alfredas LAURINAVIČIUS (Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering – T 003).

Members:

Prof. Dr Gintautas BUREIKA (Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering – T 003),

Prof. Dr Marija BURINSKIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering – T 003),

Assoc. Prof. Dr Artūras KERŠYS (Kaunas University of Technology, Transport Engineering – T 003),

Assoc. Prof. Dr Marjan LEP (University Of Maribor, Slovenia, Transport Engineering – T 003).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Dissertation Defence Council of the Scientific Field of Transport Engineering in the *Aula Doctoralis* of Vilnius Gediminas Technical University at **10 a.m. on 25 April 2025**.

Address: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania.

Tel.: +370 5 274 4956; fax +370 5 270 0112; e-mail: doktor@vilniustech.lt

A notification on the intended defence of the dissertation was sent on 24 March 2025. A copy of the doctoral dissertation is available for review at the Vilnius Gediminas Technical University repository <https://etalpykla.vilniustech.lt> and the Library of Vilnius Gediminas Technical University (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lithuania), at the library of Klaipėda University (H. Manto g. 84 K5, LT-92294 Klaipėda, Lithuania), at the library of Vytautas Magnus University (K. Donelaičio g. 52-215 rm., LT-44244, Kaunas, Lithuania) and the library of Kaunas University of Technology (K. Donelaičio g. 20, LT-44239 Kaunas, Lithuania).

Reziumė

Šalies vietinio (priemiestinio) ir tolimojo viešojo transporto susisiekimo maršrutai turi užtikrinti šiuolaikinių gyventojų poreikius ir skatinti didesnę naudojimąsi paslauga. Tyrimo objektas yra Lietuvos regionų viešojo transporto paslaugų organizavimas atokiose vietovėse. Disertacijos tikslas – sukurti šalies regionų viešojo transporto veiklos tobulinimo metodiką, skirtą viešajam transportui pagal pareikalavimą aptarnauti siekiant parinkti tinkamesnes teritorijas.

Darbe sprendžiami šie uždaviniai: nustatomi svarbiausi kriterijai, lemiantys keleivių srautus ir viešojo transporto poreikį regionuose, ir jų tarpusavio sąsajos; modeliuojamas Lietuvos regiono viešojo transporto tinklas; nustatomos kertinių kriterijų ribos, kai keičiamas viešojo transporto veiklos modelis; sudaroma šalies regionų aptarnavimo viešuoju transportu metodika.

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai ir bendrosios išvados, naudotos literatūros ir autorės publikacijų disertacijos tema sąrašai. Yra septyni priedai.

Įvade aptariama tiriamoji problema, darbo aktualumas, aprašomas tyrimų objektas, formuluojamas darbo tikslas bei uždaviniai, aprašoma tyrimų metodika, darbo mokslinis naujumas, darbo rezultatų praktinė reikšmė ir ginamieji teiginiai. Įvado pabaigoje pristatomos disertacijos tema autorės paskelbtos publikacijos ir pranešimai konferencijose bei disertacijos struktūra.

Pirmasis skyrius skirtas mokslinės literatūros apžvalgai. Jame nagrinėjama viešojo transporto funkcija, užsienio šalių viešojo transporto organizavimo ir valdymo modeliai, analizuojama regionų socialinės atskirties problema. Pateikiama užsienio šalyse taikoma viešojo transporto tinklo modelio kūrimo specifika, identifikuojami pagrindiniai makromodelio komponentų savybių ir principų skirtumai miestų ir regionų viešojo transporto veiklos modeliams.

Antrajame skyriuje pristatomi svarbiausi veiksniai ir jų kriterijai, lemiantys viešojo transporto keleivių srautus regionuose bei kriterijų tarpusavio sąsajos. Pateikti porinės ir daugianarės regresinės analizės empiriniai modeliai, teorinio tyrimo rezultatai ir rezultatų apibendrinimas.

Trečiajame skyriuje pateikiamas Lietuvos regiono pagrindu suformuluotos metodikos patikrinimas bei rezultatų apdorojimas. Pateikiamas pilotinio regiono esamos viešojo transporto veiklos sistemos tobulinimas, nustatomos mažos viešojo transporto paklausos zonos ir jose numatoma viešojo transporto pagal pareikalavimą paslauga.

Disertacijos tema paskelbti 7 mokslo straipsniai: 2 straipsniai paskelbti mokslo žurnaluose, turinčiuose citavimo rodiklį (SCIE), 3 straipsniai – konferencijų pranešimų rinkiniuose, 2 straipsniai – kituose recenzuojamuose mokslo žurnaluose. Perskaityti 5 pranešimai tarptautinėse Lietuvos konferencijose ir 1 pranešimas Vokietijos konferencijoje.

Abstract

The country's local (suburban) and long-distance public transport routes must meet the needs of residents and encourage greater use of the service. The research object is the organisation of public transport services in remote areas of Lithuania's regions. The dissertation aims to develop a methodology for improving public transport services in the country's regions, aimed at selecting areas more adaptable for demand-responsive public transport services.

The work addressed the following main tasks: determining the most important criteria influencing passenger flows in the country regions, modelling the public transport network of the Lithuanian region, determining the limits of key criteria, and creating a methodology for regional public transport service.

The dissertation consists of an introduction, three chapters and general conclusions, lists of references and the author's publications on the topic of the dissertation. There are also seven annexes.

The introduction presents the investigated problem and the object of research and describes the purpose and tasks of the paper, research methodology, scientific novelty, the practical significance of results and defended statements. The introduction ends with approval of the research findings and defining the structure of the dissertation.

The first chapter presents the used literature. It describes the models of public transport organisation and management in foreign countries and analyses social exclusion in regions. It also highlights key differences in macromodel components between cities and regional public transport. Additionally, it includes an overview of experiences with demand-responsive public transport services.

The second chapter lists the key factors, their criteria influencing public transport passenger flows in regions and the interrelationships between these criteria. For the case of a pilot region, an initial public transport service methodology is formulated and tailored to regions with low population density.

The third chapter presents the validation of the methodology based on a Lithuanian region and the processing of the results. The chapter includes the improvement of the existing public transport service system in the pilot region, the identification of low public transport demand areas, and the proposed implementation of demand-responsive transport services in these zones.

Seven articles were published focusing on the subject of the discussed dissertation: two in scientific journals with an Impact Factor (SCIE), three in conference proceedings, and two in other scientific journals. Five presentations on the subject were given at Lithuanian international conferences and one at German conferences.

Žymėjimai

Simboliai

a, b, c – kelionės sudėtingumo parametrai (angl. *trip complexity parameters*);

A_i – atvykstančių į transportinę zoną keleivių skaičius (angl. *number of passengers arriving in the transport zone*);

A_j – kelionių, pasibaigusių zonoje „j“, skaičius (angl. *number of trips ending in zone “j”*);

a_k, a_s – gyvenamųjų namų ir butų traukos veiksnys (angl. *factor of attraction of residential houses and apartments*);

ART – važiavimo viešuoju transportu laikas (angl. *ride time*);

AT – ėjimo laikas iki pradinės stotelės (angl. *access time*);

β – funkcijos parametras (angl. *function parameter*);

β_0 – laisvasis narys (konstanta) (angl. *constant*);

β_1 – koeficientas prie nepriklausomojo kintamojo (angl. *coefficient to an independent variable*);

BK, BS – gyvenamųjų namų ir butų skaičius (angl. *number of residential houses and apartments*);

c, d – koeficientai (angl. *coefficients*);

ΔT – laikotarpis (angl. *time period*);

d – vidutinis atstumas tarp dviejų taškų tam tikroje apgyvendintoje vietovėje (angl. *average distance between two points in a specific populated area*);

$E1$ – aplinkos tvarumas (angl. *environmental sustainability*);
 $E2$ – ekonominis tvarumas (angl. *economical sustainability*);
 ε – atsitiktinės klaidos komponentas (angl. *random error component*);
 ET – ėjimo laikas iki tikslo (nuo paskutinės išlaipinimo stotelės) (angl. *egress time*);
 F_{ij} – kelionės sudėtingumo koeficientas (angl. *trip complexity coefficient*);
 FP – išlaidų matas (angl. *cost measure*);
 $f(t_{ij})$ – kelionės sudėtingumo funkcija (angl. *trip complexity function*);
 G – valdymo įtaka (angl. *management influence*);
 IVT – laikas, praleistas VT (angl. *in-vehicle time*);
 K_2 – maršruto naudingumo kriterijus (angl. *route efficiency criteria*);
 L – maršruto atkarpos ilgis, km (angl. *route segment length, km*);
 N – keleivių skaičius maršrute, kel. (angl. *number of passengers on the route, pass*);
 n – imties dydis (angl. *sample size*);
 NT – persėdimų skaičius (angl. *number of transfers*);
 O – vietovės plotas (angl. *area of the locality*);
 o – stebėti duomenys (angl. *observed data*);
 OWT – laukimo laikas pirmoje stotelėje (pradinėje stotelėje) (angl. *origin wait time*);
 P_i – išvykstančių iš transportinės zonos keleivių skaičius (angl. *number of passengers departing from the transport zone*);
 PJT – suvokiamas kelionės laikas (angl. *perceived journey time*);
 p_k, p_s – gyvenamųjų namų ir butų generavimo veiksnys (angl. *factor of generation of residential houses and apartments*);
 $PTSSD (\Delta T)$ – viešojo transporto sistemos tvarus vystymasis tam tikru laikotarpiu (ΔT) (angl. *sustainable development of the public transport system over a specific period*);
 Qs – keleivių aptarnavimo kokybė (angl. *quality of passenger service*);
 r – Pirono koreliacijos koeficientas (angl. *Pearson correlation coefficient*);
 R – pasirinkimo rodiklis (angl. *choice indicator*);
 r^2 – determinacijos koeficientas (angl. *coefficient of determination*);
 s – simuliuoti duomenys (angl. *simulated data*);
 T_{ij} – kelionių, prasidedančių „i“ zonoje ir besibaigiančių „j“ zonoje, skaičius (angl. *number of trips starting in zone “i” and ending in zone “j”*);
 t_{ij} – kelionių tarp zonų „i“ ir „j“ laikas (angl. *travel time between zones “i” and “j”*);
 TWT – persėdimo laikas (angl. *transfer time*);
 U – keleivių srautų pasiskirstymas (angl. *distribution of passenger flows*);
 V – simuliuotų (V_s) ir stebėtų duomenų (V_o) tūris (angl. *volume of simulated (V_s) and observed data (V_o)*);
 WT – bendras ėjimo laikas pėsčiomis (angl. *walk time*);

x – nepriklausomasis kintamasis (angl. *the independent variable*);
 x_1 – vidutinis metinis gyventojų skaičius, gyv. (angl. *average population, inhab.*);
 x_2 – gyventojų tankis, gyv./km² (angl. *population density, inhab./km²*);
 x_3 – vidutinis gyventojų amžius, metai (angl. *average age of the population, years*);
 x_4 – autobusų rida priemiestinio susisiekimo maršrutais, km (angl. *bus mileage on suburban routes, km*);
 x_5 – autobusų rida tolimojo susisiekimo maršrutais, km (angl. *bus mileage on intercity routes, km*);
 x_6 – autobusų skaičius, vnt. (angl. *number of buses, unit*);
 x_7 – autobusų maršrutų skaičius, vnt. (angl. *number of bus routes, unit*);
 x_8 – autobusų maršrutų dažnis, tr. pr./parą (angl. *frequency of bus routes, buses/day*);
 x_9 – autobusų stotelių pasiekiamumas, % (angl. *accessibility of bus stops, %*);
 x_{10} – kelionių autobusais skaičius, tenkantis vienam gyventojui, vnt/1 gyv. (angl. *number of bus trips per inhabitant, unit/1 inhab.*);
 x_{11} – automobilių kelių ilgis, km (angl. *length of road network, km*);
 x_{12} – automobilizacijos lygis, aut./1000 gyv. (angl. *level of automobilisation, vehicles/1000 inhab.*);
 x_{13} – lengvųjų automobilių skaičius, vnt. (angl. *number of cars, unit*);
 x_{14} – nedarbo lygis, % (angl. *unemployment level, %*);
 x_{15} – vidutinis darbo užmokestis, Eur (angl. *average salary, EUR*);
 x_{16} – pajamos už parduotus bilietus, Eur (angl. *revenue from ticket sales, EUR*);
 x_{17} – kompensacijos, % (angl. *compensations, %*);
 x_{18} – dotacijos, % (angl. *dotations, %*);
 x_{19} – finansavimo kriterijus, Eur/ha (angl. *financing criteria, EUR/ha*);
 y – priklausomasis kintamasis (angl. *dependent variable*);
 y_1 – keleivių apyvarta priemiestinio susisiekimo maršrutais, keleivio km (angl. *passenger turnover on suburban routes, total passengers km*);
 y_2 – keleivių apyvarta tolimojo susisiekimo maršrutais, keleivio km (angl. *passenger turnover on intercity routes, total passengers km*);
 y_3 – keleivių skaičius per metus priemiestinio susisiekimo maršrutais, kel./metus (angl. *number of passengers on suburban routes per year, passengers/year*);
 y_4 – keleivių skaičius per metus tolimojo susisiekimo maršrutais, kel./metus (angl. *number of passengers on intercity routes per year, passengers/year*).

Santrumpos

AV – valdymo modelis, kur sprendimus priima vietos valdžios institucijos (vok. *Auftraggeberverbunde*, angl. *management model with decisions made by local authorities*);

ŽDD – palydoviniai vaizdai, kuriuose išskiriamos skirtingos žemėnaudos kategorijos (angl. *images highlighting different land use categories*);

DARŽ–N – ikimokyklinio ugdymo įstaiga–namai kelionės tipas (angl. *preschool-to-home trip*);

DG – dirbantys gyventojai (angl. *employed residents*);

D–N – darbas–namai kelionės tipas (angl. *work-to-home trip*);

DV – darbo vietų skaičius (angl. *number of workplaces*);

ES – Europos Sąjunga (angl. *European Union*);

FFPT – nemokamo viešojo transporto reforma (angl. *fare-free public transport*);

GEH – Geoffrey E. Havers rodiklis (angl. *Geoffrey E. Havers indicator*);

GIS – geografinė informacinė sistema (angl. *Geographic Information System*);

GTFS – mobilumo duomenų sistema (angl. *General Transit Feed Specification*);

IPD – integruoto pasirinkimo rodiklis (angl. *impedance indicator*);

LOS – empirinis fiksuoto maršruto miesto ir kaimo autobusų paslaugų valandinis lygis (angl. *empirical fixed-route urban and rural bus service hourly level*);

MAD – vidutinis absoliutus nuokrypis (angl. *mean absolute deviation*);

MV – valdymo modelis, kur vežėjai ir vietos valdžios institucijos turi lygias teises organizuojant VT (vok. *Mischverbunde*, angl. *management model with carriers and local authorities having equal rights in organising public transport*);

N–D – namai–darbas kelionės tipas (angl. *home-to-work trip*);

N–DARŽ – namai–ikimokyklinio ugdymo įstaiga kelionės tipas (angl. *home-to-preschool trip*);

N–UĮ – namai–ugdymo įstaiga kelionės tipas (angl. *home-to-educational institution trip*);

IA – išvykimas ir atvykimas (angl. *origin and destination*);

VKP – vidutinė kvadratinė paklaida (angl. *mean squared error*);

RPTA – viešojo transporto agentūros (šved. *Kollektivtrafikmyndighet*, angl. *Regional Public Transport Authorities*);

SM – Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija (angl. *Ministry of Transport and Communications*);

STUD_MOK – studentų ir moksleivių skaičius (gyventojai nuo 7 iki 30 metų) (angl. *number of students and pupils (residents aged 7 to 30 years)*);

UV – valdymo modelis, kur sprendimus priima vežėjai (vok. *Unternehmensverbunde*, angl. *management model with decisions made by carriers*);

UĮ–N – ugdymo įstaiga–namai kelionės tipas (angl. *educational institution-to-home trip*);

VAIKAI – ikimokyklinio amžiaus vaikų skaičius (vaikai iki 7 metų) (angl. *number of pre-school-aged children (children under 7 years of age)*);

V_DARŽ – vietų skaičius ikimokyklinio ugdymo įstaigose (angl. *number of places in pre-school educational institutions*);

VT – viešasis transportas (angl. *public transport*);

VTP – viešasis transportas pagal pareikalavimą (angl. *Demand Responsive Transport*);
VUI – vietų skaičius ugdymo įstaigose (angl. *number of places in educational institutions*);
X – esami keleivių srautų duomenys (angl. *existing passenger flow data*);
Y – modelio keleivių srautų duomenys (angl. *model passenger flow data*);
%VKP – vidutinė kvadratinė paklaida procentais (angl. *mean squared error percentage*).

Terminai ir apibrėžimai

Viešasis keleivinis transportas – keleivių vežimo autobusais nustatytais maršrutais nustatytu laiku paslauga, teikiama visiems, kurie kreipiasi (angl. *land public transport by buses*).

Viešojo transporto veiklos modelis – viešojo transporto sistemą aprašantis skaitmeninis modelis (angl. *digital model describing the public transport system*).

Apsibrėžtos prielaidos

Mažo tankio vietovė – gyventojų tankis mažesnis kaip 20 gyv./km² (angl. *population density less than 20 inhabitants/km²*).

Nenaudojama autobusų stotelė – autobusų stotelė, kurioje keleivių kelionių skaičius per mėnesį lygus 0 (angl. *bus stop with the number of passenger trips per month equal to 0*).

Neapkrauta maršruto atkarpa – maršruto atkarpa, kurioje pervežtų keleivių skaičius ne daugiau kaip 20 kel./darbo dieną (angl. *route section with the number of transported passengers below 20 per working day*).

Neapkrauta maršruto kilpa – papildoma maršruto atšaka, besibaigianti vienintele stotele, kurioje pervežtų keleivių skaičius ne daugiau kaip 20 kel./darbo dieną (angl. *additional route branch ending at a single bus stop with the number of transported passengers below 20 per working day*).

Turinys

IVADAS	1
Problemos formulavimas.....	1
Darbo aktualumas.....	2
Tyrimų objektas.....	3
Darbo tikslas.....	3
Darbo uždaviniai	3
Tyrimų metodika	3
Darbo mokslinis naujumas	4
Darbo rezultatų praktinė reikšmė	4
Ginamieji teiginiai.....	4
Darbo rezultatų aprobavimas.....	5
Disertacijos struktūra.....	5
Padėka	5
1. KELIŲ VIEŠOJO TRANSPORTO VEIKLOS ORGANIZAVIMAS IR MODELIAVIMAS LIETUVOJE IR UŽSIENIO ŠALYSE	7
1.1. Viešojo transporto funkcija, politika Lietuvoje ir užsienyje.....	8
1.1.1. Viešojo transporto politika Europos Sąjungoje	9
1.1.2. Viešojo transporto politika Lietuvoje	11
1.1.3. Socialinės atskirties problema	12
1.2. Viešojo transporto organizavimo formos ir valdymo modeliai	14
1.2.1. Viešojo transporto organizavimo formos	14
1.2.2. Viešojo transporto valdymo modeliai.....	15

1.2.3. Viešojo transporto valdymo modelių lyginamoji analizė	19
1.3. Viešasis transportas pagal pareikalavimą Lietuvoje ir užsienyje	22
1.4. Viešojo transporto modelio kūrimo atvejai	25
1.4.1. Viešojo transporto tinklo modelio kūrimo specifika miestams ir regionams	27
1.4.2. Viešojo transporto paklausos modelio kūrimo specifika miestams ir regionams	29
1.5. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas	35
2. REGIONINIO VIEŠOJO TRANSPORTO VEIKLOS METODIKOS KŪRIMAS IR FORMULAVIMAS	37
2.1. Viešojo transporto darbui įtaką darančių veiksnių ir vertinimo kriterijų nustatymas	37
2.1.1. Demografinio veiksnio vertinimo kriterijai	40
2.1.2. Pervežimo viešuoju transportu veiksnio vertinimo kriterijai	42
2.1.3. Viešojo transporto veiklos ir infrastruktūros veiksnio vertinimo kriterijai	44
2.1.4. Automobilizacijos veiksnio vertinimo kriterijai	51
2.1.5. Ekonominės padėties veiksnio vertinimo kriterijai.....	53
2.2. Daugianarės regresijos modelių sudarymas ir lemiančių vertinimo kriterijų nustatymas	57
2.2.1. Žiedinių savivaldybių viešojo transporto vertinimo kriterijų sąsajų empiriniai modeliai.....	60
2.2.2. Miestų savivaldybių viešojo transporto vertinimo kriterijų sąsajų empiriniai modeliai.....	61
2.2.3. Regioninių savivaldybių viešojo transporto vertinimo kriterijų sąsajų empiriniai modeliai.....	62
2.3. Lietuvos regiono viešojo transporto veiklos modeliavimas.....	64
2.3.1. Lietuvos regiono viešojo transporto tinklo modelio kūrimas	65
2.3.2. Lietuvos regiono viešojo transporto paklausos modelio kūrimas	71
2.4. Sukurto modelio kalibravimas ir rezultatai	78
2.5. Antrojo skyriaus išvados	82
3. REGIONINIO VIEŠOJO TRANSPORTO ORGANIZAVIMO METODIKOS PATIKRINIMAS IR REZULTATŲ APDOROJIMAS	83
3.1. Regioninio viešojo transporto paslaugų teikimo metodikos patikrinimas	83
3.2. Regionų viešojo transporto paslaugų teikimo metodikos apibendrinimas.....	93
3.3. Trečiojo skyriaus išvados	98
BENDROSIOS IŠVADOS	99
LITERATŪRA IR ŠALTINIAI.....	101
AUTORĖS MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS.....	115

SUMMARY IN ENGLISH.....	117
PRIEDAI.....	133
A priedas. Užsienio šalių viešojo transporto valdymo modelių palyginimas.....	134
B priedas. Lietuvos viešojo transporto veiklos vertinimo kriterijų duomenų bazė.....	135
C priedas. Regresinės analizės rezultatai.....	145
D priedas. Surinkti demografiniai ir statistiniai duomenys	147
E priedas. Išvykstančių iš transportinės zonos ir atvykstančių į transportinę zoną keleivių skaičiaus rezultatai	149
F priedas. Išvykimo ir atvykimo matrica.....	151
G priedas. Formuluojamos metodikos bandymų rezultatai	154

Contents

INTRODUCTION	1
Formulation of the problem.....	1
Relevance of the dissertation.....	2
Object of the research.....	3
Aim of the dissertation	3
Tasks of the dissertation	3
Research methodology	3
Scientific novelty of the dissertation	4
Practical value of the research findings.....	4
Defended statements	4
Approval of the research findings	5
Structure of the dissertation.....	5
Acknowledgement.....	5
 1. ORGANISATION AND MODELLING OF ROAD PUBLIC TRANSPORT OPERATIONS IN LITHUANIA AND ABROAD.....	 7
1.1. Public transport function, policy in Lithuania and abroad.....	8
1.1.1. Public transport policy in the European Union.....	9
1.1.2. Public transport policy in Lithuania	11
1.1.3. Problem of social exclusion.....	12
1.2. Forms of public transport organisation and management models	14
1.2.1. Forms of public transport organisation.....	14

1.2.2. Public transport management models	15
1.2.3. Comparative analysis of public transport management models.....	19
1.3. On-demand public transport in Lithuania and abroad	22
1.4. Public transport model development insights.....	25
1.4.1. Specifics of creating public transport network models for cities and regions	27
1.4.2. Specifics of creating public transport demand models for cities and regions	29
1.5. Conclusions on the first chapter and formulation of the tasks of the dissertation.....	35
 2. DEVELOPMENT AND FORMULATION OF A REGIONAL PUBLIC TRANSPORT OPERATIONS METHODOLOGY	37
2.1. Identification of factors and evaluation criteria influencing public transport operations	37
2.1.1. Evaluation criteria for demographic factors	40
2.1.2. Evaluation criteria for public transport usage factors	42
2.1.3. Evaluation criteria for public transport operations and infrastructure factors	44
2.1.4. Evaluation criteria for motorisation factors	51
2.1.5. Evaluation criteria for economic condition factors.....	53
2.2. Development of multiple regression models and determination of key criteria.....	57
2.2.1. Empirical models of public transport evaluation criteria relationships in circular municipalities	60
2.2.2. Empirical models of public transport evaluation criteria relationships in city municipalities	61
2.2.3. Empirical models of public transport evaluation criteria relationships in regional municipalities	62
2.3. Modelling of public transport operations in Lithuania's region	64
2.3.1. Development of a public transport network model for Lithuania's region.....	65
2.3.2. Development of a public transport demand model for Lithuania's region.....	71
2.4. Calibration and results of the developed model	78
2.5. Conclusions of the second chapter	82
 3. VERIFICATION OF THE REGIONAL PUBLIC TRANSPORT METHODOLOGY AND PROCESSING OF RESULTS.....	83
3.1. Verification of the regional public transport service management methodology	83
3.2. Summary of the methodology for managing public transport services in the regions	93
3.3. Conclusions of the third chapter	98

GENERAL CONCLUSIONS	99
REFERENCES	101
LIST OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS BY THE AUTHOR ON THE TOPIC OF THE DISSERTATION	115
SUMMARY IN ENGLISH.....	117
ANNEXES.....	133
Annex A. Comparison of public transport management models of foreign countries	134
Annex B. Database of public transport performance evaluation criteria in Lithuania.....	135
Annex C. Results of regression analysis	145
Annex D. Collected demographic and statistical data	147
Annex E. The production and attraction results	149
Annex F. Origin-destination matrix	151
Annex G. Results of the testing of the formulated methodologies	154

Išvadas

Problemos formulavimas

Viešasis transportas (VT) yra plačiai naudojama transporto paslaugų rūšis visame pasaulyje. VT turėtų būti suvokiamas kaip priemonė, skatinanti miestų ir regionų vystymąsi. Tinkamai išplėtotą VT infrastruktūrą, gerai organizuotas keleivių jungčių tinklas ir mišrus teritorijų užstatymas prisideda prie regioninės plėtros, stiprina darbo rinką regione ir padeda mažinti socialinę atskirtį. Būtina išlaikyti VT tinklo įtraukimą ir veiksmingumą, užtikrinant, kad net vietovės, kuriose šiuo metu yra maža arba nulinė VT paklausa, galėtų tapti neatskiriama visapusiškos ir prieinamos transporto sistemos dalimi.

Mobilumo klausimai kaimo vietovėse gauna mažiau politikos formuotojų dėmesio nei miestuose. VT prieinamumas rečiau apgyvendintose ir sunkiau pasiekiamose kaimo vietovėse yra mažiau nagrinėjamas. Realybė tokia, kad dėl ekonominių priežasčių (per mažo vežėjų pelningumo), daugelyje savivaldybių nepakankamas aptarnavimas vietiniais autobusais. Užtikrinti lygias mobilumo teises retai apgyvendintose vietovėse – sudėtingas uždavinys.

2021 m. Europos Sąjungoje (ES) pagrindinė vidaus keliais vykdoma keleivių pervežimo rūšis buvo lengvieji automobiliai (86,3 %), autobusai ir troleibusai sudarė 7,7 %, traukiniai – 6,0 %. Nagrinėjant ES valstybes nares, didžiausias lengvųjų automobilių naudojimas užfiksuotas Juodkalnijoje – 98,5 %, Lietuvoje –

94,7 %. Transporto sektorius yra atsakingas už maždaug 13 % visų šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų, iš kurių 23 % sudaro anglies dioksidas (CO₂). Kenksmingos dujos, išmetamos transporto priemonių, sukelia rimtų sveikatos problemų. Dėl šių teršalų kasmet pasaulyje miršta apie 500 000 žmonių, o oro taršos ekonominė žala siekia 150–750 milijardų dolerių per metus. Lietuvoje transporto sektorius sukuria 20,7 % visos šalies šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų, iš kurių 89,6 % sudaro kelių transporto išmetamosios dujos.

VT nėra tik komercinė paslauga siekiant pelno: ji yra ir tam tikra socialinė paslauga, kuri suteikia galimybę judėti neįsivaikant atskirties visoms miesto socialinėms grupėms, neišskiriant vaikų, senjorų arba žmonių, kurie dėl vienokių arba kitokių priežasčių negali vairuoti automobilio. Todėl itin svarbu, kad tvarios VT sistemos suteiktų galimybę pasiekti pagrindinius traukos centrus per trumpiausią laiką, keliaujant mažiausiu atstumu ir patiriant minimalius finansinius kaštus.

Šiuo metu egzistuojančios VT organizavimo formos, orientuotos į valdžią / organizatorių ir į rinką turi būti koreguojamos, nes neatliepia visų suinteresuotųjų šalių lūkesčių. Privalo atsirasti VT organizavimo forma, kai paslauga yra orientuota į keleivį. Lietuvos regionuose galimybė naudotis VT paslaugomis kaimo vietovėse, esančiose toliau nuo pagrindinių transporto maršrutų, yra ribota. Daugelyje kaimo vietovių gyventojai yra išsibarstę, todėl tokiose teritorijose VT paslaugos nėra ekonomiškai perspektyvios.

Darbo aktualumas

Trūksta mokslinių tyrimų ir metodikų su mažo tankio vietovių paklausos modeliavimo aprašymu. Esamos metodikos dažniausiai orientuotos į tankiau apgyvendintas teritorijas, todėl neatspindi unikalių VT paklausos dinamikos mažai apgyvendintuose regionuose. Spredimų algoritmų trūkumas apsunkina VT planavimo procesus mažo tankio vietovėms, o nepakankami duomenys apie gyventojų mobilumą regionuose kelia papildomų iššūkių.

Nepaisant dažnu duomenų nepakankamumu regionuose, šiuo tyrimu siekiama pateikti vertingų įžvalgų, nagrinėjant pasirinktų kelionių modelių efektyvumą fiksuojant unikalios transporto paklausos dinamiką mažai apgyvendintuose regionuose.

Pastebėta, kad nėra aiškos mūsų šalies regioninio VT planavimo metodikos. Tolygiam ir tvariam regionų VT vystymui yra reikalinga metodika, kuri prisidėtų prie regioninės politikos formavimo: sumažintų kaimų ir mažų, vidutinių miestų atskirtį, užtikrintų paslaugos prieinamumą atokiuose rajonuose, kuriuose vyrauja mažas gyventojų tankumas ir nepritaikyta kelių (gatvių) infrastruktūra, ir sumažintų gyventojų susisiekimo išlaidas. Darbo metu sukurta VT veiklos metodika

prisidės prie efektyvesnių VT maršrutų planavimo, padėsiančio mažinti kaimo ir miesto vietovių transporto atskirtį.

Tyrimų objektas

Darbo tyrimų objektas – VT paslaugų organizavimas atokiose Lietuvos regionų vietovėse.

Darbo tikslas

Disertacinio darbo tikslas – sukurti šalies regionų VT veiklos tobulinimo metodiką, skirtą VT pagal pareikalavimą paslaugų teikimo tinkamesnėms teritorijoms algoritmui ir priemonėms nustatyti.

Darbo uždaviniai

Darbo tikslui pasiekti formuluojami šie uždaviniai:

1. Nustatyti svarbiausius VT poreikį Lietuvos regionuose ir jų tarpusavio sąsajas lemiančių veiksnių vertinimo kriterijus.
2. Sudaryti ir sukalibruoti bandomojo Lietuvos regiono VT tinklą remiantis anksčiau nustatytais kriterijų sąsajomis.
3. Bandymų būdu nustatyti pagrindinius kriterijus ir jų ribas, kai maršrutinis VT veiklos modelis turi būti keičiamas į VT pagal pareikalavimą.
4. Sukurti VT veiklos tobulinimo regione metodiką.
5. Nustatyti VT metodikos naudojimo kituose šalies regionuose tinkamumą ir universalumą.

Tyrimų metodika

Palyginamosios analizės metodas taikomas į keleivį orientuotoms VT valdymo ir organizavimo sistemoms kurti.

Teoriniai analitiniai statistinės analizės metodai taikomi nustatant pagrindinius kriterijus, lemiančius keleivių srautus ir VT poreikį. Statistine programine įranga *Statgraphics* atrinkti pagrindiniai VT pagal pareikalavimą veikiantys kriterijai.

Ekspperimentiniams tyrimams naudojama makromodeliavimo kompiuterinė PTV VISUM įranga.

Darbo mokslinis naujumas

Naujai identifikuotos VT poreikį lemiančių kriterijų ribos, apibrėžiančios VT susisiekimą organizuoti pagal keleivių poreikį.

Pristatyta originali VT susisiekimo regionuose planavimo metodika, pritaikoma mažesnio gyventojų tankumo regionams, kuriuose VT yra visiškai neefektyvus ir kur būtina ieškoti alternatyvų reguliariam VT (pvz., VT pagal pareikalavimą). Pristatyti unikalūs VT planavimo principai, į VT esamą tinklą integruojant VT pagal pareikalavimą, leidžia sutaupyti keleivių kelionių laiko bei autobusų ridos sąnaudas.

Darbo rezultatų praktinė reikšmė

Lietuvos savivaldybių administracijoms ir (ar) vežėjams siūloma VT veiklos metodika taikytina formuojant regioninę VT veiklą.

Metodikoje pristatytas VT paslaugų teikimo tobulinimo būdas užtikrina šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos neigiamo poveikio aplinkai, klimato kaitai bei gyventojų sveikatai sumažinimą. Taip pat naujas planavimo būdas įgalina užtikrinti mažesnę vežimų paslaugos ridą (tuščią ridą), autobusų mažesnę bendrąją ridą, mažesnes eksploatacines išlaidas vienam keleiviui, skatina racionaliau naudoti finansinius išteklius ir užtikrinti geresnę VT veiklos išlaidų paskirstymą.

Ginamieji teiginiai

1. Į esamą VT sistemą integravus VT pagal pareikalavimą, sumažėja autobusų bendroji rida, gyventojų bendroji kelionių trukmė ir sutaupomi autobusų išlaikymo bei energiniai ištekliai.
2. Ši universali, pritaikyta regionui metodika taikytina kuriant bendrą ir gyventojų poreikius atitinkantį VT tinklą.
3. Sukurtu VT susisiekimo regionuose planavimo būdu tiksliau parenkamos gyventojų poreikius atliepiančios priemonės, išlaikant sklandų susisiekimą ir paslaugos pasiekiamumo lygį.

Darbo rezultatų aprobavimas

Disertacijos tema yra atspausdinti 7 moksliniai straipsniai: 2 straipsniai paskelbti mokslo žurnaluose, turinčiuose citavimo rodiklį (SCIE), 3 straipsniai – konferencijų pranešimų rinkiniuose, 2 straipsniai – kituose recenzuojamuose mokslo žurnaluose.

Disertacijoje atliktų tyrimų rezultatai buvo paskelbti 5 mokslinėse konferencijose Lietuvoje ir užsienyje:

1. 24-oje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“ 2021 m. Vilniuje, Lietuvoje;
2. tarptautinėje konferencijoje „TRANSBALTICA: Transportation Science and Technology“ 2021 m. Vilniuje, Lietuvoje;
3. 25-oje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ 2022 m. Vilniuje, Lietuvoje;
4. 12-toje tarptautinėje konferencijoje „Environmental Engineering“ 2023 m. Vilniuje, Lietuvoje;
5. tarptautinėje konferencijoje „International Conference on Transportation Demand Management and Analysis“ (ICTDMA – 2024) 2024 m. Frankfurte, Vokietijoje.

Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai ir bendrosios išvados, naudotos literatūros ir autorės publikacijų disertacijos tema sąrašai. Pateikiami 7 priedai.

Darbo apimtis yra 132 puslapiai. Tekste panaudotos 24 numeruotos formulės, 44 paveikslai ir 11 lentelių. Rašant disertaciją buvo panaudoti 175 literatūros šaltiniai.

Padėka

Disertacijos autorė dėkoja disertacijos darbo vadovei doc. dr. Rasai Ušpalytei-Vitkūnienei už konsultacijas, patarimus ir vertingas mokslines įžvalgas.

Autorė labai dėkinga vyriui ir tėvams už pasitikėjimą, palaikymą, psichologinę paramą ir supratimą.

Kelių viešojo transporto veiklos organizavimas ir modeliavimas Lietuvoje ir užsienio šalyse

Skyriuje analizuojama mokslinė literatūra apie VT funkcijas, paskirtį ir galimybes, taip pat vykdomą VT politiką Lietuvoje ir užsienyje. Palyginami užsienio šalių VT organizavimo ir valdymo modeliai, pateikiami samprotavimai, kuriuo valdymo modelio pagrindu galima tobulinti Lietuvos VT organizavimą. Pristatoma užsienio šalyse taikoma VT veiklos modelio kūrimo specifika, identifikuojami pagrindiniai makromodelio komponentų savybių ir principų skirtumai, kai yra kuriamas VT sistemos modelis miestams ir regionams. Pateikiami VT pagal pareikalavimą Lietuvos ir užsienio šalių pavyzdžiai.

Skyriaus tematika paskelbta autorės mokslinė publikacija (Ranceva & Ušpalytė-Vitkūnienė, 2021).

1.1. Viešojo transporto funkcija, politika Lietuvoje ir užsienyje

VT yra pažangus, efektyvus ir tvarus susisiekimo būdas (Ribeiro et al., 2020). Dėl savo pajėgumų, ekonomiško, erdvinio racionalumo ir ekologinio priimtumo VT yra mobilumo pagrindas (Šipuš & Abramović, 2017). VT yra pripažįstamas ekologiškai švaresne transporto rūšimi nei lengvieji automobiliai tam pačiam keleivių skaičiui vežti. Keleivių vežimai visuomeniniu transportu užtikrina kiekvieno miesto gyvybingumą. Pagrindinė visuomeninio transporto rūšis Lietuvoje yra autobusai. Valstybės duomenų agentūros duomenimis, 2022 metais šalies viduje autobusais pervežta 240 296 tūkst. keleivių.

Kelionių į darbą ir atgal modalinio pasiskirstymo būdai kiekvienoje šalyje yra skirtingi. Pavyzdžiui, kai kuriuose Jungtinių Amerikos Valstijų (JAV) miestuose (Dalase, San Diege ir Kolumbe) daugiau nei 95 % keliaujančiųjų važiuoja automobiliais, net neveždami keleivių. Yra įrodyta, kad VT vidutiniškai suvartoja 4 kartus mažiau energijos vienam keleivio kilometrui nei automobilis (Kanadoje 3 kartus mažiau, Europoje 3,7 karto mažiau ir Japonijoje 10 kartų mažiau) (Sharav & Shiftan, 2017).

Gera išvystyta VT sistema ir mišrus teritorijų užstatymas, kuriam būdingas įvairių paskirčių pastatų ir infrastruktūros integravimas miestų ir gyvenviečių teritorijoje, yra labai svarbūs kuriant patrauklią apskritį ar regioną. Mišrus teritorijų užstatymas yra efektyvus teritorijų planavimo sprendimas, nes jis sumažina kelionių poreikį, trumpina atstumus ir kelionės laiką iki darbo vietų, švietimo įstaigų, poilsio, laisvalaikio bei maitinimo paslaugų. Paslaugų įvairovė leidžia vietos gyventojams patogiai naudotis paslaugomis, dirbti ir gyventi toje pačioje vietovėje, tai skatina regionų vystymąsi.

VT sistemos valdymas yra esminis uždavinys tiek mieste, tiek kaime, palengvinantis žmonių ir prekių judėjimą bei užtikrinantis reikšmingą šių regionų ekonominę plėtrą (Subbarao & Kadali, 2022). Kaimo vietovėms yra būdingas mažas gyventojų tankis ir dideli atstumai tarp vietovių, o tai kelia iššūkių užtikrinant aukštos kokybės VT, kuris galėtų atitikti kokybiškas gyvenimo sąlygas (Beckmann et al., 2023).

Remiantis Lietuvos Respublikos vietos savivaldos įstatymo 6 straipsniu, savivaldybės privalo užtikrinti socialinių paslaugų teikimą, organizuoti keleivių vežimą vietiniais maršrutais. Šiame tyrime nagrinėjama kitų šalių VT sistema, kuri yra tinkamesnė Lietuvai, yra orientuota į VT kaip į socialinę paslaugą, užtikrina ne vien tik komercinę funkciją.

1.1.1. Viešojo transporto politika Europos Sąjungoje

Vežant keleivius pirmenybė turi būti teikiama viešajam keleiviniam transportui, o ne individualiajam, nes naudojant viešąjį keleivinį transportą pasiekiami visi užsibrėžti ES kelių eismo saugumo ir ekologiškumo tikslai. Siekiant skatinti tvarią gyvenamąją aplinką, privatus, viešasis ir nemotorinis transportas turi funkciškai papildyti vienas kitą, formuodami subalansuotas integruotas sistemas (Poliak et al., 2017).

Šiomis dienomis investuojama į VT, kad jis būtų patogesnis, greitesnis, ekologiškesnis ir konkurencingesnis, palyginti su kitomis transporto rūšimis. Labai svarbu suprasti, kurie veiksniai daro įtaką sprendimui naudotis VT, kaip yra suvokiama VT kokybė, kad būtų galima parengti strategijas, užtikrinančias naujų keleivių pritraukimą (Felleson & Friman, 2012). Daugeliu tyrimų siekiama nustatyti pagrindinius keleivių lojalumo VT paslaugų naudojimo veiksniai. Dalis iš jų orientuoti į paslaugų kokybės poveikį, o kita dalis – į keleivių pasitenkinimo poveikį (Vicente & Reis, 2018).

Neigiamas veiksnys aplinkai yra ypač aktualus, kalbant apie kelių transportą, kurio infrastruktūra užima apie 93 % visos transportui organizuoti skirtos teritorijos ES šalyse (Griškevičiūtė-Gečienė, 2012). Padidėjus šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos mažinimo svarbai visiems ekonomikos sektoriams, išaugo VT reikšmingumas kaip priemonės eismo sukeliama emisijai mažinti (Schasché & Sposato, 2021). VT yra pripažįstama ekologiškai švaresnė transporto rūšis nei automobiliai tam pačiam keleivių skaičiui vežti. Jam atitenka svarbus vaidmuo siekiant suvaldyti transporto sektoriaus išmetamų CO₂ dujų kiekį, triukšmo poveikį gamtinei aplinkai ir gyventojų sveikatai. VTP paslauga prisideda prie CO₂ išmetimo sumažinimo, teikdama tenkinantį pasiūlymą didesniame vartotojų skaičiui ir taip padidindama transporto priemonių užimtumo rodiklius (Schasché & Sposato, 2021). Baltojoje knygoje (Europos Bendrijų Komisija, 2008) nustatytas tikslas – iki 2050 m. 60 % sumažinti transporto išmetamų teršalų CO₂ kiekį. Didėjantis asmeninių transporto priemonių skaičius yra pagrindinė aplinkos taršos priežastis, kai išmetama apie 40 % CO₂ ir 70 % kitų oro teršalų, todėl Europos Komisija sutelkė didelį dėmesį sprendžiant automobilizacijos problemą (Tzvetkova, 2017). Atsiranda prognozių, kad 2015–2050 m. ne miestinių keleivių pervežimų sausumos transporto sektoriuje išmetamas CO₂ kiekis padvigubės (Chen & Benezech, 2018). Neigiamas transporto poveikis aplinkai, visuomenės sveikatai, klimato kaitai ir energetiniam saugumui ES valstybėse ir už jos ribų gali būti sumažintas, ne tik modernizuojant transporto infrastruktūrą, o ir atnaujinant VT parką, panaudojant alternatyviuosius energijos šaltinius (Krawiec et al., 2016). Priimti sprendimai dėl autobusų parko atnaujinimo elektrinėmis transporto priemonėmis sumažina taršą miestuose. Avermann ir Schlüter (2019) teigimu, visiškai užbaigtoje VTP sistemoje eismo intensyvumas ir energijos sąnaudos sumažėja iki penkių kartų.

Atsižvelgiant į kitų mokslininkų atliktus tyrimus, VT sistemos tvarų vystymą galima apibūdinti taip (Patlins, 2017):

$$PTSSD(\Delta T) = \langle E1, Qs, E2, G \rangle (\Delta T), \quad (1.1)$$

čia $PTSSD(\Delta T)$ – VT sistemos tvarus vystymasis tam tikru laikotarpiu (ΔT); $E1$ – aplinkos tvarumas; Qs – keleivių aptarnavimo kokybė (įskaitant saugumą ir komforto lygį); $E2$ – ekonominis tvarumas; G – valdymo įtaka; (ΔT) – laikotarpis.

Sparčiai plečiantis miestams ir priemiesčiams, kai žmonės, gyvenantys toliau nuo centro, darboviečių ir kitų traukos objektų, yra priversti daugiau keliauti, nemokamo VT (angl. *fare-free public transport* (FFPT)) reforma tapo ypač aktuali. Europoje Talinas (Estija) – vienas iš pirmųjų didžiųjų miestų, įgyvendinęs nemokamo VT idėją. 2010 m. įvykusio referendumo metu 75 % rinkėjų palaikė naująją politiką. Prieš pradėdant vežti keleivius nemokamai, pertvarkytas maršrutų tinklas. Po FFPT reformos įvedimo išaugo Talino gyventojų pasitenkinimas VT (vidutinis pasitenkinimo lygis 1–5 skalėje padidėjo nuo 3,20 iki 3,35), tai rodo, kad jo kokybė pagerėjo. Atitinkamai naudojimasis VT padidėjo daugiau nei 20 %, vadinasi, kaina skatina keliautojų įpročių pokyčius (Cats et al., 2017). Žinomiausi įgyvendintos FFPT sistemos pavyzdžiai yra Templinas (Vokietija) ir Aubagne (Prancūzija) (Štraub & Jaroš, 2019).

FFPT įvedimas turi ir neigiamą poveikį – savivaldybės turi rasti papildomų biudžeto lėšų, finansinių šaltinių paslaugai teikti. Taip pat svarbu pažymėti, kad FFPT sistema tinka ne kiekvienam miestui. Pasirodo, miesto dydis atlieka svarbų vaidmenį, nes sistema dažniausiai naudojama mažuose ir vidutinio dydžio miestuose, nes ten ją įdiegti yra paprasčiau (Štraub & Jaroš, 2019). Taip pat dėl didesnės keleivių paklausos gali atsirasti ir kita problema – VT autobusai gali būti labiau perpildyti, ypač piko metu, tokiu atveju būtina perplanuoti VT paslaugų teikimo sistemą, padidinant maršrutų dažnius.

VT paslauga suteikia galimybę atlikti kelionę visoms gyventojų grupėms, turinčioms skirtingus poreikius ir pajamas. Vienas ryškesnių VT paslaugų prieinamumo didinimo pavyzdžių buvo pritaikytas Švedijoje, Kroatijoje ir Latvijoje. 2004 m. Geteborgas (Švedija) buvo pirmasis miestas, kuris ėmėsi itin padidinti VT stotelių, transporto priemonių prieinamumą žmonėms, turintiems negalią. Įgyvendinus projektą „Kolla“, 23 % sumažėjo žmonių, turinčių negalią kelionės taksi, nuosavais automobiliais ir pan. bei 40 % išaugo VT, skleidžiančio automatinis garsinius pranešimus, skaičius (Kriukovas & Matijošius, 2017). Atsižvelgiant į šalių patirtį, sprendžiant specialiųjų poreikių turinčių asmenų susisiekimo problemas, reikėtų paminėti Dubrovniko (Kroatija) miesto praktiką. Šiame mieste gyventojai, turintys judėjimo negalią, gali užsisakyti specialų transportą (registruojantis telefonu, nurodant norimą datą ir maršrutą), kuris leidžia be didesnių rūpesčių sėkmingai keliauti mieste. Identiška paslauga yra suteikiama ir Briuselyje (Belgija), kuria per metus pasinaudoja apie 46 000 asmenų (ELTIS, 2016).

Sprendžiant specialiųjų poreikių turinčių asmenų judėjimo mieste problemas svarbūs ne tik techniniai sprendimai, kurie užtikrintų fizinį judėjimą, o ir aplinkinių žmonių supratimas (pvz., VT vairuotojų). Rygoje (Latvija) VT vairuotojai buvo mokomi, kaip esant poreikiui suteikti pagalbą žmonėms, turinčiam negalią, kadangi vairuotojai dažnai neturi kompetencijos ir nežino, kaip pasielgti tam tikrose situacijose (ELTIS, 2016). Lietuvoje tokie mokymai VT vairuotojams yra privalomi.

1.1.2. Viešojo transporto politika Lietuvoje

LR susisiekimo ministerijos Nacionalinės susisiekimo plėtros programos strateginių pasekmių aplinkai vertinimo ataskaitoje (2012) pateiktas tikslas – skatinti mokslinius tyrimus susisiekimo sektoriuje, plėsti pažangias technologijas ir inovacijas bei diegti intelektines transporto sistemas ir paslaugas. Šiam tikslui pasiekti yra iškeltas uždavinys – sukurti vieną informacinę sistemą, apimančią keleivių gabenimą įvairiomis transporto rūšimis. Tokia sistema turėtų apimti vienos maršrutinio tinklo duomenų bazės sukūrimą visoms transporto rūšims bei įgalinti multimodaliųjų maršrutų paiešką ir planavimą nacionaliniu lygmeniu. Bendra VT maršrutų informacinė sistema leistų vienoje vietoje planuoti keliones, naudojant skirtingas VT rūšis, kurių VT maršrutai būtų tarpusavyje suderinti (Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas Nr. 1253, 2013). Pažangiosios mokėjimų sistemos turėtų būti naudojamos su atmenamosiomis kortelėmis, kurios veiktų įvairiose transporto rūšyse, būtų tinkamos įvairioms funkcijoms, galėtų būti naudojamos skirtinguose rajonuose, o laikui bėgant ir įvairiose šalyse (Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija, 2008).

Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija (SM) ir AB „Via Lietuva“ per 2021–2023 m. numatė įgyvendinti 01 09 programą „Susisiekimo valstybinės ir vietinės reikšmės keliais užtikrinimas“, atnaujinant VT priemonių parką, įsigyjant ekologiškas transporto priemones, modernizuojant valstybinės reikšmės kelių transporto infrastruktūrą, kad ji atitiktų techninius standartus, krovininių ir keleivinių vežimo poreikius.

Norint, kad visuomenė prioritetą teiktų VT, pirmiausia turi būti pasiūlyta patraukli, lengvai prieinama ir visose apgyvendintose teritorijose išplėtotą VT sistema, išlaikant jos vientisumą. Būtina užtikrinti šalies gyventojams ir lankytojams paslaugų pasiekiamumą regiono viduje, taip pat patogų susisiekimą su kitais regionais ir aukštesnio lygmens paslaugų centrais (LR teritorijos bendrasis planas 2030, 2021). Tam, kad VT sistema būtų plėtojama tolygiai ir vienodai prieinama visoms gyventojų grupėms, būtina tvariai ir subalansuotai vystyti Lietuvos teritoriją, mažinant regioninę atskirtį. Būtina numatyti alternatyvias mobilumo galimybes, išvengiant gyventojų socialinės nelygybės.

LR teritorijos bendrajame plane (2030) užsibrėžta, kad:

- a) gyventojų, kurie kasdienės (ikimokyklinio ugdymo, bendrojo ugdymo ir pirminės ambulatorinės sveikatos priežiūros) paslaugas iš gyvenamosios vietos pasiekia per 30 min., dalis kiekviename regione 2030 m. turi sudaryti ne mažiau kaip 99 %;
- b) gyventojų, kurie ekonominiuose centruose sutelktas darbo vietas ir paslaugas (parduotuves, kultūros ir laisvalaikio objektus, finansinių paslaugų įstaigas) iš gyvenamosios vietos pasiekia per 45 min., dalis kiekviename regione 2030 m. turi sudaryti ne mažiau kaip 98 %.

Paminėti tikslai atspindi 2021–2030 m. Nacionalinio pažangos plano uždavinį: didinti junglumą tarp miestų, mažinti kaimo ir mažų bei vidutinių miestų atokumą, modernizuoti geležinkelių infrastruktūrą, didinti jos patrauklumą keliavimams ir kroviniams vežti, plačiau naudoti viešosios infrastruktūros tinklą keliavimams vežti ir plėtoti intermodalumą (atskirų rūšių transporto tarpusavio integraciją).

Nemokamo VT veiklos praktika jau egzistuoja ir Lietuvoje. 2023 metais nemokamai keleivius miesto ir priemiesčio maršrutais vežė 17 Lietuvos savivaldybių: Akmenės, Anykščių, Kretingos, Lazdijų, Mažeikių, Raseinių, Radviliškio, Biržų ir t. t. Taip tikimasi paskatinti gyventojus naudotis VT, atsisakyti kelionių privačiais automobiliais ir prisidėti prie švaresnės aplinkos išsaugojimo. Nuostolius dėl nemokamo keleivių vežimo VT vežėjams padengia savivaldybės.

1.1.3. Socialinės atskirties problema

Aukštos kokybės VT dažnai laikomas kaimo plėtros priemone, kuri leidžia gyventojams likti kaimo teritorijose, nes VT tampa perspektyvia keliavimo į darbą arba mokyklą priemone, išsiskiriančia patogiu susisiekimu regionuose (Hansson et al., 2021). Transporto paslaugos nebuvimas egzistuoja tiek miesto, tiek kaimo vietovėse, tačiau nuolatinis pasirinkimų, tokių kaip reguliari ir gerai sujungta autobusų sistema, nebuvimas yra išsisknijusi kaimo transporto paslaugų problema (Bernard et al., 2023). Retai ir labai retai apgyvendintose kaimo vietovėse (<200 žmonių) yra nedaug socialinių paslaugų, o dėl šios priežasties gyventojai yra priversti važinėti į kitas vietas mokymosi, sveikatos palaikymo, buitiniams tikslais (Štátná & Vaishar, 2017).

Iš esmės gerai organizuota VT sistema kaimo vietovėse skatina ekonomikos augimą, pagerindama socialinę įtrauktį, prieinamumą ir mobilumą (Velaga et al., 2012a). Netolygios VT paslaugos išvystymo pasekmė – gyventojų ir regionų socialinė atskirtis. Socialinė atskirtis – tai procesas, kurio metu žmonės negali dalyvauti ekonominiame, politiniame ir socialiniame bendruomenės gyvenime dėl sumažėjusių paslaugų prieinamumo, dėl nepakankamo mobilumo visuomenėje (Kenyon et al., 2002). Trumpai tariant, socialinė atskirtis yra procesas, kai

asmenys ar visuomenės grupės negali dalyvauti įprastoje veikloje savo gyvenamojoje aplinkoje. Su VT susijusi socialinė atskirtis turi neigiamą ilgalaikį poveikį tiek asmenų, tiek bendruomenių gerovei.

Daugelis gyventojų grupių kenčia nuo su transportu susijusios socialinės atskirties padarinių. Tai ypač aktualu:

- 1) žmonėms, kurie turi negalią ir kurie neturi arba turi ribotas galimybes vairuoti automobilį ir tampa priklausomi nuo artimųjų, pažįstamų pagalbos;
- 2) pagyvenusiems žmonėms, kurie dėl senyvo amžiaus, finansinės padėties negali naudotis automobiliu;
- 3) paaugliams, kurie yra priklausomi nuo autobusų tvarkaraščių ir esamų transporto jungčių;
- 4) mažas pajamas gaunantiems žmonėms, kurie negali įsigyti privačios transporto priemonės ir turi ribotas galimybes gauti darbą, išsilavinimą ir bet kokias kitas paslaugas (Augustyn, 2020).

Daugelyje kaimo vietovių VT paslaugos nebėra ekonomiškai perspektyvios, VT paslaugos yra mažinamos, dėl to kai kurių teritorijų gyventojai neturi galimybių judėti. Turi būti numatytos alternatyvios mobilumo galybės, kad būtų išvengta gyventojų nelygybės, tai sukelia socialinius skirtumus ir galimus konfliktus (Millonig & Fröhlich, 2018). Tarp žmonių, turinčių automobilį ir neturinčių jo, egzistuoja aiški socialinės nelygybės problema, o asmenims, negalintiems važiuoti automobiliu, atimama galimybė naudotis ekonominio ir socialinio gyvenimo privilegijomis (Yigitcanlar et al., 2010). Yra labai svarbu suteikti žmonėms galimybę pasiekti kelionių vietas už prieinamą kainą ir laiką (Hawas et al., 2016).

Priemiesčių ir kaimo vietovių pasiekiamumas kelia egzistencinius iššūkius gyventojų bendruomenėms (Carlow et al., 2021). Mažas regiono prieinamumas sukelia neigiamų padarinių visam regiono vystymuisi. Dėl prasto VT prieinamumo gali atsirasti žemas gyventojų išsilavinimas bei didėti nedarbas regione (Trembošová et al., 2020).

Viena iš pagrindinių socialinės atskirties priežasčių – VT paslaugų nebuvimas gyvenvietėse. Daugelis gyvenviečių, ypač mažos, nutolusios nuo pagrindinių transporto maršrutų, nėra įtrauktos į VT tinklą arba būna įtrauktos tik mokslo metais (Wang & Odoni, 2016). Namų ūkiai, esantys mažo tankumo gyvenamuosiuose rajonuose, periferiniuose regionuose ir toliau nuo pagrindinių kelių, yra pažeidžiami transporto požiūriu socialinės atskirties atžvilgiu (Delbosc & Currie, 2011). Kaimo vietovės, kuriose gyventojų tankumas yra dar mažesnis nei priemiesčiuose, laikomos dar labiau nepasiekiamomis teritorijomis, kadangi pasižymi išsklaidytais kelionių modeliais ir ribota bendra kelionių paklausa (White, 2016).

1.2. Viešojo transporto organizavimo formos ir valdymo modeliai

Teigiamos permainos VT srityje yra galimos tuo atveju, jeigu į procesą yra įtraukiamos ne tik valstybės ir savivaldybių institucijos, o ir infrastruktūros planuotojai, keleivių vežėjai ir patys gyventojai (Krawiec et al., 2016).

Užsienio šalių VT valdymo ir organizavimo geroji praktika parodo, kad tam tikrose šalyse jau dabar VT yra organizuojamas ne atskirų savivaldybių, o regionais. Remiantis užsienio šalių pasiekimais, savivaldybėms rekomenduojama kooperotis, aktyviai bendradarbiauti ir dalintis patirtimi, kuriant bendrą VT tinklą. Lietuvoje būtina sukurti valdymo schemą VT paslaugoms plėtoti, kuri kartu sumažintų viešąsias išlaidas.

1.2.1. Viešojo transporto organizavimo formos

VT sistemoje yra 4 pagrindiniai dalyviai (Augustyn, 2020):

- 1) valdžia;
- 2) VT keleivių vežimo įmonės;
- 3) VT organizatoriai;
- 4) visuomenė.

Šiuo metu egzistuoja dvi pagrindinės VT organizavimo formos: į valdžią ir (ar) organizatorių, ir (ar) vežėją ir į rinką orientuota VT paslauga (1.1 pav.). Esminis šių 2 tipų skirtumas yra nuosavybės struktūra ir VT paslaugų teikimo mechanizmas.



1.1 pav. VT organizavimo formos (sudaryta autorės)

Fig. 1.1. Forms of public transport organisation (compiled by the author)

Į valdžią ir (ar) į organizatorių, ir (ar) į vežėją orientuota organizacinė forma išsiskiria tuo, kad valdžia yra ir organizatorė, ir paslaugos tiekėja. Jos tikslas – tvarkingai veikianti VT paslaugų rinka, atsižvelgianti į socialinių grupių poreikį, ypač ten, kur privatus sektorius nenori investuoti, o VT paslaugos yra būtinos. Į rinką orientuotoje formoje VT paslaugų tiekėjai yra įmonės (Zhang et al., 2018).

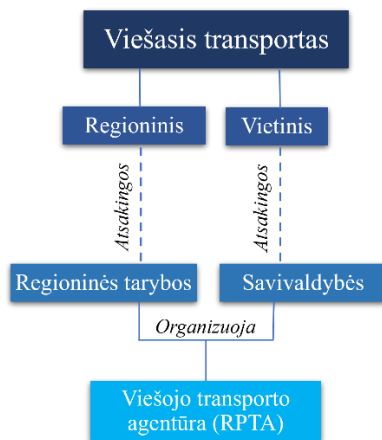
Apie VT paslaugos sėkmingumą sprendžiama iš to, ar paslauga yra orientuota į keleivį (Mugion et al., 2018). VT paslauga yra skirta patenkinti keleivių poreikius ir jų lūkesčius, todėl būtina plačiau planuoti VT susisiekimo tinklą, vietos savivaldai glausčiau bendradarbiauti ne tik su keleivių vežėjais, o ir su gyventojais. Tai padėtų geriau suprasti keleivių reikalavimus ir patenkinti jų poreikius (Št'astná et al., 2015). Būtina paminėti Mohringo efektą: kuo daugiau keleivių naudojasi VT, tuo išlaidos vienam keleiviui vežti yra mažesnės. Tai skatina teikti geresnės kokybės transporto paslaugas su trumpesniu laukimo laiku, tankesniu maršrutų tinklu ir artimesnėmis autobusų stotelėmis (Poliak et al., 2017). Svarbu, kad vietos valdžia arba VT įmonės kvieštų visuomenę dalyvauti sprendimų priėmimo ir valdymo procese, siekiant visapusiškai subalansuoti visų suinteresuotųjų šalių interesus. Visuomenei turi būti suteikta galimybė pranešti apie VT veiklos problemas, su kuriomis ji susiduria (Wang et al., 2020).

1.2.2. Viešojo transporto valdymo modeliai

Švedija. Šalyje VT yra skirstomas į regioninį ir vietinį. Už regioninį transportą yra atsakingos regioninės tarybos, o už vietinį – savivaldybės. Už regioninio ir vietinio VT organizavimą yra atsakingos VT agentūros (šved. *Kollektivtrafikmyndighet*, angl. *Regional Public Transport Authorities* (RPTA)) (išskyrus Stokholmą, kur RPTA yra pavaldi tik regioninei tarybai, ir Gotlandą, kur agentūra yra pavaldi tik Gotlando savivaldybei) (1.2 pav.).

RPTA transportą organizuoja remiantis regioniniu transporto paslaugų teikimo planu (šved. *regionalt trafikförsörjningsprogram*), kuris rengiamas regioninės tarybos, savivaldybės ir vežėjų. RPTA sudaro maršrutus, organizuoja konkursus, rūpinasi bilietų pardavimais, finansų paskirstymu, tyrimų organizavimu. Už žemės naudojimo planavimą yra atsakingos tik savivaldybės. Iš šio konteksto išskiriami du pagrindiniai bendradarbiavimo modeliai: tarp RPTA ir savivaldybių, ir tarp RPTA ir operatorių. Švedijoje šiuo metu egzistuoja 21 VT agentūra (tiek pat, kiek yra administracinių vienetų) (LR vidaus reikalų ministerija, 2020; Paulsson et al., 2017, 2018).

Vokietija. Vokietijoje VT yra organizuojamas regioninių VT asociacijų (vok. *Verkehrsverbund*), kurios koordinuoja VT planavimą, susisiekimo paslaugas, nustato bilietų kainas, rūpinasi rinkodara, vykdo susisiekimo kokybės kontrolę. Šis modelis išsiskiria tuo, kad regioninė VT asociacija palengvina VT vežėjų bendradarbiavimą su regioninėmis vyriausybėmis (angl. *federal governments*) (Buehler et al., 2019).



1.2 pav. Švedijos VT valdymo modelis (sudaryta autorės, remiantis LR vidaus reikalų ministerija, 2020; Paulsson et al., 2017, 2018)

Fig. 1.2. Swedish public transport management model (compiled by the author based on the Ministry of the Interior of the Republic of Lithuania, 2020; Paulsson et al., 2017, 2018)

Vokietijos regioninė VT asociacija yra suskirstyta į tris kategorijas: UV (vok. *Unternehmensverbunde*), AV (vok. *Auftraggeberverbunde*), ir MV (vok. *Mischverbunde*). UV valdymo modelyje pagrindinis sprendimų priėmimo vaidmuo atitenka vežėjams. AV atveju vietos valdžios institucijoms atitenka pagrindinė teisė, spendžiant planavimo klausimus, tačiau VT vežėjai taip pat įneša svarbų indėlį į VT planavimą. MV modelis yra UV ir AV derinys, o abi šalys turi lygias teises organizuojant VT. Daugumoje mažesnių ir netankiai apgyvendintų Vokietijos kaimų teritorijose taikomos UV ir MV valdymo formos (Buehler et al., 2019).

Austrija. Austrijoje VT taip pat yra organizuojamas regioninių VT asociacijų. VT asociacijose vadovaujančią vaidmenį atlieka regioninės vyriausybės, o ne vežėjai, todėl galima teigti, jog čia vyrauja AV valdymo modelis. Šio modelio sėkmingumas yra pagrindžiamas tuo, kad pasitenkinimas VT Austrijoje siekia net 95 % ir yra vienas didžiausių Europoje (LR vidaus reikalų ministerija, 2020).

Prancūzija. Šalyje valdymas vyksta decentralizuotai, todėl vietinės valdžios institucijos turi teisę pasirinkti savo miesto VT sistemos organizavimo būdą. Tiksliau, jie apibrėžia tinklo maršrutus, tvarkaraščius ir kainas, taip pat sektoriui skiriamų subsidijų dydį. Kiekvienoje teritorijoje VT paslaugas tam tikru laikotarpiu teikia vienas vežėjas. Nuo 1993 m. siekiant užkirsti kelią antikonkurenciniam elgesiui bei sustiprinti konkurenciją tarp vežėjų, Prancūzijoje yra organizuojami

konkursai. Šalyje yra uždraustas automatinis sutarčių pratęsimas (Amaral et al., 2009).

Estija. Estijoje už vietinį susisiekimą yra atsakingos savivaldybės, kurios gali VT valdyti pačios arba šią funkciją perduoti regioniniams VT centrams (1.3 pav.). Svarbiausia motyvacija steigti VT centrus – gaunamas papildomas valstybės finansavimas. Šiuo atveju iš valstybės biudžeto yra padengiama 50 % patirtų kaštų, o kitą 50 % dalį padengia savivaldybės (suma priklauso nuo savivaldybėje gyvenančių gyventojų skaičiaus).



1.3 pav. Estijos VT valdymo modelis (sudaryta autorės, remiantis LR vidaus reikalų ministerija, 2020)

Fig. 1.3. Estonian public transport management model (compiled by the author based on the Ministry of the Interior of the Republic of Lithuania, 2020)

Estijoje šiuo metu veikia 9 regioniniai VT centrai. Šalyje gyventojų apklausos, prieš planuojant VT maršrutus, yra privalomos ir įstatymiškai reglamentuojamos. Be to, Estija išsiskiria tuo, kad informacinėje sistemoje kaupia duomenis apie keleivių srautus, gyventojų geografinį išsidėstymą ir VT užimtumą, todėl planuojamas susisiekimas yra daug tikslingesnis (LR vidaus reikalų ministerija, 2020).

Didžioji Britanija. Didžiojoje Britanijoje 1986 m. atsisakyta vietinės valdžios ir valstybės VT valdymo ir reguliavimo modelio (išskyrus Londoną), todėl šalyje valdymas yra visiškai liberalizuotas. Vieša konkurencija vyksta gatvėse (keliuose). Didžiojoje Britanijoje VT paslauga yra teikiama komerciniais pagrindais: kainas, maršrutus, eismo tvarkaraštį nustato vežėjas, nuostolius prisiimantis savo rizika (Vrubliauskaitė, 2006).

Kitokia valdymo sistema yra Londone. Šiame mieste VT organizuoja transporto agentūra (angl. *Transport for London*). Nuo 1995 m. keleivių vežimo paslaugai įsigyti transporto agentūra skelbia konkursą (Amaral et al., 2009).

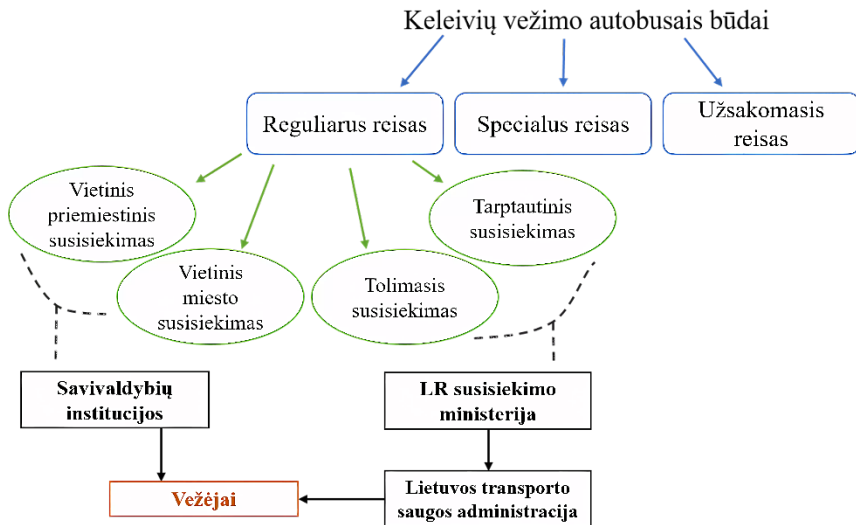
Japonija. VT valdymo sistemai Japonijoje paprastai būdingi du atskiri valdymo būdai: privatusis ir viešasis. Kalbant apie privatųjį valdymą, privati įmonė veikia pagal apskaitos sistemą. Viešasis valdymas – kai valdžios institucijos atlieka esminį vaidmenį, užtikrindamos minimalų autobusų paslaugų lygį, kai bendra keleivių paklausa negeneruoja laukiamų pajamų. Nuo 1990 m. pabaigos atsirado naujas VT paslaugų teikimo stilius – „bendruomenės autobusas“ (angl. *Community Bus*), kurį valdo ir subsidijuoja vietos valdžia, tačiau aptarnavimą daugiausia vykdo privačios įmonės. Ši naujovė leido vietos valdžios institucijoms pasiūlyti daugybę autobusų maršrutų kaime, kur VT paslaugos nebuvo pasiekiamos (Fukumoto & Kato, 2007).

Lietuva. Lietuvoje transporto viešąjį administravimą vykdo LR Vyriausybė, SM bei savivaldybių institucijos, o už nacionalinę transporto politiką yra atsakinga SM, kuri formuoja valstybės transporto politiką, organizuoja, kontroliuoja ir koordinuoja jos įgyvendinimą.

Pagal LR kelių transporto kodeksą, keleiviai Lietuvoje yra vežami reguliariais vietinio (miesto ir priemiestinio), tolimojo ir tarptautinio susisiekimo maršrutų reisais, specialiais bei užsakomaisiais reisais. Reguliarūs reisai – reisai, kuriais keleiviai vežami nustatytu dažnumu ir maršrutais, kelionės metu paimant ir išleidžiant keleivius tam tikslui nustatytoje stotelėje, laikantis iš anksto nustatytų reisų tvarkaraščių ir tarifų.

Disertaciniame darbe pagrindinis dėmesys yra skiriamas vietinio (priemiestinio) susisiekimo maršrutams. Taip pat yra nagrinėjami tolimojo susisiekimo maršrutai, kurie turi didelę įtaką VT veiklos sistemai. Vietinio (priemiestinio) susisiekimo maršrutas – savivaldybės vykdomosios institucijos arba jos įgalioto viešojo administravimo subjekto nustatyta gatvių (kelių) trasa, kuria keleiviai vežami vienos savivaldybės (neįskaitant miestų savivaldybių) teritorijoje. Atskirais atvejais, suderinus su Transporto saugos administracija (LTSA), maršrutas gali tęstis per dviejų ir daugiau gretimų savivaldybių (neįskaitant miestų savivaldybių) teritorijas. Kai maršrutas tęsiasi per daugiau kaip dviejų savivaldybių (neįskaitant miestų savivaldybių) teritorijas, jo trasa negali būti ilgesnė kaip 50 km. Tolimojo susisiekimo maršrutu vadinama LTSA nustatyta gatvių ir kelių trasa tarp dviejų ir daugiau LR savivaldybių centrų, esančių bendros ribos neturinčiose savivaldybėse (neįskaitant miestų savivaldybių), trasa ilgesnė kaip 50 km, ja vežami keleiviai.

Remiantis LR kelių transporto kodeksu ir LR vietos savivaldos įstatymo 7 straipsniu, savivaldybių institucijos arba jų įgaliotos įstaigos valdo ir organizuoja keleivių vežimą vietinio susisiekimo maršrutais, o SM arba jos įgaliota institucija valdo ir organizuoja keleivių vežimą tolimojo ir tarptautinio susisiekimo maršrutais. Lietuvoje už tolimąjį ir tarptautinį susisiekimą yra atsakinga LTSA (1.4 pav.).



1.4 pav. Keleivių vežimo autobusais organizavimas Lietuvoje (sudaryta autorės, remiantis LR kelių transporto kodeksu, 1996)

Fig. 1.4. Organisation of passenger bus transportation in Lithuania (compiled by the author based on the Road Transport Code of the Republic of Lithuania, 1996)

Iš 60 Lietuvoje egzistuojančių savivaldybių suformuota 10 Lietuvos regionų, turinčių 3 hierarchinių lygmenų centrus (Europos Bendrijų Komisija, 2008):

- i. 3 didžiausi miestai (Vilnius, Kaunas, Klaipėda);
- ii. 2 tarpinio dydžio centrai (Šiauliai, Panevėžys);
- iii. 5 regioniniai centrai (Alytus, Marijampolė, Tauragė, Telšiai ir Utena).

Nacionaliniame pažangos plane 2021–2030 m. yra numatyta mažinti regioninę atskirtį. Norint užtikrinti subalansuotą ir ilgalaikį regionų vystymą, būtina stiprinti regionų bei savivaldybių bendradarbiavimą, siekiant optimaliai organizuoti VT (LR Vyriausybės nutarimas Nr. 998, 2020).

1.2.3. Viešojo transporto valdymo modelių lyginamoji analizė

Lyginamajai analizei išrinktos užsienio šalys, kurių VT valdymo modeliai labai išsiskiria. Norima parodyti VT organizavimo ir valdymo būdų kontrastus ir nustatyti, koks valdymo modelis remiantis vienu arba kitu kriterijumi yra efektyviausias. Užsienio šalių valdymo modeliai yra lyginami pagal pasirinktus kriterijus: VT paslaugos pasiekiamumą, duomenimis paremtą VT organizavimą, finansavimo ypatumus, pagal tai, ar yra pagrindinė institucija, į kurią galėtų kreiptis ne tik vežėjai, o ir eiliniai keleiviai (A priedo 1A lentelė).

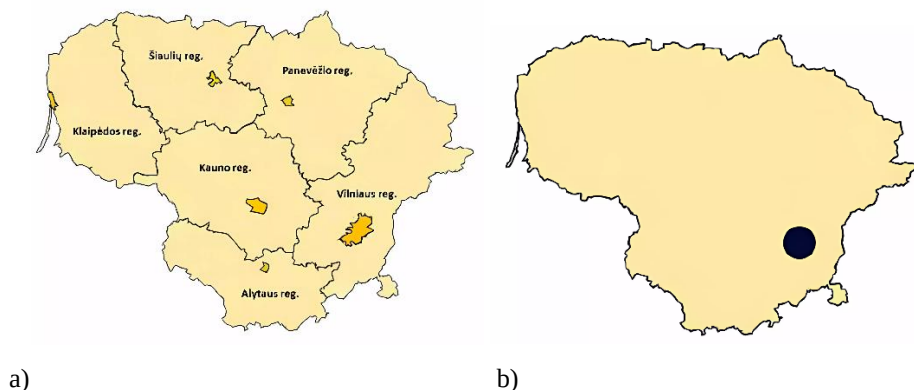
Palyginus įvairių užsienio šalių VT organizavimo ir valdymo modelius, patraukliausi ir tinkamiausi yra Švedijos, Estijos, Vokietijos ir Austrijos valdymo modeliai, steigiant regioninius centrus, asociacijas arba vieną VT agentūrą. Šiose šalyse egzistuoja aiški pagrindinė institucija, į kurią gali kreiptis keleiviai, vyksta operatyvesnis paklausimų nagrinėjimas. Nesijaučia politinės įtakos, nes konkrečiais sprendimais suinteresuota daugiau savivaldybių ir (ar) regionų. Organizuojant VT pagal surinktus duomenis, yra tikimybė išvengti nuostolingų ir perteklinių maršrutų.

Egzistuoja ir tam tikrų trūkumų ir rizikų inicijuojant VT valdymo reformą: savivaldybės gali likti nepatenkintos dėl jų sumažėjusio vaidmens, priimant sprendimus, planuojant VT, yra tikimybė, kad jos kooperuošis lėtai.

Atlikta lyginamoji analizė rodo, kad pagal pasirinktus kriterijus netinkami yra Didžiosios Britanijos ir Prancūzijos VT valdymo modelių pavyzdžiai, kadangi neužtikrinamas VT paslaugos pasiekiamumas, keleivių vežimo rinka planuojama ne pagal surinktus duomenis arba iš viso nėra planuojama, paslauga yra teikiama tik komerciniais pagrindais.

LR vidaus reikalų ministerija 2020 m. pateikė ataskaitą „Pasirengimas regioninio lygmens VT paslaugų organizavimo sistemos sukūrimui“, kuriose yra siūlomos 3 rekomendacijų kryptys, kurios palengvintų VT organizavimą:

I. Pirmoji alternatyva – regioninių agentūrų steigimas. Agentūros akcijas siūloma paskirstyti remiantis gyventojų skaičiumi arba VT pervežamų keleivių skaičiumi (maršrutų skaičiumi). Remiantis analizuojama alternatyva numatoma Lietuvą suskirstyti į 10 regioninių agentūrų (remiamasi buvusių apskričių skaičiumi) arba į 6 regionines agentūras (1.5 pav., a).



1.5 pav. Alternatyvų žemėlapiai: a) pirmosios alternatyvos žemėlapis; b) trečiosios alternatyvos žemėlapis (LR vidaus reikalų ministerija, 2020 m.)

Fig. 1.5. Maps of the alternatives: a) map of the first alternative; b) map of the third alternative (Ministry of the Interior of the Republic of Lithuania, 2020)

II. Antroji alternatyva – regioniniai centrai, steigiami savivaldybių iniciatyva. Regioniniai VT centrai, priklausantys kelioms savivaldybėms, akcijas skirstytų pagal VT maršrutų reisų skaičių ir VT priemonių ridą. Ši alternatyva yra rizikinga, kadangi savivaldybės gali atsisakyti organizuotis ir steigti VT centrus arba perorganizavimas gali vykti per lėtai ir neefektyviai.

III. Trečioji galima alternatyva – centralizuota nacionalinė VT organizavimo įmonė, perimanti VT planavimo, organizavimo ir koordinavimo funkcijas iš 60-ties savivaldybių arba jų įgaliotų įstaigų bei Lietuvos transporto saugos administracijos. Tai būtų viena įmonė (1.5 pav., b), priklausanti valstybei (ją patikėjimo teise valdytų SM).

Ši alternatyva turi trūkumų dėl sudėtingo steigimo proceso, reikalaujančio keisti savivaldos įstatymą ir kitus teisės aktus: kiekviena savivaldybė turi skirtingus poreikius, todėl taikomi sprendimai tinka ne visoms savivaldybėms.

Lietuvoje jau įvedamos aptartos geriausios VT valdymo koncepcijos, kadangi 2020 m. rudenį pasirašytas regioninis susitarimas dėl VT organizavimo konsolidacijos tarp Pagėgių, Tauragės, Jurbarko ir Šilalės rajonų. Savivaldybės įsipareigojo siekti tvaraus mobilumo visame regione, gerinti viešųjų paslaugų prieinamumą ir darbo vietų pasiekiamumą, įdiegiant bendrą maršrutų planavimo ir derinimo sistemą. Tauragė tapo savotišku geruoju pavyzdžiu kitiems regionams, pasirašant keturių merų memorandumą. Tauragės regione įsteigta keturių Tauragės regiono savivaldybių (Jurbarko, Pagėgių, Šilalės ir Tauragės) viešoji įstaiga „Žaliasis regionas“, kuri rūpinasi verslo plėtros skatinimu regione, investicinio patrauklumo didinimu, sąlygų turizmo plėtrai gerinimu, regiono VT paslaugų organizavimui ir patrauklumo didinimui (Slavinskienė, 2021; VŠĮ „Žaliasis regionas“, 2022).

Vadovaujantis Valstybės duomenų agentūros 2023 m. duomenimis, bendras LR autobusų maršrutų skaičius – 2543, šalies vidurkis – 254 autobusų maršrutai. Tauragės apskrityje 2023 m. buvo organizuojami 158 autobusų maršrutai, rodantys, jog šis regionas, nors ir atsilieka nuo šalies išsivystymo vidurkio, tačiau ryškiausiai iš visų LR regionų demonstruoja savo potencialą organizuojant VT. Nuo 2023 m. rugsėjo mėn. Tauragės regione yra įdiegta viena bendra VT elektroninio bilieto sistema, kuri sujungia Tauragės, Jurbarko Šilalės rajonų ir Pagėgių miesto savivaldybių sistemas ir leidžia keliauti neribotai visame regione.

VŠĮ „Žaliasis regionas“ 2022 m. pradžioje atliko Tauragės regiono gyventojų internetinę apklausą apie naudojimąsi VT. Apklausos metu buvo siekiama sužinoti, ar gyventojai naudoja VT sistemą, taip pat, ar juos ji tenkina, kokios priežastys, kodėl nesinaudoja, kas paskatintų pradėti naudotis ir t. t. (Mūsų laikas, 2022). Apklausoje dalyvavo 661 respondentas iš Tauragės regiono savivaldybių: 9 % respondentai iš Pagėgių savivaldybės, 30 % – iš Šilalės rajono savivaldybės, 39 % – iš Tauragės rajono savivaldybės, 22 % – iš Jurbarko rajono savivaldybės. Apklausos respondentų buvo paprašyta įvertinti savo pasitenkinimą VT

infrastruktūra ir tvarkaraščiais. Iš apklaustųjų 46 % buvo nepatenkinti VT sistema, 37 % buvo šiek tiek patenkinti ir tik 17 % buvo patenkinti Tauragės regiono VT. 28 % respondentų nesinaudoja VT, nes turi nuosavą automobilį, 27 % yra nepatogūs VT tvarkaraščiai, 21 % nesinaudoja, nes VT nevažiuoja iki tikslo vietos, 14 % respondentų neturi galimybės keliauti VT iš savo gyvenamosios vietos. Didžiąją dalį respondentų (58 %) naudotis VT paskatintų didesnis įvairių maršrutų skaičius, taip pat 28 % gyventojų paskatintų pigus arba nemokamas VT. Identifikuotos didžiausios Tauragės regiono gyventojų VT nepasitenkinimo priežastys:

- 1) kai kurios seniūnijos neturi susisiekimo galimybės su miestais;
- 2) nepatogūs tvarkaraščiai;
- 3) trūksta VT maršrutų;
- 4) netinkamas stotelių tankumas.

Skirtingai nuo regionų, miestų gyventojai nepatenkinti mažu VT paslaugos dažnumu, autobusų perpildymu, ilgomis kelionėmis, autobusų vėlavimais, kuriuos veikia eismo spūstys miestuose, nes miestams yra būdingas mažesnis teritorinis plotas su didesniu transporto priemonių tankumu.

1.3. Viešasis transportas pagal pareikalavimą Lietuvoje ir užsienyje

Užtikrinti visoms teritorijoms pasiekiamumą, esant įprastiems fiksuotiems autobusų maršrutams, dažnai nėra perspektyvu, efektyvu bei ekonomiškai. VT paslaugų nebuvimas atokiose teritorijose apsunkina kaimo žmonėms galimybę naudotis egzistencijai reikalingomis paslaugomis, ypač kai sveikatos ir socialinės paslaugos vis labiau centralizuojamos didesniuose miestuose (Mounce et al., 2020; Goodwin-Hawkins, 2020). Būtina teikti geros kokybės VT paslaugas, kurių pasiūla atitinka realius žmonių poreikius. Šios paslaugos turėtų būti tvarios, lanksčios, prieinamos kainos atžvilgiu, gerai integruotos ir teikti stabilias bei patikimas transporto paslaugas socialiai remtinoms grupėms, kurios negali naudotis įprastu viešuoju ir asmeniniu transportu (Velaga et al., 2012a; Goodwin-Hawkins, 2021). Siekiant, kad kuo daugiau žmonių naudotųsi VT, būtina teikti panašaus komforto paslaugą, kuo labiau panašią į pavėžėjimą asmenine transporto priemone. VT gali tapti patrauklesnis teikiant paslaugą „nuo durų iki durų“ (Yatskiv et al., 2017; Saif et al., 2019). Pagal pareikalavimą organizuojamo VT veiklos modeliai padeda žmonėms nuvykti ten, kur jiems reikia, aptarnaujant kasdienius maršrutus aplink numatytas vietas, o ne išlaikant brangų, nelankstaus tvarkaraščio reguliarųjį VT (Goodwin-Hawkins, 2020). VT pagal pareikalavimą (angl. *Demand Responsive Transport*) (VTP) – tai į keleivius orientuotas aukščiausio mobilumo VT veiklos

modelis, kuriam būdingi lankstūs maršrutai ir mažesnės talpos transporto priemonės, važiuojančios tarp paėmimo ir išlaipinimo vietų pagal keleivių poreikius (reaguojant tik į faktinį vartotojo poreikį) (Avermann & Schlüter, 2019; Schasché et al., 2021). VTP dar yra vadinamas kaip lankstus VT, užsakomasis VT, į paklausą reaguojantis transportas, prisitaikanti VT sistema ir pan. (Velaga et al., 2012a).

Velse ši paslauga buvo pradėta teikti jau 2009 m. (Goodwin-Hawkins, 2020). Keleivis pageidaujimą kelią gali užsisakyti internetu, per programėlę arba per skambučių centrą. Skambučių centro parinktį įdiegiama, kad paslauga būtų prieinama visoms vartotojų grupėms, ypač vyresnio amžiaus žmonėms, kurie mažiau nori arba negali naudotis išmaniuoju telefonu (Clewlow & Mishra, 2017; Kloth & Mehler, 2018). Šiuo metu Austrijoje yra teikiamos 262 skirtingos VTP paslaugos, iš kurių 57 % siūlo paslaugą „nuo durų iki durų“, ir dauguma jų teikiamos kaimo vietovėse (Schasché et al., 2021). Du sėkmingi VTP pavyzdžiai yra „Bwcabus“ ir „Grass Routes“. Kiekvienos dienos maršrutai ir sustojimai yra dinamiškai planuojami pagal vartotojų poreikius, naudojant žemėlapių sudarymo, maršruto parinkimo ir globalios padėties nustatymo sistemos technologijas. Norint užsisakyti vietą autobuse, būtina yra išankstinė registracija. Dauguma keleivių įlaipinami jų vietinėse autobusų stotelėse, tačiau judėjimo negalį turintys žmonės arba gyvenantys labai atokiose vietovėse gali būti paimami nuo jų namų durų. Kelionės kaina yra apskaičiuojama pagal nuvažiuotą atstumą. Tiek „Bwcabus“, tiek „Grass Routes“ pavyzdžiai parodė, kad VTP galima sėkmingai įgyvendinti kaimo vietovėse, kuriose reguliariai kursuojantys autobusai nėra racionalus sprendimas arba kai suplanuoti maršrutai nėra patogūs (Goodwin-Hawkins, 2020). Šiomis dienomis užklausa pateikimas tapo paprastesnis: vartotojas, naudojantis mobiliąja programėle, išsiunčia užklausa nurodymas savo išvykimo vietą (paprastai dabartinę vartotojo vietą) ir atvykimo (tikslą) vietą, taip pat pageidaujimą atvykimo laiką. Tada VT pagal pareikalavimą sistema atsako vartotojui atsiųsdama pasiūlymą, kuriame nurodoma, į kurią autobusų stotelę jis turi eiti ir kuris autobusas jį paims, taip pat nurodomas planuojamas atvykimo laikas. Ši sistema leidžia išvengti papildomos tuščiosios ridos (Melis & Sörensen, 2020).

Dar vienas užsienio pavyzdys – trejus metus Štirijos provincijoje (Austrija) trukęs „GUSTmobil“ bandomasis etapas, kuris oficialiai baigėsi 2020 m. gruodžio mėn. Tyrimas parodė, kad „Bwcabus“ sutrumpino vidutinį kelionės laiką iki artimiausio užimtumo centro nuo 52 min. iki 27 min. (Tracks, 2022). Taip buvo labai pagerintas regiono pasiekiamumas. Kainos apmokestinamos pagal atstumą, tačiau norint išlaikyti ir plėsti paslaugas, tebėra reikalingas išorinis finansavimas (Bauchinger et al., 2021).

VTP sistema buvo įdiegta ir Amsterdamo kaimų vietovėse. Viena iš tokių vietovių – Landelijk Noord, kurią sudaro keturi maži kaimai. Iki bandomojo projekto kaimus aptarnavo 2 autobusų maršrutai, kurie važinėjo nuo pirmadienio iki

penktadienio, tačiau juos išlaikyti buvo brangu dėl mažos keleivių paklausos. Siekiant patirti kuo mažiau paslaugos nuostolių, reguliaraus VT sistemos maršrutai buvo pakeisti VTP sistema, kuri teikia paslaugas septynias dienas per savaitę. Naujoji sistema sumažino ridą, eksploataavimo sąnaudas ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą. Amsterdamo kaimų gyventojai atkreipė dėmesį, kad jie gali atsisakyti nuosavo automobilio tik tuomet, jei siūloma į paklausą reaguojanti sistema bus kokybiškesnė nei automobilis, sistema atitinka mobilumo norus, įdiegta patogiai rezervavimo sistema ir užtikrinta garantija, kad autobusas atvyks laiku (Koster, 2021).

Lietuvoje taip pat egzistuoja vienas panašaus pobūdžio bandomasis projektas – Lazdijų rajono savivaldybės gyventojus iš kaimų į rajono centrą vežioja transportas pagal pareikalavimą. Įgyvendinant projektą „Energijos efektyvumo didinimas Lietuvoje“ Lazdijų rajono savivaldybė įsigijo 3 aštuonių vietų elektromobilius ir įrengė 2 įkrovimo stoteles, sukūrė mobiliąją programėlę ir įsteigė skambučių centrą. „Nuo durų iki durų“ sistema apima 3 transporto zonas: Lazdijus, Seirijus ir Veisiejus. Tai leidžia sujungti keliones po visą rajoną. Didžiausias kelionės atstumas, kurį galima užsisakyti, 35 km, paslauga teikiama darbo dienomis nuo 8 val. iki 17 val. Gyventojai turi galimybę užsisakyti keliones ir stebėti kelionę realiuoju laiku. Kiekvienas rajono gyventojas gali užsisakyti paslaugą kelionei iš savo namų į paskirties vietą savo mieste per interneto svetainę, mobiliąją programėlę ir skambučių centrą. Sistemoje įdiegtas algoritmas, organizuojantis rezervacijų paskirstymą maršrutams, apskaičiuoja, kaip greičiau ir patogiau patekti į įlaipinimo ir išlaipinimo punktus, pakeliui paimant kitus keleivius. Pirmaisiais metais tiek autobuso išlaidos, tiek atlyginimai vairuotojams ir kitos išlaidos yra dengiamos iš ES lėšų. Pirmuosius metus visos kelionės gyventojams yra teikiamos nemokamai (Kas yra Lazdijai veža?, 2024).

Svarbu paminėti, kad nei vienoje iš šalių VTP dar nėra iki galo užbaigta kaip VT organizavimo forma. Šiandieną ši paslauga yra labiau panaši į taksi paslaugą, orientuotą į individualius keleivių poreikius, o ne integruotą VT sprendimą. Šiame darbe siūloma – VTP paslaugą traktuoti ne kaip atskirą paslaugą, o kaip papildinį, neatsiejamą reguliarių reisų dalį. Toks požiūris leidžia integruoti VTP į esamas VT sistemas, taip gerinant jų veikimą ten, kur įprastos transporto priemonės yra neefektyvios ar nepasiekiamos. Modeliuojant VTP integraciją, susiduriama su iššūkiais, kurie reikalauja kompleksinių sprendimų. Vienas pagrindinių iššūkių – maršrutų planavimas. VTP paslauga yra dinamiška ir turi atitikti individualius keleivių poreikius, tai ypač sudėtinga, kai reikia suderinti individualių maršrutų lankstumą su visos VT sistemos efektyvumu. Kitas svarbus aspektas – keleivių srautų prognozavimas. Efektyvi VTP veikla priklauso nuo gebėjimo tiksliai numatyti keleivių poreikius tam tikru metu ir tam tikroje vietovėje. VTP paslaugos prieinamumo užtikrinimas taip pat kelia didelių iššūkių. Svarbu užtikrinti, kad VTP būtų pasiekiamas atokesnėse vietovėse, kur reguliaraus VT veiklos modelis

nėra ekonomiškai pagrįstas. Galiausiai, kaštų optimizavimas yra vienas svarbiausių integracijos aspektų. Efektyvus išteklių valdymas – nuo transporto priemonių kuro ar energijos sąnaudų iki vairuotojų darbo laiko – yra būtinas siekiant užtikrinti, kad paslauga būtų ne tik naudinga keleiviams, bet ir ekonomiškai tvari.

Be to, svarbu užtikrinti, kad VTP veikimas būtų suderintas su kitais VT paslaugų aspektais, tokiais kaip bilietų sistema, informacijos teikimas keleiviams ir bendras tinklo valdymas.

1.4. Viešojo transporto modelio kūrimo atvejai

Šiomis dienomis įvairūs informacinių technologijų sprendimai yra lemiantys kuriant ir eksploatuojant modernias transporto sistemas. Tampa vis aktualesnis šiuolaikinių eismo modeliavimo ir planavimo programinių įrangų naudojimas transporto planavimo srityje, leidžiantis daug tiksliau nustatyti sudėtingų transporto sistemų procesą ir jo prognozes (Skapinyecz, 2020). Modeliavimo esmė yra atlikti eksperimentinę skaičiavimų seriją, naudojant įvairius įvesties duomenis, apibūdinančius esamos situacijos sistemą, ir sugeneruoti išvesties duomenų rinkinį, kuris apibūdina ir įvertina nagrinėjamą sistemą. Modeliavimas įgalina patikrinti, stebėti ir įvertinti realios sistemos elgesį skirtingomis laiko sąlygomis virtualioje aplinkoje (Fierek & Zak, 2012). Atsižvelgiant į tai, kad didžioji dauguma modeliavimo įrankių naudoja skaitmenines technologijas, visą procesą galima pakartoti modeliuojant ir modifikuoti įvesties duomenis realiuoju laiku. Tobulėjant kompiuterinėms technologijoms ir pasirenkant tinkamą modeliavimo įrankį arba programinę įrangą, modeliuojamas ir imituojamas vis didesnis susisiekimo tinklas (Korfant & Gogola, 2017).

Transporto srautų modeliavimas – efektyvi priemonė, skirta transporto sistemos funkcionavimui įvertinti, naujiems kelių tinklo objektų racionaliai išdėstyti bei VT sistemai tobulinti. Transporto modeliavimas padeda analizuoti eismo srautų lygį ir pasiskirstymą kelių tinkle bei VT keleivių srautus (Humeniuk & Shapovalov, 2021).

Modelis atsižvelgiant į jo detalumo lygį aprėpia visą susisiekimo tinklą (pvz., miesto, regioninį arba nacionalinį) arba pasirinktą jo dalį, arba komponentą, pvz., kelias sankryžas, greitkelio atkarpą ir pan. (Žak et al., 2014). Modeliavimo metodai yra skirstomi į 5 tipus: eskizų planavimo modeliai, makroskopiniai modeliai, mezoskopiniai modeliai, mikroskopiniai modeliai ir nanoskopiniai modeliai (Ngobeni, 2019). Priklausomai nuo modelio atvaizdavimo detalumo lygio, dažniausiai literatūros šaltiniuose minimi yra 3 transporto modeliavimo tipai: makroskopinis, mezoskopinis ir mikroskopinis. Kiekvienas iš šių modelių atlieka svarbų vaidmenį transporto analizėje, nes kiekvienas iš jų turi unikalių savybių, leidžiančių tinkamai atsakyti į užduotus klausimus (Hourdos &

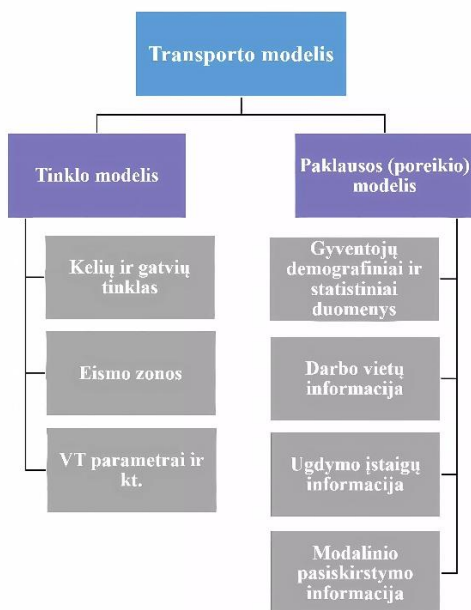
Michalopoulos, 2008). Modelių tipai skiriasi požiūriu į transporto priemones ir jų judėjimo aprašymą.

Disertacijoje yra taikomas makroskopinio modeliavimo metodas. Makroskopiniai modeliai imituoja bendrą transporto priemonių srautą kelyje, o ne atskiras transporto priemones. Trys svarbūs makroskopinių modelių kintamieji yra transporto priemonių srautas, greitis ir tankis (Ullah et al., 2021). Makroskopiniai modeliai naudojami didelėms teritorijoms nagrinėti, pavyzdžiui, regioniniams tinklams modeliuoti (Ngoben, 2019). Tiriant didelį eismo tinklą, makroskopinis eismo modeliavimas gali būti naudojamas esamoms ir būsimoms eismo situacijoms modeliuoti. Makromodeliavimas dažnai naudojamas kaip kelionių prognozavimo dalis regioninėse ir nacionalinėse eismo planavimo institucijose ir įmonėse. Makromodeliavimo pranašumas yra tas, kad galima analizuoti ir ištirti platesnį srautų tinklą. Norint gauti tikroviškus rezultatus, modelis turi pakankamai tiksliai atspindėti tikrovę. Tai atliekama kalibruojant modelius, t. y. koreguojant modelio parametrus, kol rezultatai bus panašūs į esamus duomenis (Hildebrand & Hörtin, 2014).

Plačiai naudojamų makroskopinių modelių tikslas yra panaudoti socialinius ir ekonominius duomenis, siekiant gauti apytikslius labai didelio susisiekimo tinklo eismo pasiskirstymo įverčius. Makroskopiniai modeliai yra logiškiausias pirmasis bet kokios srauto analizės žingsnis (Hourdos & Michalopoulos, 2008). Populiariausios yra šios makroskopinio modeliavimo programos: *CUBE Voyager*, *TransCAD*, *PTV VISUM*, *Strada*, *Metacor*, *Emme*, *Transyt*, *KRONOS* ir kt. (Ullah et al., 2021; Ruiz-Rosero et al., 2019).

Makroskopinio modeliavimo metodas apima problemos nustatymą, modelio tikslus, modelio kūrimą, kalibravimą, patvirtinimą, scenarijaus rengimą, modeliavimo eksperimentus ir modeliujamų rezultatų įvertinimą (Papageorgiou et al., 2007). Norint sukurti ir sukalibruoti tinklo modelius, reikia išsamios informacijos apie gatvių arba kelių išdėstymą, transporto infrastruktūrą ir kelionių poreikį. Tai sudėtinga ir daug laiko reikalaujanti užduotis (Soares, 2020). Duomenys, kurie įterpiami į modelius, parenkami atsargiai ir išmintingai. Šiame etape netaikoma priklausomybė: kuo daugiau duomenų, tuo tikslesnis modelis ir jo rezultatai. Dažnai atsitinka taip, kad pagrindinis dėmesys skiriamas transporto tinklo geometriniam modeliui kurti ir mažiau dėmesio skiriama duomenims rinkti ir jiems vertinti (Korfant & Gogola, 2017).

Transporto modelis paprastai susideda iš paklausos (kelionių poreikio) modelio ir turimo transporto tinklo modelio (1.6 pav.). Paklausos modeliui reikalingi kelionių paklausos duomenys. Tinklo modelis apibūdina atitinkamus transporto sistemos duomenis (Heyken et al., 2021).



1.6 pav. Transporto modelio sudedamieji etapai (sudaryta autorės, remiantis Žak et al., 2014; Humeniuk & Shapovalov, 2021)

Fig. 1.6. Constituent stages of the transport model (compiled by the author based on Žak et al., 2014; Humeniuk & Shapovalov, 2021)

Makroskopinio modelio kūrimas susideda iš dviejų tarpusavyje susijusių etapų:

1. Transporto pasiūlos informacijos sukūrimo, kurį reprezentuoja gatvių ir kelių tinklas, eismo zonos, VT parametrai ir kt.

2. Transporto paklausos apskaičiavimo, naudojant klasikinį 4 žingsnių matematinį modelį, kurio pradiniai duomenys: informacija apie gyventojų skaičių, darbo vietas, moksleivių ir studentų skaičių, švietimo įstaigų vietas, modalinį pasiskirstymą (Žak et al., 2014; Humeniuk & Shapovalov, 2021).

1.4.1. Viešojo transporto tinklo modelio kūrimo specifika miestams ir regionams

Gerai išvystyta VT veiklos sistema ir mišrios paskirties miestų plėtra yra labai svarbūs veiksniai kuriant patrauklų regioną. Siekiant kuo patogiau organizuoti VT paslaugą, kuri būtų orientuota į keleivius, naudojami VT paslaugos modeliavimo metodai. Regionui sukurtas VT veiklos modelis turi savo specifiką, pavyzdžiui, jam būdingas netolygus gyventojų tankumas, didelė VT poreikio diferenciacija vietos ir laiko atžvilgiu. Regiono VT modelio kūrimas visiškai skiriasi nuo miesto

VT veiklos modelio. Taip pat renkant išsamius duomenis, susiduriama su jų trūkumu regionuose – duomenys nerenkami, nesaugomi ir susisteminami (sujungiami) į didesnius vienetus.

Atstumai iki VT stotelių. Miestuose vidutiniai atstumai centriniuose rajonuose iki VT stotelių yra mažesni nei 500 m. Atokiuose kaimiškuose rajonuose atstumai yra daug didesni. Pavyzdžiui, Sile kaimo provincijoje vidutinis atstumas yra didesnis nei 4,5 km. Renkantis tinkamiausią vidutinį atstumą iki VT stotelių, reikia atsižvelgti į nagrinėjamos teritorijos charakteristikas (Altan & Ayözen, 2018). Nustatyta, kad regionuose atstumai, kuriuos keleiviai įveikia eidami iki stotelės, yra daug didesni nei miestuose, nes žmogus yra pasiruošęs eiti ilgesnį atstumą, nes žino, kad netankiai užstatytose vietovėse negali būti tankiai išdėstytų VT paslaugų.

VT maršrutų parinkimas. VT modeliavimas apima VT trasas (maršrutus, rezervuotas juostas ir autobusų stoteles), kiekvienos trasos tvarkaraščius (išvykimo grafikus ir sustojimo laikus) ir VT rūšį (autobusas, mikroautobusas, tramvajus ir t. t.) (Liyanage & Dia, 2020).

Miestuose ir miesto zonose vyrauja dvikrypčiai ir didelio dažnio VT maršrutai. Šiame darbe pagrindinis dėmesys yra skiriamas vietinio (priemiestinio) ir tolimojo susisiekimo maršrutams. Didžiausia keleivių vežimo problema Lietuvoje – priemiestinio susisiekimo maršrutai. Dauguma maršrutų aptarnaujami ne visomis darbo dienomis arba kartą per dieną, kai kuriose savivaldybėse – vos kelis kartus per savaitę.

Modeliuojant regioninį VT, mokykliniai (geltoni) autobusai nėra nagrinėjami dėl šių priežasčių:

- i. paslauga yra skirta tik mokinių pavėžėjimui į mokyklą ir iš jos. Ši VT socialinė paslauga nėra atvira bendrajam visuomenės naudojimui, kiti keleiviai negali ja naudotis dėl teisinių apribojimų;
- ii. mokykliniai autobusiukai veikia pagal griežtai suplanuotus maršrutus, kurie priklauso nuo mokinių gyvenamosios vietos ir mokyklų vietų. Šie maršrutai paprastai nėra lankstūs ir neapima platesnių VT paslaugų poreikių;
- iii. mokyklinių autobusiukų tvarkaraščiai yra pritaikyti mokyklų darbo laikui, todėl jie dažniausiai veikia tik tam tikromis valandomis (ryte ir popiet), o tai neatitinka plačių VT paslaugų poreikių visą dieną;
- iv. mokyklinių autobusiukų veikla dažnai finansuojama ne iš VT biudžeto, o iš švietimo įstaigų ar savivaldybių švietimo fondų, todėl ši paslauga nėra integruota į bendrą VT sistemą.

Modeliavimo laikotarpio pasirinkimas. Analizuojant miestų VT, tyrimo laikotarpis įprastai parenkamas savaitės darbo dieną piko metu, kaip pavyzdys Barselonos miesto kelionių generavimo etapas buvo vertinamas 2 laikotarpiais: rytinio piko valandomis nuo 6 iki 9 val. ir nuo 9 iki 12 val. ne piko metu (Lorente

et al., 2022). Colbertaldo et al. (2021) apibrėžia, kad 2 intensyviausi eismo laikotarpiai yra nuo 7 val. iki 10 val. ir nuo 17 val. iki 20 val. Jei keleivis ryte išlipa vienoje stotelėje į darbą, jis greičiausiai išvyks iš tos pačios stotelės vakare grįždamas namo. Jei jis / ji nekeliauja ryte, mažiau tikėtina, kad įvyks atitinkama kelionė atgal. Šis pavyzdys aiškiai parodo, kad ankstesnės (pradinės) kelionės turėtų būti naudojamos prognozuojant būsimą paklausą (Cheng et al., 2021). Nustatyta, kad keleivių paklausos modelis yra beveik cikliškas kiekvieną savaitę ir yra panašus kiekvieną savaitės dieną (nuo pirmadienio iki penktadienio) ir kiekvieną savaitgalį (šeštadienį ir sekmadienį). Galima sudaryti tris modelio laiko periodus: savaitės, dienos ir valandinį modelio periodą (Ma et al., 2014). Ma et al. (2014) straipsnyje naudojami piko laiko periodai yra 7:00–9:00 val., 16:00–19:00 val., o ne piko laikas yra 9:00–16:00 val.

Piko valandos modelis dažniausiai taikomas miestuose, nes didžiausi keleivių srautai pasiekiami rytinio piko metu, kai išryškėja svarbiausios problemos. Regionams tai netinka. Modelio laikotarpis negali būti tik viena piko valanda. Regionų VT tokių didelių keleivių skaičiaus svyravimų nėra. Svarbiausi keleivių srautų svyravimai priklauso nuo to, ar tai darbo diena, ar savaitgalis, taip pat nuo gyventojų veiklos, nuo gyventojų tankumo. Suprantama, kad didesnis gyventojų tankumas sumažina kelionės atstumą tarp namų, paslaugų ir darbo vietų, esant didesniai gyventojų tankumui, organizuojama daugiau VT maršrutų, todėl daugiau keleivių naudojasi VT paslaugomis.

Konstatuotina, kad regioninio VT organizavimo specifika visiškai skiriasi nuo miesto VT. Bendrosios vietinių kelionių charakteristikos skiriasi nuo regioninių kelionių, kurioms būdingi ilgesni atstumai, mažesnis aptarnavimo dažnumas, mažiau sustojimų ir pan. (Hansson et al., 2019). VT priemiestiniuose rajonuose dažnai yra prastas, paslaugoms būdingas mažas VT maršrutų dažnis ir ribotas darbo laikas.

1.4.2. Viešojo transporto paklausos modelio kūrimo specifika miestams ir regionams

Kelionių paklausos modeliai atlieka esminį vaidmenį nagrinėjant hipotezes, susijusias su politika, atsirandančiomis mobilumo koncepcijomis ir reglamentais. Vystantis miestams ir regionams, šių modelių taikymas tapo vis svarbesnis kuriant efektyvius ir tvarius susisiekimo tinklus, atitinkančius besikeičiančius bendruomenių poreikius ir prisidedančius prie išmanios, tarpusavyje susijusios miesto aplinkos kūrimo (Schwinger et al., 2022). Reikalavimai transporto paslaugoms apima aukštą kokybę ir diferenciaciją. Transporto poreikis yra labai įvairus, diferencijuojamas pagal skirtingą paros laiką arba savaitės dienas ir priklauso nuo kelionės tikslo, kelionės greičio, paslaugų dažnumo ir kt. (Sorin & Gabriela, 2012).

Pagrindinis transporto planavimo ir valdymo tikslas yra suderinti transporto prieinamumą su kelionių paklausa. Planuojant transportą, sprendimų priėmimo procesas taikomas būsimiems kelių infrastruktūros atnaujinimams regione. Vienas iš tokių įrankių yra kelionių paklausos prognozavimo modeliai, taikomi įgyvendinant keturių etapų planavimo procesą (Waghmare et al., 2022). Tradicinis 4 žingsnių transporto paklausos planavimo modelis apima (1.7 pav.):

1. Kelionių generavimą. Šiame etape nustatomas sugeneruotų ir pritraukiamų kelionių skaičius į kiekvieną zoną. Tai sugeneruotų ir absorbuotų kelionių skaičiaus nustatymo funkcija priklausomai nuo motyvacijos keliauti atskirose transporto zonose, atsižvelgiant į funkcinį pobūdį ir pagrindinius statistinius duomenis, tokius kaip gyventojų skaičius, darbo vietų skaičius, vietų skaičius mokyklose, mažmeninės prekybos ir paslaugų patalpų plotas ir kt.
2. Kelionių paskirstymą. Šiame etape nustatomas keleivių kelionių paskirstymas tarp bet kurių zonų porų. Šio žingsnio rezultatas yra išvykimo ir atvykimo matricos parengimas. Tai kelionės santykio nustatymas (iš kur ir į kur vyksta kelionės), atsižvelgiant į transporto regionų potencialą ir atstumus tarp jų.
3. Modalinį pasidalijimą. Šiame etape kelionės klasifikuojamos pagal transporto rūšį (tiek viešojo, tiek privataus transporto), kiekvienai transporto rūšiai sukuriant išvykimo ir atvykimo (IA) matricą.
4. Kelionių priskyrimas. Šis etapas apima tikslaus kelionės maršruto susisiekimo tinkle nustatymą, atsižvelgiant į ruožų pralaidumą ir panaudojimo laipsnį, leistinus maršrutus ir kt. IA matricose esančios kelionės priskiriamos galimiems tinklams arba maršrutams (Fierek & Zak, 2012; Ngobeni, 2019; Solecka & Żak, 2014; Ávila & Hernández, 2021; Michalski et al., 2015).



1.7 pav. Keturių žingsnių paklausos modelio schema (sudaryta autorės, remiantis Ngobeni, 2019)

Fig. 1.7. Graph of the four-step demand model (compiled by the author based on Ngobeni, 2019)

Tradicionis 4 žingsnių modelis yra kelionėmis pagrįsto transporto modeliavimo pavyzdys (Elsayed et al., 2023). Daugybė Europos miestų, ypač maži ir vidutinio dydžio, taiko tradicinį keturių žingsnių modeliavimo metodą (Narayanan et al., 2023). Keturių žingsnių transporto paklausos prognozavimo modeliai šiuo metu naudojami daugumoje miestų ir regionų, siekiant patobulinti sprendimų, susijusių su transporto planavimu, priėmimą (Zhong et al., 2022).

Kelionių generavimas. Paklausos modelio kūrimas prasideda nuo kiekvienoje zonoje generuojamo ir absorbuojamo srauto kiekio nustatymo. Kelionių generavimo modeliu nustatoma, kiek kelionių sukuria ir pritraukia kiekviena sukurta zona (Barić & Pavić, 2020).

Kelionių generavimo etape naudojami žemės naudojimo ir socialiniai ekonominiai duomenys, tokie kaip demografiniai ir gyventojų duomenys, siekiant nustatyti kelionių, kurias sukuria ir pritraukia eismo zonos, skaičių (Alqhatani et al., 2014). Kiekvienos eismo zonos gyventojai suskirstomi į skirtingas asmenų grupes, kad atspindėtų skirtingą judėjimo elgesį. Didesnis asmenų grupių (vaikų, moksleivių, studentų, senjorų, dirbančių gyventojų, bedarbių ir kt.) skaičius leidžia detalai kalibruoti modelį, taip pat atspindi ir gyventojų skaičiaus pokyčius pagal ateities scenarijus (pvz., demografinius efektus). Gyventojų duomenų pasiskirstymo pagal asmenų grupes veiksnys galima nustatyti pagal jau atliktą namų ūkių mobilumo tyrimą (Schlaich et al., 2013).

Kelionių miestuose išvykstančių iš transportinės zonos keleivių skaičius ir atvykstančių į transportinę zoną keleivių skaičius gaunami tokiu būdu:

$$P_i = p_k \cdot BK + p_s \cdot BS; \quad (1.2)$$

$$A_i = a_k \cdot BK + a_s \cdot BS, \quad (1.3)$$

čia P_i – išvykstančių iš transportinės zonos keleivių skaičius; A_i – atvykstančių į transportinę zoną keleivių skaičius; p_k, p_s – gyvenamųjų namų ir butų generavimo veiksnys; a_k, a_s – gyvenamųjų namų ir butų traukos veiksnys; BK, BS – gyvenamųjų namų ir butų skaičius (Sarbiewska et al., 2012).

Kelionių generavimo veiksnį mieste vertinimas atliekamas išskiriant kelias zonas, remiantis gyvenamųjų namų charakteristikomis (zonos su individualiais namais ir zonos su butais, kuriuose nėra tranzitinio transporto). Nustačius tokių zonų ribas, apskaičiuojamas į šias zonas įvažiuojančių ir iš jų išvažiuojančių transporto priemonių kiekis. Transporto priemonių skaičių padauginus rytinio ir popietinio piko laikotarpiais iš vidutinio transporto priemonių užimtumo koeficiento ir padalijus iš namų ir (ar) butų skaičiaus, gaunami apskaičiuoti atvykstančių į transportinę zoną keleivių skaičiaus ir išvykstančių iš transportinės zonos keleivių skaičiaus faktoriai (Novačko et al., 2014). Kitaip nei miestuose, tokį tyrimą yra sudėtinga atlikti regionuose. Miesto modeliuose kelionės generavimo etape išskiriamos specialios zonos dideliems kelionių traukos centrams ir gamintojams: pradinėms ir vidurinėms mokykloms, ligoninėms ir

klitikoms, universitetams, gamykloms, administraciniams miestų centrams, verslo zonoms, oro uostams, prekybos centrams, parkams ir kt. Miestuose kelionių modeliai parenkami atsižvelgiant į jų funkcinį pobūdį ir pagrindinius statistinius duomenis, tokius kaip gyventojų skaičius, darbo vietų skaičius, vietų skaičius mokyklose, medicinos įstaigose, taip pat naudojami mažmeninės prekybos ir paslaugų patalpų plotai ir t. t.

Kelionių generavimo etape modeliuojant eismą gali būti taikomi 2 metodai: kelionėmis pagrįstas modeliavimas ir veikla pagrįstas modeliavimas (Zhang et al., 2011). Pagrindinis skirtumas tarp dviejų metodų yra tas, kad taikant tradicinį kelionėmis pagrįstą modeliavimo metodą vienu metu sutelkiamas dėmesys į vieną kelionės tipą, pvz., kelionė iš namų į darbą. Veikla pagrįstas modeliavimas sutelktas į veiklas, kurios generuoja keliones, ir yra naudojamos kelionių sekoms arba kelionių grandinėms sukurti, pvz., namai–darbas–apsipirkimas–laisvalaikis (Bergstedt, 2018). Darbe taikomas tradicinis kelionėmis pagrįstas modeliavimo metodas.

Kelionių paskirstymas. VT paklausa laikui bėgant keičiasi. Šiame etape nustatoma IA matrica, kurios duomenys parodo keleivių, keliaujančių tarp kiekvienos pradžios ir paskirties taškų poros, skaičių (1.1 lentelė) (Asmael & Balket, 2022). Patikima IA matrica yra būtina transporto analizei ir planavimui, nes joje pateikiami erdvės ir laiko kelionės įverčiai, leidžiantys planuotojams suprasti, kokiais būdais žmonės keliauja, kiek laiko keliauja ir kur vyksta (Mohammed & Oke, 2023).

1.1 lentelė. IA matricos matematinė išraiška (Ramli et al., 2020)

Table 1.1. Mathematical expression of the OD matrix (Ramli et al., 2020)

Zona		Atvykimas							Suma
		1	...	...	j	...		n	O_i
	1	t_{1-1}	...	...	t_{1-j}	...	...	t_{1-n}	O_1
	...	...							
	...	...							
Išvykimas	i	t_{i-1}	...	...	t_{i-j}	...	...	t_{i-1}	O_i
	...	...							
	...	...							
	n	t_{n-1}	...	...	t_{n-j}	...	...	t_{n-n}	O_n
Suma D_j		D_1	...	...	D_j	...	...	D_n	T

Ekonomiškas ir paprastas metodas yra būtinas prognozuojant VT paklausą. IA matrica skirstoma į statinę arba į dinaminę. Statinė IA matrica apima srautus,

kurie nepriklauso nuo laiko ir yra paskirstomi erdvėje. Šiai kategorijai sukurtos metodikos, kurios atspindi vidutinius srautus tarp IA porų geografinėje vietovėje, paprastai vienoje matricoje. Kaip pavyzdys, gravitacijos modeliai, entropijos didinimas ir informacijos mažinimas. Kita vertus, susisiektimo planavimo srityje dėmesys perkeliamas į dinamines IA matricas, nes jos leidžia tiksliau atvaizduoti eismo dinamiką tarp zonų. Pradiniai IA matricos įvertinimo metodai rėmėsi statistinėmis išvadomis, gautomis iš apklausų. Nepaisant to, pažanga stebint atskirus judėjimus tinkle leido modeliuoti dinamines ir tikslesnes matricas, vaizduojančias miesto eismo situaciją. Tai įmanoma naudojant jutiklinius duomenų šaltinius, tokius kaip mobiliųjų telefonų įrašai, pasaulinės padėties nustatymo sistemos trajektorijos ir intelektualųjų kortelių įrašai (Cerqueira et al., 2022).

VT srityje IA matrica, detalizuojanti kiekvieno keleivio pradžios ir pabaigos taškus, turi didelę reikšmę tobulinant autobusų tinklus. IA matrica siekiama nustatyti atskirų keleivių pradinę ir galutinę stotelę. Šie duomenys yra miesto autobusų tinklo planavimo ir valdymo pagrindas, užtikrinantis patikimą autobusų eksploatavimo planavimo ir tinklo tobulinimo veiklą. Įprastas apklausos metodas apima anketų dalijimą keleiviams įlaipinimo metu, jose jie turi užpildyti savo išvykimo ir paskirties vietas. Užpildytos anketos surenkamos keleiviams išlipant. Šis tyrimo metodas reikalauja daug darbo, didelių žmogiškųjų, materialinių ir finansinių išteklių. Be to, iškyla veiklos iššūkių, tokių kaip patogumas keleiviams pildyti anketas ir keleivių bendradarbiavimo lygis, todėl kėblu užtikrinti reikiamą apklausos duomenų tikslumą (Liu et al., 2022). Pastaruoju metu daugelis VT sistemų įdiegė modernias technologijas, skirtas keleivių srautams stebėti. Šios technologijos (išmaniųjų kortelių duomenys, automatinių transporto priemonių svoriai) suteikia vertingų duomenų IA matricai įvertinti. Nepaisant to, šių duomenų gavimas yra brangus dėl matavimo įrangos įrengimo ir priežiūros. Plačiai paplitęs diegimas sukelia pernelyg didelių išlaidų, todėl reikia atidžiai įvertinti išlaidas, palyginti su IA matricos teikiama nauda (Ait-Ali & Eliasson, 2022). Tai ypač aktualu dideliuose miestuose su perpildytais tinklais, kurių detaliam zonavimui ir laiko išskaidymui reikia didelių imčių dydžių ir sudėtingų tyrimo metodų (Ramli et al., 2020).

Naudojant IA matricos duomenis, identifikuojami priskyrimo srautai ir keleivių srautai transporto tinkle. Žinant kelionių skaičių konkrečioje stotelėje, galima nustatyti kiekvienos kelionės išvykimo ir atvykimo vietas. Tai pasiekama taikant gravitacijos modelį, kuriame atstumas tarp regionų ir kelionių apimtis į stoteles arba iš jų yra naudojami norint įvertinti kelionių tarp šių stotelių skaičių (Asmael & Balket, 2022). Gravitacijos modelio metodas apima kiekvienos IA matricos ląstelės įvertinimą, nesiremiant esamais kelionių modeliais, priešingai nei augimo veiksnio metodai (Elsayed et al., 2023). Gravitacijos modelio lygtis atrodo taip:

$$T_{ij} = \frac{P_i \cdot A_j \cdot F_{ij}}{\sum_{j=1}^n A_j \cdot F_{ij}}, \quad (1.4)$$

čia T_{ij} – kelionių, prasidedančių „i“ zonoje ir besibaigiančių „j“ zonoje, skaičius; P_i – kelionių, prasidedančių „i“ zonoje, skaičius; A_j – kelionių, pasibaigusių zonoje „j“, skaičius; F_{ij} – kelionės sudėtingumo koeficientas (Sarbiewska et al., 2012).

Gravitaciniame modelyje kelionių tarp regionų skaičius yra proporcingas pradinės zonos generuojamojo potencialo vertei ir galutinės zonos sugerties potencialui ir atvirkščiai proporcingas atstumui, išmatuotam pagal kelionės laiką (Michalski et al., 2015).

Kelionės erdvinis pasiskirstymas aprašomas taikant vadinamąją kelionės sudėtingumo funkciją (1.5 formulė), kuri apibūdina mažėjančią kelionių skaičių, kai atstumas tarp regionų didėja (Pyzik et al., 2018). Ši funkcija nusako, kaip kelionės atstumas (dažnai matuojamas kelionės laiku) daro įtaką jos įvykdymo tikimybei (Michalski et al., 2015). Kelionės sudėtingumo funkcijai apskaičiuoti taikoma sudėtinė (mišri) formulė:

$$f(t_{ij}) = a \cdot t_{ij}^b \cdot c^{c \cdot t_{ij}}, \quad (1.5)$$

čia t_{ij} – kelionių tarp zonų „i“ ir „j“ laikas; a, b, c – funkcijos parametrai (Oskarbski & Miszewski, 2013)

Modalinis pasidalijimas. Paklausos modelis apibrėžia kelionių tarp skirtingų zonų skaičių su skirtingais tikslais naudojant skirtingas transporto sistemas. Modalinio padalijimo informacija paprastai renkama atliekant apklausas, transporto tyrimus ir ji skiriasi atsižvelgiant į regioną, urbanizacijos lygį ir kitus veiksnius. Modalinis padalijimas reiškia proporcingą įvairių transporto rūšių, pavyzdžiui, kelių arba geležinkelių sektoriaus, pasiskirstymą tarp visų transporto rūšių. Keleivių pervežimo atveju transporto rūšių pasiskirstymas nustatomas pagal bendrą keleivių kilometrų skaičių, vadovaujantis teritoriškumo principu. Dabartinė transporto rūšių pasidalijimo analizė apima kelių transportą, įskaitant lengvuosius automobilius, autobusus, tolimojo susisiekimo autobusus ir traukinius.

Kelionių priskyrimas. Paskutinis 4 pakopų modelio etapas apima tinklo srauto priskyrimo modeliavimą. Modeliui, kuris remiasi IA matrica, eismo paklausai įvesti reikalingas maršruto priskyrimo modelis kelionės tinklui tarp pradžios ir paskirties vietų priskirti. Tradicinio planavimo modelio priskyrimas – kai maršrutas pasirenkamas ieškant visų tinklo grandžių pusiausvyros būsenos, atsižvelgiant į tam tikrą efektyvumo matą, pvz., kelionės laiką arba kelionės išlaidų matą (Krogscheepers & Kacir, 2001). Dauguma kelionių priskyrimo modelių procedūros yra empirinės ir priklauso nuo eismo ir maršruto sąlygų. Iš esmės kelionės priskyrimo metodai skirstomi į dvi grupes: statinius ir dinامينius kelionės priskyrimo metodus. Statinių kelionių priskyrimo metodas visų pirma

orientuotas į transporto planavimo procesą, įvertinant tinklo jungčių srauto apkrovą. Dinaminių kelionių priskyrimo metodas naudojamas modeliuoti laikui bėgant kintančius eismo srautus, nurodant, kaip laikui bėgant kinta spūsčių lygis (Elsayed et al., 2023).

Priskyrimo modeliai skirstomi į 3 pagrindinius tipus: dažniu, tvarkaraščių ir modeliavimu pagrįstus modelius. Dažniu pagrįsti modeliai yra orientuoti į bendrus dažnius tranzito linijose (trasose), siekiant apskaičiuoti kiekvienos linijos (trasos) važiavimo procentą. Tvarkaraščių pagrįsti modeliai kiekvieną transporto priemonės kelionę apdoroja atskirai, naudodami modeliavimo schemą, kuri parodo kiekvienos transporto priemonės išvykimo laiką per diachroninį grafiką (Owais & Ahmed, 2022). Modeliavimu pagrįsti modeliai stebi tranzito naudotojų maršrutų pasirinkimą realiuoju laiku.

Mažo tankio vietovių VT paklausos modeliavimas yra sudėtingas ir menkai ištirtas mokslinių tyrimų srityje. Viena iš pagrindinių priežasčių – tokių vietovių specifika, kur VT paklausa yra nepastovi, sunkiai prognozuojama ir dažnai nepatenka į tradicinių modelių taikymo sritį. Šių regionų gyventojų poreikiai yra labai įvairūs – nuo kasdinių kelionių į darbą ar mokyklą iki nereguliarių kelionių paslaugų sveikatos priežiūros ar laisvalaikio tikslais. Dėl to tradiciniai paklausos modeliai, kurie dažniausiai orientuoti į didelio tankio urbanistines zonas su aiškiai apibrėžtais keleivių srautais, mažo tankio vietovėse tampa nepakankamai tikslūs. Mokslinių publikacijų trūkumas taip pat kelia problemų VT organizatoriams, kurie siekia priimti pagrįstus sprendimus, remdamiesi empiriniais duomenimis. Dėl to dažnai pasirenkami mažiau efektyvūs sprendimai, kurie neatitinka vietos gyventojų poreikių ir neskatina VT naudojimo augimo. Be tinkamų mokslinių tyrimų ir duomenimis grįstų įžvalgų tampa sudėtinga įvertinti tokias svarbias charakteristikas kaip potencialių VT keleivių skaičius, jų judėjimo įpročiai, kelionių dažnumas ir kryptys.

1.5. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas

1. Lietuvoje būtina sukurti viešąsias išlaidas mažinančią valdymo schemą viešojo transporto paslaugoms plėtoti. Steigiant regioninius centrus, asociacijas arba vieną viešojo transporto agentūrą, tinkamiausios yra į keleivį orientuotos viešojo transporto valdymo ir organizavimo sistemos. Įdiegta bendroji viešojo transporto maršrutų planavimo ir derinimo sistema skatintų tvarų gyventojų mobilumą visame Lietuvos regione, gerintų viešųjų paslaugų prieinamumą ir darbo vietų pasiekiamumą.
2. Regionuose taikytinas lankstusis viešojo transporto veiklos modelis (organizavimo būdas), kitaip vadinamas – viešuoju transportu pagal pareikalavimą,

siekiant racionaliau naudoti finansinius išteklius, mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisiją, susijusią su autobusų rida. Pažymėtina, kad nei vienoje iš šalių viešojo transporto pagal pareikalavimą paslauga nėra iki galo užbaigta kaip viešojo transporto veiklos forma. Būtina viešojo transporto pagal pareikalavimą paslaugą ir reguliarių viešąjį transportą integruoti į bendrąją viešojo transporto paslaugų teikimo sistemą.

3. Kiekvienam regionui kuriamas viešojo transporto veiklos modelis turi savo specifiką: būdingas netolygus gyventojų tankumas, didelė viešojo transporto poreikio diferenciacija vietos ir laiko atžvilgiu. Nustatyta, kad šalies regionuose atstumai, kuriuos keleiviai įveikia eidami iki stotelės, yra daug didesni nei miestuose. Regionai yra aptarnaujami viešuoju transportu ne visomis darbo dienomis arba kartą per dieną, kai kuriose savivaldybėse – vos kelis kartus per savaitę, o miestuose vyrauja didelio dažnio viešojo transporto maršrutai. Regiono viešojo transporto veiklos modelio kūrimas visiškai skiriasi nuo miesto viešojo transporto modelio: miestuose taikomas piko valandų modelis netinka regionams.
4. Kelionių pasiskirstymo etapas apibendrinamas zoniniu lygiu ir pateikiamas išvykimo ir atvykimo matricos forma. Tradicinių tyrimų negalima taikyti regionuose dėl išsamių (patikimų) duomenų trūkumo arba dėl didelio laiko ir kaštų imlumo.
5. Trūksta mokslinės literatūros, kurioje nagrinėjamas mažo tankio vietovių viešojo transporto paklausos modeliavimas. Šis mokslinių tyrimų trūkumas sukelia iššūkius kuriant išsamius ir pagrįstus viešojo transporto paklausos modelius mažo tankio vietovėms, siekiant patobulinti viešojo transporto paslaugos aptarnavimą / organizavimą.

Darbo tikslui pasiekti formuluojami šie uždaviniai:

1. Nustatyti svarbiausius viešojo transporto poreikį regionuose ir jų tarpusavio sąsajas lemiančių veiksnių vertinimo kriterijus.
2. Sudaryti ir sukalibruoti bandomojo Lietuvos regiono viešojo transporto tinklą remiantis anksčiau nustatytais kriterijų sąsajomis.
3. Bandymų būdu nustatyti pagrindinius kriterijus ir jų ribas, kai maršrutinis viešojo transporto veiklos modelis turi būti keičiamas į VT pagal pareikalavimą.
4. Sukurti viešojo transporto veiklos tobulinimo regione metodiką.
5. Nustatyti viešojo transporto metodikos naudojimo kituose šalies regionuose tinkamumą ir universalumą.

Regioninio viešojo transporto veiklos metodikos kūrimas ir formulavimas

Antrajame skyriuje pristatomi svarbiausi veiksniai ir vertinimo kriterijai, lemiantys VT keleivių srautus regionuose, bei kriterijų tarpusavio sąsajos. Pateikti porinės ir daugianarės regresinės analizės empiriniai modeliai, teorinio tyrimo rezultatai ir jų rezultatų apibendrinimas. Bandomojo Tauragės regiono atveju formuluojama pirminė VT veiklos metodika, pritaikyta mažo gyventojų tankio regionams. Metodikos tikslas – nustatyti teritorijas, kuriose racionalu arba aktualu reguliarųjį VT susisiekimą pakeisti į VTP.

Skyriaus tematika paskelbtos keturios autorės mokslinės publikacijos (Ušpalytė-Vitkūnienė & Ranceva, 2022; Ranceva, et al. 2022; Ranceva & Ušpalytė-Vitkūnienė, 2022; Ranceva & Ušpalytė-Vitkūnienė, 2023).

2.1. Viešojo transporto darbui įtaką darančių veiksnių ir vertinimo kriterijų nustatymas

Siekiant sukurti regioninio VT veiklos metodiką, pirmiausia yra būtina nustatyti svarbiausius kriterijus, kurie lemia VT poreikį, keleivių naudojimąsi VT, kriterijų įtakos svarbą, kuri bus reikalinga kuriant VT paslaugų teikimo modelį. Nustačius

svarbiausius kriterijus ir jų sąsajas bus koreguojamas VT veiklos modelis kelionių priskyrimo etape.

Daugumoje literatūros šaltinių VT kriterijai ir parametrai paprastai yra skirstomi į dvi kategorijas: kokybinius ir kiekybinius. Pasak Burinskienės et al. (2009) ir Jurkauskos (2004), pagrindiniai kokybiniai kriterijai yra VT priemonių reguliarumas, dažnumas, važiavimo laikas bei saugumas. Jurkauskas (2004) siūlo šiuos pagrindinius kiekybinius kriterijus: pervežtų keleivių skaičius, keleivio kelionės laikas, per valandą pervežtų keleivių skaičius ir važiavimo greitis. Pasak Cascetta ir Cartenì (2014), kiekybiniai kriterijai – tai vidutinė kelionės trukmė, laukimo laikas, piniginių išlaidos, o kokybiniai kriterijai, kurių poveikį vartotojo elgesiui įvertinti objektyviai yra sunkiau, – tai važiavimo komfortas, informacija ir asmeninis saugumas. Dažniausiai literatūros šaltiniuose aptariami regioninio VT kokybės požymiai yra dažnumas, patogumas, patikimumas ir kelionės laikas (Hansson et al., 2019).

EN 13 816: 2002 standarte VT kriterijai skirstomi į 8 pagrindines kategorijas: prieinamumas, pasiekiamumas, informacija, laikas, klientų aptarnavimas, komfortas, saugumas ir poveikis aplinkai (Vabuolytė & Ušpalytė-Vitkūnienė, 2018). VT paslaugų lygį tiek miesto, tiek kaimo vietovėse riboja daugybė kitų papildomų veiksnių: aptarnaujančio personalo (vairuotojų) požiūris, bilietų kainos, punktualumas, paslaugos teikimo stabilumas, patogumas atvykti iki VT stoties ir (ar) stotelės ir kt. (Zhou et al., 2019).

Šiek tiek kitokią klasifikaciją pasiūlė Meyer (2001), kuris VT veiklos kriterijus suskirstė į 3 kategorijas. Pirmąją kategoriją sudaro bendrieji paslaugos kriterijai, tokie kaip aptarnaujamos teritorijos gyventojų skaičius, keleivių kelionių skaičius, transporto priemonių kilometrai ir valandos ir pan. Antrajai kategorijai priskiriamos veiksmingumo priemonės: paslaugų teikimas (keleivių kelionių skaičius vienam gyventojui, keleivių kelionių skaičius per valandą); paslaugų kokybė (vidutinis važiavimo greitis, eismo įvykių skaičius); prieinamumas (dažnis, maršruto kilometrai). Trečiajai kategorijai priskiriamos efektyvumo priemonės: sąnaudų efektyvumas (vienos keleivio kelionės eksploatacinės išlaidos, sąnaudos vienai pajamų valandai); transporto priemonės naudojimas (transporto priemonės kilometrai ir valandos piko metu); darbo našumas (kelionių skaičius vienam keleiviui); energijos suvartojimas (transporto priemonės kilometrai per kWh); bilieto kaina.

Svarbiausia yra paslaugų kokybė, apibūdinanti VT paslaugų ir infrastruktūros kriterijus bei ekonominius kriterijus, turinčius įtakos bendram gyventojų mobilumui.

Remiantis atlikta literatūros analize ir surinktos duomenų bazės duomenimis (B priedas 1B lentelė), įtaką VT poreikiui regionuose darantys veiksniai skirstomi į 5 grupes: demografija, VT keleivių pervežimas, VT paslaugos ir infrastruktūra, automobilizacija ir ekonominė padėtis (2.1 lentelė).

2.1 lentelė. Nagrinėjamų veiksnių ir kriterijų aprašymas (sudaryta autorės)**Table 2.1.** Description of the analysed factors and criteria (compiled by the author)

Veiksnių grupė	Kriterijaus pavadinimas	Mato vienetas
Demografija	Vidutinis metinis gyventojų skaičius (x_1)	gyv.
	Gyventojų tankis (x_2)	gyv./km ²
	Vidutinis gyventojų amžius (x_3)	metai
VT keleivių pervežimas	Keleivių apyvarta priemiestinio susisiekimo maršrutais (y_1)	kel.km
	Keleivių apyvarta tolimojo susisiekimo maršrutais (y_2)	kel.km
	Keleivių skaičius per metus priemiestinio susisiekimo maršrutais (y_3)	kel./metus
	Keleivių skaičius per metus tolimojo susisiekimo maršrutais (y_4)	kel./metus
VT paslaugos ir infrastruktūra	Autobusų rida priemiestinio susisiekimo maršrutais (x_4)	km
	Autobusų rida tolimojo susisiekimo maršrutais (x_5)	km
	Autobusų skaičius (x_6)	vnt
	Autobusų maršrutų skaičius (x_7)	vnt
	Autobusų kursavimo dažnis (x_8)	tr. pr./parą
	Autobusų stotelių pasiekiamumas (x_9)	%
	Vienam gyventojui tenkantis kelionių autobusu skaičius (x_{10})	vnt./1 gyv.
Automobilizacija	Automobilių kelių ilgis (x_{11})	km
	Automobilizacijos lygis (x_{12})	aut./1000 gyv.
	Lengvųjų automobilių skaičius (x_{13})	vnt.
Ekonominė padėtis	Nedarbo lygis (x_{14})	%
	Vidutinis darbo užmokestis (x_{15})	Eur
	Pajamos už parduotus bilietus (x_{16})	Eur
	Kompensacijos (x_{17})	%
	Dotacijos (x_{18})	%
	Finansavimo kriterijus (x_{19})	Eur/ha

Skaičiavimams buvo naudojami tikslesni 2019 m. Valstybės duomenų agentūros duomenų bazės duomenys (žiūr. B priedo 1B lentelę) palyginus su tolesnių metų duomenimis, kai naudojimasis VT buvo pakitęs dėl pasaulyje paplitusios infekcinės COVID-19 ligos.

2.1.1. Demografinio veiksnio vertinimo kriterijai

Demografinis veiksnys vertinamas remiantis demografinių kriterijų grupe, kurią sudaro vidutinis metinis gyventojų skaičius, gyventojų tankis ir vidutinis gyventojų amžius.

Vidutinis metinis gyventojų skaičius. Remiantis gyventojų skaičiais, teritorijos yra skirstomos į didelius miestus (gyvena daugiau nei 100 tūkst. gyventojų), vidutinio dydžio miestus (gyvena nuo 20 tūkst. iki 100 tūkst. gyventojų), mažus miestelius (gyvena mažiau kaip 20 tūkst. gyventojų) ir kaimus (gyvena mažiau kaip 5 tūkst. gyventojų) (BBSR, 2017; BKG, 2020; Carlow et al., 2021).

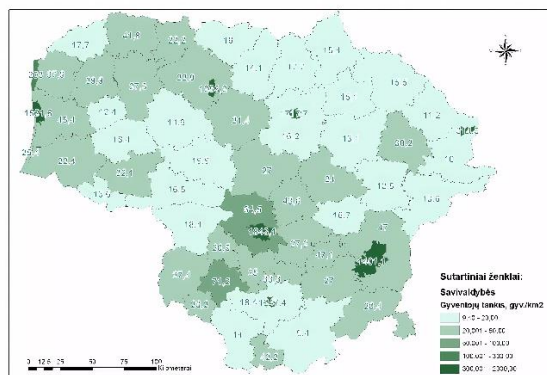
Didžiausias gyventojų skaičius yra Vilniaus rajono (101 088 gyventojų), Kauno rajono (96 986 gyventojų) ir Klaipėdos rajono (61 386 gyventojų) savivaldybėse.

Gyventojų tankis. Kenterberio regiono (Naujoji Zelandija) VT plane 2018–2028 m. pabrėžiama, kad VT vežėjai dėl prastų ekonominių veiksnių vengia teikti paslaugas mažai gyventojų turinčiuose vietovėse, mažo tankio regionuose (Mukherjee, 2019). Pasak Yigitcanlar et al. (2010), gyventojų tankis lemia keliautojų elgesį dėl keturių priežasčių:

- 1) didesnis gyventojų tankis išplečia vietinius asmeninius kontaktus ir veiklas, kuriomis galima užsiimti nesinaudojant motorinėmis transporto priemonėmis;
- 2) didesnis gyventojų tankis išplečia vietinių paslaugų spektrą ir taip sumažina kelionės poreikį ir kelionės trukmę;
- 3) didesnis gyventojų tankis mažina kelionės atstumą tarp namų, paslaugų, darboviečių;
- 4) didesnis gyventojų tankis – daugiau keleivių, besinaudojančių VT paslaugomis.

Galima teigti, kad priemiesčiuose, kuriuose gyventojų tankis yra mažas, gyventojai keliauja didesniais atstumais nei priemiesčiuose, kuriuose gyventojų tankis yra didelis. Daniels & Mulley (2012) teigia, kad lyginant su riboto tvarkaraščio VT paslaugomis, lanksčios VT paslaugos mažo gyventojų tankio teritorijose yra vertinga perspektyva, į kurią reikėtų atsižvelgti.

Didžiausias gyventojų tankis yra 6 pagrindinėse Lietuvos miestų savivaldybėse (2.1 pav.). Net 24-ių Lietuvos savivaldybių gyventojų tankis nesiekia 20,0 gyv./km², šiose savivaldybėse yra sunkiausia teikti efektyvų VT aptarnavimą.

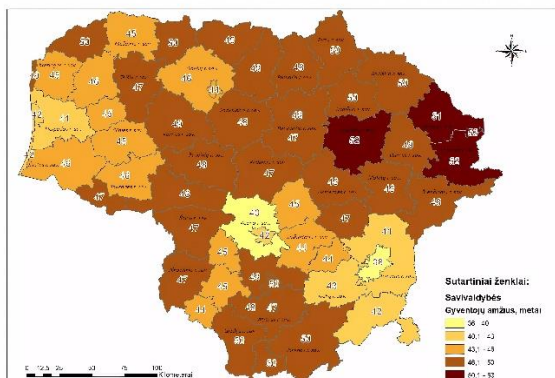


2.1 pav. Lietuvos gyventojų tankio žemėlapis (sudaryta autorės)

Fig. 2.1. Population density map of Lithuania (compiled by the author)

Vidutinis gyventojų amžius. Viešasis keleivinis transportas turi būti prieinamas kiekvienam suinteresuotam transporto dalyviui, neatsižvelgiant į lytį, amžių, tautybę ir kt. (Trembošová et al., 2020). VT turi būti pritaikytas ir prieinamas visų amžiaus grupių žmonėms. Jauniems bei vyresnio amžiaus asmenims jis dažnai yra vienintelė galimybė naudotis motorinėmis transporto priemonėmis. Regiono gyventojų amžius turi įtakos VT paklausai. Ricciardi et al. (2015), atlikę tyrimą Australijos Perto mieste, nustatė, kad iš 70 % vyresnio amžiaus žmonių VT naudojami tik 25 %. Nuo gyventojų amžiaus taip pat priklauso ir veiksniai, kurie nulemia žmonių patenkinimą VT keliomis.

Lietuvoje didžiausias vidutinis gyventojų amžius (51–53 m.) pastebimas Visagino, Anykščių rajono, Ignalinos rajono savivaldybėse (2.2 pav.).



2.2 pav. Vidutinio Lietuvos gyventojų amžiaus žemėlapis (sudaryta autorės)

Fig. 2.2. Map of the average age of the population of Lithuania (compiled by the author)

Paminėti demografiniai veiksniai yra labai svarbūs, kadangi jie rodo VT poreikio potencialą konkrečiose Lietuvos savivaldybėse.

2.1.2. Pervežimo viešuoju transportu veiksnio vertinimo kriterijai

Pervežimo viešuoju transportu veiksnys apibūdinamas keleivių vežimo kriterijų grupe, kuri susideda iš keleivių apyvaratos priemiestinio ir tolimojo susisiekimo maršrutais ir keleivių skaičiaus per metus priemiestinio ir tolimojo susisiekimo maršrutais.

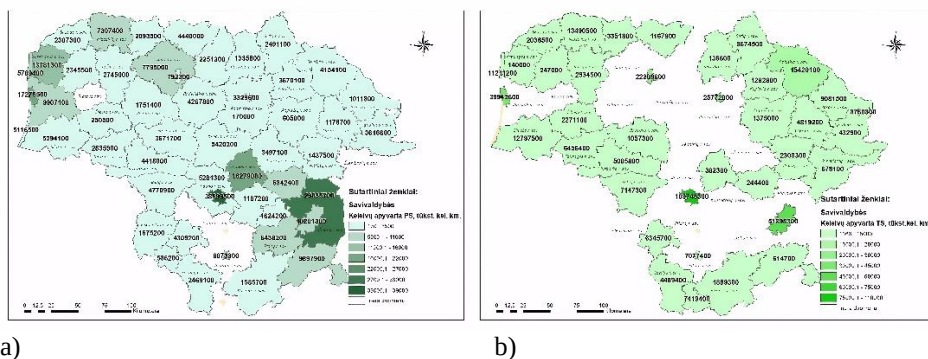
Keleivių apyvarta priemiestinio ir tolimojo susisiekimo maršrutais. Keleivių vežimo apyvarta yra išreiškiama keleivio kilometrais, gautais sudėjus autobusais keleivių nuvažiuotus atstumus. *Baltic Institute for Research and Development* (2020) atlikę tyrimą nustatė, kad, palyginti su bendra keleivių visomis transporto rūšimis apyvarta, pasaulyje keleivių vežimo autobusais apimtis (keleivių apyvarta) jau daug metų nedidėja. Ekonominių sunkumų patyrę žmonės kelionių autobusais atsisako greičiau nei kelionių traukiniais, metro arba lengvaisiais automobiliais. Lietuvoje sparčiai augo užsakomosios paslaugos ir tarptautinio vežimo paslaugos, o vietinio (miesto ir priemiesčio) bei tolimojo vežimo keleivių apyvaratos dalis nuosekliai mažėjo.

Remiantis 2019 m. Valstybės duomenų agentūros duomenimis (analizuota duomenų imtis – 51 savivaldybė), pastebimi keleivių apyvaratos skirtumai savivaldybėse. Didžiausia keleivių apyvarta priemiestinio susisiekimo maršrutuose nustatyta Kauno m. sav. (38,70 mln. keleivio km/metus (kel. km/metus), Vilniaus r. sav. (29,04 mln. kel. km/metus), Klaipėdos m. sav. (17,28 mln. kel. km/metus)) (2.3 pav., a). Mažiausi keleivių srautai priemiestinio susisiekimo maršrutuose užfiksuoti Panevėžio r. sav. (0,17 mln. kel. km/metus) ir Šilalės r. sav. (0,25 mln. kel. km/metus).

Didžiausia keleivių apyvarta tolimojo susisiekimo maršrutuose nustatyta didžiuosiuose Lietuvos miestuose: Kauno m. sav. (109,75 mln. kel. km/metus), Vilniaus m. sav. (51,90 mln. kel. km/metus), Klaipėdos m. sav. (39,94 mln. kel. km/metus)) (2.3 pav., b) (analizuota duomenų imtis – 38). Iš surinktų duomenų mažiausiai keleivių kilometrų tolimojo susisiekimo maršrutuose nustatyta Pasvalio ir Kretingos r. sav. (0,14 mln. kel. km/metus).

Keleivių skaičius per metus priemiestinio ir tolimojo susisiekimo maršrutais. Pervežamų keleivių skaičius – pagrindinis VT produktyvumo kriterijus, atsižvelgiant į kasdieną transporto priemonėmis gabenamų keleivių skaičių (Dumitru, 2017). Valstybės duomenų agentūros duomenimis, 2019 m. šalies keliais pervežta 372883,6 tūkst. keleivių. Lietuvoje mažesnių miestelių bei kaimų problemos dažnai siejamos su pustūštėmis VT priemonėmis. Norinčių naudotis VT paslaugomis nedaug, todėl dažnai kaimuose bei priemiesčiuose

autobusai veža vos 5 keleivius, kartais šis skaičius nesiekia 2. Seni autobusai su taršiais varikliais dažnai veža keleivių skaičių, gerokai mažesnę nei jų vietų skaičius. Toks VT organizavimas ir tokių transporto priemonių eksploatacija yra ekonomiškai neefektyvus.



2.3 pav. Keleivių apyvartos duomenų žemėlapis: a) keleivių apyvarta priemiestinio susisiekimo maršrutuose; b) keleivių apyvarta tolimojo susisiekimo maršrutuose (sudaryta autorės)

Fig. 2.3. Passenger turnover data map: a) passenger turnover on suburban transport routes; b) passenger turnover on intercity routes (compiled by the author)

Siekiant įvertinti COVID-19 poveikį Lietuvos keleivių vežimui autobusais ir įžvelgti prognozes Lietuvos keleivių vežimui 2020 m., ir po 2020 m., buvo atlikta ekspertų apklausa. Ekspertai mano, kad vidutiniškai tolimojo keleivių vežimo Lietuvoje apimtis sumažės 30–90 %, o vietinis (miesto ir priemiesčio) keleivių vežimas mažės 20–40 %. Ekspertų nuomone, Lietuvos keleivių vežimo autobusais sektorius atsigaus per 1–2 m. Greičiausiai, manoma, atsigaus vietinis (miesto ir priemiesčio) keleivių vežimas autobusais (Baltic Institute for Research and Development, 2020). Dėl COVID-19 pandemijos sukeltų pasekmių laikinai sumažėjus pervežamų keleivių skaičiui tolimojo reguliaraus susisiekimo maršrutuose, vežėjai, siekdami patirti kuo mažiau nuostolių, atsisako ir artimiausioje ateityje gali dar atsisakyti vežti keleivius nustatytais maršrutais ir praretinti maršrutų tinklą. Įvestos karantino sąlygos lėmė darbuotojų prastovas ir drastišką paslaugų vartotojų skaičiaus sumažėjimą: moksleiviai ir studentai mokosi nuotoliniu būdu, dauguma įmonių darbuotojų taip pat dirba iš namų, vyresnio amžiaus žmonės nevyksta į gydymo įstaigas, nes abejojama dėl VT saugumo sveikatos apsaugos požiūriu. Jau 2023 m. duomenys parodė, kad didieji Lietuvos miestai pasiekė priešpandeminį lygį VT sektoriuje, o tolimojo susisiekimo maršrutai atsigauna lėčiau. Greičiausiai „ikipandeminį“ lygį keleivių srautai pasiekė Klaipėdos m. savivaldybėje.

Regioninis VT susideda iš dviejų VT paslaugos rūšių – priemiestinių ir tarpmiestinių maršrutų VT. Priemiestinis VT aptarnauja tankiau apgyvendintas vietas prie didžiųjų miestų, o tarpmiestinis – visą regionų teritoriją. Regionų aptarnavimas VT susideda iš abiejų šių komponentų, kurie vienas kitą papildo ir dubliuoja. Svarbu išanalizuoti šias abi VT paslaugų teikimo rūšis.

Didžiausias pervežtų keleivių skaičius 2019 m. priemiestinio susisiekimo maršrutuose užfiksuotas Šalčininkų rajono (1 558 700 keleivių), Vilniaus rajono (1 433 500 keleivių), Druskininkų (1 240 000 keleivių) savivaldybėse. Didžiausias pervežtų keleivių skaičius per metus tolimojo susisiekimo maršrutuose užfiksuotas Klaipėdos rajono (341 000 keleivių), Mažeikių rajono (272 600 keleivių) ir Rokiškio rajono (270 300 keleivių) savivaldybėse.

2.1.3. Viešojo transporto veiklos ir infrastruktūros veiksnio vertinimo kriterijai

Pasak Eboli & Mazzulla (2012), VT veiklos kategorijai priskiriamos autobusų linijos maršruto charakteristikos pagal maršrutą ir aprėptį, autobusų stotelių skaičių, atstumą tarp stotelių, stotelių vietą ir paslaugos ypatybes, tokias kaip paslaugos dažnumas, paslaugų trukmė, kelionės laikas ir persėdimų poreikis.

VT prieinamumas, geresnis maršrutų valdymas ir VT integruotų eismo sistemų sukūrimas prisidėtų prie emigracijos tendencijų kaimo vietovėse pasikeitimo ir taip pagerintų regionų gyvenimo kokybę (Šipuš & Abramović, 2017). VT infrastruktūra ir paslaugų savybės yra laikomos esminiais kelionių pasiūlos komponentais.

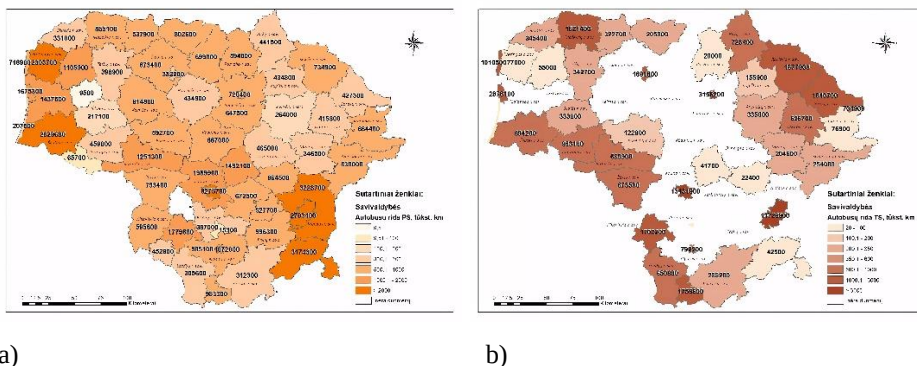
Nagrinėjama VT veiklos ir infrastruktūros kriterijų grupė susideda iš autobusų ridos priemiestinio ir tolimojo susisiekimo maršrutais, autobusų skaičiaus, autobusų maršrutų skaičiaus, autobusų maršrutų dažnio, autobusų stotelių pasiekiamumo ir vienam gyventojui tenkančio kelionių autobusais skaičiaus.

Autobusų rida priemiestinio ir tolimojo susisiekimo maršrutais. Rida – visų autobusų nuvažiuoti kilometrai per ataskaitinį laikotarpį. Į kriterijų įeina su keleiviais ir be keleivių kelių VT priemonių nuvažiuoti kilometrai.

Remiantis 51 savivaldybės duomenimis (2.4 pav., a), didesnė kaip 2 mln. km/metus autobusų rida priemiestinio susisiekimo maršrutais pastebima Kauno m. sav., Vilniaus r. sav., Šalčininkų r. sav., Vilniaus m. sav., Kretingos r. sav., Šilutės r. sav. Mažiausiai kilometrų per metus priemiestiniais maršrutais nuvažiuota Rietavo sav. (9,5 tūkst. km), Birštono sav. (15,1 tūkst. km/metus) bei Pagėgių sav. (65,7 tūkst. km/metus).

Remiantis 2019 m. sukauptais Valstybės duomenų agentūros duomenimis (analizuota duomenų imtis – 38 savivaldybės), didžiausia autobusų rida tolimojo susisiekimo maršrutais užfiksuota pagrindiniuose Lietuvos miestuose:

Kauno m. sav. (13,13 mln. km/metus), Vilniaus m. sav. (11,73 mln. km/metus), Panevėžio m. sav. (3,16 mln. km/metus), Klaipėdos m. sav. (2,88 mln. km/metus) ir Šiaulių m. sav. (1,89 mln. km/metus) (2.4 pav., a). Iš surinktų duomenų (2.4 pav., b) mažiausia autobusų rida tolimojo susisiekimo maršrutais nustatyta Pasvalio r. sav. (20,0 tūkst. km/metus) ir Širvintų r. sav. (22,4 tūkst. km/metus).



a)

b)

2.4 pav. Autobusų ridos duomenų žemėlapis: a) autobusų rida priemiestinio susisiekimo maršrutuose; b) autobusų rida tolimojo susisiekimo maršrutuose (sudaryta autorės)

Fig. 2.4. Bus mileage data map: a) bus mileage on suburban transport routes; b) bus mileage on intercity routes (compiled by the author)

Palyginus 2019 m. ir popandeminių 2022 m. Valstybės duomenų agentūros duomenis, tolimojo susisiekimo maršrutų autobusų rida sumažėjo 27 %. Tolimojo susisiekimo maršrutų VT paslaugų teikimo sistema normalizuojasi lėčiau nei priemiestinio VT sistema. Palyginus 2019 ir 2022 m. autobusų ridos duomenis, bendra priemiestinio VT autobusų rida 2022 m. buvo 15 % mažesnė nei 2019 m. prieš COVID-19 pandemiją. Akivaizdu, kad per pandemiją žmonės atprato nuo VT paslaugų (performavo savo įpročius, pertvarkė savo dienvartę), ir kai kurie šalies gyventojai pirmenybę teikia kelionėms nuosavais automobiliais.

Siekiant įvertinti COVID-19 poveikį Lietuvos keleivių vežimui autobusais ir išvelgti prognozes jau 2023 m., buvo atlikta analizė, kurios duomenys parodė, kad didieji Lietuvos miestai pasiekė ikipandeminį lygį VT sektoriuje, o tolimojo susisiekimo maršrutai atsigauja lėčiau. Greičiausiai atsigavo Klaipėdos miesto VT maršrutai.

Autobusų ir autobusų maršrutų skaičius. Geriausias maršrutas – tai toks maršrutas, kuris patenkintų tiek vairuotoją, tiek keleivį. Priimtinas yra tiek trumpiausias, tiek greičiausias maršrutas. Dažnu atveju regionų keleivius aptarnaujantys autobusai būna perpildyti ir neturi galimybės priimti visų keleivių, laukiančių stotyse (stotelėse). Tokiu atveju keleiviai priversti labai ilgai laukti kito autobuso. Afukaar et al. (2019) tiriant kelionių patogumą interviu metodu, buvo

apklausti keleiviai, kurie nurodė, kad autobusų perkrovos sukelia didelį vežimų nepatogumą. Pažymėtina, kad apklaustieji nurodė, jog autobusų perpildymas jiems yra priimtinesnis, nei valandą arba dvi laukti kito autobuso.

Remiantis 2019 m. duomenimis, daugiausiai VT autobusų aptarnavo Vilniaus rajono (85 autobusai), Klaipėdos rajono (78 autobusai) ir Visagino (78 autobusai) savivaldybių gyventojus. Didžiausias autobusų maršrutų skaičius užfiksuotas Klaipėdos rajono (197 maršrutai), Telšių rajono (98 maršrutai), Tauragės rajono (95 maršrutai) savivaldybėse.

Autobusų stotelių pasiekiamumas. Kuriant regioninio VT sistemą, numatomos subalansuotos prieigos prie regioninių VT stočių / stotelių. Michniak (2010) savo darbe regionų erdvinį pasiekiamumą apibrėžia kaip lengvumą pasiekti regioną iš kitų miestų ar kitų regionų. Labai svarbu, kad visi gyventojai būtų pasiekiami ir turėtų galimybę pasinaudoti VT. Iš ankstesnių tyrimų žinoma, kad pasiekiamumas lemia transporto paklausą kaimuose ir gyvenvietėse. Pasiekiamumas yra labai svarbus socialinio mobilumo veiksnys, nes skatina mobilumą ir socialinę įtrauktį (Plazinić & Jović, 2018). Mažo tankio vietovių keleiviai, kur autobusų stotelių tinklas nėra gerai išvystytas, susiduria su vadinamąja „paskutinio kilometro problema“ (angl. *last mile problem*) (Wang & Odoni, 2016). Bos (2017) savo darbe pateikia pirmojo ir paskutinio kilometro apibrėžimą – atstumas nuo gyvenamosios vietos iki artimiausio transporto mazgo, iš kurio galima toliau keliauti keliomis kryptimis. Nors kaimo vietovėse dauguma kelionių vyksta asmeniniais automobiliais, VT pasiekiamumas tampa itin svarbus, ypač atsižvelgiant į ribotas vyresnio amžiaus žmonių judėjimo galimybes. Taip pat nuo su transportu susijusios socialinės atskirties padarinių daugiausia kenčia žmonės, turintys negalią, vyresnio amžiaus žmonės, paaugliai, vargšai, vyresnio amžiaus ir (ar) žmonių, turinčių negalią, socialinės priežiūros darbuotojai.

Rečiau apgyvendintose teritorijose žmonės gyvena išsibarsčiusiai, todėl daugeliu atvejų dalis tokių vietovių lieka nepasiekiamos VT dėl ekonominių priežasčių. VT operatoriams nėra finansiškai naudinga organizuoti maršrutus į vietas, kuriose gyventojų skaičius yra nedidelis. Dažnai neįmanoma užtikrinti pasiekiamumo visoms atokioms vietovėms, kuriose būtų reguliariai aptarnaujama VT.

Teritorija atitinka gyventojų gyvenimo kokybę, jeigu pasiekiamos tokios užstatytų teritorijų pasiekiamumo reikšmės (Ušpalytė-Vitkūnienė & Burinskienė, 2006):

- 1) teritorija yra laikoma visiškai pasiekiamą, kai VT pasiekiamą 80–100 % ploto;
- 2) teritorija yra laikoma lengvai pasiekiamą, kai VT pasiekiamą 60–80 % ploto;
- 3) teritorija yra pasiekiamą, kai VT pasiekiamą 40–60 % ploto;
- 4) teritorija yra sunkiai pasiekiamą, kai VT pasiekiamą 20–40 % ploto;

5) teritorija yra nepasiekiamą, kai VT pasiekiamą iki 20 % ploto.

Trembošová et al. (2020) tyrimo rezultatai parodė, kad yra tam tikra kelionės atstumo, laiko ir persėdimų skaičiaus riba, dėl kurios keliaujantys asmenys pasirenka galimybę keliauti nuosavu automobiliu. Atstumas tarp VT stotelių įvairiose vietovėse skiriasi: mieste dominuoja 300–500 m, o užmiestyje iki stotelių einama daug ilgiau (Sun et al., 2018).

Bruzzzone et al. (2020) išnagrino skirtumą tarp miesto ir priemiesčio rajonų gyventojų požiūrio į naudojimąsi autobusu. Respondentai, gyvenantys priemiesčio rajonuose, teigė, kad norėtų mažiau naudotis savo automobiliais ir pereiti prie autobuso teikiamos paslaugos – to nepadarė dėl VT sistemos trūkumų. Jie pabrėžė, kad norint pasiekti artimiausią autobusų stotelę reikia nueiti daugiau nei 1 km ir skundėsi dėl ilgo laukimo laiko autobusų sustojio vietose (stotelėse). Hansson et al. (2021) taip pat nurodė, kad 1000 m atstumas yra kelionių iki autobusų stotelės pėsčiomis riba.

Akbari et al. (2018) pasiekiamumą iki regioninio VT stotelės apibrėžia 800 m spinduliu. Daugelyje tyrimų naudojamas šis ėjimo atstumas, tačiau yra ir kitų tyrimų, kurie rodo, kad nemažai keleivių sveikatingumo sumetimais neprieštarauja eiti žymiai toliau (Hansson et al., 2019). Pavyzdžiui, 90 % Amsterdamo gyventojų, keliaujančių regioniniais VT autobusais, pėsčiomis nueina 1200–1500 m atstumus (Brand et al., 2017). Australijos Perčio priemiesčio gyventojų kelionės iki stotelių yra dar ilgesnės, nes daugelis keleivių eina net 2–3 km iki VT stotelių (Ker & Ginn, 2003).

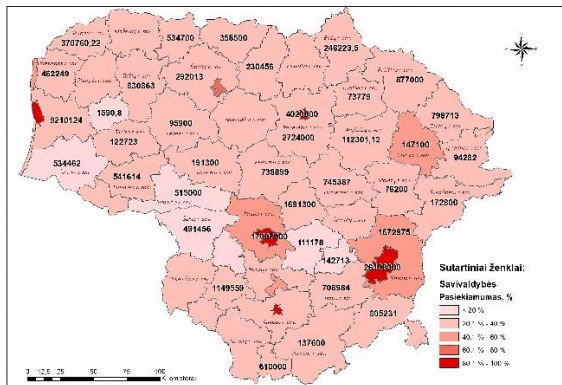
Remdamiesi surinktais duomenimis, Plazinić & Jović (2018) nustatė, kad priimtinas atstumas pėsčiomis iki autobusų stotelės regionuose yra iki 700 m, o dviračiais – nuo 700 iki 2945 m. Stentzel et al. (2016) apibrėžė, kad maksimalus atstumas iki VT stotelių yra 1000 m, o persėdimo atveju atstumas tarp autobusų stotelių yra 250 m. Didesni atstumai iki autobusų stotelių labiau priimtini žmonėms, gyvenantiems atokesnėse kaimo vietovėse, nei gyvenantiems lengviau pasiekiamose kaimo vietovėse (Plazinić & Jović, 2018).

Čekijos Respublikos Pietų Moravijos regionas priėmė atstumo standartą, kad artimiausios stotelės pasiekiamumas turi būti ne daugiau kaip 2000 m nuo kiekvienos regiono gyvenamosios vietos (Šťastná & Vaishar, 2017).

Pasirodo, kad atokiau nuo artimiausios autobusų stotelės gyvenantys žmonės VT naudoja dažniau. Tą įrodo Bos (2017) atliktas tyrimas. Respondentai, gyvenantys daugiau nei 3000 metrų nuo artimiausios autobusų stotelės, 46 % kasdien naudoja VT, o gyvenantys mažiau nei 500 metrų atstumu nuo artimiausios autobusų stotelės, tik 32 % kasdien naudoja VT paslauga.

Remiantis priimta praktika, VT stotelė regionuose turi būti nutolusi ne daugiau kaip 1 km nuo urbanizuotų teritorijų. Teorinio tyrimo metu Lietuvos regioninių savivaldybių teritorijų pasiekiamumas buvo vertinamas 1 km atstumu. Analizuojant VT pasiekiamumą 1 km atstumu, nustatyta, kad nė vienoje iš

Lietuvos regioninių savivaldybių VT pasiekiamumo kriterijus nėra didesnis nei 50 %. Iš 2.5 pav. duomenų matoma, kad geriausias 1 km pasiekiamumas yra Birštono sav. (48, 2 %), Kauno r. sav. (42,1 %), Vilniaus r. sav. (41,8 %) ir Utenos r. sav. (40,5 %). Pagrindinis dėmesys turėtų būti skiriamas savivaldybėms, kuriose VT pasiekiamumo kriterijus yra mažesnis nei 20 %. Lietuvoje yra 7 tokios savivaldybės – Vidurio ir Vakarų Lietuvoje.



2.5 pav. Teritorijų, pasiekiamų 1 km atstumu nuo VT stotelių, LR žemėlapis (sudaryta autorės)

Fig. 2.5. Map of Lithuanian areas accessible within a 1 km distance from public transport stops (compiled by the author)

Autobusų kursavimo dažnis. Vertinant viešojo transporto prieinamumą, vien pasiekiamumo kriterijaus nepakanka. Net jei asmuo gyvena šalia autobusų stotelės, prieinamumas taip pat priklauso nuo kitų veiksnių, įskaitant paslaugų teikimo dažnumą. Labai dažnai atokiose teritorijose autobusai kursuoja kas valandą, tačiau būna ir išimčių, kai maršrutai yra nevykdomi (vidury ryto ir ankstyvą popietę). VT dažnumui įtaką daro ir kiti veiksniai: automobilizacijos lygis, centrinių ir (arba) regioninių įstaigų subsidijos, transporto kokybė, bilietų kainos ir kt. (Št’astná et al., 2015).

Į kaimo transportą būtina pažvelgti naujai, atsižvelgiant į tai, kad VT kokybė didžiuosiuose miestuose ir priemiesčiuose skiriasi nuo kaimo vietovių. Atokesnėse teritorijose VT paslaugos yra teikiamos retai, dažnai baigiamos teikti anksti vakare ir paprastai nėra teikiamos savaitgaliais. Pavyzdžiui, Kroatijoje Sisak-Moslavina apskrityje gyventojų mobilumas yra nepakankamas, kadangi priemiesčio maršrutu Sisakas-Blinjski kut autobusai kursuoja tik kas 3 valandas (Šipuš & Abramović, 2017).

Vokietijos Žemutinės Saksonijos regiono priemiesčiuose VT priemonė važiuoja maždaug tris kartus per valandą arba kas 30 min. Visuose kituose kaimuose

ir gyvenvietėse aptarnavimo dažnis – kartą per valandą arba kas 45 min. (Carlow et al., 2021). Olandijos priemiesčiuose vyrauja 15–30 min. VT dažnis, o kaimuose – 30–60 min. dažnis (Van de Velde et al., 2010).

Čekijos Pietų Moravijos regionas tikėjosi VT aprėpties visoje teritorijoje ir kokybiškos paslaugos, kuri patenkintų maksimalius gyventojų reikalavimus. Pietų Moravijos regiono integruota transporto sistema (angl. *Integrated Transport System of the South-Moravian Region*) paskelbė reikalavimą, kad kiekviena kaimo gyvenvietė turėtų būti aptarnaujama VT mažiausiai 6 kartus per dieną darbo dienomis ir mažiausiai 3 kartus per dieną savaitgaliais ir švenčių dienomis. Nurodoma, kad 6 kartų per darbo dieną dažnis taikomos tik atokiausiose teritorijose, o kaimo vietovės, esančios arčiau pagrindinių kelių, turi būti aptarnaujamos dažniau (Štátná & Vaishar, 2017).

Šveicarijos Veinlandas yra žinomas kaip aukštą VT paslaugų kokybę teikiantis regionas, kadangi čia darbo dienomis teikiamos valandinės (arba du kartus per valandą) traukinių ir autobusų paslaugos nuo 6 iki 24 val. (Peterson, 2014; Petersen & Mees, 2010). Kitas pavyzdys – Lū gyvenvietė (62 gyventojai), kurią autobusai aptarnauja 6 kartus į abi puses per dieną ir 2 papildomais reisais vasarą (Peterson, 2014). Atokiose teritorijose, autobusai kursuoja kas valandą, tačiau būna išimčių, kai maršrutai nevykdomi (paprastai ryte ir ankstyvą popietę). Labai dažnai priemiesčiuose ir atokiose rajonuose maršrutų dažnį veikia moksleivių kelionių iš mokyklų tvarkaraštis, jų atostogų laikas (Stentzel et al., 2016).

Regioninio VT maršrutų dažnio palyginimai įvairiuose užsienio šalių regionuose pateikti 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Regioninio VT maršrutų dažnis užsienio šalyse (sudaryta autorės)

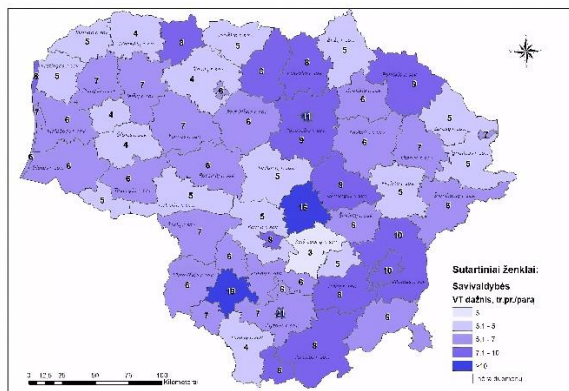
Table 2.2. Frequency of regional public transport routes in foreign countries (compiled by the author)

Šaltinis (autoriai)	Šalis ar regionas	Regioninio VT maršrutų dažnis
Šipuš & Abramović, 2017	Sisak-Moslavina apskritis Kroatijoje	kas 3 valandas priemiestiniu maršrutu Sisak–Blinjski Kut
Štátná & Vaishar, 2017	Pietų Moravijos regionas Čekijos Respublikoje	6 kartus per dieną darbo dienomis ir ne mažiau kaip 3 kartus per dieną savaitgaliais ir švenčių dienomis
Peterson, 2014; Petersen & Mees, 2010	Weinlandas Šveicarijoje	1 kartą arba 2 kartus per valandą darbo dienomis nuo 6 ryto iki vidurnakčio
Peterson, 2014	Lū kaimas Šveicarijoje	6 kartus per dieną ir 2 papildomi maršrutai vasarą
Carlow et al., 2021	Žemutinės Saksonijos regionas Vokietijoje	priemiesčiuose 3 kartus per valandą arba kas 30 min; kaimuose ir gyvenvietėse 1 kartą per valandą arba kas 45 min.
Van de Velde et al., 2010	Olandija	dažnis priemiesčiuose: kas 15–30 min.; dažnis kaimuose: kas 30–60 min.

Malaizijos pusiasalyje buvo atlikti tyrimai, kurių metu pateikta empirinė fiksuoto maršruto miesto ir kaimo autobusų paslaugų valandinio lygio (LOS) analizė, kurios metu laikoma, kad daugiau kaip 60 min. maršrutų dažnis nepatrauklus visiems keleiviams, o 21–30 min. dažnis nepatrauklus daliai keleivių (Ponrahono et al., 2018).

Viešojo transporto paslaugų dažnumas, išreikštas laukimo trukme, taip pat daro įtaką vyresnio amžiaus žmonių kelionių pasirinkimui. Remiantis Szeto et al. (2017) tyrimų duomenimis, pagyvenę žmonės dažniausiai VT keliauja tarp 10 ir 11 valandos, kad išvengtų spūsties. Tokiu laiko intervalu daugumos VT maršrutų dažnumas yra sumažintas, o tai vėlgi sukelia ilgesnį laukimo laiką. Juolab jeigu autobusų stotelėse neįrengti pavidlonai, autobusų laukimas sukelia žmonėms papildomų nepatogumų (žiemą krentant sniegui, pučiant vėjui, lyjant arba karštą vasaros dieną).

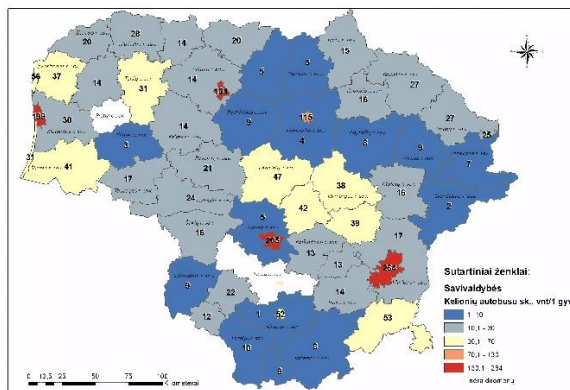
Pagal duomenis, kurie buvo gauti tyrimų metu, didesnis nei 10 autobusų/parą maršrutų dažnis pastebimas Alytaus m. sav., Marijampolės sav., Jonavos r. sav. ir Panevėžio m. sav. Blogiausiai aptarnaujamos yra Kaišiadorių r. sav., Rietavo sav., Šiaulių r. sav., Šilalės r. sav., Lazdijų r. sav., Mažeikių r. sav. Šiose savivaldybėse vidutiniškai kursuoja tik 3–4 autobusai/parą. Iš 2.6 pav. duomenų matyti, kad dėl mažo VT paslaugų teikimo dažnio daugelių savivaldybių gyventojai neturi galimybės nuvykti į paskirties vietą arba grįžti iš jos.



2.6 pav. VT paslaugų teikimo dažnio žemėlapis (sudaryta autorės)

Fig. 2.6. Public transport service frequency map (compiled by the author)

Vienam gyventojui tenkantis kelionių autobusų skaičius. Dar vienas kriterijus – kelionių autobusais skaičius, tenkantis vienam gyventojui per parą, vadinamas gyventojų mobilumu.



2.7 pav. Kelionių autobusu skaičius, tenkantis vienam gyventojui (sudaryta autorės)
Fig. 2.7. Number of bus trips per capita (compiled by the author)

Remiantis 2019 m. Valstybės duomenų agentūros duomenimis (2.7 pav.), kelionių autobusais skaičius, tenkantis vienam gyventojui, buvo didžiausias Šalčininkų rajono (53), Kėdainių rajono (47), Jonavos rajono (42) savivaldybėse.

2.1.4. Automobilizacijos veiksnio vertinimo kriterijai

Automobilizacijos kriterijų grupė susideda iš automobilių kelių ilgio, automobilizacijos lygio ir lengvųjų automobilių skaičiaus.

Automobilių kelių ilgis. VT kaimo vietovėse nėra išplėtotas dėl mažo vartotojų skaičiaus, todėl jis nepatenkina keleivių poreikių: yra nepasiekiamas, nenuspėjamas, aukštos kainos ir perpildytas (Hine, 2014). Tokiose situacijose atokiose gyvenvietėse privatus automobilis lieka vienintele įmanoma transporto priemonė.

Valstybė skatina kuo dažniau naudotis VT, kad sumažėtų transporto spūstys, triukšmas, oro tarša ir socialinė atskirtis (Ušpalytė-Vitkūnienė et al., 2020). VT paslaugas reikia organizuoti taip, kad jos taptų patrauklesne alternatyva asmeniniam automobiliui.

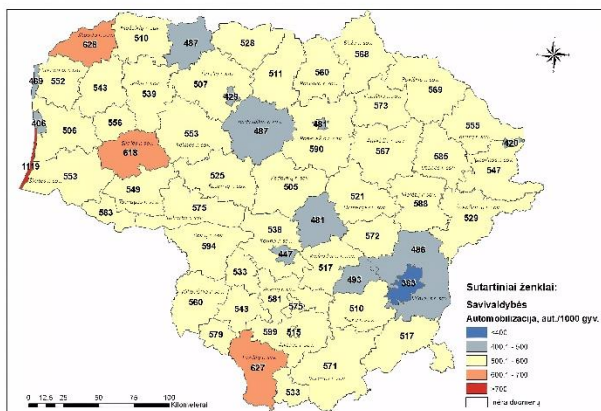
Didžiausias automobilių kelių ilgis 2019 m. nustatytas Vilniaus rajono (3244 km), Kelmės rajono (2561 km) ir Telšių rajono savivaldybėse (2407 km).

Lengvųjų automobilių skaičius. Gyventojų gyvenimo lygio kilimas kelia grėsmę VT pasirinkimo pirmumui, kadangi vis daugiau žmonių renkasi privatų, greitesnį ir patogesnį transportą (Ušpalytė-Vitkūnienė et al., 2020). Pažymėtina, kad remiantis oficialiais privataus automobilio naudojimo skaičiavimo rezultatais, automobilio naudojimas yra pigesnis tik važiuojant trumpais atstumais su sąlyga, kad vežamas daugiau nei vienas asmuo (Štastná & Vaishar, 2017).

Remiantis 2019 m. duomenimis, didžiausias lengvųjų automobilių skaičius fiksuojamas Kauno rajono (52 491 lengv. aut.) ir Vilniaus rajono (49 599 lengv. aut.) savivaldybėse.

Automobilizacijos lygis. Gyvenvietės kaimo vietovėse ir aplink miestus toliau sparčiai plečiasi. Atokiose teritorijose gyvenantys keleiviai daugiausiai naudojami privačiais automobiliais, o tai sukelia spūstis, automobilių stovėjimo ir aplinkosaugos problemas. Dėl mažo gyventojų tankio ir ribotos kelionių paklausos, teikti aukštos kokybės VT paslaugas kaimo vietovėse yra sudėtinga. Tai nulemia didelę kaimų, priemiesčių gyventojų priklausomybę nuo privačių automobilių (Hansson et al., 2021). Kaimo vietovėse gyventojų tankumas yra mažas, todėl VT pasiūla dažnai yra ekonomiškai neefektyvi ir gyventojai tampa priklausomi nuo privačių automobilių. Taip yra dėl ilgų kelionių atstumų, per mažo vietinių gyventojų tankumo, todėl sunku sukurti veiksmingą ir tvirtą VT paslaugą, kuri taptų perspektyvia alternatyva privačioms transporto priemonėms (Poltimäe et al., 2022).

Dėl didėjančio lengvųjų automobilių skaičiaus (kuris gali daug geriau patenkinti mobilumo poreikius) VT paslaugų keleivių skaičius nuolat mažėja. ES 2010–2019 m. lengvieji automobiliai sudarė 82,0–83,1 % vidaus keleivių vežimų. Dėl COVID-19 pandemijos automobilių dalis 2020 m. išaugo iki 87,2 %, o tarp miestinių autobusų ir troleibusų sumažėjo iki 7,4 %. 2021 m. ES vyraujanti keleivių vežimo rūšis vidaus keliais buvo lengvieji automobiliai (86,3 %). Autobusai ir troleibusai sudarė 7,7 %, traukiniai – 6,0 %. Išnagrinėjus ES valstybes nares, didžiausia lengvųjų automobilių naudojimo dalis užfiksuota Juodkalnijoje – 98,5 % ir Lietuvoje – 94,7 %. Ir atvirkščiai, mažiausia lengvųjų automobilių naudojimo dalis užfiksuota Turkijoje ir Vengrijoje – atitinkamai 74,0 % ir 79,3 % (Eurostat, 2023).



2.8 pav. Lietuvos automobilizacijos lygio žemėlapis (sudaryta autorės)
Fig. 2.8. Map of Lithuania's level of motorisation (compiled by the author)

Automobilių spūstys keliuose – viena didžiausių problemų net ik Lietuvoje, o ir kitose pasaulio šalyse. Spūstys vis didėja ir įvairiais vertinimais ES kainuoja apie 1 % nuo BVP (Kičas, 2015).

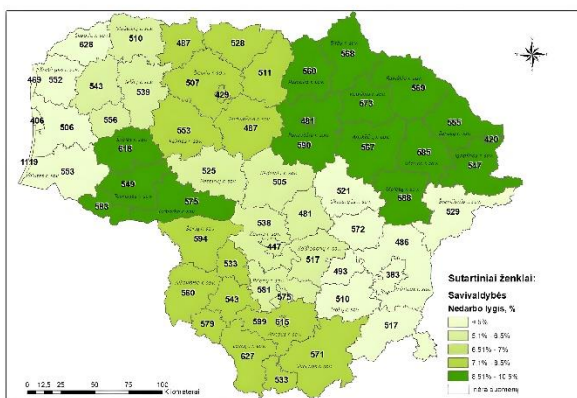
Pagal 2019 m. duomenis, didžiausias automobilizacijos lygis nustatytas Neringos (1119 aut./1000 gyv.), Skuodo rajono (628 aut./1000 gyv.), Lazdijų rajono (627 aut./1000 gyv.) savivaldybėse (2.8 pav.).

2.1.5. Ekonominės padėties veiksnio vertinimo kriterijai

Ekonominės padėties kriterijų grupė susideda iš nedarbo lygio, vidutinio darbo užmokesčio, pajamų už parduotus bilietus, kompensacijų bei dotacijų ir finansavimo kriterijaus.

Nedarbo lygis. Johnson et al. (2017) siūlo VT sistemos prieinamumą laikyti gyvybiškai svarbiu kriterijumi, siekiant, kad kuo daugiau žmonių dirbtų. Nedarbo lygis – kriterijus, išreiškiamas bedarbių ir darbo jėgos santykiu.

Iš 2.9 pav. pateiktų duomenų matoma, kad mažiausias nedarbo lygis yra Vilniaus regione (vidutiniškai 4,4 %), o didžiausias nedarbas yra Utenos regione (vidutiniškai 10,5 %). Miesto savivaldybėse nedirbantys ir mažesnes pajamas gaunantys žmonės negali leisti sau įsigyti automobilį ir jį išlaikyti, todėl darosi priklausomi nuo VT sistemos. Regiono savivaldybėse nedirbantys žmonės atlieka mažiau kelionių, todėl jų priklausomybė nuo VT sistemos ne tokia didelė kaip dirbančių.

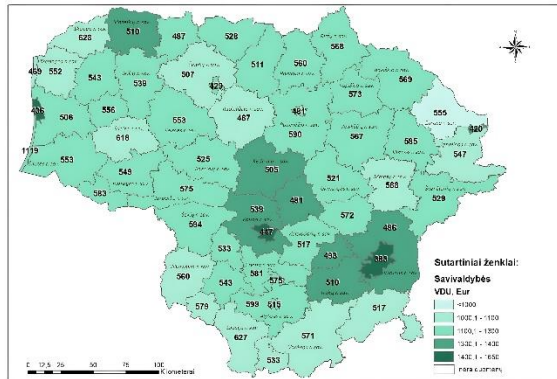


2.9 pav. Gyventojų nedarbo lygio pasiskirstymo žemėlapis (sudaryta autorės)
Fig. 2.9. Population unemployment rate distribution map (compiled by the author)

Vidutinis darbo užmokestis. Gyventojų vidutinis darbo užmokestis turi tam tikros įtakos VT paklausai. Nuo darbo užmokesčio ir bilietų kainos priklauso, ar VT paslauga yra visuomenei įperkama. Žinoma, piniginės išlaidos nėra

svarbiausias veiksnys pereinant prie VT, išskyrus tuos vartotojus, kurie gauna mažas pajamas ir kuriems kelionės išlaidos yra esminiai gyvenimo kaštai. *Christchurch City Council* (CCC) (2017) atlikto tyrimo, kuriame dalyvavo 4500 žmonių, per pastaruosius 12 mėnesių besinaudojančių VT paslauga, rezultatai parodė, kad 29 % apklaustųjų norėtų mažesnių bilietų kainų. Šis žingsnis paskatintų juos keliauti VT. Tačiau mažos bilietų kainos gali turėti neigiamą poveikį VT paslaugų kokybei. Nors bilietų kainų mažinimas gali pritraukti daugiau keleivių, užtikrinti pakankamą kompensavimą tampa sudėtinga, todėl vežėjų pajamos mažėja, o VT paslaugų kokybė gali pablogėti.

Didžiausias vidutinis darbo užmokestis yra Kėdainių rajono, Kauno rajono, Trakų rajono, Jonavos rajono, Elektrėnų, Mažeikių rajono, Vilniaus rajono ir Visagino savivaldybėse (2.10 pav.). Šis kriterijus šiose savivaldybėse svyruoja nuo 1391,6 Eur iki 1300,7 Eur.



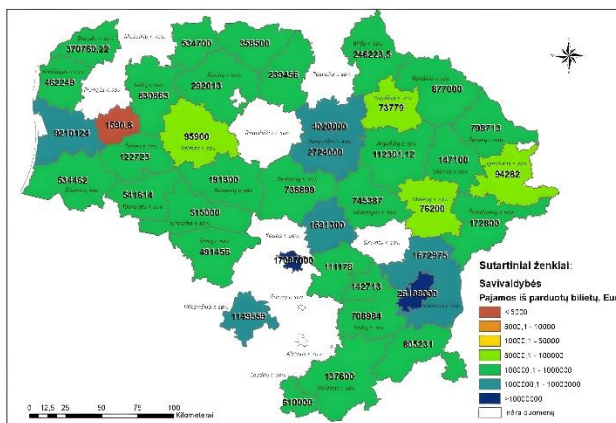
2.10 pav. Vidutinio darbo užmokesčio žemėlapis (sudaryta autorės)

Fig. 2.10. Average salary map (compiled by the author)

Pajamos už parduotus bilietus. VT paslauga turi būti prieinama visoms višumenės socialinėms grupėms pagal kainą, atitiktį keliamiems kokybiniais reikalavimams, o kartu teikti ir ekonominę naudą vežėjams. Pajamos už parduotus bilietus – ekonominio efektyvumo kriterijus, kuris yra svarbus planuojant tarifų ir kainų sistemas. Bilietų kainos yra vienas iš pagrindinių VT vežėjų pajamų šaltinių. Kainos dydis yra svarbus ne tik keleiviams, bet ir vežėjams, nes didėjant paslaugos kainai, dažnai padidėja ir pajamos. Lietuvoje keleivių vežimo reguliariais reisais vietinio susisiekimo maršrutais konkrečius tarifų dydžius nustato savivaldybių tarybos. Siekiant darnaus VT vystymosi ir lygiaverčių rinkos sąlygų, savivaldybės nustato vienodus įkainius 1 km keleivio bilietams įsigyti. Atskiriems

maršrutams gali būti nustatomi skirtingi tarifų dydžiai. Tolimojo susisiekimo bilietų kainos priklauso nuo nuvažiuoto atstumo, o maksimalias tarifų ribas nustato SM.

Pagal autorės atliktos apklausos duomenis, surinktus iš 40 savivaldybių (2.11 pav.), daroma išvada, kad 2019 m., vykdant keleivių vežimo visuomeniniu transportu veiklą, daugiausia pajamų gavo Vilniaus m. ir Kauno m. savivaldybės aptarnaujantys priemiestinio ir tolimojo susisiekimo maršrutų vežėjai. Iš regioninių savivaldybių didžiausias pajamas už parduotus bilietus gavo Klaipėdos r. sav., Panevėžio r. sav., Jonavos r. sav. ir Vilniaus r. sav. Priemiestinio ir tolimojo susisiekimo maršrutų vežėjai. Mažiausias pajamas gavo Rietavo sav. vežėjai – tik 1,6 tūkst. Eur/metus.



2.11 pav. Pajamų už parduotus bilietus duomenų žemėlapis (sudaryta autorės)
Fig. 2.11. Revenue from ticket sales data map (compiled by the author)

Kompensacijos ir dotacijos. Vežėjai yra įpareigoti užtikrinti susisiekimą, net jei sąnaudos viršija pajamas. Taip įmonės yra pasmerkiamos nuostolingai veiklai, nes nustatytos bilietų kainos nepadengia realių keleivių vežimo kaštų. Keleivinio visuomeninio transporto vežėjų patirti nuostoliai padengiami dviem išmokų tipais: kompensacijomis dėl keleiviams taikytų lengvatų, kai vežėjams kompensuojama pati lengvata, ir dotacijomis, kai pajamos su kompensacijomis nepadengia vežėjų sąnaudų.

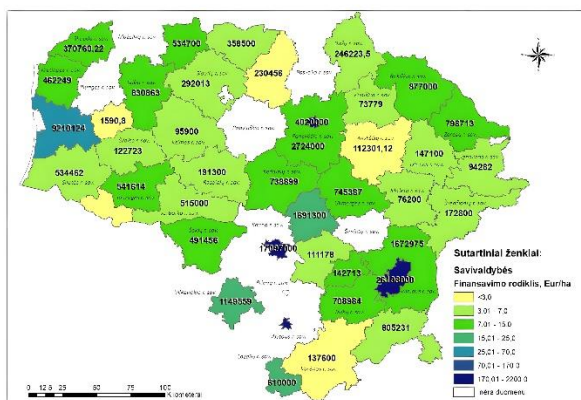
Autobusų transporto sistemos ypatumas yra tas, kad pelningi yra maršrutai, jungiantys vietinius centrus, o maršrutai, jungiantys mažas gyvenvietes, dažnai reikalauja kompensacijų (Wolański et al., 2016). Kompensacijos yra reikalingos todėl, jog esami vežimo tarifai yra mažesni už tokius, kuriuos nustačius bendrovė dirbtų pelningai.

Lietuvoje keleivinio transporto vežėjų patirtos išlaidos (negautos pajamos), susijusios su kompensacijų apmokėjimu už nemokamą arba lengvatinį keleivių (pvz.: moksleivių, studentų, vyresnių negu 70 m. asmenų ir kt.) vežimą, yra reglamentuojamos Keleivinio transporto vežėjų išlaidų (negautų pajamų), susijusių su transporto lengvatų taikymu, kompensavimo (atlyginimo) tvarkos apraše. Vežėjų negautos pajamos dėl keleiviams taikytų važiavimo reguliaraus vietinio (priemiestinio) susisiekimo autobusais lengvatų pagal kiekvieną mėnesį pateiktas ataskaitas apie su nuolaida parduotus važiavimo bilietus yra kompensuojamos iš savivaldybių biudžeto lėšų. Tolimojo reguliaraus susisiekimo vežėjai, kiekvieno mėnesio ataskaitas teikia LTSA.

Vienkartinės dotacijos suteikia viešojo keleivinio transporto įmonėms galimybes atnaujinti transporto priemonių parką ir konkuruoti rinkoje (Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija, 2008). Dotacijų dydis įvairiose šalyse ir jų regionuose skiriasi. Švedijos atveju vietinio ir regioninio VT dotacijai vidutiniškai skiriama 52 % (Johansson et al., 2017). Pavyzdžiui, Hanoveryje dotacijos padengia tik 15 % patirtų nuostolių, Stokholme – 50 %, o Den Haage – 68 %. Daugumos Baltijos šalių miestų, įskaitant Stokholmo, Kopenhagos, Malmės dotacijų dalis yra nuo 30 iki 60 % (Cats et al., 2017).

Priešingai nuo vietinio (priemiestinio) reguliaraus susisiekimo, tolimojo susisiekimo paslauga Lietuvoje nėra dotuojama iš valstybės arba savivaldybių biudžetų lėšų, kaip tai yra daroma kaimyninėje Latvijoje, kur nuostoliai tolimojo susisiekimo maršrutuose yra dengiami iš valstybės biudžeto.

2019 m. daugiausiai VT buvo kompensuojamas Rietavo ir Kupiškio rajono savivaldybėse. Didžiausią dotacijų dalį per 2019 m. gavo Kelmės rajono, Ignalinos rajono, Molėtų rajono savivaldybės aptarnaujantys VT vežėjai.



2.12 pav. Finansavimo kriterijaus duomenų bazės žemėlapis (sudaryta autorės)

Fig. 2.12. Funding criteria data map (compiled by the author)

Finansavimo kriterijus. Dar vienas nagrinėjamas ekonominis kriterijus – finansavimo kriterijus (gautų pajamų iš bilietų, dotacijų ir kompensacijų suma, padalinta iš savivaldybės ploto).

Pagal atliktos apklausos duomenis, surinktus 42 savivaldybėse (2.12 pav.), daroma išvada, kad didžiausias finansavimo kriterijus priklauso didiesiems Lietuvos miestams – Kauno, Vilniaus, Panevėžio ir Alytaus miestams. Mažiausiai finansuojamos yra Rietavo sav., Pagėgių sav., Pakruojo r. sav., Anykščių r. sav., Varėnos r. sav. Šių savivaldybių finansavimo kriterijus yra mažesnis kaip 3,0 Eur/ha. Šie ekonominiai kriterijai parodo regiono finansinį pajėgumą teikti VT paslaugas ir padidinti komforto lygį.

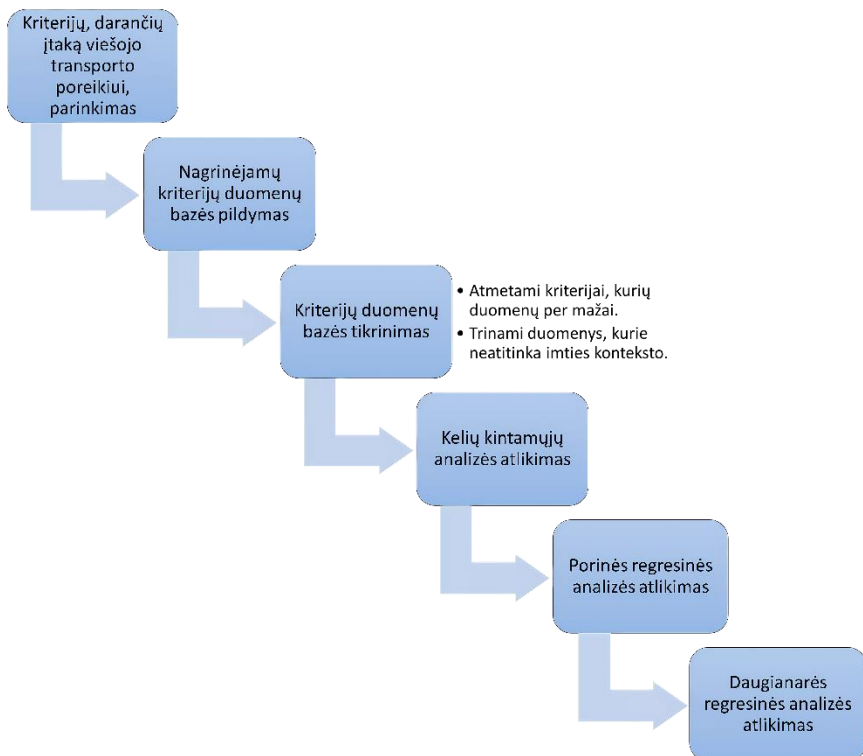
2.2. Daugianarės regresijos modelių sudarymas ir lemiančių vertinimo kriterijų nustatymas

Veiksmingas transporto koordinavimas kaimo vietovėse yra sudėtingas, atsižvelgiant į didelius atstumus ir ribotus keleivių srautus. Tokiais atvejais įprasta VT veiklos sistema būna ne pats ekonomiškiausias sprendimas. Bendro naudojimo mobilumo paslaugos, pakeičiant nepakankamai naudojamas VT transporto priemones, yra potencialus sprendimas kaimo ir retai apgyvendintose vietovėse, kuriose teikiama ribota VT paslauga (Alyavina et al., 2022). Šiame darbe kuriama regionų VT veiklos metodika, paremta naujais kriterijais regionų atrankos riboms nustatyti. Šiuose regionuose VT yra visiškai neefektyvus ir juose reikėtų ieškoti alternatyvų reguliariajam VT (pvz., VTP). Nustatomos VT darbui įtaką darančių pagrindinių kriterijų tarpusavio sąsajos, sudaromi regresinės analizės empiriniai modeliai.

Duomenų bazė, o kartu ir duomenų imtis, atspindi Lietuvos paskirstymą į 60 savivaldybių. Pagrindiniai kriterijų duomenys buvo paimti iš Valstybės duomenų agentūros duomenų bazės, ją savarankiškai papildant gautais duomenimis iš el. pašto atliktos apklausos. Apklausos metu buvo prašoma savivaldybių užpildyti duomenų lentelę, nurodant geografinę padėtį, keleivių vežėjus, metinę ridą, autobusų skaičių, pervežtų keleivių skaičių, pajamas iš parduotų bilietų, kompensacijų ir dotacijų dydį. Pagal galimybes skaičiavimams buvo naudojami 2019 m. duomenys, kadangi šiais metais naudojimas VT dar nebuvo taip daug sumažėjęs dėl pasaulyje paplitusios COVID-19 pandemijos.

Kriterijų, nuo kurių priklauso VT keleivių srautai, statistinė analizė atlikta naudojantis statistine programine įranga *Statgraphics*. Siekiant identifikuoti charakteringiausias VT poreikį veikiančius kriterijus ir jų tarpusavio sąsajas, šioje disertacijoje taikoma kelių kintamųjų, porinė regresinė ir daugianarė regresinė analizė (2.13 pav.).

Atliekant savivaldybių statistinę analizę dažnai susiduriama su daugumos savivaldybių duomenų trūkumu, kuris tampa reikšmingu iššūkiu siekiant tikslumo ir patikimumo. Duomenų stoka riboja galimybę nustatyti tvirtus ryšius tarp kriterijų, o nedidelė imtis mažina rezultatų reprezentatyvumą. Prieš atliekant regresinę analizę, būtina nuodugniai patikrinti surinktą duomenų bazę, siekiant užtikrinti duomenų priitaikomumą, analizės tikslumą ir rezultatų patikimumą. Šiame etape atmetami tie kriterijai, kurių duomenų yra per mažai, nes nepakankamas duomenų kiekis gali iškreipti analizės rezultatus arba visiškai neleisti modeliuoti ryšių tarp kintamųjų. Taip pat trinami duomenys, kurie akivaizdžiai neatitinka imties konteksto, pavyzdžiui, jei jie yra klaidingi, neatspindi realios situacijos arba neatitinka bendros duomenų struktūros. Šis duomenų valymo procesas yra esminis žingsnis siekiant sukurti patikimą ir reprezentatyvų modelį. Be to, tinkamai paruošta duomenų bazė leidžia sumažinti klaidų riziką ir užtikrina, kad analizės rezultatai būtų adekvatūs praktinėms reikmėms. Duomenų tikrinimas ir apdorojimas yra neatsiejama regresinės analizės dalis, kuri padeda pasiekti tikslesnius ir naudingesnius tyrimo rezultatus.



2.13 pav. Teorinio tyrimo atlikimo eiga (sudaryta autorės)

Fig. 2.13. Progress of theoretical research (compiled by the author)

Iš pradžių tarp visų kriterijų, pateiktų 2.1 lentelėje, atliekama kelių kintamųjų analizė (angl. *multiple variable analysis*), kurios metu apskaičiuojamos koreliacijos reikšmės tarp kintamųjų porų. Tyrime skaičiuojamas Pirsono koreliacijos koeficientas (įprastai žymimas raide r) (2.1 formulė), kuris parodo koreliacinio ryšio stiprumą tarp dviejų kintamųjų skalėje nuo -1 iki $+1$. Tobula teigiama koreliacija lygi $+1$. Tobula neigiama koreliacija lygi -1 . Jei nėra ryšio, r bus artimas 0 (Polhemus, 2005).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (2.1)$$

čia r – koreliacijos koeficientas; y – priklausomasis kintamasis; x – nepriklausomasis kintamasis; n – imties dydis (Heumann & Schomaker, 2016).

Koreliacijos koeficiento ryšio stiprumas interpretuojamas, remiantis tokiais intervalais (Čekanavičius & Murauskas, 2014):

- i. $|r| < 0,3$ yra labai silpna koreliacija;
- ii. $0,3 \leq |r| < 0,5$ – silpna koreliacija;
- iii. $0,5 \leq |r| < 0,7$ – vidutinė koreliacija;
- iv. $0,7 \leq |r| < 0,9$ – stipri koreliacija;
- v. $0,9 \leq |r| < 1$ – labai stipri koreliacija.

Kelių kintamųjų analizės metu nustatoma ir p reikšmė, kuri parodo apskaičiuotų korelacių reikšmių statistinį reikšmingumą. P reikšmės, mažesnės nei $0,05$, rodo statistškai reikšmingas nenulines koreliacijas esant $95,0\%$ pasiklovimo lygiui. Atlikta analizė rodo, kokios poros yra statistškai reikšmingos ir su kokiais kriterijais koreliuoja pagrindiniai kriterijai: keleivių skaičius per metus priemiestinio susisiekimo maršrutais (y_3), keleivių skaičius per metus tolimojo susisiekimo maršrutais (y_4), keleivių apyvarta priemiestinio susisiekimo maršrutais (y_1) ir keleivių apyvarta tolimojo susisiekimo maršrutais (y_2).

Su statistškai reikšmingais kriterijais (p reikšmė $< 0,05$) atliekama porinė regresinė analizė (angl. *simple regression*) – nustatomas tiesinis ryšys tarp priklausomojo kintamojo (y_1, y_2, y_3, y_4) ir statistškai reikšmingo kriterijaus. Porinės regresinės analizės modelio išraiška:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon, \quad (2.2)$$

čia β_0 – laisvasis narys (konstanta); β_1 – nepriklausomojo kintamojo koeficientas; ε – atsitiktinės klaidos komponentas (Mendenhall et al., 2016).

Siekiant identifikuoti charakteringiausius VT poreikiui įtaką darančius kriterijus ir jų tarpusavio sąsajas yra taikomas daugianarės regresinės analizės metodas (angl. *multiple regression*). Daugianarė regresinė analizė parodo, koks yra ryšys tarp priklausomojo kintamojo (y_1, y_2, y_3, y_4) ir visų reikšmingų nepriklausomųjų kintamųjų. Daugianarės regresinės analizės modelio išraiška:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon, \quad (2.3)$$

čia $\beta_1, \beta_2, \beta_p$ – koeficientai prie nepriklausomųjų kintamųjų; x_1, x_2, x_p – nepriklausomieji kintamieji (Polhemus, 2005).

Kai daugianarės regresinės analizės modelyje kurio nors kriterijaus p reikšmė yra didesnė arba lygi 0,05, šis kriterijus nėra statistiškai reikšmingas esant 95,0 % patikimumo lygiui. Toks kriterijus yra šalinamas iš modelio, o daugianarė regresinė analizė kartojama su likusiais kriterijais iki tol, kol visi modelio kriterijai yra statistiškai reikšmingi.

Tyrimo metu duomenų bazės duomenys buvo padalinti į 3 grupes: miestų savivaldybių duomenis, žiedinių savivaldybių duomenis ir regioninių savivaldybių duomenis. LR miestų savivaldybės sudaro 7 savivaldybės, žiedinės savivaldybės – 6, regioninės savivaldybės – 47. LR savivaldybės buvo padalintos į 3 grupes, todėl atlikus teorinį tyrimą gauti trys tyrimo rezultatų grupės.

2.2.1. Žiedinių savivaldybių viešojo transporto vertinimo kriterijų sąsajų empiriniai modeliai

Atliekant žiedinių savivaldybių statistinę analizę, iš pradžių nuspręsta iš tyrimo pašalinti $x_{19}, x_5, x_{17}, x_{18}$ kriterijus (kriterijai aprašyti 2.1 lentelėje) dėl daugumos savivaldybių duomenų trūkumo. Taip pat dėl duomenų trūkumo šiuo atveju nenagrinėjamas ryšys tarp y_5, y_2 ir visų likusių kriterijų. Po to atlikta kelių kintamųjų analizė, kurios metu nustatyta viena tarpusavyje koreliuojanti pora – y_3 ir x_4 . Taigi, šiame tyrime atliekama tik porinė regresinė analizė.

Iš C priedo 1C lentelės rezultatų matyti, kad y_3 kriterijus yra statistiškai reikšmingas, kadangi p reikšmė $< 0,05$. Šiuo atveju koreliacijos koeficientas $r = 0,937$, o tai reiškia labai stiprų koreliacijos ryšį.

Gautas porinės regresinės analizės modelis:

$$y_3 = -176120 + 0,462285x_4. \quad (2.4)$$

Remiantis (2.4) lygtimi, matoma, kaip stipriai keleivių skaičius priemiestiniuose maršrutuose priklauso nuo autobusų ridos priemiestiniuose maršrutuose. Tai rodo, kad maršrutų rida yra tiesiogiai susijusi su VT paslaugų pasiekiamumu ir patogumu keleiviams. Ilgesni maršrutai ir tankesnis transporto grafikas leidžia pasiekti daugiau gyvenviečių bei užtikrinti dažnesnį susisiekimą, o tai skatina keleivius rinktis VT vietoje asmeninio automobilio.

Dėl tam tikrų žiedinių savivaldybių kintamųjų kriterijų duomenų trūkumo ir per mažos statistinės imties (6 žiedinės savivaldybės) daugianarės regresinės analizės modelio sudaryti nepavyko.

2.2.2. Miestų savivaldybių viešojo transporto vertinimo kriterijų sąsajų empiriniai modeliai

Atliekant miestų savivaldybių analizę nuspręsta iš tyrimo pašalinti x_{19} , x_{16} , x_{17} ir x_{18} kriterijus dėl daugumos savivaldybių duomenų stokos. Taip pat ištrinti duomenys, kurie akivaizdžiai neatitinka imties konteksto.

Po to atliekama kelių kintamųjų analizė tarp priklausomojo kintamojo – y_3 ir nepriklausomųjų kintamųjų – x_{14} , x_6 , x_4 ; tarp priklausomojo kintamojo – y_4 ir nepriklausomųjų kintamųjų – x_7 , x_5 , x_6 , x_{11} , x_{13} , x_1 , x_{10} , x_{15} ; tarp priklausomojo kintamojo – y_2 ir nepriklausomųjų kintamųjų – x_7 , x_5 , x_{11} , x_{13} , x_{12} , x_3 , x_1 , x_{15} , x_{10} . Šiuo atveju kriterijus y_1 neturi koreliacinio ryšio su jokiau nagrinėjamu kriterijumi.

Atlikus porines regresines analizes, stipriausias koreliacinis ryšys nustatytas tarp priklausomojo kintamojo – y_4 ir nepriklausomojo kintamojo – x_7 . Šiuo atveju koreliacijos koeficientas $r = 0,998$, o tai yra labai stipri koreliacija.

Iš C priedo 2C lentelės rezultatų matyti, kad nepriklausomasis kintamasis yra statistiškai reikšmingas, kadangi p reikšmė $< 0,05$.

Gautas porinės regresinės analizės modelis:

$$y_4 = 41875,5 + 3294,96x_7. \quad (2.5)$$

Iš (2.5) lygties matoma, kad keleivių skaičius tarp miestiniuose maršrutuose priklauso nuo autobusų maršrutų skaičiaus. Šią priklausomybę galima paaiškinti tuo, kad VT patrauklesnis ten, kur išvystytas VT maršrutų tinklas ir žmonės gali lanksčiau planuoti savo keliones, atsižvelgiant į didesnę VT kryptių pasirinkimą.

Toliau su statistiškai reikšmingais kriterijais yra atliekama daugianarė regresinė analizė. Gauta viena daugianarės regresinės analizės lygtis:

$$y_3 = -462598 + 53197,1x_{14} + 770,041x_6 + 0,26191x_4. \quad (2.6)$$

Šiuo atveju koreliacijos koeficientas $r = 1$, o tai reiškia, kad egzistuoja 100 % koreliacija ($r^2 = 100\%$) ir labai stiprus koreliacinis ryšys.

Atlikta miestų savivaldybių daugianarė regresinė analizė parodo, kad didžiausią įtaką keleivių skaičiui priemiestiniuose maršrutuose turi nedarbo lygis, o mažiausią – autobusų rida priemiestiniuose maršrutuose. Aiškėja, kad kuo didesnis nedarbo lygis miestuose, tuo labiau gyventojai yra priklausomi nuo pigesnio VT. Taip pat matoma, kad autobusų skaičius turi įtakos ir keleivių srautams priemiesčiuose. Tai patvirtina prielaidą, kad kuo didesnė VT paslaugų pasiūla, tuo generuojama didesnė VT paslaugų paklausa.

Priklausomųjų kintamųjų keleivių skaičius tolimojo susisiekimo maršrutais ir keleivių apyvartos tolimojo susisiekimo maršrutais daugianarės regresijos modelių sudaryti nepavyko dėl nepakankamo duomenų skaičiaus.

2.2.3. Regioninių savivaldybių viešojo transporto vertinimo kriterijų sąsajų empiriniai modeliai

Atliekant regioninių savivaldybių analizę iš pradžių vėlgi koreguojami tam tikrų kriterijų duomenys, kurie akivaizdžiai neatitinka imties konteksto.

Po to atliekama kelių kintamųjų analizė tarp priklausomojo kintamojo – y_3 ir nepriklausomųjų kintamųjų – $x_4, x_{13}, x_1, x_3, x_2, x_{10}, x_{14}, x_{16}$; tarp priklausomojo kintamojo – y_4 ir nepriklausomųjų kintamųjų – x_5, x_{19}, x_2, x_{16} ; tarp priklausomojo kintamojo – y_1 ir nepriklausomųjų kintamųjų – $x_4, x_6, x_{13}, x_1, x_3, x_{10}, x_{14}, x_{16}$; tarp priklausomojo kintamojo – y_2 ir nepriklausomųjų kintamųjų – x_5, x_{16} .

Atlikus porinę regresinę analizę, stipriausias koreliacinis ryšys pastebėtas tarp priklausomojo kintamojo – keleivių skaičius tolimojo susisiekimo maršrutais (y_4) ir nepriklausomojo kintamojo – autobusų rida tolimojo susisiekimo maršrutais (x_5). Šiuo atveju koreliacijos koeficientas $r = 0,937$, o tai yra labai stipri koreliacija.

Iš C priedo 3C lentelės rezultatų matoma, kad nepriklausomasis kintamasis yra statistiškai reikšmingas, kadangi p reikšmė $< 0,05$. Gautas porinės regresinės analizės empirinis modelis:

$$y_4 = 15273,1 + 0,139637x_5. \quad (2.7)$$

(2.7) lygtis rodo keleivių skaičiaus tarpmiestiniuose maršrutuose priklausomybę nuo autobusų ridos tarpmiestiniuose maršrutuose.

Toliau su statistiškai reikšmingais kriterijais yra atliekama daugianarė regresinė analizė, iš VT modelio šalinant statistiškai nereikšmingus kriterijus tol, kol visi modelio kriterijai yra statistiškai reikšmingi (p reikšmė $< 0,05$).

Iš C priedo 4C lentelės rezultatų matoma, kai priklausomasis kintamasis yra y_3 , nepriklausomasis kintamasis yra statistiškai reikšmingas, kadangi p reikšmė $< 0,05$. Šiuo atveju gauta tokia daugianarės regresinės analizės empirinio modelio lygtis:

$$y_3 = -20591,9 + 0,454482x_4. \quad (2.8)$$

Modelio koreliacijos koeficientas $r = 0,805$ ($r^2 = 64,85\%$), tai reiškia stiprią koreliaciją. (2.8) lygtis rodo, kad vien tik autobusų rida priemiestiniuose maršrutuose turi įtakos keleivių skaičiui priemiestiniuose maršrutuose.

Iš C priedo 5C lentelės rezultatų matoma, kai priklausomasis kintamasis yra y_4 , nepriklausomasis kintamasis yra statistiškai reikšmingas, kadangi p reikšmė $< 0,05$. Šiuo atveju gauta tokia daugianarės regresinės analizės modelio lygtis:

$$y_4 = 15273,1 + 0,139637x_5. \quad (2.9)$$

Modelio koreliacijos koeficientas $r = 0,937$ ($r^2 = 87,80\%$), tai reiškia, kad egzistuoja labai stiprus koreliacijos ryšys. Iš (2.9) lygties matoma, kad

tarpmiestinių maršrutų keleivių skaičiui įtakos turi tik autobusų rida tarpmiestiniuose maršrutuose.

Iš C priedo 6C lentelės rezultatų matoma, kai priklausomasis kintamasis yra y_1 , nepriklausomieji kintamieji yra statistiškai reikšmingi, kadangi p reikšmė $< 0,05$. Šiuo atveju gauta tokia daugianarės regresinės analizės modelio lygtis:

$$y_1 = 4,36507 \cdot 10^6 + 2,74491x_4 - 393167x_{14}. \quad (2.10)$$

Modelio koreliacijos koeficientas $r = 0,783$ ($r^2 = 61,38\%$), tai reiškia, kad egzistuoja stiprus koreliacijos ryšys. Vadovaujantis (2.10) lygtimi, nedarbo lygis turi didžiausią įtaką keleivių apyvartai priemiestiniuose maršrutuose, o autobusų rida priemiestiniuose maršrutuose – mažiausią.

Iš C priedo 7C lentelės rezultatų matoma, kai priklausomasis kintamasis yra y_2 , nepriklausomasis kintamasis yra statistiškai reikšmingas, kadangi p reikšmė $< 0,05$. Šiuo atveju gauta tokia daugianarės regresinės analizės empirinio modelio lygtis:

$$y_2 = 630048 + 6,72233x_5. \quad (2.11)$$

Modelio koreliacijos koeficientas $r = 0,832$ ($r^2 = 69,27\%$) reiškia stiprų koreliacinį ryšį. Remiantis (2.11) lygtimi, keleivių apyvartai tarpmiestiniuose maršrutuose turi įtaką tik autobusų rida tarpmiestiniuose maršrutuose.

Išanalizavus regioninių savivaldybių daugianarės regresinės analizės rezultatus, daroma išvada, kad tiek tarpmiestiniai, tiek priemiestiniai keleivių srautai priklauso nuo autobusų ridos. Keleivių apyvarta priemiestiniuose maršrutuose turi papildomą sąsają su nedarbo lygiu. Tokia sąsaja yra logiška, kadangi dirbantys regionų gyventojai yra priversti važinėti į darbą, o bedarbiai beveik nesinaudoja VT paslaugomis.

Atsižvelgiant į atliktos regresinės analizės rezultatus, išskirtinos šios tendencijos:

1. Visų tipų savivaldybėse keleivių skaičius priklauso nuo VT paslaugų kokybės.
2. Miestuose keleivių skaičius daugiausia priklauso nuo maršrutų skaičiaus. Miestų gyventojai gali rinktis iš daugiau VT kelionių kryptų.
3. Žiedinėse ir regioninėse savivaldybėse egzistuoja keleivių skaičiaus priklausomybė nuo VT ridos. Mažo tankio vietovėse, kuriose VT dažnis yra mažas, VT paslauga negali būti pritaikyta gyventojų poreikiams, todėl jie yra priversti rinktis kitas transporto rūšis, o tai mažina keleivių skaičių VT.

2.3. Lietuvos regiono viešojo transporto veiklos modeliavimas

Modeliuojama siekiant sukurti pagrindą metodikai, kuri leistų tiksliai identifikuoti ir patobulinti šalies regionų viešojo transporto veiklos sprendimus. Konkretus modelio tikslas – sukurti bandomąjį Lietuvos regiono viešojo transporto tinklą, kuriame būtų atspindėtos realios keleivių srautų tendencijos, maršrutų struktūra bei sąlygos, remiantis anksčiau nustatytomis kriterijų sąsajomis.

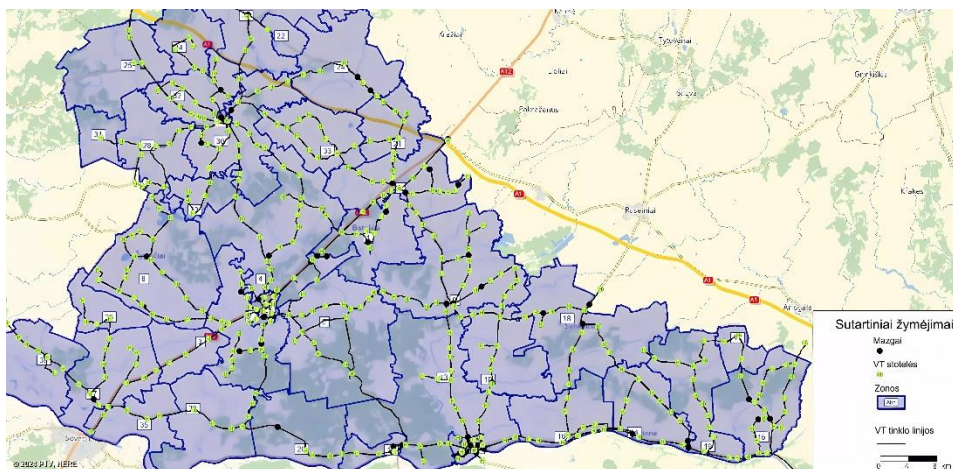
Modeliuojama su makroskopinio modeliavimo programa PTV VISUM 21. PTV VISUM – makroskopinė modeliavimo kompiuterinė programinė įranga, skirta transporto tinklams planuoti ir analizuoti (Suryadwanti & Ha, 2021). VISUM naudojama planuojant ir vienu metu vertinant transporto planavimo, kelionių poreikio modeliavimo ir GIS tinklo duomenų valdymo duomenis. Dėl išsamios duomenų analizės ir efektyvaus skaičiavimo VISUM yra vienas iš geresnių įrankių kuriant pažangias transporto tinklo strategijas ir sprendžiant eismo problemas. Programinė įranga yra priemonė, padedanti VT planuotojams sukurti VT metodiką (Krishna & Chattaraj, 2020). PTV VISUM programinės įrangos kūrėjai – Vokietijos įmonė „PTV Group“. Naujausia PTV VISUM gali importuoti modelius iš kitų programų (EMME2, TMODEL2, CUBE ir TRANSCAD). Jame yra scenarijų, skirtų automatiškai generuoti tiems elementams, kurių reikia tiksliam tinklo atvaizdavimui (Hourdos & Michalopoulos, 2008). Dėl patogios vartotojo sąsajos ir galingų analitinių galimybių PTV VISUM laikomas vienu iš geresnių programinių įrankių, skirtų transporto ir miestų planavimo sektoriuose dirbantiems specialistams.

Dėl sukurto regiono ir jo įgyvendintos vieno elektroninio biliето sistemos integracijos, dėl duomenų prieinamumo ir jų apdorojimo lygio modeliui tirti kaip bandomasis atvejis pasirinktas vienas iš Lietuvos regionų – Tauragės regionas, kurį sudaro 4 savivaldybės: Jurbarko, Pagėgių, Šilalės ir Tauragės. Bendras Tauragės regiono plotas – 4408 km², gyventojų tankumas – 21 gyv./km². Tauragės regionui priklauso 3 miestai: Tauragės, Jurbarko ir Šilalės miestai bei 39 seniūnijos. Tauragės rajono savivaldybę aptarnauja VT keleivių vežėjas UAB „Tauragės autobusų parkas“, Jurbarko rajono savivaldybę – UAB „Jurbarko autobusų parkas“, Šilalės rajono savivaldybę – UAB „Šilalės autobusų parkas“ ir Pagėgių savivaldybę – UAB „Šilutės autobusų parkas“ ir UAB „Autokeda“. Lietuvoje yra įsteigta keturių Tauragės regiono savivaldybių (Jurbarko, Pagėgių, Šilalės ir Tauragės) viešoji įstaiga „Žalioji regionas“, kuri rūpinasi verslo plėtra regione, regiono VT paslaugų organizavimu (Slavinskienė, 2021; VŠĮ „Žalioji regionas“, 2022).

2.3.1. Lietuvos regiono viešojo transporto tinklo modelio kūrimas

Miestų ir regionų VT tinklo modelis susideda iš kelių objektų, tokių kaip zonos, mazgai, zonų plotai, VT stotelės, jungtys, atitinkami duomenys apie maršruto trasas, dažnį ir laikus (Krishna & Chattaraj, 2020). Tiek miestams, tiek regionams galioja tie patys VT tinklo modelio komponentai – mazgai, maršrutų trasos, VT stotelės ir transporto sistemos. VT tinklo modelio komponentai, kurie skiriasi miestuose ir regionuose: nagrinėjamo regiono zonavimas, tinklo jungčių ir VT maršrutų parinkimas, modelio paklausos laikotarpio parinkimas.

VT pasiūla dažnai yra labai sudėtinga (kompleksinė) – susidedanti iš daug maršrutų ir daug paslaugos krypčių ir VT stotelių. Į VISUM programą duomenys yra importuojami iš esamų informacijos arba planavimo sistemų naudojant esamas sąsajas, tokias kaip DIVA, Hafas, RailML arba *Google Transit*. Paprastai tokius duomenis galima gauti iš VT operatorių arba regioninių transporto organizacijų (Schlaich et al., 2013). Keturių Tauragės regiono savivaldybių VT kelių tinklas ir VT stotelės į kurią VT modelį VISUM programoje buvo importuotos iš mobilumo duomenų sistemos (GTFS) (angl. *General Transit Feed Specification*) pagal faktą (2.14 pav.). GTFS tinklo duomenys buvo pakoreguoti pagal naujausią AB „Via Lietuva“ informaciją, o VT stotelių ir VT maršrutų tvarkaraščių duomenys – pagal oficialią VŠĮ „Žalioji regionas“ informaciją. Iš viso Tauragės regiono makroskopiniame modelyje yra 628 mazgai, 1374 linijos, 529 VT stotelės.



2.14 pav. Tauragės regiono VT modelio kelių ir stotelių tinklas (sudaryta autorės)

Fig. 2.14. Network of roads and stops of the public transport model of the Tauragė region (compiled by the author)

Zonavimas ir jungčių parinkimas. Skaitinis modeliavimas VISUM aplinkoje pradedamas nuo kelių tinklo sukūrimo. Sudaromos kelių tinklo zonos:

1. Nustatoma analizuojamos zonos riba pagal administracinį žemėlapi.
2. Analizuojama zona dalijama į kitas zonas, kad būtų nustatytas kiekvienos zonos centroidas.
3. Sukuriama jungtis nuo centroido iki stotelių arba įvedama jungtis iki artimiausio kelių tinklo su analizuojama zona (Arliansyah et al., 2017).

Darbe modelio zonos vaizduojamos kaip geometrinės figūros. Zonos kompiuteriniuose modeliuose vaizduojamos taip, kad visos jų savybės yra sutelktos viename taške, kuris vadinasi centroidu. Jis iš tikrųjų nėra fiziškai konkrečioje žemėlapio vietoje, tačiau naudojamas tik praktiniais kodavimo sumetimais (Yang & Pojani, 2017).

Savivaldybių geometriniai centrai nebūtinai yra apgyvendintos arba urbanizuotos vietovės centrai. Siekiant atvaizduoti tankio centrus naudojami žemės dangų duomenys (ŽDD). ŽDD duomenys yra palydoviniai vaizdai, kuriuose išskiriamos skirtingos žemėnaudos kategorijos (t. y. žemės ūkio vietovės, miškų vietovės, ežerai ir vandenys, miesto teritorijos ir kt.). ŽDD duomenys skirstomi į kategorijas, kurios reprezentuoja užstatytą plotą, yra filtruojami ir konvertuojami į daugiakampio funkcijos failą (angl. *Shapefile*) ir taikomi kiekvienai savivaldybei. Kiekvienos savivaldybės urbanizuotos teritorijos ŽDD daugiakampio geometrinis centras apibrėžiamas kaip tos savivaldybės tankumo centras. Jei savivaldybėje nėra ŽDD duomenų apie užstatymą, savivaldybės geometrinis centras apibrėžiamas kaip tankumo centras (Büttner et al., 2018).

Apibrėžiant zonų skaičių ir jų ribas, be teorinių ir empirinių žinių, nustatoma gera pusiausvyra tarp zonų skaičiaus ir įvesties duomenų rinkimo bei apdorojimo sąnaudų. Taikomos tokios zonos ribų nustatymo taisyklės:

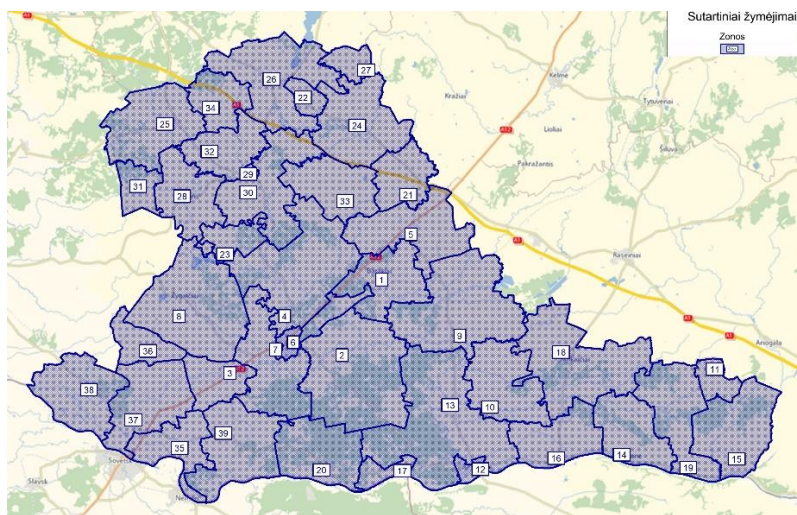
1. Zonų ribos turėtų apibrėžti maždaug vienodų charakteristikų sritis.
2. Atskiriamos teritorijos, kuriose yra tik gyvenamieji objektai, nuo stambių traukos centrų ir kelionių generatorių.
3. Nustatomos specialios zonos dideliems kelionių traukos centrams ir kelionių generatoriams: pradinėms ir vidurinėms mokykloms, ligoninėms ir klinikoms, universitetų fakultetams, gamykloms, administraciniam miestų centrums, verslo zonoms, oro uostams, prekybos centrums, automobilių stovėjimo aikštelėms ir garažams (*Park&Ride*), terminalams, parkams ir t. t.
4. Visuose įvažiavimuose ir išvažiavimuose iš miesto nustatomos išorinės zonos, kurių kelionės pritraukimas ir našumas apskaičiuojamas pagal srautą.
5. Jei įmanoma, zonų ribos koreguojamos pagal statistines zonas, kurių pagrindu atliekamas gyventojų surašymas (Novačko et al., 2014).

Renkant detales duomenis, susiduriama su jų trūkumo regionuose problema – duomenys nerenkami, nesaugomi, skirstomi į didesnius vienetus. Nuspręsta modeliuojamą teritoriją suskirstyti į zonas pagal žemiausią administracinio skirstymo lygį. Taip išvengiama netikslumų, atsirandančių dėl duomenų apdorojimo ir skaidymo į kitas zonas. Pagal žemiausią administracinio suskirstymo lygmenį – seniūnijas – zonų ribos ir jų skaičius sutampa su Tauragės regiono savivaldybių seniūnijų skaičiumi. Iš viso Tauragės regionas suskirstytas į 39 zonas (2.15 pav.). Nustatant zonų centrą, įvertinami tokie kriterijai: urbanizuota teritorija, esančios gyvenvietės ir gyventojų skaičius.

Naudojant VT sistemos objektą, vadinamą jungtimi, zonų centras sujungiamas su VT stotelėmis. Tokių jungčių vienai zonai galima apibrėžti daug (Yatskiv & Savrasov, 2009).

Gyventojų tankis yra nepakankamas nustatant regiono jungties atstumą vietovėms, kuriose didelis užimtumo intensyvumas, o užimtumo tankumas yra nepakankamas intensyviose vietovėse (Altan & Ayözen, 2018).

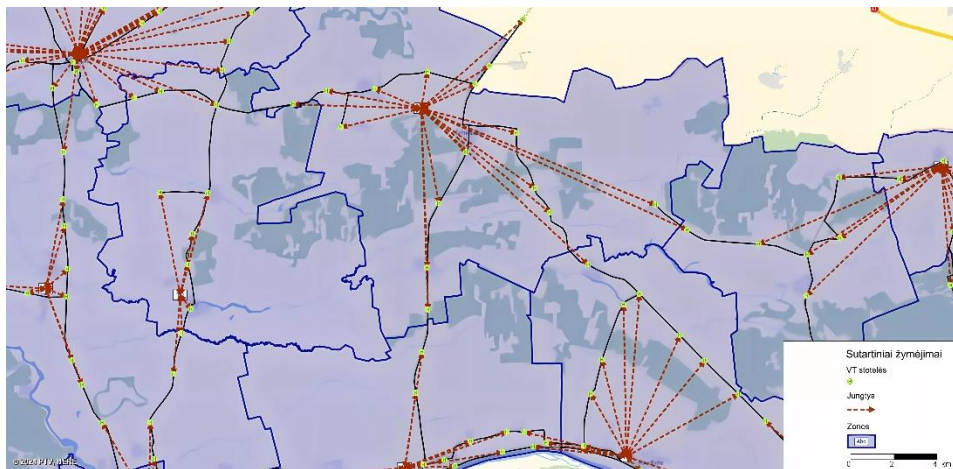
Vadovaujantis atlikta literatūros analize, siūloma regioniniuose modeliuose naudoti maksimalų 3 km jungčių atstumą.



2.15 pav. Tauragės regiono modelio VT eismo zonos (sudaryta autorės)
Fig. 2.15. Tauragė region model traffic zones (compiled by the author)

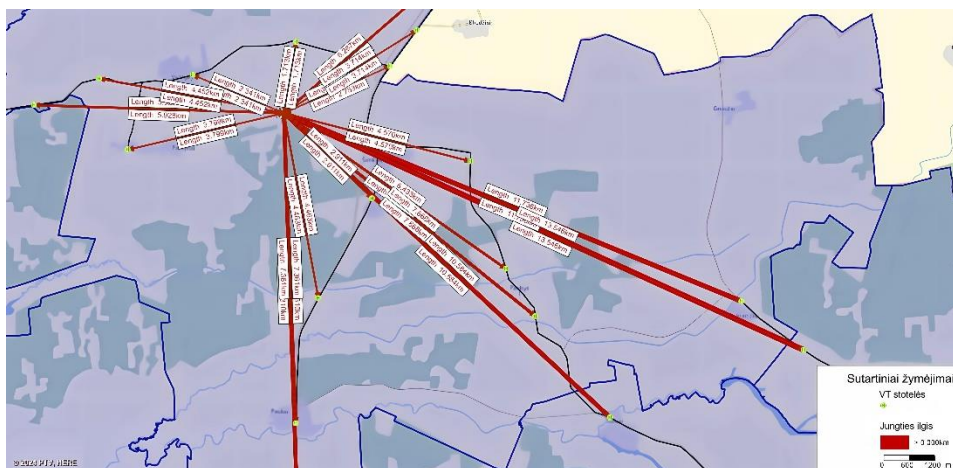
Taikomi tokie jungčių nustatymo principai: jungtis negali būti braižoma dideliu atstumu per mišką, negali būti braižoma per upę. Jungtys braižomos tarp skirtingų zonų. Dar viena svarbi taisyklė – kiekvienai esamai VT stotelei priski-

riama jungtis. Dėl šios priežasties esamame VT veiklos modelyje nepavyko užtikrinti maksimalaus 3 km jungčių ilgio: tam tikrose vietovėse šis atstumas buvo gerokai viršytas, kadangi apie 38 % esamų VT stotelių yra nutolusios daugiau kaip 3 km nuo zonų centrų (2.16 pav. ir 2.17 pav.).



2.16 pav. Tauragės regiono VT aptaranimo modelio jungtys (sudaryta autorės)

Fig. 2.16. Tauragė region public transport service model connectors (compiled by the author)



2.17 pav. Jungčių ilgiai Tauragės regione (sudaryta autorės)

Fig. 2.17. Connector lengths in the region (compiled by the author)

Vidutinis kelionės laikas tarp bet kurių dviejų taškų zonoje yra reikalingas kai kurioms tinklo modelių programoms, pvz., zonos pasiekiamumui apskaičiuoti (Rietveld & Bruinsma, 1998):

$$d = \sqrt{\frac{(O/\pi)(\pi - 1)}{\pi}}, \quad (2.12)$$

čia d – vidutinis atstumas tarp dviejų taškų tam tikroje apgyvendintoje vietovėje; O – vietovės plotas; π – iracionalusis skaičius pi, apytiksliai lygus 3,14159, reiškinantis apskritimo ilgio ir jo skersmens santykį.

Bendras sukurto Tauragės regiono VT aptaranvimo modelio jungčių skaičius – 1112 vnt.

VT maršrutų parinkimas. Maršruto trasa apibūdina vienos krypties maršruto erdvinį kursą kaip maršruto taškų seką. Maršruto trasos pradžios ir pabaigos taškai privalo būti sustojimo vietos (stotelės). Kiekvienam maršrutui suteikiamas „laiko profilis“, kuriame, be kitų atributų, aprašomas kelionės tarp atskirų sustojimo taškų laikas. Kiekvienam maršrutui sudaromi išsamūs tvarkaraščiai, nurodantys išvykimo ir atvykimo laiką (2.18 pav.).

Timetable (tabular)				
1 vehicle journey				
No				139
Name	J-1 13.15 Jurbarkas Stakiai			
LineName	J-1			
DirectionCode	0			
ConcatenateVehJourneySections(ValidDay)	D.d.			
FromStopPointCode				
Dep				13.15.00
Arr				14.35.00
ToStopPointCode				
OperatorNo	2			
CountVehJourneySections				1
IsCoupled			☐	
1 vehicle journey section				
VehCombNo				
ValidDaysNo	2			
FromTimeProfileIndex	1			
FromTimeProfileItem(LineRouteItem)StopPoint				
Dep				13.15.00
Arr				14.35.00
ToTimeProfileIndex	23			
ToTimeProfileItem(LineRouteItem)StopPoint				
PrePrepTime	0min			
PostPrepTime	0min			
ObjNo	ObjCode	ObjName		Arr / Dep
596		Jurbarkas		13:15:00
19508		Jurbarkas	✓	
19899		Centras	✓	
19895		Gedimino g.	✓	
19656		Lauko g.	✓	13:17:00
19623		Agroservisas	✓	
19875		Kišiai	✓	13:19:00
19874		Stakiai	✓	14:35:00

2.18 pav. Ištrauka iš J-1 maršruto tvarkaraščio (sudaryta autorės)
Fig. 2.18. Excerpt from the J-1 route timetable (compiled by the author)

2.4 lentelė. Tauragės regiono esamo VT paslaugų modelio charakteristikos (sudaryta autorės)

Table 2.4. Characteristics of the existing public transport service model of the Tauragė region (compiled by the author)

Charakteristikos pavadinimas	Reikšmė
Mazgų skaičius	628
Tinklo linijų skaičius	1374
Zonų skaičius	39
VT stotelių skaičius	529
Maršrutų kryptys	92
Maršrutų skaičius	247
Jungčių skaičius	1112

Modeliavimo laikotarpio pasirinkimas. Atkreipiamas dėmesys, kad mažesnės paklausos teritorijose nepavyktų sukurti modelio tik piko valandomis, nes jis neturi reikiamo patikimumo lygio, remiantis mažais keleivių srautais. Pažymėtina, kad VT naudojasi tik nedaugelis: kaimo vietovėse yra stotelių, kurias aptarnauja 1–2 reisai per dieną arba kas tris valandas, o tai turi įtakos gyventojų pasirinkimo laisvei. Modeliuojant VT tinklą regionuose, siūloma pasirinkti arba 1 darbo dienos laikotarpį, arba savaitės darbo dienų laikotarpį. Atsižvelgiant į tai, kad kai kuriose Tauragės regiono savivaldybėse egzistuoja maršrutai, kurie kursuoja tik tam tikromis darbo savaitės dienomis (ne kasdien), ribotomis valandomis, netgi kartą per dieną, modelyje naudojamas tiriamasis paklausos laikotarpis – 5 darbo dienos (nuo pirmadienio iki penktadienio) nuo 0:00 iki 24:00 val.

2.3.2. Lietuvos regiono viešojo transporto paklausos modelio kūrimas

Kelionių generavimas. Renkant detalius duomenis, susidurta su duomenų regionuose trūkumu: duomenys nėra renkami, nesaugomi ir skirstomi į didesnius vienetų. Modeliui sukurti, kaip bandomasis atvejis pasirinktas Tauragės regionas, kuriame VšĮ „Žaliasis regionas“ yra surinkęs makroskopiniam modeliui reikalingus VT veiklos duomenis. Sudarant Tauragės regiono VT modelio OD matricą, surinkti demografiniai (gyventojų) ir statistiniai duomenys, tokie kaip dirbantys gyventojai (DG), darbo vietų skaičius (DV), studentų ir moksleivių skaičius (STUD_MOK) (gyventojai nuo 7 iki 30 metų), vietų skaičius ugdymo įstaigose (VUI), ikimokyklinio amžiaus vaikų skaičius (VAIKAI) (vaikai iki 7 metų), vietų skaičius ikimokyklinio ugdymo įstaigose (V_DARŽ). Keleivių srautų generavimui nustatyti naudojami demografiniai ir statistiniai duomenys, kurie pateikti D priedo 1D lentelėje.

Nagrinėjami šeši kelionėmis pagrįsto metodo (angl. *trip-based modelling*) tipai (2.20 pav.):

- namai–darbas (išvykstančiųjų kelionių skaičių apibūdina DG; atvykstančiųjų kelionių skaičių apibūdina DV) (N–D);
- darbas–namai (išvykstančiųjų kelionių skaičių apibūdina DV; atvykstančiųjų kelionių skaičių apibūdina DG) (D–N);
- namai–ugdymo įstaiga (išvykstančiųjų kelionių skaičių apibūdina STUD_MOK; atvykstančiųjų kelionių skaičių apibūdina VUI) (N–UI);
- ugdymo įstaiga–namai (išvykstančiųjų kelionių skaičių apibūdina VUI; atvykstančiųjų kelionių skaičių apibūdina STUD_MOK) (UI–N);
- namai–ikimokyklinio ugdymo įstaiga (išvykstančiųjų kelionių skaičių apibūdina VAIKAI; atvykstančiųjų kelionių skaičių apibūdina V_DARŽ) (N–DARŽ);
- ikimokyklinio ugdymo įstaiga–namai (išvykstančiųjų kelionių skaičių apibūdina V_DARŽ; atvykstančiųjų kelionių skaičių apibūdina VAIKAI) (DARŽ–N).

Parameters: Trip generation

☐ Calculate attributes for active zones only
☐ Use 0 to initialize the passive zone attributes
☐ Matrix balancing for active zones only
☐ Sum up values

	Demand stratum	Matrix balancing	Production function	Attraction function
1	D-N_GYVENTOJAI	No scaling of sums	[DV] ...	[DG] ...
2	DARŽ-N_GYVENTOJAI	No scaling of sums	[V_DARŽ] ...	[VAIKAI] ...
3	N-DARŽ_GYVENTOJAI	No scaling of sums	[VAIKAI] ...	[V_DARŽ] ...
4	N-D_GYVENTOJAI	No scaling of sums	[DG] ...	[DV] ...
5	N-UI_GYVENTOJAI	No scaling of sums	[STUD_MOK] ...	[VUI] ...
6	UI-N_GYVENTOJAI	No scaling of sums	[VUI] ...	[STUD_MOK] ...

2.20 pav. Kelionių generavimo PTV VISUM programine įranga sugeneruotas fragmentas (sudaryta autorės)

Fig. 2.20. Fragment of PTV VISUM trip generation (compiled by the author)

Remiantis Tauragės miesto darnaus judumo planu, į darbą autobusu keliauja 28 % gyventojų, į ugdymo įstaigas – 15 % gyventojų (UAB „Plentprojekta“, 2016).

PTV VISUM 21 programine įranga sugeneruoti išvykstančių iš transportinės zonos keleivių skaičiaus ir atvykstančių į transportinę zoną keleivių skaičiaus rezultatai kiekvienam kelionės modeliui pateikti E priedo 1E lentelėje.

Kelionių paskirstymas. Kelionių pasiskirstymo etapas yra apibendrinamas zoniniu lygiu ir pateikiamas IA matricos forma. Tradiciniai tyrimai (namų ūkyje ir pakelėse) ir naujesni numerio ženklų kelionių tyrimai padeda nustatyti miestų IA matricą. Tokie tyrimai yra patikimi ir tikslūs, tačiau reikalauja daug laiko ir darbo. O dar sunkiau tokius tyrimus yra atlikti regionuose, todėl nustatant IA

matricą regionuose, remiantis užsienyje taikomomis metodikomis, modeliui kurti panaudotas ne mažiau tikslus gravitacijos modelis. Norint nustatyti IA matricos gravitacijos modelį, yra skaičiuojama mišrioji funkcija. Mišrioji funkcija apskaičiuojama naudojant parametrus a , b ir c .

Lenkijos VT sistema panašiausia į mūsų šalies susisiekimo kultūrą ir finansinį lygį, todėl lenkų nustatyti parametrai a , b ir c yra tinkamiausi Lietuvos regiono modeliui kurti. a , b ir c parametrų duomenys paimti iš atlikto tyrimo Lenkijos regione Aglomeracija Rybnicka, kurio urbanizacijos pobūdis panašus į Tauragės regiono. Abu regionai yra vidutinio dydžio, lyginant su savo šalies mastu, ir juos sudaro mažesni miestai bei kaimo teritorijos, gyventojų tankumas nėra labai didelis, o gyventojų koncentracija labiau išsidėsčiusi keliuose pagrindiniuose centruose. Funkcijos parametrai a , b , c (2.5 lentelė, 2.21 pav.) šiam darbui yra paimti iš Aglomeracija Rybnicka (Lenkija) regionui atlikto gyventojų transporto elgsenos tyrimo pagal kelionių tipą rezultatų (International Management Services Sp. z o. o., 2015).

2.5 lentelė. Kelionių tipų mišriosios funkcijos parametrai (sudaryta autorės, remiantis International Management Services Sp. z o. o., 2015)

Table 2.5. Parameters of trip models with a combined function (compiled by the author based on the International Management Services Sp. z o. o., 2015)

Kelionės tipas	a	b	c
D–N	0,242	1,166	–0,388
DARŽ–N	0,245	1,579	–0,5
N–DARŽ	0,245	1,579	–0,5
N–D	0,242	1,166	–0,388
N–UĮ	0,245	1,579	–0,5
UĮ–N	0,245	1,579	–0,5

Parameters: Trip distribution

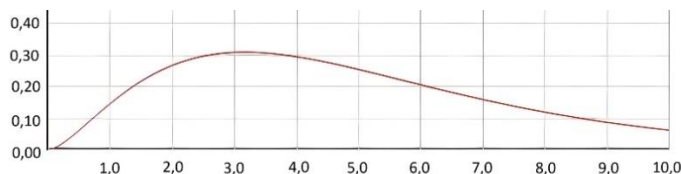
☐ For active OD pairs only
☐ Exclude OD pairs connecting passive zones
☒ Set any result demand matrix to 0 prior to calculation
☐ Apply estimated parameters

Demand stratum	Utility function	Junction type	a	b	c	Direction parameters
1 D-N_GYVENTOJAI	Matrix([NO] = 101)	Combined	0.242	1.166	-0.388	Productions, Singly constrain
2 DARŽ-N_GYVENTOJAI	Matrix([NO] = 101)	Combined	0.245	1.579	-0.5	Productions, Singly constrain
3 N-DARŽ_GYVENTOJAI	Matrix([NO] = 101)	Combined	0.245	1.579	-0.5	Productions, Singly constrain
4 N-D_GYVENTOJAI	Matrix([NO] = 101)	Combined	0.242	1.166	-0.388	Productions, Singly constrain
5 N-UĮ_GYVENTOJAI	Matrix([NO] = 101)	Combined	0.245	1.579	-0.5	Productions, Singly constrain
6 UĮ-N_GYVENTOJAI	Matrix([NO] = 101)	Combined	0.245	1.579	-0.5	Productions, Singly constrain

2.21 pav. Kelionių paskirstymo etapo fragmentas iš PTV VISUM (sudaryta autorės, remiantis International Management Services Sp. z o. o., 2015)

Fig. 2.21. Fragment from PTV VISUM trip distribution stage (compiled by the author based on International Management Services Sp. z o. o., 2015)

2.22 pav. parodyta, kaip atvaizduojama mišrioji funkcija DARŽ–N, N–DARŽ, N–UĮ, UĮ–N kelionių tipoose, o 2.23 pav. – kaip mišri funkcija atvaizduojama N–D ir D–N kelionių tipoose.



Parameters

a 0,245

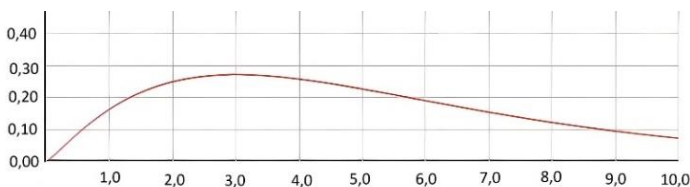
b 1,579

c -0,5

Apply

2.22 pav. DARŽ–N, N–DARŽ, N–UĮ, UĮ–N kelionių tipų mišriosios funkcijos grafikas (sudaryta autorės, remiantis International Management Services Sp. z o. o., 2015)

Fig. 2.22. DARŽ–N, N–DARŽ, N–UĮ, UĮ–N trip models' combined function graph (compiled by the author based on International Management Services Sp. z o. o., 2015)



Parameters

a 0,242

b 1,166

c -0,388

Apply

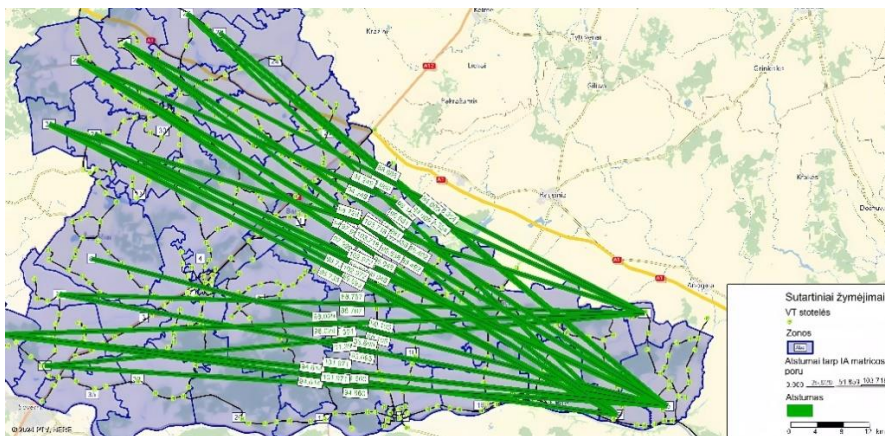
2.23 pav. N–D ir D–N kelionių tipų mišriosios funkcijos grafikas (sudaryta autorės, remiantis International Management Services Sp. z o. o., 2015)

Fig. 2.23. N–D and D–N trip models' combined function graph (compiled by the author based on International Management Services Sp. z o. o., 2015)

Kelionių poreikis yra sumuojamas zonų lygiu ir pateikiamas IA matricos forma. IA matrica apibrėžia, kiek kelionių kyla iš z_i zonos ir keliauja į zoną z_j (Heyken Soares et al., 2021). Lyginant regiono IA matricą su miesto IA matrica, regiono IA matrica turi daug elementų, kurių reikšmė yra lygi 0 (F priedo 1F lentelė). Tai reiškia, kad nėra keliautojų iš zonos z_i į z_j , ir atvirkščiai. To nebūna miesto IA matricoje, nes miestuose yra didesnė VT paklausa. Miestų VT veiklos modeliuose taip pat yra lengviau įvertinti keleivių persėdimus.

2.24 pav. pateikti atstumai tarp darbe nagrinėtų IA matricos elementų porų.

Modalinis pasidalijimas. Naudojama tik viena VT sistemos rūšis – autobusai, apimantys visų tipų gyventojų keliones. Taigi paklausos modelis pateikiamas tik su viena IA matrica, o kitos transporto rūšys neanalizuojamos.

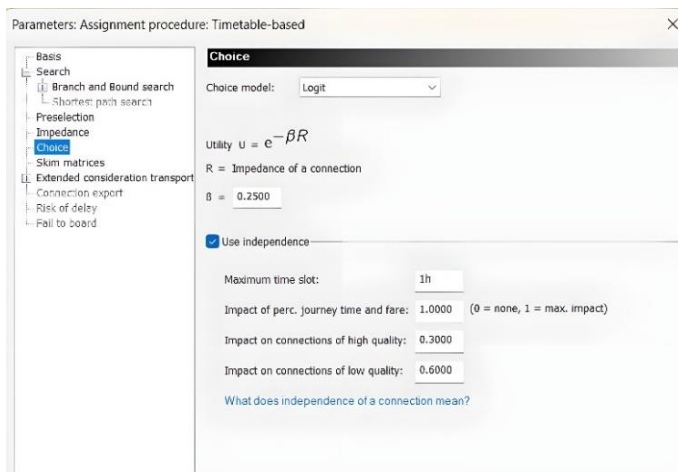


2.24 pav. Atstumai tarp matricos IA elementų porų (sudaryta autorės)
Fig. 2.24. Distances between matrix OD element pairs (compiled by the author)

Kelionių priskyrimas. Tyrime naudojamas keleivių srautų kelionių priskyrimas pagal tvarkaraščiu pagrįstą priskyrimo metodą, kuriam nustatytas keleivių srautų padalijimo *Logit* modelis (2.25 pav.):

$$U = e^{-\beta \cdot IPD}, \quad (2.13)$$

čia U – keleivių srautų pasiskirstymas; $\beta = 0,25$ – funkcijos parametras; IPD – pasirinkimo rodiklis (Ušpalytė-Vitkūnienė, 2006).



2.25 pav. *Logit* modelio fragmentas iš programinio paketo PTV VISUM (sudaryta autorės)
Fig. 2.25. *Logit* model fragment from software PTV VISUM (compiled by the author)

VT keleivis pasirenka maršrutą, kuris sukelia jam mažiausiai nepatogumų. Kelionės sunkumas matuojamas atsižvelgiant į visus kelionės etapus: stotelės pasiekiamumą, VT laukimą, galimą persėdimą integruotame mazge arba tarp mazgų, kitos rūšies VT laukimą ir kelionės tikslo atstumą nuo galutinės stotelės.

Kelionės priskyrimo etape nustatomas integruoto pasirinkimo rodiklis (IPD), kuris parodo, kas nulemia kelionės būdą ir maršrutą. *IPD* apskaičiuojamas pagal (2.14) lygtį:

$$IPD = c \cdot PJT + d \cdot FP, \quad (2.14)$$

čia *IPD* – integruoto pasirinkimo rodiklis; *PJT* – suvokiamas kelionės laikas; *c*, *d* – koeficientai; *FP* – išlaidų matas (PTV Group, 2021).

Suvokiamas kelionės laikas (*PJT*) apskaičiuojamas taikant (2.15) lygtį:

$$PJT = \alpha_1 \cdot IVT + \alpha_2 \cdot ART + \alpha_3 \cdot AT + \alpha_4 \cdot ET + \alpha_5 \cdot WT + \alpha_6 \cdot OWT + \alpha_7 \cdot TWT + \alpha_8 \cdot NT, \quad (2.15)$$

čia *PJT* – suvokiamas kelionės laikas; *IVT* – laikas, praleistas VT; *ART* – važiavimo VT laikas; *AT* – ėjimo laikas iki pradinės stotelės; *ET* – ėjimo laikas iki tikslo (nuo paskutinės išlaipinimo stotelės); *WT* – bendras ėjimo laikas pėsčiomis; *OWT* – laukimo laikas pirmoje stotelėje (pradinėje stotelėje); *TWT* – persėdimo laikas; *NT* – persėdimų skaičius (PTV Group, 2021).

Atsižvelgiant į atliktos regresinės analizės rezultatus, keleivių skaičiui priemiestiniuose maršrutuose didžiausią įtaką turi autobusų rida, nedarbo lygis, autobusų skaičius, o tolimojo susisiekimo maršrutų keleivių skaičius priklauso nuo autobusų maršrutų skaičiaus ir autobusų ridos. Atsižvelgiant į atliktos daugianarės regresinės analizės ir VšĮ „Žaliasis regionas“ atliktos gyventojų internetinės apklausos rezultatus, sudarytos tokios Tauragės regiono VT veiklos modelio *IPD* ir *PJT* lygtys (2.26 pav.):

$$IPD = 1 \cdot PJT + 0 \cdot FP; \quad (2.16)$$

$$PJT = 2 \cdot IVT + 2 \cdot ART + 4 \cdot AT + 4 \cdot ET + 1 \cdot WT + 3 \cdot OWT + 2 \cdot TWT + 20 \cdot NT. \quad (2.17)$$

Piko laikotarpis regioniniams modeliams nėra tinkamas. Modeliuojant VT regionuose, pasirenkamas arba vienos darbo dienos, arba vienos darbo savaitės laikotarpis. Atsižvelgiant į tai, kad kai kuriose Tauragės regiono savivaldybėse yra maršrutų, kursuojančių tik tam tikromis darbo savaitės dienomis, ribotomis valandomis, ribotu aptarnavimo dažniu (mažiausias kursavimo dažnis – 1 kartą per dieną, didžiausias kursavimo dažnis – 18 kartų per dieną), galiausiai pasirinktas modeliavimo laikotarpis – penkios darbo dienos nuo 0:00 iki 24:00 val. Atsižvelgiant į sukauptus duomenis apie VT keleivių srautus, sukurtas VT veiklos modelis skaičiuojamas nuo 2022 m. rugsėjo 1 d. iki 2022 m. rugsėjo 30 d.

Parameters: Assignment procedure: Timetable-based

Search

- Branch and bound search
- Shortest path search
- Preselection
- Impedance**
- Choice
- Skin matrices
- Extended consideration transport
- Connection export
- Risk of delay
- Fall to board

Impedance

Perceived journey time (PJT) =

Order	Coefficient	Attribute	Operator	Value	BoxCox	Lambda
1	2.00	In-vehicle time	*	1.0	☐	1.00
2	2.00	PuT-Aux ride time	*	1.0	☐	1.00
3	4.00	Access time			☐	1.00
4	4.00	Egress time			☐	1.00
5	1.00	Walk time			☐	1.00
6	3.00	Origin wait time	Parameters		☐	1.00
7	2.00	Transfer wait time	Parameters		☐	1.00
8	20min	Number of transfers	*	Formula	☐	1.00
9	0min	Number of operator changes	Parameters		☐	1.00
10	0.00	Extended impedance	Parameters		☐	1.00

☒ Consider connections with DeltaT > 0 if connections with DeltaT = 0 exist
DeltaT = Time difference between desired and actual departure or arrival time

Impedance =

Order	Coefficient	Attribute	BoxCox	Lambda
1	1.00	PJT [min]	☐	1.00
2	0.00	Fare	☐	1.00
3	1.00	DeltaT(early) [min]	☐	1.00
4	1.00	DeltaT(late) [min]	☐	1.00

Time-varying impedance calculation

☐ Segment time series intervals
Maximum interval length: 24h

2.26 pav. Ištrauka iš PTV VISUM programinės įrangos su koeficientų vertėmis (sudaryta autorės)

Fig. 2.26. Extract from PTV VISUM with coefficient values (compiled by the author)

2.27 pav. parodytas keturių žingsnių modeliavimo PTV VISUM programine įranga fragmentas.

Procedure sequence						
Number: 7	Execution	Active	Procedure	Reference object(s)	Variant/file	Messages
1	☒	☒	Calculate PuT skin matrix	GTFS_DSeg GTFS_DSeg	Timetable-based	
2	☒	☒	Trip generation	AI M01 demand strata		
3	☒	☒	Trip distribution	AI M01 demand strata		
4	☒	☒	Combination of matrices and vector	Matrix([NO] = 8):=Matrix([NO] = 7)		2 mess
5	☒	☒	PuT assignment	GTFS_DSeg GTFS_DSeg	Timetable-based	
6	☒	☒	Assignment analysis			
7	☒	☒	PuT operating indicators			

2.27 pav. Keturių žingsnių modeliavimas naudojant PTV VISUM programinę įrangą (sudaryta autorės)

Fig. 2.27. Four-step simulation of PTV VISUM (compiled by the author)

Iš sudarytos VT keleivių srautų kartogramos (mato vienetas kel./mėn.) (2.28 pav.) matoma, kad dėl neužtikrinto VT sistemos pasiekiamumo gyventojai daugiau naudojami privačiais automobiliais, todėl yra daug VT maršrutų atkarpų, kuriais keleiviai nesinaudoja.



2.28 pav. Tauragės regiono keleivių srautų kartogramos ištrauka (sudaryta autorės)

Fig. 2.28. Passenger flow map of Tauragė County (compiled by the author)

Dideli atstumai tarp stotelių sukelia nepatogumų keleiviui, nes pailgina jo ėjimo laiką.

2.4. Sukurto modelio kalibravimas ir rezultatai

Kalibravimas ir patvirtinimas. Tikrinama, ar modelio rezultatai atspindi esamą srautų būklę. Tai atliekama lyginant stebėtus keleivių kelionių duomenis (skaičiavimo vertę) su modeliavimo proceso rezultatais. Pažymėtina, kad bazinis modelis turi tiksliai atspindėti tikrovę. Kalibravimas užtikrina, kad rezultatai tiksliai atspindėtų esamus duomenis. Kalibruojant siekiama gauti kuo didesnę atitiktį tarp modeliujamų ir išmatuotų (faktinių) keleivių srauto verčių. Palyginti su regionais, miestuose lengviau rinkti tikrus duomenis. Viena elektroninių bilietų sistema itin palengvina (paspartina) keleivių srautų duomenų rinkimą miestuose. Keleivių vežėjams regionuose yra sunkiau surinkti duomenis apie keleivių srautus.

Modelio kūrimas ir kalibravimas yra pasikartojančio proceso, kuris baigiasi modelio arba VT struktūros patvirtinimu, dalis. Tai reiškia, kad surinkti duomenys turi būti struktūriniai taip, kad jie būtų tokio paties formato kaip ir modelio sugeneruoti duomenys (Papageorgiou et al., 2007). Makroskopinis patvirtinimas padeda patobulinti modelį. Patvirtinimas pasiekiamas išmatuojant bazinio modelio kalibravimo išvestį pagal stebėtus duomenis, kurie nėra tokie patys kaip kalibruojant naudojami duomenys, lyginant juos ir įvertinant tikslumą (Smith & Blewitt, 2010). Be to, apibrėžiami patvirtinimo kriterijai, nurodant pagrindines

hipotezes ir pasirenkant taikytinus statistinius bandymus. Atsiradus skirtumų tarp modelio rezultatų ir realių duomenų, modelis taisomas ir patvirtinamas dar kartą.

Yra keletas būdų, kaip palyginti realius keleivių srautus su modelio keleivių srautais, taikant tokius metodus kaip vidutinė kvadratinė paklaida (VKP), vidutinė kvadratinė paklaida procentais (%VKP), determinacijos koeficientas (r^2), vidutinis absoliutus nuokrypis (MAD) ir Geoffrey E. Havers (GEH) rodiklis.

Modeliui kalibruoti ir patvirtinti naudojamas r^2 – modeliuojamų ir stebėtų priklausomojo kintamojo reikšmių skirtumų matas. Kuo koeficiento reikšmė didesnė, tuo modelis geriau atitinka duomenis. r^2 duoda didžiausią determinacijos koeficiento vertę – 86,68 %.

Kalibravimas lygina faktinius VT keleivių srautų duomenis (X) su modelio duomenimis (Y). 2.6 ir 2.7 lentelėse pristatyti rezultatai, kai, skaičiuojant determinacijos koeficientą, pritaikomas r^2 skaičiavimo būdas, nusakantis ryšį tarp Y ir X .

2.6 lentelė. r^2 priklausomybės (sudaryta autorės)

Table 2.6. r^2 dependencies (compiled by the author)

Parametrai	Mažiausias kvadratų metodo įvertinimas	Standartinė paklaida	t statistika	p reikšmė
Lygties parametras	$-6,14467 \cdot 10^6$	$3,35938 \cdot 10^6$	$-1,82911$	$0,0707$
Nuožulnumas	$3,89124$	$0,160779$	$24,2024$	$0,0000$

p reikšmė 2.6 lentelėje yra mažesnė nei 0,05, yra statistiškai reikšmingas ryšys tarp modelio atributo ir stebėto atributo esant 95,0 % pasikliovimo lygiui.

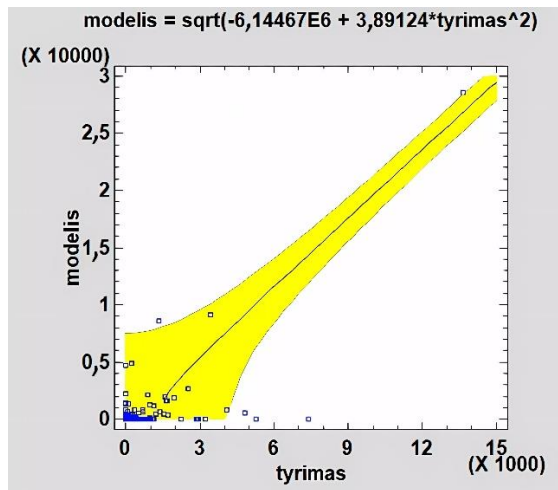
2.7 lentelė. r^2 dispersijos analizė (sudaryta autorės)

Table 2.7. Analysis of variance for the r^2 (compiled by the author)

Šaltinis	Kvadratų suma	D_f	Vidutinis kvadratas	F santykis	p reikšmė
Modelis	$5,79267 \cdot 10^{17}$	1	$5,79267 \cdot 10^{17}$	585,76	0,0000
Liekanos	$8,90028 \cdot 10^{16}$	90	$9,8892 \cdot 10^{14}$		
Nesutapimas	$8,85307 \cdot 10^{16}$	69	$1,28305 \cdot 10^{15}$	57,08	0,0000
Grynoji paklaida	$4,72037 \cdot 10^{14}$	21	$2,2478 \cdot 10^{13}$	–	–
Iš viso:	$6,6827 \cdot 10^{17}$	91	–	–	–

Modelio keleivių srautai stipriai koreliuoja su faktinėmis vertėmis, modelis yra patikimas ir galimas naudoti kaip bazinis modelis pokyčiams modeliuoti. Ko-

reliacijos koeficientas yra lygus 0,93103, o tai rodo santykinai stiprų ryšį tarp pervežtų keleivių skaičiaus kintamųjų (2.29 pav.). Įverčio standartinė paklaida, rodanti likučių standartinį nuokrypį, yra lygi $3,14471 \cdot 10^7$. Vidutinė absoliučioji paklaida su vidutine likutine verte yra lygi $1,00849 \cdot 10^7$. Durbin–Watson statistika lygi 2,22818, įvertinami bet kokios reikšmingos koreliacijos likučiai pagal jų eilės tvarką duomenų faile.



2.29 pav. r^2 priklausomybės (sudaryta autorės)
Fig. 2.29. r^2 dependencies (compiled by the author)

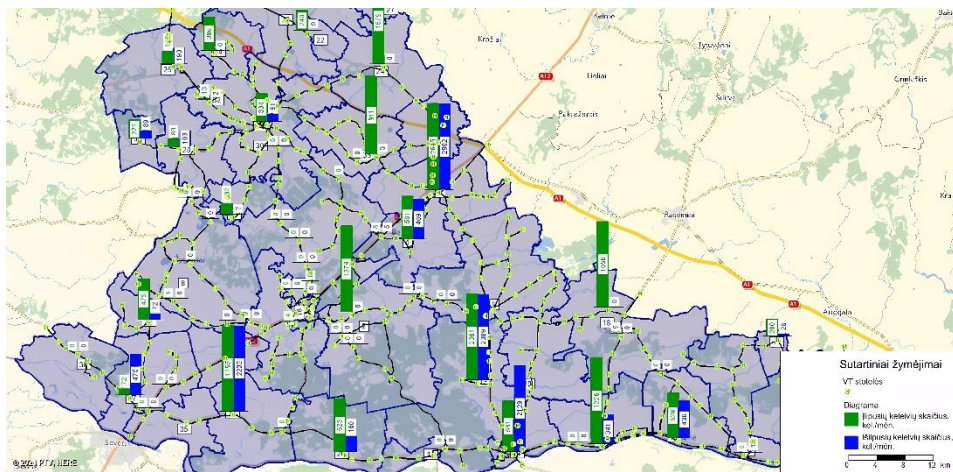
Kalibruojant gautas determinacijos koeficientas r^2 yra lygus 87 %. Palyginimui paimti 2022 m. rugsėjo mėn. sukaupti VT keleivių srautų duomenys visame Tauragės regiono tinkle.

Gautas rezultatas rodo aukštą modelio keleivių srautų atitiktį realioms reikšmėms. Modeliavimo rezultatai, tiek kalibruojant, tiek tikrinant bazinį modelį, rodo, kad VT veiklos modelis buvo atliktas teisingai ir kad bazinis modelis pagrįstai atspindi tikrąją VT veiklos sistemą, kurią galima naudoti esamo transporto tinklo pakeitimams.

Rezultatai. Elementaru, kad didžiausi keleivių srautai generuojami ir pasiskirsto didžiausiose seniūnijose: Tauragės miesto seniūnijoje, Jurbarko miesto seniūnijoje, Šilalės miesto seniūnijoje. Mažiausi keleivių srautai susidaro Juodaičių, Palentinio, Didkiemio, Tenenių seniūnijose. Iš modeliuojant gautos IA matricos (F priedo 1F lentelė) matoma, kad daugiausia keleivių kelionių yra vykdoma iš miesto seniūnijų (nuo 7142 iki 26 078 kelionių/mėn.), o mažiausiai – iš Palentinio seniūnijos (130 kelionių/mėn.). Akivaizdu, kad didesnėse seniūnijose keleivių kelionių skaičius yra didesnis, palyginti su seniūnijomis, kuriose vyrauja mažesnis

gyventojų tankumas ir mažesnis darbo vietų skaičius. VT paslaugos neorganizuojamos į Gaurės, Žygaičių, Šimkaičių, Palentinio, Žadeikių seniūnijas. Kelionių skaičius į šias zonas lygūs 0. Tai reiškia, kad šiose zonose nereikia pastovių VT paslaugų. Tai reiškia, kad šiose zonos nėra paklausanos, gyventojams ribojamos VT paslaugos ir jie susiduria su vadinamąja „paskutinio kilometro problema“. Miestų IA matricioje to nebūna, nes miestuose yra didesni VT keleivių srautai.

Tauragės regiono VT veiklos modelio keleivių apkrovos VT stotelėse gauti rezultatai pateikti 2.30 pav.



2.30 pav. Keleivių apkrova Tauragės regiono stotelėse (sudaryta autorės)

Fig. 2.30. Passenger load at Taurage region stops (compiled by the author)

Palyginti su VT keleivių srautais miestuose, keleivių srautai regionuose yra mažesni ir netolygūs. Iš sukurtos kartogramos (2.30 pav.) matoma, kad regionams yra būdingas mažesnis sustojimų tankis ir mažesnė tų stotelių apkrova. Yra keletas VT stotelių, kuriose keleivių apkrova yra didelė, t. y. daugiau nei 5000 keleiv./mėn.: Gedimino st., Alėjos st., Dariaus ir Girėno progimnazijos st., Smalininkų st., Centro st., Pėpliškės st., Skaudvilės st., Taurų st. Šios apkrautos stotelės yra tankiai apgyvendintose vietose, taip pat skirtos persėdimams tarp skirtingų VT maršrutų. 457 VT stotelių neturi keleivių (žiūr. G priedo 2G lentelę). Pagal jungčių atstumus matyti, kad iki šių stotelių keleiviai turi eiti daugiau nei 1–2 km, todėl šiose stotelėse nėra keleivių srauto.

2.5. Antrojo skyriaus išvados

1. Keleivių apyvarta priemiestinio susisiekimo maršrutais turi stiprų koreliacinį ryšį ir su nedarbo lygiu. Ši priklausomybė yra logiška, kadangi dirbantys regionų gyventojai yra priversti važinėti į darbą (jie kasdien planuoja keliones), o nedirbantys beveik nesinaudoja viešojo transporto paslauga.
2. Mažo tankumo gyvenamųjų vietovių tyrimams siūloma taikyti 5 darbo dienų modeliavimo laikotarpį, nes viešojo transporto maršrutų tvarkaraščiai ir dažnumas regionuose gali smarkiai skirtis kiekvieną darbo dieną.
3. Siekiant teritoriją suskirstyti į zonas, naudojami žemės naudojimo ir socialiniai ekonominiai duomenys, tokie kaip demografiniai ir gyventojų duomenys. Renkant detalius duomenis susiduriama su jų trūkumo regionuose problema – duomenys nerenkami, neišsaugomi, skirstomi į didesnius vienetus. Todėl paprasčiausias būdas nustatyti zonos ribas – jas suskirstyti pagal administracinius vienetus. Taip išvengiama netikslumų, atsirandančių dėl duomenų apdorojimo ir skaidymo į kitas zonas.
4. Remiantis regresinės analizės rezultatais ir VšĮ „Žaliojo regionas“ atliktos gyventojų apklausos rezultatais, kelionių paskyrimo žingsnyje, skaičiuojant IPD, didžiausios reikšmės buvo priskirtos persėdimų skaičiaus, ėjimo laiko iki pradinės stotelės ir ėjimo laiko iki kelionės tikslo (nuo paskutinės išlaipinimo stotelės) koeficientams. Tai pabrėžia šių veiksnių svarbą renkant viešąjį transportą ir pabrėžia jų įvertinimo svarbą, kuriant veiksmingus viešojo transporto veiklos modelius regione.
5. Viešojo transporto veiklos sistemos modeliui sukurti būtini šie pagrindiniai sistemos įvesties duomenys: esamų keleivių srautų viešojo transporto maršrutuose duomenys, kelių ir gatvių tinklo duomenys, viešojo transporto stotelių ir maršrutų duomenys, demografiniai, statistiniai, modalinio pasiskirstymo duomenys, regiono gyventojų apklausos duomenys ir regioninio viešojo transporto keleivių srautus veikiančių kriterijų sąsajos.
6. Sudarytas ir sukalibruotas bandomojo Lietuvos regiono VT veiklos tinklo ir paklausos modelis, atsižvelgiant į anksčiau nustatytas kriterijų sąsajas, leidžia efektyviai įvertinti VT tinklo struktūros ir veikimo principus. Šis modelis bus naudojamas kaip pagrindas tolesniems tyrimams bei sprendimų priėmimui, siekiant patobulinti viešojo transporto paslaugas regione ir užtikrinti jų darumą bei prieinamumą.

Regioninio viešojo transporto organizavimo metodikos patikrinimas ir rezultatų apdorojimas

Trečiajame skyriuje pateikiamas Lietuvos regiono pagrindu VT organizavimo suformuluotos metodikos patikrinimas bei rezultatų apdorojimas. Šiame skyriuje pateikiamas bandomojo Tauragės regiono esamos VT veiklos sistemos tobulinimas, nustatomos mažos VT paklausos zonos ir jose numatoma VTP paslauga. Pateikiamas suformuluotos metodikos pritaikomumas (universalumas).

Skyriaus tematika paskelbta viena autorės mokslinė publikacija (Ranceva & Ušpalytė-Vitkūnienė, 2024).

3.1. Regioninio viešojo transporto paslaugų teikimo metodikos patikrinimas

Tobulinant regioninio VT veiklos modelį, VTP įtraukiamas į esamą VT tinklą. Kadangi darbo ir kelionių įpročiai nuolat kinta, vis didesnę svarbą įgyja sprendimai, kurie pagerina VT paslaugų teikimo lankstumą, prieinamumą ir atitinka vartotojų poreikius.

Didesnio tankio vietovėse pirmenybė yra teikiama įprastinei reguliaraus VT paslaugai dėl trumpesnio laukimo laiko ir galimybės sukurti patobulintą sistemą, pagrįstą tvarkaraščiu. Deja, tokia VT sistema yra per brangi mažo tankio vietovėse. VTP paslaugos kainos yra 2–3 kartus didesnės nei įprastų autobusų paslaugų, tačiau yra pigesnės, nei važiuoti privačiu automobiliu arba kviestis taksi (pavežėja). VTP paslaugos kaina priklauso nuo valstybės teikiamo finansavimo.

Integruojant VTP paslaugą, būtina išspręsti kainodaros klausimą: turi būti palikta tokia pati kaina, kaip fiksuotų maršrutų VT, ar speciali kaina pagal nuvažiuotą atstumą. Sudėtinga nustatyti, koks yra optimalus 1 km įkainis. Taip pat sprendini klausimai, susiję su subsidijų modeliais, sutarčių sudarymo strategija.

Planuojant VT regionuose labai svarbu „mąstyti kaip keleivis“. Sudarant optimalią VT schemą, siekiama padidinti regioninių savivaldybių (seniūnijų) pasiekiamumą, racionaliau naudoti autobusų parką, padidinti gyventojų pasitenkinimą VT, sumažinant atstumus ir laiko sąnaudas. Visuomenei svarbi galimybė keliauti minimaliu kelionės laiku (trukme) bei atstumu. Priimtinausi tiek trumpiausias, tiek greičiausias maršrutas iš taško A į tašką B. Kuo savivaldybės sukuria didesnę transporto pasiūlą, tuo transporto paklausa yra didesnė. Didesnė pasiūla generuoja didesnę paklausą, ir atvirkščiai.

Reguliaraus VT veiklos sistemos ir į paklausą reaguojančių transporto paslaugų integravimas, leidžiantis keleiviams keliauti įprastu viešuoju transportu iki artimiausio mazgo ir iš ten tęsti kelionę į namus ar atgal naudojant VTP, yra efektyvus būdas optimizuoti transporto išlaidas ir pagerinti visos VT sistemos veiksmingumą. Į keleivių poreikius reaguojančio transporto svarba tapo ypač akivaizdi COVID-19 pandemijos laikotarpiu, kai sumažėjo VT paslaugų paklausa ir reikšmingai pasikeitė kelionių bei darbo įpročiai.

Atsižvelgus į 2022 m. VŠĮ „Žaliojo regionas“ atliktos apklausos rezultatus, į atliktą literatūros analizę bei teorinio tyrimo rezultatus, kuriama metodika, kuri pasirinktam analizuojamam regionui leidžia nustatyti teritorijas, kuriose galima keisti VT veiklos pobūdį.

Metodika susideda iš šių pagrindinių etapų:

1. Identifikuoti teritorijas, kurios aptarnaujamos VTP (VTP teritorijas).
2. Identifikuotose VTP teritorijose eliminuoti arba pakeisti maršrutus.
3. Išanalizuoti transporto pasiūlos atitiktį gyventojų poreikiams: daroma prielaida, kokių dažniu vidutiniškai VTP teritorija bus aptarnaujama VT.
4. Palyginti patobulintos VT sistemos rezultatus su esamo modelio rezultatais autobusų ridos ir keleivių laiko sąnaudų atžvilgiu.

Pirmas ir svarbus žingsnis – identifikuoti teritorijas, kurios turėtų būti aptarnaujamos VTP (identifikuoti VTP teritorijas). VTP gali patenkinti nepakankamai aptarnaujamų bendruomenių poreikius, užtikrinti efektyvesnę susisiekimą, sumažinti nereikalingų kelionių skaičių, geriau pritaikyti transporto priemones pagal

kelionės poreikius ir sumažinti bendras VT veiklos išlaidas. VTP paslaugos leidžia aptarnauti platesnes teritorijas ir užtikrinti minimalų paslaugų teikimo lygį.

Siekiant identifikuoti VTP teritorijas, apibrėžiami kriterijai ir jų ribos, t. y. teritorinio matmens ir maršrutų matmens ribos. Nagrinėjami teritorinio matmens kriterijai – gyventojų tankis ir darbo vietų skaičių.

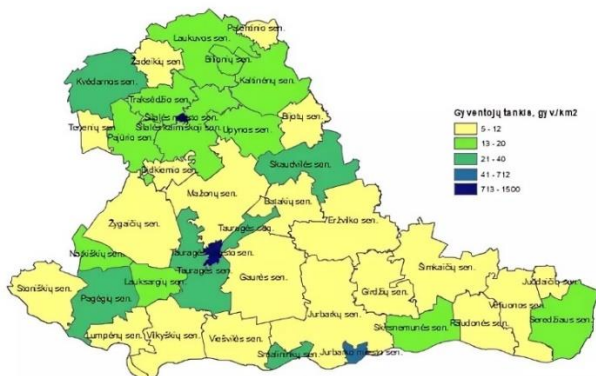
Mažas gyventojų tankis yra vienas pagrindinių atokių vietovių regionuose apibrėžimo kriterijų. Vietovėse, kuriose gyvena mažiau nei 20 gyv./km² gyventojų pasiskirstymas yra labai retas ir jos laikomos kaimiškėmis arba mažo tankio teritorijomis (Castillo et al., 2024; Yuan, 2015). Toks mažas tankumas rodo, kad gyvenvietės yra išsidėsčiusios toli viena nuo kitos, o tai laikoma esminiu atokumo požymiu.

Mažo gyventojų tankio vietovėse keleivių srautai yra per maži, kad reguliaraus viešojo transporto paslaugos būtų ekonomiškai pagrįstos. Vidutinis VT pasiekiamumas yra 2 km ir yra lygus 12,56 km² plotui. Mažo tankio vietovėse, esant 20 gyv./km² ir 2 km VT pasiekiamumui, gyvena 251 žmogus. Remiantis Lietuvos Respublikos oficialios statistikos portalu, užimtumo lygis Lietuvoje sudaro 70 %, t. y. vidutinis dirbančių žmonių skaičius Lietuvoje – 175,7. Išanalizavus visas Lietuvos Respublikos savivaldybes, pasirinkta 200 vnt. darbo vietų skaičiaus riba. Teritorijos, kuriose yra mažiau nei 200 darbo vietų, pasižymi mažu kasdienių kelionių intensyvumu. Mažas darbo vietų skaičius rodo ribotą potencialą reguliariems transporto srautams.

Laikoma, kad VTP paslauga turėtų būti integruojama teritorijose, kuriose teritoriniai matmenys yra šių ribų:

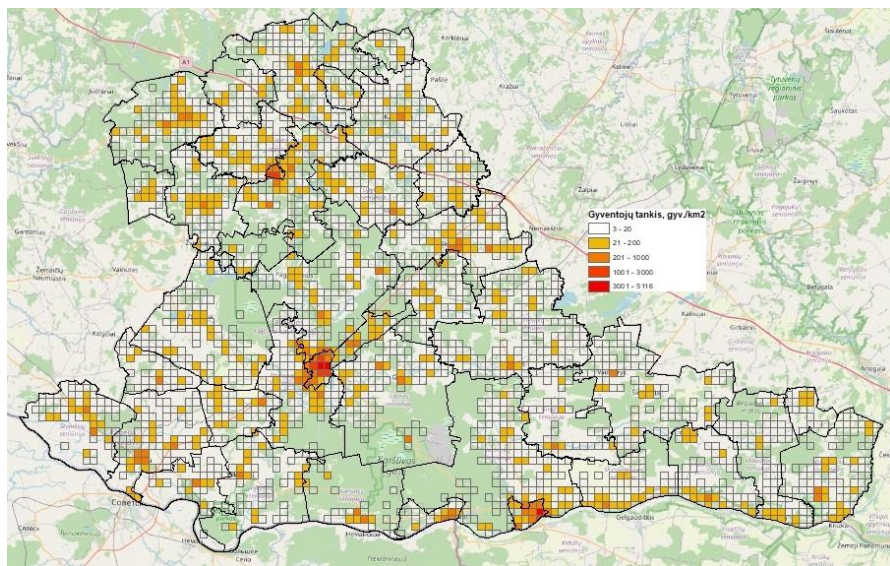
- gyventojų tankis mažesnis kaip 20 gyv./km²;
- darbo vietų skaičius mažesnis kaip 200 vnt.

Tauragės regiono gyventojų tankio žemėlapis pagal atskiras seniūnijas pa-vaizduotas 3.1 paveiksle.



3.1 pav. Tauragės regiono gyventojų tankio žemėlapis (sudaryta autorės)
Fig. 3.1. Population density map of Tauragė county (compiled by the author)

Būtina nusimatyti lokalias gyventojų tankio vietas (žiūr. 3.2 pav.). Spalvotomis gardelėmis yra pažymėtos vietos, kuriose gyventojų tankis yra didesnis kaip 20 gyv./km². Šiose vietose turi būti užtikrintas reguliaraus VT paslaugos prieinamumas.



3.2 pav. Tauragės regiono gyventojų tankis gardelėmis (sudaryta autorės)
Fig. 3.2. Population density of Tauragė region in grids (compiled by the author)

Didžiausia gyventojų tankio koncentracija yra pagrindinėse Tauragės regiono seniūnijose, kuriose egzistuoja didžiausi užstatymo plotai: Tauragės m. sen. (1500 gyv./km²), Jurbarko m. sen. (712 gyv./km²), Šilalės m. sen. (1311 gyv./km²).

Ta pati situacija yra su darbo vietų skaičiaus įvertinimu: būtina identifikuoti lokalias vietas (3.3 pav.).

Darbo vietos visiškai nedeklaruotos Raudonės, Palentinio, Tenenių, Žadeikių seniūnijose (0 darbo vietų). Nenuostabu, kad didžiausias darbo vietų skaičius yra pagrindinėse Tauragės regiono seniūnijose: Tauragės m. sen. (8414 vnt.), Jurbarko m. sen. (4000 vnt.), Šilalės m. sen. (2418 vnt.).

VT su fiksuotais maršrutais visuomeniniu požiūriu tampa optimalus tik tada, kai pasiekiamas tam tikras paklausos slenkstis, užtikrinantis veikiančių maršrutų efektyvumą. Skirtingai nuo šios fiksuotos VT paslaugų pasiūlos, VTP suteikia keleiviams lankstesnes keliavimo galimybes. Būtina atsižvelgti ne tik į teritorinius matmenis, o ir į maršrutinius. Maršruto naudingumo kriterijus parodo, kiek keleivių vidutiniškai važiuoja tam tikru maršrutu, o kartu VT maršruto atsiperkamumą ir naudą VT administruojančioms įmonėms. Jei šis skaičius palyginti su kitais

daugiau kaip 20 kel./darbo dieną. Taip pat apibrėžiama neapkrauta maršruto kilpa – papildoma maršruto atšaka, besibaigianti vienintele stotele, kurioje pervežtų keleivių skaičius ne daugiau kaip 20 kel./darbo dieną.

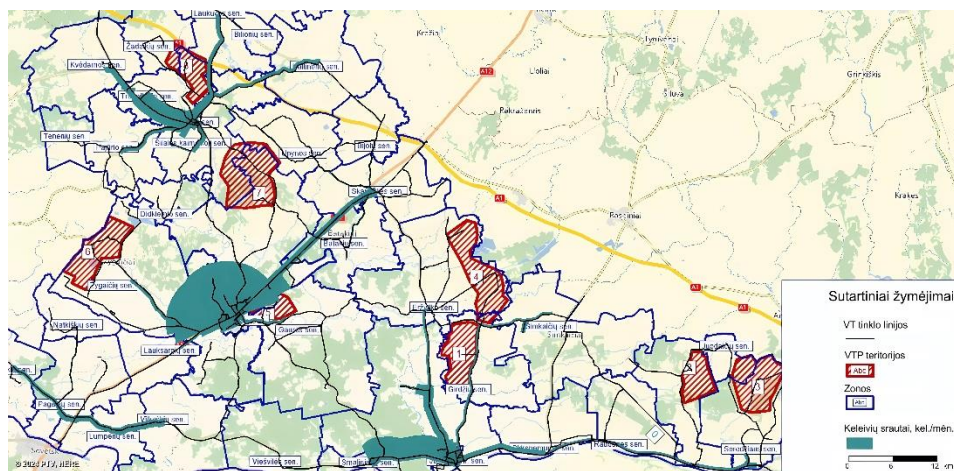
Numatomos dvi galimos maršrutinių kriterijų sąlygos, iš kurių bent viena privalo būti įgyvendinta:

I sąlyga. Nenaudojamų VT autobusų stotelių VTP teritorijoje turi būti mažiausiai trys. Egzistuoja neapkrauta maršruto atkarpa

arba

II sąlyga. VTP teritorijoje yra viena nenaudojama VT autobusų stotelė. Egzistuoja neapkrauta maršruto kilpa.

Pagal teritorinio ir maršrutinio matmens kriterijus ir jų ribas, kurios remiasi prieš tai pateiktomis apsibrėžtomis prielaidomis, išskiriamos VTP teritorijos, kuriose siūloma naikinti reguliarųjį VT ir įvesti VTP. Šis VT yra orientuotas į vartotoją ir yra skirtas patenkinti skirtingų vartotojų poreikius. Tauragės regione identifiкуotos 8 VTP teritorijos, parodytos 3.4 pav.



3.4 pav. Tauragės regiono VTP teritorijos (sudaryta autorės)

Fig. 3.4. Territories of the VTP of Tauragė region (compiled by the author)

VTP teritorijų nustatymo kriterijai ir charakteristikos yra pateiktos 3.1 lentelėje.

Antras žingsnis – identifikuotose VTP teritorijose eliminuojami arba keičiami maršrutai, t. y. tiesinamos maršrutų atkarpos. Lankstus VT ir patrauklus maršrutų išdėstymas suteikia keleiviams galimybę rinktis ir leidžia plėtoti naujas paslaugas. Kuo tiesesnis VT maršrutas, tuo trumpesnis kelionės laikas ir mažesnė

VT autobusų rida. Tyrimo metu atlikta regioninių savivaldybių daugianarė regresinė analizė parodė, kad ir tolimojo, ir priemiestinio susisiekimo keleivių srautai priklauso nuo autobusų ridos.

3.1 lentelė. Nustatytos VTP teritorijos ir jų charakteristikos (sudaryta autorės)

Table 3.1. Determined VTP territories and their characteristics (compiled by the author)

VTP teritorijos Nr.	Seniūnijos pavadinimas	Nenaudojamų stotelių skaičius, vnt.	Neapkrautos atkarpos keleivių skaičius (kel./mėn.)	Maršrutinio matmens sąlyga (I arba II)
1	Girdžių seniūnija	1	0	II
2	Veliuonos seniūnija	1	14	II
3	Juodaičių ir Seredžiaus seniūnijos	4	0	I
4	Eržvilko ir Girdžių seniūnijos	7	0	I
5	Gaurės ir Tauragės seniūnijos	1	0	II
6	Žygaičių seniūnija	3	0	I
7	Mažonų ir Šilalės kaimiškoji seniūnijos	3	0	I
8	Traksėdžių ir Žadeikių seniūnijos	4	386	I

Autobusų rida atspindi autobusų parko panaudojimo efektyvumą. Ta pati rida skirtingose savivaldybėse generuoja skirtingą paklausos intensyvumą, todėl iš nustatytų VTP teritorijų panaikinami esami reguliarūs VT maršrutai. VTP teritorijose sutrumpinti šie maršrutai:

- 1) 1-oje VTP teritorijoje – J-1 ir J-10 maršrutai;
- 2) 2-oje VTP teritorijoje – J-5 maršrutas;

- 3) 3-ioje VTP teritorijoje – J-8 maršrutas;
- 4) 4-oje VTP teritorijoje – J-7 ir J-10 maršrutai;
- 5) 5-oje VTP teritorijoje – T-27 maršrutas;
- 6) 6-oje VTP teritorijoje – T-49 maršrutas;
- 7) 7-oje VTP teritorijoje – T-54, T-30, S-14 maršrutai;
- 8) 8-oje VTP teritorijoje – S-7 maršrutas.

Kiekvieną kartą pakeitus VT maršruto tinklo parametrus, modelyje iš naujo atliekama keleivių apkrovų paskirstymo skaičiavimų procedūra. Pažymėtina, kad atliekant viešojo transporto veiklos schemos pakeitimus, modelyje pervežtų keleivių skaičius nesikeičia.

Trečiasis etapas – siekiant patobulinti VT maršrutų tinklą, reikia išanalizuoti transporto pasiūlos atitiktį gyventojų poreikiams. Paprastai VTP paslauga teikiama vežant į miesto centrą arba lankytiną vietovę arba iš jos. Maršrutai gali būti aiškūs (atsižvelgiant į klientų pasirinktą paskirties vietas) arba daliniai (pvz., į VT stotis arba iš jų ir kitus traukos centrus). Taip pat VTP trasa numatoma iki persėdimų VT stotelės, kurioje sustoja nemaža dalis VT autobusų.

Daroma prielaida, kokia VTP aptarnaujamoje teritorijoje yra VT paslaugos paklausa priklausomai nuo keleivių skaičiaus pašalintose reguliariojo VT trasose (maršutuose). Šiuo bandomuoju atveju, remiantis analizuoto regiono keleivių srautų statistika, daroma prielaida:

- 1) jeigu buvo pašalintos maršrutų atkarpos, kuriose keleivių skaičius yra daugiau kaip 50 keleiv./mėn., tuomet VTP teritorija pagal pareikalavimą aptarnaujama 2 kartus per dieną (žiūr. 3.2 lentelę);
- 2) jeigu buvo pašalintos maršrutų atkarpos, kuriose keleivių skaičius – mažesnis kaip 50 keleiv./mėn., tuomet VTP teritorija pagal pareikalavimą aptarnaujama 2 kartus per mėnesį (žiūr. 3.3 lentelę).

3.2 lentelė. VTP teritorija, aptarnaujama 2 kartus per dieną (sudaryta autorės)

Table 3.2. VTP territory served two times a day (compiled by the author)

VTP teritorija	Kryptis	Rida, km/mėn.
8	Kuodaičiai–Šilalė (Šilalė) (darbo dieną ryte)	307,7
	Šilalė (Šilalė)–Kuodaičiai (darbo dieną vakare)	307,7

Maršrutų atkarpose, kuriose keleivių skaičius viršija 50 keleiv./mėn., keleivių srautai yra pakankamai dideli, kad užtikrintų reikšmingą VT paslaugų paklausą. Tai rodo, kad gyventojai reguliariai naudojami VT, dažnai keliaudami į darbo vietas, mokyklas ar kitas svarbias vietas. 2 kartų per dieną (pvz., ryte ir vakare) VTP dažnis yra pakankamas, kad būtų užtikrintas pagrindinis susisiektis su pagrindiniais objektais ir patogus mobilumas.

3.3 lentelė. VTP teritorijos, aptarnaujamos 2 kartus per mėnesį (sudaryta autorės)

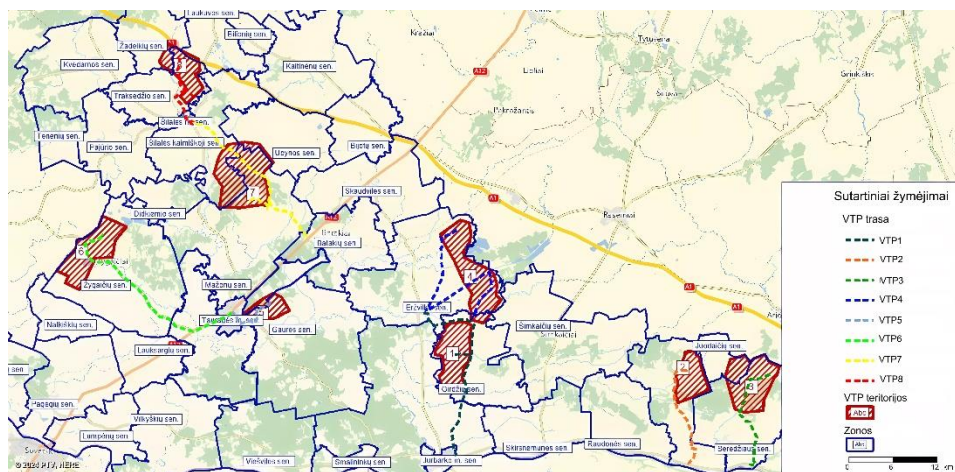
Table 3.3. VTP territories served two times a month (compiled by the author)

VTP teritorija	Kryptis	Rida, km/mėn.
1	Kavoliai–Autobusų parkas (Jurbarkas) (darbo dieną ryte)	17,02
	Autobusų parkas (Jurbarkas)–Kavoliai (darbo dieną vakare)	17,02
	Kavoliai–Eržvilkas (darbo dieną ryte)	14,95
	Eržvilkas–Kavoliai (darbo dieną vakare)	14,95
2	Liucinava–Veliuonos kalnas (darbo dieną ryte)	15,90
	Veliuonos kalnas–Liucinava (darbo dieną vakare)	15,90
3	Vosbutai2–Seredžius (darbo dieną ryte)	17,00
	Seredžius–Vosbutai2 (darbo dieną vakare)	17,00
4	Taubučiai–Eržvilkas (darbo dieną ryte)	13,26
	Eržvilkas–Taubučiai (darbo dieną vakare)	13,26
	Žukaičiai–Eržvilkas (darbo dieną ryte)	16,67
	Eržvilkas–Žukaičiai (darbo dieną vakare)	16,67
5	Joniškės kapinės–Tauragė (Autobusų stotis) (darbo dieną ryte)	8,67
	Tauragė (Autobusų stotis)–Joniškės kapinės (darbo dieną vakare)	8,67
6	Dirvėnai–Tauragė (Autobusų stotis) (darbo dieną ryte)	29,03
	Tauragė (Autobusų stotis)–Dirvėnai (darbo dieną vakare)	29,03
7	Griaužai–Šilalė (darbo dieną ryte)	20,60
	Šilalė–Griaužai (darbo dieną vakare)	20,60
	Debliai–Antegluonis (darbo dieną ryte)	25,00
	Antegluonis–Debliai (darbo dieną vakare)	25,00

Maršrutų atkarpose, kuriose keleivių skaičius yra mažesnis nei 50 kel./mėn., paklausa VT yra labai maža. Tokios vietovės dažniausiai apima gyvenvietes, kur gyventojų ir darbo vietų koncentracija yra maža, todėl VT poreikis yra nereguliarus arba atsitiktinis. 2 kartai per mėnesį užtikrina minimalų VTP paslaugų teikimo

dažnį, kad patenkintų tiek esamus, tiek potencialius keleivių poreikius. VTP paslaugos 2 kartus per mėnesį užtikrina, kad šios paslaugos būtų teikiamos net ir mažo tankio teritorijose, tačiau yra neapkraunama VT sistema, taip pat išlaikomas socialinis įtraukimas ir užtikrinama galimybė pasiekti svarbias paslaugas, nepaisant mažo keleivių srauto.

Kiekvienos VTP teritorijos aptarnavimo trasos pavaizduotos 3.5 pav.



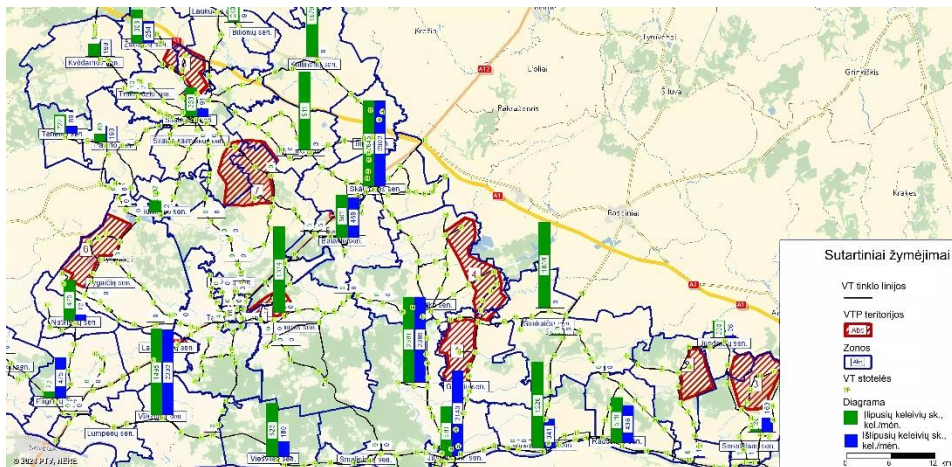
3.5 pav. VTP teritorijos aptarnavimo trasos (sudaryta autorės)

Fig. 3.5. VTP territory service lines (compiled by the author)

Ketvirtas etapas – atlikus esamo VT veiklos modelio pakeitimus, palyginami gauti autobusų ridos rezultatai ir keleivių laiko sąnaudos. Keleivių kelionių laiko sąnaudos – keleivių kelionių ir kelionės laiko nuo įlaipinimo iki išlaipinimo stotelės sandaugų suma. Pažymėtina, kad atliekant VT veiklos schemos pakeitimus, modelyje pervežtų keleivių skaičius nesikeičia.

Sukalibruotos esamos VT veiklos sistemos bendra autobusų rida – 287 684,18 km, pervežtų keleivių kelionių laikas – 23541 val. 26 min. 28 sek (žiūr. G priedo 1G lentelę). Ištiesinus VT maršrutus, VT sistemos bendra rida – 283 106,64 km, pervežtų keleivių kelionių laikas – 23423 val. 14 min. 46 sek (žiūr. G priedo 3G lentelę). Patobulinus VT sistemą, bendra VT autobusų rida sumažėjo 1,6 % (skirtumas siekia 4577,54 km), o bendras keleivių kelionių laikas sumažėjo 0,5 % (skirtumas siekia 118 val. 11 min. 42 sek.). Įvertinus daromą prielaidą, kad VTP teritorijos pagal pareikalavimą aptarnaujamos 2 kartus per dieną arba 2 kartus per mėnesį, VT pagal pareikalavimą bendra rida – 971,63 km. Bendra patobulintos VT sistemos rida – 284 078,27 km. Lyginant su esamu sukalibruotu modeliu, mėnesinė VT autobusų rida sumažėjo 1,25 % (skirtumas siekia

3605,91 km/mėn.). Natūralu, kad VT kilometrų skaičius vienam keleiviui, eksploatacinės išlaidos vienam keleiviui ir šiltnamio efektą sukeliančios emisijos vienam keleiviui sumažėjo.



3.6 pav. Patobulintos VT sistemos stotelių apkrovimo schema (sudaryta autorės)
Fig. 3.6. Scheme of passenger flows of the improved public transport system stops (compiled by the author)

VT stotelių apkrovimas, patobulinus Tauragės regiono VT veiklos sistemą, pateiktas 3.6 pav.

3.2. Regionų viešojo transporto paslaugų teikimo metodikos apibendrinimas

Nors egzistuoja daug šaltinių, kuriuose analizuojama VT veiklos modelių kūrimo specifika, literatūros, skirtos regionų modeliams kurti, nerasta. Tauragės regiono bandomuoju atveju, atsižvelgus į identifikuotą keleivių poreikį ir nepasitenkinimą esama VT veiklos sistema, atsižvelgus į Lietuvoje paplitusią problemą, kad mažesnių miestelių bei kaimų problemos dažnai siejamos su pustučiais autobusais (VT paslaugų teikimas ir autobusų eksploatavimas nėra ekonomiškai), siūloma metodika, pritaikyta iš mažo tankio zonų sudarytoms regioninėms savivaldybėms. Didesnio gyventojų tankumo savivaldybėse turėtų būti keičiami VT maršrutai ir didinamas reisų dažnis. Mažesnio gyventojų tankio savivaldybėse gali būti įgyvendinama siūloma metodika, kurios taikymas leistų optimizuoti VT

eksploatacines išlaidas ir užtikrinti aukštesnės kokybės paslaugų teikimą gyventojams.

Mažo tankio vietovėse siekiant į esamą VT paslaugų sistemą integruoti lanksčiąsias VT sistemas, tokias kaip VTP, vadovaujamasi toliau pateikta, autorės sukurta metodika.

Duomenys. Kuriant VT veiklos sistemos modelį, surenkami pirminiai duomenys:

1. Esamų keleivių srautų duomenys VT maršrutuose. Šie duomenys lengviau surinkami esant vienai el. bilieto sistemai.
2. Kelių ir gatvių tinklo duomenys. Šie duomenys importuojami iš esamų informacijos arba planavimo sistemų, pvz., iš GTFS duomenų pagal faktą, ir jie pakoreguojami pagal naujausią AB „Via Lietuva“ informaciją.
3. Aktualūs duomenys apie VT stoteles ir maršrutus (trasos, kryptys, dažniai ir tvarkaraščiai). Šie duomenys importuojami iš GTFS pagal faktą ir jie atnaujinami pagal oficialią VT organizatorių informaciją.
4. Demografiniai (gyventojų) duomenys, tokie kaip vaikų, moksleivių, studentų, senjorų, dirbančių gyventojų, bedarbių ir pan. skaičius. Informacija prieinama iš Valstybės duomenų agentūros duomenų.
5. Statistiniai duomenys, tokie kaip darbo vietų skaičius, vietų skaičius darželiuose, ugdymo įstaigose ir pan. Ši informacija randama pagal Valstybės duomenų agentūros, prieinamų GIS platformų ir pan. duomenis.
6. Modalinio pasiskirstymo duomenys, kurie randami teritorijų planavimo dokumentuose (Bendruosiuose planuose, Darnaus judumo planuose ir pan.).
7. Regiono gyventojų apklausos duomenys apie naudojimąsi VT paslauga (ar gyventojai naudojami VT sistema, ar juos ji tenkina, priežastys, kodėl nesinaudoja, kas paskatintų pradėti naudotis ir t. t.).
8. Regiono VT keleivių srautus lemiančių kriterijų regresinės analizės rezultatai.

Surinkti duomenys skirstomi pagal teritorijos administracinius vienetus.

Šiame etape nėra remiamasi prielaida, kad didesnis duomenų kiekis automatiškai užtikrina tikslesnį modelį ir rezultatus. Duomenys renkami ir vertinami itin kruopščiai, siekiant užtikrinti jų kokybę ir tinkamumą analizei.

Modelio sudarymas ir kalibravimas. Nustatomos analizuojamo regiono zonų ribos. Zonos regionuose suskirstomos pagal turimus socialinius, ekonominius, statistinius ir demografinius duomenis. Teritorija suskirstoma į zonas pagal

žemiausią administracinio suskirstymo lygmenį – seniūnijas. Skirstant zonas pagal seniūnijas išvengiama netikslumų bei klaidų apdorojant duomenis modelyje. Nustatant zonų centrą, pasitelkiami šie kriterijai: daugiausiai urbanizuota teritorija, didžiausias gyventojų skaičius arba tankis. Toliau nubraižomos jungtys nuo zonos centro iki autobusų maršrutų stotelės:

- 1) jungtis nebraižoma dideliu atstumu per mišką, per upę;
- 2) kiekvienai esamai VT stotelei priskiriama jungtis;
- 3) jungtys braižomos tarp skirtingų zonų;
- 4) jungtis braižoma ne didesniu kaip 3 km atstumu.

Tikslesni rezultatai gaunami, kai regionų modeliuose sezoniniai ir savaitgaliniai maršrutai nevertinami. Regionų modeliuose analizuojamas laikotarpis nėra tik viena piko valanda, kadangi vyrauja maži keleivių srautai. Regionuose VT autobusai kursuoja tik tam tikromis savaitės dienomis, ribotomis valandomis ir tik vieną kartą arba kelis kartus per dieną, todėl pasirenkamas tam regionui tinkamiausias modelio laikotarpis. Mažo gyventojų tankumo vietovių tyrimams siūloma taikyti 1 darbo dienos laikotarpį arba 5 darbo dienų modeliavimo laikotarpį. Renkantis modelio priskyrimo laikotarpį, atsižvelgiama ir į turimus sukauptus duomenis.

Sudarant regionų kelionių paklausos modelį, vadovaujamosi tradicinio keturių žingsnių modelio etapais, kurie aprašyti 1.4.2 poskyryje.

Kelionių generavimo etape, siekiant nustatyti, kiek kelionių sukuria ir pritraukia kiekviena zona, siūloma zonos gyventojus suskirstyti į skirtingas asmenų grupes (vaikai, moksleiviai, studentai, senjorai, dirbantys gyventojai, bedarbiai ir pan.). Tai atlieptų tikrąjį ir skirtingą judėjimą. Grupių skaičius priklauso nuo regiono turimų sukaupėtų duomenų. Taip pat būtina turėti statistinius duomenis apie darbo vietų skaičių, vietų skaičių darželiuose, ugdymo įstaigose ir pan. Atsižvelgiant į turimus sukauptus duomenis, yra nustatomi kelionių modeliai. Jei trūksta duomenų, siūloma naudoti tik kasdienines (buitines) keliones, nevertinant laisvalaikio kelionių.

Kelionių paskirstymo etape būtina sudaryti IA matricą, apibrėžiančią, kokiais būdais žmonės keliauja, kiek laiko keliauja ir kur vyksta. Norint sudaryti OD matricą regionuose, namų ūkio apklausos metodas nėra taikomas regionų modeliuose. Siūloma naudoti ne mažiau tikslų gravitacijos modelį, parenkant atitinkamus mišriosios funkcijos parametrus a , b , c . Nustatant kelionių erdvinį pasiskirstymą (a , b , c parametrus), yra reikalingi gyventojų transporto elgsenos tyrimai pagal kelionių tipą. Jei tokių duomenų nėra, regionams naudojami funkcijų parametrai a , b , c iš kitų panašių regionų, kuriems šie parametrai buvo nustatyti. Toks būdas yra priimtinas sintetiniams modeliams. Pažymėtina, kad a , b , c kelionės sudėtingumo funkcijos parametrai skiriasi priklausomai nuo kelionės tipo.

Vykdant kelionių priskyrimo etapą, regionams tinkamiausias yra tvarkaraščiu pagrįstas modelio taikymas. Paskutinis keturių pakopų modelio etapas apima

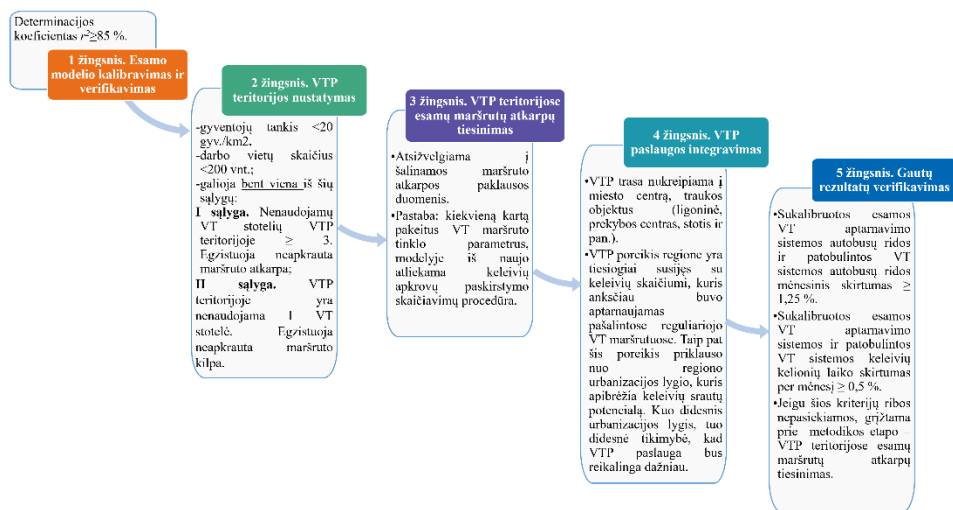
tinklo srauto priskyrimo modeliavimą – *Logit* modelio sudarymą. Skaičiuojant IPD rodiklį konkrečiam mažo tankio regionui, įvertinamos PJT rodiklių reikšmės. Siūloma reikšmes prie PJT rodiklių parinkti pagal gautus gyventojų apklausos rezultatus apie naudojimąsi VT paslauga bei atliktos regiono VT keleivių srautus veikiančių kriterijų regresinės analizės rezultatus.

Atsižvelgiant į sukauptus duomenis apie esamus VT keleivių srautus, regiono modelyje yra nurodomas atliekamų skaičiavimų periodas: tai gali būti diena, savaitė, mėnuo, metai ir pan. Dėl gerokai mažesnių keleivių srautų regionuose neverta daryti modeliavimo piko valandomis, kaip yra priimta miestuose. Regionų modeliuose periodas turi būti ilgesnis.

Kalibruojant regiono VT veiklos modelį, gauta determinacijos koeficiento r^2 reikšmė turi būti didesnė kaip 85 %. Kuo didesnis determinacijos koeficientas, tuo modelis geriau atitinka tikrovę. Atsiradus skirtumams tarp modelio rezultatų ir realių duomenų, modelis pataisomas ir dar kartą patvirtinamas.

Pažymėtina, kad paklausos modelio kūrimo specifika koreguojama atsižvelgiant į regione vyraujančią kultūrą, religiją ir kelionių modelius.

Metodikos tobulinimas. Kai esamas modelis yra sukalibruotas ir patvirtintas, yra atliekamas siūlymų įvedimas ir (ar) tobulinimas į esamą VT tinklą papildomai įtraukiant VTP (3.7 pav.).



3.7 pav. VT veiklos modelio tobulinimo schema regionams (sudaryta autorės)

Fig. 3.7. Public transport service model improvement scheme for regions (compiled by the author)

Siūloma identifikuoti teritorijas, kurios turėtų būti aptarnaujamos VTP. Rekomenduojamoms VTP teritorijoms būdingos charakteristikos:

- a) gyventojų tankis mažesnis kaip 20 gyv./km^2 ;
- b) darbo vietų skaičius mažesnis kaip 200 vnt;
- c) galioja bent viena iš šių sąlygų (sąlygos apibrėžtos 3.1 poskyryje):

I sąlyga. Nenaudojamų VT autobusų stotelių VTP teritorijoje turi būti mažiausiai trys. Egzistuoja neapkrauta maršruto atkarpa arba

II sąlyga. VTP teritorijoje yra nenaudojama viena VT autobusų stotelė. Egzistuoja neapkrauta maršruto kilpa.

Siekiant kuo tiksliau apibrėžti VTP teritorijas, identifikuojamas lokalus gyventojų tankis ir darbo vietų koncentracija.

VTP teritorijose eliminuojant arba keičiant reguliaraus VT maršrutus, yra tiesinamos maršrutų atkarpos, eliminuojant maršrutų kilpas. Šio žingsnio tikslas – sumažinti autobusų ridą, kartu VT keleivių sugaištą laiką kelionėje ir racionaliau naudoti finansinius išteklius. Būtina atsižvelgti į šalinamos atkarpos paklausos duomenis.

Tam, kad kiekviena mažo tankio vietovė liktų pasiekiamą, siūloma papildyti VT sistemą VTP. Atsižvelgiant į gyventojų paklausą, numatoma, kiek ir kokioje zonoje preliminarai reikalaujama VTP paslaugos. Dažniausiai VTP maršrutas būna nukreiptas į miesto centrą, traukos centrus (ligoninė, poliklinika, prekybos centras, stotis ir pan.). VTP paslaugų teikimo poreikis tam tikrame regione yra tiesiogiai susijęs su keleivių skaičiumi, kuris anksčiau buvo aptarnaujamas pašalintose reguliariojo VT maršrutuose. Taip pat šis poreikis priklauso nuo regiono urbanizacijos lygio, kuris apibrėžia keleivių srautų potencialą. Kuo didesnis urbanizacijos lygis, tuo didesnė tikimybė, kad VTP paslauga bus reikalinga dažniau. Tiksliai VTP paslaugų teikimo dažnumo reikšmė – kiek kartų per dieną, savaitę ar mėnesį bus teikiama VTP paslauga – gali skirtis tarp regionų dėl skirtingų paklausos lygių. Tokie veiksniai kaip gyventojų tankis, kelionių tikslai ir vietinės transporto infrastruktūros ypatybės taip pat turi įtakos VTP poreikiui.

VT planuotojai tobulindami esamą VT sistemą, pagrįstą visapusišku keleivių poreikių supratimu, t. y. įvesdami VTP aptarnavimą, privalo palyginti autobusų ridos ir keleivių kelionių laiko sąnaudų rezultatus. Siekiant užtikrinti atliktų VT sistemos pakeitimų efektyvumą, sukalibruotos esamos VT veiklos sistemos autobusų ridos ir galutinės patobulintos VT sistemos autobusų ridos mėnesinis skirtumas turi siekti ne mažiau kaip 1,25 %, o keleivių kelionių laiko skirtumas per mėnesį – ne mažiau kaip 0,5 %. Šios minimalios kriterijų ribinės vertės yra eksperimentiniai rodikliai, kurie buvo nustatyti analizuojant VT sistemos pertvarkymų poreikį regione. Nepasiekus kriterijų ribinių verčių, VT pokytis nebus efektyvus. Jeigu kriterijų ribos nepasiekiamos, grįžtama prie 3 metodikos etapo – VTP teritorijose esamų maršrutų atkarpų tiesinimas.

3.3. Trečiojo skyriaus išvados

1. Siūloma viešojo transporto sistemos veiklos tobulinimo metodika turi remtis pagrindiniais etapais: identifikuojamos teritorijos, kurios turėtų būti aptarnaujamos viešuoju transportu pagal pareikalavimą, nustatytose viešojo transporto pagal pareikalavimą teritorijose eliminuoti arba pakeičiami maršrutai, darant prielaidą, kiek vidutiniškai viešojo transporto pagal pareikalavimą teritorija aptarnaujama viešuoju transportu, palyginami patobulintos viešojo transporto sistemos rezultatai su esamo modelio rezultatais autobusų ridos ir keleivių laiko sąnaudų atžvilgiu.
2. Tobulinant viešojo transporto modelį, nustatomi du nauji parametrai: nenaudojama autobusų stotelė – tokia, kurioje keleivių kelionių skaičius per mėnesį lygus 0, ir neapkrauta maršruto atkarpa – tai viešojo transporto maršruto atkarpa, kurioje pervežtų keleivių skaičius ne daugiau kaip 20 kel./darbo dieną.
3. Viešojo transporto pagal pareikalavimą paslaugų poreikis regione priklauso nuo keleivių skaičiaus pašalintose reguliariojo viešojo transporto maršrutuose ir regiono urbanizacijos lygio. Didesnis urbanizacijos lygis ir gyventojų tankis didina viešojo transporto pagal pareikalavimą paslaugos poreikį, tačiau aptarnavimo dažnumas priklauso nuo specifinių regiono veiksnių, tokių kaip kelionių tikslai ir transporto infrastruktūros ypatybės.
4. Patobulinus viešojo transporto sistemą, buvo pasiektas reikšmingas efektyvumo padidėjimas – bendra viešojo transporto autobusų rida sumažėjo 1,6 %, o keleivių kelionių laikas – 0,5 %, taip optimizuojant transporto sąnaudas ir gerinant paslaugų kokybę. Nepasiekus šių kriterijų ribinių verčių, grįžtama prie regiono viešojo transporto maršrutų atkarpų tiesinimo.
5. Siekiant užtikrinti atliktų viešojo transporto sistemos pakeitimų efektyvumą, nustatyta, kad mėnesinis skirtumas tarp esamos viešojo transporto veiklos sistemos ir patobulintos viešojo transporto sistemos autobusų ridos turi būti bent 1,25 %, o keleivių kelionių laiko skirtumas – ne mažesnis kaip 0,5 %. Šios ribinės vertės yra gautos remiantis eksperimentiniais viešojo transporto veiklos modelio rezultatais, lyginant esamos viešojo transporto veiklos modelio duomenis su patobulintos viešojo transporto sistemos rezultatais.
6. Savivaldybėse, kuriose didesnis kaip 20 gyv./km² tankumas, būtina keisti viešojo transporto maršrutus ir didinti reisų dažnį, o mažesnio kaip 20 gyv./km² tankumo savivaldybėse efektyvu taikyti siūlomą metodiką, leidžiančią sumažinti viešojo transporto eksploatacines išlaidas ir teikti aukštesnės kokybės paslaugas gyventojams.

Bendrosios išvados

1. Atlikus porinę ir daugianarę regresinę analizę, nustatyti viešojo transporto poreikį Lietuvos regionuose lemiantys kriterijai: gyventojų tankis, savivaldybių nedarbo lygis, autobusų rida ir autobusų maršrutų dažnis. Vertinant koreliacinį ryšį, nustatyta glaudi sąsaja: kuo daugiau keleivių naudojami viešuoju transportu, tuo didesnė autobusų rida arba autobusų maršrutų skaičius.
2. Kalibruojant modelį gautas determinacijos koeficientas ($r^2 = 87\%$) patvirtina modelio atitiktį realiems keleivių srautams. Naudojant sudarytą ir sukalibruotą bandomojo Lietuvos regiono viešojo transporto tinklo ir paklausos modelį, remiantis nustatytomis kriterijų sąsajomis, įvertinama tinklo struktūra ir veikimo principai.
3. Bandymų būdu nustatyti pagrindiniai kriterijai, leidžiantys efektyviai optimizuoti paslaugas regionuose. Teritoriniai kriterijai apima gyventojų tankį, mažesnę kaip 20 gyv./km^2 , ir darbo vietų skaičių, mažesnę kaip 200 vnt., taip pat nustatyti ir maršrutiniai kriterijai, kai įgyvendinama I sąlyga (nenaudojamų viešojo transporto autobusų stotelių viešojo transporto pagal pareikalavimą teritorijoje turi būti mažiausiai trys ir egzistuoja neapkrauta maršruto atkarpa) arba II sąlyga (viešojo transporto pagal pareikalavimą teritorijoje yra nenaudojama viena viešojo transporto autobusų stotelė ir egzistuoja nepakrauta maršruto

- kilpa). Šie kriterijai rodo, kada reguliaraus viešojo transporto veiklos modelis turėtų būti keičiamas į viešąjį transportą pagal pareikalavimą.
4. Sukurta viešojo transporto sistemos tobulinimo metodika, pagrįsta dinamišku maršrutų ir paslaugų pritaikymu pagal realų keleivių poreikį, yra skirta nustatyti teritorijoms, kuriose galima reguliaraus viešojo transporto paslaugą keisti į viešąjį transportą pagal pareikalavimą. Metodika susideda iš šių pagrindinių etapų: teritorijų identifikavimas, kurios turėtų būti aptarnaujamos viešuoju transportu pagal pareikalavimą; maršrutų eliminavimas arba pakeitimas identifikuotose teritorijose; transporto pasiūlos atitikties gyventojų poreikiams išanalizavimas; patobulintos viešojo transporto sistemos rezultatų su esamo modelio rezultatais autobusų ridos ir keleivių laiko sąnaudų atžvilgiu palyginimas.
 5. Sukūrus viešojo transporto veiklos regionuose tobulinimo metodiką, pasiekti teigiami rezultatai: sumažėjo autobusų rida (1,25 % per mėnesį) ir keleivių kelionių laiko sąnaudos (0,5 % per mėnesį), kartu sumažinamos autobusų išlaikymo bei energinės sąnaudos. Tai patvirtina metodikos efektyvumą ir jos potencialą plačiai taikyti kitose šalies rajonų savivaldybėse.
 6. Sukurta viešojo transporto veiklos tobulinimo metodika yra moksliskai pagrįsta bei tinkama bet kuriam mažo gyventojų tankio Lietuvos Respublikos regionui. Metodikos universalumas, atsižvelgiant į regione vyraujančius gyventojų keliavimo įpročius ir infrastruktūros ypatybes, įgalina plačiai taikyti ją kuriant gyventojų poreikius atitinkantį viešojo transporto tinklą bei formuojant regioninę viešojo transporto politiką.

Literatūra ir šaltiniai

- Afukaar, F., Damsere-Derry, J., Peters, K., & Starkey, P. (2019). Rural transport services indicators: Using a new mixed-methods methodology to inform policy in Ghana. *Transportation research interdisciplinary perspectives*, 3, Article 100074. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2019.100074>
- Ait-Ali, A., & Eliasson, J. (2022). The value of additional data for public transport origin–destination matrix estimation. *Public Transport*, 14(2), 419–439. <https://doi.org/10.1007/s12469-021-00282-0>
- Akbari, S., Mahmoud, M. S., Shalaby, A., & Habib, K. M. N. (2018). Empirical models of transit demand with walk access/egress for planning transit oriented developments around commuter rail stations in the Greater Toronto and Hamilton Area. *Journal of transport geography*, 68(C), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.02.002>
- Alqhatani, M., Setunge, S., & Mirodpour, S. (2014). Can a polycentric structure affect travel behaviour? A comparison of Melbourne, Australia and Riyadh, Saudi Arabia. *Journal of Modern Transportation*, 22(3), 156–166. <https://doi.org/10.1007/s40534-014-0054-y>
- Altan, M. F., & Ayözen, Y. E. (2018). The effect of the size of traffic analysis zones on the quality of transport demand forecasts and travel assignments. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 62(4), 971–979. <https://doi.org/10.3311/PPci.11885>
- Alyavina, E., Nikitas, A., & Njoya, E. T. (2022). Mobility as a service (MaaS): A thematic map of challenges and opportunities. *Research in Transportation Business & Management*, 43, Article 100783. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100783>

- Amaral, M., Saussier, S., & Yvrande-Billon, A. (2009). Auction procedures and competition in public services: The case of urban public transport in France and London. *Utilities policy*, 17(2), 166–175. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2008.07.006>
- Arriansyah, J., Rizky Prasetyo, M., & Yuli Kurnia, A. (2017). Planning of city transportation infrastructure based on macro simulation model (similarity). *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 7(4), 1262–1267. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.7.4.2444>
- Asmael, N. M., & Balket, S. F. (2022). Demand estimation of proposed bus rapid route in Al Kut City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 961(1), Article 012026. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/961/1/012026>
- Augustyn, D. (2020). The influence of public transport acts in 2019 in Poland on conflicts concerning the shape of the public transport network. *Logistics and Transport*, 45. <https://doi.org/10.26411/83-1734-2015-1-45-5-20>.
- Avermann, N., & Schlüter, J. (2019). Determinants of customer satisfaction with a true door-to-door DRT service in rural Germany. *Research in Transportation Business & Management*, 32, Article 100420. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2019.100420>
- Ávila, J., & Hernández, C. (2021, April). Implementing macroscopic simulation models to evaluate complementary waterbus routes. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Sao Paulo, Brazil* (pp. 5–8). <https://doi.org/10.46254/SA02.20210715>
- Baltic Institute for Research and Development. (2020). *COVID-19 pandemijos galimo poveikio Lietuvos keleivių vežimo autobusais sektoriui pirminis vertinimas*. Vilnius.
- Barić, D., & Pavić, M. (2020). Application of four-step travel demand model for planning sustainable transport of the city of Split. *Transport Problems*, 31–39.
- Bauchinger, L., Reichenberger, A., Goodwin-Hawkins, B., Kobal, J., Hrabar, M., & Oedl-Wieser, T. (2021). Developing sustainable and flexible rural–urban connectivity through complementary mobility services. *Sustainability*, 13(3), Article 1280. <https://doi.org/10.3390/su13031280>
- BBSR, Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development in the Federal Office for Building and Regional Planning (BBR). (2017). *Laufende Stadtbeobachtung - Raumabgrenzungen*. BBSR.
- Beckmann, S., Trojahn, S., & Zadek, H. (2023). Process model for the introduction of automated buses. *Sustainability*, 15(19), Article 14245. <https://doi.org/10.3390/su151914245>
- Bergstedt, A. (2018). *A review of traffic models for wildland-urban interface wildfire evacuation*. LUTVDG/TVBB.
- Bernard, J., Steinführer, A., Klärner, A., & Keim-Klärner, S. (2023). Regional opportunity structures: A research agenda to link spatial and social inequalities in rural areas. *Progress in Human Geography*, 47(1), 103–123. <https://doi.org/10.1177/03091325221139980>
- BKG, Federal Agency for Cartography and Geodesy Germany. (2020). *Regionalstatistische Raumtypologie (RegioStar)*. BKG.

- Bos, P. (2017). Self-driving bus to improve accesibility of rural areas in The Netherlands. *Peplemover as a first-and last mile solution* (Master's thesis). Radboud University Nijmegen.
- Brand, J., Hoogendoorn, S., van Oort, N., & Schalkwijk, B. (2017, June). Modelling multimodal transit networks integration of bus networks with walking and cycling. In *2017 5th IEEE international conference on models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)* (pp. 750–755). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MTITS.2017.8005612>
- Bruzzzone, F., Scorrano, M., & Nocera, S. (2020). The combination of e-bike-sharing and demand-responsive transport systems in rural areas: A case study of Velenje. *Research in Transportation Business & Management*, 40, Article 100570. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100570>
- Buehler, R., Pucher, J., & Dümmler, O. (2019). Verkehrsverbund: The evolution and spread of fully integrated regional public transport in Germany, Austria, and Switzerland. *International Journal of Sustainable Transportation*, 13(1), 36–50. <https://doi.org/10.1080/15568318.2018.1431821>
- Burinskienė, M., Paliulis, G. M. ir Ušpalytė-Vitkūnienė, R. (2009). *Miestų viešasis transportas*. Technika. <https://doi.org/10.3846/1057-S>
- Büttner, B., Kinigadner, J., Ji, C., Wright, B., & Wulforst, G. (2018). The TUM accessibility atlas: Visualizing spatial and socioeconomic disparities in accessibility to support regional land-use and transport planning. *Networks and Spatial Economics*, 18(2), 385–414. <https://doi.org/10.1007/s11067-017-9378-6>
- Carlow, V. M., Mumm, O., Neumann, D., Schmidt, N., & Siefer, T. (2021). TOPOI mobility: Accessibility and settlement types in the urban rural gradient of Lower Saxony – opportunities for sustainable mobility. *Urban, Planning and Transport Research*, 9(1), 208–233. <https://doi.org/10.1080/21650020.2021.1901603>
- Cascetta, E., & Carteni, A. (2014). A quality-based approach to public transportation planning: theory and a case study. *International Journal of Sustainable Transportation*, 8(1), 84–106. <https://doi.org/10.1080/15568318.2012.758532>
- Castillo, C. P., Barranco, R. R., Curtale, R., Kompil, M., Jacobs-Crisioni, C., Rodriguez, S. V., Aurambout, J. P., Silva, F. B., Sulis, P. & Auteri, D. (2024). Are remote rural areas in Europe remarkable? Challenges and opportunities. *Journal of Rural Studies*, 105, Article 103180. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103180>
- Cats, O., Susilo, Y. O., & Reimal, T. (2017). The prospects of fare-free public transport: evidence from Tallinn. *Transportation*, 44(5), 1083–1104. <https://doi.org/10.1007/s11116-016-9695-5>
- Čekanavičius, V. ir Murauskas, G. (2014). Taikomoji regresinė analizė socialiniuose tyrimuose. Vilniaus universiteto leidykla.
- Cerqueira, S., Arsenio, E., & Henriques, R. (2022). Inference of dynamic origin–destination matrices with trip and transfer status from individual smart card data. *European Transport Research Review*, 14(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s12544-022-00562-1>

- Chen, G., & Benezech, V. (2018). *Non-urban Passenger Travel Demand and CO₂ Emissions: A Global Perspective* (No. 18-03905). Transportation Research Board 97th Annual Meeting.
- Cheng, Z., Trépanier, M., & Sun, L. (2021). Incorporating travel behavior regularity into passenger flow forecasting. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 128, 103200. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103200>.
- Clewlöw, R. R., & Mishra, G. S. (2017). *Disruptive transportation: The adoption, utilization, and impacts of ride-hailing in the United States*. Institute of Transportation Studies, University of California, Davis.
- Colbertaldo, P., Guandalini, G., & Campanari, S. (2021). Development of benchmark scenarios for sector coupling in the Italian national energy system for 100 % RES supply to power and mobility. In *76th Congresso Nazionale ATI (ATI 2021)* (Vol. 312, pp. 1–22). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131201003>
- Christchurch City Council (CCC). (2017). *Life in Christchurch 2017 Transport Results*. Christchurch: Christchurch City Council.
- Daniels, R., & Mulley, C. (2012). Flexible Transport Services: Overcoming Barriers to Implementation in Low-Density Urban Areas. *Urban Policy And Research*, 30(1), 59–76. <https://doi.org/10.1080/08111146.2012.660872>
- Delbosc, A., & Currie, G. (2011). The spatial context of transport disadvantage, social exclusion and well-being. *Journal of Transport Geography*, 19, 1130–1137. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.04.005>.
- Dumitru, E. V. (2017). Development of public transport and its effects on the economy. *Dezbateri Social Economice*, 6(1), 18–24.
- Eboli, L., & Mazzulla, G. (2012). Performance indicators for an objective measure of public transport service quality. *European Transport \ Trasporti Europei*, 51, 4–16.
- Elsayed, A., Altaher, M., Abd Elghany, M., & Shalaby, M. (2023). Traffic assignment model for sustainable transportation planning of cities - An overview. *The Egyptian International Journal of Engineering Sciences and Technology*, 41(1), 1–12. <https://doi.org/10.21608/eijest.2022.130296.1150>
- ELTIS. The Urban Mobility Observer. (2016). <http://www.eltis.org/>
- Europos Bendrijų Komisija. (2008). Baltoji knyga. *Kartu sveikatos labui, 2013*. Europos Bendrijų Komisija.
- Eurostat. (2023). *Modal split of inland passenger transport*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/TRAN_HV_PSMOD__custom_3400053/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=0627a685-8004-4af8-b0ea-e4ba1363f92d.
- Fellsson, M., & Friman, M. (2012). Perceived satisfaction with public transport service in nine European cities. *Journal of the Transportation Research Forum*, 47(3), 92–102. <https://doi.org/10.5399/osu/jtrf.47.3.2126>

- Fierek, S., & Zak, J. (2012). Planning of an integrated urban transportation system based on macro-simulation and MCDM/A methods. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 54, 567–579. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.774>
- Fukumoto, M., & Kato, H. (2007). Reorganization of Management Scheme for Local Public Transport in Japan. In *The 11th World Conference on Transport Research*, (CD-ROM). University of California, Berkeley, CA.
- Goodwin-Hawkins, B. (2020). *Demand responsive transport in rural areas: Carmarthenshire, Ceredigion, Monmouthshire & Pembrokeshire, Wales*. <https://rural-urban.eu/publications/good-practice-demand-responsive-transport-rural-areas>.
- Goodwin-Hawkins, B. (2021). *Future innovation for rural public transport*. National Innovation Centre Rural Enterprise.
- Griškevičiūtė-Gečienė, A. (2012). *Lietuvos miestų susisiekimo sistemų infrastruktūros plėtros pagrindimo modelis* [daktaro disertacija, Vilniaus Gedimino technikos universitetas]. <https://doi.org/10.20334/2042-M>
- Hansson, J., Pettersson, F., Svensson, H., & Wretstrand, A. (2019). Preferences in regional public transport: A literature review. *European Transport Research Review*, 11(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0374-4>.
- Hansson, J., Pettersson-Löfstedt, F., Svensson, H., & Wretstrand, A. (2021). Replacing regional bus services with rail: Changes in rural public transport patronage in and around villages. *Transport Policy*, 101, 89–99. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.12.002>
- Hawas, Y. E., Hassan, M. N., & Abulibdeh, A. (2016). A multi-criteria approach of assessing public transport accessibility at a strategic level. *Journal Transport Geography*, 57, 19–34. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.09.011>.
- Heumann, C., & Schomaker, M. (2016). *Introduction to statistics and data analysis*. Springer International Publishing Switzerland. doi: 10.1007/978-3-319-46162-5.
- Heyken Soares, P., Ahmed, L., Mao, Y., & Mumford, C. L. (2021). Public transport network optimisation in PTV Visum using selection hyper-heuristics. *Public Transport*, 13(1), 163–196. <https://doi.org/10.1007/s12469-020-00249-7>
- Hildebrand, C., & Hörtn, S. (2014). *A comparative study between Emme and Visum with respect to public transport assignment*. Linköping University.
- Hine, J. (2014). *Good policies and practices on rural transport in Africa: Planning infrastructure and services* (Working Paper). The World Bank.
- Hourdos, J., & Michalopoulos, P. (2008). *Access to destinations: Twin Cities metro-wide traffic micro-simulation feasibility investigation* (No. MN/RC 2008-15). Minnesota Department of Transportation.
- Humeniuk, O., & Shapovalov, O. (2021). Transport modeling in the development of a complex transport scheme on the example of the city of Kyiv (Ukraine). *Technology Audit and Production Reserves*, 3(2), 59. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.235469>
- International Management Services Sp. z o. o. (2015). *Studium Transportowe Aglomeracji Rybnickiej*. https://bip.um.rybnik.eu/docs/2016/09/13/file_5148986.pdf.

- Johnson, D., Ercolani, M., & Mackie, P. (2017). Econometric analysis of the link between public transport accessibility and employment. *Transport Policy*, 60, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.08.001>
- Johansson, E., Winslott Hiselius, L., Koglin, T., & Wretstrand, A. (2017). Evaluation of public transport: regional policies and planning practices in Sweden. *Urban, Planning and Transport Research*, 5(1), 59–77. <https://doi.org/10.1080/21650020.2017.1395291>
- Jurkauskas, A. (2004). Viešasis transportas. Technologija.
- Kenyon, S., Lyons, G., & Rafferty, J. (2002). Transport and social exclusion: investigating the possibility of promoting inclusion through virtual mobility. *Journal of Transport Geography*, 10(3), 207–219. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(02\)00012-1](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(02)00012-1)
- Ker, I., & Ginn, S. (2003). Myths and realities in walkable catchments: the case of walking and transit. *Road & Transport Research*, 12(2), 69.
- Kičas, K. (2015). *Nemokamo viešojo transporto įdiegimo Kauno mieste galimybių analizė* [daktaro disertacija, Kauno technologijos universitetas].
- Kloth, H., & Mehler, S. (2018). Nachfragegesteuerte verkehre oder on-demand-ridepooling? *Nahverkehr*, 36(6), 36–38.
- Korfant, M., & Gogola, M. (2017). Possibilities of using traffic planning software in Bratislava. *Procedia engineering*, 192, 433–438. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.075>
- Koster, R. (2021). *Demand-responsive and sustainable ways of (public) transport to keep shrinking regions in Groningen accessible* [Doctoral dissertation, University of Groningen].
- Krawiec, S., Łazarz, B., Markusik, S., Karoń, G., Sierpiński, G., Krawiec, K., & Janecki, R. (2016). Urban public transport with the use of electric buses—development tendencies. *Transport Problems*, 11(4), 127–137. <https://doi.org/10.20858/tp.2016.11.4.12>
- Krishna, G. V., & Chattaraj, U. (2020). Analysis of Urban Public Transportation Network in Hyderabad: Telangana. In *Proceedings of the International Conference on Civil Architectural and Environmental Sciences (ICAES-20)*. Puri, Odisha.
- Kriukovas, A., & Matijošius, J. (2017). Judumo skatinimo priemonės mieste, geroji pasaulio patirtis. *Inžinerinės ir edukacinės technologijos*, 2, 45–51.
- Krogscheepers, C., & Kacir, K. (2001). Latest trends in micro simulation: an application of the Paramics model. *SATC 2001*.
- Lazdijai veža (n.d.). *Kas yra Lazdijai veža?*. <https://lazdijaiveza.lt/apie-mus/>.
- Lietuvos Respublikos Seimas. (1994). Lietuvos Respublikos vietos savivaldos įstatymas.
- Lietuvos Respublikos Seimas. (1996). Lietuvos Respublikos kelių transporto kodeksas.
- Lietuvos Respublikos teritorijos bendrasis planas 2030. (2021). <https://www.bendrasis-planas.lt/#>.

- Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija. (2012). Nacionalinės susisiekimo plėtros programos strateginis pasekmių aplinkai vertinimas. Vertinimo ataskaita. <https://sumin.lrv.lt/lt/administracine-informacija/planavimo-dokumentai/veiklos-ataskaitos-1>.
- Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija. (2008). Rekomendacijos ilgalaikės (iki 2030 metų) Lietuvos susisiekimo sistemos plėtros strategijos gairėms parengti. Rekomendacijų pagrindimo analitinė medžiaga. 192 p.
- Lietuvos Respublikos vidaus reikalų ministerija. (2020). Pasirengimas regioninio lygmens viešojo transporto paslaugų organizavimo sistemos sukūrimui. Galutinė ataskaita. Vilnius. 164 p.
- Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas Nr. 1253. (2013). Dėl nacionalinės susisiekimo plėtros 2014–2022 metų programos patvirtinimo.
- Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas Nr. 998. (2020). Dėl 2021–2030 metų nacionalinio pažangos plano patvirtinimo. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/c125h8G5ncvtcUJzbpGgtDeDYTroDnsEiy5?jfwid=32wf90sn>.
- Liu, X., Guo, L., Zhang, W., & Wang, W. (2022, September). Method of Obtaining OD Matrix for Bus Passenger Flow Based on Pedestrian Re-identification Algorithm. In *2022 IEEE 2nd International Conference on Computer Systems (ICCS)* (pp. 111–117). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCS56273.2022.9987938>
- Liyanage, S., & Dia, H. (2020). An agent-based simulation approach for evaluating the performance of on-demand bus services. *Sustainability*, 12(10), Article 4117. <https://doi.org/10.3390/su12104117>.
- Lorente, E., Barceló, J., Codina, E., & Noekel, K. (2022). An intermodal dispatcher for the assignment of public transport and ride pooling services. *Transportation Research Procedia*, 62, 450–458. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.02.056>.
- Lupták, V., Drozdziel, P., Stopka, O., Stopková, M., & Rybicka, I. (2019). Approach methodology for comprehensive assessing the public passenger transport timetable performances at a regional scale. *Sustainability*, 11(13), Article 3532. <https://doi.org/10.3390/su11133532>
- Ma, Z., Xing, J., Mesbah, M., & Ferreira, L. (2014). Predicting short-term bus passenger demand using a pattern hybrid approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 39, 148–163. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.12.008>
- Melis, L., & Sörensen, K. (2020). The on-demand bus routing problem: A large neighborhood search heuristic for a dial-a-ride problem with bus station assignment (No. 2020005). <https://doi.org/10.1111/itor.13058>
- Mendenhall, W. M., & Sincich, T. L. (2016). *Statistics for Engineering and the Sciences*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b19628>
- Meyer, M. (2001). Measuring That Which Cannot Be Measured--At Least According to Conventional Wisdom. In *Transportation Research Board Conference Proceedings* (No. 26). Transportation Research Board, United States.

- Michalski, L., Jamroz, K., Grzelec, K., Grulkowski, S., Kaszubowski, D., Okraszewska, R., & Kustra, W. (2015). *Strategia transportu i mobilności obszaru metropolitalnego Gdansk-Gdynia-Sopot do roku 2030*. Obszar Metropolitalny Gdansk-Gdynia-Sopot.
- Michniak, D. (2010). Vplyv dostupnosti na rozvoj cestovného ruchu vo vybraných regiónoch na Slovensku. *Geographia Cassoviensis*, 4(1), 114–117.
- Millonig, A., & Fröhlich, P. (2018, September 23–25). Where autonomous buses might and might not bridge the gaps in the 4 A's of Public Transport Passenger Needs: A review. In *Proceedings of the 10th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 291–297). Toronto, Canada. <https://doi.org/10.1145/3239060.3239079>
- Mohammed, M., & Oke, J. (2023). Origin-destination inference in public transportation systems: A comprehensive review. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 12(1), 315–328. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2022.03.002>
- Mounce, R., Beecroft, M., & Nelson, J. D. (2020). On the role of frameworks and smart mobility in addressing the rural mobility problem. *Research in Transportation Economics*, 83, Article 100956. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100956>
- Mugion, R. G., Toni, M., Raharjo, H., Di Pietro, L., & Sebatu, S. P. (2018). Does the service quality of urban public transport enhance sustainable mobility? *Journal of Cleaner Production*, 174, 1566–1587. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.052>
- Mukherjee, W. (2019). *Shared mobility: The future of public transport* (Master's thesis). University of Canterbury.
- Mūsų laikas. (2022, gegužės 23). Planuojami nauji maršrutai šeštadieniais Jurbarko ir į Tauragę darbo dieną rytais. <https://www.mlaikas.lt/naujiena/krastozinio-planuojami-naujimaršrutai-seštadieniais-jurbarko-ir-i-tauragę-darbo-dienurytais>.
- Narayanan, S., Salanova Grau, J. M., Frederix, R., Tympakianaki, A., Masegosa, A. D., & Antoniou, C. (2023). Modeling of shared mobility services-An approach in between aggregate four-step and disaggregate agent-based approaches for strategic transport planning. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/15472450.2023.2246374>
- Ngobeni, N. (2019). *Investigating the introduction of economic land use developments to create rail contra-flow using a strategic model: a case study of Johannesburg* [Master's thesis, Faculty of Engineering and the Built Environment].
- Novačko, L., Šimunović, L., & Krasić, D. (2014). Estimation of origin-destination trip matrices for small cities. *Promet-Traffic & Transportation*, 26(5), 419–428. <https://doi.org/10.7307/ptt.v26i5.1501>
- Oskarski, J., & Miszewski, M. (2013). Ocena funkcjonowania systemu transportu zbiorowego w Gdyni z wykorzystaniem programu Visum. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 14(3), 485–496.
- Owais, M., & Ahmed, A. S. (2022). Frequency based transit assignment models: Graph formulation study. *IEEE Access*, 10, 62991–63003. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3182046>

- Papageorgiou, G., Damianou, P., Pitsillides, A., Aphamis, T., & Ioannou, P. (2007, September). Modelling and simulation of transportation systems: Planning for a bus priority system. In *Proceedings of the 6th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation* (pp. 9–13). Ljubljana, Slovenia.
- Patlins, A. (2017). Improvement of sustainability definition facilitating sustainable development of public transport system. *Procedia engineering*, 192, 659–664. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.114>
- Paulsson, A., Hylander, J., & Hrelja, R. (2017). One for all, or all for oneself? Governance cultures in regional public transport planning. *European Planning Studies*, 25(12), 2293–2308. <https://doi.org/10.1080/09654313.2017.1362376>
- Paulsson, A., Isaksson, K., Sørensen, C. H., Hrelja, R., Rye, T., & Scholten, C. (2018). Collaboration in public transport planning—Why, how and what? *Research in transportation economics*, 69, 377–385. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2018.06.013>
- Petersen, T., & Mees, P. (2010). A case of good practice: the Swiss ‘network’ approach to semi-rural public transport. In *Proceedings of the 12th World Congress on Transport Research* (pp. 1–10). Lisbon, Portugal.
- Peterson, T. (2014). Public transport beyond the fringe. The Public City: Essays in Honour of Paul Mees Melbourne University Press.
- Plazinić, B. R., & Jović, J. (2018). Mobility and transport potential of elderly in differently accessible rural areas. *Journal of transport geography*, 68, 169–180. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.03.016>
- Polhemus, N. W. (2005). *How to: deal with multicollinearity when fitting a regression model using Statgraphics Centurion*. Statpoint Technologies Inc.
- Poliak, M., Poliakova, A., Mrnikova, M., Šimurková, P., Jaśkiewicz, M., & Jurecki, R. (2017). The competitiveness of public transport. *Journal of Competitiveness*, 3(3), 81–94. <https://doi.org/10.7441/joc.2017.03.06>
- Poltimäe, H., Rehema, M., Raun, J., & Poom, A. (2022). In search of sustainable and inclusive mobility solutions for rural areas. *European transport research review*, 14(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s12544-022-00536-3>
- Ponrahono, Z., Bachok, S., Ibrahim, M., & Osman, M. M. (2018). Assessing disparities in the urban-rural service: A case of public bus services in Peninsular Malaysia. In *Sustainable Future for Human Security* (pp. 189–201). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5433-4_13
- Pyzik, M., Drabicki, A., Bauer, M., & Szarata, A. (2018). Makrosymulacyjny model transportowy miasta Kielce oraz Kieleckiego Obszaru Funkcjonalnego. *Transport Miejski i Regionalny*, (3), 18–26.
- Ramli, M. I., Runtulalo, D., Yatmar, H., & Mangessi, A. (2020, June). An estimation of origin-destination matrices for a public transport network in Makassar using macrosimulation VISUM. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 875, Article 012027). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/875/1/012027>

- Ribeiro, P., Fonseca, F., & Santos, P. (2020). Sustainability assessment of a bus system in a mid-sized municipality. *Journal of Environmental Planning and Management*, 63(2), 236–256. <https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1577224>
- Ricciardi, A. M., Xia, J. C., & Currie, G. (2015). Exploring public transport equity between separate disadvantaged cohorts: A case study in Perth, Australia. *Journal of transport geography*, 43, 111–122. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.01.011>
- Rietveld, P., & Bruinsma, F. (1998). The accessibility of cities in European infrastructure networks. In *Is Transport Infrastructure Effective?* (pp. 115–139). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-72232-5_5
- PTV Group. (2021). *Visum manual*. <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-visum>.
- Ruiz-Rosero, J., Ramirez-Gonzalez, G., & Khanna, R. (2019). Masivo: Parallel simulation model based on OpenCL for massive public transportation systems' routes. *Electronics*, 8(12), 1501. <https://doi.org/10.3390/electronics8121501>
- Ryzhkov, A. (2018). Local public transport in Russia: Regulation, ownership and competition. *Research in Transportation Economics*, 69, 207–217. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2018.04.010>
- Ryzkov, A., & Zuzin, P. (2016). Urban public transport development in Russia: Trends and reforms. *Higher School of Economics Research Paper No. WP BRP*, 5. Higher School of Economics. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2881277>
- Saif, M. A., Zefreh, M. M., & Torok, A. (2019). Public transport accessibility: A literature review. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 47(1), 36–43. <https://doi.org/10.3311/PPtr.12072>
- Sarbiewska, J., Konarski, A., & Mokrzański, M. (2012). Tworzenie modeli podróży na przykładzie miasta Szczecin. *Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne*, 1(97), 193–207.
- Schasché, S. E., & Sposato, R. G. (2021). Systematic literature review of demand-responsive transport services. Klagenfurt: University of Klagenfurt.
- Schasché, S. E., Sposato, R. G., & Hampl, N. (2021). User acceptance of demand-responsive transport services in rural areas: applying the UTAUT to identify influential latent constructs. *Proceedings of the IEWT*. University of Klagenfurt.
- Schlaich, J., Heidl, U., & Möhl, P. (2013). Multimodal macroscopic transport modelling: State of the art with a focus on validation & approval. In *Proceedings of the 17th IRF World Meeting & Exhibition* (pp. 1–9). Riyadh, Saudi Arabia. <https://doi.org/10.32971/als.2020.010>
- Schwinger, F., Forster, L., & Jarke, M. (2022). Population Synthesis by Disaggregating OD Matrices with Time-Progressive Graphs for Agent-based Simulations. *Procedia Computer Science*, 201, 560–567. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.03.072>
- Sharav, N., & Shiftan, Y. (2017). Evaluation of past investment in urban public transportation. *Theoretical Economics Letters*, 7(03), 543. <https://doi.org/10.4236/tel.2017.73040>

- Šipuš, D., & Abramović, B. (2017). The possibility of using public transport in rural area. *Procedia engineering*, 192, 788–793. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.136>
- Slavinskienė, B. (2021, vasario 19). „Žaliasis regionas“ rūpinsis ne tik verslo plėtra. Tauragės žinios. <https://www.taurageszinios.lt/naujienos/aktualijos/2021/02/zaliasis-regionasrupinsis-ne-tik-verslo-pletra-13697>.
- Skapinyecz, R. (2020). Possibilities of application of modern traffic simulation and planning software in education and research. *Advanced Logistic Systems-Theory and Practice*, 14(2), 15–20. <https://doi.org/10.32971/als.2020.010>
- Smith, J., & Blewitt, R. (2010). *Traffic modelling guidelines: TfL traffic manager and network performance best practice version 3.0*. Transport for London.
- Soares, P. H. (2020). *Three steps towards practical application of public transport route optimisation in urban areas* [Doctoral dissertation, University of Nottingham].
- Solecka, K., & Žak, J. (2014). Integration of the urban public transportation system with the application of traffic simulation. *Transportation Research Procedia*, 3, 259–268. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.005>
- Sorin, I., & Gabriela, M. (2012). Modeling the travel demand in a county road public transport system. *Annals of the University of Oradea, Fascicle of Management and Technological Engineering*. University of Oradea. <https://doi.org/10.15660/AUOFMTE.2012-2.2760>
- Št'astná, M., Vaishar, A., & Stonawská, K. (2015). Integrated Transport System of the South-Moravian Region and its impact on rural development. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 36, 53–64. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.02.012>
- Št'astná, M., & Vaishar, A. (2017). The relationship between public transport and the progressive development of rural areas. *Land use policy*, 67, 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.05.022>
- Stentzel, U., Piegsa, J., Fredrich, D., Hoffmann, W., & van den Berg, N. (2016). Accessibility of general practitioners and selected specialist physicians by car and by public transport in a rural region of Germany. *BMC Health Services Research*, 16(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12913-016-1839-y>.
- Štraub, D., & Jaroš, V. (2019). Free fare policy as a tool for sustainable development of public transport services. *Human Geographies*, 13(1), 45–59. <https://doi.org/10.5719/hgeo.2019.131.3>
- Subbarao, S. S., & Kadali, R. (2022). Impact of COVID-19 pandemic lockdown on the public transportation system and strategic plans to improve PT ridership: A review. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s41062-021-00693-9>
- Sun, C., Chen, X., Zhang, H. M., & Huang, Z. (2018). An evaluation method of urban public transport facilities resource supply based on accessibility. *Journal of Advanced Transportation*, 2018(1), 1–18. <https://doi.org/10.1155/2018/3754205>

- Suryadwanti, N., & Ha, L. S. (2021, July). Performance Evaluation of Bus Network in Yogyakarta, Indonesia Using Macroscopic Simulation Model (VISUM). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 832, Article 012031). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/832/1/012031>
- Szeto, W. Y., Yang, L., Wong, R. C. P., Li, Y. C., & Wong, S. C. (2017). Spatio-temporal travel characteristics of the elderly in an ageing society. *Travel Behaviour and Society*, 9, 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2017.07.005>
- Tracks. (2020, September). *The Future of Rural Bus Services in the UK*. <https://better-transport.org.uk/sites/default/files/researchfiles/The-Future-of-Rural-Bus-Services.pdf>.
- Trembošová, M., Dubcová, A., Nagyová, L., & Cagáňová, D. (2020). Chosen aspects of a spatially functional accessibility by public transport: The case of Trnava self-governing region (Slovakia). *Acta Logistica*, 7(2), 121–130. <https://doi.org/10.22306/al.v7i2.171>
- Tzvetkova, S. (2017). Increasing the social effectiveness of public transport. *CBU International Conference Proceedings*, 5, 486–489. <https://doi.org/10.12955/cbup.v5.971>
- UAB „Plentprojektas“. (2016). Tauragės miesto darnaus judumo planas. <https://sumin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/darnus-judumas/darnaus-judumo-planai/darnaus-judumo-planai-1/>
- Ullah, M. R., Khattak, K. S., Khan, Z. H., Khan, M. A., Minallah, N., & Khan, A. N. (2021). Vehicular traffic simulation software: A systematic comparative analysis. *Pakistan Journal of Engineering and Technology*, 4(1), 66–78.
- Ušpalyte-Vitkūniene, R., & Burinskiene, M. (2006). Analysis of the dynamics of walking distances to public transport routes and its influence on housing prices. *Journal of Civil Engineering and Management*, 12(3), 261–267. <https://doi.org/10.3846/13923730.2006.9636401>
- Ušpalyte-Vitkūniene, R. (2006). Modelling of Vilnius public transport route network. *Technological and Economic Development of Economy*, 12(4), 334–340. <https://doi.org/10.3846/13928619.2006.9637763>
- Ušpalytė-Vitkūnienė, R., Šarkienė, E., & Žilionienė, D. (2020). Multi-criteria analysis of indicators of the public transport infrastructure. *Promet-Traffic&Transportation*, 32(1), 119–126. <https://doi.org/10.7307/ptt.v32i1.3175>
- Vabuolytė, V., & Ušpalytė-Vitkūnienė, R. (2018). Indicators of service quality of public transport. *Mokslas – Lietuvos ateitis/Science – Future of Lithuania*, 10, 93–99. <https://doi.org/10.3846/mla.2018.3259>
- Van de Velde, D., Eerdmans, D., & Westerink, H. (2010). Public transport tendering in the Netherlands. *Amsterdam: Passenger Transport Executive Group*. Passenger Transport Executive Group.
- Velaga, N. R., Nelson, J. D., Wright, S. D., & Farrington, J. H. (2012). The potential role of flexible transport services in enhancing rural public transport provision. *Journal of Public Transportation*, 15(1), 7. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.15.1.7>

- Vicente, P., & Reis, E. (2018). Ex-regular users of public transport: their reasons for leaving and returning. *Journal of Public Transportation*, 21(2), 7. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.21.2.7>
- Vrubliauskaitė, R. (2006). *Viešojo transporto informacinė sistema* [daktaro disertacija, Vilniaus Gedimino technikos universitetas].
- VšĮ „Žaliasis regionas“. (2022). Apie mus. <https://zaliasisregionas.lt/apie-mus>.
- Wang, H., & Odoni, A. (2016). Approximating the performance of a “last mile” transportation system. *Transportation Science*, 50(2), 659–675. <https://doi.org/10.1287/trsc.2014.0553>.
- Wang, Y., Cao, M., Liu, Y., Ye, R., Gao, X., & Ma, L. (2020). Public transport equity in Shenyang: Using structural equation modelling. *Research in Transportation Business & Management*, 42, 100555. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100555>
- Waghmare, A., Yadav, G., & Tiwari, K. (2022). Four Step Travel Demand Modeling for Urban Transportation Planning. *Science, Engineering & Technology*, 5, Article 1254.
- White, P. (2016). *Public transport: Its planning, management and operation*. 5th ed. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315675770>.
- Wolański, M., Paprocki, W., Mazur, B., Soczówka, A., Jakubowski, B., Czubak, M., & Pieróg, M. (2016). Publiczny transport zbiorowy poza miejskimi obszarami funkcjonalnymi. *Oficyna Wydawnicza SGH*
- Yang, K., & Pojani, D. (2017). A decade of transit oriented development policies in Brisbane, Australia: Development and land-use impacts. *Urban Policy and Research*, 35(3), 347–362. <https://doi.org/10.1080/08111146.2017.1294537>.
- Yatskiv, I., Budilovich, E., & Gromule, V. (2017). Accessibility to Riga public transport services for transit passengers. *Procedia Engineering*, 187, 82–88. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.353>
- Yatskiv, I., & Savrasov, M. (2009, October). Riga-Minsk transport corridor simulation model development. In *Proceedings of the 9th International Conference “Reliability and Statistics in Transportation and Communication”* (pp. 394–403). Riga, Latvia.
- Yigitcanlar, T., Rashid, K., & Dur, F. (2010). Sustainable urban and transport development for transportation disadvantaged: a review. *The Open Transportation Journal*, 4(1). <https://doi.org/10.2174/1874447801004010001>
- Yuan, G. (2015). Rural electrification goes local: recent innovations in renewable generation, energy efficiency, and grid modernization. *IEEE Electrification Magazine*, 3(1), 16–24. <https://doi.org/10.1109/MELE.2014.2380193>
- Žak, J., Fierek, S., & Kruszyński, M. (2014). Evaluation of different transportation solutions with the application of macro simulation tools and multiple criteria group decision making/aiding methodology. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 111, 340–349. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.067>
- Zhang, C., Xiao, G., Liu, Y., & Yu, F. (2018). The relationship between organizational forms and the comprehensive effectiveness for public transport services in

- China? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118, 783–802. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.10.025>
- Zhang, L., Cirillo, C., Xiong, C., & Hetrakul, P. (2011). *Feasibility and benefits of advanced four-step and activity-based travel demand models for Maryland* (No. MD-11-SP009B4S). Maryland State Highway Administration.
- Zhong, M., Hunt, J. D., Abraham, J. E., Wang, W., Zhang, Y., & Wang, R. (2022). Advances in integrated land use transport modeling. In *Advances in Transport Policy and Planning* (Vol. 9, pp. 201–230). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.atpp.2021.10.002>
- Zhou, X., Liang, J., Ji, X., & Cottrill, C. D. (2019). The Influence of Information Services on Public Transport Behavior of Urban and Rural Residents. *Sustainability*, 11(19), Article 5454. <https://doi.org/10.3390/su11195454>

Autorės mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas

Straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose

Ranceva, J., Ušpalytė-Vitkūnienė, R., & Vaišis, V. (2022). Indicators Affecting the Operation of Public Transport in Regions and Their Interfaces. *Promet-Traffic&Transportation*, 34(6), 849–861. <https://doi.org/10.7307/ptt.v34i6.4144>

Ranceva J., & Ušpalytė-Vitkūnienė, R. (2024). Specifics of Creating a Public Transport Demand Model for Low-Density Regions: Lithuanian Case. *Sustainability*, 16(4), Article 1412. <https://doi.org/10.3390/su16041412>

Straipsniai kituose leidiniuose

Ranceva, J., & Ušpalytė-Vitkūnienė, R. (2021). Lietuvos ir užsienio šalių viešojo transporto organizavimo ir valdymo modeliai. *Mokslas – Lietuvos ateitis*, 13, 1–10. <https://doi.org/10.3846/mla.2021.15168>

Ušpalytė-Vitkūnienė, R., & Ranceva, J. (2022). Accessibility of Regional Public Transport. In *International Conference TRANSBALTICA: Transportation Science and Technology* (pp. 726–737). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94774-3_70

Ranceva, J., & Ušpalytė-Vitkūnienė, R. (2022). Viešojo transporto paslaugų netolygumas Lietuvos savivaldybėse. *Science: Future of Lithuania*, 14. <https://doi.org/10.3846/mla.2022.17180>

Ranceva, J., & Ušpalytė-Vitkūnienė, R. (2023). Principles of creating a public transport network model for regions. *12th International conference "Environmental Engineering"*. Lietuva. <https://doi.org/10.3846/enviro.2023.912>

Ušpalytė-Vitkūnienė, R., & Kolodinskaja, J. (2020). Public Transport Route Network Optimization Criteria's for Cities. In *Environmental Engineering. Proceedings of the International Conference on Environmental Engineering. ICEE* (Vol. 11, pp. 1–7). Vilnius Gediminas Technical University, Department of Construction Economics & Property. <https://doi.org/10.3846/enviro.2020.635>

Summary in English

Introduction

Formulation of the problem

Public transport (PT) is a transportation system that is widely used around the world. PT should be perceived as a tool for promoting urban and regional development. A well-developed PT infrastructure, an efficiently organised passenger connection network, and mixed land use contribute to regional development, strengthen the labour market, and help reduce social exclusion. Maintaining the inclusivity and effectiveness of the public transport network is essential, ensuring that even areas with currently low or zero demand can become an integral part of a comprehensive and accessible transportation system.

Mobility issues in rural areas receive less attention from policymakers compared to urban areas. The accessibility of PT in less populated and harder-to-reach rural areas is less frequently addressed. In reality, many municipalities have insufficient local bus services due to economic reasons (low profitability for carriers). Ensuring equal mobility rights in sparsely populated areas is a challenging task.

In 2021, the main mode of passenger transport by road in the European Union (EU) was passenger cars (86.3%), followed by buses and trolleybuses (7.7%) and trains (6.0%). Among EU member states, the highest use of passenger cars was recorded in Montenegro (98.5%) and Lithuania (94.7%). The transport sector is responsible for about 13% of all greenhouse gas emissions, with 23% being carbon dioxide (CO₂). Harmful gases emitted by vehicles cause serious health problems. Due to these pollutants, approximately 500,000 people die worldwide each year, and the economic damage caused by air pollution ranges

from USD 150 to 750 billion annually. In Lithuania, the transport sector accounts for 20.7% of the country's total greenhouse gas emissions, with 89.6% coming from road transport.

PT is not just a commercial service aimed at profit; it is also a social service that enables movement without exclusion for all social groups in the city, including children, seniors, or people who, for various reasons, are unable to drive a car. Therefore, sustainable public transport systems must provide the opportunity to reach key destinations in the shortest time, travelling the shortest distance, and incurring minimal financial costs.

The currently existing forms of PT organisation, which are oriented towards authorities/organisers and the market, need to be adjusted as they do not meet the expectations of all stakeholders. A form of PT organisation must emerge where the service is passenger-oriented. In Lithuania, rural areas farther from main transport routes have limited availability of PT services. In many rural areas, the population is dispersed, making PT services in such regions economically unfeasible.

Relevance of the dissertation

Scientific research and methodologies are lacking to describe demand modelling for low-density areas. Existing methodologies are mostly focused on densely populated areas and, therefore, do not reflect the unique dynamics of PT demand in sparsely populated regions. The absence of decision-making algorithms complicates PT planning processes for low-density areas, while insufficient data on regional mobility poses additional challenges.

Despite frequent data shortages in regions, this study aims to provide valuable insights by analysing the effectiveness of selected travel models in capturing the unique dynamics of transport demand in sparsely populated regions.

No clear methodology for regional PT planning is available in our country. Balanced and sustainable regional PT development requires a methodology to contribute to regional policy formation, reducing the isolation of villages and small to medium-sized towns, ensuring service accessibility in remote areas with low population density and underdeveloped road infrastructure, and lowering residents' transportation costs. The PT operational methodology developed in this study will contribute to more efficient route planning, helping to reduce transport disparities between rural and urban areas.

Object of the research

The object of the dissertation is the organisation of PT services in remote areas of Lithuania's regions.

Aim of the dissertation

This dissertation aims to develop a methodology for improving PT services in the country's regions, aimed to select areas better suited for demand-responsive transport (DRT) services.

Tasks of the dissertation

The following tasks are formulated to achieve the aim of the dissertation:

1. To identify the key criteria influencing PT demand in regions and their interrelationships.
2. To develop and calibrate the PT network for a pilot region in Lithuania based on the previously identified criterion interrelationships.
3. Experimentally determine the key criteria and their thresholds for when regular PT services should be replaced by DRT transport.
4. To develop a methodology for improving PT services in the region.
5. To assess the applicability and universality of the PT methodology for use in other regions of the country.

Research methodology

The comparative analysis method is applied to develop passenger-oriented public transport management and organisation systems.

Theoretical analytical statistical analysis methods are used in this work to determine the key criteria influencing passenger flows and PT demand. A database of Lithuanian PT service criteria collected by the author is utilised. The main criteria influencing PT demand were selected using the statistical software *Statgraphics*.

The experimental study used the macro modelling software PTV VISUM.

Scientific novelty of the dissertation

The novelty of the scientific work lies in the first-time identification of the thresholds of criteria influencing PT demand, allowing PT services to be organised according to passenger needs.

An original methodology for planning PT connectivity in regions is introduced, applicable to areas with lower population density, where PT is completely inefficient and where alternatives to regular public transport (e.g., DRT) must be sought. The presented unique PT planning principles integrate on-demand transport into the existing network, allowing for savings in passenger travel time and bus mileage costs.

Practical value of the research findings

The proposed PT operational methodology for Lithuanian regional administrations/carriers is applicable in shaping regional PT operations.

The organisation method presented in the methodology will help reduce greenhouse gas emissions and the negative impact on the environment, climate change, and residents' health. Additionally, the new planning approach will help ensure lower service mileage (empty mileage), a reduced total number of kilometres, lower operational costs per passenger, more rational use of financial resources, and better allocation of PT service expenses.

Defended statements

1. Improving the PT network leads to decreased total bus mileage and total travel time for residents, while savings are made in bus maintenance and energy resources.
2. The universal, region-adapted methodology applies to creating a comprehensive PT network that meets residents' needs.
3. The planning method developed in PT regions allows for a more accurate selection of measures that meet residents' needs while maintaining smooth connectivity and service accessibility levels.

Approval of the research findings

Seven scientific articles have been printed on the topic of the dissertation: two in scientific journals with a citation index included in international databases *Web of Science*, three in conference proceedings, and two in other scientific journals. The complete list is provided at the end of the work in the section “List of the Author’s Scientific Publications on the Topic of the Dissertation”.

The dissertation research results were presented at five scientific conferences in Lithuania and abroad:

- The 24th Lithuanian Conference of Young Scientists “Science – Future of Lithuania”, 2021, Vilnius, Lithuania;
- The international conference “TRANSBALTICA: Transportation Science and Technology”, 17 September 2021, Vilnius, Lithuania;
- The 25th Lithuanian Conference of Young Scientists “Science – Future of Lithuania”, 2022, Vilnius, Lithuania;
- The 12th International Conference “Environmental Engineering”, 28 April 2023, Vilnius, Lithuania;
- The international conference “International Conference on Transportation Demand Management and Analysis (ICTDMA – 2024)”, 9 January 2024, Frankfurt, Germany.

Structure of the dissertation

The dissertation consists of an introduction, three chapters, and general conclusions, as well as lists of used literature and publications on the author’s dissertation topic. It has seven appendices.

The scope of the work is 132 pages, excluding the appendices. The text includes 24 numbered formulas, 44 figures, and 11 tables. The dissertation used 175 literature sources.

Acknowledgement

The author of the dissertation expresses gratitude to the Supervisor of the dissertation, Associate Professor Dr Rasa Ušpalytė-Vitkūnienė, for consultations, advice, and valuable scientific insights.

The author is deeply grateful to her husband and parents for their trust, support, psychological backing, and understanding.

1. Organisation and modelling of road public transport operations in Lithuania and abroad

This work examines the PT system of other countries, which is more suitable for Lithuania, focusing on PT as a social service that ensures more than a commercial function.

There are four main participants in the PT system (Augustyn, 2020):

- Government;
- PT passenger transport companies;
- PT organisers;
- Society.

The success of PT service can be determined by whether the service is passenger-oriented (Mugion et al., 2018). The PT service aims to meet the needs and expectations of passengers, so it is essential to plan the PT network more comprehensively. Local authorities should cooperate more closely with passenger carriers and residents to better understand and meet passenger requirements (Št'astná et al., 2015).

Comparing the PT organisation and management models of various foreign countries, the most attractive and suitable models are those of Sweden, Estonia, Germany, and Austria, which establish regional centres, associations, or a single PT agency. These countries have a clear main institution to which passengers can refer, ensuring more efficient handling of inquiries.

The comparative analysis shows that, based on the selected criteria, the least suitable models are those of Great Britain and France. In these countries, PT service accessibility is not ensured, the passenger transport market is not planned based on collected data, and the service is provided only commercially.

The development of a macroscopic model consists of two interrelated stages: creating transport supply information, represented by the street and road network, traffic zones, PT parameters, etc., and calculating transport demand using the classic four-step model. The initial data for this model includes information about the population, workplaces, the number of school children and students, the locations of educational institutions, and modal distribution (Žak et al., 2014; Humeniuk & Shapovalov, 2021).

It is recommended that flexible PT, also known as DRT, is introduced in the regions to make more rational use of financial resources and reduce greenhouse gas emissions linked to bus mileage. However, none of the countries has fully developed DRT as a form of PT service. Integrating DRT services with regular PT into a unified PT service system is essential.

The model developed for a region has its specifics, such as uneven population density and significant differentiation in PT demand by location and time. It has been found that the distances passengers travel to reach a stop are much greater in regions than in cities. Regions are served by PT on fewer working days or only once a day, and in some municipalities, just a few times a week, whereas cities typically have high-frequency PT routes.

Additionally, the peak hour model used in cities is not suitable for regions. Therefore, the development of a regional PT model is very different from that of an urban PT model.

2. Development and formulation of a regional public transport operations methodology

Based on the conducted literature analysis and accumulated quantitative data, criteria influencing PT demand in regions are categorised into five groups (Table S.2.1).

Table S.2.1. Description of the analysed factors and criteria (compiled by the author)

Group of criteria	Criteria name	Unit of measure
Demographic criteria	Average population (x_1)	inhab.
	Population density (x_2)	inhab./km ²
	Average age of the population (x_3)	years
PT use criteria	Passenger turnover on suburban routes (y_1)	total passengers km
	Passenger turnover on intercity routes (y_2)	total passengers km
	Number of passengers on suburban routes (y_3)	passengers/year
	Number of passengers on intercity routes (y_4)	passengers/year
PT operations and infrastructure criteria	Bus mileage on suburban routes (x_4)	km
	Bus mileage on intercity routes (x_5)	km
	Number of buses (x_6)	unit
	Number of bus routes (x_7)	unit
	Frequency of bus routes (x_8)	buses/day
	Accessibility of bus stops (x_9)	%
	Number of bus trips per inhabitant (x_{10})	unit/1 inhab.
Automobilisation criteria	Length of car roads (x_{11})	km
	Level of automobilisation (x_{12})	vehicles/1 000 inhab.
	Number of cars (x_{13})	unit
Economic criteria	Unemployment level (x_{14})	%
	Average salary (x_{15})	Eur
	Revenue from ticket sales (x_{16})	Eur
	Compensations (x_{17})	%
	Grants/subsidies (x_{18})	%
	Financing criteria (x_{19})	Eur/ha

The main criteria data were obtained from the State Data Agency database, supplemented independently with data obtained from a survey conducted via email. Whenever possible, calculations were based on data from 2019, as in that year, the use of PT had not significantly decreased due to the widespread COVID-19 pandemic.

This dissertation employs multiple variables, simple regression, and multiple regression analysis to identify the most characteristic criteria influencing PT demand and their interfaces.

Initially, a multiple variable analysis is conducted among all criteria, during which correlations between pairs of variables are calculated. The Pearson correlation coefficient is calculated in the study (Polhemus, 2005):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}; \quad (\text{S.2.1})$$

where r is the correlation coefficient, y is the dependent variable, x is the independent variable, and n is the sample size (Heumann & Schomaker, 2016).

The strength of the correlation coefficient is interpreted based on the following ranges (Čekanavičius & Murauskas, 2014):

1. $|r| < 0.3$ very weak correlation;
2. $0.3 \leq |r| < 0.5$ weak correlation;
3. $0.5 \leq |r| < 0.7$ mean correlation;
4. $0.7 \leq |r| < 0.9$ strong correlation;
5. $0.9 \leq |r| < 1$ very strong correlation.

Simple Regression Analysis is performed with statistically significant criteria ($P\text{-value} < 0.05$). Expression of a Simple Regression Analysis model:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon; \quad (\text{S.2.2})$$

where β_0 is constant; β_1 is a coefficient to an independent variable; ε is a random error component (Mendenhall et al., 2016).

A Multiple Regression Analysis method is used to identify the most characteristic criteria influencing the demand for PT and their interfaces. Expression of a Multiple Regression Analysis model:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon; \quad (\text{S.2.3})$$

where $\beta_1, \beta_2, \beta_p$ are coefficients to independent variables; x_1, x_2, x_p is an independent variable (Polhemus, 2005).

During the study, the database data were divided into three groups: data from city municipalities, data from circular municipalities, and data from regional municipalities. In the Republic of Lithuania, city municipalities consist of seven municipalities, ring municipalities consist of six, and regional municipalities consist of 47.

When the dependent variable is the number of passengers on suburban routes (y_3), the results of the Multiple Regression Analysis are as follows:

Table S.2.2. Results of multiply regression analysis of regional municipalities with dependent variable y_3 (compiled by the author)

Model	Coefficients for variables	t-statistics	P-value
Constant	-20591.9	-0.397715	0.6930
Bus mileage on suburban routes (x_4)	0.454482	8.59065	0.0000

Table S.2.2. shows that the independent variable is statistically significant because the $P\text{-value} < 0.05$. In this case, the following equation of the Multiple Regression Analysis model is obtained:

$$y_3 = -20591,9 + 0,454482x_4. \quad (\text{S.2.4})$$

Since the correlation coefficient of the model is $r=0.805$ ($r^2=64.85\%$), there is a strong correlation relation. Equation (S.2.4) shows that only bus mileage on suburban routes has an impact on the number of passengers on suburban routes.

Based on the results of the conducted regression analysis, certain trends can be observed:

1. In all types of municipalities, the number of passengers depends on the level of PT services.
2. In cities, the number of passengers mostly depends on the number of routes, providing city residents with a greater choice of travel directions.
3. In circular and regional municipalities, passenger numbers are dependent on density. In low-density areas where PT frequency is low, the PT service may not meet the needs of residents, forcing them to choose other modes of transportation, thereby reducing the number of passengers using PT.

The author chose Tauragė region for modelling due to its integration, unified e-ticket system, data availability, and processing levels. The region comprises four municipalities: Jurbarkas, Pagėgiai, Šilalė, and Tauragė. The total area of the Tauragė region is 4408 km², with a population density of 21 inhabitants/km².

The road network and PT stops of the four municipalities in the Tauragė region were imported into the author's model from the General Transit Feed Specification (GTFS) mobility data system. In total, the macroscopic model of the Tauragė region comprises 628 nodes, 1374 lines, and 529 PT stops.

When collecting detailed data, the author faced a problem of data scarcity in regions: data are not collected, stored, or divided into larger units. Therefore, the author decided to divide the modelled territory into zones based on the lowest level of administrative division, i.e., elderships. In total, the Tauragė region is divided into 39 zones. When determining the zone's centre, the author suggests evaluating criteria such as urbanised areas, existing settlements, and population numbers.

Using the PT system object called a connector, the zone's centre must be connected to the PT stops (Fig. S.2.1). In the research, the author suggests the following principles for determining connectors: connectors should not be drawn over long distances through forests, should not be drawn over rivers, connectors can be drawn between different zones, and it is suggested to draw connectors no more than 3 km apart.

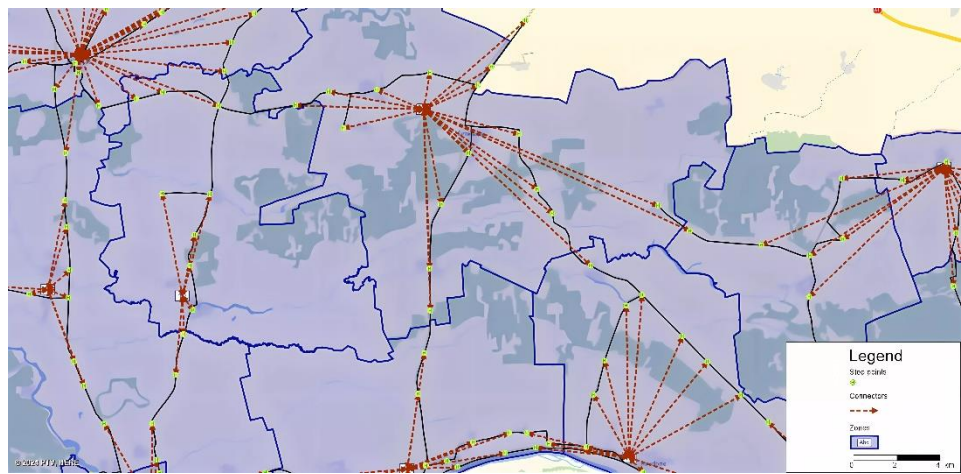


Fig. S.2.1. Tauragė region PT model connectors (compiled by the author)

This work does not assess seasonal and weekend routes. The created model includes 92 directions of PT routes and a total of 247 PT routes.

The traditional 4-step transportation demand planning model comprises trip generation, trip distribution, modal split, and trip assignment.

Trip generation. In composing the OD matrix for the Tauragė region’s PT model, the author collected demographic (population) and statistical data, such as numbers of working residents (DG), workplaces (DV), students and pupils (STUD_MOK) (residents aged 7 to 30), places in educational institutions (VUI), preschool children (VAIKAI) (up to 7 years of age), and places in preschool educational institutions (V_DARŽ).

The dissertation examines six trip-based modelling methods (Fig. S.2.2).

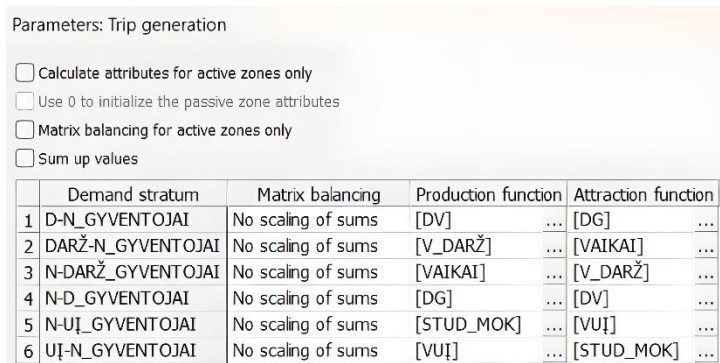


Fig. S.2.2. Example of PTV VISUM trip generation (compiled by the author)

Using the PTV VISUM 21 software, production and attraction results were generated for each travel model and presented in Table 2E of Appendix E.

Trip distribution. When establishing the OD matrix in regions, a gravity model that is no less accurate, based on methodologies used abroad, was employed for model development. The spatial distribution of trips is described using the so-called combined function:

$$f(t_{ij}) = a \cdot t_{ij}^b \cdot c^{c \cdot t_{ij}}; \quad (\text{S.2.5})$$

where t_{ij} is the travel time between zones “i” and “j”; a, b, c is function parameters (Os-karbski & Miszewski, 2013).

The PT system in Poland is the most similar to our country’s transportation culture and financial level, making the parameters a , b , and c determined by the Polish study the most suitable for developing a model for the Lithuanian region. The data for parameters a , b , and c (Table S.2.3.) were derived from a study conducted in the Polish region of Aglomeracja Rybnicka, whose urbanisation characteristics are similar to those of the Tau-ragė region. Both regions are of medium size within the context of their respective countries and consist of smaller towns and rural areas. Population density is not very high, and the population is more concentrated in several main centres.

Table S.2.3. Parameters of trip models with a combined function (International Management Services Sp. z o. o., 2015)

Trip model	a	b	c
D–N	0.242	1.166	–0.388
DARŽ–N	0.245	1.579	–0.5
N–DARŽ	0.245	1.579	–0.5
N–D	0.242	1.166	–0.388
N–UĮ	0.245	1.579	–0.5
UĮ–N	0.245	1.579	–0.5

Modal split. This dissertation only considers one type of PT system – buses, covering trips for all types of residents. Therefore, the demand model is presented only with one OD matrix, and other modes of transport were not analysed.

Trip assignment. The dissertation uses passenger flow trip assignment following a schedule-based assignment method, for which a Logit model for the distribution of passenger flows was determined:

$$U = e^{-\beta \cdot IPD}, \quad (\text{S.2.6})$$

where U is the distribution of passenger flows, $\beta = 0.25$ is a function parameter, and IPD is the impedance indicator (Ušpalytė-Vitkūnienė, 2006).

The trip assignment stage determines the value of the impedance indicator (IPD), which shows what determines the mode and route of travel the most. Considering the results of the regression analysis performed by the authors and described in Chapter 2 and the results of the population survey carried out by “Žaliasis regionas”, the formulas for the IPD (Equation S.2.7) and PJT (Equation S.2.8) are as follows:

$$IPD = 1 \cdot PJT + 0 \cdot FP; \quad (S.2.7)$$

$$PJT = 2 \cdot IVT + 2 \cdot ART + 4 \cdot AT + 4 \cdot ET + 1 \cdot WT + 3 \cdot OWT + 2 \cdot TWT + 20 \cdot NT. \quad (S.2.8)$$

Peak periods are not suitable for regional models. When modelling PT in regions, the author suggests choosing either a single workday or a single workweek period. Considering that some municipalities of the Tauragė region have routes operating only on certain workweek days and during limited hours, the modelling period of five workdays from 0:00 to 24:00 was chosen. Considering the accumulated data on PT passenger flows, the developed model was calculated from 1 September 2022 to 30 September 2022.

Calibration and validation. In this work, for model calibration and validation, the author uses R-squared statistic (r^2) – a measure of the differences between modelled and observed dependent variable values. The higher the coefficient value, the better the model fits the data. The double-squared model was applied to calculate the coefficient of determination.

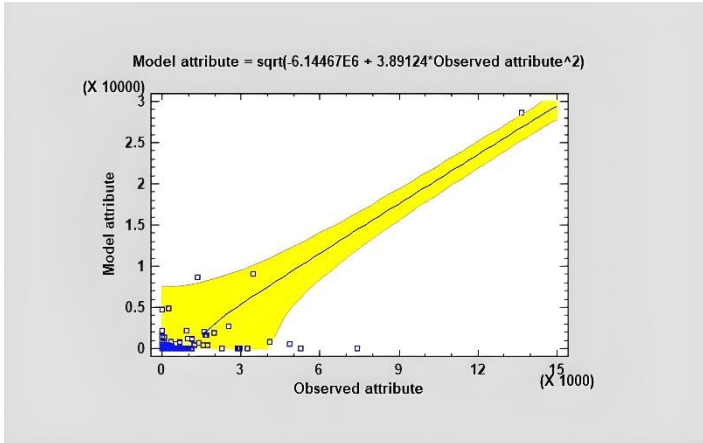


Fig. S.2.3. Double-squared model dependencies (compiled by the author)

During calibration, the obtained coefficient of determination r^2 is equal to 87%. The coefficient of determination is higher than 85% (Fig. S.2.3). Modelling results indicate that the author's model was constructed correctly and that the base model reflects the true PT service; thus, it can be used for modifications to the existing transport network.

Results. It is evident that the largest passenger flows are generated and absorbed in the largest elderships: Tauragė city eldership, Jurbarkas city eldership, and Šilalė city eldership. The smallest passenger flows occur in the elderships of Juodaičiai, Palentinys, Didkiemis, and Teneniai. The OD matrix obtained during modelling (Table 3A) shows that most passenger trips originate from city elderships (from 7142 to 26078 trips/month), while the least originate from Palentinys eldership (130 trips/month).

The results of passenger load at PT stops obtained by the author for the Tauragė region model are presented in Figure S.2.4.

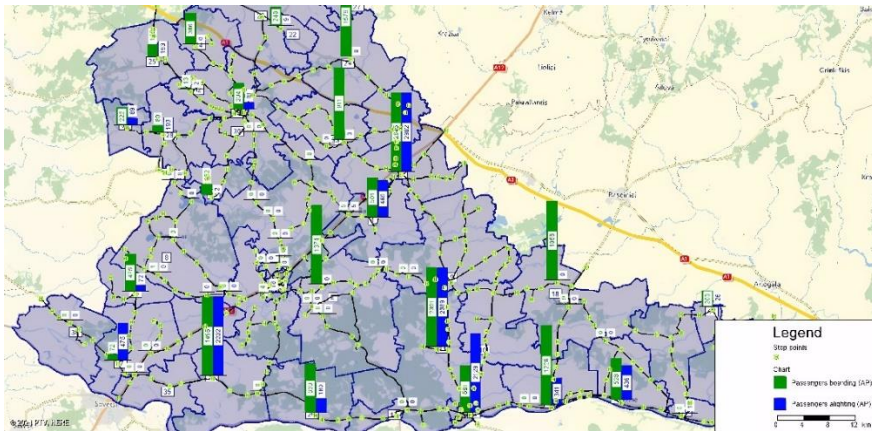


Fig. S.2.4. Passenger load at stops (compiled by the author)

The generated cartogram shows that regions exhibit a lower density of stops and a lower load on those stops. There are several PT stops where the passenger load is high, e.g., more than 5000 passengers/month. These busy stops are located in densely populated areas and also serve as transfer points between different PT routes. No passenger loads were found in 457 PT stops.

3. Verification of the regional public transport methodology and processing of results

Once the existing model is calibrated and validated, modelling is performed by incorporating an additional DRT service into the existing PT network.

An improved PT system model for the Tauragė region is developed based on the results of a survey conducted by “Žaliasis regionas” in 2022, the author’s literature analysis, and the results of theoretical research. The development consists of the following main steps:

1. Identifying areas that are served by DRT areas;
2. Eliminating or replacing routes in identified DRT areas;
3. Analysing the adequacy of transport supply to residents’ needs: assuming how many DRT areas are served by PT on average;
4. Comparing the results of the improved PT system with the results of the current model in terms of bus schedules and passenger time costs.

The recommended characteristics for DRT areas are:

- population density less than 20 inhabitants/km²;
- number of job places less than 200 units;
- at least one of the following conditions applies: **Condition I.** In DRT areas with unused PT stops (number of passenger trips per month equals 0), there must be at least 3. There is an unloaded route section (the route section where the number

of transported passengers does not exceed 20 passengers per working day). **Condition II.** In the public transport area, there is one unused bus stop. There is also an unloaded route branch (an additional route branch ending at a single bus stop, where the number of transported passengers does not exceed 20 passengers per working day).

To accurately define DRT areas, the author suggests identifying local concentrations of population density and jobs (Figs. S.3.1, S.3.2).

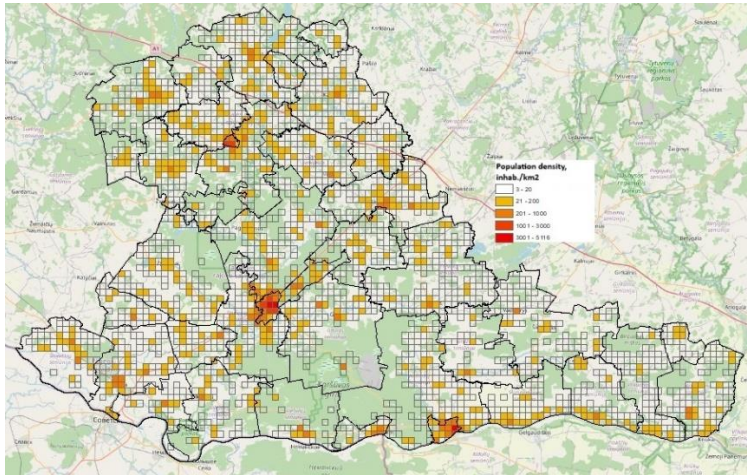


Fig. S.3.1. Population density of Tauragė County in grids in a year (compiled by the author)

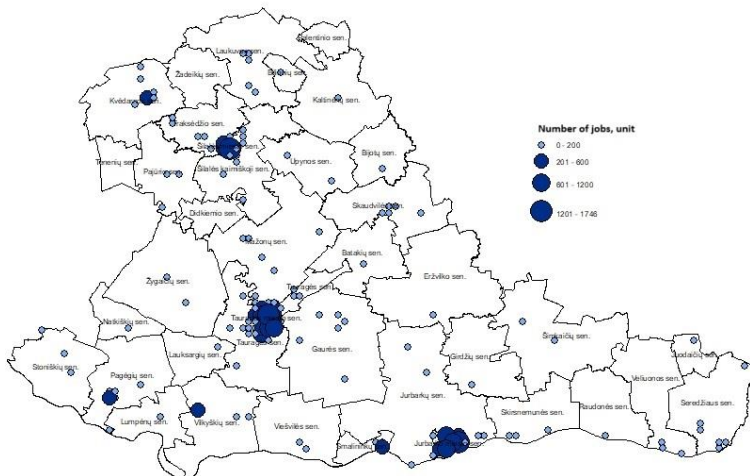


Fig. S.3.2. Map of the number of jobs in Tauragė County (compiled by the author)

Based on territorial and route dimension criteria and their boundaries, DRT areas are identified where regular PT should be eliminated and DRT should be introduced. In the Tauragė region, 8 DRT areas have been identified. The criteria and characteristics for identifying DRT areas are presented in Table S.3.1.

Table S.3.1. Determined DRT territories and their characteristics (compiled by the author)

DRT area No.	Eldership	Number of unloaded stops, pcs.	Number of passengers on the unused route section (passengers/month)	Route dimension condition (I or II)
1	Girdžių	1	0	II
2	Veliuonos	1	14	II
3	Juodaičių ir Seredžiaus	4	0	I
4	Eržvilko ir Girdžių	7	0	I
5	Gaurės ir Tauragės	1	0	II
6	Žygaičių	3	0	I
7	Mažonų ir Šilalės kaimiškoji	3	0	I
8	Trakėdžių ir Žadeikių	4	386	I

In DRT areas, when eliminating or changing regular PT routes, route sections are straightened, eliminating so-called route loops. The following routes are adjusted in DRT areas:

1. In DRT area 1, routes J-1 and J-10;
2. In DRT area 2, route J-5;
3. In DRT area 3, route J-8;
4. In DRT area 4, routes J-7 and J-10;
5. In DRT area 5, route T-27;
6. In DRT area 6, route T-49;
7. In DRT area 7, routes T-54, T-30, and S-14;
8. In DRT area 8, route S-7.

The correspondence of transport supply to residents' needs is analysed to improve the PT route network. It is assumed that the DRT-served area has PT service demand on average based on the number of passengers in the removed PT routes:

1. If route sections with more than 50 passengers/month were removed, then the DRT served area is served on-demand twice a day;
2. If route sections with up to 50 passengers/month were removed, then the DRT-served area would be served on-demand twice a month.

Figure S.3.3 shows the expected service routes for each DRT territory.

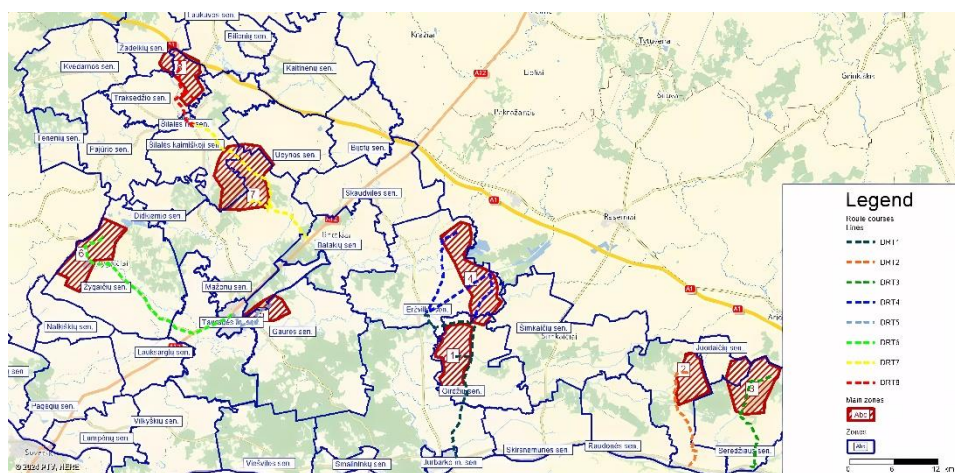


Fig. S.3.3. DRT territory service lines (compiled by the author)

The need for DRT services in a specific region is directly related to the number of passengers previously served by discontinued regular PT routes. Additionally, this need depends on the region's level of urbanisation, which defines the potential for passenger flows. The higher the level of urbanisation, the greater the likelihood that DRT services will be required more frequently. The exact frequency of DRT service provision, whether daily, weekly, or monthly, can vary between regions due to differing demand levels.

After making changes to the existing PT service model, the author strongly suggests comparing the obtained results in terms of bus mileage and passenger time costs. Passenger time costs refer to the product of passenger trips and travel time from boarding to alighting at the stop.

After improving the PT system, the total PT bus mileage decreased by 1.6%, and the total travel time for passengers was reduced by 0.5%. Considering the assumption that DRT areas are served either twice a day or twice a month, the total DRT mileage amounts to 971.63 km. The total mileage of the improved PT system is 284,078.27 km. Compared to the existing calibrated model, the monthly PT bus mileage decreased by 1.25%. Naturally, the number of kilometres per passenger, operating costs per passenger, and greenhouse gas emissions per passenger have also decreased.

To ensure the effectiveness of the implemented changes in the PT system, the monthly difference between the calibrated mileage of the current PT service system and the final improved PT system must be at least 1.25%, while the monthly difference in passenger travel time must be no less than 0.5%. These minimum threshold values for the criteria are experimental indicators determined through an analysis of the need for PT system restructuring in the region. If the threshold values are not achieved, the PT changes will not be effective. In such cases, the process returns to the third stage of the methodology, i.e., adjusting existing route segments in DRT service areas.

General conclusions

1. Through pairwise and multiple regression analysis, the key criteria determining the demand for public transport in regions were identified, including population density, municipal unemployment rate, bus mileage, and bus route frequency. A strong correlation was observed: the more passengers use public transport, the higher the bus mileage or the number of bus routes.
2. The coefficient of determination ($r^2 = 87\%$) obtained during the model calibration confirms the model's alignment with real passenger flows. A pilot public transport network and demand model for a Lithuanian region has been developed and calibrated. Based on the identified correlations of the criteria, the model evaluates the network's structure and operational principles.
3. The main criteria for efficiently optimising services in regions were determined through experimental methods. Territorial criteria include a population density of less than 20 inhabitants/km² and several workplaces of less than 200, along with route-related criteria. The first condition (underused public transport bus stops in the demand-responsive area must have at least three stops, and there must be an underloaded route segment) or the second condition (there is one underused public transport bus stop in the demand-responsive area, and there is an underloaded route loop) must be met. These criteria indicate when the regular public transport operation model should be changed to demand-responsive public transport.
4. A public transport system improvement methodology has been developed based on the dynamic adaptation of routes and services to real passenger demand. It aims to identify areas where regular public transport services can be replaced with demand-responsive public transport. The methodology consists of the following key steps: identifying areas that should be served by demand-responsive public transport; eliminating or replacing routes in the identified areas; analysing the alignment of transport supply with residents' needs; comparing the results of the improved public transport system with the current model in terms of bus mileage and passenger time.
5. The development of a methodology for improving public transport operations in regions has yielded positive results: bus mileage decreased by 1.25% per month, and passenger travel time costs were reduced by 0.5% per month, simultaneously saving bus maintenance and energy resources. This confirms the methodology's effectiveness and its potential for broad application in other municipalities across the country.
6. The developed public transport service improvement methodology is suitable and applicable to any low-population-density region in the Republic of Lithuania. The methodology's universality, considering the prevailing travel trends and infrastructure characteristics in the region, enables its wide application in creating a public transport network that meets residents' needs and in shaping regional public transport policy.

Priedai

- A priedas.** Užsienio šalių viešojo transporto valdymo modelių palyginimas
- B priedas.** Lietuvos viešojo transporto veiklos vertinimo kriterijų duomenų bazė
- C priedas.** Regresinės analizės rezultatai
- D priedas.** Surinkti demografiniai ir statistiniai duomenys
- E priedas.** Išvykstančių iš transportinės zonos ir atvykstančių į transportinę zoną keleivių skaičiaus rezultatai
- F priedas.** Išvykimo ir atvykimo matrica
- G priedas.** Formuluojamų metodikos bandymų rezultatai

A priedas. Užsienio šalių viešojo transporto valdymo modelių palyginimas

1A lentelė. Užsienio šalių VT valdymo modelių palyginimas (sudaryta autorės)

Table 1A. Comparison of public transport management models of foreign countries (compiled by the author)

Kriterijai Šalis	Valdymo modelis	VT paslaugos pasiekiamumas	Duomenimis paremtas VT	Finansavimas	Suinteresuotos šalys
Švedija	VT agentūros	Užtikrinamas	Agentūros organizuodamos viešąjį transportą remiasi ekspertinių įmonių, kurios domisi klientų poreikiais, žiniomis.	Finansai skirstomi agentūrų. Finansavimo dydis priklauso nuo gyventojų skaičiaus savivaldybėje.	Aiškios
Estija	Regioniniai VT centrai arba savivaldybės	Užtikrinamas	Reguliariai vykdomos nacionalinės, regioninės ir vietinės apklausos. Šalyje gyventojų apklausos prieš planuojant VT maršrutus yra privalomos.	Iš valstybės biudžeto padengiami 50 % patirtų kaštų, o kitą 50 % dalį padengia savivaldybės.	Aiškios
Vokietija / Austrija	Regioninės VT asociacijos	Užtikrinamas	Geroji praktika – bendradarbiavimas ir komunikacija tarp regioninių vyriausybių, savivaldybių ir transporto įmonių.	Regioninės vyriausybės ir savivaldybės VT finansuoja per asociacijas. Jos finansuoja dalį, kurios nepadengia federalinis biudžetas.	Aiškios
Prancūzija	Decentralizuotas vietinės valdžios valdymas	Neužtikrinamas dėl didesnės koncentracijos stambesniems miestams	Duomenų rinkimas nevykdomas.	Vietos valdžios institucijos nustato kainas, taip pat skiriamų subsidijų dydį.	Neaiškios
Didžioji Britanija	Liberalizuotas valdymas	Neužtikrinamas, nes daugiausiai orientuojamasi į pelną, o ne į socialinę paslaugą	Keleivių vežimo rinka planuojama, bet duomenys neprieinami	VT paslauga teikiama komerciniais pagrindais, kainas nustato vežėjai.	Neaiškios

B priedas. Lietuvos viešojo transporto veiklos vertinimo kriterijų duomenų bazė

1B lentelė. Duomenų bazė (sudaryta autorės)

Table 1B. Database (compiled by the author)

Kretingos r. sav.	Vilniaus m. sav.	Šalčininkų r. sav.	Vilniaus r. sav.	Kauno m. sav.	Savivaldybės pavadinimas
37374	565869	30398	101088	291321	Gyv. skaičius
37,8	1401,1	20,4	47	1843,1	Gyv. tankis, gyv./km ²
45	38	42	41	42	Gyv. amžius, metai
13781300	10201300	9897900	29035700	38699500	Kel. apyvarta_PS, kel. km
140000	51898300	614700		109748300	Kel. apyvarta_TS, kel. km
1212700	908900	1558700	1433500	3085900	Kel. sk_PS, kel./metus
900	1350500	11000		2555200	Kel. Sk_TS, kel./metus
2303700	2793400	3174300	3228700	6275700	Autobusų rida_PS, km
77000	11728900	42500		13131900	Autobusų rida_TS, km
	527	42	85	539	Autobusų sk., vnt
90	399	75	46	333	Autobusų marš. sk., vnt
5	10	6	10	8	Autobusų marš. dažnis, tr.pr./paraą
34,2	87,6	30	41,8	92,4	Pasiekiamumas, %
37	264	53	17	205	Kelionių autob. sk., vnt/1 gyv.
1271	1203	1586	3244	875	Automob. kelių ilgis, km
552	383	517	486	447	Automobilizacija, aut./1000 gyv.
20590	218264	15657	49599	131087	Automob. sk., vnt
5,0	4,4	4,4	4,4	6,2	Nedarbo lygis, %
1099,2	1643,2	1048,0	1309,0	1466,6	VDU, Eur
462249	26198000	805231	1672975	17097000	Pajamos už bilietus, Eur
75	54	16	34	77	Kompensacijos, %
	62			16	Dotacijos, %
8,2	1415,5	6,2	10,6	2106,1	Finansavimo rodiklis, Eur/ha

Klaipėdos r. sav.	Jonavos r. sav.	Klaipėdos m.	Marijampolės	Kauno r. sav.	Šilutės r. sav.	Savivaldybės pavadinimas
61386	40950	149086	53626	96986	37364	Gyv. skaičius
45,4	43,6	1521,6	71,2	64,5	22,4	Gyv. tankis, gyv./km ²
41	45	42	45	40	46	Gyv. amžius, metai
9907100	16279000	17276500	4309200	5281300	5294100	Kel. apyvarta_PS, kel. km
	382300	39943600	6345700		12797500	Kel. apyvarta_TS, kel. km
538500	1051100	938100	418600	472200	499900	Kel. sk_PS, kel./metus
341000	12500	311000	229800		130100	Kel. Sk_TS, kel./metus
1437500	1492100	1675300	1779600	1969900	2029600	Autobusų rida_PS, km
	41700	2878100	1702200		694200	Autobusų rida_TS, km
78	40		29		31	Autobusų sk., vnt
197	29	73	40	9	48	Autobusų marš. sk., vnt
6	16	7	19	5	6	Autobusų marš. dažnis, tr.pr./parą
37,6	32,9	84,1	36,2	42,1	19,5	Pastiekiamumas, %
30	42	199	22	5	41	Kelionių autob. sk., vnt/1 gyv.
1591	1268	435	1422	2304	2347	Automob. kelių ilgis, km
506	481	406	543	538	553	Automobilizacija, aut./1000 gyv.
31707	19592	60581	29040	52491	20500	Automob. sk., vnt
5,0	6,2	5,0	8,1	6,2	5	Nedarbo lygis, %
1272,8	1347,8	1459,5	1216,3	1376,3	1152,8	VDU, Eur
9210124	1691300		1149559		534462	Pajamos už bilietus, Eur
	27				68	Kompensacijos, %
						Dotacijos, %
68,8	22,8		15,2		5,3	Finansavimo rodiklis, Eur/ha

Širvintų r. sav.	Druskininkų sav.	Trakų r. sav.	Alytaus m. sav.	Plungės r. sav.	Jurbarko r. sav.	Savivaldybės pavadinimas
14991	19069	32877	49550	32813	24535	Gyv. skaičius
16,7	42,2	27	1247,4	29,9	16,5	Gyv. tankis, gyv./km ²
47	50	43	47	46	48	Gyv. amžius, metai
6842400		6438200	8073300	2345500	4418000	Kel. apyvarta_PS, kel. km
244400	7419400		7077400	247000	5005800	Kel. apyvarta_TS, kel. km
568900	1240000	434800	218200	141200	290900	Kel. sk._PS, kel./metus
7200	167500		135700	11900	105800	Kel. Sk._TS, kel./metus
964500	983300	996300	1072000	1105900	1251300	Autobusų rida_PS, km
22400	1758600		792200	55000	689900	Autobusų rida_TS, km
	16	28	29	21	45	Autobusų sk., vnt
36	11	26	23	58	66	Autobusų marš. sk., vnt
6	8	8	21	7	5	Autobusų marš. dažnis, tr.pr./parą
39,2	30,6	27,5	88,7	31,2	17,6	Pasiekiamumas, %
39	9	14	52	14	24	Kelionių autob. sk., vnt/1 gyv.
1525	551	1275	200	1886	1532	Automob. kelių ilgis, km
572	533	510	515	543	575	Automobilizacija, aut./1000 gyv.
8529	10133	16924	25320	17720	13945	Automob. sk., vnt
4,4	7,1	4,4	7,1	6,5	9,4	Nedarbo lygis, %
1190,7	1054,8	1351,2	1253,4	1207,0	1135,3	VDU, Eur
	610000	708984			515000	Pajamos už bilietus, Eur
	33	25			1	Kompensacijos, %
	49				54	Dotacijos, %
	24,5	7,4	171,5		5,3	Finansavimo rodiklis, Eur/ha

Šakių r. sav.	Joniščio r. sav.	Kelmės r. sav.	Švenčionių r.	Mazeikių r. sav.	Alytaus r. sav.	Savivaldybės pavadinimas
26389	20537	25105	22711	50923	25864	Gyv. skaičius
18,4	18	14,9	13,6	41,8	18,4	Gyv. tankis, gyv./km ²
47	49	49	48	45	48	Gyv. amžius, metai
4770900	4440000	1751400		7307400		Kel. apyvarta_PS, kel. km
7147300	1167900		678100	13490500		Kel. apyvarta_TS, kel. km
257800	351900	316800	174300	678900		Kel. sk_PS, kel./metus
136400	46200		32000	272600		Kel. Sk_TS, kel./metus
793400	802600	814800	830000	855100	905100	Autobusų rida_PS, km
673500	205800		254000	1621400		Autobusų rida_TS, km
30	31	22	22			Autobusų sk., vnt
40	27	34	1	54		Autobusų marš. sk., vnt
7	5	7	6	4	7	Autobusų marš. dažnis, tr.pr./parą
8,1	29,3	31,6	24,0	33,8	39,7	Pasiekiamumas, %
16	20	14	2	28	1	Kelionių autob. sk., vnt/1 gyv.
1571	1380	2561	2155	1704	1518	Automob. kelių ilgis, km
594	528	553	529	510	599	Automobilizacija, aut./1000 gyv.
15482	10740	13730	11889	25906	15484	Automob. sk., vnt
8,1	8,1	8,1	4,4	6,5	7,1	Nedarbo lygis, %
1131,7	1141,7	1146,1	1143,3	1311,3	1198,8	VDU, Eur
491456	358500	95900	172800			Pajamos už bilietus, Eur
62	60	207	93			Kompensacijos, %
51	14	378	256			Dotacijos, %
7,2	5,4	3,9	4,6			Finansavimo rodiklis, Eur/ha

Kaišiadorių r.	Šiaulių r. sav.	Pakruojo r. sav.	Palangos m. sav.	Panevėžio m.	Rokiškio r. sav.	Savivaldybės pavadinimas
29358	41500	18411	16233	85249	27793	Gyv. skaičius
27,2	22,9	14,1	203	1717,7	15,5	Gyv. tankis, gyv./km ²
44	46	48	49	48	50	Gyv. amžius, metai
1187200	7795000	2251300	5789400	3329600	4154100	Kel. apyvarta_PS, kel. km
			11211200	25772000	15420100	Kel. apyvarta_TS, kel. km
277100	337400	94200	396000	242100	284100	Kel. sk_PS, kel./metus
			55000	541400	270300	Kel. Sk_TS, kel./metus
672500	673400	699000	718900	720400	734900	Autobusų rida_PS, km
			1010500	3156200	1677900	Autobusų rida_TS, km
20	39			76	45	Autobusų sk., vnt
47	15	48	21	152	44	Autobusų marš. sk., vnt
3	4	8	8	11	9	Autobusų marš. dažnis, tr.pr./parą
14,6	33,1	30,1	59,2	92	32,0	Pastiekiamumas, %
13	14	5	56	115	27	Kelionių autob. sk., vnt/1 gyv.
1325	2163	1391	241	414	2303	Automob. kelių ilgis, km
517	507	511	469	481	569	Automobilizacija, aut./1000 gyv.
15086	21060	9300	7709	40699	15661	Automob. sk., vnt
6,2	8,1	8,1	5,0	8,6	8,6	Nedarbo lygis, %
1253,8	1090,6	1217,2	1067,9	1295,7	1155,3	VDU, Eur
111178	292013	230456		4020000	877000	Pajamos už bilietus, Eur
199	37				71	Kompensacijos, %
	57			35	12	Dotacijos, %
3,1	3,1	1,8		1084,6	8,9	Finansavimo rodiklis, Eur/ha

Rasinių r. sav.	Pasvalio r. sav.	Vilkaviškio r.	Panevėžio r. sav.	Ignalinos r. sav.	Kėdainių r. sav.	Savivaldybės pavadinimas
30919	22584	34448	35255	14281	45013	Gyv. skaičius
19,9	17,7	27,4	16,2	10	27	Gyv. tankis, gyv./km ²
48	48	47	47	52	47	Gyv. amžius, metai
3671700	1335800	1675200	170000	3616600	5420200	Kel. apyvarta_PS, kel. km
1057300	136600			432900		Kel. apyvarta_TS, kel. km
317300	89500	167500	16200	100800	444300	Kel. sk._PS, kel./metus
35000	3900			8600		Kel. Sk._TS, kel./metus
592700	594000	595800	647500	664400	667000	Autobusų rida_PS, km
122900	20000			76900		Autobusų rida_TS, km
33			34	17	47	Autobusų sk., vnt
70	40	20	3	41	29	Autobusų marš. sk., vnt
6	8	6	9	5	5	Autobusų marš. dažnis, tr.pr./parą
28,1	33,1	31,4	28,9	35,7	31,3	Pastiekiamumas, %
21	5	9	4	7	47	Kelionių autob. sk., vnt/1 gyv.
1779	1566	1591	2302	1501	2191	Automob. kelių ilgis, km
525	560	560	590	547	505	Automobilizacija, aut./1000 gyv.
16069	12502	19176	20751	7727	22616	Automob. sk., vnt
6,2	8,6	8,1	8,6	10,5	6,2	Nedarbo lygis, %
1138,3	1134,3	1073,5	1140,6	1076,5	1391,6	VDU, Eur
191300			2724000	94282	738899	Pajamos už bilietus, Eur
56			3	70	42	Kompensacijos, %
146			4	311	34	Dotacijos, %
3,7			13,5	3,1	7,7	Finansavimo rodiklis, Eur/ha

Biržų r. sav.	Kalvarijos sav.	Tauragės r. sav.	Ukmergės r. sav.	Elektrėnų sav.	Akmenės r. sav.	Savivaldybės pavadinimas
22512	10070	37567	33267	24046	18654	Gyv. skaičius
15,4	23,2	32,1	24,0	47,1	22,2	Gyv. tankis, gyv./km ²
50	44	46	49	44	50	Gyv. amžius, metai
2491100	586200	2835900	3497100	1624200	2093500	Kel. apyvarta_PS, kel. km
8674500		6456400			3351800	Kel. apyvarta_TS, kel. km
162400	102400	283600	211900	259800	154300	Kel. sk._PS, kel./metus
134600		197600			84400	Kel. Sk._TS, kel./metus
441500	452800	459800	465000	527700	537900	Autobusų rida_PS, km
728400		983100			322700	Autobusų rida_TS, km
25		32	30	19	23	Autobusų sk., vnt
32	9	95	30	28	30	Autobusų marš. sk., vnt
5	7	6	8	5	8	Autobusų marš. dažnis, tr.pr./parą
34,5	25,8	32,7	31,2	15,5	25,6	Pasiekiamumas, %
15	12	17	38	13	14	Kelionių autob. sk., vnt/1 gyv.
1560	622	1738	1383	865	950	Automob. kelių ilgis, km
568	579	549	521	493	487	Automobilizacija, aut./1000 gyv.
12668	5766	20480	17211	11893	9036	Automob. sk., vnt
8,6	8,1	9,4	4,4	4,4	8,1	Nedarbo lygis, %
1121,1	1064,6	1162,3	1170,4	1312,5	1259	VDU, Eur
246224		541614	745387	142713	534700	Pajamos už bilietus, Eur
52		15	49	30	24	Kompensacijos, %
133		73	67	126	48	Dotacijos, %
4,8		8,6	11,6	7,2	10,9	Finansavimo rodiklis, Eur/ha

Prienų r. sav.	Telšių r. sav.	Utenos r. sav.	Zarasų r. sav.	Kupiškio r. sav.	Radvilišio r.	Savivaldybės pavadinimas
25636	39032	37132	14777	16209	34789	Gyv. skaičius
25	27,3	30,2	11,2	15,1	21,4	Gyv. tankis, gyv./km ²
48	47	49	51	50	48	Gyv. amžius, metai
	2745000	1176700	1011800	3670100	4267800	Kel. apyvarsta_PS, kel. km
	2934500	4819200	9081500	1282800		Kel. apyvarsta_TS, kel. km
	195400	82400	114800	219500	260200	Kel. sk_PS, kel./metus
	62900	103400	176500	30700		Kel. Sk_TS, kel./metus
387000	398900	415800	427300	434800	434900	Autobusų rida_PS, km
	342700	626700	1040700	155900		Autobusų rida_TS, km
	28	30	28	13	31	Autobusų sk., vnt
	98	60	90	16	28	Autobusų marš. sk., vnt
6	7	7	5	6	6	Autobusų marš. dažnis, tr.pr./parą
35,6	23,2	40,5	34,4	34,2	25,9	Pasiekiamumas, %
	31	9	27	16	9	Kelionių autob. sk., vnt/1 gyv.
1462	2407	1430	1709	1211	1869	Automob. kelių ilgis, km
581	539	585	555	573	487	Automobilizacija, aut./1000 gyv.
14806	20875	21678	8131	9211	16828	Automob. sk., vnt
6,2	6,5	10,5	10,5	8,6	8,1	Nedarbo lygis, %
1114,9	1182,9	1234,5	992,9	1130,9	1063,3	VDU, Eur
	830863	147100	798713	73779		Pajamos už bilietus, Eur
	34	29	23	314		Kompensacijos, %
		295	31	54		Dotacijos, %
	7,7	5,1	9,3	3,2		Finansavimo rodiklis, Eur/ha

Anykščių r. sav.	Lazdijų r. sav.	Varėnos r. sav.	Skuodo r. sav.	Šiaulių m. sav.	Molėtų r. sav.	Savivaldybės pavadinimas
22830	18081	20682	15875	101698	17015	Gyv. skaičius
13,1	14	9,4	17,7	1253,2	12,5	Gyv. tankis, gyv./km ²
52	50	50	50	44	49	Gyv. amžius, metai
605000	2469100	1585700	2307300	792300	1437500	Kel. apyvarta_PS, kel. km
1375000	4489400	1889300	2036500	22208600	2308300	Kel. apyvarta_TS, kel. km
121000	113700	105500	209800	153100	173200	Kel. sk._PS, kel./metus
55000	71800	45300	78600	312400	76900	Kel. Sk._TS, kel./metus
264000	305600	312300	331000	332200	346500	Autobusų rida_PS, km
335000	650800	288200	345400	1891800	204600	Autobusų rida_TS, km
16		18	22	127	22	Autobusų sk., vnt
8	18	18	38	77	48	Autobusų marš. sk., vnt
6	4	8	5	6	5	Autobusų marš. dažnis, tr.pr./parą
28,2	25,6	23,2	33,3	76,2	34,5	Pasiekiamumas, %
8	10	8	20	131	16	Kelionių autob. sk., vnt/1 gyv.
2161	1482	2027	1158	357	1738	Automob. kelių ilgis, km
567	627	571	628	429	588	Automobilizacija, aut./1000 gyv.
12819	11190	11710	9833	43725	9921	Automob. sk., vnt
10,5	7,1	7,1	5	8,1	10,5	Nedarbo lygis, %
1117,8	1050,3	1021,6	1068,6	1259,4	1083,8	VDU, Eur
112301		137600	370760		76200	Pajamos už bilietus, Eur
242		107			143	Kompensacijos, %
39		208	171		295	Dotacijos, %
2,4		2,6	11		3	Finansavimo rodiklis, Eur/ha

Kazlų Rūdos sav.	Visagino sav.	Rietavo sav.	Birštono sav.	Pagėgių sav.	Neringos sav.	Šilalės r. sav.	Savivaldybės pavadinimas
11239	18188	7219	4052	7206	3586	21667	Gyv. skaičius
20,5	314,5	12,4	33,3	13,6	25,4	18,4	Gyv. tankis, gyv./km ²
45	53	45	50	47	42	45	Gyv. amžius, metai
					5116500	250500	Kel. apyvarta_PS, kel. km
	8760800					2271100	Kel. apyvarta_TS, kel. km
	16400	1700			102300	8900	Kel. sk_PS, kel./metus
	171300					48500	Kel. Sk_TS, kel./metus
		9500	15100	65700	207000	217100	Autobusų rida_PS, km
	704900					333800	Autobusų rida_TS, km
	78	3		3		40	Autobusų sk., vnt
	9				2	26	Autobusų marš. sk., vnt
6	7	4	6	5	6	4	Autobusų marš. dažnis, tr.pr./parą
14	32,5	14,8	48,2	20,2	23,3	22,8	Pasiekiamumas, %
	25				31	3	Kelionių autob. sk., vnt/1 gyv.
667	112	581	214	733	86	2074	Automob. kelių ilgis, km
533	420	556	575	583	1119	618	Automobilizacija, aut./1000 gyv.
5935	7617	3993	2321	4156	4075	13256	Automob. sk., vnt
8	10,5	6,5	6,2	9,4	5,0	9,4	Nedarbo lygis, %
1228,7	1300,7	1175,6	1176,4	1157,6	1178,1	1097,7	VDU, Eur
		1591				122723	Pajamos už bilietus, Eur
		660				223	Kompensacijos, %
						47	Dotacijos, %
		0,2		0,8		3,8	Finansavimo rodiklis, Eur/ha

C priedas. Regresinės analizės rezultatai

1C lentelė. Žiedinių savivaldybių porinės regresinės analizės rezultatai (sudaryta autorės)
Table 1C. Results of simple regression analysis of circular municipalities (compiled by the author)

<i>Modelis</i>	<i>Koef. prie kintamųjų</i>	<i>t statistika</i>	<i>p reikšmė</i>
Laisvasis narys (konstanta)	-176120	-0,948606	0,4128
Autobusų rida priemiestinio susisiekimo maršrutais (x_4)	0,462285	4,62405	0,0190

2C lentelė. Charakteringiausios miestų savivaldybių porinės regresinės analizės rezultatai (sudaryta autorės)

Table 2C. Results of the most characteristic simple regression analysis of city municipalities (compiled by the author)

<i>Modelis</i>	<i>Koef. prie kintamųjų</i>	<i>t statistika</i>	<i>p reikšmė</i>
Laisvasis narys (konstanta)	41875,5	2,18865	0,0938
Autobusų maršrutų skaičius (x_7)	3294,96	31,009	0,0000

3C lentelė. Charakteringiausios regioninių savivaldybių porinės regresinės analizės rezultatai (sudaryta autorės)

Table 3C. Results of the most characteristic simple regression analysis of city municipalities (compiled by the author)

<i>Modelis</i>	<i>Koef. prie kintamųjų</i>	<i>t statistika</i>	<i>p reikšmė</i>
Laisvasis narys (konstanta)	15273,1	2,09727	0,0448
Autobusų rida tolimojo susisiekimo maršrutais (x_5)	0,139637	14,4455	0,0000

4C lentelė. Regioninių savivaldybių daugianarės regresinės analizės rezultatai, kai priklausomasis kintamasis y_3 (sudaryta autorės)

Table 4C. Results of multiply regression analysis of regional municipalities with dependent variable y_3 (compiled by the author)

<i>Modelis</i>	<i>Koef. prie kintamųjų</i>	<i>t statistika</i>	<i>p reikšmė</i>
Laisvasis narys (konstanta)	-20591,9	-0,397715	0,6930
Autobusų rida priemiestinio susisiekimo maršrutais (x_4)	0,454482	8,59065	0,0000

5C lentelė. Regioninių savivaldybių daugianarės regresinės analizės rezultatai, kai priklausomasis kintamasis y_4 (sudaryta autorės)

Table 5C. Results of multiply regression analysis of regional municipalities with dependent variable y_4 (compiled by the author)

<i>Modelis</i>	<i>Koef. prie kintamųjų</i>	<i>t statistika</i>	<i>p reikšmė</i>
Laisvasis narys (konstanta)	15273,1	2,09727	0,0448
Autobusų rida tolimojo susisiekimo maršrutais (x_5)	0,139637	14,4455	0,0000

6C lentelė. Regioninių savivaldybių daugianarės regresinės analizės rezultatai, kai priklausomasis kintamasis y_1 (sudaryta autorės)

Table 6C. Results of multiply regression analysis of regional municipalities with dependent variable y_1 (compiled by the author)

<i>Modelis</i>	<i>Koef. prie kintamųjų</i>	<i>t statistika</i>	<i>p reikšmė</i>
Laisvasis narys (konstanta)	$4,36507 \cdot 10^6$	3,15324	0,0033
Autobusų rida priemiestinio susisiekimo maršrutais (x_4)	2,74491	5,48204	0,0000
Nedarbo lygis (x_{14})	-393167	-2,51907	0,0165

7C lentelė. Regioninių savivaldybių daugianarės regresinės analizės rezultatai, kai priklausomasis kintamasis y_2 (sudaryta autorės)

Table 7C. Results of multiply regression analysis of regional municipalities with dependent variable y_2 (compiled by the author)

<i>Modelis</i>	<i>Koef. prie kintamųjų</i>	<i>t statistika</i>	<i>p reikšmė</i>
Laisvasis narys (konstanta)	630048	1,00577	0,3228
Autobusų rida tolimojo susisiekimo maršrutais (x_5)	6,72233	8,08441	0,0000

D priedas. Surinkti demografiniai ir statistiniai duomenys

1D lentelė. Surinkti demografiniai ir statistiniai duomenys (sudaryta autorės)

Table 1D. Collected demographic and statistical data (compiled by the author)

Nr.	Zona	DG	DV	STUD_MOK	VAIKAI	VUĮ	V_DARŽ
1	Batakliai	424	9	71	102	0	0
2	Gaurė	815	236	127	196	0	0
3	Lauksargiai	467	78	70	102	0	0
4	Mažonai	1155	319	178	261	0	0
5	Skaudvilė	1151	385	188	277	644	0
6	Tauragės m.	8921	8414	1330	1972	4666	775
7	Tauragė	1883	1081	310	503	0	34
8	Žygaičiai	841	82	134	174	201	0
9	Eržvilkas	786	41	109	124	241	0
10	Girdžiai	373	56	60	73	0	0
11	Juodaičiai	145	1	32	22	0	0
12	Jurbarko m.	4069	4000	663	862	1726	228
13	Jurbarkai	1066	914	181	208	0	152
14	Raudonė	394	0	67	67	0	0
15	Seredžius	742	261	114	114	197	0
16	Skirsnemunė	666	93	92	148	227	0
17	Smalininkai	390	360	76	90	370	0
18	Šimkaičiai	575	111	128	119	134	0
19	Veliuona	480	186	85	62	238	0
20	Viešvilė	289	116	62	70	86	0
21	Bijotai	339	15	51	84	0	0
22	Bilioniai	144	41	22	33	0	0
23	Didkiemis	88	2	20	22	0	0
24	Kaltinėnai	813	187	128	135	289	0
25	Kvėdarna	1211	416	218	261	412	131
26	Laukuva	988	162	158	213	360	0
27	Palentinis	87	0	16	27	0	0
28	Pajūris	679	344	140	159	320	0
29	Šilalės m.	2095	2418	320	419	1578	312
30	Šilalės kaimiškoji	1114	325	201	236	0	0

Nr.	Zona	DG	DV	STUD_MOK	VAIKAI	VUI	V_DARŽ
31	Teneniai	155	0	38	29	0	0
32	Traksėdis	612	270	129	146	0	0
33	Upyna	606	72	101	132	0	0
34	Žadeikiai	271	0	51	64	0	0
35	Lumpėnai	371	5	61	75	0	0
36	Natkiškiai	264	37	52	61	61	0
37	Pagėgiai	1343	709	208	278	456	155
38	Stoniškiai	625	78	98	131	62	0
39	Vilkyškiai	508	568	81	116	222	0

E priedas. Išvykstančių iš transportinės zonos ir atvykstančių į transportinę zoną keleivių skaičiaus rezultatai

1E lentelė. Išvykstančių iš transportinės zonos ir atvykstančių į transportinę zoną keleivių skaičiaus rezultatai (sudaryta autorės)

Table 1E. The production and attraction results (compiled by the author)

Nr.	Zona	P/N-D	A/N-D	P/D-N	A/D-N	P/N-UĮ	A/N-UĮ	P/UĮ-N	A/UĮ-N	P/N-DARŽ	A/N-DARŽ	P/DARŽ-N	A/DARŽ-N
1	Batakliai	0	9	9	424	0	0	0	71	0	0	0	102
2	Gaurė	0	236	236	815	0	0	0	127	0	0	0	196
3	Lauksargiai	0	78	78	467	0	0	0	70	0	0	0	102
4	Mažonai	0	319	319	1155	0	0	0	178	0	0	0	261
5	Skaudivilė	0	385	385	1151	0	644	0	188	0	0	0	277
6	Tauragės m.	775	8414	8414	8921	775	4666	775	1330	775	775	775	1972
7	Tauragė	34	1081	1081	1883	34	0	34	310	34	34	34	503
8	Žygaiciai	0	82	82	841	0	201	0	134	0	0	0	174
9	Eržvilkas	0	41	41	786	0	241	0	109	0	0	0	124
10	Girdžiai	0	56	56	373	0	0	0	60	0	0	0	73
11	Juodaičiai	0	1	1	145	0	0	0	32	0	0	0	22
12	Jurbarko m.	228	4000	4000	4069	228	1726	228	663	228	228	228	862
13	Jurbarkai	152	914	914	1066	152	0	152	181	152	152	152	208
14	Raudonė	0	0	0	394	0	0	0	67	0	0	0	67
15	Seredžius	0	261	261	742	0	197	0	114	0	0	0	114
16	Skirsnemunė	0	93	93	666	0	227	0	92	0	0	0	148
17	Smalininkai	0	360	360	390	0	370	0	76	0	0	0	90
18	Šimkaičiai	0	111	111	575	0	134	0	128	0	0	0	119
19	Veluona	0	186	186	480	0	238	0	85	0	0	0	62
20	Viešvilė	0	116	116	289	0	86	0	62	0	0	0	70
21	Bijotai	0	15	15	339	0	0	0	51	0	0	0	84
22	Bilioniai	0	41	41	144	0	0	0	22	0	0	0	33
23	Didkiemis	0	2	2	88	0	0	0	20	0	0	0	22
24	Kaltinėnai	0	187	187	813	0	289	0	128	0	0	0	135
25	Kvėdarna	131	416	416	1211	131	412	131	218	131	131	131	261

Nr.	Zona	P/N-D	A/N-D	P/D-N	A/D-N	P/N-UĮ	A/N-UĮ	P/UĮ-N	A/UĮ-N	P/N-DARŽ	A/N-DARŽ	P/DARŽ-N	A/DARŽ-N
26	Laukuva	0	162	162	988	0	360	0	158	0	0	0	213
27	Palentinis	0	0	0	87	0	0	0	16	0	0	0	27
28	Pajūris	0	344	344	679	0	320	0	140	0	0	0	159
29	Šilalės m.	312	2418	2418	2095	312	1578	312	320	312	312	312	419
30	Šilalė kaimiškoji	0	325	325	1114	0	0	0	201	0	0	0	236
31	Teneniai	0	0	0	155	0	0	0	38	0	0	0	29
32	Traksėdis	0	270	270	612	0	0	0	129	0	0	0	146
33	Upyna	0	72	72	606	0	0	0	101	0	0	0	132
34	Žadeikiai	0	0	0	271	0	0	0	51	0	0	0	64
35	Lumpėnai	0	5	5	371	0	0	0	61	0	0	0	75
36	Natkiškiai	0	37	37	264	0	61	0	52	0	0	0	61
37	Pagėgiai	155	709	709	1343	155	456	155	208	155	155	155	278
38	Stoniškiai	0	78	78	625	0	62	0	98	0	0	0	131
39	Vilkyškiai	0	568	568	508	0	222	0	81	0	0	0	116

F priedas. Išvykimo ir atvykimo matrica

1F lentelė. IA matrica (sudaryta autorės)

Table 1F. OD matrix (compiled by the author)

	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Suma	39 x 39
1428	528	2521	11548	200	562	1301	1432	3811	26078	2645	1913	717	1374	606	0	469	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	469	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0	0	0	180	5
0	0	0	0	0	0	122	0	0	1345	0	0	0	0	0	501	2902	6
0	0	0	1	0	0	1	574	3810	0	1778	1913	316	1374	105	105	10253	7
0	0	0	0	0	0	0	858	0	24539	0	0	400	0	0	0	25965	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
0	0	96	12	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	112	10
0	0	0	297	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	723	11
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	12
115	317	2425	0	22	562	238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7443	13
0	0	0	1794	0	0	934	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2728	14
10	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	436	15
0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	218	16
0	42	0	256	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	350	17
0	0	0	9153	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9500	18
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
1277	169	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1460	20
0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	21
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	393	0	0	0	0	0	429	22
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	23
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	24
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	25
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	193	26
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	246	27
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	658	29
0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	11536	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	694	31
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89	32
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5671	33
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	34
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	780	36
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	37
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2294	38
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	991	39
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2232	39

33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	39 x 39
911	1157	222	1876	7142	1642	130	1881	2649	1552	132	240	489	623	1051	1067	1286	1226	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	405	0	0	0	0	0	5
0	0	0	0	245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	420	0	0	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	539	638	1254	1221	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	414	0	0	5	14
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	9	0	0	16
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	339	1	0	0	0	17
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	20
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
0	0	0	0	0	0	103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
0	12	0	0	182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
0	0	0	0	39	0	0	0	0	0	0	207	0	0	0	0	0	0	26
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
0	0	193	0	465	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
344	1145	29	1876	0	1553	27	1871	2500	1552	126	33	84	0	0	0	0	0	29
0	0	0	0	688	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	30
0	0	0	0	0	89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
0	0	0	0	5522	0	0	0	149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174	0	0	1	0	39

39	38	37	36	35	34	39 x 39
1495	994	3149	475	512	386	
0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	4
0	0	0	0	0	0	5
13	0	123	0	0	0	6
0	0	167	0	0	0	7
0	0	0	0	0	0	8
0	0	0	0	0	0	9
0	0	0	0	0	0	10
0	0	0	0	0	0	11
1	0	0	0	0	0	12
0	0	0	0	0	0	13
0	0	0	0	0	0	14
0	0	0	0	0	0	15
0	0	0	0	0	0	16
7	0	0	0	0	0	17
0	0	0	0	0	0	18
0	0	0	0	0	0	19
121	0	0	0	0	0	20
0	0	0	0	0	0	21
0	0	0	0	0	0	22
0	0	0	0	0	0	23
0	0	0	0	0	0	24
0	0	0	0	0	0	25
0	0	0	0	0	0	26
0	0	0	0	0	0	27
0	0	0	0	0	0	28
0	0	0	0	0	386	29
0	0	0	0	0	0	30
0	0	0	0	0	0	31
0	0	0	0	0	0	32
0	0	0	0	0	0	33
0	0	0	0	0	0	34
623	0	157	0	0	0	35
0	0	72	0	0	0	36
728	990	0	475	100	0	37
2	0	990	0	0	0	38
0	4	1639	0	412	0	39

G priedas. Formuluojamos metodikos bandymų rezultatai

1G lentelė. Esamos sukalibruotos VT sistemos rezultatai (sudaryta autorės)

Table 1G. The results of the currently calibrated PT system (compiled by the author)

Marš-ruto Nr.	Maršruto pavadinimas	Rida, km	Keleiv. km	Keleiv. sk. modelyje	Keleiv. sk. faktinis	Keleiv. kelionių laikas
37	Pieteraičiai–Natkiškiai–Pagėgiai–Panemunė–Pagėgiai–Tauragė	2780	7231,416067km	653,382712	675	447:09:29
7427	Kentriai–Pagėgiai–Šilutė	1315	67,542858km	7,561452	997	2:16:06
J-1	Jurbarkas–Vadžgirys–Stakiai	4630	19083,720473km	842,031635	344	389:55:04
J-10	Jurbarkas–Butkaičiai–Rutkiškiai	4618	5122,164400km	460,096207	262	99:42:55
J-11	Jurbarkas–Eržvilkas–Lybiškiai	3649	5598,652317km	401,654095	107	129:02:49
J-12	Eržvilkas–Skaudvilė	1161	3316,352327km	125,72561	140	73:20:24
J-13	Jurbarkas–Šimkaičiai	1334	381,593488km	27,72721	94	8:01:29
J-15	Jurbarkas–Sėdėdžius	2226	1432,276814km	110,990651	171	26:50:58
J-16	Jurbarkas–Traklaukas–Eržvilkas	2324	4187,417831km	251,212337	35	95:07:30
J-2	Ligoninė–Savivaldybė–Mokykla–Lauko g.–Centras–Ligoninė	3535	14,077826km	10,828049	3230	0:43:19
J-20	Jurbarkas–Greičiai	881	0,000000km	0	129	0
J-23	Jurbarkas–Raudonė–Stakiai	3469	4952,872851km	380,452749	175	88:48:12
J-24	Jurbarkas–Vadžgirys–Jurbarkas	1524	17334,628745km	639,459325	60	347:16:34
J-25	Jurbarkas–Smalininkai–Viešvilė	2153	1684,956402km	137,717255	338	32:46:24

Marš-ruto Nr.	Maršruto pavadinimas	Rida, km	Kelev. km	Kelev. sk. modelyje	Kelev. sk. faktinis	Kelev. kelionių laikas
J-4	Jurbarkas–Raseiniai	3804	380,749718km	28,671394	732	9:44:51
J-5	Seredžius–Padubysio gyv.–Vosbutai–Akmeniškiai–Veliuona–Seredžius	3264	3948,056907km	226,12547	61	87:19:30
J-6	Seredžius–Veliuona–Stakiai	537	5,475810km	0,762923	4	0:09:55
J-7	Jurbarkas–Vertimų kelias–Mosteikiai	4046	67571,406080km	4845,813793	241	1358:59:56
J-8	Seredžius–Žardiškiai	3356	4265,793831km	1355,173575	39	180:38:21
J-9	Seredžius–Ariogala	465	0,000000km	0	190	0
M-235	Sudargas–Jurbarkas–Kaunas	12488	10584,892092km	805,519056	0	196:37:31
M-237	Kaunas–Jurbarkas	1249	6360,735549km	423,523986	0	114:32:29
M-238	Jurbarkas–Kaunas	13842	1493,388566km	123,957773	0	24:12:30
M-301	Šilalė–Tauragė–Jurbarkas–Kaunas–Vilnius	3766	3227,691035km	119,422553	0	48:02:56
M-312	Kaunas–Jurbarkas–Šilutė–Klaipėda	7865	23619,070196km	2192,560023	0	381:29:35
M-314	Klaipėda–Šilutė–Jurbarkas–Šakiai–Kaunas	1708	4574,074295km	466,064785	0	80:10:41
M-351	Kaunas–Raseiniai–Tauragė–Šilalė	5775	8524,520437km	339,083538	0	146:07:09
M-352	Vilnius–Kaunas–Jurbarkas–Šilutė–Klaipėda	3933	3884,090995km	382,107603	0	70:17:59
M-423	Palanga–Klaipėda–Gargždai–Rietavas–Kvėdarna–Šilalė–Tauragė	3219	738,067179km	25,430552	0	12:42:29

Marš-ruto Nr.	Maršruto pavadinimas	Rida, km	Keleiv. km	Keleiv. sk. modelyje	Keleiv. sk. faktinis	Keleiv. kelionių laikas
M-677	Šakiai–Jurbarkas–Šilutė–Klaipėda–Palanga	4036	4248,010715km	327,367676	0	75:23:40
M-760	Šilalė–Tauragė–Jurbarkas–Kaunas–Vilnius	7532	3530,664130km	139,216825	0	53:10:25
M-773	Šilutė–Pagėgiai–Jurbarkas–Kaunas–Vilnius	23596	74902,412907km	4707,646948	0	1133:26:05
M-796	Tauragė–Šilalė–Laukuva–Klaipėda	7199	842,462865km	50,319304	0	18:44:01
M-801	Tauragė–Kryžkalis–Kelmė–Šiauliai	6398	36350,610853km	1435,274499	0	628:47:49
M-806	Šilalė–Tauragė–Raseiniai–Kaunas–Vilnius	1925	6083,976550km	242,060824	0	100:57:07
M-955	Vilnius–Kaunas–Raseiniai–Kryžkalis–Tauragė–Šilalė	3850	11356,866354km	451,865283	0	173:26:04
M-956	Vilnius–Kaunas–Jurbarkas–Pagėgiai–Šilutė	7865	19464,960810km	1363,705958	0	302:05:29
M-959	Vilnius–Vievis–Kaunas–Jurbarkas–Tauragė	5800	662,793306km	42,422864	0	10:34:38
M-966	Vilnius–Kaunas–Šakiai–Tauragė–Šilalė	2162	262,344754km	8,88155	0	3:48:50
M-970	Vilnius–Vievis–Kaunas–Šakiai–Jurbarkas–Tauragė	2587	30,468817km	0,739012	0	0:30:18
R-1	Jurbarkas–Smalininkai–Tauragė	4266	107548,432392km	8596,446962	1339	2310:17:20
R-2	Tauragė–Šilalė	5111	70,146553km	4,906903	1117	1:26:13

Marš-ruto Nr.	Maršruto pavadinimas	Rida, km	Keleiv. km	Keleiv. sk. modelyje	Keleiv. sk. faktinis	Keleiv. kelionių laikas
R-3	Tauragė–Eržvilkas	4360	8616,605342km	1150,664575	1140	219:10:44
R-4	Tauragė–Kryžkalis	3352	16767,759145km	664,292868	1370	308:54:42
R-5	Tauragė–Pagėgiai	2635	11923,293767km	813,878535	686	244:04:08
R-6	Tauragė–Šilgaliai	4918	11589,026056km	1191,789532	1144	222:37:58
S-1	Šilalė–Bijotai–Kaltinėnai–Šilalė	1556	34688,648039km	1586,413622	1626	764:55:49
S-10	Šilalė–Pajūris–Žvingiai–Tėneniai	1600	21284,165238km	1850,259429	1956	507:46:02
S-11	Šilalė–Pajūris	1146	5743,797209km	478,583571	1538	151:12:26
S-12	Didkiemis–Laumenai – Šilalė	2046	17801,565471km	2697,682607	2540	485:15:50
S-13	Šilalė–Burkėnai–Pagramantis	694	0,001935km	0,000131	0	0
S-14	Šilalė–Vaitimėnai	1411	0,000000km	0	2248	0
S-2	Šilalė–Kaltinėnai	949	0,301675km	0,01398	882	0:00:29
S-3	Šilalė–Bartašiškė	660	0,000000km	0	612	0
S-4	Šilalė–Obelynas–Upyna	968	0,393478km	0,018621	669	0:00:38
S-5	Bijotai–Upyna–Varsėdžiai–Šilalė	3047	10384,124009km	508,370682	4836	235:15:49
S-6	Gulbės–Laukuva–Šilalė	941	33435,241970km	2110,629253	899	1114:56:14
S-7	Žadeikiai–Nevočiai–Kuočiai–Šilalė	1266	9386,826401km	386,189296	1703	289:37:00
S-8	Šilalė–Trakėdis–Bokštai	821	3631,870277km	432,289738	1214	111:49:05
S-9	Šilalė–Bokštai–Kvėdarna–Lembas	3157	102870,259959km	9097,560064	3437	2301:21:55
T-1	Žalgirių mikrorajonas–Jovarai	4053	104,813079km	47,936759	7408	5:20:10
T-2	Autobusų stoties st. –Žalgirių mikrorajono st.–	607	13,227923km	25,943717	612	0:25:57

Maršruto Nr.	Maršruto pavadinimas	Rida, km	Kelev. km	Kelev. sk. modelyje	Kelev. sk. faktinis	Kelev. kelionių laikas
	Pramonės st.–Autobusų parko st.					
T-22	Tauragė–Gaurė–Traklaukas–Pašaltuonys	1151	1481,391780km	223,936971	374	33:35:30
T-26	Tauragė–Eičiai	805	0,000086km	0.000011	369	0
T-27	Tauragė–Joniskės kapinės	380	0,000000km	0	118	0
T-29	Tauragė–Mažonai–Lomiai	2065	1583,282991km	585,259492	500	41:06:42
T-3	Žalgirių mikrorajonas–Oko miško st.–Centras–Beržė–Turgus–„Šaltinio“ progimnazijos st.–Žalgirių mikrorajonas	3930	0,000005km	0,000012	2864	0
T-30	Tauragė–Mikrorajonas–Lomiai–Vaitimėnai	2629	17,029704km	4,88124	1094	0:37:22
T-32	Tauragė–Žygaičiai	2765	18987,585874km	1218,622546	964	439:00:36
T-33	Tauragė–Žygaičiai–Sartininkai	1271	5185,879438km	336,731836	283	125:03:57
T-35	Tauragė–Pilaitė	768	0,001583km	0,000601	238	0
T-36	Tauragė–Pilaitė	384	0,000000km	0	132	0
T-38	Tauragė–Griežpelkiai	717	1718,898654km	239,178039	327	41:25:27
T-39	Tauragė–Kuisiai	1688	0,000000km	0	917	0
T-4	Žalgirių mikrorajonas–„Šaltinio“ progimnazijos st.–Turgus–Beržė–Centras–Oko miško st.–Žalgirių mikrorajonas	4026	0,000000km	0	2891	0

Marš-ruto Nr.	Maršruto pavadinimas	Rida, km	Kelev. km	Kelev. sk. modelyje	Kelev. sk. faktinis	Kelev. kelionių laikas
T-40	Tauragė–Batakliai–Skaudvilė–Upyna	4068	16343,257041km	1600,366864	1662	516:35:05
T-44	Tauragė–Batakių gel. st.	1201	51,946556km	6,848828	636	1:20:16
T-45	Žalgirių mikrorajonas–Centras–Senosios miesto kapinės–Dunokų kapinės	2076	236,920820km	464,669065	1199	15:29:20
T-46	Mikrorajonas–Bernotiskės sodai	4418	2,369177km	4,646629	5248	0:04:39
T-47	Tauragė–Sartininkai–Skiržemė–Sartininkai	2522	241,671244km	67,149075	960	6:03:11
T-48	Tauragė–Sartininkai–Skiržemė–Sartininkai	1494	122,990660km	36,924017	595	3:04:51
T-49	Žygaičiai–Stokaičiai–Balčiai–Sartininkai	2772	0,000002km	0	2939	0
T-5	Žalgirių mikrorajonas–Centras–Ulikšas–Butkeliai–Taurai	6167	138109,891276km	28578,54244	13664	5680:27:37
T-52	Gaurė–Eičiai–Sakalinė–Meškai–Gaurė	685	0,000000km	0	516	0
T-53	Gaurė–Eičiai–Tauragė	1174	0,000000km	0	555	0
T-54	Batakliai–Ringaliai	2059	0,000053km	0,000006	254	0
T-55	Skaudvilė–Varlaukis	1552	0,000000km	0	3232	0
T-56	Skaudvilė–Očikiai	1987	6321,218371km	797,070796	4085	203:50:08
T-58	Skaudvilė–Žvirzdė	180	0,000000km	0	25	0
T-6	Žalgirių mikrorajonas–Papušynės kapinės	2131	5412,136322km	1976,483839	1598	206:08:52
T-7	Žalgirių mikrorajonas–	1716	0,806453km	0,937147	653	0:01:57

Marš-ruto Nr.	Maršruto pavadinimas	Rida, km	Keleiv. km	Keleiv. sk. modelyje	Keleiv. sk. faktinis	Keleiv. kelionių laikas
	Centras–Norkaičiai					
T-8	Žalgirių mikrorajonas–„Aušros“ progimnazija–Norkaičiai	1475	0,317883km	0,28432	829	0:00:58
IŠ VISO:		287684,18				23541:26:28

2G lentelė. VT stotelių keleivių srautų rezultatai (sudaryta autorės)

Table 2G. The results of passenger flow at PT stations (compiled by the author)

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Gedimino st.	11	24781,9596	6899,927902
Alėjos st.	1	181,548881	24250,99328
Dariaus ir Girėno progimnazija	13	6851,274602	10408,88921
Smalininkai	8	1286,000002	9500,020224
Centras	2	7465,445581	1120,378765
Pėpliškė	2	1144,461677	5668,830292
Skudvilė	10	2645,001584	2902,2272
Taurai	8	3625,405761	1696,653391
Pagėgiai	10	3077,323219	1819,281266
Mikutaičiai	2	2391,322486	2389,480507
Tauragė	27	1235,925331	3045,268641
Vytauto parkas	1	1747,142899	2457,494544
Vilkyškiai	7	1495	2232,439091
Jurbarkas	15	1754,517755	1735,741093
Seredžius	15	1376,69303	1376,888687
Jurbarkas	12	580,931961	2129,39791
Jusaičiai	1	1875,99832	693,809459
Kvėdarnos gimnazija	1	2497,909716	0,006642
Veliuona	13	1051,089675	1446,388876
Laukuvos miestelis	2	1881	245,720571
Medelyno st.	4	1912,883303	179,686692
Pajūris	2	1553,371309	464,842578
Rukai	5	993,99941	991,326347

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Įlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Autobusų stoties st.	16	1294,487487	554,594486
Kaltinėnai	2	1579,345412	0,202753
Šilinė	7	1225,999879	341,402916
Pryšmantai	2	1430,830034	0,000006
Eržvilkas	6	1301	111,732087
Aneliškė	2	1373,819642	0,040703
Sodai	1	1354,413388	0,760187
Lumpėnai	7	512	780,453383
Girdžiai	3	562	723,090944
Šuoliai	5	27,328341	1107,722758
Paišlinys	2	1058,011097	0,000295
Autobusų stotis	3	387,627727	645,381513
Čiuteikiai	1	500,780266	468,528474
Raudonė	12	528,000008	435,567433
Upyna	4	911	2.527494
Viešvilė	7	623	179,897847
Bijotai	3	404,711612	392,543231
Lauksargiai	3	717	3,037938
„Senukų“ PC st.	7	0,039653	681,684266
Natkiškiai	1	475	71,680047
Pagėgių gimnazija	1	71,680047	475
Vertimų kelias	3	128,504452	330,620145
Šilalė	23	334,257659	90,725299
Žadeikiai	1	386	0,189296
Kvėdarnos pradinė mokykla	1	145,18212	193,239982
Teneniai	1	222	88,629114
Kvėdarna	2	151,090284	145,182684
Piliaikalnis	1	88,628691	192,994414
Gulbės	1	240	9,483735
Juodaičiai	1	200	26,090569
Padubysys	3	26,081098	164,409494
Didkiemis	1	132	2,147124
D. Poškos muziejus	2	84,288712	36,923543
Batakių kryžkelė	3	105,219734	0,266524

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Įlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Klausučiai	5	43,024206	43,932578
Turgaus st.	5	0,001895	50,849738
Jovarų st.	1	4,456707	17,5276
Lauko g.	4	10,828049	10,828049
Pėpliškė	2	12,538323	2,346311
Veliuonos kalnas	1	0,00947	13,625408
Belvederis	2	4,195309	8,492599
Antegluonis	7	5,459089	5,459089
Žindaičiai	3	1,173062	8,11114
Švendriškiai	3	0,00012	8,9889
Šimkaičiai	4	8,988903	0
Mikrorajonas	12	4,042899	0
Belvederis	3	0,795971	0,762039
Margiškiai	2	1,169966	0
Šaltinio progimnazijos st.	3	0	1,125122
Kunigiškiai	2	0,178733	0,000817
Amatų centro st.	2	0,11482	0,014492
Vytėnai	11	0,008798	0,0088
Papušinys	3	0,001876	0,002865
Skirsnemunė	15	0,001848	0,001848
Mankaičiai	3	0	0,002111
Stoniškiai	7	0,00059	0,000984
Zaltriškiai	4	0,001137	0
Kūtymai	3	0,0001	0,000807
Tarailių st.	3	0	0,000601
Baltrušaičiai	9	0,000489	0
Pagramantis	10	0,000131	0,000131
Pašaltuonys	3	0,000091	0,000091
„Versmės“ gimnazijos st.	1	0	0,000038
M. Mažvydo progimnazija	1	0,000038	0
Šarkai	3	0	0,000035
Stakiai	3	0,000013	0,000013
Bekeriškiai	4	0	0,000014
Meno mokyklos st.	7	0	0,000012

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Miesto seniūnijos st.	3	0,000001	0,00001
Aerodromo st.	2	0,000009	0
Pilėnų st.	3	0,000004	0
Traklaukas	3	0,000001	0,000001
Mažonai	9	0	0,000001
Kalvano parko st.	3	0,000001	0
Paštas	1	0,000001	0
Taurų dvaro st.	1	0	0
Miško sandėliai	3	0	0
Papušynės kapinių st.	1	0	0
Drobūkščių bendruomeniniai namai	1	0	0
Alkapis	1	0	0
Drobūkščiai	2	0	0
Gaurė	4	0	0
Ligoninė	1	0	0
Taurų parko st.	1	0	0
Verslininkų st.	1	0	0
Batakliai	3	0	0
Pažiūržmotis	1	0	0
Veliuonos mokykla	1	0	0
Oko miško st.	2	0	0
Kaštonų st.	2	0	0
Papaukštkalnis	1	0	0
Šilgaliai	1	0	0
Usėnai	7	0	0
Žukų kryžkelė	6	0	0
Pašventys	6	0	0
Greičių linija	2	0	0
Panemunė	1	0	0
Piktupėnai	3	0	0
Meldikviršiai	7	0	0
Butkelių st.	1	0	0
Naujakurių st.	2	0	0
Joniškė	5	0	0

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Pužiškė	4	0	0
Plentas	2	0	0
Posūkis į Adakavą	1	0	0
Kryžkalis	5	0	0
Stragutė	6	0	0
Gauraičiai	2	0	0
Kartupų gyvenvietė	3	0	0
Pratvalkai	1	0	0
Mosteikiai	1	0	0
Taubučiai	1	0	0
Purienų st.	2	0	0
Burkėnai	1	0	0
Pūtvė	10	0	0
Balsiai	6	0	0
Labardžiai	1	0	0
Košiai	1	0	0
Obelynas 2	3	0	0
Košiai 1	1	0	0
Gūbriai	1	0	0
Nevočiai	1	0	0
Kuodaičiai	1	0	0
Bokštai	2	0	0
Girėnai	1	0	0
Vaitimėnai	2	0	0
Šakvietis 2	2	0	0
Griaužai	1	0	0
Gerviečiai	1	0	0
Posūkis į Būtenius	1	0	0
Žvirzdė	1	0	0
Varlaukis	3	0	0
Butkaičiai	3	0	0
Paskynai	2	0	0
Vadžgirkelis	3	0	0
Blūdžiai	1	0	0

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Smukučių sodai	1	0	0
Pavidaujys	3	0	0
Kavoliai	2	0	0
Agroservisas	2	0	0
Raudonėnai	1	0	0
Ambručiai	1	0	0
Pamituvys	1	0	0
Baltraiškės	1	0	0
Armeniškiai	2	0	0
Vosbutai	2	0	0
Balandžiai	1	0	0
Padubysio gyvenvietė	1	0	0
Kalnėnai	1	0	0
Kalnėnų kapinės	1	0	0
Kiduliai	5	0	0
Miškų urėdija	1	0	0
Jurbarkų seniūnija	1	0	0
Jurbarkai	3	0	0
Greičiai	1	0	0
Eičiai	9	0	0
Eičiai	4	0	0
Meškai	2	0	0
Joniškės kapinės	1	0	0
Joniškės sodai	2	0	0
Bernotiškės sodai	2	0	0
Molupis	1	0	0
Šilinė	2	0	0
Žadgailai	1	0	0
Kuisiai	1	0	0
Pajūrėlis	1	0	0
Bazių st.	1	0	0
Autobusų parkas	1	0	0
Švyturio st.	1	0	0
Industrinio parko st.	1	0	0

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Įlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Kentriai	1	0	0
Pieteraičiai	1	0	0
Sartininkai	4	0	0
Skiržemė gyv.	2	0	0
Daudeniai	2	0	0
Balčiai	1	0	0
Žygaičių g.-ja	1	0	0
Stokaičiai	1	0	0
Bernotiškės st.	2	0	0
Tumo-Vaižganto st.	2	0	0
Senamiesčio skvero st.	1	0	0
Pilaitė	2	0	0
Ramioji st.	2	0	0
Beržės st.	2	0	0
Kruopo st.	2	0	0
Berštininkai	1	0	0
Stoniškių g. st.	1	0	0
Anužiai	1	0	0
Anužių km.	1	0	0
Bubliškė	3	0	0
Mikytai	10	0	0
Šakininkai	1	0	0
Trakininkai	2	0	0
Palumpiai	2	0	0
Mociškiai	2	0	0
Nausėdai	1	0	0
Viešvilės priemiestis	1	0	0
Išdagai	2	0	0
Apšriūtai	1	0	0
Užbaliai	1	0	0
Endriušiai	1	0	0
Jurbarko girininkija	2	0	0
Kalnėnai	4	0	0
Komunalininkas	1	0	0

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Įlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Paštas	1	0	0
Savivaldybė	1	0	0
Rotuliai	14	0	0
Molynės kalnas	4	0	0
Molynė	5	0	0
Vencloviškiai 2	1	0	0
Vencloviškiai	2	0	0
Raudonėnai	10	0	0
Plokščiai	2	0	0
Graužėnai	10	0	0
Klangiai	5	0	0
Kalviai	3	0	0
Rusteikoniai	3	0	0
Žemoji Panemunė	2	0	0
Gudai 1	1	0	0
Gudai 2	1	0	0
Jonikaičiai	1	0	0
Montvilaičiai	1	0	0
Eisramiškiai	1	0	0
Šlapiai	1	0	0
Sauliai	1	0	0
Geniai	1	0	0
Kulmenai	1	0	0
Vidgiriai	2	0	0
Strepeikiai	2	0	0
Griežpelkiai 2	3	0	0
Griežpelkiai 1	3	0	0
Požerūnai	3	0	0
Meldikviršiai	4	0	0
Girininkai	2	0	0
Stirbaitynė	2	0	0
Šikšniai	2	0	0
Šikšniai 1	1	0	0
Šikšniai 1	1	0	0

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Trumpininkai	2	0	0
Laužininkai	2	0	0
Putokšliai	2	0	0
Sodyba	1	0	0
Dirvėnai	1	0	0
Vaidilai	1	0	0
Visbarai	1	0	0
Kęščiai	2	0	0
Būdviečiai	2	0	0
Aukštupiai	2	0	0
Žygaičiai	3	0	0
Seredžiaus MSV	3	0	0
Naciunai	2	0	0
Burbiškiai	2	0	0
Armenos linija	2	0	0
Vosbutai 2	1	0	0
Žardiškiai	1	0	0
Paarmenys	1	0	0
Armena	1	0	0
Vambaliai	2	0	0
Fermos	1	0	0
Stasiūnai	1	0	0
Armenos girininkija	2	0	0
Pavietava	1	0	0
Pagausantys	1	0	0
Mišiūnai	1	0	0
Akmeniškiai	1	0	0
Liucinava	1	0	0
Birbiliškė	1	0	0
Gudžiūnai	1	0	0
Tamošiai	1	0	0
Bereiviškiai	1	0	0
Pelutėliai	1	0	0
Pelučiai	1	0	0

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Įlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Fermos	1	0	0
Gervėnai	1	0	0
Graužėnai	1	0	0
Adomaitiškės	1	0	0
Dubinskiai	1	0	0
Klapatinė	1	0	0
Vaičiuskai	1	0	0
Pasnietalys	1	0	0
Paantvardys	1	0	0
Kybartų mok.	1	0	0
Kaniūkai	1	0	0
Vencloviškiai I	1	0	0
Vencloviškiai	1	0	0
Kartupėnai	1	0	0
Pilies I k.	2	0	0
Jakaičiai	3	0	0
Naukaimis	3	0	0
Liudvinava	3	0	0
Pauliai	3	0	0
Pavidaujys	2	0	0
Medininkai	1	0	0
Paalsys	1	0	0
Bebirva	1	0	0
Vadžgirys	2	0	0
Lapgiriai	2	0	0
Eidutiškis	1	0	0
Pocaičiai	1	0	0
Dirvonai	1	0	0
Eržvilko gimnazija	1	0	0
Būdos	1	0	0
Pužiškiai	2	0	0
Lenkčiai	3	0	0
Openiškės	3	0	0
Pagiriai	3	0	0

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Naujininkėliai	1	0	0
Naujininkai	1	0	0
Rutkiškiai	1	0	0
Poliai	1	0	0
Paviščiuvys	1	0	0
Fermos	1	0	0
Plėkiai	1	0	0
Plėkiai 2	1	0	0
Žukaičiai	1	0	0
Girdžių kaimas	1	0	0
Miškininkų gyv.	3	0	0
Antvardė	3	0	0
Dainiai	3	0	0
Giedriai	3	0	0
Klišiai	3	0	0
Dainiai	3	0	0
Mokinių sust.	3	0	0
Vajotai	3	0	0
Vertimai	3	0	0
Pavidaujo kryžkelė	3	0	0
Balniai	3	0	0
Vilniškiai	3	0	0
Balandžiai	3	0	0
Statybininkų g.	1	0	0
Pušyno g.	1	0	0
Manvesta	1	0	0
Pramonės	1	0	0
Pieninė	1	0	0
Ligoninė	4	0	0
Sodų g.	1	0	0
Liepų g.	1	0	0
Lino g.	1	0	0
Autobusų parkas	2	0	0
Gedimino g.	2	0	0

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Įlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Naujamiesčio mokyklos st.	1	0	0
Autobusų stoties st.	1	0	0
V. Grybo muziejus	1	0	0
Buveiniai	4	0	0
Sakalinė	9	0	0
Girgždai	2	0	0
Žiburiai	2	0	0
Vėžaičiai	2	0	0
Milgaudžiai	2	0	0
Steigvilai	3	0	0
Eimantai	3	0	0
Butaičiai	2	0	0
Kulvertiškės	2	0	0
Žukai	1	0	0
Pagenaičiai	1	0	0
Auštgiriai	1	0	0
Dunokų kapinės	2	0	0
Šilinės girininkija	2	0	0
Molynai	1	0	0
Pašešuvis	1	0	0
Fermos	1	0	0
Petkaičiai	1	0	0
Maž. Dauglaukis	1	0	0
Mech. dirbtuvės	1	0	0
Dauglaukis	1	0	0
Rūgaliai	2	0	0
Kangailiai	3	0	0
Dacijonai	4	0	0
Pramonės st.	1	0	0
Joniškės sodai	4	0	0
Juodpetriai	6	0	0
Lapurvis	1	0	0
Jakutiškė	2	0	0
Skaudivilės girininkija	2	0	0

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Pužai	2	0	0
Ivangėnai	1	0	0
Gedgaudiškė	4	0	0
Būteniai	1	0	0
Adakavas 2	2	0	0
Brūžaičiai	2	0	0
Očikiai	2	0	0
Žaliūkė	1	0	0
Adakavas 1	2	0	0
Šidagai	2	0	0
Šiurpiškė 2	1	0	0
Šiurpiškė 1	2	0	0
Petkaičiai	2	0	0
Lybiškiai	3	0	0
Lybiškiai 2	2	0	0
Norkiškė	2	0	0
Mozeriškė	2	0	0
Mažintai	2	0	0
Šiaudiniai	1	0	0
Batakių gel. st.	3	0	0
Akstinai	3	0	0
Lomiai	3	0	0
Kazbarynai	2	0	0
Šakvietis 1	3	0	0
Ringaliai	2	0	0
Pagirupis	2	0	0
Karapolis	2	0	0
Ridikiškė	2	0	0
Jatkantaliai	2	0	0
Mažonai	2	0	0
Vandentiekis	1	0	0
Jatkančiai	2	0	0
Duobės kalnas	2	0	0
Dapkiškės	2	0	0

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Įlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Sungailiškiai	9	0	0
Alijošiskė	3	0	0
Kompleksas	2	0	0
Mišučiai	2	0	0
Vingininkai	1	0	0
Gedeliškė	1	0	0
Deferencija	1	0	0
Gerviškės	1	0	0
Laumenai	1	0	0
Kontora	1	0	0
Dirbtuvės	1	0	0
Jokūbaičiai	1	0	0
Rubinavas	2	0	0
Medeliškė	2	0	0
Džiaugėnai	2	0	0
Keberkščiai	2	0	0
Pajūrio ŽŪM	2	0	0
Spraudaičiai	1	0	0
Žvingiai	1	0	0
Bikavėnai	1	0	0
Bikavėnai	1	0	0
Reistrai	1	0	0
Kusiai	1	0	0
Kiaukai	3	0	0
Obelynas 1	3	0	0
Pabremenis	3	0	0
Vytogala	3	0	0
Kliūkiai	1	0	0
Varsėdžiai	1	0	0
Gaidėnai	1	0	0
Dvyliškė	2	0	0
Girdiškė	2	0	0
Kumečiai	2	0	0
Plingės	1	0	0

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Keteriai	1	0	0
Veluikiai	1	0	0
Trepai	1	0	0
Rūdijs	1	0	0
Pilsūdai	1	0	0
Juškaičiai	1	0	0
Sodalė	1	0	0
Palaima	1	0	0
Mankiškė	1	0	0
Tūjainiai	1	0	0
Gaudvaišai	1	0	0
Gaučiai	1	0	0
Gineikiai	1	0	0
Rūčiai	1	0	0
Gedminiškė	2	0	0
Bartašiškė	3	0	0
Bytlaukis	3	0	0
Bytaučiai	3	0	0
Tūbinės	3	0	0
Mažrimai	1	0	0
Padievytis	2	0	0
Dvarviečiai	1	0	0
Naujosios kapinės	1	0	0
Dirkintai	1	0	0
Lapkalnis	1	0	0
Šeručiai	1	0	0
Klabai	1	0	0
Paymėžis	1	0	0
Prapymas	1	0	0
Šėrikai	1	0	0
Traksėdis	1	0	0
Užsienis	1	0	0
Žasinas	3	0	0
Lingiškė	3	0	0

Stotelės pavadinimas	Maršrutų skaičius	Įlipusių keleiv. skaičius	Išlipusių keleiv. skaičius
Lembas	2	0	0
Grimzdai	2	0	0
Senųjų kapinių st.	3	0	0
Smėlynų st.	1	0	0
Laisvės st.	1	0	0
Vymerio st.	1	0	0
Jovarų mokyklos st.	2	0	0
Vytauto stadiono st.	2	0	0
Tauragės baseino st.	2	0	0
„Aušros“ progimnazijos st.	4	0	0
Rytų st.	2	0	0
Elektroniko st.	2	0	0
Daukanto st.	2	0	0
Mačernio st.	2	0	0
Šiaurės st.	1	0	0
Šilalės plento st.	1	0	0
Antšunijai	3	0	0
Laukų st.	2	0	0
Ivanausko st.	1	0	0
Biržų laukas	1	0	0
Vaičiai	1	0	0
Debliai	1	0	0
Struikai	1	0	0
Vilkija	8	0	0
Girininkija	2	0	0
Ruikiai	2	0	0

3G lentelė. Patobulintos VT sistemos rezultatai (sudaryta autorės)**Table 3G.** The results of the improved PT system (compiled by the author)

Marš- ruto Nr.	Maršruto pavadinimas	Rida, km	Keleiv. km	Keleiv. sk. modelyje	Keleiv. sk. faktinis	Keleiv. kelio- nių laikas
37	Pieteraičiai– Natkiškiai–Pa-	2780	7231,416067	653,382712	675	447:09:29

Maršruto Nr.	Maršruto pavadinimas	Rida, km	Keleiv. km	Keleiv. sk. modelyje	Keleiv. sk. faktinis	Keleiv. kelionių laikas
	gėgiai–Panemunė–Pagėgiai–Tauragė					
7427	Kentriai–Pagėgiai–Šilutė	1315	67,542858	7,561452	997	2:16:06
J-1	Jurbarkas–Vadžgirys–Stakiai	4532	19083,280632	841,991989	344	389:54:29
J-10	Jurbarkas–Butkaičiai–Rutkiškiai	3891	5143,772636	460,174446	262	100:16:53
J-11	Jurbarkas–Eržvilkas–Lybiškiai	3649	5598,652298	401,654094	107	129:02:49
J-12	Eržvilkas–Skaudvilė	1161	3316,352324	125,72561	140	73:20:24
J-13	Jurbarkas–Šimkaičiai	1334	381,593488	27,72721	94	8:01:29
J-15	Jurbarkas–Seredžius	2226	1432,276366	110,990613	171	26:50:58
J-16	Jurbarkas–Traklaukas–Eržvilkas	2324	4187,418266	251,212374	35	95:07:30
J-2	Ligoninė–Savi valdybė–Mokykla–Lauko g.–Centras–Ligoninė	3535	0,000000	0	3230	0
J-20	Jurbarkas–Greičiai	881	0,000000	0	129	0
J-23	Jurbarkas–Raudonė–Stakiai	3469	4952,872864	380,45275	175	88:48:12
J-24	Jurbarkas–Vadžgirys–Jurbarkas	1524	17334,217746	639,420726	60	347:16:03
J-25	Jurbarkas–Smalininkai–Viešvilė	2153	1684,956403	137,717255	338	32:46:24
J-4	Jurbarkas–Raseiniai	3804	380,749727	28,671394	732	9:44:51
J-5	Seredžius–Padubysio gyv.–Vosbutai–Akmeniškiai–Veliuona–Seredžius	3206	3971,500969	226,126787	61	88:02:46
J-6	Seredžius–Veliuona–Stakiai	537	5,475792	0,762922	4	0:09:55
J-7	Jurbarkas–Vertimų kelias–Mosteikiai	3833	67571,405624	4845,813758	241	1358:59:56

Marš-ruto Nr.	Maršruto pavadinimas	Rida, km	Keleiv. km	Keleiv. sk. modelyje	Keleiv. sk. faktinis	Keleiv. kelio- nių laikas
J-8	Seredžius–Žar- diškiai	1929	4265,793830	1355,173575	39	180:38:21
J-9	Seredžius–A- riogala	465	0,000000	0	190	0
M-235	Sudargas–Jur- barkas–Kaunas	12488	10584,890006	805,518887	0	196:37:31
M-237	Kaunas–Jur- barkas	1249	6360,603396	423,521352	0	114:32:21
M-238	Jurbarkas– Kaunas	13842	1493,477616	123,960273	0	24:12:37
M-301	Šilalė–Tau- ragė–Jurbar- kas–Kaunas– Vilnius	3766	3226,269905	119,373466	0	48:01:40
M-312	Kaunas–Jur- barkas–Šilutė– Klaipėda	7865	23619,069655	2192,559977	0	381:29:35
M-314	Klaipėda–Ši- lutė–Jurbar- kas–Šakiai– Kaunas	1708	4574,074295	466,064785	0	80:10:41
M-351	Kaunas–Rasei- niai–Tauragė– Šilalė	5775	8524,500227	339,082837	0	146:07:07
M-352	Vilnius–Kau- nas–Jurbarkas– Šilutė–Klai- pėda	3933	3884,091046	382,107605	0	70:17:59
M-423	Palanga–Klai- pėda–Gargž- dai–Rietavas– Kvėdarna–Ši- lalė–Tauragė	3219	737,728896	25,418903	0	12:42:08
M-677	Šakiai–Jurbar- kas–Šilutė– Klaipėda–Pa- langa	4036	4248,010716	327,367676	0	75:23:40
M-760	Šilalė–Tau- ragė–Jurbar- kas–Kaunas– Vilnius	7532	3529,245483	139,1678	0	53:09:09
M-773	Šilutė–Pagė- giai–Jurbar- kas–Kaunas– Vilnius	23596	74902,397952	4707,646314	0	1133:26:04
M-796	Tauragė–Ši- lalė–Laukuva– Klaipėda	7199	827,652479	49,417723	0	18:24:10
M-801	Tauragė–Kryž- kalnis–Kelmė– Šiauliai	6398	36350,610853	1435,274499	0	628:47:49

Maršruto Nr.	Maršruto pavadinimas	Rida, km	Keleiv. km	Keleiv. sk. modelyje	Keleiv. sk. faktinis	Keleiv. kelionių laikas
M-806	Šilalė–Tauragė–Raseiniai–Kaunas–Vilnius	1925	6083,964149	242,060394	0	100:57:06
M-955	Vilnius–Kaunas–Raseiniai–Kryžkalnis–Tauragė–Šilalė	3850	11356,847019	451,864614	0	173:26:02
M-956	Vilnius–Kaunas–Jurbarkas–Pagėgiai–Šilutė	7865	19464,957912	1363,705791	0	302:05:30
M-959	Vilnius–Vievis–Kaunas–Jurbarkas–Tauragė	5800	662,792704	42,422816	0	10:34:38
M-966	Vilnius–Kaunas–Šakiai–Tauragė–Šilalė	2162	262,344754	8,88155	0	3:48:50
M-970	Vilnius–Vievis–Kaunas–Šakiai–Jurbarkas–Tauragė	2587	30,468815	0,739012	0	0:30:18
R-1	Jurbarkas–Smalininkai–Tauragė	4266	107548,432445	8596,446966	1339	2310:17:20
R-2	Tauragė–Šilalė	5111	70,115718	4,905823	1117	1:26:10
R-3	Tauragė–Eržvilkas	4360	8616,605342	1150,664575	1140	219:10:44
R-4	Tauragė–Kryžkalnis	3352	16767,759145	664,292868	1370	308:54:42
R-5	Tauragė–Pagėgiai	2635	11923,293767	813,878535	686	244:04:08
R-6	Tauragė–Šilgaliai	4918	11589,026056	1191,789532	1144	222:37:58
S-1	Šilalė–Bijotai–Kaltinėnai–Šilalė	1556	34688,648038	1586,413622	1626	764:55:49
S-10	Šilalė–Pajūris–Žvingiai–Tėnėnai	1600	21283,176928	1850,171053	1956	507:44:31
S-11	Šilalė–Pajūris	1146	5673,355317	472,732396	1538	149:21:16
S-12	Didkiemis–Laumenai–Šilalė	2046	17556,305672	2667,531802	2540	478:42:08
S-13	Šilalė–Burkėnai–Pagramantė	694	0,001935	0,000131	0	0
S-14	Šilalė–Vaitimėnai	923	0,000000	0	2248	0
S-2	Šilalė–Kaltinėnai	949	0,289889	0,013434	882	0:00:28

Marš-ruto Nr.	Maršruto pavadinimas	Rida, km	Keleiv. km	Keleiv. sk. modelyje	Keleiv. sk. faktinis	Keleiv. kelio- nių laikas
S-3	Šilalė–Barta- šiškė	660	0,000000	0	612	0
S-4	Šilalė–Obely- nas–Upyna	968	0,391317	0,018505	669	0:00:38
S-5	Bijotai–U- pyna–Varsė- džiai–Šilalė	3047	10384,097200	508,369669	4836	235:15:47
S-6	Gulbės– Laukuva–Ši- lalė	941	33435,230593	2110,628576	899	1114:56:12
S-7	Žadeikiai–Ne- vočiai–Kuodai- čiai–Šilalė	844	9417,301438	639,91793	1703	230:25:03
S-8	Šilalė–Traksė- dis–Bokštai	821	3623,851452	431,408271	1214	111:27:03
S-9	Šilalė–Bokš- tai–Kvėdarna– Lembas	3157	100879,047285	8881,810411	3437	2251:00:42
T-1	Žalgirių mikro- rajonas–Jova- rai	4053	104,813079	47,936759	7408	5:20:10
T-2	Autobusų sto- ties st.–Žalgi- rių mikrora- jono st.– Pramonės st.– Autobusų parko st.	607	13,227923	25,943717	612	0:25:57
T-22	Tauragė– Gaurė–Trak- laukas–Pašal- tuonys	1151	1481,391780	223,936971	374	33:35:30
T-26	Tauragė–Eičiai	805	0,000086	0,000011	369	0
T-27	Tauragė–Joniš- kės kapinės	190	0,000000	0	118	0
T-29	Tauragė–Ma- žonai–Lomiai	2065	1583,282991	585,259492	500	41:06:42
T-3	Žalgirių mikro- rajonas–Oko miško st.– Centras– Beržė–Turgus– „Šaltinio“ pro- gimnazijos st.– Žalgirių mikro- rajonas	3930	0,000005	0,000012	2864	0
T-30	Tauragė–Mik- rorajonas–Lo- miai–Vaitimė- nai	2408	17,029704	4,88124	1094	0:37:22
T-32	Tauragė–Žy- gaičiai	2765	18987,585615	1218,622502	964	439:00:36

Maršruto Nr.	Maršruto pavadinimas	Rida, km	Keleiv. km	Keleiv. sk. modelyje	Keleiv. sk. faktinis	Keleiv. kelionių laikas
T-33	Tauragė–Žygaičiai–Sartininkai	1271	5185,879400	336,731834	283	125:03:57
T-35	Tauragė–Pilaite	768	0,001583	0,000601	238	0
T-36	Tauragė–Pilaite	384	0,000000	0	132	0
T-38	Tauragė–Griežpelkiai	717	1718,898635	239,178033	327	41:25:28
T-39	Tauragė–Kuisiai	1688	0,000000	0	917	0
T-4	Žalgirių mikrorajonas–„Šaltinio“ progimnazijos st.–Turgus–Beržė–Centras–Oko miško st.–Žalgirių mikrorajonas	4026	0,000000	0	2891	0
T-40	Tauragė–Batačiai–Skaudvilė–Upyna	4068	16343,257041	1600,366864	1662	516:35:05
T-44	Tauragė–Batačių gel. st.	1201	51,946556	6,848828	636	1:20:17
T-45	Žalgirių mikrorajonas–Centras–Senosios miesto kapinės–Dunokų kapinės	2076	236,917813	464,663167	1199	15:29:20
T-46	Mikrorajonas–Bernotiskės sodai	4418	2,369177	4,646629	5248	0:04:39
T-47	Tauragė–Sartininkai–Skiržemė–Sartininkai	2522	241,671243	67,149075	960	6:03:11
T-48	Tauragė–Sartininkai–Skiržemė–Sartininkai	1494	122,990660	36,924017	595	3:04:51
T-49	Žygaičiai–Stokaičiai–Balčiai–Sartininkai	2299	0,000085	0,000011	2939	0
T-5	Žalgirių mikrorajonas–Centras–Uliksas–Butkeliai–Taurai	6167	138109,891221	28578,54234	13664	5680:27:37

Maršruto Nr.	Maršruto pavadinimas	Rida, km	Keleiv. km	Keleiv. sk. modelyje	Keleiv. sk. faktinis	Keleiv. kelionių laikas
T-52	Gaurė-Eičiai-Sakalinė-Meškai-Gaurė	685	0,000000	0	516	0
T-53	Gaurė-Eičiai-Tauragė	1174	0,000000	0	555	0
T-54	Batakliai-Ringaliai	1800	0,000053	0,000006	254	0
T-55	Skaudvilė-Varlaukis	1552	0,000000	0	3232	0
T-56	Skaudvilė-Očikiai	1987	6321,218371	797,070796	4085	203:50:08
T-58	Skaudvilė-Žvirzdė	180	0,000000	0	25	0
T-6	Žalgirių mikro- rajonas-Papušynės kapinės	2131	5412,136322	1976,483839	1598	206:08:52
T-7	Žalgirių mikro- rajonas-Centras-Norkaičiai	1716	0,806453	0,937147	653	0:01:57
T-8	Žalgirių mikro- rajonas-„Aušros“ progimnazija-Norkaičiai	1475	0,317860	0,284276	829	0:00:58
IŠ VISO:		283107				23423:14:46

Justina RANCEVA

KELIŲ VIEŠOJO TRANSPORTO VEIKLOS TOBULINIMO
METODIKA SIEKiant DARNIOS REGIONŲ PLĖTROS

Daktaro disertacija

Technologijos mokslai,
Transporto inžinerija (T 003)

METHODOLOGY FOR IMPROVING ROAD PUBLIC TRANSPORT
SERVICE ACHIEVING SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT

Doctoral Dissertation

Technological Sciences,
Transport Engineering (T 003)

Lietuvių kalbos redaktorė Dalia Markevičiūtė
Anglų kalbos redaktorė Jūratė Griškėnaitė

2025 03 24. 16,8 sp. l. Tiražas 20 egz.
Leidinio el. versija <https://doi.org/10.20334/2025-010-M>
Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius
Spausdino UAB „Ciklonas“,
Žirmūnų g. 68, 09124 Vilnius