



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

**Rūta Jasiukaitytė**

**TRANSPORTO SRAUTŲ JUDĖJIMO RIBINIŲ PARAMETRŲ  
TYRIMAI**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

Doc. dr. Martynas Starevičius

**KAUNAS, 2016**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

**TRANSPORTO SRAUTŲ JUDĖJIMO RIBINIŲ PARAMETRŲ  
TYRIMAI**

Baigiamasis magistro projektas  
Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

**Vadovas**

(parašas) Doc. dr. Martynas Starevičius  
(data)

**Recenzentas**

(parašas) Doc. dr. Jurga Ilgakoitytė -  
Bazarienė  
(data)

**Projektą atliko**

(parašas) Rūta Jasiukaitytė  
(data)

**KAUNAS, 2016**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**  
**TRANSPORTO INŽINERIJOS KATDERA**

Suderinta:

2015 m. rugsėjo mėn. 5 d.

**MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS**

Išduota studentui: *Rūta Jasiukaitytė*

1. Projekto tema: *Transporto srautų judėjimo ribinių parametrų tyrimai*  
Patvirtinta: 2016 m. gegužės mėn. 3 d. dekanų įsakymu Nr. V25-11-7

2. Projekto tikslas:

*nustatyti kritinius transporto srautų judėjimo parametrus, aprašančius susisiekimo jungčių pralaidumo ribą.*

3. Projekto uždaviniai ir reikalavimai:

1. *Išanalizuoti transporto srautų judėjimo reglamentavimą;*
2. *Ištirti transporto srauto pralaidumo kitimo priežastis;*
3. *Ištirti transporto srauto judėjimo parametrų kitimą paroje;*
4. *Transporto srauto pralaidumo analitiniai tyrimai jungtyse be trikdžių;*
5. *Spūsčių ilgio nustatymas ir juos įtakančių veiksnių analizė.*

4. Projekto konsultantai (nurodant projekto skyrius)<sup>1</sup>:

5. Užduoties išdavimo terminas: 2015 m. rugsėjo mėn. 5 d.

Užbaigto projekto pateikimo terminas: 2016 m. gegužės mėn. 20 d.

Vadovas: Martynas Starevičius  
(vardas, pavardė)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

Užduotį gavau Rūta Jasiukaitytė  
(studento vardas, pavardė)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

<sup>1</sup> Esant reikalui, suderinus su katedros vedėju

Jasiukaitytė Rūta. TRANSPORTO SRAUTŲ JUDĖJIMO RIBINIŲ PARAMETRŲ TYRIMAI. *Magistro* baigiamasis projektas. Vadovas doc. dr. Martynas Starevičius; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Transporto inžinerija (O3T)

Reikšminiai žodžiai: *eismo spūstis, gatvės laidumas, pikas, Islandijos pl., ribiniai parametrai, eismo intensyvumas.*

Kaunas, 2016. 53 p.

## SANTRAUKA

*Šio tyrimo tikslas yra nustatyti kritinius transporto srautų judėjimo parametrus aprašančius susisiekimo jungčių pralaidumo ribą. Taigi, šiame darbe pasirinkta nagrinėjamoji gatvės atkarpa buvo Islandijos pl. (Vilniaus ir Klaipėdos kryptimis). Tyrimo metu buvo modeliuojama situacija kaip sumažėja gatvės laidumas jeigu gatvės atkarpa susiaurėja nuo 2 iki 1 eismo juostos imituojant eismo įvykį.*

*Atliekant eksperimentinius tyrimus buvo fiksuojamas pietinio ir vakarinio piko eismo intensyvumas, pasirinkus dienos vidurkį – pietiniam pikui 12:00 val. – 13:00 val, vakariniam pikui 17:00 val. – 18:00 val. bei transporto srauto judėjimo greitis. Užfiksuoti duomenys buvo naudojami nustatyti ribiniams parametrams (srauto tankiui ir eismo intensyvumui) ir situacijos modeliavimui atlikti. Eksperimentinių tyrimų metu buvo nustatyta, kad 80 % eismo srauto nagrinėjamame kelio ruože sudaro lengvieji automobiliai.*

*Atliekant analitinius tyrimus, buvo skaičiuojami ribiniai parametrai vienalyčiam transporto srautui (sunkvežimiai perskaičiuoti į lengvuosius automobilius). Buvo įvertintas dinaminis gabaritas, priėmus atitinkamus koeficientus, o remiantis jo priklausomybe nustatyti ribiniai parametrai prie atitinkamo judėjimo greičio. Modeliuojant situaciją imitavus eismo įvykį, buvo nustatyta, kaip pasikeičia gatvės laidumas. Vakarinio piko metu, kai eismo intensyvumas yra padidėjęs (paprastai didesnis nei pietinio piko metu), susiformuoja didelė eismo spūstis, kuri, anot gautų skaičiavimų rezultatų, gali siekti nuo 4,7 km iki 8,3 km. O jos atitinkamai išsisklaidytų per 49 ir 90 minučių. Tokiais atvejais smarkiai paralyžuojamas eismas tiek nagrinėjamame kelio ruože, tiek aplinkinėse gatvėse.*

*Tokia situacija įvyko vasario 1 dieną, apie 17 val. kai ties prekybos ir laisvalaikio centru „MEGA“ esančiu viaduku susidūrė sunkvežimiai ir 3 lengvieji automobiliai. Transporto priemonių spūstis siekė Savanorių pr. (apie 5,6 km), bet tikslus jos ilgis nėra žinomas. Eismas buvo paralyžuotas apytiksliai 2 valandas.*

Jasiukaitytė Rūta. *INVESTIGATION of the LIMIT PARAMETERS of the TRANSPORT FLOWS MOVEMENT: Master's thesis*. Supervisor assoc. dr. Martynas Starevičius. The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technological Science, Transport Engineering (03T)

Key words: traffic jam, permeability, Islandijos road, limit parameters, traffic intensity.

Kaunas, 2016. 53 p.

## SUMMARY

*The purpose of this investigation is to determine limit parameters of the transport flows movement, which define permeability limits of the transport connections. So, the object of this investigation was Islandijos road (directions of Vilnius and Klaipėda). In the research it was modeled the situation, how the permeability of the road decreases, when section of the street narrows from two to one lane, with the simulated traffic accident.*

*The experimental investigation data was recorded at the midday and the evening time, using the selected average of the day (day time 12:00 – 13:00 hours, evening time 17:00 – 18:00 hours). The speed of the transport flows movement was also recorded. Recorded data was used for the measurements of the limit parameters (traffic density and intensity) and modeling of traffic during the accident. Experimental investigation has shown, that 80 % of the traffic flow consists of cars.*

*During analytical investigation, the limit parameters were calculated for the simple transport flow (trucks were converted to cars using special ratio). Due to special ratios the dynamic size of car was evaluated. Using dynamic size value, the limit parameters were determined at the appropriate speed. Situation was modeled with simulated traffic accident and it was determined how the traffic flow movement changes. In the evening, when traffic intensity is increased (usually heavier than in the daytime), traffic jam builds up, which can be from 4,7 km to 8,3 km, according to the modeling results. This traffic jam would spread in about 49 and 90 minutes. In such situations, the traffic jam makes influence even for the streets around.*

*The such kind of accident was happened in February 1<sup>st</sup>, about 5 o'clock in the evening. 4 vehicles has collided (1 truck and 3 cars) near the shopping mall "MEGA". The traffic jam was about 5,6 km length, it reached even Savanorių avenue, but the right length of the traffic jam is unknown. The traffic jam spread in about 2 hours.*



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

**Rūta Jasiukaitytė**

(Studento vardas, pavardė)

**Transporto priemonių inžinerija, 621E20001**

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

**„TRANSPORTO SRAUTŲ JUDĖJIMO RIBINIŲ PARAMETRŲ TYRIMAI“  
AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20 16 m. Gegužės 20 d.  
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Rūtos Jasiukaitytės**, baigiamasis projektas tema „TRANSPORTO SRAUTŲ JUDĖJIMO RIBINIŲ PARAMETRŲ TYRIMAI“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjusi.

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

\_\_\_\_\_  
(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

# TURINYS

IVADAS.....	8
1. UŽMIESČIO KELIŲ TECHNINIO REGLAMENTO ANALIZĖ .....	10
1.1. Techninio reglamento aspektai .....	10
1.2. Techninio reglamento terminai ir apibrėžimai .....	11
1.3. Automobilių kelių klasifikavimas .....	11
1.4. Techninio reglamento bendrieji normatyvai .....	13
1.5. Matomumo reikalavimai keliuose.....	16
1.6. Sankryžų projektavimo reikalavimai keliuose .....	19
1.7. Eismo kokybės lygiai .....	20
2. MIESTO KELIŲ TECHNINIO REGLAMENTO ANALIZĖ .....	22
2.1. Gatvių klasifikacija .....	22
2.2. Atstumai tarp sankryžų .....	23
2.3. Pagrindiniai techniniai parametrai .....	25
2.4. Matomumo laukas.....	26
3. TYRIMO METODIKA.....	29
3.1. Eismo intensyvumo statistinių duomenų palyginimas (2010 m. – 2014 m.).....	29
3.2. Avaringumas (2007 m. – 2010 m.) .....	31
3.3. Matematinis aprašas .....	32
3.4. Darbo objekto tyrimo metodika .....	36
4. EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI .....	39
4.1. Eksperimentinių tyrimų metu gautų rezultatų įvertinimas.....	40
5. ANALITINIAI TYRIMAI.....	43
5.1. Ribinio laidumo įvertinimas.....	44
5.2. Nagrinėjamos atkarpos pralaidumo įvertinimas .....	46
5.3. Analitinių tyrimų palyginimas .....	48
DARBO APIBENDRINIMAS .....	50
IŠVADOS .....	51
NAUDOTA LITERATŪRA.....	53

## IVADAS

Transporto spūstys šiandieninėje visuomenėje yra labai aktuali problema. Su ja kasdien susiduria beveik kiekvienas didmiestyje gyvenantis žmogus, o kartais ir miesto svečias. Visada transporto spūstys susidaro rytais, kai visi važiuoja į darbus, ir vakarais, kai visi važiuoja jau po darbų. Pasitaiko transporto spūsčių ir pietų metu. Dėl to atsiranda didesnė tikimybė įvykti eismo įvykiams, kuriuose nenukenčia žmonės, o tik apgadinamos transporto priemonės arba rimtesniems eismo įvykiams kuriuose atsiranda netgi sužeistų, o kai kuriais atvejais, dar blogiau – žuvusiųjų. Įvykus bet kokiam eismo įvykiui, kuriam laikui paralyžiuojamas eismas vienoje ar tik keliose aplinkinėse gatvėse, susidaro spūstys, žmonės užtrunka dar daugiau laiko, kol pasiekia savo kelionės tikslą. O įvykus rimtam eismo įvykiui, ypač rytinio arba vakarinio piko metu, kai susiduria daugiau nei 2 transporto priemonės, kai reikalingos specialiosios tarnybos (policija, greitoji, ugniagesiai gelbėtojai ir kt.), susidaro dar didesnės spūstys, užtrunka labai ilgai kol jos išsisklaido, žmonės priversti gaišti savo laiką. Taip nutikus, gali būti netgi paralyžiuotas eismas visame mieste.

Tyrimo kryptis: transporto srautų tyrimai, modeliavimas.

Darbo objektas: A1 greitkelyje esanti atkarpa (Islandijos pl.).

Diena, kurią bus fiksuojamas pietinio ir vakarinio piko eismo intensyvumas Vilniaus ir Klaipėdos kryptimis – trečiadienis (vasario 25 diena).

Darbo tikslas: nustatyti kritinius transporto srautų judėjimo parametrus, aprašančius susisiekimo jungčių pralaidumo ribą.

Darbo uždaviniai:

- Išanalizuoti transporto srautų judėjimo reglamentavimą;
- Ištirti transporto srauto pralaidumo kitimo priežastis;
- Ištirti transporto srauto judėjimo parametrų kitimą per parą;
- Transporto srauto pralaidumo analitiniai tyrimai jungtyse be trikdžių;
- Spūsčių ilgio nustatymas ir juos įtaką darančių veiksnių analizė.

Šio darbo metu bus analizuojami 2 techniniai reglamentai: Kelių techninis reglamentas KTR 1.01:2008 „AUTOMOBILIŲ KELIAI“ (jame aprašomi reikalavimai užmiesčio kelių projektavimui ir įrengimui) ir Statybos techninis reglamentas STR 2.06.04:2014 (jame pateikiami reikalavimai miesto gatvių projektavimui ir įrengimui), pateikiama tyrimo metodika. Pasirinktoje



gatvės atkarpoje buvo atliekami eksperimentiniai tyrimai. Jų tikslas – užfiksuoti rytinio ir vakarinio piko eismo intensyvumą abiejose pusėse (Vilniaus ir Klaipėdos kryptimis), o po to gautus rezultatus palyginti su Lietuvos automobilių kelių direkcijos (LAKD) pateiktais duomenimis. Analitinių tyrimų metu buvo atlikti skaičiavimai imituojant eismo įvykį, kai sutrikdomas eismas viena eismo juosta. Skaičiavimuose yra nurodyta, per kiek laiko susidaro transporto spūstis, kiek automobilių yra toje spūstyje, per kiek laiko ji išsisklaido rytinio ir vakarinio piko metu. Šiame darbe išsiaiškinta, koku būdu galima apskaičiuoti transporto spūsties ilgį.

# 1. UŽMIESČIO KELIŲ TECHNINIO REGLAMENTO ANALIZĖ

## 1.1. Techninio reglamento aspektai

Kelių techniniame reglamente KTR 1.01:2008 „AUTOMOBILIŲ KELIAI“ yra pateikti šie skyriai (aspektai), kuriuose nurodyti reikalavimai užmiesčio kelių projektavimui ir įrengimui [3]:

- Automobilių kelių klasifikacija pagal kategorijas, reikšmes ir paskirtis;
- Bendrieji normatyvai;
- Matomumas;
- Pėsčiųjų ir dviračių takai;
- Žemės sankasa;
- Vandens nuleidimas;
- Kelio dangų konstrukcijos;
- Sankryžos;
- Automobilių kelių sankirtos su geležinkeliais;
- Kelio įrenginiai, eismos reguliavimas ir saugumas;
- Eismo dalyviams skirti aptarnavimo statiniai;
- Automobilių kelių sankirtos su inžinerinėmis komunikacijomis;
- Aplinkosauga;
- Automobilių kelių tiesimo bei tiltų ir viadukų statybos rūšys;
- Eismo kokybės lygiai;
- Poilsio aikštelių klasės.

Pirmiausia, dokumente yra nurodyta jo taikymo sritis ir bendrosios nuostatos. Jose teigiama, kad šis techninis reglamentas nustato visų užmiesčio kelių tiesimo, rekonstravimo, remonto ir projektavimo techninius reikalavimus, o remonto darbai bei kokybės kontrolė vykdomi naudojantis atitinkamais dokumentais, kuriuose yra surašytos tam tikros normos. Taip pat yra pabrėžiama, kad jeigu reikalui esant yra nukrypstama nuo šio techninio reglamento reikalavimų, privaloma atsižvelgti į tai, kaip tie nukrypimai palies statinio ar gaminio kokybę. Taigi, yra aiškiai nurodomas projektuotojo uždavinys – suderinti ekonominius, eismo saugumo, aplinkosaugos reikalavimus, tinkančius kiekvienam eismo dalyviui remiantis esminėmis sąlygomis [3].

## 1.2. Techninio reglamento terminai ir apibrėžimai

Toliau šiame dokumente yra pateikiami terminai ir jų apibrėžimai [3]:

- **Eismo kokybės lygis** – kokybinė eismo būklė, kai nusistovi tinkamos važiavimo kelionės patogumo ir pervežimų ekonomiškumo sąlygos.
- **Greitėjimo juosta** – papildoma eismo juosta prie sankryžos arba prie eismo dalyvių paslaugų statinio. Jos paskirtis įvažiuojančiam automobiliui įsilieti į bendrą eismo srautą.
- **Lėtėjimo juosta** – papildoma eismo juosta, kurioje sukantys automobiliai mažina važiavimo greitį, kad netrukdytų kitoms transporto priemonėms judėti nusistovėjusiu greičiu.
- **Nuovaža** – nuvažiavimo nuo kelio į netoliese esančias teritorijas ar objektus vieta.
- **Sankirta** – automobilių kelių susikirtimas skirtinguose lygiuose arba automobilių kelio susikirtimas su geležinkelio bėgiais.
- **Sankryža** – kelių kirtimosi, jungimosi arba atsišakojimo vieta.
  - **Vieno lygio sankryža** – sankryža, kurioje keliai kerta vienas kitą viename lygyje.
  - **Skirtingų lygių sankryža** – inžinerinis statinys nepertraukiamam ir saugiam eismui įvairiomis kryptimis organizuoti. Statoma magistraliniuose keliuose.
  - **Apsisukimas** – apsisukimo vieta kartu su papildoma kairiojo posūkio eismo juosta.
- **Viražas** – kelio atkarpa, kurios danga turi vieno šlaito nuolydį. Jis nukreiptas į kreivės centrą. Rengiamas dėl važiavimo patogumo, automobilio stabilumo ir eismo saugumo.
- **Viražo atlanka** – trumpa kelio atkarpa, kurioje nuo vienšlaičio kelio važiuojamosios dalies, esančios viraže, pereinama į dvišlaitį ir atvirkščiai.

Šie apibrėžimai naudojami visame techniniame reglamente aprašant reikalavimus užmiesčio keliams ir kelių įrengimams [3].

## 1.3. Automobilių kelių klasifikavimas

Automobilių keliai šiame techniniame reglamente yra klasifikuojami pagal reikšmes, kategorijas ir paskirtis. Automobilių keliai gali būti valstybinės ir vietinės reikšmės. Valstybinės reikšmės keliai dar klasifikuojami į magistralinius, krašto ir rajoninius kelius [3].

Dokumente teigiama, kad magistraliniai keliai yra skirti patogiam ir užtikrintam susisiekimui tarp pagrindinių šalies miestų. Kelio ženkluose jie yra žymimi su indeksu E pagal Europos Sąjungos (ES) reikalavimus. Krašto keliai jungia magistralinius kelius arba Lietuvos

Respublikos administracinių vienetų centrus. Rajoniniai keliai jungia mažus miestelius, taip pat krašto bei magistralinius kelius. Rajoniniai keliai turi patį tankiausią tinklą. Vietinės reikšmės keliai jungia kaimus, rajoninius kelius, skirti privažiuoti prie ūkinės ar kitokios paskirties objektų. Keliai į kategorijas skirstomi pagal lentelėje pateiktus parametrus. Valstybinės reikšmės keliai skirstomi į kategorijas: AM (automagistralė) ir I–V kategorijos kelių, vietinės reikšmės keliai – į I<sub>v</sub>–III<sub>v</sub> kategorijos kelių [3].

Automobilių kelių klasifikacija pagal Kelių techninį reglamentą KTR 1.01:2008 „AUTOMOBILIŲ KELIAI“ pateikta 1 lentelėje [3].

1 lentelė [3]

Automobilių kelių klasifikavimas

Kelio reikšmė		Kelio kategorija	Projektinis vidutinis metinis paros eismo intensyvumas, aut./parą	Projektinis greitis, km/h	Eismo juostų skaičius (S – skiriamoji juosta)	Sankryžų tipai
1		3	4	5	6	8
Valstybinės reikšmės keliai	magistraliniai keliai	AM	> 45000	130/110	3+S+3	skirtingų lygių
		AM	12000–55000	130/110	2+S+2	
		I	12000–55000	110/100	2+S+2	skirtingų lygių,
		II	iki 15000 (20000)	90	2	vieno lygio
		IIa	iki 18000 (23000)	100	2+1	
	krašto keliai	III	iki 15000 (20000)	90	2	
		Ia	12000–30000	90	2+S+2	vieno (skirtingų)
		IIa	iki 18000 (23000)	90	2+1	lygio
		III (IV)	iki 15000 (20000) iki 10000 (12000)	90	2	
	rajoniniai keliai	IV	iki 10000 (12000)	90	2	vieno lygio
V		iki 3000, iki 1000 <sup>1)</sup>	70	2		
Va		iki 1500	70/50	1		
Vietinės reikšmės keliai	I <sub>v</sub>	1000–2000	50/40	2	vieno lygio	
	II <sub>v</sub>	500–1000	40/30	1	vieno lygio	
	III <sub>v</sub>	iki 500	30/20	1	vieno lygio	

Valstybinės reikšmės kelių juostos minimalus plotis pagal kelio kategorijas yra [3]:

- automagistralių ir I kategorijos kelių – 39 metrai;
- II kategorijos kelių – 28 metrai;
- III kategorijos kelių – 22 metrai;
- IV kategorijos kelių – 19 metrų;
- V kategorijos kelių – 18 metrų.

Vietinės reikšmės kelių juostos minimalus plotis yra [3]:

- I kategorijos kelių – 15 metrų;
- II kategorijos kelių – 12 metrų;
- III kategorijos kelių – 10 metrų.

Kiekvieno atitinkamo kelio kategorijai nustatyti yra atsižvelgiama į 20 metų projektinį kelio naudojimo laikotarpį. Projektinis naudojimo laikotarpis, tai metai, kada yra numatyta baigti projektuoti ir nutiesti kelią bei paruošti jį naudojimui [3].

## **1.4. Techninio reglamento bendrieji normatyvai**

Bendrieji normatyvai šiame reglamente yra išskirstyti į atskirus aspektus [3]:

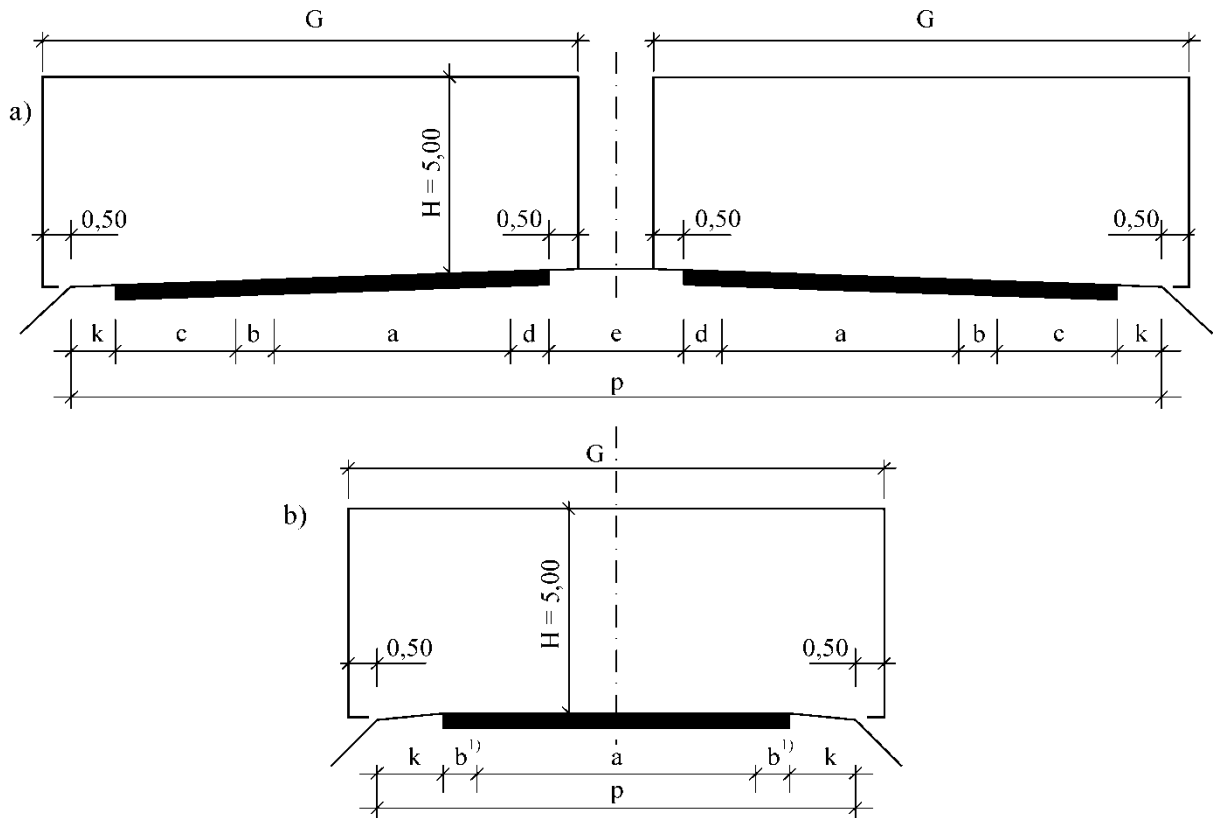
- Eismo intensyvumas;
- Automobilių važiavimo greičiai;
- Gabaritai;
- Apkrovos;
- Kelio tiesimo ir rekonstravimo projektinių sprendinių pagrindimas;
- Kelio ir jo trasos zonos tyrimai;
- Kelio planas;
- Išilginis kelio profilis;
- Skersiniai kelio profiliai;
- Erdvinė optiškai sklaidi kelio trasa.

Organizuojant eismą užmiesčio kelyje, atsižvelgus į eismo intensyvumo aspektą, turi būti atliekama eismo intensyvumo apskaita ir didėjimo prognozė. Didėjimo prognozė atliekama remiantis eismo intensyvumo metine suvestine, arba modeliuojant eismo srautą kelyje. Nustatant kelio kategoriją ar parenkant eismo juostų skaičių, yra atsižvelgiama į eismo intensyvumą piko metu. Eismo intensyvumo padidėjimas apskaičiuojamas remiantis daugiametniais eismo intensyvumo statistiniais duomenimis ir bendro vidaus produkto (BVP) augimu [3].

Projektuojant kelią ir organizuojant eismą, būtina nustatyti automobilių važiavimo greičius. Pagrindiniai parametrai: projektinis greitis  $V_p$  ir leidžiamas greitis  $V_L$ . Nustatant projektinį

greitį reikalinga atsižvelgti į kelio kategoriją, jo paskirtį ir tiesimo ar rekonstravimo sąlygas. Leistina greitį nustato kelių eismo taisyklės (KET) [3].

Automobilių, pėsčiųjų ir dviračių eismui reikalingi gabaritai pavaizduoti 1.1 ir 1.2 paveikslėliuose [3].



1.1 pav. Konstruktijų artumo gabaritai [3]

Čia [4]:

G – pločio gabaritas;

H – aukščio gabaritas (matuojamas nuo aukščiausio dangos taško);

p – kelio plotis;

a – važiuojamoji kelio dalis;

b – kraštinė saugos juosta;

c – sustojimo juosta;

d – vidinė saugos juosta;

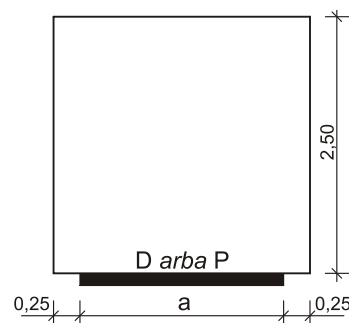
e – skiriamoji juosta;

k – nesutvirtintas kelkraštis.

a) AM ir I kategorijos keliuose;

b) II–IV kategorijų keliuose;

<sup>1)</sup> V ir I<sub>v</sub>–III<sub>v</sub> kategorijos keliuose netaikoma.



1.2 pav. Dviračių (D) ir (arba) pėsčiųjų (P) takų konstrukcijų artumo gabaritai [3]

Techniniame reglamente teigiama, kad nesutvirtintame kelkraštyje (k) galima statyti tik apsauginius atitvarus, įspėjamuosius stulpelius ir laikinas eismo reguliavimo priemones, o kartais, išimtiniais atvejais, galima statyti ir triukšmą sugeriančias sienelės. Taip pat skiriamąjoje kelio dalyje, kurioje užauginta veja, už konstrukcijos artumo gabarito ribų gali būti statomi šoniniai atitvarai ir kelio ženklai [3].

Atsižvelgiant į transporto priemonių ašių apkrovas, projektinė apkrova vienai ašiai, pasak šio reglamento, yra [3]:

- 115 kN – tiesiant ir rekonstruojant magistralinius ir krašto kelius;
- 100 kN – tiesiant ir rekonstruojant kitus kelius.

Techninis reglamentas taip pat nurodo, kokius reikalavimus turi atitikti pagrindiniai techniniai sprendiniai projektuojant ar rekonstruojant kelio trasą, kelio elementus, žemės sankasas, dangos konstrukcijas, sankryžas. Šie aspektai privalo atitikti ekonominius, eismo saugumo ir aplinkosaugos reikalavimus. Taip pat privaloma atsižvelgti į teritorinio planavimo reikmes ir esminius statinio reikalavimus [3].

Kelio ir jo trasos zonos tyrimų skiltyje yra nurodoma kokie tyrimai turi būti atliekami projektuojant, tiesiant ar rekonstruojant kelio trasą, nes jie reikalingi pagrįsti projektiniams sprendiniams. Taigi tiesiant kelio trasą yra būtini geodeziniai, geologiniai, hidrologiniai ir esamos

kelio dangos tyrimai. Tyrimai turi būti atliekami eismo saugumo ir organizavimo, aplinkosaugos klausimams spręsti, rengti kelio plano, tiesimo, rekonstravimo, kapitalinio remonto dokumentams ir techniniams projektams. Atliekant šiuos tyrimus nustatomos kelio trasos, kelio statinių ir grunto karjero geomorfologinės, hidrologinės sąlygos, geologinė sąranga, pateikiami surinkti duomenys apie gruntų sudėtį, jo būklę, savybes, nustatytas laboratorijoje pagal Lietuvoje galiojančius gruntų bandymų standartus. Renovuojamiems keliams – apie esamos žemės sankasos būklę ir galimas deformacijas [3].

Mažiausi horizontaliųjų kreivių spinduliai, atsižvelgiant į projektinius greičius pateikti 2 lentelėje [3].

2 lentelė [3]

Kreivių spinduliai pagal projektinį greitį

Kreivių spinduliai, m, kai greičiai $V_p$ , km/h									
30	40	50	60	70	80	90	100	110	130
50	90	140	200	300	400	600	800	1000	1500

2 lentelėje nurodyti spinduliai, kai viražo nuolydis 4 % [3].

Mažiausių apskritiminių kreivių spindulius reikia parinkti tokius, priklausomai nuo projektinio greičio važiuojamosios dalies skersinių nuolydžių, jungiamų tiesių ilgių. Būtina atsižvelgti ir į tai, jog kreivės turi derėti prie vietovės struktūros, kraštovaizdžio ir išilginio kelio profilio elementų, nes jos sąlygoja matomumą. Tiesiant valstybinės reikšmės kelius gretimų kreivių spinduliai turi būti tarpusavyje suderinti, tačiau rekonstruojant ar atliekant kapitalinį remontą, į tai leidžiama neatsižvelgti [3].

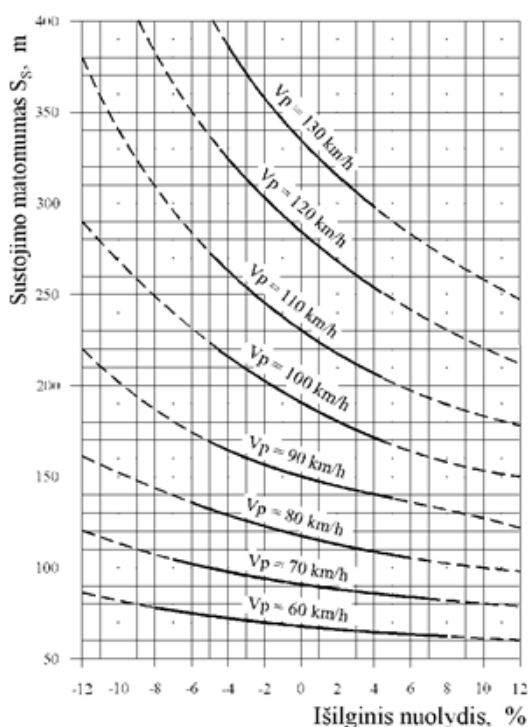
### 1.5. Matomumo reikalavimai keliuose

Kelių techninio reglamento KTR 1.01:2008 „AUTOMOBILIŲ KELIAI, skyriuje „Matomumas“ bendrosiose nuostatose teigiama, kad reikalingas toks mažiausias matomumas, kad vairuotojas galėtų laiku sustoti pastebėjęs kliūtį, saugiai aplenkti kitą judančią transporto priemonę,



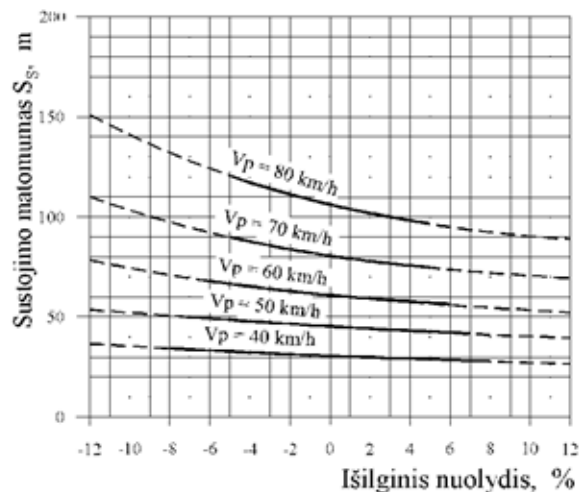
saugiai važiuoti per pėsčiųjų perėjas ir sankryžas nepridarydamas problemų ir žalos kitiems eismo dalyviams. Matavimo skaičiavimo schemoje turi būti nurodytas lengvojo automobilio vairuotojo akių aukštis virš važiuojamosios dalies (apie 1 metras), sunkvežimio vairuotojo akių aukštis virš važiuojamosios dalies (apie 2 metrai), kliūtis aukštis virš važiuojamosios dalies (apie 15 centimetrų), priešpriešinės transporto priemonės aukštis virš važiuojamosios dalies (apie 1 metras) [3].

Toliau reglamente teigiama, kad kiekvienoje eismo juostoje turi būti garantuotas ant kelio esančių objektų matomumas, sustojimo matomumas ir aplenkimo matomumas. Sustojimo matomumas  $S_s$  yra kelio atkarpa, kuri reikalinga vairuotojui, važiuojančiam  $V_p$  greičiu, sustoti prieš netikėtai pastebėtą kliūtį važiuojamojoje kelio dalyje. Mažiausias sustojimo matomumas valstybinės reikšmės keliuose nurodytas 1.3 pav. [3].



1.3 pav. Sustojimo matomumas  $S_s$  valstybinės reikšmės keliuose [3]

Sustojimo matomumas  $S_s$  valstybinės reikšmės keliuose (gyvenamųjų vietovių prieigose) ir vietinės reikšmės IV, IIV kategorijos keliuose pateiktas 1.4 pav. [3].



1.4 pav. Sustojimo matomumas  $S_s$  valstybinės reikšmės keliuose (gyvenamųjų vietovių prieigose) ir vietinės reikšmės IV, IIV kategorijos keliuose [3]

Aplenkimo sąlygos keliuose turi būti tokios, kaip nurodyta 3 lentelėje. Atvejais, kai tokių sąlygų nėra, aplenkimui II, III kategorijų keliuose būtų tikslinga numatyti papildomas eismo juostas. Atkarpos su pakankamu aplenkimo matomumu turi būti, kiek įmanoma, tolygiai išdėstytos arba jų kitimas (mažėjimas, didėjimas) turi būti apytiksliai tolygus [3].

3 lentelė [3]

### Aplenkimo sąlygos

Matomumo tipas	Greičiai $V_p$ , km/h								
	40	50	60	70	80	90	100	120	140
Mažiausias aplenkimo matomumas $S_a$ , m	–	–	400	450	500	575	650	–	–
Mažiausia aplenkimui tinkamų ruožų dalis, %	70 (magistraliniuose keliuose)								
	50 (krašto ir rajoniniuose keliuose)								
	25 (vietinės reikšmės I <sub>v</sub> kategorijos keliuose)								

Nesaugomose geležinkelio pervažose matomumas turi būti toks, kad transporto priemonės vairuotojas, esantis nuo geležinkelio pervažos ne mažesniu kaip sustojimo matomumo

atstumu (atstumai pateikti 1.3 ir 1.4 pav.), galėtų pamatyti artėjančią bėginę transporto priemonę už 500 m, o bėginės transporto priemonės mašinistas matytų pervažos vidurį ne mažesniu kaip 1000 m atstumu [3].

## **1.6. Sankryžų projektavimo reikalavimai keliuose**

Sankryžos kelyje yra savotiški trikdžiai. Taigi, techniniame reglamente yra teigiama, kad sankryžos projektuojamos atsižvelgiant į kelio kategoriją ir paskirtį. Taip pat rengiant sankryžą reikia atsižvelgti į gretimas sankryžas, perspektyvinį eismo intensyvumą, galimą sankryžos plėtrą, vietovę, eismo reguliavimą statybos metu. Sudėtingesniais atvejais sudaromi keli sankryžų schemų variantai ir parenkamas optimaliausias sprendimas, kuris atitiktų ekonominius ir eismo saugumo reikalavimus. Atskiri skirtingų lygių sankryžos mazgai su eismo srautų susikirtimais šalutiniuose žemesnių kategorijų keliuose rengiami pagal vieno lygio sankryžų sprendinius, atsižvelgiant į eismo ypatumus tokiose sankryžose [3].

Techninio reglamento II skirsnyje aprašyta, jog nuovažos nuo valstybinės reikšmės automobilių kelių gali būti rengiamos tik tada, kai nėra kitų techninių ir teisinių patekimo (įvažiavimo ir išvažiavimo) būdų į šalia kelio esančius ar planuojamus objektus. Magistraliniuose AM ir I kategorijos keliuose sankryžos ir nuovažos kiekvienoje kelio pusėje gali būti įrengiamos ne tankiau kaip kas 5000 metrų. AM ir I kategorijos magistraliniuose keliuose, nuovažos turi būti su dešinio posūkio lėtėjimo ir greitėjimo juostomis. Kituose magistraliniuose keliuose, sankryžos ir nuovažos kiekvienoje kelio pusėje gali būti įrengiamos ne tankiau kaip kas 1000 metrų. Krašto keliuose sankryžos ir nuovažos kiekvienoje kelio pusėje gali būti įrengiamos ne tankiau kaip kas 500 metrų. Rajoniniuose keliuose nuovažos kiekvienoje kelio pusėje gali būti įrengiamos ne tankiau kaip kas 100 metrų. Šio dokumento, XII skyriuje teigiama, kad AM ir I, Ia, II ir IIa kategorijų ir magistralinių kelių III kategorijos automobilių kelių sankirtos su geležinkeliais turi būti skirtinguose lygiuose. III ir IV kategorijų automobilių kelių sankirtos su geležinkeliais reikia rengti skirtinguose lygiuose, kada kertami trys ar daugiau pagrindinių geležinkelio kelių, susikirtimas yra greitojo eismo geležinkelio ruože ( $> 120$  km/h), eismo intensyvumas didesnis kaip 100 traukinių per parą ir neužtikrintos gero matomumo sąlygos [3].

## 1.7. Eismo kokybės lygiai

Kiekvienas kelias turi užtikrinti atitinkamą eismo kokybės lygį. Techniniame reglamente nurodyta, jog visas kelių tinklas yra 3 paskirčių [3]:

- Tranzitiniai keliai – jie sudaro sąlygas transporto priemonėms važiuoti greitai ir be trikdžių;
- Skirstomieji keliai – kada sankryžose yra paskirstomas eismas tarp skirtingų teritorijų ir zonų;
- Privažiuojamieji keliai – juose sudaromos sąlygos per nuovažas privažiuoti prie sodybų ar kitų teritorijų.

Techniniame reglamente teigiama, kad eismo kokybės lygis yra tiesiogiai susietas su kelio paskirtimi. Labai aukšto ar aukšto kokybės lygio keliai yra tranzitiniai keliai, vidutinio – skirstomieji keliai, minimalaus – privažiuojamieji keliai [3].

Labai aukštą eismo kokybės lygį bendrai atitinka žemiau pateikti kelio planavimo ir projektavimo sprendimai [3]:

- Leidžiamas greitis ne didesnis kaip 110/130 km/h;
- Draudžiamas pėsčiųjų, dviračių, arklių kinkinių, traktorių ir kitų lėtaeigių transporto priemonių eismas;
- Įrengiama ne mažiau kaip po 2 eismo juostas kiekviena kryptimi;
- Būtina įrengti juostą sustojimui;
- Priešingų krypčių transporto srautai atskirti skiriamąja juosta ir/arba apsauginiu atitvaru;
- Rengiamos tik skirtingų lygių sankryžos;
- Nerengiami apsisukimai kertant skiriamąją juostą viename lygyje;
- Nerengiamos sankryžos su vietiniais ir rajoniniais keliais;
- Nerengiamos autobusų sustojimų aikštelės.

Tokie reikalavimai turi būti vykdomi, planuojant nutiesti automagistralę [3].

Aukštą eismo komforto lygį bendrai atitinka šie planavimo ir projektavimo sprendiniai [3]:

- Leidžiamas ne didesnis kaip 100/110 km/h greitis;

- Draudžiamas pėsčiųjų, dviračių, arklių kinkinių, traktorių ir kitų lėtaeigių transporto priemonių eismas;
- Būtina įrengti sustojimo juostą, išskyrus IIa kelio kategoriją;
- Priešingų krypčių transporto srautai atskirti skiriamąja juosta ir/arba apsauginiu atitvaru;
- Rengiamos tik skirtingo lygio sankryžos. Techniniu, ekonominiu ir saugaus eismo požiūriais pagrindus, gali būti rengiamos žiedinės arba šviesoforais reguliuojamos sankryžos;
- Nerengiamos sankryžos su vietinės ir rajoninės reikšmės keliais, išskyrus IV kategorijos rajoninius kelius;
- Nerengiami apsisukimai kertant skiriamąją juostą viename lygyje;
- Autobusų sustojimo aikštelių būtinumas turi būti pagrįstas.

Tokie reikalavimai turi būti vykdomi planuojant ir projektuojant I ir IIa kategorijos magistralinius kelius [3].

Vidutinį eismo komforto lygį bendrai atitinka šie planavimo ir projektavimo sprendiniai [3]:

- Leidžiamas ne didesnis kaip 90 km/h greitis;
- Esant eismo intensyvumui daugiau kaip 10 000 aut./parą, draudžiamas pėsčiųjų, dviračių ir arklių kinkinių eismas;
- Rengiamos žiedinės, šviesoforais reguliuojamos, arba paprasto tipo sankryžos;
- Esant eismo intensyvumui daugiau kaip 10 000 aut./parą, nerengiamos sankryžos su vietinės reikšmės keliais.

Tokie reikalavimai turi būti vykdomi planuojant ir projektuojant II ir III kategorijos magistralinius ir visų kategorijų krašto kelius [3].

Minimalų eismo kokybės lygį bendrai atitinka šie planavimo ir projektavimo sprendiniai [3]:

- Leidžiamas mažesnis nei 90 km/h greitis;
- Pėsčiųjų ir dviračių eismas vyksta ta pačia kelio danga;
- Rengiamos paprasto tipo sankryžos.

Tokie reikalavimai turi būti vykdomi planuojant ir projektuojant visų kategorijų rajoninius kelius bei krašto kelius [3].

## 2. MIESTO KELIŲ TECHNINIO REGLAMENTO ANALIZĖ

### 2.1. Gatvių klasifikacija

Statybos techniniame reglamente STR 2.06.04:2014 teigiama, kad susisiekimo tinklas sudarytas iš: motorizuoto eismo gatvių ir kelių (A, B, C, D kategorijos), nemotorizuoto eismo gatvių (E, F kategorijos), takų, šaligatvių, įvairių tipų eismo zonų ir aikščių. Gatvių klasifikacija pateikta 4 lentelėje [4].

Susisiekimo linijos yra suskirstytos į 6 pagrindines kategorijas [4]:

- A – greito eismo gatvės;
- B – pagrindinės gatvės;
- C – aptarnaujančios gatvės;
- D – pagalbines gatvės;
- E – pagrindinės pėsčiųjų ir dviračių eismo gatvės ir takai;
- F – pagalbinių pėsčiųjų ir dviračių eismo takai.

4 lentelė [4]

Gatvių klasifikacija

Grupės	Kategorijos	Indeksas	Pagrindinė paskirtis
Motorizuoto eismo	Greito eismo gatvės	A	Miesto ilgi ir pastovūs transporto ryšiai bei ryšiai su svarbiausiais keliais. Tranzitinis eismas.
	Pagrindinės gatvės	B	Susisiekimas tarp miesto funkcinų zonų, rajonų, centrų, didžiųjų transporto stočių. Ryšiai su užmiesčio keliais.
	Aptarnaujančios gatvės	C	Miesto plano funkcinės ir kompozicinės ašys. Pagrindinės keleivių viešojo susisiekimo linijos. Miesto vidaus transporto ryšiai.

## Gatvių klasifikacija

	Pagalbinės gatvės	D	Lokalinės funkcinės ir kompozicinės ašys. Srautų paskirstymas į smulkias teritorijas, privažiavimai prie atskirų statinių ir kitų objektų.
Nemotorizuoto eismo	Pagrindinės pėsčiųjų ir dviračių eismo gatvės, ir takai	E	Susisiekimas pėsčiomis, dviračiais ir kitomis biotransporto rūšimis tarp atskirų miesto dalių, su miesto centru, darbo ir poilsio vietomis. Netolimas susisiekimas su priemiesčio zona.
	Pagalbiniai pėsčiųjų ir dviračių eismo takai	F	Vietinis susisiekimas tarp namų grupių, lokaliųjų centrų.

Kiekviena kategorija turi indeksus „1“, „2“ arba „3“, priklausomai nuo to, koks yra projektinis greitis. Kategorijų indeksai apibūdinami pagal 8 lentelėje aprašytus techninius parametrus [4].

## 2.2. Atstumai tarp sankryžų

Šiame dokumente teigiama, kad atstumai tarp sankryžų, įvažiavimų ar išvažiavimų dešiniaisiais posūkiais turi būti ne mažesni nei tokie, kokie yra pateikti 7 lentelėje. Tuo atveju, jeigu nepavyksta išlaikyti 7 lentelėje nurodytų atstumų, privalo būti taikomos papildomos eismo saugumo priemonės [4].

Minimalūs atstumai tarp sankryžų, išvažiavimų ir įvažiavimų (7 lentelė) [4]:

## Atstumai tarp sankryžų

Kategorija	Minimalus atstumas tarp sankryžų, m	Minimalus atstumas tarp įvažiavimų/išvažiavimų dešiniaisiais <sup>3,4</sup> ) posūkiais, m <sup>1)</sup>
A <sub>1</sub>	1500 (S)	N
A <sub>2</sub>	1000 (S)	N
B <sub>1</sub>	800	200
B <sub>2</sub>	600	150
C <sub>1</sub>	400	120 (60 <sup>2</sup> )
C <sub>2</sub>	200	100 (50 <sup>2</sup> )
D <sub>1</sub>	100	–
D <sub>2</sub>	50	–
D <sub>3</sub>	–	–

Paaiškinimai [4]:

S – Sankryžos skirtingų lygių;

N – Negalimas arba Nereglamentuojamas (išimtyms taikomos įrengiant degalines su lėtėjimo ir greitėjimo juostomis).

Toliau dokumente teigiama, kad 7 lentelėje nurodytos reikšmės taip pat yra taikomos įrengti pirmam įvažiavimui ar išvažiavimui prieš sankryžą ir už sankryžos. Įrengiant išvažiavimą prieš sankryžą reikia įvertinti besiformuojančių automobilių eilių ilgį (šis aspektas 7 lentelėje pažymėtas viršutiniu indeksu 1). Taip pat, kai dešiniaisiais posūkiais įvažiuojančio transporto srauto eismo intensyvumas piko metu nėra didesnis už 20 aut./h (šis aspektas 7 lentelėje pažymėtas viršutiniu indeksu 2). Įvažiavimai ar išvažiavimai kairiaisiais posūkiais be šviesoforinio reguliavimo gali būti įrengiami 7 lentelėje nurodytais atstumais, kai yra tenkinamos visos žemiau išvardintos sąlygos (šis aspektas 7 lentelėje pažymėtas viršutiniu indeksu 3) [4]:

- gatvės eismo juostų skaičius abiem kryptimis neviršija 4 eismo juostų;
- leistinas greitis neviršija 50 km/h;
- jei tai nėra avaringas ruožas („juodoji dėmė“).

Tuo atveju, jeigu įvažiavimams kairiaisiais posūkiais įrengti reikalingas šviesoforinis reguliavimas, minimaliems atstumams tarp įvažiavimų taikomi tokie patys reikalavimai kaip ir atstumams tarp sankryžų (šis aspektas 7 lentelėje pažymėtas viršutiniu indeksu 4) [4].



## 2.3. Pagrindiniai techniniai parametrai

Pagrindiniai gatvių techniniai parametrai nurodyti 8 lentelėje [4]:

8 lentelė [4]

Techniniai parametrai pagal gatvės kategoriją

Gatvės kategorija	Projektinis greitis, km/h	Eismo skaičius juostų sk.		Eismo juostų plotis (m)	Maksimalus išilginis nuolydis, %	Minimali horizontali kreivė, m
		Min	Max			
A <sub>1</sub>	100	4	6 <sup>2</sup>	3,75	4	500
A <sub>2</sub>	80	4	6 <sup>2</sup>	3,75	4	400
B <sub>1</sub>	70	4	6 <sup>2</sup>	3,25–3,50	5	300
B <sub>2</sub>	60	2	6 <sup>2</sup>	3,25–3,50	6	200
C <sub>1</sub>	60	2	6	3,00–3,50	6	200
C <sub>2</sub>	50	2	4	3,00–3,50	7	120
D <sub>1</sub>	40	2	4	3,00–3,25	8	60
D <sub>2</sub>	30	2	2	2,75–3,00	10	30
D <sub>3</sub> *	20	1	2	2,50–2,75	12	10
E <sub>1</sub>	30	2+2	2+4	0,75/1,50	4	20
E <sub>2</sub>	20	2+2	2+4	0,75/1,25	4	10
F <sub>1</sub>	30	2+2	2+4	0,75/1,50	5	20
F <sub>2</sub>	20	1+1	1+1	0,75/1,25	5	10

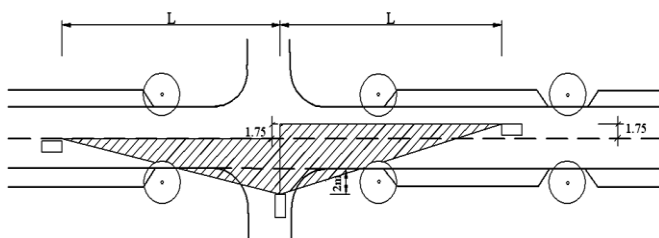
Paaiškinimai [4]:

\* – Taikoma susiformavusiose gyvenamosiose teritorijose, užstatytose vienbučiais ir dvibučiais gyvenamaisiais pastatais, mėgėjiško sodo teritorijose, senamiesčiuose.

Pasak techninio reglamento, eismo juostų skaičius gali būti didinamas (8 lentelėje šis aspektas yra pažymėtas viršutiniu indeksu 2). Vienos eismo juostos gatvėse ir pravažiavimuose eismo juostos plotis yra 3,5 metro (3 metrai siaurose vietose). Takai ar šaligatviai šalia gatvės važiuojamosios dalies yra projektuojami pagal gatvės išilginį nuolydį, tačiau ne didesni nei 8 %. Projektinis greitis, kuris yra nurodytas 8 lentelėje, gali būti mažinamas tuo atveju, jeigu gatvės projektuojamos tankiai (kai gyventojų tankis teritorijoje viršija 70 gyv./ha) užstatytose teritorijose, sudėtingose gamtinėse sąlygose (kalnuotoje ar kalvotoje, vandens telkinių perskirtose ir panašiose teritorijose) ir nėra realių galimybių jį pasiekti. Esant sudėtingam reljefui, maksimalūs išilginiai gatvių nuolydžiai atskirose atkarpose gali būti didesni 2 % negu nurodyta 8 lentelėje (kai bendrosios eismo sąlygos yra pakankamos saugiam eismui) [4].

## 2.4. Matomumo laukas

Techniniame reglamente teigiama, kad sankryžose turi būti užtikrintas matomumo laukas, kuriame negali būti jokių pastovių kliūčių, didesnių nei 80 centimetrų ir stovinčių automobilių. Tokios kliūtys yra įvardintos kaip medžiai, krūmai, statiniai. Žemiau yra pateikta matomumo skaičiavimo schema (2.1 pav.) [4].



2.1 pav. Matomumo skaičiavimo schema [4]

Šioje schemoje turi būti šie parametrai [4]:

- lengvojo automobilio vairuotojo akių aukštis virš važiuojamosios dalies – 1,0 m;
- krovinio automobilio vairuotojo akių aukštis virš važiuojamosios dalies – 2,0 m;
- kliūtis aukštis virš važiuojamosios dalies – 0,15 m;
- priešpriešinės transporto priemonės aukštis virš važiuojamosios dalies – 1,0 m;

Artinantis prie sankryžos, mažiausia matomumo atkarpa turi būti tokia, kaip nurodyta 9 lentelėje [4]:

9 lentelė [4]

Mažiausia matomumo atkarpa atsižvelgiant į gatvės ruožo leistiną greitį

Leistinas greitis, km/h	20	30	40	50	60	70	80
Mažiausia matomumo atkarpa, artėjant prie sankryžos, m	10	30	50	70	85	110	135

Pasak reglamento, tose vietose, kur negalima sudaryti matomumo lauko, privalo būti įrengtos eismą reguliuojančios ar kitokios priemonės eismo saugumui užtikrinti. Tuo atveju ir nuolydis negali būti didesnis nei 4 %, o sankryžos zonos ilgis turi būti lygus papildomų eismo juostų (kartu su atlanka) ilgiui. Atvejais, kada papildomų eismo juostų nėra, sankryžos zonos ilgis turi būti nemažiau 25 metrai nuo važiuojamųjų dalių susikirtimo [4].

Reglamente teigiama, kad sankryžose dešiniems posūkiams atlikti važiuojamųjų dalių sankirtų kampai turi būti užapvalinti vienu iš dviejų nurodytų būdų [4]:

- viena apskritimine kreive, kurios spindulys turi parenkamas vadovaujantis 10 lentele;
- keliomis skirtingų spindulių kreivėmis, kurių spinduliai parenkami pagal automobilių posūkių trajektorijas, su tikslu sumažinti važiuojamosios dalies plotį.

Žemiau yra pateikta lentelė, kurioje nurodyti dešiniųjų posūkių spinduliai [4].

10 lentelė [4]

Dešiniųjų posūkių spinduliai pagal gatvės kategoriją

Gatvės kategorija	D <sub>3</sub>	D <sub>1</sub> –D <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> –C <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> –B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> –A <sub>2</sub>
Dešiniojo posūkio spindulys, m	4–6	6–8	8–10	10–12	12–15

Prenkant dešiniojo posūkio spindulį yra atsižvelgiama į kelio kategoriją ir transporto srauto struktūrą [4].

Šiame dokumente taip pat teigiama, kaip turi būti parenkamos papildomos eismo juostos sankryžose. Tai atliekama remiantis sankryžų transporto ir pėsčiųjų eismo pralaidumo skaičiavimais,

kartu dar atsižvelgiant ir į saugaus eismo reikalavimus. Papildomų eismo juostų plotis turi būti analogiškas pagrindinių eismo juostų pločiui arba 0,25 metro siauresnis, o ilgis nustatytas skaičiavimais, tačiau ne mažesnis kaip 50 metrų kai eismas reguliuojamas šviesoforais ir ne mažesnis kaip 20 metrų (išskirtiniais atvejais 10 metrų) kai eismas reguliuojamas pirmumo ženklais [4].

Papildomos eismo juostų atlankos pateiktos 11 lentelėje [4]:

11 lentelė [4]

Papildomos eismo juostos atlanka

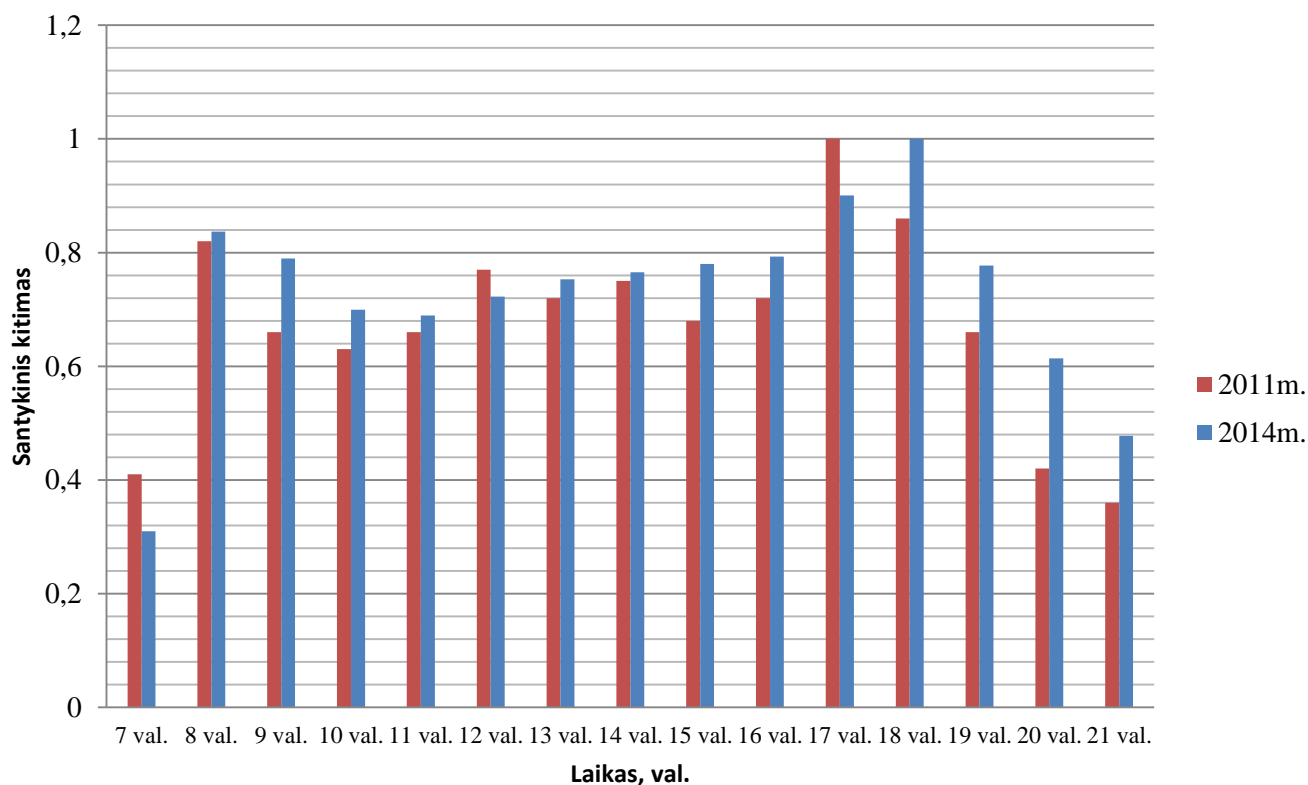
Projektinis greitis, km/h	30	40	50	60	70	80	90	100
Papildomos eismo juostos atlanka	1:5	1:8	1:10	1:15	1:15	1:20	1:20	1:25

Papildomos eismo juostos parenkamos atsižvelgiant į gatvės projektinį greitį [4].



intensyviausia, bet ji nebuvo pasirinkta todėl, kad joje nėra techninių galimybių eismo srautui stebėti. Pasirinktoje atkarpoje (Islandijos pl.), tokios galimybės yra, nes galima eismo srautą stebėti nuo viaduko arba pėsčiųjų tilto [7].

3.2 pav. pateikti statistiniai duomenys apie 2011 m. ir 2014 m. eismo intensyvumo pasiskirstymą. 2011 m. ir 2014 m. nuo 7 iki 21 valandos [7].

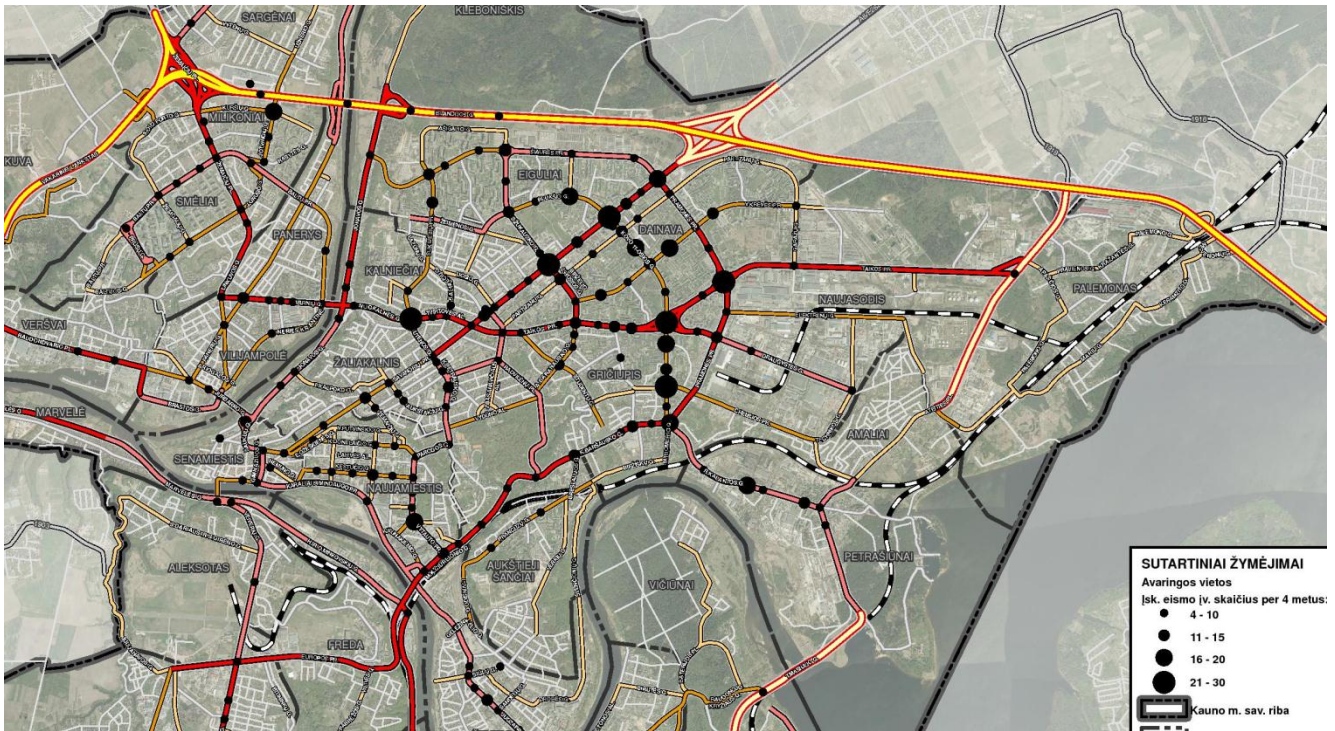


3.2 pav. Eismo intensyvumo kitimas per parą 2011 m. ir 2014 m. [5,7]

Statistiniai duomenys rodo, kad eismo intensyvumas labai priklauso nuo paros meto. 3.1 pav. pateiktoje diagramoje matoma, jog tiek 2011 m., tiek 2014 m. vakare (17 val. – 18 val.) eismo intensyvumas būna didžiausias. Panašiai ir ryte (8 val. – 9 val.). Eismo intensyvumo padidėjimas taip pat jaučiamas ir dienos metu. Remiantis 2011 m. statistika, eismo intensyvumas dienos metu išauga 12 val. (0,77 didžiausios reikšmės). Tačiau 2014 m. statistikoje teigiama, kad 12 val. – 13 val. eismo intensyvumas siekia 0,72 – 0,75 didžiausios reikšmės [7].

### 3.2. Avaringumas (2007 m. – 2010 m.)

Remiantis 2007 m. – 2010 m. statistiniais duomenimis, „juodų dėmių“ žemėlapyje, Islandijos pl. pažymėtos 4 juodos dėmės: prie viaduko ties PLC „Mega“, ties nuvažiavimu į Panerių g., ties nuvažiavimu į Jonavos g. ir greta pėsčiųjų viaduko į kleboniško mišką [5].



3.3 pav. Kauno miesto avaringų ruožų schema [5]

Pagal sutartinius žymėjimus, šiose vietose įvyko nuo 4 iki 10 įskaitinių eismo įvykių. Avaringumo žemėlapyje matoma, jog įskaitiniai eismo įvykiai daugiausiai įvyksta tose vietose ties įvažiavimais/nuvažiavimais, kur yra greitėjimo/lėtėjimo juostos. Pačiame mieste yra daug didesnių juodų dėmių, nes ten yra daugiau trikdžių – sankryžos, kai kurios iš jų sudėtingos, šviesoforai, pėsčiųjų perėjos. Anot avaringumo žemėlapio, net ir Islandijos pl. įskaitinių eismo įvykių kartais neišvengiama. Viena iš priežasčių – dideli greičiai ir saugaus atstumo iki priešais važiuojančio automobilio nesilaikymas [5].



### 3.3. Matematinis aprašas

Analitiniai tyrimai, įvertinantys jungties ir joje esančių trikdžių poveikį paremti trimis transporto srauto judėjimą aprašančiais parametrais: eismo intensyvumas ( $N$ ), srauto tankis ( $Q$ ) ir srauto judėjimo greitis ( $v$ ) [1].

**Eismo intensyvumas** ( $N$ ) – transporto priemonių skaičius, pravažiuojantis per gatvės atkarpą nustatytu laiku. Gali būti fiksuojama metų, mėnesio, savaitės, paros ar valandos eismo intensyvumo trukmė. Pikas yra padidėjusio eismo intensyvumo laikotarpis – rytinis pikas ir vakarinis pikas. Tam, kad būtų sklandžiai vykdomas eismo organizavimas, gatvių tiesimas bei rekonstravimas, miestų savivaldybėse turi būti atliekama periodinė eismo intensyvumo apskaita ir jo augimo prognozė. Eismo intensyvumas prognozuojamas vadovaujantis tiesioginiais eismo stebėjimo ir srautų modeliavimo metodais. Eismo intensyvumo duomenys kaupiami ir apdorojami, rengiant teritorijų planavimo dokumentus: bendruosius planus, detaliuosius planus ir gatvių techninius darbo projektus, pagrindžiant gatvių techninius parametrus, nustatant gatvių bei sankryžų pralaidumą [1].

Eismo intensyvumo netolygumą nusako netolygumo koeficientas  $K_n$  [1].

$$K_n = N_f / N_{vid.} \quad (3.1)$$

Čia [1]:

$N_f$  – faktinis eismo intensyvumas, aut./nagr. laik.;

$N_{vid.}$  – vidutinis eismo intensyvumas per ilgesnį laikotarpį, aut./nagr.laik..

Paros netolygumo koeficientas (3.2 formulė) [1]:

$$K_{n.p.} = \frac{N_{val.} \cdot 24}{N_p} \quad (3.2)$$

Čia [1]:

$N_{val.}$  – intensyvumas per nagrinėjamą valandą, aut./h.;

$N_p$  – suminis eismo intensyvumas per parą, aut./parą;



24 – valandų skaičius paroje.

Metinis netolygumo koeficientas (3.3 formulė) [1]:

$$N_{n.m} = \frac{N_{men} \cdot 12}{N_{metų}} \quad (3.3)$$

Čia [1]:

$N_{metų}$  – suminis intensyvumas per metus, aut./metus;

$N_{men}$  – intensyvumas per nagrinėjamą mėnesį aut./mėn..

**Srauto tankis** ( $Q$ ) – transporto priemonių skaičius tam tikru priimtu laiko momentu nagrinėjamoje gatvės atkarpoje. Eismo srauto tankis nusako nagrinėjamos gatvės apkrovimą transporto priemonėmis. Nagrinėjamos atkarpos ribinis tankis atitinka nejudančių, viena šalia kitos stovinčių transporto priemonių skaičių. Didėjant eismo tankiui, didėja ir transporto priemonių tarpusavio įtaka sraute, mažėja galimybė transporto priemonei sėkmingai atlikti manevrą, o tai mažina ir gatvės pralaidumą. Srauto tankį nusako gatvės apkrovimo lygis  $P$  [1].

$$P = q_{fakt.}/q_{max} \quad (3.4)$$

Čia [1]:

$q_{fakt.}$  – faktinis gatvės apkrovimas;

$q_{max}$  – lengviesiems automobiliams 200 aut./km. Sunkvežimiams su priekaba – 40 aut./km.

Greitis yra vienas svarbiausių parametų, kurį nusako nuvažiuotas gatvės atkarpos ilgis padalintas iš laikotarpio, per kurį šis atstumas yra nuvažiuojamas. Miestuose transporto srauto

judėjimo greičius veikia daug įvairių faktorių (gatvių parametrai, transporto srautų intensyvumas ir struktūra, eismo reguliavimo būdas) [1].

Taigi eismo intensyvumą  $N$  nusako 3.5 priklausomybė [1]:

$$N=Q \cdot v \quad (3.5)$$

Čia [1]:

$N$  – eismo intensyvumas nagrinėjamoje gatvės atkarpoje, aut./h;

$Q$  – srauto tankis, vnt./km;

$v$  – srauto judėjimo greitis, km/h.

Iš šios lygties matyti, kad jungties laidumas, kurį nusako eismo intensyvumas nagrinėjamoje gatvės atkarpoje ( $N$ ), priklauso nuo transporto priemonių skaičiaus atkarpoje (srauto tankio) ( $Q$ ) ir jų judėjimo greičio ( $v$ ) [1].

Srauto tankis priklauso nuo transporto priemonių gabaritų, kuriems daro įtaką jų matmenys bei judėjimo greitis. Judėjimo greičio įtaką apibūdina parametras, vadinamas dinaminiu gabaritu [1].

**Dinaminis gabaritas** ( $D$ ) – tai minimali būtina eismo juostoje esanti atkarpa, kuri turi užtikrinti saugų eismą, kai priekyje važiuojantis automobilis staigiai stabdo (3.6 formulė) [1].

$$D = L + tv + cv^2 \quad (3.6)$$

Čia [1]:

$L$  – transporto priemonės ilgis, m;

$t$  – reakcijos laikas, s;

$c$  – stabdymo koeficientas.

Transporto priemonės dėl skirtingų konstrukcijų turi skirtingas stabdymo savybes. Dinaminio gabarito reikšmė labai priklauso ir nuo kelio dangos būklės, vairuotojo fiziologinės būklės.

Siekiant atsižvelgti į skirtingą įvairių tipų transporto priemonių įtaką srautui, skiriamos trys transporto srauto grupės: mišrus srautas – 30–70 % lengvųjų automobilių ir 70–30 % krovininių automobilių; daugiausia krovininiai automobiliai (>70 %), daugiausia lengvieji automobiliai (>70 %) [1].

Kai gatve juda mišrus transporto srautas, tuomet jis yra perskaičiuojamas į lengvųjų automobilių srautą, naudojant perskaičiavimo koeficientus [1]:

- Lengvieji automobiliai 1,0
- Sunkvežimiai:
  - iki 2 t 1,5
  - 2–5 t 2,0
  - 5–8 t 2,5
  - 8–14 t ir daugiau 3,5
- Autobusai 2,5
- Troleibusai 2,5
- Sujungtieji autobusai, troleibusai 4
- Motociklai ir mopedai 0,5
- Dviračiai 0,3

Vienos važiavimo juostos laidumas tiesioje gatvės atkarpoje priklauso nuo transporto srauto struktūros ir jo vidutinio greičio (3.7 formulė) [1].

$$K_s = \frac{3600 \cdot v}{L + a_1 + t \cdot v + c \cdot v^2} \quad (3.7)$$

Čia [1]:

$v$  – srauto judėjimo greitis, m/s;

$L$  – transporto priemonės ilgis, m;

$a_1$  – saugus atstumas tarp stojančiųjų transporto priemonių (~2,0 m);

$t$  – reakcijos laikas, s;

$K_s$  – gatvės laidumo koeficientas, kuriuo įvertinamas laidumo sumažėjimas dėl trikdžių.

Kai gatvėje yra vienalytis transporto srautas, tokiu atveju yra didesnis jos laidumas: lengvųjų automobilių 1200 – 1500 aut./h, sunkvežimių 600 – 800 aut./h, autobusų 200 – 300 aut./h, troleibusų 110 – 130 aut./h [1].

Ši metodika naudojama analitiniuose tyrimuose (5 skyrius), kuriuose yra vertinamas eksperimentinių tyrimų metu tirtų gatvės atkarpų pralaidumas ir trikdžių poveikis transporto srauto judėjimui.

### 3.4. Darbo objekto tyrimo metodika

Tyrimo metu buvo fiksuojamas eismo intensyvumas A1 greitkelyje esančioje atkarpoje (Islandijos pl.). 12 lentelėje pateikiama informacija apie tyrimo objektą:

12 lentelė

Informacija apie tyrimo objektą

Gatvės atkarpa	Islandijos pl.
Gatvės atkarpos ilgis, km	6,36
Sankryža nuo	Žemaičių pl.
Sankryža iki	Savanorių pr.
Leistinas greitis, km/h	80
Judėjimas (vienpusis/dvipusis)	Dvipusis
Vienos krypties juostų sk., vnt.	2
Juostų sk., vnt.	4
Vidutinis metinis paros eismo intensyvumas 2014 m. (aut./parą)	47384

Kadangi nagrinėjama gatvės atkarpa yra magistraliniame kelyje, todėl ji turi tik skirtingų lygių sankryžas ir pėsčiųjų perėjas, nuovažas, greitėjimo/lėtėjimo juostas. Taigi tokiu atveju, nėra trikdžių, kurie galėtų pristabdyti transporto srauto judėjimą. Vienintelis trikdys, kuris gali pristabdyti srauto judėjimą – tai eismo įvykiai.

Naudojamos formulės analitiniams skaičiavimams:

Mišraus eismo srauto perskaičiavimas į vienalytį eismo srautą (3.8 formulė) [1]:

$$N = L_N + 3 \cdot S_N \quad (3.8)$$

Čia [1]:

$N$  – eismo intensyvumas nagrinėjamoje gatvės atkarpoje, aut./h;

$L_N$  – lengvųjų automobilių eismo intensyvumas, aut./h;

$S_N$  – sunkvežimių eismo intensyvumas, aut./h.

Kadangi šioje gatvės atkarpoje juda mišrus transporto priemonių srautas, sunkvežimiai yra perskaičiuojami į lengvuosius automobilius. Tokiu atveju yra taikomas perskaičiavimo koeficientas 3 [1].

Eismo intensyvumas  $N_{1EJ}$  vienai eismo juostai [1]:

$$N_{1EJ} = \frac{N}{4} \quad (3.9)$$

Čia [1]:

$N_{1EJ}$  – eismo intensyvumas vienai eismo juostai, aut./h;

$N$  – nagrinėjamos gatvės atkarpos eismo intensyvumas, kai srautas juda viena kryptimi 2 eismo juostomis, aut./h.

Dalinama iš 4 todėl, kad nagrinėjamoje gatvės atkarpoje yra 4 eismo juostos [1].

Priimtas 5 minučių intervalas, todėl vienos eismo juostos pralaidumo galimybės per 5 minutes skaičiuojamos [1]:

$$N_{5min} = \frac{N}{12} \quad (3.10)$$

Čia [1]:

$N_{5min}$  – eismo intensyvumas 5 minučių laikotarpyje, aut./h;

$N$  – eismo intensyvumas nagrinėjamoje gatvės atkarpoje, aut./h.

Dalinama iš 12, nes laikrodis turi 12 lygių dalių, o kiekviena dalis yra kas 5 minutes.

Eismo spūstis automobilių skaičiumi [1]:

$$l_{aut.} = N_{5min} - N_{max} \quad (3.11)$$

Čia [1]:

$l_{aut.}$  – spūsties ilgis automobilių skaičiumi, vnt.;

$N_{5min}$  – gatvės atkarpos eismo intensyvumas 5 minučių intervale, aut./5 min;

$N_{max}$  – maksimalus eismo intensyvumas 5 minučių intervale, aut./5 min.

Modeliuojant priimtas konkretus skaičius, kuris nurodo, per kiek laiko spūstis turėtų išsisklaidyti.

Transporto spūsties ilgis 2 eismo juostomis [1]:

$$l = \frac{l_{aut.} \cdot D}{2} \quad (3.12)$$

Čia [1]:

$l_{aut.}$  – spūsties ilgis gatvės atkarpoje automobilių skaičiumi, vnt.;

$D$  – automobilio dinaminis gabaritas, m.

Dalinama iš 2, nes eismo spūstis pasidalina į 2 eismo juostas.

## 4. EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI

Nagrinėjamoji gatvės atkarpa, kelio A1 Vilnius-Kaunas-Klaipėda atkarpa tarp sankryžų su keliais A6 Kaunas – Zarasai – Daugpilis ir A5 Kaunas – Marijampolė – Suvalkai pateikta 4.1 pav.



4.1 pav. Nagrinėjamoji gatvės atkarpa (Islandijos pl.) [6]

Stebėjimo posto vieta, kelio A1 Vilnius – Kaunas – Klaipėda sankirtoje su Kauno miesto gatvėmis (Jotvingių g. ir Užnerio g.) nurodyta raudonu taškeliu 4.2 pav.



4.2 pav. Stebėjimo postas [6]

Eksperimentinių tyrimų metu buvo fiksuojamas eismo intensyvumas, transporto priemonių judėjimo greitis ir transporto srauto sudėtis. Laikas, kada buvo fiksuojami šie parametrai, tai pietinis pikas nuo 12:00 iki 13:00 valandos ir vakarinis pikas nuo 17:00 iki 18:00 valandos. Toks laikas buvo pasirinktas todėl, kad remiantis statistiniais duomenimis, šie laiko tarpai yra intensyviausi. Diena, kada buvo fiksuojami šie parametrai – vasario 25 - oji, trečiadienis. Pasirinktas prietaisas stebėjimui – „Go Pro Hero 3+“ kamera, o stebėjimo postas buvo viadukas ties prekybos ir laisvalaikio centru „MEGA“.

#### 4.1. Eksperimentinių tyrimų metu gautų rezultatų įvertinimas

Eksperimentinių tyrimų metu gauti tokie rezultatai (13 lentelė):

13 lentelė

Eksperimentinių tyrimų rezultatai

Eil. Nr.	Kryptis	Laikas	Eismo intensyvumas ( $N$ ), aut./h		Transporto srauto judėjimo greitis $v$ , km/h
			$L_N$	$S_N$	
1.	Vilniaus	12:00 – 13:00	1330	247	92,8
		17:00 – 18:00	1864	185	97,2
2.	Klaipėdos	17:00 – 18:00	1311	313	97,2
		12:00 – 13:00	2462	269	100,1

$L_N$  – lengvųjų automobilių eismo intensyvumas, aut./h;

$S_N$  – sunkvežimių eismo intensyvumas, aut./h.

Eksperimentinių tyrimų metu nustatyta, kad lengvieji automobiliai sudaro 80 % eismo srauto.



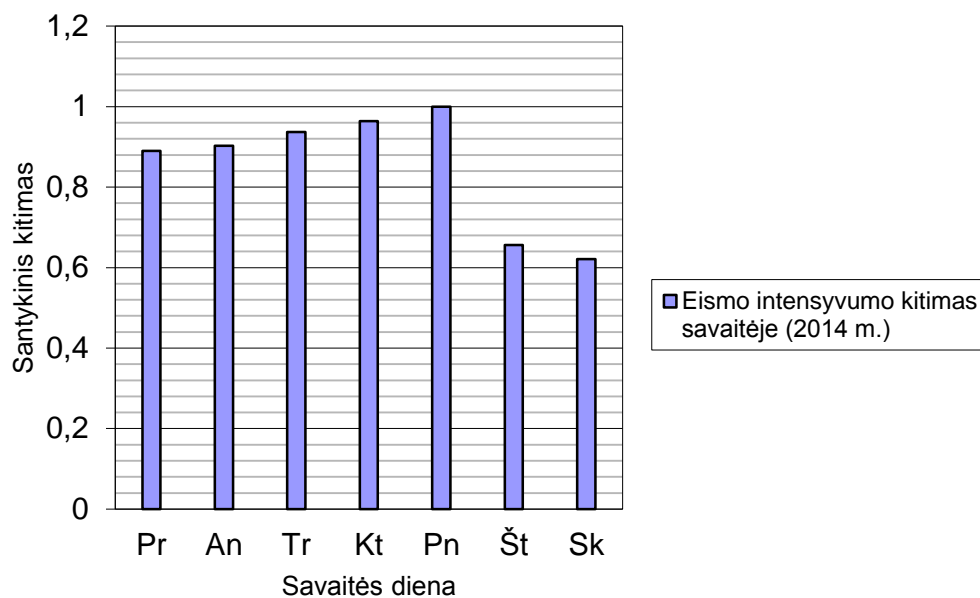
Lietuvos automobilių kelių direkcijos (LAKD) 2014 m. gauti duomenys pateikti 14 lentelėje (eismo intensyvumo kitimas 2014 m. per parą), 4.3 pav., 4.4 pav..

14 lentelė [7]

Eksperimentinių tyrimų metu gauto eismo intensyvumo palyginimas su 2014 m. eismo intensyvumo statistika

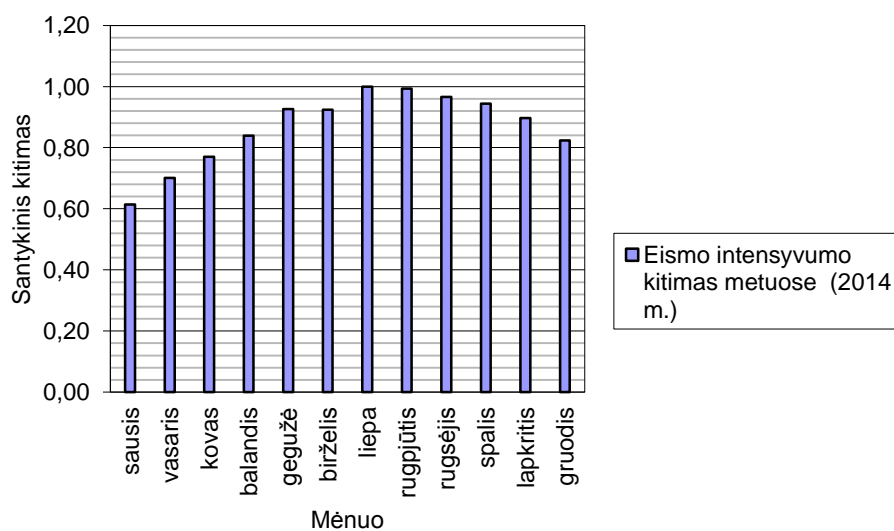
Laikas, val.	Eismo intensyvumas gautas eksperimentinių tyrimų metu, aut./h	Eismo intensyvumas 2014 m., aut./h
1 val.		375
2 val.		261
3 val.		207
4 val.		214
5 val.		269
6 val.		530
7 val.		1210
8 val.		3267
9 val.		3083
10 val.		2730
11 val.		2691
12 val.		2821
13 val.	3201	2940
14 val.		2987
15 val.		3045
16 val.		3096
17 val.		3515
18 val.	4780	3904
19 val.		3035
20 val.		2397
21 val.		1864
22 val.		1404
23 val.		953
24 val.		586

Palyginus Lietuvos automobilių kelių direkcijos 2014 m. duomenis su gautais rezultatais eksperimentinių tyrimų metu, matyti, kad pietinio piko metu, eismo intensyvumas yra padidėjęs 13 %, vakarinio piko metu – padidėjęs 36 % [7].



4.3 pav. eismo intensyvumo kitimas per savaitę

LAKD 2014 m. duomenys rodo, kad eismo intensyvumas per savaitę kinta apie 10 % darbo dienomis nuo maksimalios reikšmės [7].



4.4 pav. eismo intensyvumo kitimas per metus

LAKD 2014 m. duomenys rodo, kad eismo intensyvumas per metus kinta apie 40 % mėnesiais nuo maksimalios reikšmės [7].

## 5. ANALITINIAI TYRIMAI

Pradedant transporto srauto modeliavimą būtina tiriamą gatvių ar kelių tinklą suskirstyti į tas pačias savybes turinčias atkarpas, kuriose nesikeičia eismo intensyvumas, eismo juostų skaičius ir leistinas greitis. Transporto srauto parametrų modeliavimas susideda iš trijų etapų [2]:

1. Didžiausio galimo srauto pralaidumo, kai vyksta nusistovėjęs srauto judėjimas, įvertinimas gatvės ar kelio atkarpoje [2]:
  - Eismo intensyvumas ir jo sudėtis;
  - Leistinas greitis ir eismo juostų skaičius.
2. Trikdžių analizė [2]:
  - Trikdžio poveikio srauto judėjimui infrastruktūros požiūriu įvertinimas;
  - Trikdžio poveikio srauto judėjimui transporto įtakos požiūriu įvertinimas (generuojamų trikdžių dažnis: skirtingu greičiu judančios transporto priemonės, pėstieji ir pan.).
3. Transporto srauto greičio nustatymas [2].

Trikdžių poveikis srauto judėjimui įvertinamas dviem dydžiais: atkarpos ilgis, kuriame nevyksta nusistovėjęs srauto judėjimas ir greitis atitinkamose kelio atkarpose [2].

Modeliavimo rezultatai gali būti taikomi [2]:

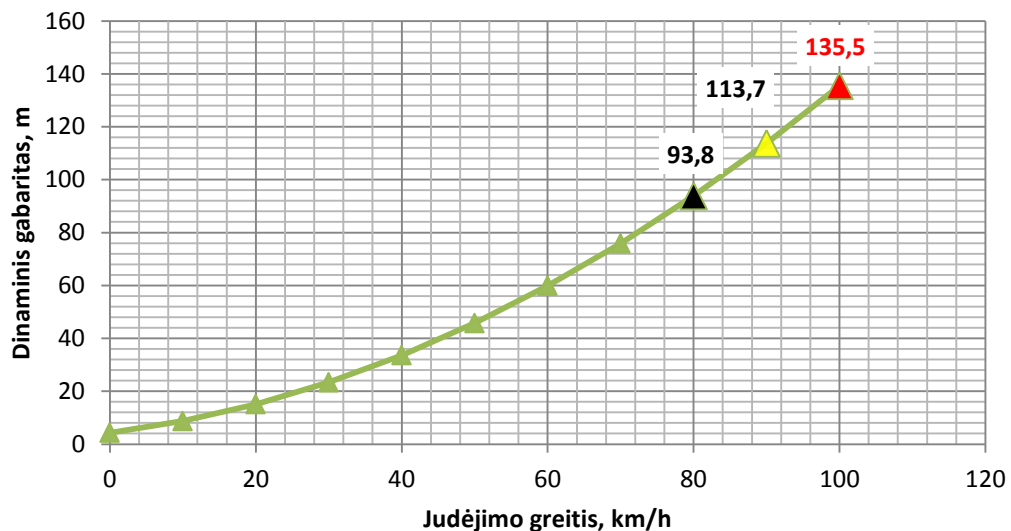
1. Esamų susisiekimo sistemų analizei [2]:
  - Atitikimo techniniams reglamentams įvertinimui;
  - Infrastruktūros išnaudojimo lygio nustatymui;
  - Modernizavimo galimybių įvertinimui.
2. Susisiekimo sistemų modernizavimui [2]:
  - Infrastruktūros tobulinimo priemonių parinkimui ir poveikio įvertinimui;
  - Transporto srautų valdymo tobulinimo vertinimui;
  - Transporto srauto funkcionalumo didinimui.
3. Srauto judėjimo parametrų ekonominių, aplinkosauginių, avaringumo, energetinio efektyvumo ir kitų rodiklių įvertinimui [2]:
  - Galimybių studijos;
  - Investiciniai projektai;
  - Paraiškos finansavimui gauti (ES, LR ir kitų fondų finansuojamiems projektams);
  - Teritorijų planavimo dokumentai (bendrieji, specialieji ir kt. planai).

4. Investiciniuose projektuose bei paraiškose pateiktų rodiklių tikrinimui [2].

### 5.1. Ribinio laidumo įvertinimas

Remiantis 3.3 skyriuje pateikta metodika nustatyti lengvųjų automobilių transporto srauto judėjimo ribiniai parametrai.

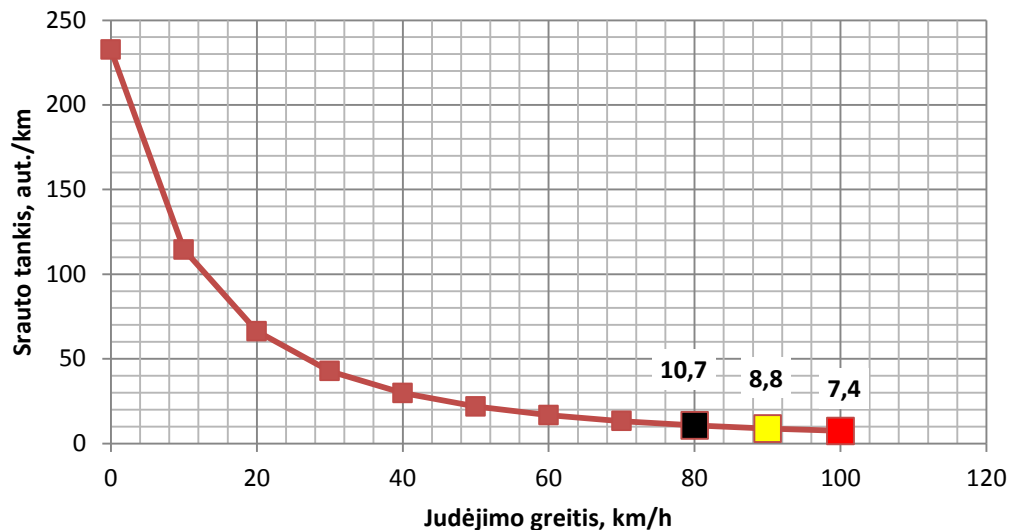
Lengvojo automobilio dinaminio gabarito (3.6 formulė) priklausomybė nuo greičio pateikta 5.1 pav.. Priimta, kad lengvojo automobilio vidutinis ilgis (gabaritas) lygus 4,3 m., reakcijos laikas  $t = 1,25$  s, stabdymo koeficientas  $c = 0,125$ .



5.1 pav. Dinaminio gabarito priklausomybė nuo judėjimo greičio

Dinaminio gabarito priklausomybė nuo srauto judėjimo greičio rodo, kad kuo didesnis greitis, tuo didesnis turi būti automobilio dinaminis gabaritas. Gatvės atkarpoje leistinas greitis 80 km/h, taigi judant tokiu greičiu dinaminis gabaritas lygus 93,8 m. Eksperimentiniais tyrimais greitis gautas 92,8 km/h, todėl judant tokiu greičiu dinaminis gabaritas lygus 113,7 m, o judant 100,1 km/h greičiu, dinaminis gabaritas lygus 135,5 m.

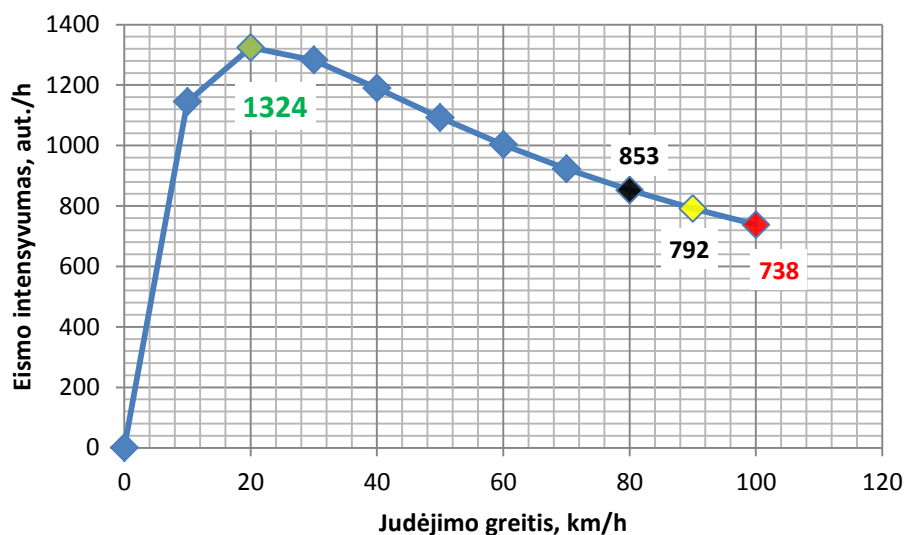
Remiantis dinaminio gabarito priklausomybe nustatyta didžiausio (ribinio) lengvųjų automobilių tankio priklausomybė nuo greičio (5.2 pav.).



5.2 pav. Srauto tankio priklausomybė nuo važiavimo greičio

Srauto tankio priklausomybė nuo judėjimo greičio rodo, kad kuo didesniu greičiu juda srautas tuo ribinis tankis bus mažesnis, siekiant, kad važiavimas būtų saugus. Juodai pažymėtas ribinis tankis prie leistino greičio gatvės atkarpoje (80 km/h) lygus 10,7 aut./km, prie eksperimentiniais tyrimais gautų greičių – atitinkamai 8,8 ir 7,4 aut./km.

Remiantis dinaminio gabarito priklausomybe, nustatytas ribinis eismo intensyvumas prie tam tikro greičio. Jis pavaizduotas 5.3 pav. esančiame grafike:



5.3 pav. Eismo intensyvumo priklausomybė nuo važiavimo greičio

5.3 pav. matyti, kad didžiausias ribinis eismo intensyvumas pasiekiamas ties 20 km/h. Tokiu greičiu dar gali pravažiuoti 1324 automobiliai. Kadangi šioje gatvės atkarpoje leistinas greitis

yra 80 km/h, tokiu greičio gali pravažiuoti 853 automobiliai, eksperimentinių tyrimų metu gautais srauto greičiais (92,8 km/h, 100,1 km/h) ribiniai eismo intensyvumai atitinkamai yra 792 ir 738 aut./h.

## 5.2. Nagrinėjamos atkarpos pralaidumo įvertinimas

Eksperimentinių tyrimų metu, nagrinėjamoje gatvės atkarpoje nustatytas eismo intensyvumas, vidutinis greitis abiejomis kryptimis ir eismo srauto sudėtis. Analitinių tyrimų metu analizuojamas vienalytis srautas – sunkvežimiai perskaičiuoti į lengvuosius automobilius priėmus perskaičiavimo koeficientą 3 [1].

Perskaičiuotas eismo intensyvumas ( $N$ ) pateiktas 14 lentelėje:

14 lentelė

Eismo intensyvumas

Kryptis	Eismo intensyvumas ( $N$ ) (2 eismo juostomis), aut./h	
	12:00 – 13:00	17:00 – 18:00
Vilniaus	2071	2419
Klaipėdos	2250	3269

Taikant šią metodiką, modeliuojama situacija, kuomet eismo įvykio metu yra užtvėriama 1 eismo juosta ir nagrinėjamos gatvės atkarpos plotis sumažėja nuo 2 iki 1 eismo juostos. Eismo intensyvumas 1 eismo juostai abiejomis kryptimis ir eismo srauto tankis prie eksperimentiniais tyrimais gautų greičių pateiktas 15 lentelėje:

Eismo intensyvumas, srauto judėjimo greitis ir tankis

Kryptis	Eismo intensyvumas ( $N$ ) (1 eismo juostai), aut./h		Eismo srauto judėjimo greitis ( $v$ ), km/h		Eismo srauto tankis ( $Q$ ), aut./km,	
	12:00 – 13:00	17:00 – 18:00	12:00 – 13:00	17:00 – 18:00	12:00 – 13:00	17:00 – 18:00
Vilniaus	1036	1210	92,8	97,2	11	12
Klaipėdos	1125	1635	97,2	100,1	12	16

Remiantis 5.1 skyriuje pateikta ribinio laidumo analize nustatytas 1 eismo juostos pralaidumo galimybės per priimtą 5 minučių intervalą. Didžiausias pralaidumas nagrinėjamoje gatvės atkarpoje siekia 110,4 aut./5min. Šiuo atveju priimta, kad formuojantis spūsčiai eismo srauto judėjimo greitis sumažėja iki 20 km/h. 16 lentelėje pateiktas nagrinėjamos gatvės atkarpos pralaidumas per 5 minutes, priklausomai nuo paros laiko.

Lyginant su 5.3 pav. pateiktais duomenimis, matoma, jog dienos metu eismo intensyvumas nagrinėjamoje gatvės atkarpoje viršija didžiausią teorinį laidumą 300 – 400 aut./h. Vakarinio piko metu šie skirtumai siekia 800 aut./h. Tokie pokyčiai gaunami dėl to, kad vairuotojai nagrinėjamoje gatvės atkarpoje nesitiki sutikti trikdžių, todėl neišlaiko saugaus atstumo iki priekyje važiuojančio automobilio. Dėl šių priežasčių įvyksta masinės avarijos tokiose greito eismo gatvėse.

16 lentelė

Eismo intensyvumas 1 ir 2 eismo juostomis

Kryptis	Eismo intensyvumas ( $N$ ) (1 eismo juostai), aut./5 min		Eismo intensyvumas ( $N$ ) (2 eismo juostomis), aut./5 min	
	12:00 – 13:00	17:00 – 18:00	12:00 – 13:00	17:00 – 18:00
Vilniaus	86	101	172	202
Klaipėdos	94	136	188	272

16 lentelėje matyti, kad nagrinėjamos gatvės atkarpos pralaidumas 5 minučių intervale, priklausomai nuo paros laiko kinta tarp 86 ir 136 aut./5 min 1 eismo juostai abiejomis kryptimis.

Remiantis pateiktais skaičiavimais, įvertinama sumažėjusio pralaidumo įtaka spūstims per kiekvienas 5 minutes po kliūtis susidarymo (17 lentelė).

17 lentelė

### Spūsties ilgis

Kryptis	Spūsties ilgis automobiliais ( $I_{aut.}$ )		Spūsties ilgis, m ( $l$ )	
	12:00 – 13:00	17:00 – 18:00	12:00 – 13:00	17:00 – 18:00
Vilniaus	62	95	133,8	413,8
Klaipėdos	77	162	165,9	348,4

Modeliuojant priimta, kad kliūtis bus pašalinta po 2 valandų. Todėl vakarinio piko metu spūsties ilgis Klaipėdos kryptimi siektų 4,7 km, o tokiu pačiu laiku Vilniaus kryptimi – 8,3 km. Šios spūstys po kliūtis susidarymo atitinkamai išsisklaidytų per 49 ir 90 minučių.

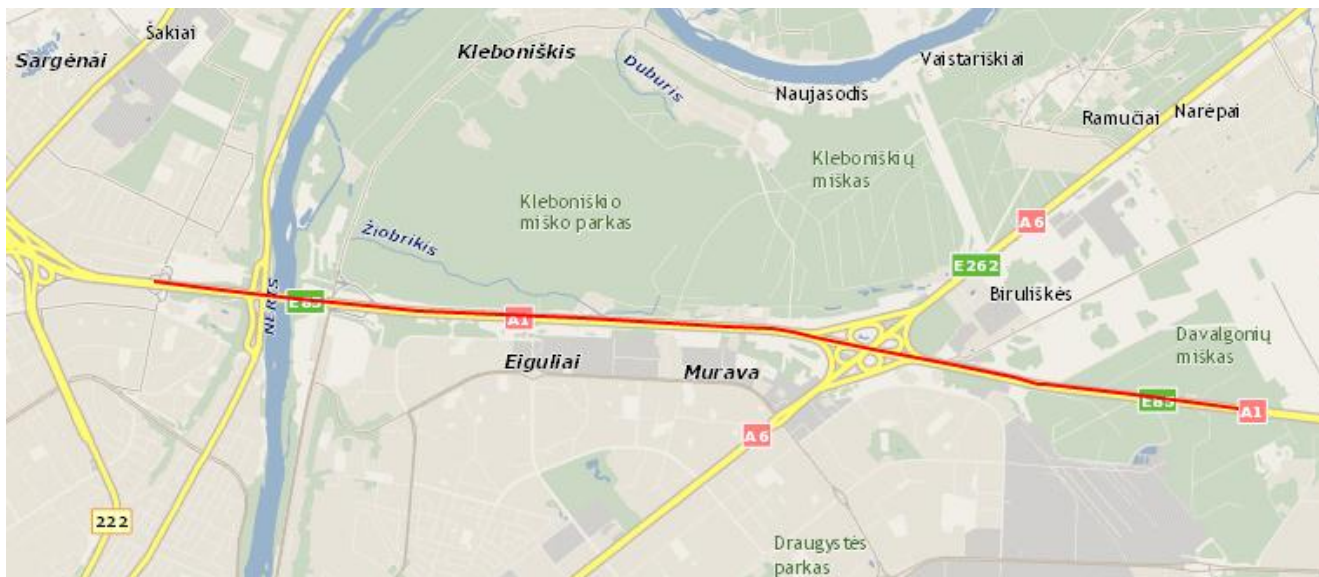
### 5.3. Analitinių tyrimų palyginimas

2016 metais vasario 1 dieną apie 17 val. A1 greitkelyje, Kauno miesto ribose įvyko labai rimtas eismo įvykis. Šioje gatvės atkarpoje, ties prekybos ir laisvalaikio centru „MEGA“ susidūrė 4 transporto priemonės – vienas vilkikas ir 3 lengvieji automobiliai. Buvo sukviestos visos specialiosios tarnybos (policija, greitoji pagalba, gaisrinės ekipažas). Įvykio aplinkybės – kelyje susidūrė Audi markės automobilis su BMW, o vilkikas norėdamas išvengti susidūrimo kliudė priešais važiuojantį Volkswagen markės automobilį, o jis trenkėsi į šoninius atitvarus. Buvo užtvirta 1 eismo juosta, susidarė didelė transporto spūstis, kuri tęsėsi bent iki Savanorių pr. (mažiausiai 5,6 km). Policijos pareigūnams baigus forminti įvykį, apie 19 val. transporto priemonės buvo patrauktos iš įvykio vietos, o eismo juosta atidaryta [8].

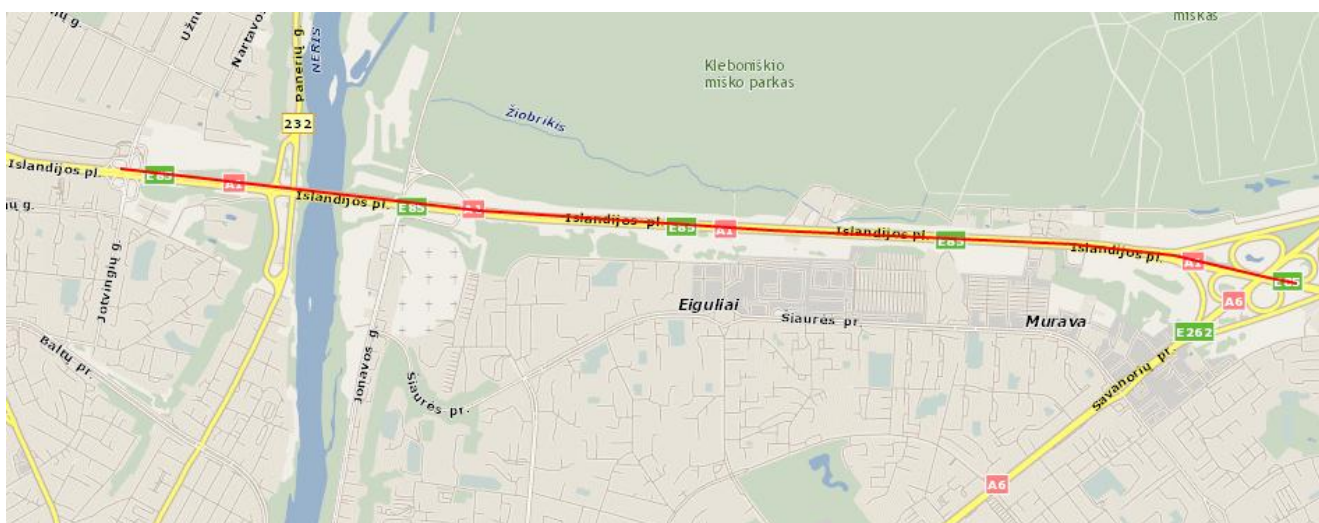
Gauti skaičiavimų rezultatai labai panašūs – skaičiuojant buvo priimta, jog kliūtis pašalinama po 2 valandų. Taigi skaičiavimo rezultatai rodo, kad šioje gatvės atkarpoje, nuo kliūtis susidarymo, įvykus eismo įvykiui susiformuoja 8,3 km automobilių eilė, o ji atitinkamai turėtų išsisklaidyti po 90 minučių. Naujienų portale teigiama, jog spūstis siekė Savanorių pr., tačiau tikslus susiformavusios spūsties ilgis nuo įvykio vietos nėra žinomas. Kadangi buvo vakarinio piko metas, eismo intensyvumas Islandijos pl. tuo metu būna didesnis nei paprastai, tokiu atveju galima teigti, jog



automobilių eilė galėjo būti dar ilgesnė nei iki Savanorių pr.. Apskaičiuotas susiformavusios spūsties ilgis, įvykus eismo įvykiui, pavaizduotas 5.4 pav. [8].



5.4 pav. Apskaičiuota transporto spūstis [6]



5.5 pav. Spūsties ilgis iki Savanorių pr. [6]

Spūsties ilgis, kuris siekė Savanorių pr., eismo įvykio metu pavaizduotas 5.5 pav.. Anot naujienų portalą, matuojant atstumą žemėlapyje, susiformavusios spūsties ilgis gautas apie 5,6 km. Taigi, tokie masiniai eismo įvykiai, turi labai didelę įtaką eismo srauto judėjimui ne tik toje gatvės atkarpoje, kurioje yra įvykio vieta, bet ir aplinkui esančiose gatvėse. O būtent ši nagrinėjamoji gatvės atkarpa yra gan avaringa.

## DARBO APIBENDRINIMAS

Kelių techniniame reglamente nurodyti reikalavimai, pagal kuriuos turi būti užtikrintas saugus ir sklandus transporto priemonių srautų judėjimas keliuose. Taip pat, jame nurodyta automobilių kelių klasifikacija (valstybinės ir vietinės reikšmės keliai, kurie dar skirstomi į atitinkamas kategorijas), reikalavimai užmiesčio kelių tiesimui, eismo kokybės lygiai. Bene svarbiausias parametras, kuris nusako kelio kategoriją yra eismo intensyvumas. Numatyti eismo intensyvumo padidėjimą galima eismo srautų modeliavimo metodu.

Darbo objektu buvo pasirinktas magistralinis kelias – tai A1 greitkelis. Nagrinėjama gatvės atkarpa – Islandijos pl.. Ji buvo pasirinkta todėl, kad tai yra intensyviausia gatvės atkarpa Lietuvoje. Joje vidutinis metinis paros eismo intensyvumas (VMPEI), anot 2014 m. statistinių duomenų, yra 47384 aut./parą. Kadangi eismo intensyvumas labai didelis, imituojant eismo įvykį, kada uždaroma nagrinėjama atveju viena eismo juosta, atliekami skaičiavimai, kurie aiškiai parodo, kad tokioje intensyvioje gatvės atkarpoje spūstis formuojasi labai greitai. Buvo atlikti skaičiavimai, kurie parodė, jog spūsties ilgis Vilniaus kryptimi vakarinio piko metu būtų 8,3 km, Klaipėdos kryptimi – 4,7 km. O jos atitinkamai išsisklaidytų per 49 ir 90 minučių.

Taigi, šiuo atveju eismo srautų modeliavimo metodu buvo parodyta, kaip masinė avarija daro įtaką intensyviausios Lietuvoje gatvės atkarpos pralaidumui.

## IŠVADOS

1. Kelių techniniame reglamente yra pateikti reikalavimai, kurie užtikrintų saugų ir patogų transporto srautų judėjimą užmiesčio keliuose. Dokumente yra aprašytas automobilių kelių klasifikavimas pagal reikšmes – tai valstybinės ir vietinės reikšmės keliai. Pagal kelio kategoriją nustatomas projektinis greitis ( $V_p$ ), o leistinas greitis ( $V_L$ ) nustatomas pagal kelių eismo taisykles. Labai svarbus parametras nustatant kelio kategoriją ir eismo juostų skaičių yra eismo intensyvumas. Remiantis per eilę metų surinktais duomenimis, matoma, koks yra eismo intensyvumo kitimas skaičiuojamoje gatvės atkarpoje. Prognozuoti eismo intensyvumo padidėjimą galima eismo srautų modeliavimo metodu. Projektuojant/rekonstruojant kelią ar konkrečią sankryžą bene svarbiausias aspektas yra matomumas. Jis ir garantuoja saugų eismą keliuose.

2. Statybos techninis reglamentas nurodo reikalavimus miesto gatvėms. Miesto gatvės pagal grupes klasifikuojamos motorizuoto ir nemotorizuoto eismo. Išskirti svarbiausi aspektai, kurie apibrėžia saugų ir patogų transporto srautų judėjimą – tai atstumai tarp sankryžų ir matomumo laukas.

3. Analizei pasirinktas darbo objektas yra valstybinės reikšmės, magistralinis kelias. Jo atkarpa (Islandijos pl.) yra intensyviausia Lietuvoje (47384 aut./parą) ir pakankamai avaringa. Šioje gatvės atkarpoje yra 4 juodos dėmės, tai reiškia, kad jame įvyksta įskaitinių eismo įvykių. Dažniausiai prie greitėjimo/lėtėjimo juostų bei išsukimų. Parametrai, apibrėžiantys trikdžių poveikį eismo srautui yra eismo intensyvumas ( $N$ ), srauto tankis ( $Q$ ) ir srauto judėjimo greitis ( $v$ ).

4. Eksperimentinių tyrimų metu nustatytas eismo intensyvumas ir transporto srauto judėjimo greitis: Vilniaus kryptimi pietinio piko metu lengvųjų automobilių eismo intensyvumas ( $L_N$ ) buvo 1330 aut./h, sunkvežimių ( $S_N$ ) – 247 aut./h., greitis ( $v$ ) lygus 92,8 km/h. Vakarinio piko metu – lengvųjų automobilių eismo intensyvumas ( $L_N$ ) buvo 1864 aut./h, sunkvežimių ( $S_N$ ) – 185 aut./h., greitis ( $v$ ) lygus 97,2 km/h. Klaipėdos kryptimi pietinio piko metu lengvųjų automobilių eismo intensyvumas 1311 aut./h, sunkvežimių – 313 aut./h, greitis ( $v$ ) lygus 97,2 km/h. Vakarinio piko metu – lengvųjų automobilių eismo intensyvumas 2462 aut./h, sunkvežimių – 269 aut./h, greitis ( $v$ ) lygus 100,1 km/h Tyrimai parodė, jog 80 % transporto srauto yra lengvieji automobiliai.

5. Atliekant analitinius tyrimus, buvo imituojamas eismo įvykis. Jam įvykus nagrinėjamos gatvės atkarpos plotis sumažėja nuo 2 iki 1 eismo juostos. Visas nusistovėjęs eismo srautas sutrikdomas, pradeda formuotis eismo spūstis. Remiantis dinaminio gabarito priklausomybe, buvo nustatyti ribiniai nagrinėjamos gatvės atkarpos pralaidumo parametrai – tai ribinis eismo intensyvumas ir ribinis srauto tankis. Pateiktos šių parametų priklausomybės nuo važiavimo greičio.

6. Šiuo atveju buvo analizuojamas vienalytis transporto srautas (sunkvežimiai perskaičiuoti į lengvuosiuos automobilius). Taigi eismo intensyvumas Vilniaus kryptimi vienalyčiam srautui pietinio piko metu lygus 2071 aut./, vakarinio piko metu – 2419 aut./h. Klaipėdos kryptimi pietinio piko metu – 2250 aut./h, vakarinio piko metu – 3269 aut./h. Kadangi vakarinio piko metu būna didesnis eismo intensyvumas, todėl apskaičiuotas galimas spūsties ilgis abiejomis kryptimis: Klaipėdos kryptimi spūsties ilgis siektų 4,7 km, o Vilniaus 8,3 km. Šios spūstys atitinkamai išsisklaidytų per 49 ir 90 minučių (modeliuojant priimta, jog spūstis turėtų išsisklaidyti po 2 valandų). Dėl didelio eismo intensyvumo tokiose greito eismo gatvėse ir įvyksta masinės avarijos, dėl kurių formuojasi didelės eismo spūstys ir paralyžuojamas eismas aplinkinėse gatvėse.

## NAUDOTA LITERATŪRA

1. Paliulis Gražvydas Mykolas „Eismo inžinerija“, mokomoji knyga, Vilnius „Technika“ 2007. 120 p. ISBN 978-9955-28-145-0.
2. Starevičius Martynas Assessment of transport flow speed in urban conditions. Transbaltica 2013: proceedings of the 8th International Scientific Conference, May 9–10, 2013, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania. 2013. ISSN 2029–2376 p. 212–217.
3. LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. Kelių techninis reglamentas „KTR 1.01:2008 AUTOMOBILIŲ KELIAI“, LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTRO IR SUSISIEKIMO MINISTRO ĮSAKYMAS 2008 m. sausio 9 d. Nr. D1-11/3-3 Vilnius, [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-04], prieiga per internetą:  
[http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=313209&p\\_query=&p\\_tr2=](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=313209&p_query=&p_tr2=)
4. VALSTYBINĖ TERITORIJŲ PLANAVIMO IR STATYBOS INSPEKCIJA PRIE APLINKOS MINISTERIJOS. Statybos techninis reglamentas „STR 2.06.04:2014 GATVĖS IR VIETINĖS REIKŠMĖS KELIAI. BENDRIEJI REIKALAVIMAI“, PATVIRTINTA Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2014 m. birželio 17 d. įsakymu nr. D1-533 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-04], prieiga per internetą: <http://www.vtpsi.lt/node/1459>
5. Kauno SĮ „Kauno planas“, [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-04], prieiga per internetą:  
<http://www.kaunoplanas.lt>
6. UAB „Hnit-baltic“, [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-01], prieiga per internetą:  
<http://www.maps.lt>
7. Lietuvos automobilių kelių direkcija, [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-19], prieiga per internetą:  
<http://www.lakd.lt>
8. Naujiėnų portalas „15min“ [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-12], prieiga per internetą:  
<http://www.15min.lt>