



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS
TRANSPORTO TECHNOLOGINIŲ ĮRENGINIŲ KATEDRA

Artūras Pareigis

EISMO AUTOMOBILIŲ KELIŲ DARBO ZONOSE TYRIMAS
TRAFFIC ROAD WORK ZONE RESEARCH

Baigiamasis magistro darbas

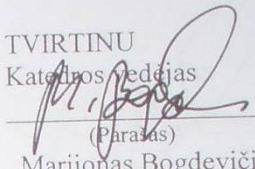
Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621E20003

Transporto technologinių sistemų inžinerijos specializacija

Transporto technologijos mokslo kryptis

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS
TRANSPORTO TECHNOLOGINIŲ ĮRENGINIŲ KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)
Marijonas Bogdevičius
(Vardas, pavardė)
2012.06.05
(Data)

Artūras Pareigis

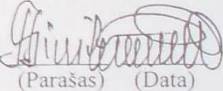
EISMO AUTOMOBILIŲ KELIŲ DARBO ZONOSE TYRIMAS
TRAFFIC ROAD WORK ZONE RESEARCH

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621E20003

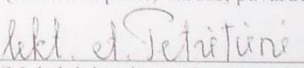
Transporto technologinių sistemų inžinerijos specializacija

Transporto technologijos mokslo kryptis

Vadovas prof. habil. dr. Henrikas Sivilevičius  2012
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data) 05 29

Konsultantas _____
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Konsultantas _____
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Lietuvių kalbos konsultantas  2012-05-29
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Vilnius, 2012

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Transporto inžinerijos fakultetas
Transporto technologinių įrenginių katedra

ISBN ISSN
Egz.sk.
Data 2012-05-29

Transporto inžinerijos studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas **Eismo automobilių kelių darbo zonose tyrimas**

Autorius: **Artūras Pareigis**

Vadovas: **prof. habil. dr. Henrikas Sivilevičius**

Kalba

☒ X lietuvių

☐ užsienio

Anotacija

Baigiamajame darbe buvo atlikta mokslinių darbų analizė darbo zonų tematika. Pateikiamos pagrindinės darbo zonos atsiradimo priežastys. Kelio darbo vietos suklasifikuotos pagal keletą kriterijų ir aprašomos darbo zonų valdymo galimybės. Darbe išskiriamos dvi pagrindinės darbo zonų problemos: eismo saugumo ir transporto priemonių intensyvumo. Analizuojamos darbo zonų spūsčių automobilių keliuose sukeltos problemos. Darbe pateikiami transporto priemonių intensyvumo pagrindiniai parametrai ir veiksniai, turintys jiems įtakos. Atlikti eksperimentiniai tyrimai pasirinktose darbo zonose ir gauti rezultatai apibendrinami.

Darbo apimtis – 72 psl. teksto be priedų, 39 iliustr., 12 lent., 26 bibliografinių šaltinių.

Prasminiai žodžiai: automobilio kelio, darbo zona, srautas, eismo intensyvumas, transporto priemonė, greitis.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Transport Engineering
Department of Transport Technological Equipment

ISBN ISSN
Copies No.
Date 2012-05-29

Transport Engineering study programme master thesis

Title: **Traffic road work zone survey**

Author: **Artūras Pareigis** Academic supervisor: **prof. habil. dr. Henrikas Sivilevičius**

Kalba

☐ Lithuanian

☒ Foreign

Annotation

The final work was carried out research work analyzes the work zone topics. Contains the main work area causes. Multiple jobs are grouped according to several criteria and a description of the work zone management capabilities. The paper distinguishes between two areas of work problems: traffic safety and transport intensity. Analyzed areas of work on the roads caused congestion problems. The paper presents the vehicle parameters and the intensity of the main factors influencing them. Tests were performed in selected areas of work and the results obtained are summarized.

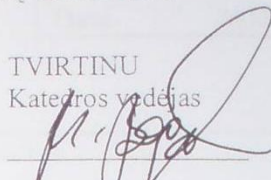
Thesis consists of: 72 p. texts without appendixes, 39 pictures, 12 tables, 26 bibliographical entries.

Keywords: road, work zone, flow, traffic intensity, vehicle, speed.

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS
TRANSPORTO TECHNOLOGINIŲ ĮRENGINIŲ KATEDRA

Transporto technologijos mokslo kryptis
Transporto inžinerijos studijų programa,
valstybinis kodas 621E20003
Transporto technologinių sistemų inžinerijos specializacija

TVIRTINU
Katedros vadėjas


(Parašas)

Marijonas Bogdevičius

(Vardas, pavardė)

2012.06.05

(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS

Nr. _____

Vilnius

Studentui (ei) Artūrai Pareigui

(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: EISMO AUTOMOBILIŲ KELIŲ DARBO ZONOSE TYRIMAS _____

patvirtinta 2010 m. lapkričio 18d. dekanų potvarkiu Nr. 388ti.

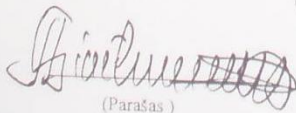
Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2012 m. gegužės 29 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS: Susisteminti ir išanalizuoti mokslo darbus, skirtus darbo zonų įtakai kelių transporto parametrams tirti. Pateikti darbo zonų originalią klasifikaciją, sumodeliuoti darbo zonų parametru įtaką automobilių srauto eismo rodikliams. Ištyti darbo zonų valdymo priemones. Skirtingų tipų darbo zonose atlikti eksperimentinius tyrimus, leidžiančius jas lyginti ir vertinti valdymo sistemų efektyvumą bei patiriamus nuostolius.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai: _____

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

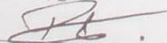
Vadovas


(Parašas)

habil. dr. Henrikas Sivilevičius

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Užduotį gavau


(Parašas)

(Vardas, pavardė)

Artūras Pareigis

(Vardas, pavardė)

2011-06-14

(Data)

TURINYS

PAVEIKSLŲ SARAŠAS	7
LENTELIŲ SARAŠAS	9
ĮVADAS	10
1. MOKSLO DARBŲ, SKIRTŲ AUTOMOBILIŲ KELIŲ DARBO ZONOMS TIRTI, ANALIZĖ	11
1.1. Svarbiausi terminai ir apibrėžimai	11
1.2. Saugumo gerinimas darbo zonose	12
1.3. Apšvietimo tyrimai darbo zonoje	14
1.4. Automobilių srauto tyrimai darbo zonose	15
1.5. Išvados	18
2. AUTOMOBILIŲ KELIŲ DARBO ZONŲ TEORINIS APRAŠYMAS	19
2.1. Lietuvos kelių tinklo sistema	19
2.2. Darbo zonos kelyje atsiradimo priežastys	23
2.3. Darbo zonos klasifikavimas	24
2.4. Darbo zonų valdymas	27
2.4.1. Informacinės darbo zonų sistemos	29
2.4.2. Darbo vietų aptvėrimo techninės priemonės	31
2.4.3. Kelio darbo zonos darbuotojai	35
2.5. Darbo zonos problemos	36
2.6. Automobilių srauto parametrai	37
2.7. Veiksniai, lemiantys transporto priemonių srautus darbo zonoje	40
3. TRANSPORTO PRIEMONIŲ SRAUTŲ PARAMETRŲ DARBO ZONOSE EKSPERIMENTINIS TYRIMAS	44
3.1. Darbo zonos tyrimo metodika	44
3.1.1. Eksperimente naudojamos priemonės	45
3.1.2. Vertinami kriterijai	46
3.1.3. Matavimuose naudojamos darbo zonos	47
3.2. Darbo zonos gautų duomenų analizė	51
3.2.1. Darbo zona greitkelyje	51
3.2.2. Darbo vieta miesto gatvėje	54
3.2.3. Darbo vieta, kai įvyksta eismo įvykis	57
3.2.4. Darbo vieta su uždaryta viena kairiąja kelio juosta	60

3.2.5. Darbo vieta su pervažiavimu į priešingos krypties eismo juostą	63
3.3. Apibendrinti duomenys	67
IŠVADOS	70
LITERATŪRA	71

PAVEIKSLŲ SARAŠAS

1 pav. Greičio mažėjimas darbo zonos prieigose	13
2 pav. Transporto priemonių srauto greičio kitimas panaudojant greičio radarą arba policijos valdymą	17
3 pav. Lietuvos valstybinės reikšmės kelių tinklo žemėlapis	20
4 pav. Lietuvoje registruotų transporto priemonių pasiskirstymas 2010 m.	21
5 pav. Lietuvos keliams skiriamų išlaidų dinamika 2000–2010 metais	23
6 pav. Darbo zonų klasifikavimas	25
7 pav. Darbo zonos rajoniniame kelyje ženklų išdėstymas	27
8 pav. Darbo zonos aptvėrimo schema vienoje eismo juostoje	28
9 pav. Kintamos informacijos ženklai	30
10 pav. Informacija internete apie vykdomus kelio darbus	30
11 pav. Laikini kelio ženklai	32
12 pav. Darbo zonos aptvėrimo ženklai	33
13 pav. Pateikiama principinė signalinio skydo schema	34
14 pav. Darbo zonose sukeltų spūsčių problemų klasifikacija	37
15 pav. Transporto priemonių tankio ir transporto priemonių važiavimo greičio teorinė priklausomybė	38
16 pav. Veiksniai lemiantys transporto srautą darbo zonoje	40
17 pav. Tyrimų atlikimo schema	44
18 pav. Tyrimų atlikimo darbo zonų schemas	45
19 pav. DL 1 prietaiso sudedamosios dalys	46
20 pav. A1 greitkelio (Vilnius–Kaunas) 15–17 km kelio ruože darbo vietos aptvėrimo schema	48
21 pav. Trumpalaikės darbo zonos miesto gatvėje aptvėrimo schema	49
22 pav. Darbo zona įvykus eismo įvykiui miesto gatvėje schema	49
23 pav. Darbo zonos su pervažiavimu į priešpriešinį eismą principinė schema	50
24 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, greičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas A1 greitis Vilnius–Kaunas	51
25 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, pagreičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas A1 greitis Vilnius–Kaunas	52
26 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, kelionės laikas pagal nuvažiuotą kelią, grafikas, išmatuotas A1 greitis Vilnius–Kaunas	53
27 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, greičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Žirmūnų gatvėje	55

28 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, pagreičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Žirmūnų gatvėje.....	55
29 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, kelionės laikas pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Žirmūnų gatvėje	57
30 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, greičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Savanorių pr.	58
31 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, pagreičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Savanorių pr.	58
32 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, kelionės laikas pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Savanorių pr.	59
33 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, greičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius kairiąją juostą.....	61
34 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, pagreičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius kairiąją juostą.....	61
35 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, kelionės laikas pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius kairiąją juostą.....	63
36 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, greičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius dvi eismo juostas su pervažiavimu į priešingos krypties eismo juostą.....	64
37 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, pagreičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius dvi eismo juostas su pervažiavimu į priešingos krypties eismo juostą.....	64
38 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, kelionės laikas pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius dvi eismo juostas su pervažiavimu į priešingos krypties eismo juostą piko metu	66
39 pav. Transporto priemonių kelionės trukmės palyginimas skirtingų tipų darbo zonose	67

LENTELIŲ SARAŠAS

1 lentelė. Kelių tinklo ilgio statistiniai duomenys 1997–2010 metais.....	20
2 lentelė. Transporto priemonių skaičiaus dinamika 2000–2010 metais.....	21
3 lentelė. Darbo zonų važiuojamosios dalies aptvėrimo Lp atstumas.....	33
4 lentelė. Veiksniai turintys įtakos darbo zonos srautui	42
5 lentelė. Darbo zonos A1 greitkelyje Vilnius Kaunas duomenys	53
6 lentelė. Darbo zonos Vilniaus miesto Žirmūnų gatvėje duomenys	56
7 lentelė. Darbo zonos Vilniaus miesto Savanorių pr. duomenys	59
8 lentelė. Darbo zonos Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius kairiąją juostą duomenys ne piko metu	62
9 lentelė. Darbo zonos Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius kairiąją juostą duomenys piko metu	62
10 lentelė. Darbo zonos Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius dvi eismo juostas su pervažiavimu į priešingos krypties eismo juostą duomenys ne piko metu	65
11 lentelė. Darbo zonos Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius dvi eismo juostas su pervažiavimu į priešingos krypties eismo juostą duomenys piko metu	65
12 lentelė. Darbo zonų lyginamieji duomenys	68

IVADAS

Pastaruoju metu sparčiai didėja automobilizacijos mastai. Tinkamam eismo užtikrinimui skiriamos labai didelės investicijos. Pagal Lietuvos statistikos departamento duomenis, 2010 metais kelių infrastruktūros gerinimo ir priežiūros darbams skirta beveik 1,6 milijardai litų. Didžioji dalis lėšų panaudojama naujiems ruožams tiesti ir seniems atnaujinti. Automobilių keliuose, siekiant tinkamai atlikti kelio priežiūros darbus, yra įrengiamos darbo zonos.

Darbo zona – kelyje aptverta vieta su atitinkamu ženkliniu, kurioje atliekama kelio darbai. Kelio darbo vietos turi būti tinkamai susistemintos, valdomos bei prižiūrimos. Netinkamai eksploatuojant darbo vietą, kelyje gali susidaryti automobilių grūstys, kurios sukelia eismo dalyvių nepasitenkinimą, finansines išlaidas, sumažina saugumą kelyje. Taigi svarbiausieji aspektai kelio darbo vietose yra užtikrinti eismo dalyvių kokybišką ir saugią kelionę.

Tinkamai prognozuojant transporto priemonių srautus kelių tinkle, galima įvertinti pasekmes, atsiradusias dėl papildomų faktorių. Esant darbo zonai, galima numatyti transporto srautų pasiskirstymą, galimas vietas, kuriose susidarytų automobilių grūstys, ir pateikti galimus problemų sprendimus.

Darbo tikslas – ištirti transporto priemonių, judančių skirtingo tipo automobilių kelių darbo zonose, srauto pokyčius ir laiko sąnaudas.

Darbo tikslui pasiekti buvo suformuluoti šie uždaviniai:

- Išanalizuoti automobilių kelių darbo zonų atsiradimo priežastis ir jas suklasifikuoti.
- Įvertinti darbo zonų valdymą ir priežiūrą.
- Išskirti pagrindines vyraujančias problemas automobilių kelių darbo zonose.
- Pateikti kelių transporto priemonių srautui turinčių veiksnių analizę.
- Pasiūlyti metodiką, kuria būtų galimybė ištirti transporto priemonių, judančių skirtingo tipo darbo zonose, srauto pokyčius ir kelionės laiko sąnaudas.

1. MOKSLO DARBŲ, SKIRTŲ AUTOMOBILIŲ KELIŲ DARBO ZONOMS TIRTI, ANALIZĖ

Darbo zonų tema atliktų tyrimų Lietuvoje beveik nėra. Tačiau užsienio autorių tyrimai yra sparčiai plėtojami. Straipsnių kelių darbo zonų tematika yra labai įvairių krypčių.

1.1. Svarbiausi terminai ir apibrėžimai

Automobilių keliai su danga – keliai su asfaltbetonio danga; betono danga; betoninių trinkelų grindinio danga; žvyro danga.

Automobilių keliai su patobulinta danga – keliai su asfaltbetonio danga; betono danga; betoninių trinkelų grindinio danga.

Darbo zona – kelyje aptverta vieta su atitinkamu ženkliniu, kurioje atliekami kelio darbai.

Eismas – procesas, atsirandantis judant žmonėms ir kroviniams keliais transporto priemonėmis arba be jų.

Eismo organizavimas – judėjimo keliais reguliavimo teisinių bei techninių priemonių ir tvarkomųjų veiksmų kompleksas.

Kelias – inžinerinis statinys, skirtas transporto priemonių ir pėsčiųjų eismui. Kelią sudaro žemės sankasa, važiuojamoji dalis, kelkraščiai, skiriamoji juosta, kelio grioviai, sankryžos, autobusų sustojimo aikštelės, poilsio aikštelės, pėsčiųjų ir dviračių takai, kelio statiniai, techninės eismo reguliavimo priemonės, želdynai, esantys kelio juostoje, kelio oro sąlygų stebėjimo ir transporto eismo apskaitos, apšvietimo bei kiti įrenginiai su šių objektų užimama žeme. Keliai, atsižvelgiant į transporto priemonių eismo pralaidumą, socialinę ir ekonominę jų reikšmę, skirstomi į: valstybinės reikšmės ir vietinės reikšmės kelius.

Kelio darbininkas – asmuo, susipažinęs su darbo saugos taisyklėmis kelyje, vilkintis oranžinę aprangą ir dirbantis kelio zonoje.

Kelio rekonstravimas – statybos rūšis, kurios tikslas – iš esmės pertvarkyti esamą kelią ar jo statinius.

Kelio tiesimas – naujo kelio ar jo ruožo statymas nauja trasa, miesto, kaimo gyvenamosios vietovės aplinkkelio su visais kelio statiniais tiesimas, tilto, viaduko ar kitokio statinio statyba, buvusio statinio rekonstravimas.

Kilnojami aptvarai – laikini vertikalūs įtaisai darbo vietai aptverti.

Transporto srauto intensyvumas – transporto priemonių, pervažiuojančių kelio pjūvyje per nustatytą laiko tarpą, skaičius.

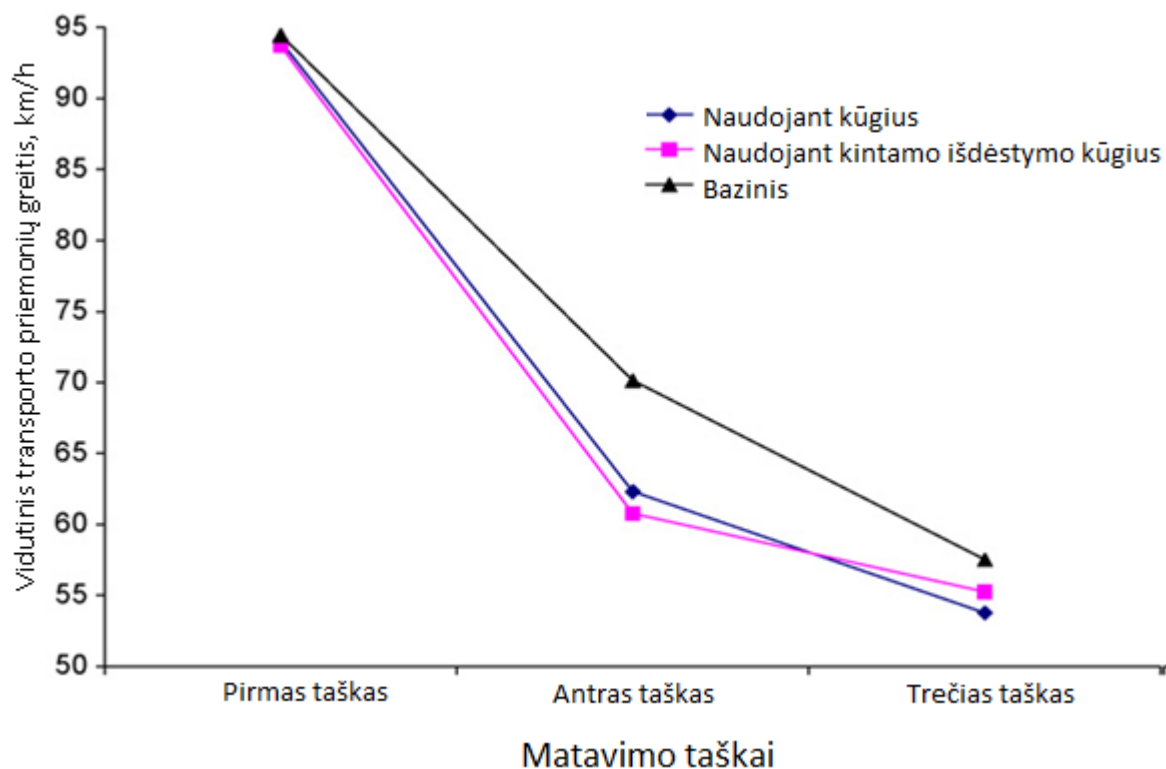
Transporto srauto koncentracija – automobilių skaičius tam tikro ilgio eismo juostos atkarpoje.

Valstybinės reikšmės keliai – keliai, kuriais vyksta intensyvus tarptautinis, tranzitinis, turistinis ir vietinis transporto priemonių eismas. Jie skirstomi į: magistralinius kelius, krašto kelius, rajoninius kelius.

Vietinės reikšmės keliai – keliai, naudojami vietiniam susisiekimui ir skirstomi į: viešuosius kelius ir vidaus kelius.

1.2. Saugumo gerinimas darbo zonose

Saugumui darbo vietose pagerinti, autoriai pateikia inovatyvių sprendimų. Allpress, Leland (2010) mano, kad pernelyg didelis greitis, šiuo metu, yra vienas iš pagrindinių veiksnių nepakankamam saugumui kelio darbų vietose visame pasaulyje užtikrinti. Autorių atlikto tyrimo metu, dvejų naujų intervencijų, kurios skirtos kontroliuoti eismo greitį atvirame kelyje. Kelio darbų vieta buvo pasirinkta Naujojoje Zelandijoje, kur buvo reikalaujama kad vairuotojai sumažintų greitį nuo 100km/h iki 50 km/h. Dvi skirtingos priemonės buvo panaudotos darbo vietų prieigose. Panaudoti abiem atvejais nukreipiamieji bokšteliai paženklininti darbo vietą. Pirmuoju atveju bokšteliai buvo išdėstyti tolygiai vienas nuo kito, o antruoju – mažėjančiais atstumais. Abi priemonės buvo veiksmingos mažinant transporto priemonių greitį (1 pav.). Labiausiai greitis sumažėjo esant netolygiam kūgių išdėstymui, kur vidutiniškai greitis sumažėjo 9,47 km/h nuo bazinio greičio. Naudojant nukreipiamuosius kūgius perpus sumažėjo greičio viršytojų, kurie viršijo daugiau nei 20 km/h leistiną greitį. Rezultatai rodo, kad bokšteliai yra veiksminga, patogi ir ekonomiškai priemonė.



1 pav. Greičio mažėjimas darbo zonos prieigose

Daroma išvada, kad abi priemonės yra labai veiksmingos. Gautieji rezultatai rodo, kad transporto priemonių vairuotojų elgesys priklauso nuo skersinių ir periferinių dirgiklių įtakos greičio suvokimui.

Kaimo vietovėse darbo zonos dviejų juostų keliuose yra ypač pavojingos ir sukelia didelį susirūpinimą dėl to, kad įprastas eismo srautas sutrinkdomas. Tyrimas (*Bai, Finger ir Li 2010*) nustatė vairuotojų reakciją į įspėjamuosius ženklus, kaimo, dviejų juostų kelių darbo zonose. Mokslininkai suskirstė transporto priemones į tris klases (lengvieji automobiliai, sunkvežimiai ir puspriekabės). Jie palygino vidutinio greičio pokyčio skirtingomis ženklų konfigūracijomis: nešiojamų kintančios žinutės ženklas (PCMS) su žinute „Sulėtinti greitį“ ir laikinu eismo ženklu (W20 – 1, „Kelių Darbai priekyje“). Lauko bandymai buvo atliekami dvejose vietovėse dviejų juostų darbo zonose. Statistinė duomenų analizė buvo atlikta siekiant nustatyti, ar buvo didelė sąveika tarp vairuotojų reakcijos ir ženklų konfigūracijos.

Duomenų analizės rezultatai rodo, kad matomas PCMS ženklas, buvo labiausiai veiksmingas mažinant sunkvežimių greitį dviejų juostų darbo zonose. Laikinas eismo ženklas (W20 – 1) buvo veiksmingesnis mažinant transporto priemonių greitį lengvųjų automobilių ir puspriekabių.

Automatinis greičio palaikymo užtikrinimas kelių statybos zonose gali pagerinti saugumą. Benekohal *et al.* (2008) aptaria, kaip greičio matuoklio (radaro) panaudojimas mažina transporto priemonių greičius. Darbo zonų apribojimų laikymosi veiksmingumas pirmą kartą buvo įvertintas

JAV, Ilinojaus darbo zonose. Greičio duomenys buvo surinkti taikant pasirinktą vietą pastovioje darbo zonoje. Greitis buvo matuojamas pavienių, grupės automobilių ir sunkiasvorių transporto priemonių. Rezultatai parodė, kad greičio radaras veiksmingai sumažina vidutinį greitį ir paskatina laikytis darbų zonoje greičio apribojimų. Radarais sumažintas greitis vidurine kelio juosta daugiau nei tolimesnėje eismo juostoje nuo radaro. Pavienių transporto priemonių greitis buvo sumažintas daugiau nei grupės transporto priemonių. Buvo nustatytas vidutinio greičio sumažėjimas 3,2 – 7,3 km/h. Transporto priemonių greičio viršijimą šalia greičio matuoklio sumažėjo nuo 40 % iki 8 % pavienių lengvųjų automobilių ir nuo 17 % iki 4 %, pavienių krovininių transporto priemonių. Netoli greičio matuoklio, nė vienas iš automobilių neviršijo leistiną greitį daugiau nei 10 km/h. Nė viena iš krovininių transporto priemonių neviršijo greičio daugiau kaip 5 km/h.

Ateityje mokslininkai tirs kitą elementą, būtina prioritentinė tobulinimo identifiukuoti šiame tyrime: suprantamumą rodoma informacija statybos informacinių ženklų.

1.3. Apšvietimo tyrimai darbo zonoje

Siekiant pagreitinti kelio remonto darbus, dažnai jie atliekami ir nakties metu. Tokiu laiko metu galima išvengti transporto priemonių spūsčių.

Straipsnyje (Odeh *et al.* 2009) pateikiama, kaip transporto priemonių vairuotojus ir kelio darbininkus įtakoja naktinis darbo zonos apšvietimas. Panaudojus šviesos bokštus apšviesti darbo zoną galima sukelti akinimą vairuotojams ir kelio darbuotojams. Šiame straipsnyje pateikiami eksperimentiniai bandymai, kuriais analizuota: šviesos bokštų akinimas, eksploataciniai apšvietimo parametrai ir apšvietimo bokštų parametrų įtaką (aukštis, kampas). Atlikus eksperimentinius bandymus buvo nustatyta, kad vairuotojų akinimas nuo darbo zonoje apšvietimo bokšto svyruoja nuo 10 iki 25 metrų. Taip pat buvo pastebėta, kad apšvietimo bokšto kampas turi būti kuo arčiau 0 laipsnio pasvirimo kampo. Remdamasi gautais tyrimo rezultatais, praktinės rekomendacijos buvo kuo labiau padidinti apšvietimo bokšto aukštį. Šių eksperimentų rezultatai patvirtina, kad įrengti šviesos bokštai turi didelį poveikį transporto priemonių vairuotojų ir kelio darbininkų akinimui.

Ekonominis apšvietimo bokštų naudingumas darbo zonose taip pat analizuotas (Bullough *et al.* 2008). Buvo panaudota padidinto apšvietimo aukšto stiebo šviesos bokštai siekiant padidinti saugumą. Padidinto apšvietimo sistemos įrengimas apytiksliai 16 % didesni nei standartinių kilnojamų šviesos bokštų. Nepaisant didesnių išlaidų padidinto apšvietimo bokštams įžvelgiama ekonominė ir visuomeninė nauda. Visų pirma tai daug greičiau įrengiama apšvietimo sistema. Tokiu atveju sutaupomas transporto priemonių gaišaties ir kelio darbuotojų laiko sąnaudas. Taip pat reikia neužmiršti ir apšvietimo sistemos kokybės (Freyssinier *et al.* 2008). Pagal gautus duomenis aukšto stiebo apšvietimo bokštai geriau apšviečia nei standartiniai kilnojami šviesos bokštai.

Nakties statyba yra plačiai naudojama Jungtinėse Amerikos Valstijose, kaip būdas, sumažinti statybos darbų poveikį eismo dalyviams. Apšvietimo standartai neapima konkrečių būdų siekti šio apšvietos lygio. Pavyzdžiui, apšvietimo priemonės ir konfigūracijų įvairių darbų zonose gali supainioti inžinierius ir kelių darbininkus, bei sumažinti našumą ir saugumą. Todėl Nassar (2008) straipsnyje pateikiama nauja apšvietimo projektavimo sistema darbo zonoje. Šiam tikslui panaudotas trimatis modelis NiteLite 3D Max. Atlikti eksperimentiniai matavimai ir palyginta su modeliavimo rezultatais. Įrodyta, kad NiteLite 3D Max gali pateikti tikslią apšvietimo analizę. Taip pat modelį galime tikslinti įvedant papildomus faktorius.

Mirtini nelaimingi atsitikimai kelyje darbo zonose yra viena iš saugumo problemų pasekmių. Siekiant geriau užkirsti saugumą keliuose yra tiriama ir analizuojamos eismo įvykusių priežastys ir pasekmės. Straipsnyje (Hirasawa *et al.* 2007) pateikiami tyrimo rezultatai siekiant pagerinti saugumą kelio darbo vietose. Autotransporto įmonių ir eismo saugos rangovai Hokaide buvo apklausti apie kelių eismo saugumo priemones. Eksperimentai buvo atliekami bandymų aikštelėje siekiant įvertinti kelio darbuotojų uniformos matomumą.

Rezultatais nustatyta, jog eismo kontrolės darbuotojų matomumas darbo zonoje nakties metu yra svarbus faktorius. Eksperimentais nustatyta, kad pastebimi kelio darbuotojai geriausiai panaudojus fluorescentinės oranžinės ir geltonos skiriamųjų ženklų aprangos. Statybininkai ir eismo kontrolės darbuotojai kelyje turi dėvėti oranžines liemenes, kurios yra geriausiai matomos. Problema, atrodo, jų mėlynos uniformos. Rezultatai rodo, kad tamsią darbuotojų aprangą galima patobulinti pakeičiant spalvą į oranžinę ar geltoną. Toks pakeitimas padėtų pagerinti eismo valdymo darbuotojų saugos ir gali būti įgyvendintos nedelsiant bei nebrangiai.

1.4. Automobilių srauto tyrimai darbo zonose

Automobilių srautų problemos sprendžiamos (Papageorgiou *et al.* 2008) straipsnyje, kuriame nagrinėjama, kaip kinta srautas keičiant važiavimo trajektoriją. Yra nemažai kelių transporto infrastruktūros objektų, kai eismo srautas atvyksta iš daugiau eismo juostų, o turi būti sujungta į mažesnę skaičių turinčių juostų kelius, pavyzdžiui, sujungiant skirtingus kelių tipus, važiuojant per kontrolės postus, rinkliavos aikštėse ar darbo zonose. Kai atvykstančių eismo srautų didesnis vartotojų kiekis, susidaro spūstys ir išvažiavimas yra ribotas dėl perkrovos sukeltų pajėgumo sumažėjimo. Bendrą koncepciją realiu laiku sujungti eismo kontrolę, sukurtą modeliavimu, kuriuo siekiama pralaidumo maksimumo arba analogiškai vėlavimas mažinimo. Pasinaudojant surinktais lauko bandymų duomenimis, buvo sukurtas ALINEA modelis. Modeliavimo rezultatai rodo, kad gali būti pasiekama nauda, gerinant darbo zonų valdymą

Straipsnyje (Lia *et al.* 2011) pateikti tyrimų duomenys, parodantys, kaip keičiasi transporto priemonių trajektorija sumažėjus kelio juostų skaičiui. Staigus kelio susiaurėjimas dažnai sukelia eismo srauto pertrūkius, o kartais ir didesnę delsimą, ilgesnes eiles. Dinaminio vėlyvo juostos suliejimo sistema DLLMS yra naudojama siekiant nustatyti tinkamiausią darbo zonos suliejimo vietą. DLLMS buvo įgyvendinta Mičigano valstijoje įrengtoje darbo vietoje, kurioje buvo sumažinta nuo dviejų eismo juostų į vieną juostą. DLLMS srauto modeliu naudota abi eismo juostos atviros, kol paskirtame suliejimo taške eismas iš kiekvienos juostos buvo pavesta paeiliui sujungianti į atvirą juostą. Šis modelis buvo panaudotas rytinio ir vakarinio piko metu. Palyginus kontrolės ir bandymo vietas, rezultatai parodė, kad DLLMS buvimas pagerino transporto priemonių srautų pralaidumą ir reguliavimą. Remiantis gautais duomenimis, tikimasi, kad kelionių laiko taupymas ir naudos santykis bus didesnis nei DLLMS sistemos sąnaudos.

Eismo vėlavimo įvertinimo programinės įrangos paketas buvo sukurtas, siekiant nuspėti eilių poveikį trumpalaikėse kelio darbų zonose, kur yra keletas rampų įvažiavimų ir išvažiavimų. Išsamūs duomenys (Lee *et al.* 2008) buvo gauti iš kelių darbo vietų, kur buvo nustatomi srauto intensyvumas, eilės ilgis bei kitos charakteristikos.

Eismo tyrimui buvo panaudoti iš ankščiau surinkti duomenys ir parengtas bei taikomas WZCAT (Work zone capacity analysis tool) modelis. Pradžioje WZCAT negalėjo tiksliai įvertinti srauto kitimo. Be to, laukimo eilėje modelis buvo labai skirtingas, nes eilės ir toliau augo ir ne pasiekė pusiausvyros sąlygos. Stebimas transporto eilės augimas iki jo maksimalaus ilgio per pirmąsias 1 – 2 valandas po darbo zonos įrengimo. Ši tendencija buvo pastebėta daugiausia darbo zonose miesto gatvių.

Siekiant gauti geresnius rezultatus, buvo sukurtas WZCAT-R (Work zone capacity analysis tool refine) modelis. Šiame modelyje buvo papildomai atsižvelgta į įeinančių bei išėinančių transporto priemonių parametrus darbo zonos ribose. Taip pat modelyje atsižvelgta į vairuotojų suvokimą apie eismo sąlygas. Modelis gali būti veiksmingas ir patikimas prognozuojant transporto priemonių laiko sąnaudas darbo zonoje.

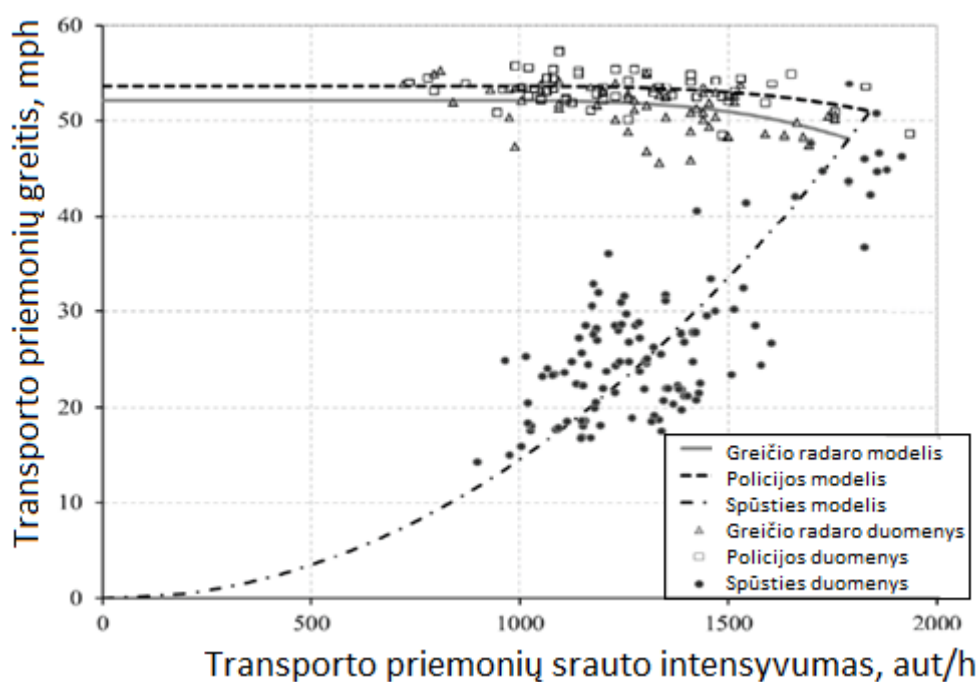
Viename iš nagrinėtų straipsnių (Meng, Weng, 2011) siekiama sukurti geresnį transporto priemonių srauto ICA (Improved cellular automata) modelį imituojant darbo zonos atsiradimą. Siūlomas ICA modelis leidžia modeliuoti transporto priemonių greitį ir pozicijas kelio darbo vietoje. Tikimybiniam ICA modeliui panaudota darbo zonos kelyje parametrai ir transporto srauto sudėtis. Palyginti su kitais transporto priemonių srauto modeliais, ICA modelis tiksliau imituoja transporto priemonių greičio ir pozicijos parametrus. ICA modelis kalibruotas remiantis realiais darbo zonos duomenimis. Palyginus lauko ir ICA modelius, gauti panašūs duomenys.

Taip pat buvo pažymėta, kad ICA modelis yra tikslesnis nei PARAMICS, vertinant eismo vėlavimą automobilių kelių darbo zonose. ICA modelio tikslumas gali priklausyti nuo duomenų skaičiaus.

Kitame straipsnyje (Weng, Meng, 2011) siekiama ištirti transporto priemonių srauto greitį ir įvertinti vairuotojų elgesį darbo zonoje suliejimo srityje. Siūloma automobilių greičio modelyje įtraukti eismo konfliktus tarp eismo juostomis judančių transporto priemonių. Galiausiai naudojami realūs darbo zonos srauto duomenys kalibruojant ir įvertinant parengtą modelį. Išvados rodo, kad galima parinkti optimalų suliejimo atkarpos ilgį.

Galimybių modelio kūrimo metodika siūloma šiame tyrime buvo išsamiai įrodyta naudojant riboto eismo duomenis iš vienos darbo zonos lauko bandymų. Tačiau sukurtame modelyje nebuvo atsižvelgta į darbo zonos konfigūracijas, įskaitant naudojamos sujungimo (perėjimo) juostos ilgio ir transporto priemonių srauto greičio. Todėl tolesni moksliniai tyrimai turėtų būti atliekami siekiant išnagrinėti įvairių darbo zonų konfigūracijų įvertinimas modelyje.

Greitkelio darbo zonoje transporto priemonių greičiai buvo vertinami įvedant policijos darbą. Šis tyrimas pateiktas Avrenli *et al.* (2011) straipsnyje. Tyrimui panaudotos trys skirtingos darbo zonos konfigūracijos. Pirmasis greičio matavimas buvo atliktas, kai darbo zonos standartiškai paženklintos informaciniais kelio ženklais. Antruoju matavimu buvo įvestas policijos valdymas, o trečiuoju – papildomai panaudotas greitį fiksuojantis radaras. Gauti rezultatai parodė (2 pav.), kad policijos valdymas yra efektyvus greičio mažinimo faktorius nei greičio radaro panaudojimas. O darbo zonoje susidarius spūsčiai transporto priemonių greitis žymiai sumažėja.



2 pav. Transporto priemonių srauto greičio kitimas panaudojant greičio radarą arba policijos valdymą

Norėdami transporto priemonių vairuotojai pervaziuoti per darbo zoną, dažniausiai jiems reikia persirikiuoti į kitą eismo juostą. Tuo metu reikia srautus pavyzdžiui iš dviejų eismo juostų sulieti į vieną eismo juostą. Suliejant srautus transporto priemonių vairuotojai sukele dažnai eismo srauto pertrūkius, kurie įtakoja spūstis prieš darbo zoną. Straipsnyje Lia *et al* (2008) pateikta dinaminio vėlavimo suliejimo sistema (DLLMS). Ji buvo naudojama siekiant nustatyti optimaliausia transporto srauto suliejimo vietą ir sumažinti automobilių spūsčių eilės ilgį. DLLMS modelis buvo įgyvendintas Mičigano valstijoje trijuose greitkelių atkarpose. Darbo zona sukurta sumažinus nuo dviejų eismo juostų iki vienos eismo juostos. Gautais duomenimis DLLMS buvimas pagerino transporto priemonių srauto valdymą.

Daug įvairių tipų statybos projektų įgyvendinami kelių darbo zonose. Yra įrengiamos ir labai sudėtingos darbų zonos, kurios susideda iš kelėtos atskirų darbo atkarpų kelyje. Tačiau statybos projektai, kurie susideda iš kelių darbo zonų ir kelių darbo brigadų, transporto priemonių eismo būklė gali būti pagerinta tinkamai planuojant. Straipsnyje (Lee, 2009) siūloma planavimo modelis, grindžiamas maršruto keitimu atsižvelgiant į eismo sąlygas. Siūlomas modelis apskaičiuoja eismo vėlavimo transporto priemonės simuliacija, ir taikomas optimizavimo metodas ieškant beveik optimalaus kelionės maršruto. Tyrimo rezultatai rodo, kad pasiūlytas modelis srauto vėlavimą sumažino 11,1%, lyginant su standartiniu pasiūlytu maršrutu.

1.5. Išvados

1. Užsienio autorių straipsniuose automobilių kelių darbo zonų tematika yra plėtojama. Išskiriama kelėta pagrindinių straipsniuose vystomų tematikos krypčių: saugumo gerinimas, matomumo problemos, vairuotojų reakcijas į atsiradusias kliūtis kelyje, transporto priemonių srauto kitimo darbo zonoje.
2. Straipsniuose aprašoma įvairių skirtingų priemonių arba modelių panaudojimas darbo zonose norint jas pagerinti. Dažniausiai pasirenkama viena ar dvi darbo zonų rūšys ir jose naudojamos pasiūlytos naujovės.
3. Tačiau viena iš krypčių turėtų būti siekis įvertinti skirtingų tipų darbo zonas. Kuo daugiau skirtingų darbo zonų tiriama, tuo tiksliau galime įvertinti naudojamos priemonės ar modelio panaudojimo galimybes.

2. AUTOMOBILIŲ KELIŲ DARBO ZONŲ TEORINIS APRAŠYMAS

2.1. Lietuvos kelių tinklo sistema

Automobilių keliai paprastai yra bendro naudojimo susisiekimo keliai. Laisvas priėjimas prie kelio viena iš pagrindinių automobilių kelių charakteristikų šiuo metu. Antra automobilių kelių charakteristika – kelių tinklo universalumas. Jais galima pasiekti įvairius punktus ir jie sudaro ryšį tarp visų kitų transporto rūšių. Kitų transporto rūšių keliai prasideda ir baigėsi tam tikruose terminaluose, o automobilių keliai naudojami ryšiui tarp terminalų, kitam vežimo etapui arba kroviniams ir keleiviams pristatyti tiesiog į paskirties vietą.

Automobilių kelių tinklo universalumas yra didžiausias šios susisiekimo kelių rūšies pranašumas. Jis garantuoja galimybę pristatyti „nuo durų iki durų“ daugumą krovinių rūšių (Baublys, Vasiliauskas 2010).

Lietuvos keliai – vieni reikšmingiausių valstybės ūkio sričių, turinti didelę įtaką ekonomikai, transportui, turizmui ir kultūros plėtrai. Nuolat augant transporto srautams, tarptautiniams vežimams, siekiama kuo tinkamiau užtikrinti kelių eksploataciją ir eismo dalyvių saugumą. Ypač tai aktualu, nes Lietuva – tranzito kraštas. Per Lietuvą eina keletas svarbių tarptautinių kelių.

Lietuvos kelių tinklą jungia magistraliniai ir krašto keliai. Valstybinių kelių tinklo paplitimas Lietuvoje pateiktas 3 paveiksle. Prie šių kelių jungiami mažesnio intensyvumo, vietinės reikšmės keliai.

Lietuvos kelių direkcijos prie susisiekimo ministerijos statistiniais duomenimis (<http://www.lra.lt/>) Lietuvoje tūkstančiui gyventojų tenka 6,39 km, o tūkstančiui kvadratinį kilometrų teritorijos – 326 km valstybės reikšmės kelių. Lyginant su ekonomiškai stipriomis valstybėmis, mūsų šalis jau turi gerai išplėtotą kelių tinklą.

Lietuvos valstybinių kelių tinklą 2010 m. sudarė 21268,4 km, iš jų magistralinių kelių ilgis 1738,5 km, krašto kelių ilgis – 4939,3 km, rajoninių – 14590,6 km. valstybinio kelių tinklo.

Lietuvos kelių tinklas pakankamai išplėtotas. Pagal Lietuvos statistikos departamento duomenis, kurie pateikti 1 lentelėje, 2010 metais Lietuvoje buvo daugiau nei 82 tūkst. km. Tačiau didžiausia problema, kad apie 10 tūkst. km. nėra dar padengti asfalto danga. Taip pat esami asfaltuoti keliai sensta bei turi būti nuolatos atnaujinami ir tvarkomi. Taigi siekiant pagerinti kelių kokybę darbai turi būti atliekami nuolatos ir nuosekliai.



3 pav. Lietuvos valstybinės reikšmės kelių tinklo žemėlapis

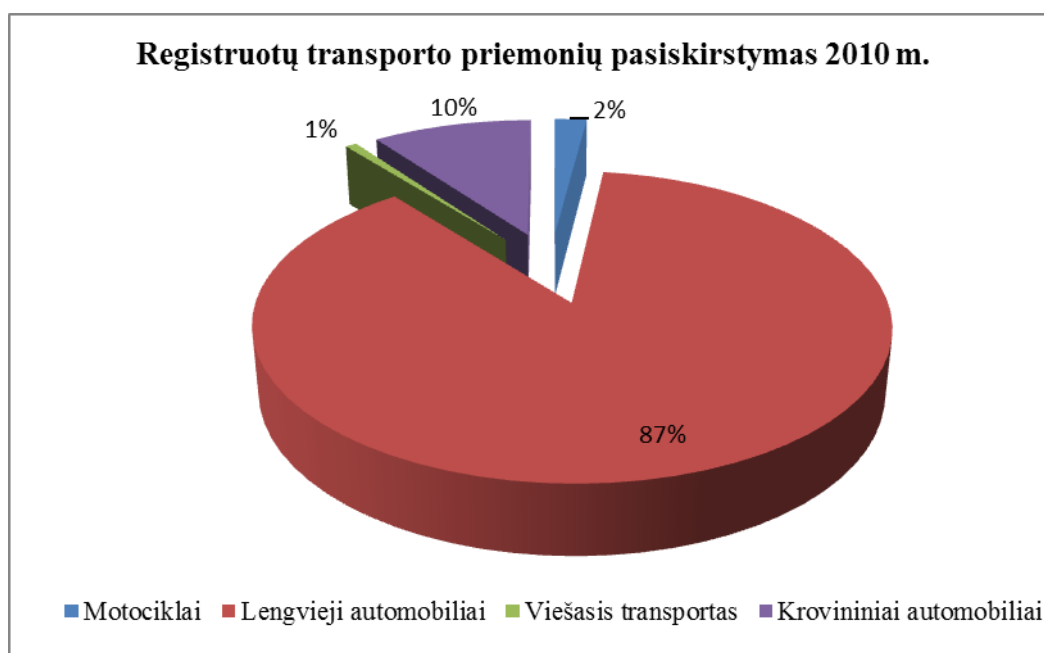
1 lentelė. Kelių tinklo ilgio statistiniai duomenys 1997–2010 metais

Metai	Visi keliai		E kategorijos keliai	Automagistralės
	Automobilių kelių ilgis	Automobilių kelių su danga ilgis		
1997	69243	61615	675	410
1998	72459	66045	919	417
1999	73650	67222	1487	417
2000	75517	68940	1490	417
2001	76573	69932	1490	417
2002	77148	69210	1519	417
2003	78893	70194	1496	417
2004	79331	69772	1670	417
2005	79497	70549	1670	417
2006	79984	70935	1649	309
2007	80715	71301	1649	309
2008	81030	71563	1649	309
2009	81331	71948	1650	309
2010	82131	72048	1666	309

Pastaraisiais metais, stiprėjant šalies ekonomikai, automobilių keliuose sparčiai augo eismo intensyvumas. Spartus automobilizacijos lygio kilimas visame pasaulyje neaplenkė ir Lietuvos. Šiandien Lietuvoje važinėja beveik 2 mln. transporto priemonių (2 lentelė).

2 lentelė. Transporto priemonių skaičiaus dinamika 200 –2010 metais

Metai	Transporto priemonių skaičius				
	Lengvieji automobiliai	Krovininiai automobiliai	Viešasis transportas	Motociklai	Iš viso
2000	1172394	126765	15543	19842	1334544
2001	1133477	129474	15641	20244	1298836
2002	1180945	136137	15842	21017	1353941
2003	1256853	143262	16006	21873	1437994
2004	1315914	288065	14853	22861	1505693
2005	1455276	163454	15311	24027	1658068
2006	1592238	182414	15619	25478	1815749
2007	1687903	200724	14488	28826	1838385
2008	1671065	207474	14312	34029	1938468
2009	1695286	202560	13837	36562	1963055
2010	1691855	192738	13728	38995	1954592



4 pav. Lietuvoje registruotų transporto priemonių pasiskirstymas 2010 m.

Didžiausią transporto srauto dalį sudaro lengvieji automobiliai. Matoma 4 paveiksle, lengvieji automobiliai sudaro 87 % visų registruotų transporto priemonių 2010 m. O 1000 -čiui gyventojų lengvųjų automobilių tenka 519 pagal Lietuvos automobilių kelių prie susisiekimo ministerijos 2009 metų duomenis. Lengvasis automobilis – pati patogiausia transporto priemonė, nuvežanti jo savininką „nuo durų iki durų“. Esant šiandieniniam automobilizacijos lygiui atsirado

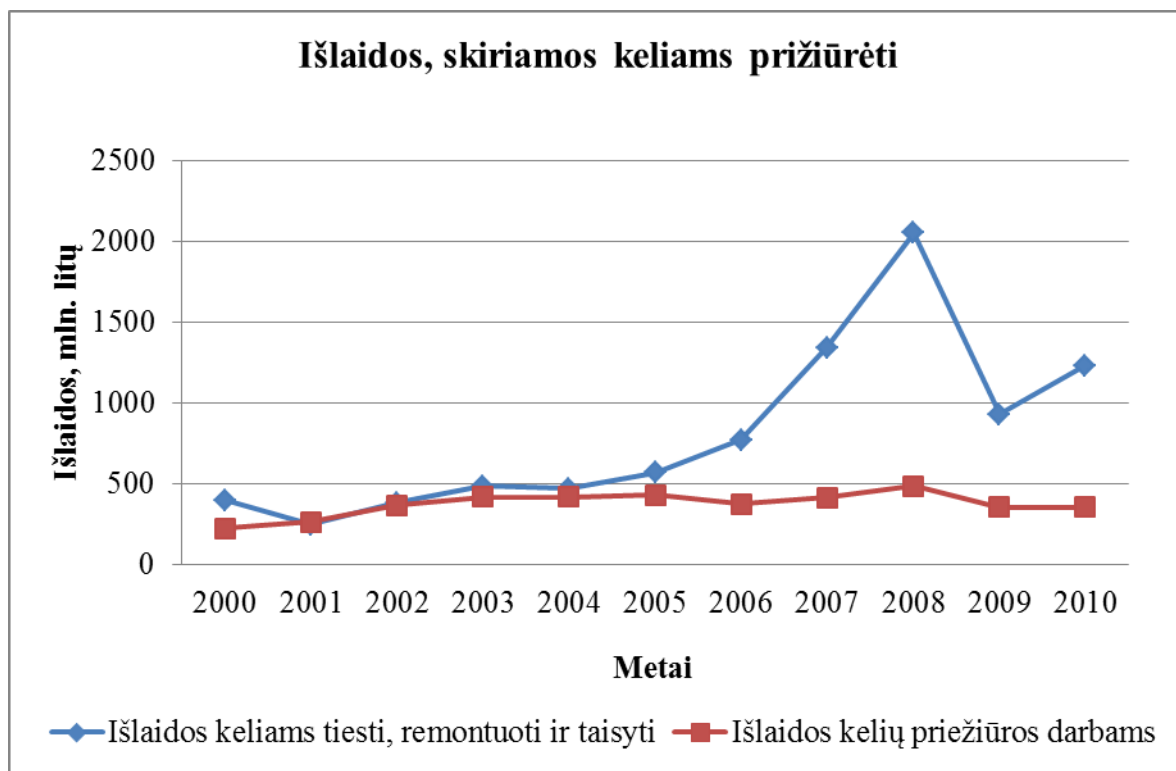
daugiau problemų, ypač miestuose, kurias sukelia transporto priemonės. Tai ištisą dieną nesibaigiančios transporto grūstys gatvėse ir sankryžose. Todėl būtina tinkamai organizuoti ir valdyti automobilių srautus.

Kelių transporto priemonių darbo kokybė ir rodikliai labai priklauso nuo kelių tinklo būklės. Pasak autorių Baublys, Vasiliauskas 2010 knygoje pateikiama, jeigu kelio būklė bloga, tai automobilio važiavimo greitis gali mažėti net 40 – 50 proc., degalų sąnaudos didėja 50 – 70 proc., transporto išlaidos – 50 – 60 proc. Važiuodami blogais keliais labiausiai dėvimi automobiliai, trumpėja jų eksploatacijos amžius. Visa tai rodo, kokią didelę reikšmę gera kelių būklė turi visam krašto ūkiui.

Norint tinkamai užtikrinti kelių eksploataciją, daugelyje šalių yra parengiami automobilių apkrovų ir gabaritų standartai, į kuriuos atsižvelgiant yra sudaromos kelių ir jų elementų projektavimo normos ir sąlygos. Šios projektavimo normos riboja transporto priemonių aukštį, plotį. Taip pat yra ribojama transporto priemonių masė ir ašies apkrova (Baublys, Vasiliauskas 2010).

Kelių priežiūra – tai nuolatiniai kelių važiuojamosios dalies, statinių ir visų kitų kelio elementų tvarkymo darbai, kurie užtikrina nepertraukiamą ir saugų transporto priemonių eismą, padeda išsaugoti tinkamą kelių būklę visą jų naudojimo laiką, nuo kelio nutiesimo iki rekonstrukcijos.

Kelių priežiūrai priskiriama labai daug įvairių darbų. Šie darbai atliekami siekiant kuo greičiau pašalinti kelio zonos problemas. Problemos gali būti: kelio sankasos, kelkraščių, važiuojamosios dalies, vandens nuvedimo sistemos, tiltų, vandens pralaidų, sankryžų, nuovažų, poilsio bei autobusų sustojimo aikštelių ir pastatų juose, kelio ženklų, kelių ženklinimo kitų techninių eismo reguliavimo defektus bei sustabdyti tolesnį šių konstrukcinių elementų irimą. Tam gali užtekti ir nedidelio kelio tvarkymo arba gali tekti ir rekonstruoti kelią.



5 pav. Lietuvos keliams skiriamų išlaidų dinamika 2000–2010 metais

Keliams skiriamos didelės išlaidos. Lietuvos statistikos departamento duomenimis, 2010 metais skirta 1591 mln. litų. Šios pajamos yra paskirstomos į dvi grupes: 1) išlaidos keliams tiesti, remontuoti ir taisyti, 2) išlaidos kelių priežiūros darbams. Šių išlaidų dinamika pateikta 5 paveiksle. Iš pateiktų duomenų matoma, kad išlaidos kelių priežiūrai yra pastovios ir 2010 metais sudarė tik 358 mln. litų. Didžioji dalis kelių išlaidų pastaraisiais metais tenka keliams tiesti, rekonstruoti ir tvarkyti. 2008 metais šių išlaidų skirta daugiausiai 2051,5 mln. litų, o 2010 metais skirta tik 1232,7 mln. litų.

2.2. Darbo zonos kelyje atsiradimo priežastys

Darbo zona būna aptverta (paženklinta) specialiais ženklais tvarkomame kelio ruože, kurioje dirba kelio darbininkai. Tai atliekama siekiant atskirti darbo vietas ir eismo zonas. Darbo zona būtina, nes įspėja eismo dalyvius apie kliūtį kelyje, kurios reikia išvengti. Naudojamos darbo vietos kelyje gali atsirasti dėl įvairių priežasčių:

- dangos pažeidų taisymas;
- kelio dangos horizontalus ženklinimas;
- kelio ruožo rekonstrukcija;
- naujo kelio tiesimas;
- įvykus eismo įvykiui;
- kelio statinio statyba;

- kelio asfalto dangos regeneravimas Remikseriu;
- kelio dangos šaltasis frezavimas;
- sniego griūčių, grunto nuošliaužų šalinimas;
- užtvindytas kelio ruožas.

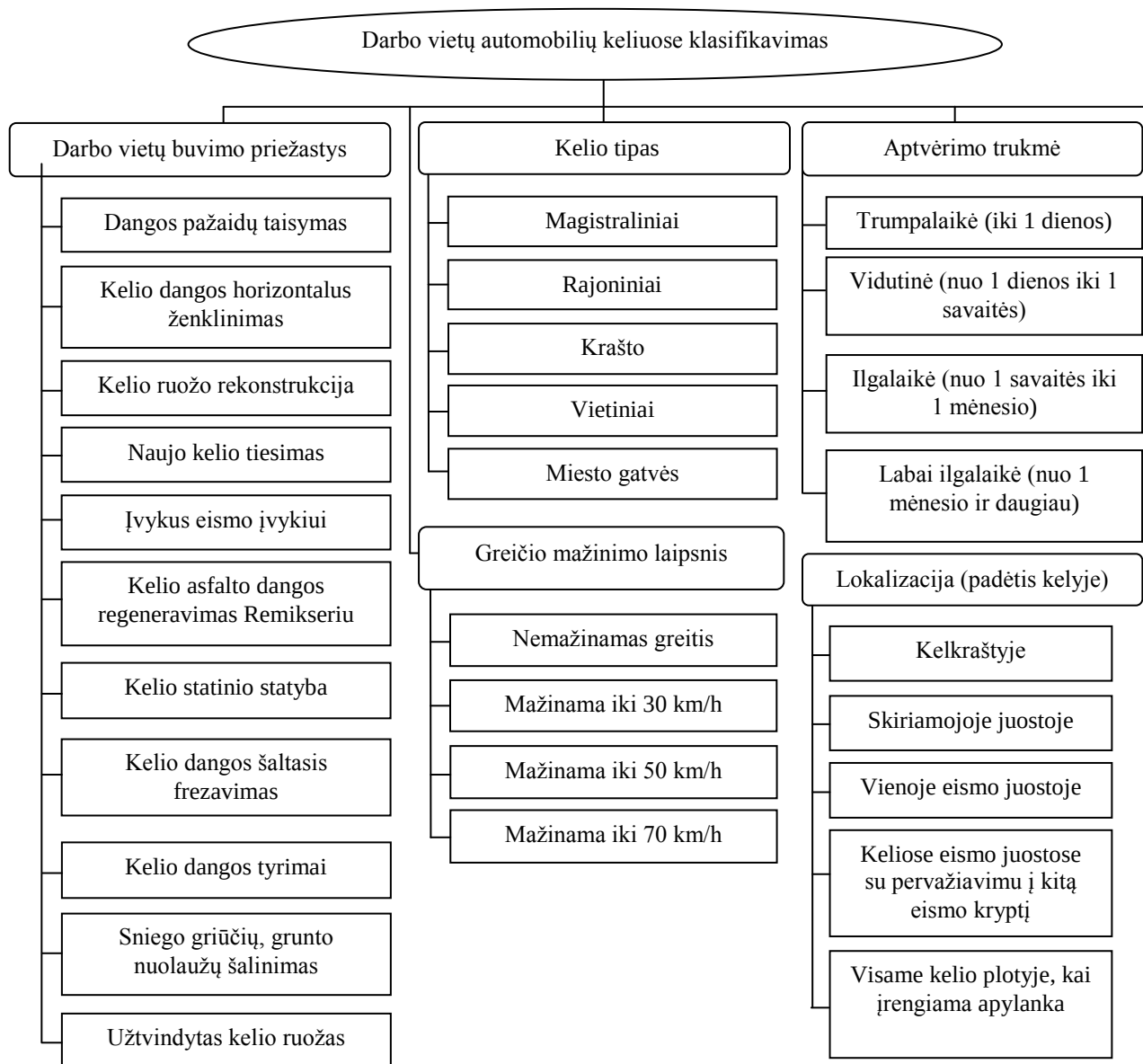
Pateiktas darbo zonos poreikio priežastis galima apibendrintai išskirti į dvi grupes. Pirmajai grupei galima priskirti darbus, kurie atliekami su kelio danga. Tai smulkus kelio remontas, atnaujinimo ar naujo ruožo (eismo juostos) įrengimo darbai. Tokie darbai organizuojami iš anksto. Darbo zonos struktūra parenkama atsižvelgiant į darbo vietos parametrus.

Kitai grupei galima priskirti kelio darbus, kurie padeda užtikrinti tinkamą kelio eksploatavimą. Šiuo atveju siekiama, kad atsirandantys pašaliniai veiksniai, trukdantys transporto priemonei, būtų pašalinti nuo kelio važiuojamosios dalies. Tai gali būti gamtos (sniego griūtys, purvo nuošliaužos, potvyniai, iškritę vulkano pelenai) ir kitos pašalinės medžiagos, konstrukcijos, gaminiai ant kelio dangos.

2.3. Darbo zonos klasifikavimas

Darbo zoną kelyje galima suklasifikuoti pagal skirtingus kriterijus (6 pav.). Darbo vieta kelyje klasifikuojama pagal atsiradimo priežastis. Šis klasifikavimas buvo paminėtas ankstesniame skyriuje.

Darbo zonas klasifikuoti galima pagal kelio tipą. Kelio tipas parenkamas pagal kelio struktūrą, plotį ir vietovę. Nuo kelio tipo priklauso transporto priemonės maksimalus leidžiamas greitis. Darbo zonos aptvėrimo atstumai bei greičių apribojimai priklauso nuo maksimalaus leistino greičio kelyje, kuriame įrengiama darbo vieta. Miesto gatvėse įrengtos kelio darbo zonos turi būti kompaktiškos, kad kuo mažiau sukeltų nepatogumų eismo dalyviams. Esant intensyvesniam transporto priemonių srautui, rekomenduojama informuoti eismo dalyvius apie esamus aplinkkelius. Aukštesnės kategorijos keliuose (magistraliniai, krašto) turi būti siekiama kuo ankščiau informuoti vairuotojus apie susidariusią situaciją kelyje, prieš įvažiuojant į darbo zoną. Tokio tipo keliuose leidžiami greičiai transporto priemonėms yra didesni nei miestų gatvėse. Siekiant padidinti saugumą eismo dalyvių greitis mažinamas.



6 pav. Darbo zonų klasifikavimas

Aptvėrimo trukmė yra svarbi, nes kai kelio darbai atliekami ilgą laiką, sąnaudos būna didesnės. Įrengus darbo zoną, dažniausiai atsiranda automobilių spūstys, o vietose, kur eismas yra intensyvus, kelių darbuotojai stengiasi atlikti darbus kuo greičiau, kad eismo dalyviai patirtų kuo mažiau nepatogumų ir materialinių nuostolių. Kartais, skubant, remonto darbai atliekami ir nakties metu. Norint atlikti rekonstrukciją, darbai atliekami ir keletą savaičių. Vykstant dideliems kelių statybos projektams (pvz. aplinkkelio ar tilto statyba) darbai gali užsitęsti ir keletą mėnesių ar metų.

Taip pat klasifikuoti galima ir pagal darbo vietą kelyje. Atsižvelgiant į tvarkomą kelio dalį, yra parenkamas tinkamas ženklavimas. Dirbant kelkraštyje ar skiriamosioje juostoje, eismo juostos

nėra užtveriamos ir greičio intensyvumas sumažinamas nekeičiant srauto krypties. Tačiau kai dirbama eismo juostose, kelias gali būti uždarytas ar pakeista transporto priemonių srauto kryptis. Tokiu atveju, siekiant padidinti saugumą, būtina sumažinti transporto priemonių greitį.

Greičio mažinimo laipsnis yra svarbus transporto priemonių važiavimo greičiui. Atsižvelgiant kokioje kelio vietoje įrengiama darbo zona, nuo to priklauso ar greitis ribojamas. Vykdamas kelio priežiūros darbus kelkraštyje ar skiriamosioje juostoje, greitis dažniausiai neribojamas. Tada būna pastatomi informaciniai ženklai „kelio darbai“. Dažnai galime pastebėti, kaip pakelėse atliekami valymo nuo šiukšlių ar žolės pjovimas. Darbuotojai dirba ne eismo juostų zonose, o apsauginėse zonose (kelkraštyje). Taigi esant tokioms sąlygoms nebūtina mažinti transporto priemonių greitį, nes nekyla pavojus eismo dalyviams.

Atliekant darbus kelio eismo zonoje, būtina aptverti darbo vietą, esant dideliems leistiniams greičiams pagal nustatytą tvarką. Tokiais atvejais, įvedami greičio apribojimai, užtikrinantys eismo dalyvių ir kelio darbuotojų saugumą. Greičio apribojimai parenkami pagal maksimalų leistiną greitį kelyje. Dirbant miesto zonose ar gyvenamosiose vietovėse, greitis gali būti sumažintas iki leistino 30 km/h. Tokiu transporto priemonių greičio mažinimu siekiama apsaugoti eismo dalyvius. Rajoniniuose keliuose greičio apribojimai yra iki 50 km/h. Tokio ribojimo pavyzdys pateiktas 7 paveiksle. Ši darbo zona įrengta rajoniniame kelyje, kur transporto priemonių maksimalus leistinas greitis ribojamas nuo 90km/h iki 50 km/h. Taip pat šis ribojimas dažnai naudojamas ir magistraliniuose keliuose, kur atliekami kelio remonto darbai ir įrengiamas pervažiavimas į priešpriešinį kelią arba įrengiant aplinkkelį. Šiuo atveju, transporto priemonėms, važiuojančioms per darbo zoną reikia keisti važiavimo trajektoriją. Todėl greitis, atliekant manevrus, sumažinamas iki saugaus. Atliekant darbus vienos krypties dviejų eismo juostų kelyje, kai uždaroma viena eismo juosta, tada dažniausiai greitis ribojamas iki 70 km/h. Siekiant sumažinti didelį greičio skirtumą prieš darbo zoną ir darbo zonoje, turi būti parenkama pereinama greičio mažinimo zona. Pavyzdžiui, norima sumažinti greitį magistraliniame kelyje nuo leistino 130 km/h prieš darbo zoną iki 70 km/h darbo zonoje. Šioje darbo zonoje matoma, kad už informacinio kelio ženklo „Kelio darbai“ šimto metrų atstumu pastatomas papildomas draudžiamasis ženklas 90 km/h.



7 pav. Darbo zonos rajoniniame kelyje ženklų išdėstymas

Tinkamai nustačius kelio kategoriją, galime tinkamai parinkti darbo vietos aptvėrimo schemą. Nuo to priklauso darbo zonos saugumas bei efektyvus darbas. Taip pat būtina gerinti eismo dalyvių patogumą.

2.4. Darbo zonų valdymas

Darbo zonos keliuose gali būti panaudotos labai įvairiais atvejais. Tinkamai organizuojant ir valdant eismą darbo zonose, garantuojamas funkcionalus ir ekonomiškai transporto priemonių bei pėsčiųjų eismas miestų gatvėse ir užmiesčio keliuose.

Pagrindiniai eismo organizavimo ir valdymo tikslai (Paliulis 2007):

- kelių laidumo didinimas;
- eismo dalyvių saugumo užtikrinimas;
- transporto priemonių srautų reguliavimas;
- transporto prastovų sumažinimas;
- transporto neigiamo poveikio aplinkai sumažinimas.

Norint įrengti darbo zoną kelio juostoje, būtina gauti leidimą pagal Lietuvos Respublikos įstatymus. Norint gauti leidimą, būtina pateikti:

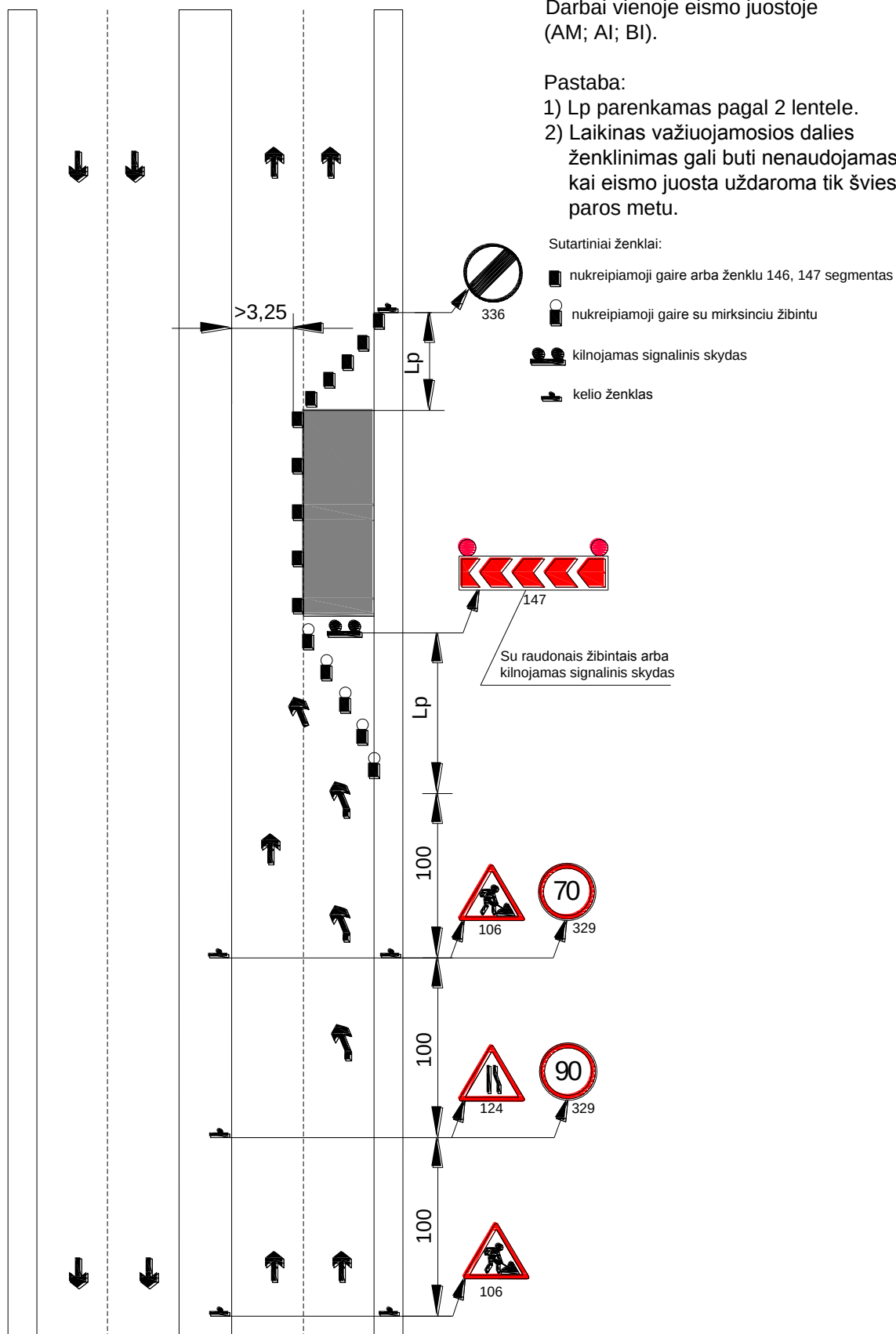
- paraišką, nurodančią darbų pobūdį, vietą, laiko terminus, atsakingą asmenį;
- suderintą projektą;
- schemą, nurodant apylankos parametrus kelio ženklų ir darbo vietos aptvarų išdėstymą;
- apylankos tinkamumo eismui patikrinimo aktą, kurį turi pasirašyti kelio savininkas ir kelių policijos atstovas.

1. schema

Darbai vienoje eismo juostoje
(AM; AI; BI).

Pastaba:

- 1) Lp parenkamas pagal 2 lentelę.
- 2) Laikinas važiuojamosios dalies ženklinimas gali būti nenaudojamas, kai eismo juosta uždaroma tik šviesiu paros metu.



8 pav. Darbo zonos aptvėrimo schema vienoje eismo juostoje

Darbo zonų aptvėrimo schemos būna įvairaus išdėstymo. Darbų metu eismas apribojimas ir reguliuojamas kelio ženklais, kelio ženklinimu, aptvarais, atitvarais ir kitomis eismo reguliavimo priemonėmis. Viena iš principinių aptvėrimo schemų pateikiama 8 paveiksle. Šioje schemoje galima pamatyti, kaip tinkamai išdėstoma aptvėrimo elementai pagal VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas (1997) rekomendacijas.

2.4.1. Informacinės darbo zonų sistemos

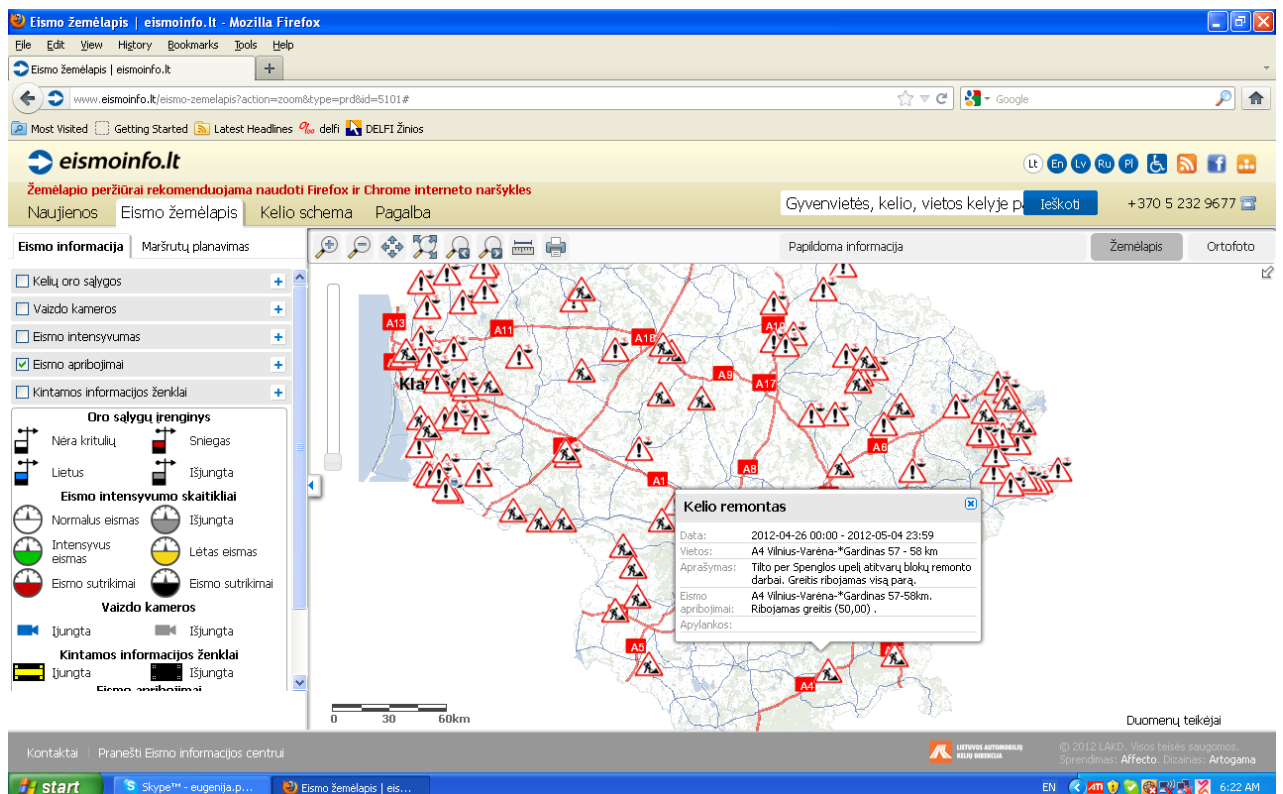
Informavimo ir aptvėrimo sistemos padeda eismo dalyviams įvertinti darbo vietą kelyje. Informacija gali būti pateikiama švieslentėje arba informacinėse svetainėse internete. Ši informacija apie atsiradusią darbo vietą kelyje pateikiama ne darbo zonoje.

Norint pateikti informaciją apie darbo zonas kelyje, yra renkami ir kaupiami duomenys apie susidariusią situaciją. Tam pasitelkiama eismo intensyvumo matuokliai, kameros ir kitos priemonės. Realus laiko duomenys yra kaupiami ir apdorojami eismo kontrolės centruose. Remiantis surinktais duomenimis galima informuoti eismo dalyvius informacinėmis priemonėmis apie susidariusią situaciją kelyje, pavyzdžiui vykdomus kelio darbus ar spūstis. Informacija eismo dalyviams gali būti pateikiama: kintamos informacijos ženklais (švieslentės), interneto puslapiuose, radijo bangomis.

Kintamos informacijos ženklai yra panaudojami didelio intensyvumo keliuose. Šiose informaciniuose ženkluose pateikiama aktuali informacija eismo dalyviams. Dažnai informacija pateikiama apie eismo, oro sąlygas ar įspėjimus. Tačiau kartais gali būti informuojama apie kelio darbus bei kitus pasikeitusius eismo parametrus. Pavyzdžiui, kaip pateiktame 9 paveiksle informuojami transporto priemonių vairuotojai apie įvykusį eismo įvykį. Tokiu atveju vairuotojai įvertinę situaciją gali pasirinkti kitą maršrutą.



9 pav. Kintamos informacijos ženklai



10 pav. Informacija internete apie vykdomus kelio darbus

Informacija internete viena iš priemonių informuoti eismo dalyvius apie susidariusias eismo sąlygas. Viena iš informacinių prieigų www.eismoinfo.lt internetinė svetainė. Šioje svetainėje

pateikiama įvairi informacija vairuotojams apie eismo intensyvumą, kelio apribojimus, darbo vietas kelyje, oro sąlygas ir kt. Surinkti duomenys Eismo informacijos centre yra analizuojami, apibendrinami ir pateikiami internetiniame tinklapyje. Vienas iš pavyzdžių pateikiama 10 paveiksle. Paveiksle pateiktas informacinis langas apie kelio apribojimus ir kelio darbo vietas visoje Lietuvoje. Pažymėjus ženklą su apribojimu, pateikiamas platesnis to apribojimo aprašymas. Jame nurodomi darbo vietos panaudojimo terminai, kelio ruožo ilgis, apribojimai ir smulkesnė informacija. Turint šiuos duomenis galima optimaliau susiplanuoti kelionės maršrutą.

Visa šios svetainės informacinė sistema pastoviai yra tobulinama. Atsižvelgiant į visuomenės poreikius, interneto svetainės turinys, funkcionalumas ir Eismo informacijos centro paslaugos bus plečiamos taip, kad vartotojui būtų kuo paprasčiau surasti reikiamą informaciją. Eismo informacijos centro darbo pradžioje teikiama informacija artimiausioje ateityje bus papildyta duomenimis apie eismo įvykius, taip pat informacija, skirta sunkvežimių vairuotojams (negabaritinių arba sunkiasvorių transporto priemonių vairuotojai pagal transporto priemonės gabaritų arba bendrąją masę galės preliminarai suplanuoti maršrutą valstybinės reikšmės keliais, taip pat bus teikiama informacija apie šiam transportui skirtas stovėjimo aikšteles, pavojingus krovinius vežančiam transportui leidžiamus maršrutus) ir kt.

Informacijos sklaidai planuojama pasitelkti partnerius, kurie Eismo informacijos centro duomenis teiks per savo integruotų paslaugų sistemas, pavyzdžiui, programėles išmaniesiems telefonams, specializuotus interneto paieškos portalus. Tai leis dar geriau pritaikyti informaciją apie eismą galutiniam naudotojui. Šiems informacijos platintojams, Eismo informacijos paslaugos bus teikiamos nemokamai.

Po metų Eismo informacijos centras ne tik teiks eismo informaciją, bet galės įtakoti eismą tiesiogiai, valdydamas elektroninius ženklus, kuriuose bus keičiamas, pavyzdžiui, greičio apribojimas, priklausomai nuo kelio dangos slidumo. Tikimasi, kad naujos Eismo informacijos centro paslaugos padės padidinti eismo saugą keliuose, keliautojai galės greičiau ir su mažesnėmis išlaidomis pasiekti kelionės tikslą. Taip pat šios paslaugos skatins naujų, moderniomis technologijomis grindžiamų, paslaugų plėtrą.

2.4.2. Darbo vietų aptvėrimo techninės priemonės

Informaciniai ženklai, rodyklės, kelio ženklinimai ir kitos priemonės naudojamos pačioje darbo zonoje arba greta jos, informuoti transporto priemonių vairuotojus apie kliūtį kelyje. Kelio ženklai yra labai svarbūs darbo zonoms. Jie nurodo kaip elgtis eismo dalyviams darbo zonos prieigose. Kelio darbo vietose naudojami ženklai:

- įspėjamieji;

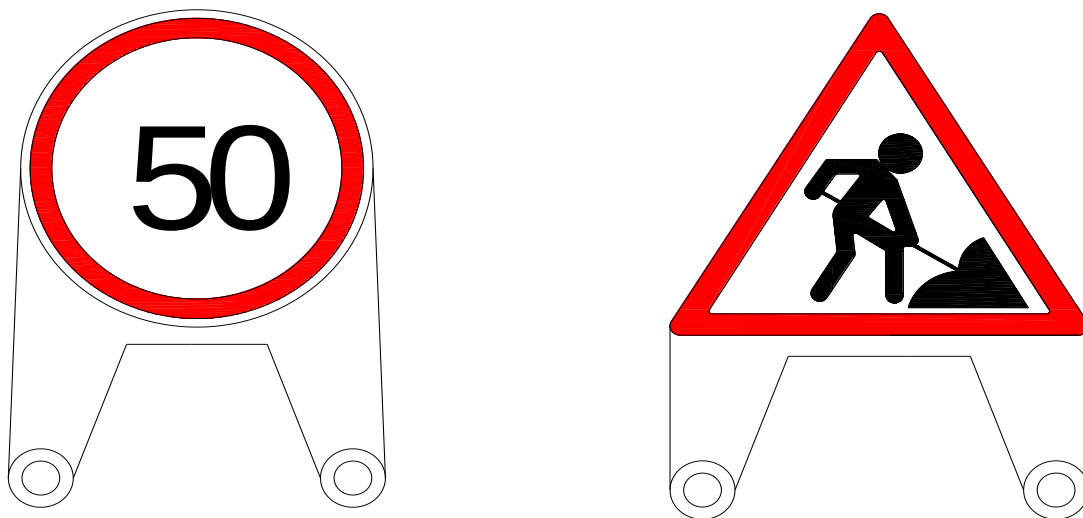
- informaciniai;
- draudžiamieji;
- pirmumo;
- nukreipiamieji.

Įspėjamieji ir informaciniai nurodomieji ženklai informuoja apie kelio sąlygas. Draudžiamieji, nukreipiamieji ir pirmumo ženklai nurodo tam tikrus apribojimus, privalomus visiems ar tik kai kuriems eismo dalyviams.

Kad vairuotojui, važiuojančiam dideliu greičiu, būtų lengviau suvokti kelio ženklus, jie daromi skirtingos formos, dydžio ir spalvos. Įspėjamieji ženklai dažniausiai yra trikampio, draudžiamieji ir nukreipiamieji – skritulio, informaciniai – kvadrato arba stačiakampio formos, o pirmumo ženklai pagal teikiamos informacijos pobūdį – vienos iš šių formų.

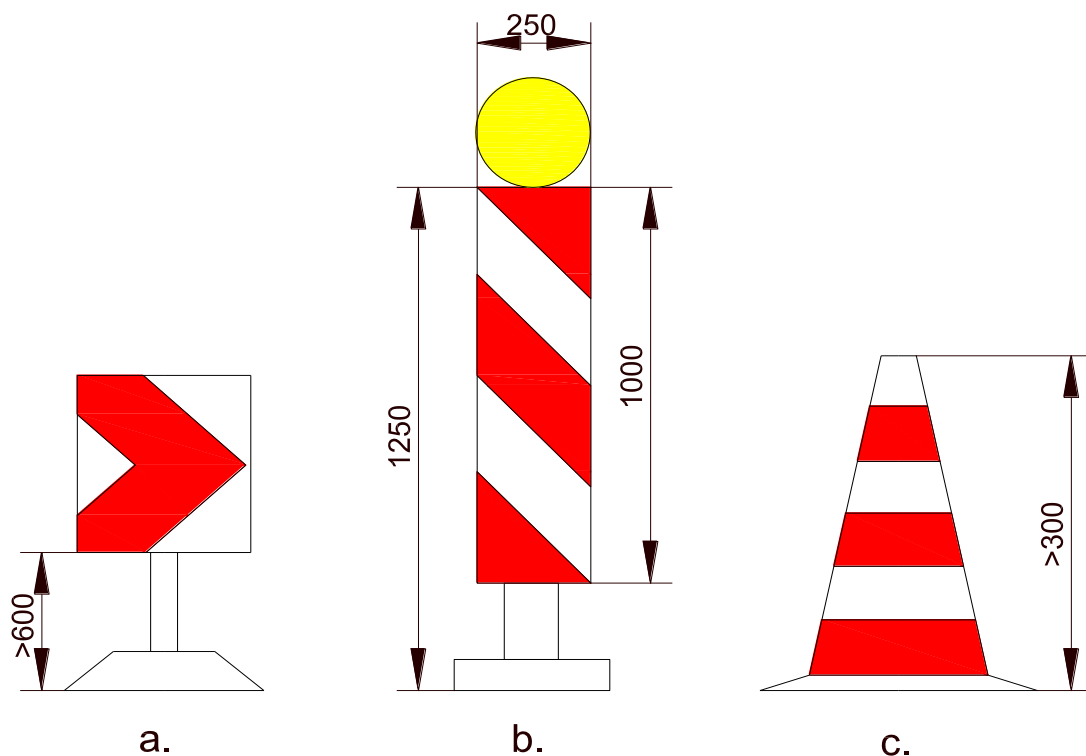
Labai svarbu ir kelio ženklo spalva. Dauguma įspėjamųjų ir draudžiamųjų ženklų turi baltą foną. Ženklai, kurie informuoja apie kelio kryptį gyvenviečių ar kitų objektų link, fonas pagal kelio, kuriuo vyksta eismas, kategoriją yra skirtingos spalvos. Kad vairuotojui būtų lengviau orientotis pasirenkant važiavimo maršrutą (žalio fono ženklų būna automagistralėse, balto – gyvenviečių keliuose, o mėlyno – visuose kituose keliuose) (Baublys, Vasiliauskas 2010).

Kelio ženklai (11 pav.) pastatomi matomoje vietoje, kad eismo dalyviai laiku juos pastebėtų. Esant laikiniams kelio ženkams, juos galima montuoti ant automobilių, kelių tiesimo mašinų, mechanizmų, kilnojamų signalinių skydų arba barjerų. Kelkraštyje arba važiuojamojoje dalyje statomi kelio ženklai tvirtinant ant stovų. Pastatytų ženklų apačia turi būti ne žemiau kaip 0,6 m nuo dangos paviršiaus. Vienoje kelio vietoje (kelio skerspjūvyje), neskaitant dubliuojančiųjų ženklų ir papildomų lentelių, turi būti statomi ne daugiau kaip trys ženklai. Gyvenvietės vienoje vietoje gali būti pastatyti iki keturių ženklų (VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas, 1997).



11 pav. Laikini kelio ženklai

Magistraliniuose ir krašto keliuose, pažymint kelio darbų vietas, pervažiavimo iš vienos važiuojamosios dalies (eismo juostos) į kitą trajektoriją statomi nukreipiamieji segmentai (12 pav. a dalis). Nukreipiant transporto priemones į kitą eismo juostą, minimalus perėjimo ilgis (L_p) priklauso nuo leidžiamo greičio prieš apribojimų pradžią ir užtveriamos važiuojamosios dalies pločio (3 lentelė). Segmentai statomi ne rečiau kaip kas 10 metrų.



12 pav. Darbo zonos aptvėrimo ženklai (a – nukreipiamieji segmentai; b – nukreipiamosios gairės; c – nukreipiamieji kūgiai)

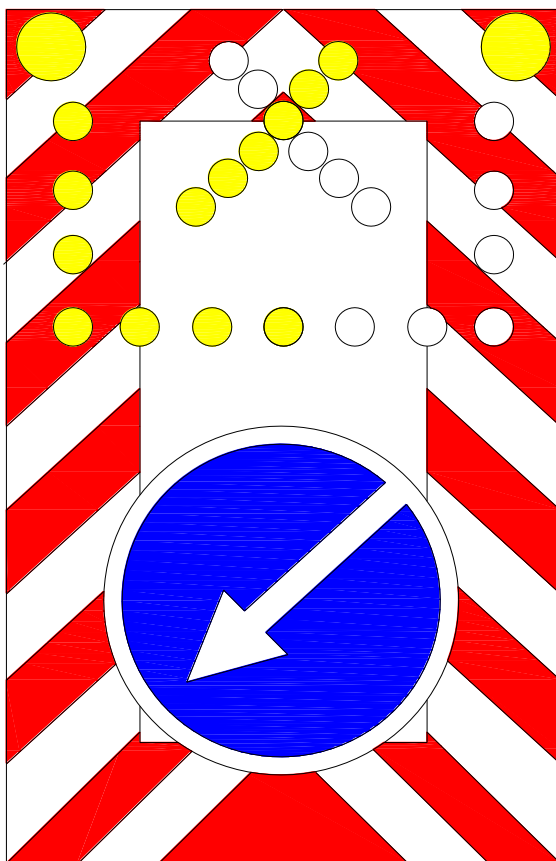
3 lentelė. Darbo zonų važiuojamosios dalies aptvėrimo L_p atstumas

Greitis km/h prieš apribojimų pradžią	Perėjimo ilgis (L_p) m, kai užtveriamos važiuojamosios dalies plotis						
	1,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	5,0 m	6,0 m
40	5	20	30	40	50	60	70
50	10	30	40	50	60	80	110
60	15	45	55	65	75	95	125
80	25	60	65	75	85	100	130
90	30	70	80	90	95	110	145
100	35	80	90	100	105	115	160
110	40	90	100	110	115	125	175

Kelio darbų vietose, kai eismo juostų (važiuojančios dalies) kraštams pažymėti naudojamos nukreipiamosios gairės (12 pav. b dalis) su ar be šviesos įrenginių (geltonos spalvos mirksintys žibintai). Nukreipiamosios gairės būna – skydeliai su įstrižomis baltomis – raudonomis juostomis.

Dangos ženklavimo ir kitiems trumpalaikiams darbams naudojami nukreipiamieji kūgiai (12 pav. c dalis). Kūgiai gali būti gaminami iš gumos, plastmasės ir kitų panašių medžiagų. Jie turi pasižymėti šiomis savybėmis: lengvai pasislinkti nuo automobilių smūgių, neapvirsti nuo pravažiuojančio transporto sukeltų oro srautų. Nukreipiamieji kūgiai dažomi horizontaliomis raudonomis ir baltomis juostomis.

Kelio darbų vietose, priešingų eismo krypčių transporto srautams atskirti ir važiavimo trajektorijoms nurodyti, naudojamos važiuojamosios dalies ženklavimas. Ženklavimo linijos neturi būti iškilusios virš kelio dangos aukščiau kaip 6 mm ir turi būti neslidžios. Ženklavimui naudojami dažai būna geltonos spalvos ir atspindi šviesą. Jeigu ženklavimui naudojami šviesą atspindintys įrenginiai (įdėklai), jie neturi būti iškilę virš kelio dangos aukščiau kaip 15 mm



13 pav. Pateikiama principinė signalinio skydo schema

Kilnojami signaliniai skydai yra projektuojami individualiai. Vienas signalinių skydų pavyzdžių pateikta 13 paveiksle. Ant jo išdėstomi reikalingi kelio ženklai, mirksinčios šviesos signaliniai įrenginiai (žibintai, šviesos rodyklės). Kilnojami signaliniai skydai gali būti prikabinami (priekabos), pastatomi ant kelio dangos arba montuojami ant automobilių(VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas, 1997).

2.4.3. Kelio darbo zonos darbuotojai

Darbo zonoje dirbantys darbuotojai ir transporto priemonės privalo būti paženklinėti. Kelyje, ne transporto priemonėse esantys darbuotojai, privalo dėvėti oranžines liemenes arba oranžinius darbo drabužius. Tamsoje arba esant blogam matumui, oranžiniai drabužiai turi būti su atšvaitais. Taip pat visi automobiliai ir mechanizmai, dirbantys kelyje, turi turėti oranžinės spalvos švyturėlius. Visi – dirbantys darbuotojai, automobiliai ir mechanizmai, turi būti aptvertoje pagal reikalavimus darbų vietoje (VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas, 1997).

Siekiant pagerinti transporto srautų pasiskirstymą, kai įrengiama darbo zona, kartais dirba eismo reguliuotojai. Jie reikalingi kelių ruožuose, kuriuose atliekami kelių tiesimo, rekonstravimo ar taisymo (remonto) darbai, kur periodiškai stabdomas eismas tai viena, tai kita važiavimo kryptimi ir kur eismo nereguliuoja įrengti šviesoforai. Eismo reguliuotojai prie darbo zonų dirba kai:

- eismas yra intensyvus ir gali susidaryti transporto grūstys;
- iš taisomo ruožo pradžios nesimato jo pabaigos;
- kitais atvejais.

Eismo reguliuotojas privalo gerai išmanyti Lietuvos Respublikos saugaus eismo automobilių keliais įstatymą ir jį laikytis, turėti galiojantį vairuotojo pažymėjimą. Reguliotojo signalai eismo dalyviams turi būti aiškūs ir suprantami. Eismui reguliuoti naudojama lazdelė su raudonu atšvaistu. Apranga privalo būti ryškiaspalvė su šviesą atspindinčiais elementais ir užrašu „Eismo reguliuotojas“.

Vienas reguliuotojas turi kontroliuoti eismą kelyje viena kryptimi ir vienoje eismo juostoje. Jeigu kelio ruože eismas vyksta keliomis juostomis viena kryptimi, prieš kelio ruožą, kuriame stovi reguliuotojas, eismas turi būti nukreiptas į vieną eismo juostą. Jeigu eismą reguliuoja du reguliuotojai, kurie negali matyti vienas kito, tai jie tarpusavyje turi bendrauti naudodami radijo ryšio ar kitas ryšio priemones (Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie susisiekimo ministerijos, 2008).

Reguliuotojo darbo vieta turi būti tinkamai parinkta, kad užtikrintų savo bei kitų eismo dalyvių saugumą. Reguliuotojas turi stovėti veidu priešais eismą ir būti gerai matomas vairuotojams. Jis turi neužstoti kelio ženklų bei kitų techninių eismo reguliavimo priemonių. Reguliuotojas negali palikti darbo vietos, kai eismas yra sustabdytas, kol jo nepakeičia kitas reguliuotojas. Reguliuotojas turi turėti pasilikęs neužstotą kelią pasitraukti iš darbo vietos, jeigu jam kiltų pavojus. Taip pat nakties metu reikia užtikrinti, kad reguliuotojo darbo vieta būtų apšviesta.

2.5. Darbo zonos problemos

Įrengus kelio darbo vietą dažnai galima susidurti su įvairiomis problemomis. Pirmame skyriuje, išanalizavus autorių straipsnius darbo zonų tematika, išskiriama pora problemų:

- saugumas;
- automobilių srauto pralaidumo sumažėjimas.

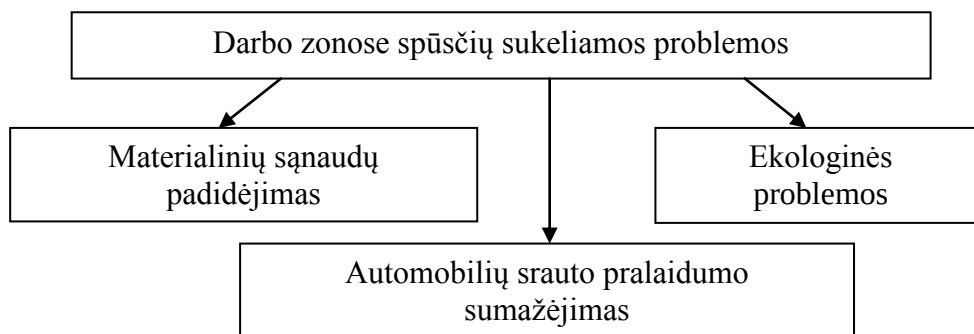
Viena iš pagrindinių kelyje įrengiamų darbo vietų problemų yra eismo dalyvių ir kelio darbuotojų saugumas. Kelio ruože atsiradusi darbo zona sukuria kliūtį, kurią turi aplenkti eismo dalyviai. Automobilių kelių darbo zonos saugumas priklauso nuo keleto veiksnių: aplinkos, transporto priemonių ir vairuotojų. Eismo dalyvių saugumas – tai siekis sumažinti sužeistųjų, žuvusiųjų ir materialinių nuostolių mastus (Meng *et al.* 2010). Darbo zonose būna skaudžių eismo įvykių kai sužalojami eismo dalyviai arba kelio darbuotojai. Norint sumažinti eismo įvykių kiekį, turime pagerinti sąlygas darbo zonose ir greta jų. Taigi vienas iš svarbiausių aspektų kelio darbo vietose – sumažinti nelaimingų atsitikimų bei žūčių skaičių (Li, Bai 2009). Kaip buvo pastebėta kitų autorių literatūroje, saugumo gerinimo priemonės būna labai įvairios. Jas galima parinkti ir pritaikyti priklausomai nuo darbo zonos parametrų.

Kita problema automobilių kelių darbo vietose – srauto pralaidumo sumažėjimas. Tai gali pasireikšti kai transporto priemonių srautai nėra tinkamai paskirstyti arba transporto priemonių intensyvumas viršija pralaidumą. Esant dideliems srautų intensyvumams, kelio pralaidumo sumažinimas iššaukia automobilių grūstis. Tai atsitinka, kai sumažėja transporto priemonių greičiai dėl apribojimų. Transporto priemonių greičio ir kelio juostų apribojimai panaudojami darbo zonose.

Darbo vietose, kuriose susiformuoja spūstys, atsiranda papildomos problemos (14 pav.). Netinkamai eksploatuojant darbo vietą kelyje, gali susidaryti automobilių grūstys, kurios sukelia: eismo dalyvių nepasitenkinimą, finansines išlaidas, sumažina saugumą kelyje (Ramezani, Benekohal 2011).

Įrengus darbo zoną, dažniausiai yra įvedami papildomi apribojimai. Apribojimai gali būti: juostų skaičiaus ir transporto priemonių greičio mažinimas. Įvedus apribojimus, prarandamas srauto pralaidumas. Jei srauto intensyvumas yra mažesnis už kritinį, tada srautas juda apribotu greičiu.

Tačiau jei srauto intensyvumas yra didesnis už maksimalų kritinį srautą, tada gali susidaryti automobilių spūstys. Stovint transporto priemonių spūstyje naudojamas kuras, tačiau naudingas darbas neatliekamas. Taigi stovint spūstyje patiriami materialiniai ir laiko nuostoliai (Qian, Jing 2008).



14 pav. Darbo zonose sukeltų spūsčių problemų klasifikacija

Darbo zonose aktualiausios problemos yra sukeltos spūsčių ir saugumo. Šios problemos nagrinėjamos ir užsienio autorių straipsniuose. Taigi joms mažinti yra atliekami įvairūs eksperimentai, analizės ir pateikiami sprendimai.

2.6. Automobilių srauto parametrai

Ankstesniuose skyriuose buvo paminėta, kad kelyje atsiradus darbo zonai dažnai gali susiformuoti spūstys. Tai atsitinka dėl kelio susiaurėjimo arba greičio sumažinimo. Tokiu atveju kelio laidumas sumažėja.

Eismo sąlygos priklauso nuo daugelio veiksnių, kurių svarbiausi yra šie (Petkevičius, 2011):

- kelių geometriniai parametrai ir dangos lygumas;
- kelių dangos tipas;
- eismo sudėtis;
- eismo kontrolės priemonės ir technologijos bei jų lygis;
- klimato veiksmas, aplinkos sąlygos, eismo įvykių tikimybė ir kt.

Nenutrūkstamas transporto priemonių eismas yra svarbiausias veiksnys, kuriuo siekiama, kad transporto priemonių eismo intensyvumas kelyje būtų artimas kelio laidumui, koreguojant veiksnius, lemiančius idealias eismo sąlygas.

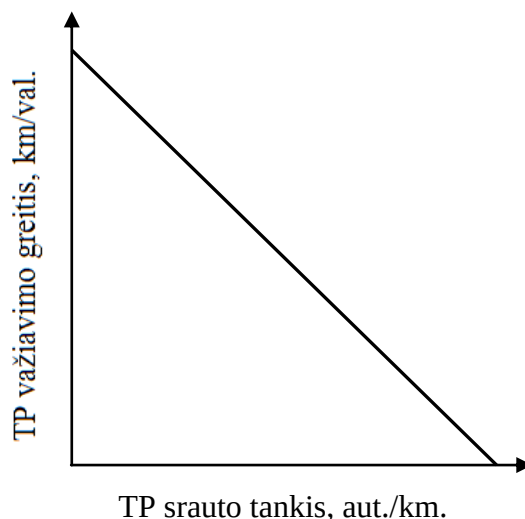
Nagrinėjant darbo zonų kelyje automobilių eismo būklę, galime išskirti pagrindinius tris parametrus: transporto priemonių srauto tankis k , kelio laidumas P_k ir transporto priemonių važiavimo greitis v .

Transporto priemonių srauto tankis – tai važiuojančių transporto priemonių momentinis skaičius, esantis 1 kilometro ilgio analizuojamame kelio ruože. Srauto tankis charakterizuoja kelio apkrovimą transporto priemonėmis. Konkretaus ruožo ribinis tankis atitinka nejudančių, viena salia kitos stovinčių transporto priemonių skaičių. Priklaupimai nuo jų tipo (lengvieji automobiliai, sunkvežimiai) šis skaičius gali būti skirtingas. Didėjant eismo tankiui, didėja transporto priemonių tarpusavio įtaka sraute, mažėja manevrų atlikimo galimybė, tai mažina gatvių tinklo laidumą.

Kelio laidumas – tai didžiausias galimas važiuojančių transporto priemonių skaičius, esantis tikro ilgio kelio ruože arba per laiko vienetą esantis kelio pjūvyje tam tikru laiko momentu. Miestų gatvių laidumą riboja atskira eismo juosta ir jų skaičius, bet daugiausia – vieno lygio sankryžų laidumas. Gatvės laidumą labai sumažina kelkraščiuose stovintys automobiliai, nepakankamas eismo juostų skaičius, viešojo transporto stotelės gatvės važiuojamojoje dalyje. Didinant miestų gatvių tinklo laidumą, reikia pradėti nuo sankryžų laidumo didinimo.

Gatvės sankryžų laidumą padidinti galima tobulinant eismo reguliavimą. Nereguliuojamose sankryžose tai reikštų atitinkamų kelio ženklų įrengimą, uždraudžiant atlikti tam tikrus manevrus. Reguliuojamose sankryžose eismo laidumo didinimo galimybės yra įvairesnės – šviesoforų ciklo ar atskirų fazių ilgių keitimas, daugiafazio reguliavimo įvedimas, koordinuotas eismo reguliavimas visose sankryžose (Paliulis 2007).

Transporto priemonės važiavimo greitis – tai atstumas, kurį transporto priemonė nuvažiuoja per tam tikrą laiko vienetą.



15 pav. Transporto priemonių tankio ir transporto priemonių važiavimo greičio teorinė priklausomybė

Transporto priemonių greičio ir srauto tankio priklausomybė pateikta 15 paveiksle. Kai transporto priemonių srauto tankis būna mažas, automobilių važiavimo greitis būna labai didelis,

taip pat didelis ir srauto greitis. Kitu krašutiniu atveju, kai transporto priemonių važiavimo greitis būna lygus nuliui (spūstis), transporto priemonių srauto tankis būna didžiausias (Petkevičius 2011).

Pagal apibrėžimą vieno kilometro ilgio kelio ruožu tam tikru greičiu v važiuoja k automobilių. Kelio ruožo pabaigoje išmatuotas kelio laidumas parodo, kiek automobilių pravažiuoja analizuojamą kelio ruožą per laiko vienetą (pavyzdžiui, per 1 valandą)

Automobilis, pradėdamas važiuoti 1 km ilgio kelio ruožu, jį įveiks per $1/v$ valandos, važiuodamas pasirinktu greičiu v km/val. Kelio ruože esant k automobilių, jie šį kelio ruožą pravažiuos per klq valandos, tada:

$$\frac{1}{v} = \frac{k}{P_k}; \quad (2.1)$$

Arba

$$P_k = k \cdot v. \quad (2.2)$$

Formulės reikalingos tuo atveju, kai, turint dviejų parametrų vertes, reikia apskaičiuoti trečiojo parametro vertę. Praktikoje tam tikrame kelio ruože transporto priemonių srauto tankis priklauso nuo kebo laidumo ir nuo transporto priemonių važiavimo galimo ir faktinio greičio, kuriems turi įtakos važiavimo sąlygos ir vairuotojų elgsena. Šiuos tris parametrus geriau nagrinėti kartu.

Eismo intensyvumas N – transporto priemonių, pervažiuojančių gatvės pjūvį per nustatytą laiko tarpą, skaičius. Jis yra netolygus dydis ir erdvės (gatvės arba gatvės ruožo), ir laiko atžvilgiu. Priklausomai nuo sprendžiamų uždavinių gali būti skaičiuojama metų, mėnesio, savaitės, paros, valandos eismo intensyvumo trukmė. Išskiriamas didelio eismo intensyvumo laikotarpis, atitinkantis vadinamuosius piko laikotarpius – rytinius (eismas, važiuojant į darbą) ir vakarinius (eismas, važiuojant po darbo). Eismo intensyvumo netolygumas įvertinamas netolygumo koeficientu K_n atitinkančiu faktinio intensyvumo N_f nagrinėjamuoju laikotarpiu santykį su vidutiniu intensyvumu N_{vid} per ilgesnį laikotarpį (Paliulis 2007):

$$K_n = \frac{N_f}{N_{vid}}; \quad (2.3)$$

Paros netolygumo koeficientas:

$$K_{np} = \frac{N_{val} \cdot 24}{N_p}; \quad (2.4)$$

čia N_{val} – intensyvumas per nagrinėjamą valandą, aut/h.; N_p – suminis intensyvumas per parą, aut/parą; 24 – valandų skaičius paroje.

Metinis netolygumo koeficientas:

$$K_{nm} = \frac{N_{m\acute{e}\acute{e}} \cdot 12}{N_{met\acute{u}}}; \quad (2.5)$$

čia $N_{met\acute{u}}$ – suminis intensyvumas per metas, aut/metus; $N_{m\acute{e}\acute{e}}$ – intensyvumas per nagrinėjamą mėnesį aut/mėn., 12 – mėnesių skaičius metuose.

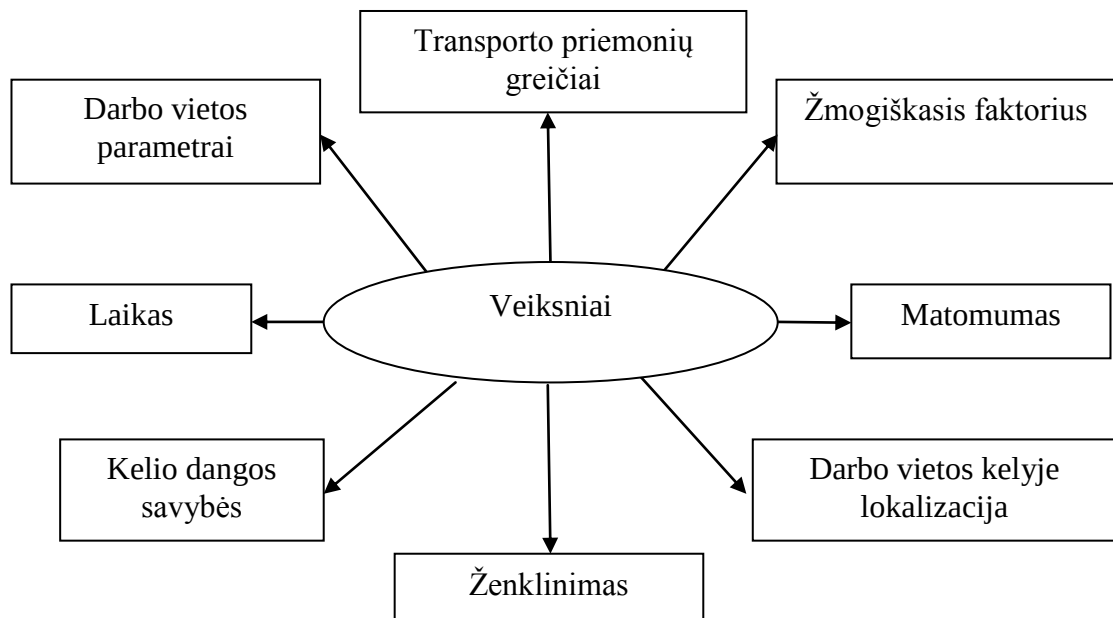
Eismo intensyvumo duomenys kaupiami, vykdomas jų monitoringas ir naudojimas, rengiant teritorijų planavimo dokumentus: bendruosius planus, detaliuosius planus ir gatvių techninius darbo projektus, pagrindžiant gatvių techninius parametrus, nustatant gatvių bei sankryžų laidumą.

Atsižvelgiant į transporto priemonių srautų parametrus rengiamose kelių darbo zonose galima tinkamai įvertinti būsimus srauto pokyčius ir imtis priemonių gerinant eismo būklę.

2.7. Veiksniai, lemiantys transporto priemonių srautus darbo zonoje

Yra keli veiksniai, lemiantys transporto priemonių srautą keliuose. Priklausomai nuo to, kur įrengta darbo vieta, priklauso greičio ribojimai ir srauto pralaidumas (16 pav.).

Didelę įtaką transporto priemonių srautui turi laikas. Piko metu transporto priemonių srauto intensyvumas gali kelis kartus padidėti negu kitu laiku (Lee, Thomas 2007).



16 pav. Veiksniai lemiantys transporto srautą darbo zonoje

Transporto priemonių greitis dažniausiai būna mažesnis esant pavojingoms vairavimo sąlygoms. Kai blogas matomumas (pvz. neapšvieta, rūkas) arba prasta kelio danga (pvz. apledėjęs, apsnigta, šlapia) vairuotojai priversti mažinti vairuojamos transporto priemonės greitį, kad

užtikrintų savo ir aplinkinių saugumą. Taip pat įrengta darbo zona gali būti traktuojama, kaip pavojingas kelio elementas (Lee 2009). Nustatant leistiną greitį darbo zonoje, būtina atkreipti dėmesį į kelio kategoriją ir eismo sąlygas. Leistinas greitis negali prieštarauti nustatytoms Lietuvos Respublikos įstatymais patvirtintomis kelių eismo taisyklėmis.

Matomumas – tai vienas iš faktorių, kuris pasireiškia esant blogam orui arba dirbant naktį. Blogas oras: kai intensyviai lyja, sniega ar atsiranda rūkas. Esant tokioms oro sąlygoms, vairuotojų matymo zona sumažėja. Tokiu atveju sutrumpėja ir laikas kai pastebėjus kliūtį (aptverta darbo zona) vairuotojas turi galimybę manevruoti. Taip pat matomumą pablogina ir darbas nakties metu (Nassar 2008). Darbai naktį dažniausiai atliekami norint kuo mažiau sutrikdyti intensyvių kelio ruožų eismą. Tokiais atvejais, kai blogas matomumas darbo zonose, būtinas tinkamas apšvietimas. Tam tikslui naudojami įvairūs šviesos bokštai darbui naktimis ar šviesos signalizatoriai esant blogam orui.

Kitas veiksnys turintis įtakos darbo zoną kelyje yra lokalizacija. Lokalizacija tai – kelio vieta, kurioje dirbama: kelkraštyje, skiriamosioje zonoje ar eismo juostoje. Kuo arčiau transporto priemonių srauto vykdomi kelio darbai, tuo kelio darbuotojams didėja nelaimingų atsitikimų pavojus. Kelių galima suskirstyti į magistralinius, rajoninius ir miestų. Nuo kelio statuso priklauso greičio ribojimas bei srautų intensyvumas.

Darbo zonos ženklinamos naudojamas atsižvelgiant į atliekamus darbus ir kelio kategoriją. Ženklinimas susideda iš kelio ženklų, kelio dangos žymėjimų ir kitų papildomų įrengimų (pvz. skydai, bortai). Ženklinimas atliekamas vadovaujantis Lietuvos Respublikos įstatymų nustatyta tvarka.

Kelio dangos savybės labiausiai priklauso nuo oro sąlygų. Lyjant ar sningant kelio danga pasidaro slidi. Tokiu atveju reikia tinkamai įvertinti transporto priemonių lėtėjimo zoną, prieš įvažiuojant į darbo zoną kelyje.

Taip pat kelio danga priklauso ir nuo nusidėvėjimo. Kelio dangos nusidėvėjimas matuojamas sankabumo officiantu. Norint padidinti sankabumą, kelio danga šiurkštinama bitumo ir skaldos sluoksniu.

Taip pat reikia nepamiršti ir eismo dalyvių. Dažnai didžiausi nelaimingi atsitikimai būna dėl eismo dalyvių kaltės. Transporto priemonių vairuotojai gali būti pavargę ar apsvaigę nuo alkoholio bei kitų psichotropinių medžiagų. Žmogiškojo faktoriaus darbo zonose įtaka atsiranda dėl patirties stygiaus, tinkamai neįvertinant situacijos, parinkto per didelio greičio ir kitų dirgiklių.

Kiekvieną iš prieš tai išvardintų veiksnių galima išplėsti. Kiekviena pagrindinė veiksnių grupė turi tam tikrą galimą variantą. Veiksnius galima išskirstyti, kaip, pavyzdžiui, pateikta 4 lentelėje. Šioje lentelėje buvo siekiama pateikti veiksnių galimus variantus.

4 lentelė. Veiksniai turintys įtakos darbo zonos srautui

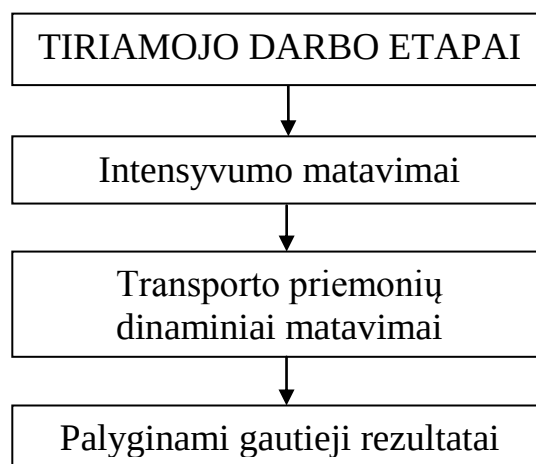
Veiksnių grupės	Išskiriami veiksniai
Aplinkos sąlygos	Geros
	Lietus
	Rūkas
	Sniegas
Laikas	Paros
	Savaites
	Metų
Apšvietimas	Dienos šviesa
	Neapšviesta naktie metu
	Apšviesta nakties metu
Greičio apribojimai	<40 km/h
	40 - 70km/h
	>70 km/h
Kontroliavimas	Kontroliuojama
	Nekontroliuojama
Kelio būklė	Sausa
	Šlapia
	Snieguota
	Apledėjusi
Kelio kreivė	Tiesi
	Iškreivinta
Ženklinimas	Kelio skersinis ženklinimas
	Kelio išilginis ženklinimas
	Informaciniai ženklai
Kelio parametrai	Plotis
	Juostų skaičius
Darbo zonos parametrai	Ilgis
	Plotis
	Uždarytų eismo juostų skaičius
Srauto sudėtis	Lengvieji automobiliai
	Keleivinis transportas
	Sunkieji automobiliai
Transporto priemonių amžius	0 -5 metai
	5-10 metų
	10-15 metų
	>15 metų
Vairuotojai	Vyrai
	Moterys
Vairuotojų amžius	Jauni (< 30 metų)
	Vidutinio amžiaus (30 - 60 metų)
	Vyresni (> 60 metų)

Kaip galime pastebėti darbo zonose transporto priemonių srautus įtakoja įvairūs veiksniai ir jų kombinacijos. Norint įvertinti darbo zonų įtaką būtina pasirinkti pagrindinius parametrus. Vienas iš pagrindinių parametrų – greitis.

3. TRANSPORTO PRIEMONIŲ SRAUTŲ PARAMETRŲ DARBO ZONOSE EKSPERIMENTINIS TYRIMAS

3.1. Darbo zonos tyrimo metodika

Tiriant transporto srautus naudojami įvairūs tyrimo metodai ir modeliai. Tiriant darbo zonos srauto parametrus būtina tinkamai pasirinkti svarbiausius tiriamuosius parametrus, kurie daro didžiausią įtaką. Nagrinėtuose ankstesniuose skyriuose matoma, kad didžiausią įtaką transporto priemonių srautams turi transporto priemonių greitis ir srauto intensyvumas. Pasirinkti pagrindiniai tyrimo etapai pateikti (17 pav.).

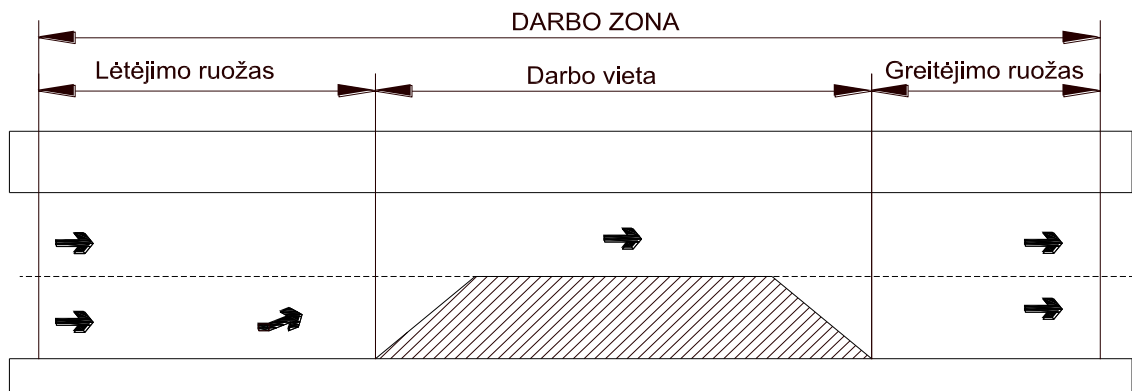


17 pav. Tyrimų atlikimo schema

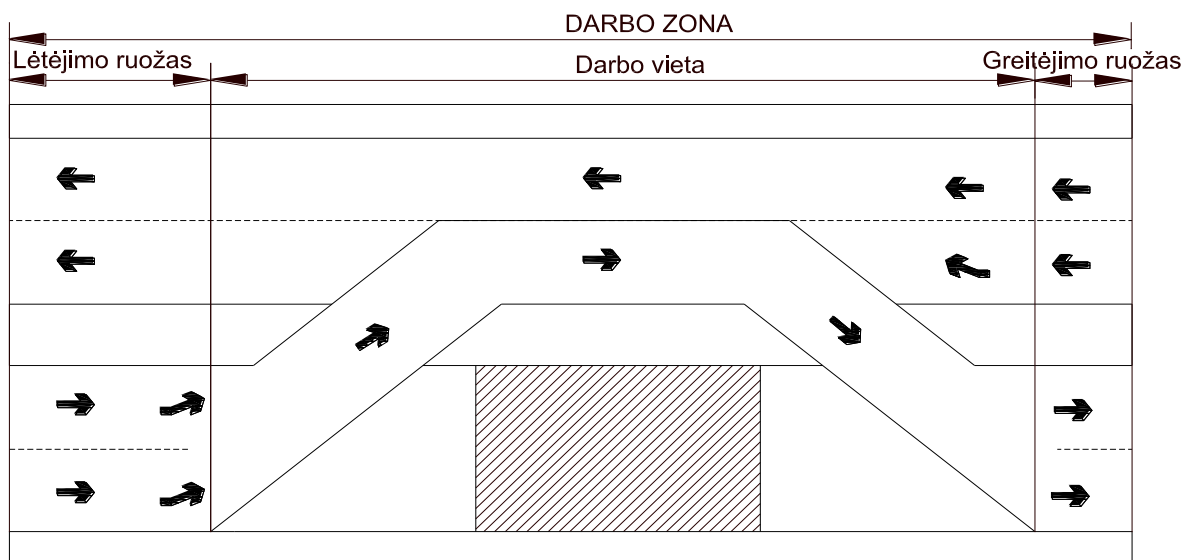
Kaip matyti iš schemos, tiriamasis darbas atliekamas dviem etapais. Šie tyrimai atliekami pasirinktose darbo vietose. Darbo zonos pasirinktos skirtingų tipų ir parametrų. Galimos pasirinkti darbo zonos principinės schemas pateikiamos 18 paveiksle. Eksperimentiniai bandymai atlikti keliose skirtingo tipo darbo zonose. Pasirinkti darbo zonų tipai:

- a) vienos krypties dviejų eismo juostų kelias su vienos kelio juostos uždarymu;
- b) vienos krypties dviejų juostų visiškas uždarymas su pervažiavimu į priešpriešinio eismo vieną juostą.

Pirmame tyrimo etape atliekami kelio laidumo matavimai. Šiame etape įvertinama koks yra transporto priemonių eismo intensyvumas. Antrame tyrimo etape tiriami transporto priemonių, važiuojančių per darbo zoną, dinaminiai procesai. Atlikus eksperimentinius bandymus, surenkami duomenys iš skirtingų darbo zonų. Duomenys susisteminami ir atliekama jų analizė.



a.

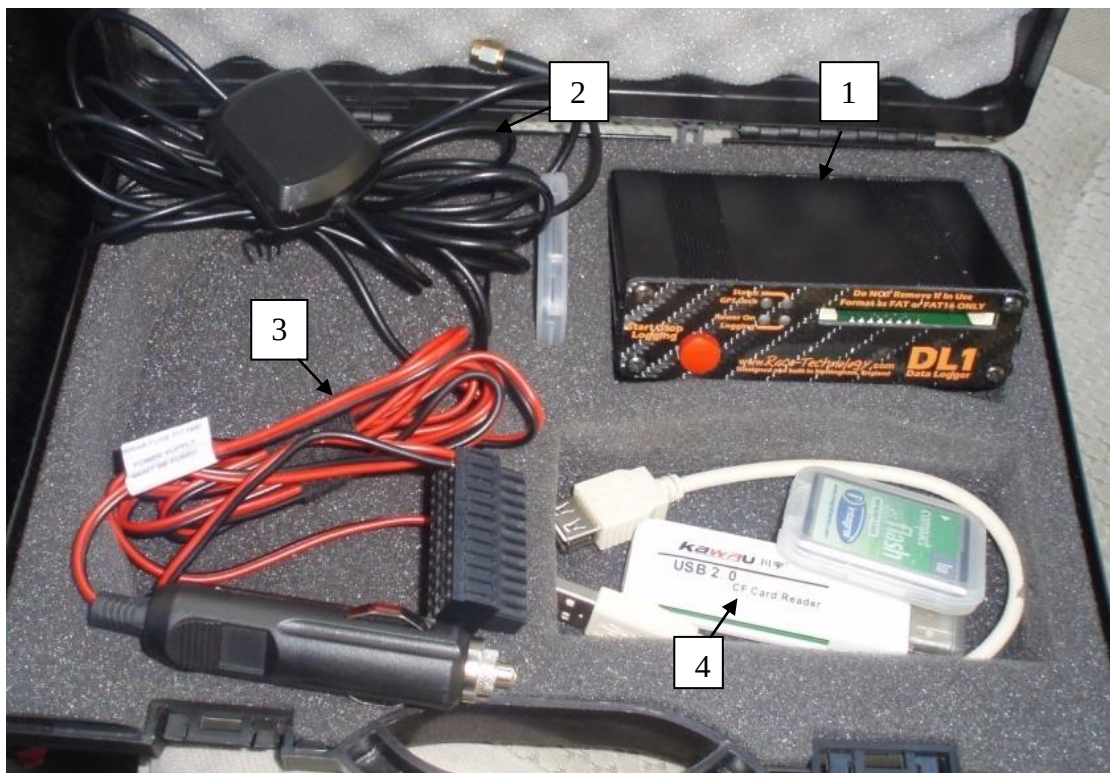


b.

18 pav. Tyrimų atlikimo darbo zonų schemas: a) vienos krypties dviejų eismo juostų kelias su vienos kelio juostos uždarymu; b) vienos krypties dviejų juostų visiškas uždarymas su pervažiavimu į priešpriešinio eismo vieną juostą

3.1.1. Eksperimente naudojamos priemonės

Transporto priemonės greičiui matuoti naudojamas „Data Logger DL1“ prietaisas (19 pav.). Įrenginys susideda iš: DL 1 matuoklio, GPRS antenos, jungties, duomenų įrašymo ir saugojimo priemonės. Matuokliu galima išmatuoti automobilio greičio, pagreičio ir nuvažiuoto atstumo priklausomybę nuo laiko. Matavimai įrašomi 100 Hz dažniu.



19 pav. DL 1 prietaiso sudedamosios dalys: 1) DL 1 matuoklis; 2) GPRS antena; 3) jungtis; 4) duomenų įrašymo ir saugojimo priemonės

Matavimui pasirinktas lengvasis automobilis, kuriame sumontuotas DL 1 matuoklis. Naudojamas automobilis – „Opel Vectra“ B modelio, 2.0 DTI variklio darbinio tūrio ir 1999 metų.

Matavimai atlikti pasirinktose darbo zonose:

- 1) greitkelyje;
- 2) priemiestyje;
- 3) mieste.

Tokio tipo keliuose matuotos darbo zonos pasirinktos, nes skiriasi jų eksploataciniai parametrai. Pavyzdžiui, greitkelyje transporto priemonių greičiai yra kur kas didesni nei miesto gatvėse.

3.1.2. Vertinami kriterijai

Atlikus matavimus, palyginama, kaip kinta transporto priemonės greitis nuo nuvažiuoto kelio ilgio. Yra lyginamas automobilio nuvažiuotas kelias esant darbo zonai ir kai nėra darbo zonos. Lyginamos atskirų darbo zonų ruožų vidutinės reikšmės.

Pasirinktame ruože apskaičiuojamas faktinis greičio aritmetinis vidurkis $\bar{v}$, km/h (Sivilevičius 2005):

$$\bar{v}_i = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}; \quad (3.1)$$

čia, v_i – transporto priemonės greitis, km/h;

n – duomenų imtis.

Toliau apskaičiuojamas imties plotis R_q , km/h:

$$R_q = v_{max} - v_{min}; \quad (3.2)$$

čia, v_{max} – maksimalus greitis iš duomenų;

v_{min} – minimalus greitis iš duomenų.

Apskaičiuojame santykinį greičio sumažėjimą pasirinktame darbo zonos ruože r_i , %:

$$r_i = \left(1 - \frac{\bar{v}_{iD}}{v_i}\right) \cdot 100; \quad (3.3)$$

čia, $\bar{v}_{iD}$ – vidutinis greitis pasirinktame darbo zonos kelio ruože, km/h;

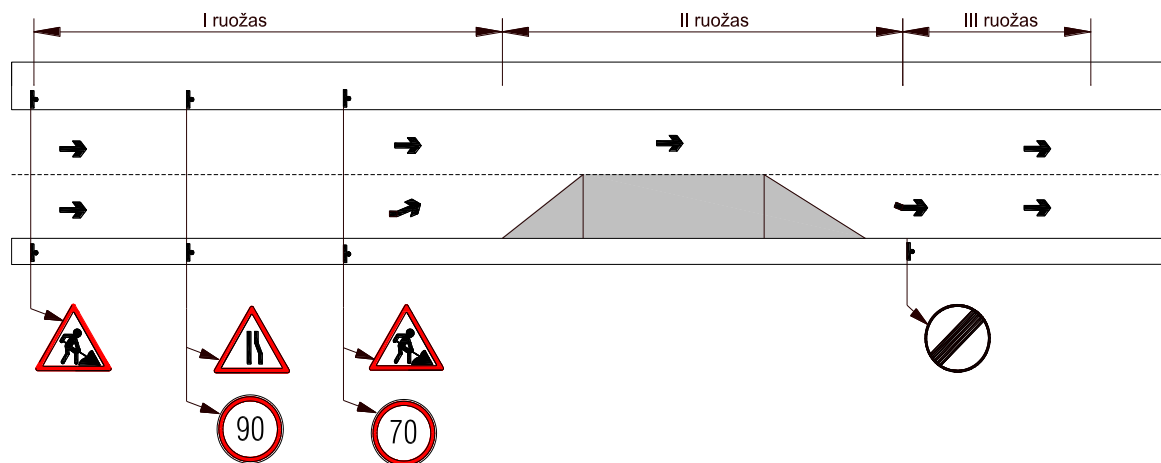
$\bar{v}_i$ – vidutinis greitis pasirinktame kelio ruože, km/h.

Tyrimo analizės metu palygintas transporto priemonės pagreičio kitimas. Taip pat palyginame kelionės laiko trukmę esant skirtingoms sąlygoms.

3.1.3. Matavimuose naudojamos darbo zonos

Darbo vieta greitkelyje

Darbo zonos parametrų matavimai atlikti A1 greitkelio (Vilnius–Kaunas) 15–17 km kelio ruože. Šis kelias turi dvi vienos krypties eismo juostas. Kelyje maksimalus leidžiamasis greitis 100 km/h. Kelio ruože įrengtoje darbo zonoje matuoti transporto priemonės judėjimo parametrai. Principinė tyrimui pasirinktos darbo zonos schema pateikta 20 paveiksle.

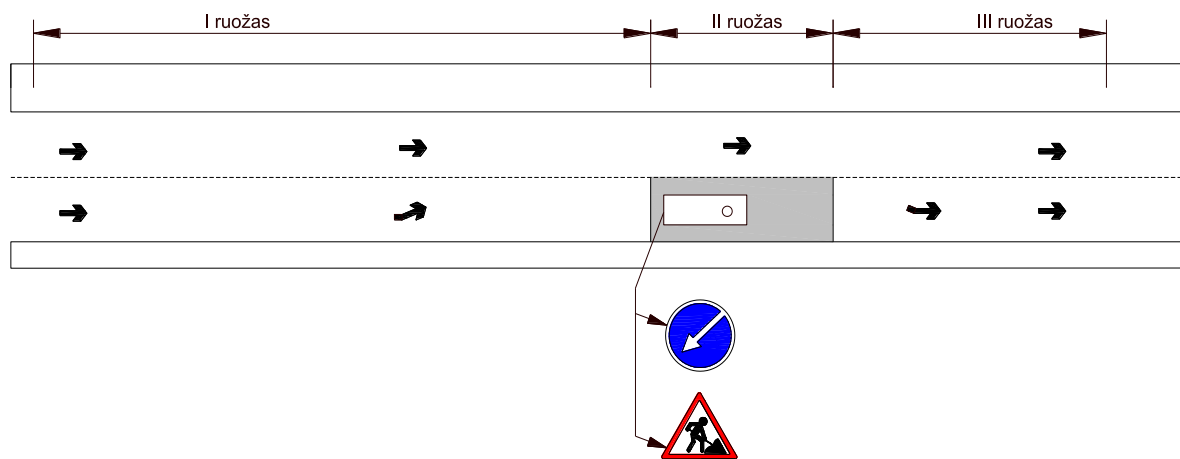


20 pav. A1 greitkelio (Vilnius–Kaunas) 15–17 km kelio ruože darbo vietos aptvėrimo schema

Darbo vieta įrengta atliekant kelio dangos remonto darbus. Tiriamajam darbui naudojamą darbo zoną galima suskirstyti į keletą ruožų. Pirmasis ruožas darbo vietoje yra lėtėjimo zona. Šioje zonoje transporto priemonių vairuotojai informuojami apie kelio darbus ir greičio ribojimus. Pasirinktoje darbo zonoje buvo reikalaujama sumažinti leidžiamą greitį nuo 100 km/h iki 70 km/h. Taip pat pirmoje zonoje atliekamas srauto suliejimas iš dviejų į vieną eismo juostą. Antrame darbo zonos ruože transporto priemonės juda leistinu greičiu viena eismo juosta. Trečiasis ruožas – darbo zonos pabaiga. Šioje zonoje kelio apribojimai panaikinami ir eismo sąlygos atkuriamos, kaip ir prieš darbo zoną.

Darbo vieta miesto gatvėje

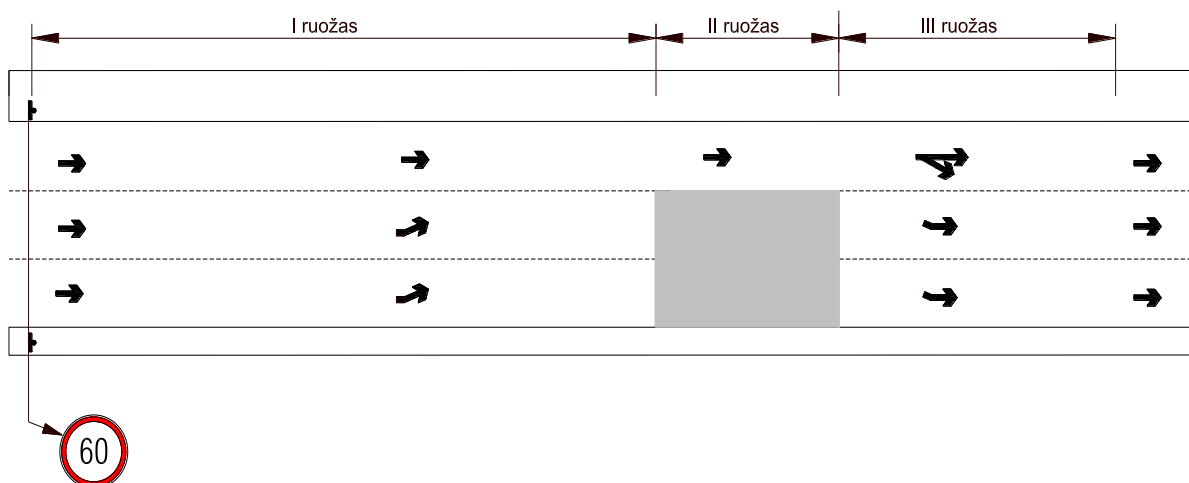
Ši darbo vieta buvo įrengta Vilniaus miesto Žirmūnų gatvėje. Joje buvo atliekami kelio dangos pažaidų tvarkymo darbai. Remontuojamame darbo vietos ruože greičio ribojimai neįvesti, todėl leidžiamasis maksimalus transporto priemonių greitis 50 km/h. Šis greitis yra leistinas miesto ribose pagal saugaus eismo taisykles. Šis kelias yra dviejų eismo krypčių. Vienai krypčiai skirta pora eismo juostų. Darbo zona įrengta vienoje eismo juostoje, kai uždaryta viena eismo juosta. Principinė darbo zonos miesto gatvėje schema pateikta 21 paveiksle.



21 pav. Trumpalaikės darbo zonos miesto gatvėje aptvėrimo schema

Darbo vieta, kai įvyksta eismo įvykis

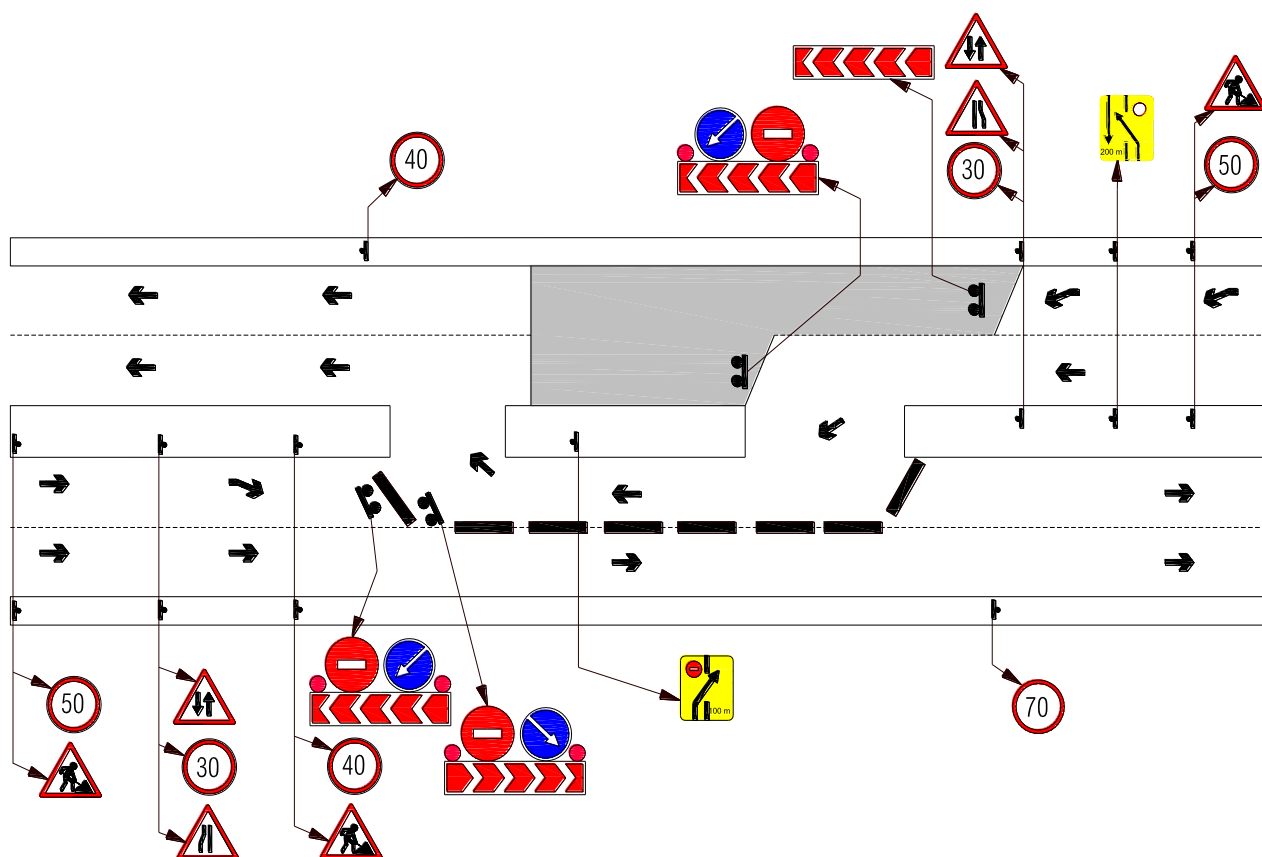
Ankstesnės tiriamos darbo zonos buvo skirtos kelio darbams atlikti. Ši darbo vieta atsirado įvykus eismo įvykiui. Vilniaus miesto Savanorių prospekto matuotame ruože iš trijų vienos krypties eismo juostų liko tik viena eismo juosta, kuria eismas vyko ir toliau nepertraukiamai. Principinė darbo zonos miesto gatvėje schema pateikta 22 paveiksle. Šiame kelio ruože leistinas maksimalus transporto priemonių greitis 60 km/h.



22 pav. Darbo zona įvykus eismo įvykiui miesto gatvėje schema

Darbo vieta su pervažiavimu į priešpriešinį eismą

Darbo zonos įtaką transporto priemonių srautams vertinta Vilniaus miesto Oslo gatvės, per Neris upę, kelio ruože. Šis kelias yra Vilniaus šiaurinio aplinkkelio dalis. Šis kelias turi po dvi vienos krypties eismo juostas su skiriamąja juosta. Darbo zona yra ilgalaikė ir aptvėrimo schema pateikta 23 paveiksle.



23 pav. Darbo zonos su pervažiavimu į priešpriešinį eismą principinė schema

Joje uždaryta viena eismo kryptis (2 eismo juostos). Analizuojamoje darbo vietoje transporto priemonių vairuotojai privalo pervažiuoti į priešpriešinę eismo juostą norėdami pervažiuoti darbo zoną. Kelyje maksimalus leidžiamasis greitis prieš darbo zoną 70 km/h.

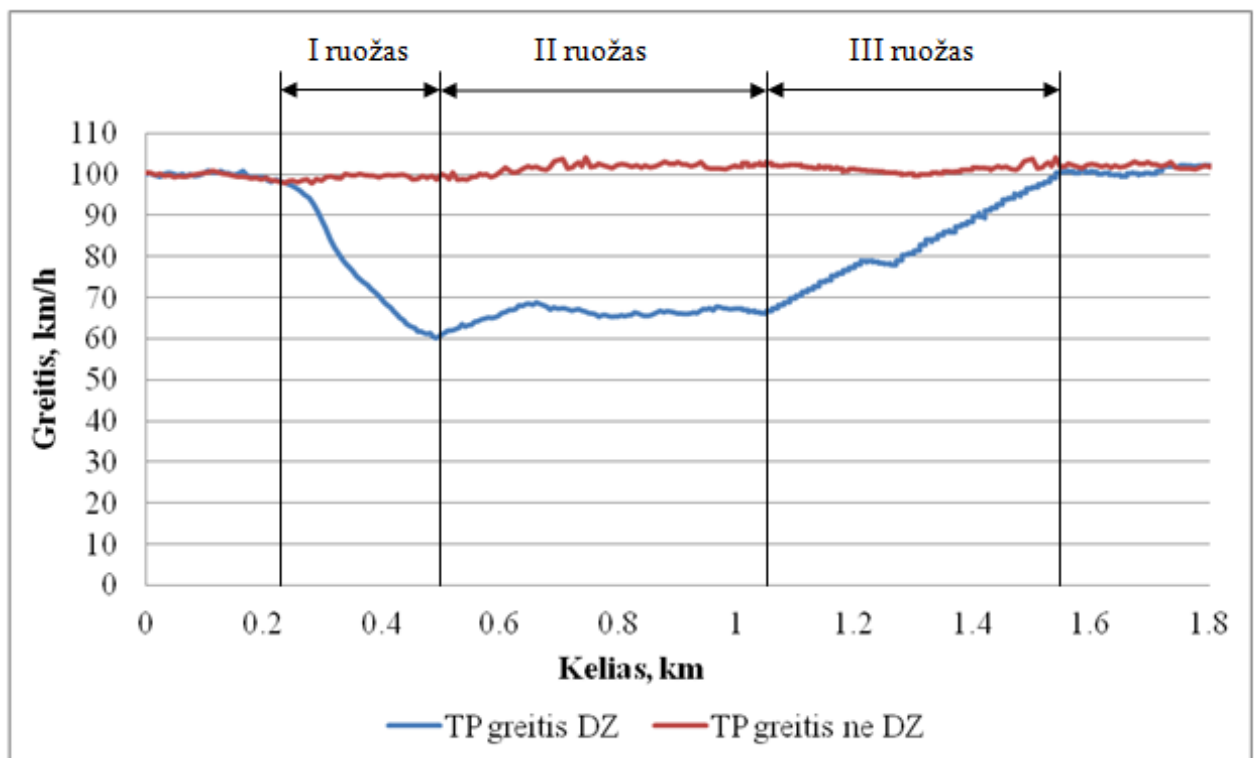
3.2. Darbo zonos gautų duomenų analizė

3.2.1. Darbo zona greitkelyje

Pasirinktoje greitkelio darbo zonoje matavimai atlikti vidurdienį. Šis laikas pasirinktas, nes trumpalaikiai darbai greitkelyje atliekami išvengiant rytinio ir vakarinio piko. Šiame matuotame greitkelio ruože transporto priemonių spūsčių nesusidarė, o transporto srauto intensyvumas buvo 672 aut/h.

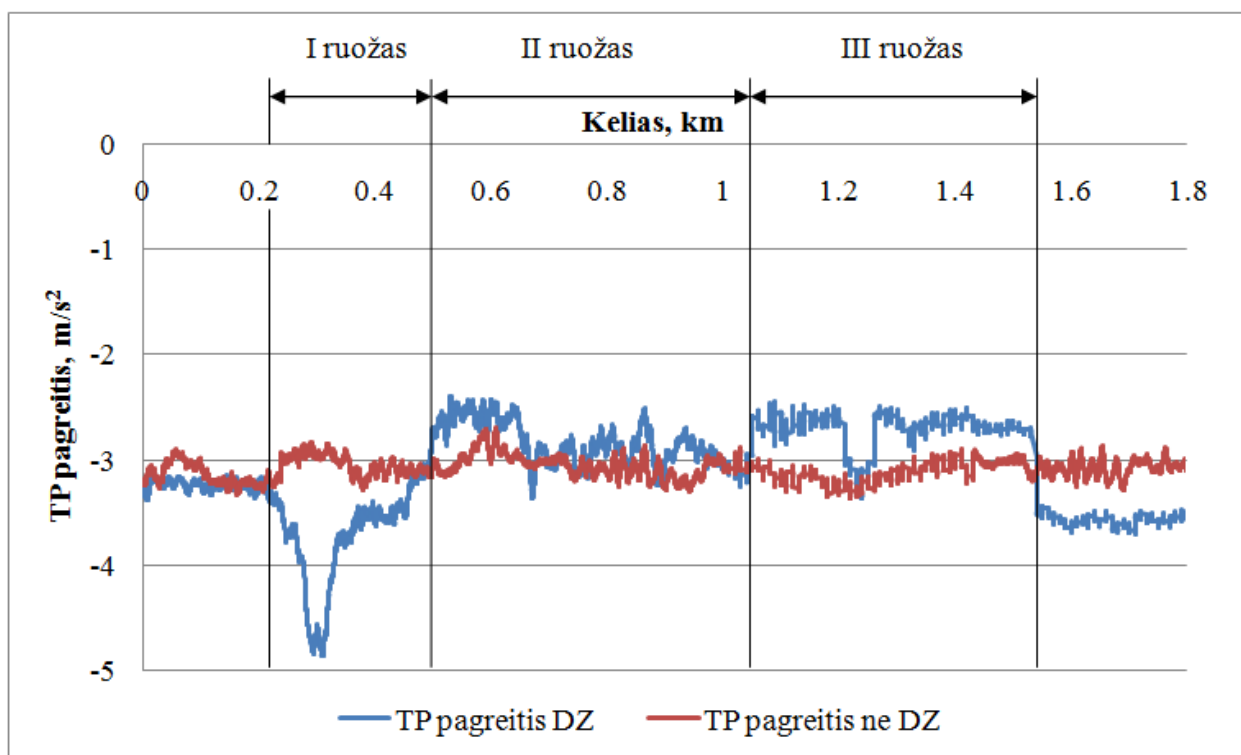
Darbo zonoje transporto priemonių greitį nuo 100 km/h reikalaujama sumažinti iki 70 km/h. Pateiktame 24 paveiksle matoma, kaip kinta transporto priemonės greitis esant darbo zonai ir nesant darbo zonai. Viršutinė diagramos atkarpa rodo automobilio greitį normaliomis eismo sąlygomis, kai kelyje nėra darbo zonos. Kaip matyti, matuotas transporto priemonės greitis išlieka pastovus vidutiniškai 101,24 km/h. Greitis kito nuo 97,9 km/h iki 104 km/h.

Apatinėje 24 paveikslo atkarpoje pateikiama, kaip kinta transporto priemonės greitis, matuotas bendrame sraute. Šioje diagramoje matoma, kaip ryškiai atsispindi greičio pokytis matuotame kelio ruože. Šios darbo zonos parametrai pateikti 5 lentelėje. Visą darbo zoną galima



24 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, greičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas A1 greitkelyje Vilnius–Kaunas

suskirstyti į tris ruožus. Pirmas ruožas – lėtėjimo. Jame greitis sumažėja nuo 98,78 km/h iki 60,28 km/h. Vidutinis šio ruožo automobilio greitis 76,52 km/h. Antrajame ruože transporto priemonė važiuoja viena eismo juosta per darbo zoną. Šiame ruože palaikomas vidutinis 66,09 km/h greitis. Leistinas antrame ruože greitis ne didesnis nei 70 km/h. Taigi, transporto priemonės greitis šiek tiek mažesnis nei leistinas maksimalus. Trečias darbo zonos ruožas – greitėjimo. Šiame ruože transporto priemonė greitėja nuo 66,1 km/h iki 98,08 km/h. Paskutiniajame ruože vidutinis greitis 80,69 km/h.



25 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, pagreičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas A1 greitkelyje Vilnius–Kaunas

Transporto priemonės matuotas pagreitis pateiktas grafiškai (25 pav.). Matyti, kad raudonoji diagramos linija mažai kinta. Ji rodo, kaip kinta transporto priemonės pagreitis važiuojant ne darbo zonoje. Pagreitis kinta nuo $-3,36 \text{ m/s}^2$ iki $-2,69 \text{ m/s}^2$, o vidutinis pagreitis visame kelio ruože $-3,07 \text{ m/s}^2$. Antrojoje diagramos atkarpoje (mėlynoji) pateikiamas pagreitis važiuojant per darbo zoną. Pirmame ruože stabdant transporto priemonės vidutinis pagreitis sumažėja iki $-3,67 \text{ m/s}^2$. Labiausiai pagreitis buvo sumažėjęs iki $-4,86 \text{ m/s}^2$. Antrajame ruože vidutinis pagreitis padidėja iki $-2,85 \text{ m/s}^2$, o trečiajame $-2,71 \text{ m/s}^2$.

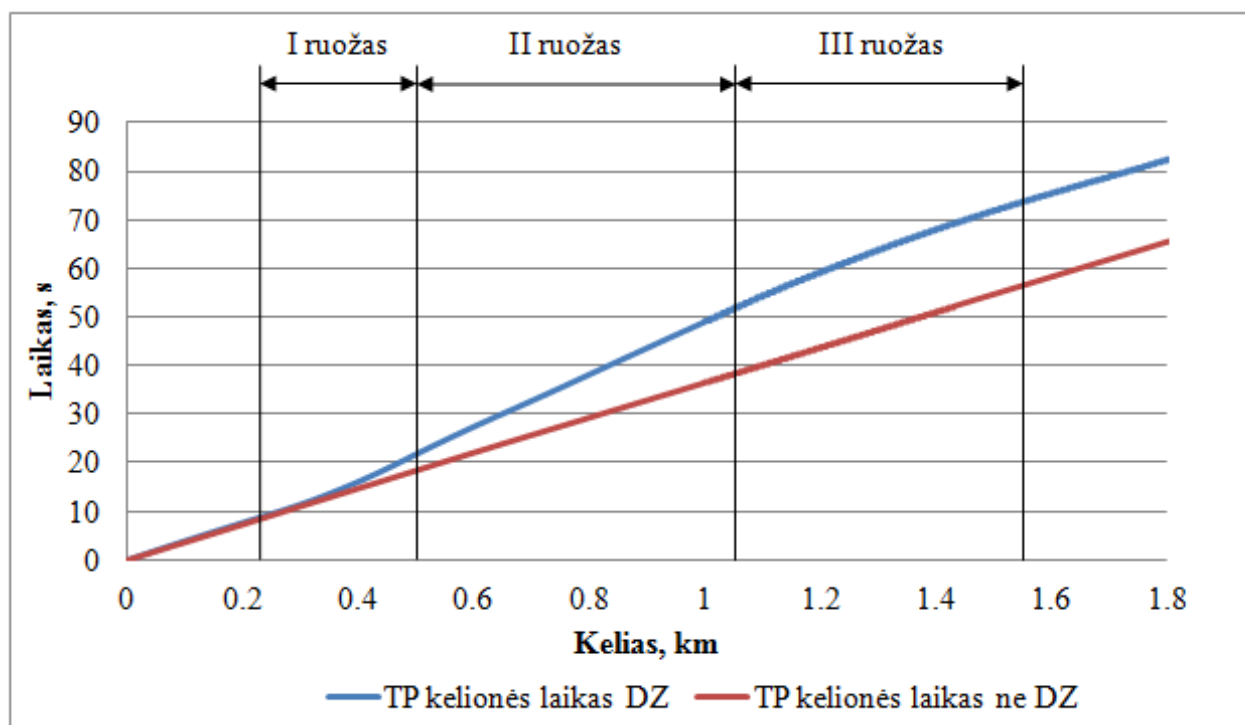
5 lentelė. Darbo zonos A1 greitkelyje Vilnius–Kaunas duomenys

Parametrai	I ruožas	II ruožas	III ruožas
Atstumas, <i>km</i>	0,275	0,55	0,48
v_{max} , <i>km/h</i>	98,78	68,90	98,08
v_{min} , <i>km/h</i>	60,28	60,19	66,10
R_q	38,50	8,71	31,98
v_{vid} , <i>km/h</i>	76,52	66,09	80,69
a_{vid} , m/s^2	-3,67	-2,85	-2,71

Paskaičiuojame santykinį greičio sumažėjimą visoje darbo zonoje r_i , %:

$$r_i = \left(1 - \frac{\bar{v}_{iD}}{v_i}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{74,43}{101,24}\right) \cdot 100 = 26,48 \text{ \%};$$

Kaip matyti, palyginus vidutinį greitį darbo zonoje ir ne darbo zonoje, gavome, kad vidutinis greitis sumažėjo 26,48 %.



26 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, kelionės laikas pagal nuvažiuotą kelią, grafikas, išmatuotas A1 greitkelyje Vilnius–Kaunas

Esant darbo zonai, kelionės laikas padidėja, lyginant su kelio ruožu, kuriame nėra kliūčių. 26 paveiksle pateikiami gauti eksperimentiniai duomenys. Apatinė atkarpa rodo kaip kito kelionės laikas nuo nuvažiuoto kelio, kai nėra darbo zonos. Matoma, kad kelionės laikas yra pastoviai

didėjantis nuo nuvažiuoto kelio. Antroje atkarpoje pateikiama, kaip kelionės laikas kinta darbo zonoje matuotame kelio ruože. Šioje atkarpoje matyti, kad kelionės laikas kinta ne tolygiai.

Eksperimente transporto priemonė važiavo parinktu kelio ruožu, kurio ilgis 1,8 km. Darbo zonos ilgis sudarė 1,305 km. Šiam atstumui nuvažiuoti ne esant darbo zonai reikėjo 48 sekundžių. Tačiau esant darbo zonai to paties atstumo kelionės laikas buvo 65 sekundės.

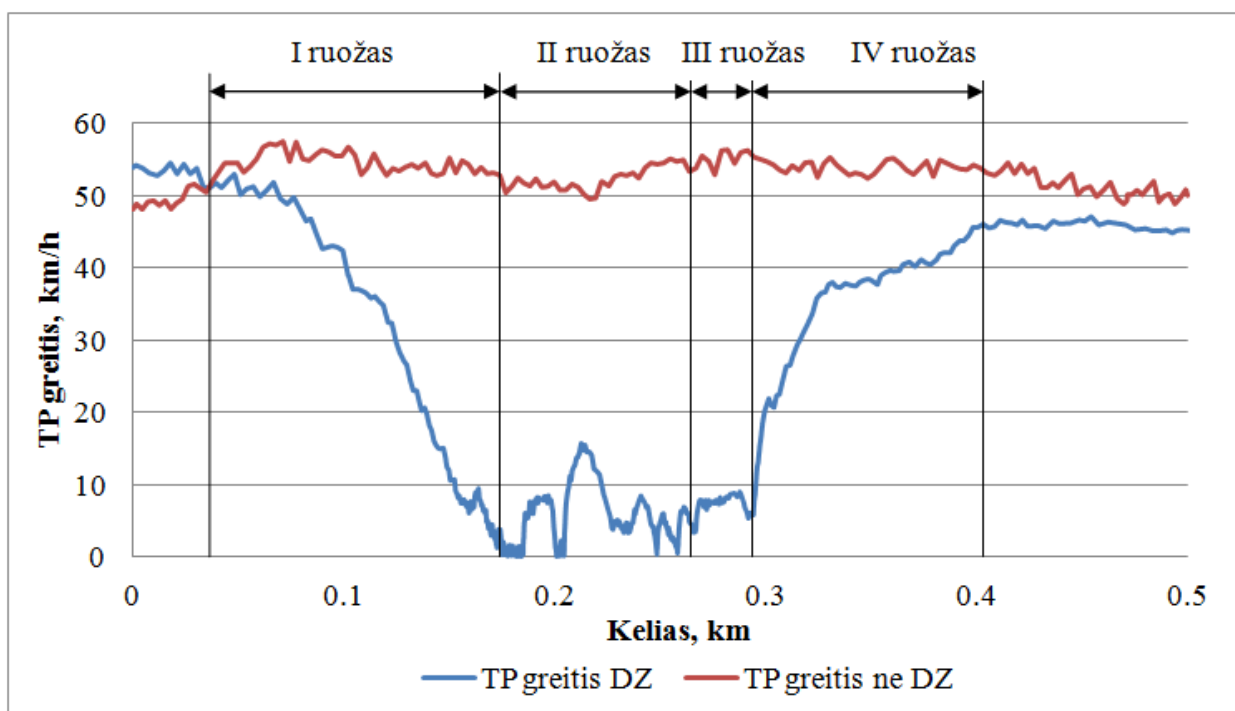
Taigi važiuojant 1,305 km kelio ruožą darbo zonoje, kelionės laikas padidės 35,4 % lyginant su kelio ruožu, kai nėra darbo zonos.

3.2.2. Darbo vieta miesto gatvėje

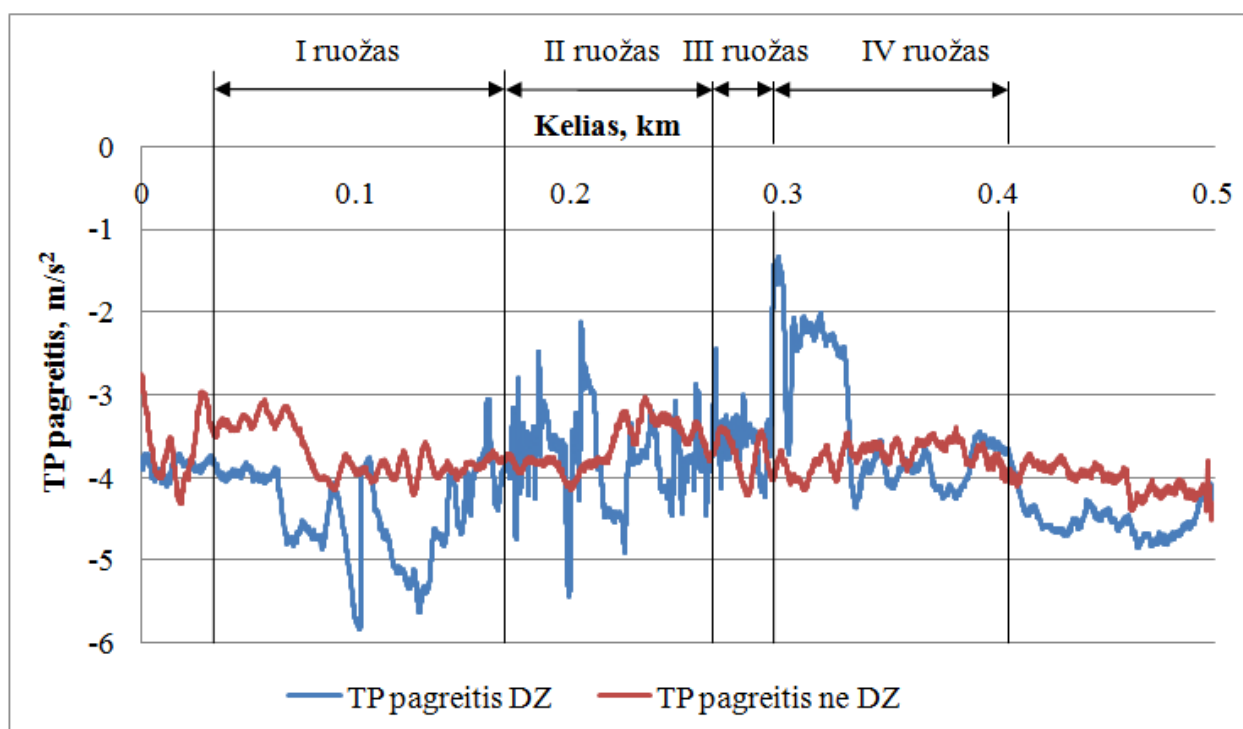
Miesto gatvės darbo zonoje atliekant pažaidų remonto darbus susiformavo spūstis. Kelio ruožo skaičiuotas automobilių intensyvumas siekė 959 aut/h. Matavimo metu susiformavo beveik 95 metrų transporto priemonių spūstis.

Atlikti darbo zonoje transporto priemonės greičio matavimai pateikti diagramoje (27 pav.). Viršutinė diagramos atkarpa rodo transporto priemonės greitį nesant darbo zonai normaliomis eismo sąlygomis. Kelio ruožo vidutinis transporto priemonės išmatuotas greitis 53,71 km/h. Vidutinis greitis viršijamas 3,71 km/h siekiant prisitaikyti prie bendro automobilių srauto greičio.

Įrengus darbo zoną, transporto priemonių greitis sumažėja. Matuotos transporto priemonės greičio kitimas darbo zonoje pateikiamas 6 lentelėje. Kaip matoma apatinėje 27 paveikslo atkarpoje (esant darbo zonai), matuotos transporto priemonės greitis sumažėjęs iki minimumo pirmame darbo zonos ruože. Šiame ruože greitis sumažėja nuo 52,88 km/h iki 2,99 km/h. Vidutinis transporto priemonės greitis pirmajame darbo zonos ruože yra 22,15 km/h. Antrajame ruože dėl įrengtos darbo zonos susiformavo 95 metrų transporto priemonių spūstis. Vidutinis automobilio greitis antrajame ruože siekė tik 2,74 km/h. Trečiajame ruože, norint pervvažiuoti darbo zoną, vidutinis transporto priemonės greitis padidėjo iki 7,21 km/h. Paskutiniajame darbo zonos ruože, automobilis greitėja nuo 5,36 km/h iki 45,54 km/h. Šiame ruože vidutinis greitis 27,78 km/h.



27 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, greičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Žirmūnų gatvėje



28 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, pagreičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Žirmūnų gatvėje

Esant normaliomis eismo sąlygomis, be kliūčių, transporto priemonės pagreitis kinta nedaug lyginant matuotą pagreitį darbo zonoje. Miesto gatvėje pagreičiai palyginti 28 paveiksle. Nesant darbo zonai vidutinis transporto priemonės pagreitis $-3,73 \text{ m/s}^2$. Esant darbo zonai pagreičio kitimo amplitudė yra nuo $-5,83 \text{ m/s}^2$ iki $-1,13 \text{ m/s}^2$. Pirmajame ruože vidutinis pagreitis $-4,27 \text{ m/s}^2$. Antrajame ir trečiajame ruožuose darbo zonos pagreičiai panašūs. O ketvirtajame ruože vidutinis pagreitis $-3,14 \text{ m/s}^2$.

6 lentelė. Darbo zonos Vilniaus miesto Žirmūnų gatvėje duomenys

Parametrai	I ruožas	II ruožas	III ruožas	IV ruožas
Atstumas, <i>km</i>	0,135	0,095	0,025	0,11
$v_{\max}$, <i>km/h</i>	52,88	15,70	9	45,54
$v_{\min}$, <i>km/h</i>	2,99	0,07	3,38	5,36
R_q	49,89	15,6	5,62	40,18
v_{vid} , <i>km/h</i>	22,15	2,74	7,21	27,78
a_{vid} , m/s^2	-4,27	-3,66	-3,51	-3,14

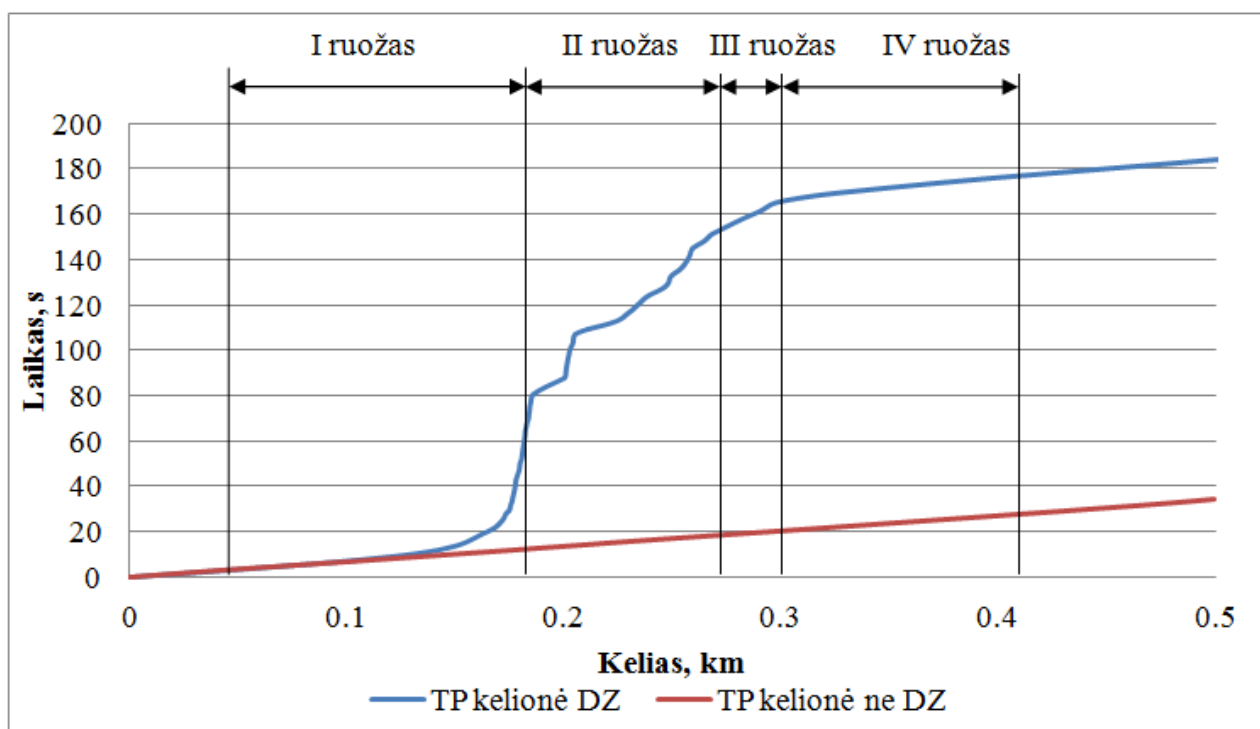
Paskaičiuojame santykinį greičio sumažėjimą visoje darbo zonoje r_i , %:

$$r_2 = \left(1 - \frac{\bar{v}_{iD}}{v_i}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{7,55}{53,71}\right) \cdot 100 = 85,94 \text{ \%};$$

Šioje matuotoje miesto darbo zonoje greičio vidurkis sumažėjo 85,94 % lyginant su vidutiniu greičiu ne darbo zonoje.

Miesto darbo zonoje važiuojančios transporto priemonės kelionės laiko priklausomybė nuo nuvažiuoto atstumo pateikta 29 paveiksle. Apatinė atkarpa rodo kelionės trukmę ne darbo zonoje, o viršutinė diagramos atkarpa rodo kelionės laiką kai vyksta kelio darbai.

Eksperimente transporto priemonė važiavo parinktu kelio ruožu, kurio ilgis 0,5 km. Darbo zonos ilgis sudarė tik 0,365 kilometro. Šį atstumą nesant darbo zonai eksperimente dalyvavęs automobilis nuvažiavo per 23 sekundes. O tą patį atstumą esant darbo zonai automobilis įveikė per 174 sekundes.



29 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, kelionės laikas pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Žirmūnų gatvėje

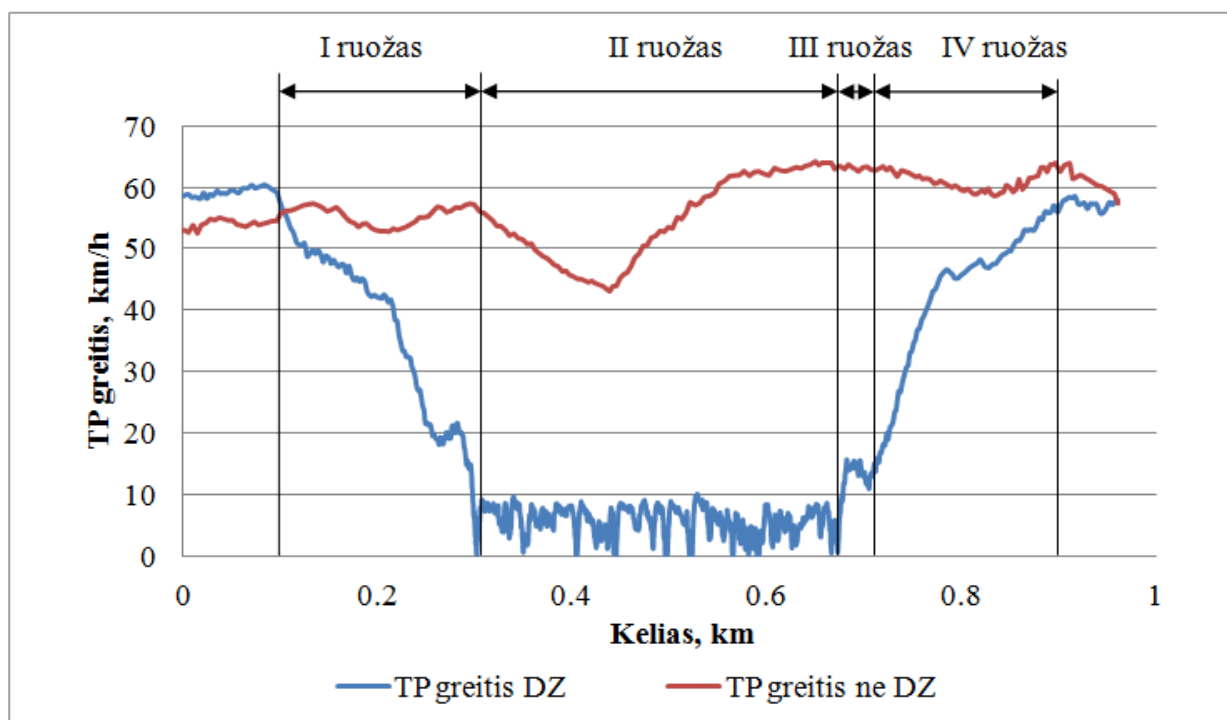
Važiuojant 0,365 km kelio ruožu darbo zonoje kelionės laikas padidės 7,6 karto lyginant su tokio paties ilgio kelio ruožu, kai nėra darbo zonos.

3.2.3. Darbo vieta, kai įvyksta eismo įvykis

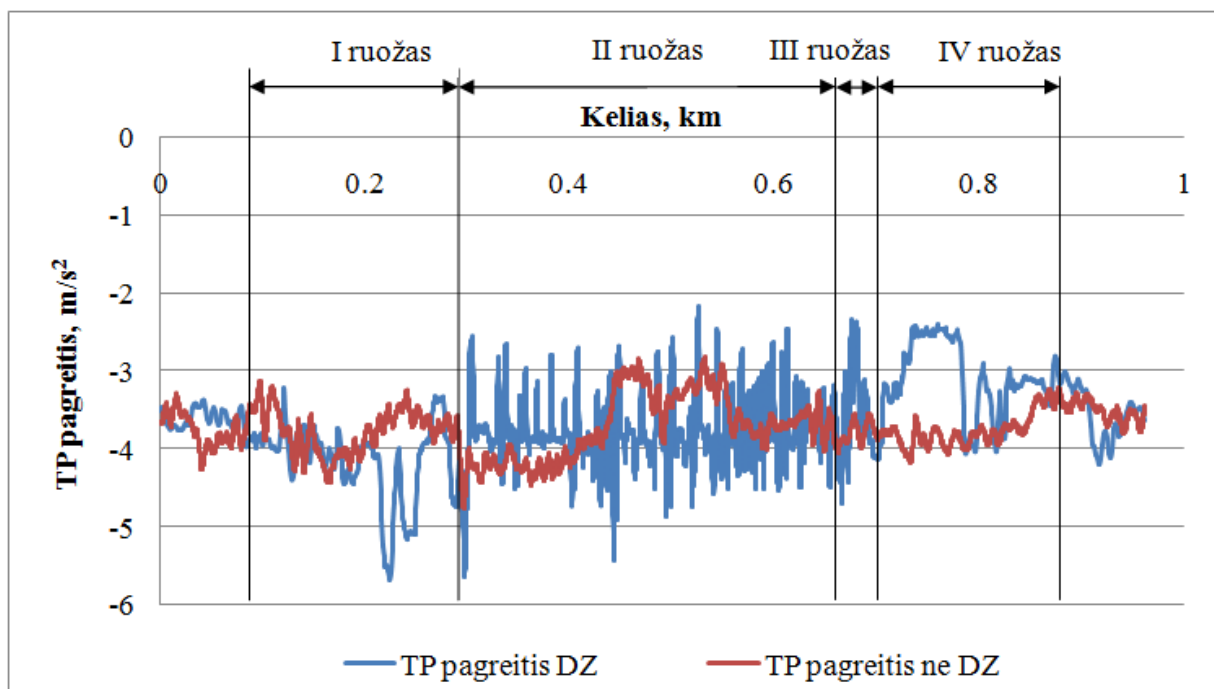
Savanorių prospekte įvykus eismo įvykiui atsirado darbo zona. Joje susiformavo transporto priemonių spūstis. Šiame kelyje eismo intensyvumas rytinio piko metu 2083 aut/h. Įvykus eismo įvykiui ir sutrikdžius eismo srautus taip pat sumažėja transporto priemonių važiavimo parametrai. Pateiktoje diagramoje (30 pav.) matyti, kaip viršutinė atkarpa žyminti transporto priemonės greitį normaliomis eismo sąlygomis kinta nuo 43,09 km/h iki 64,33 km/h. Matyti, kaip transporto priemonės greitis 0,439 kilometre buvo sumažėjęs iki 43,09 km/h, nes eksperimento metu naudojama transporto priemonė turėjo aplenkti prieš ją važiuojančią kitą transporto priemonę. Vidutinis greitis nesant darbo zonai 56,38 km/h.

Įvykus eismo įvykiui buvo uždarytos dvi juostos ir liko viena kelio juosta, kuria eismas vyko toliau. Matyti 28 paveiksle apatinėje atkarpoje matuotos transporto priemonės greičio pokytis nuo nuvažiuoto atstumo esant darbo zonai. Darbo zonos ruožų parametrai pateikti 7 lentelėje. Pirmajame lėtėjimo ruože greitis mažinamas nuo 59,74 km/h iki 0,6 km/h. Vidutinis greitis šiame ruože 25,01 km/h. Antrajame ruože susidarė 0,356 kilometro transporto priemonių spūstis. Šiame kelio ruože vidutinis greitis buvo 4,29 km/h. Trečiame ruože, kuriame įvykęs eismo įvykis vidutinis

transporto priemonės greitis padidėjo iki 6,45 km/h. Paskutiniame darbo zonos ruože transporto priemonės greitis didėja nuo 12,78 km/h iki 58,47 km/h. O vidutinis greitis šiame ruože 38,14 km/h.



30 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, greičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Savanorių pr.



31 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, pagreičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Savanorių pr.

Kai nėra eismo įvykio transporto priemonės pagreičio pokytis nedidelis. O esant eismo įvykiui transporto pagreitis kinta labiau. Pagreičio matavimų rezultatai įvykus eismo įvykiui pateikti

31 paveiksle. Raudonoji diagramos atkarpa rodo pagreitį nesant eismo įvykiui, o mėlynoji – esant. Nesant eismo įvykio vidutinis pagreitis buvo $-3,73 \text{ m/s}^2$. Esant eismo įvykiui vidutinis pagreitis išaugo nuo $-4,11 \text{ m/s}^2$ pirmame ruože ir iki $-3,12 \text{ m/s}^2$ ketvirtajame ruože.

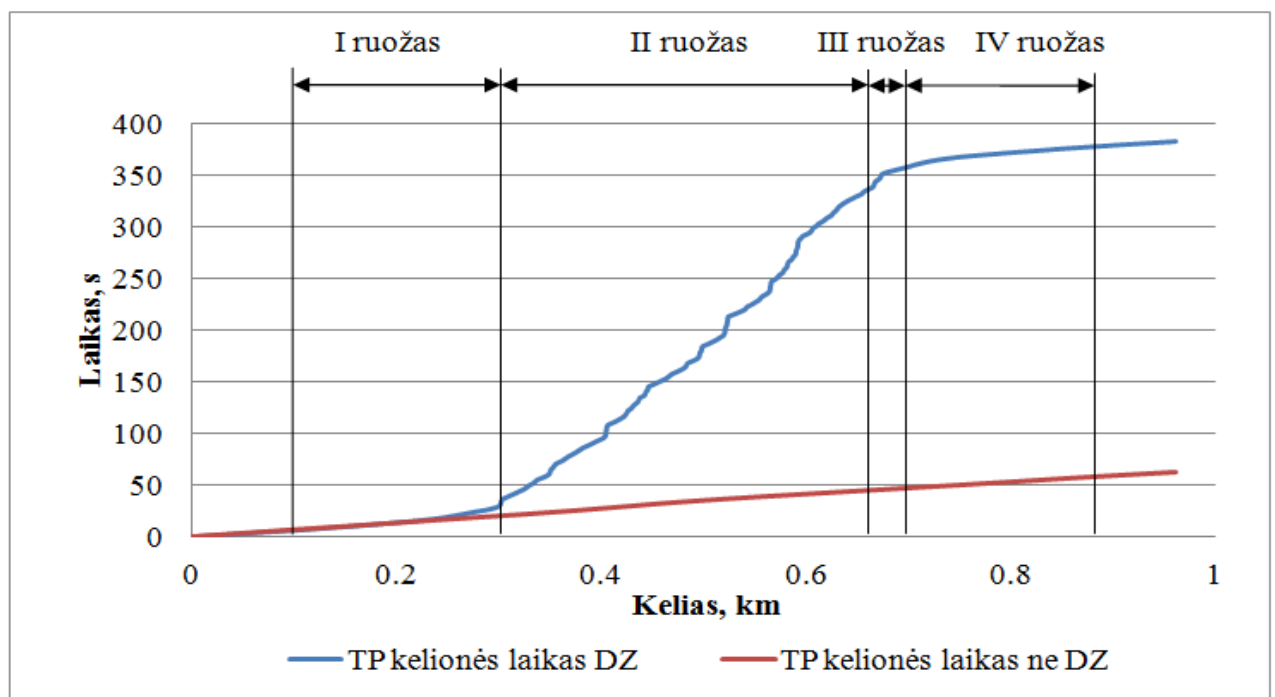
7 lentelė. Darbo zonos Vilniaus miesto Savanorių pr. duomenys

Parametrai	I ruožas	II ruožas	III ruožas	IV ruožas
Atstumas, km	0,208	0,356	0,045	0,219
$v_{\max}$, km/h	59,74	10,16	15,73	58,47
$v_{\min}$, km/h	0,6	0,1	0,58	12,78
R_q	59,14	10,06	15,15	45,69
v_{vid} , km/h	25,01	4,29	6,85	38,14
a_{vid} , m/s^2	-4,11	-3,76	-3,66	-3,12

Įvykus eismo įvykiui apskaičiuojame santykinį greičio sumažėjimą visoje darbo zonoje r_i , %:

$$r_3 = \left(1 - \frac{\bar{v}_{iD}}{v_i}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{8,03}{56,38}\right) \cdot 100 = 85,76 \text{ \%};$$

Eismo įvykio darbo zonoje greičio vidurkis sumažėjo 85,76 % lyginant su vidutiniu greičiu nesant darbo zonos.



32 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, kelionės laikas pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Savanorių pr.

Diagramoje (32 pav.) pateikta kelionės laiko priklausomybė nuo nuvažiuoto kelio ilgio. Kaip ir ankstesniuose paveiksluose apatinė atkarpa rodo kelionės laiko pokytį normaliomis eismo sąlygomis, o apatinė – esant eismo įvykiui.

Įvykus eismo įvykiui susidarė 0,828 kilometro darbo zona. Nesant eismo įvykiui šis atstumas nuvažiuotas per 53 sekundes. Tačiau esant eismo įvykiui, kelyje susidarė spūstis ir kelionės laikas padidėjo iki 374 sekundžių.

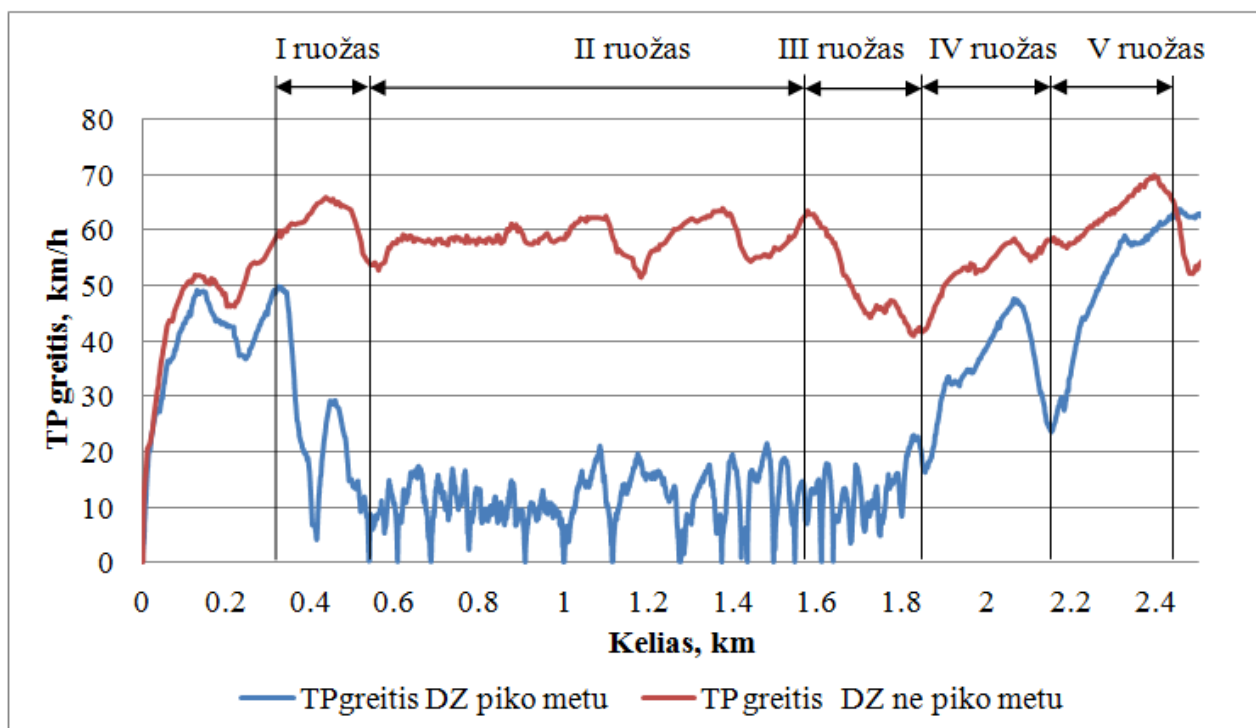
Taigi važiuojant 0,828 km kelio ruože įvykus eismo įvykiui kelionės laikas padidės 7,1 karto lyginant su tokio paties ilgio kelio ruožu, kai nėra eismo įvykio.

3.2.4. Darbo vieta su uždaryta viena kairiąja kelio juosta

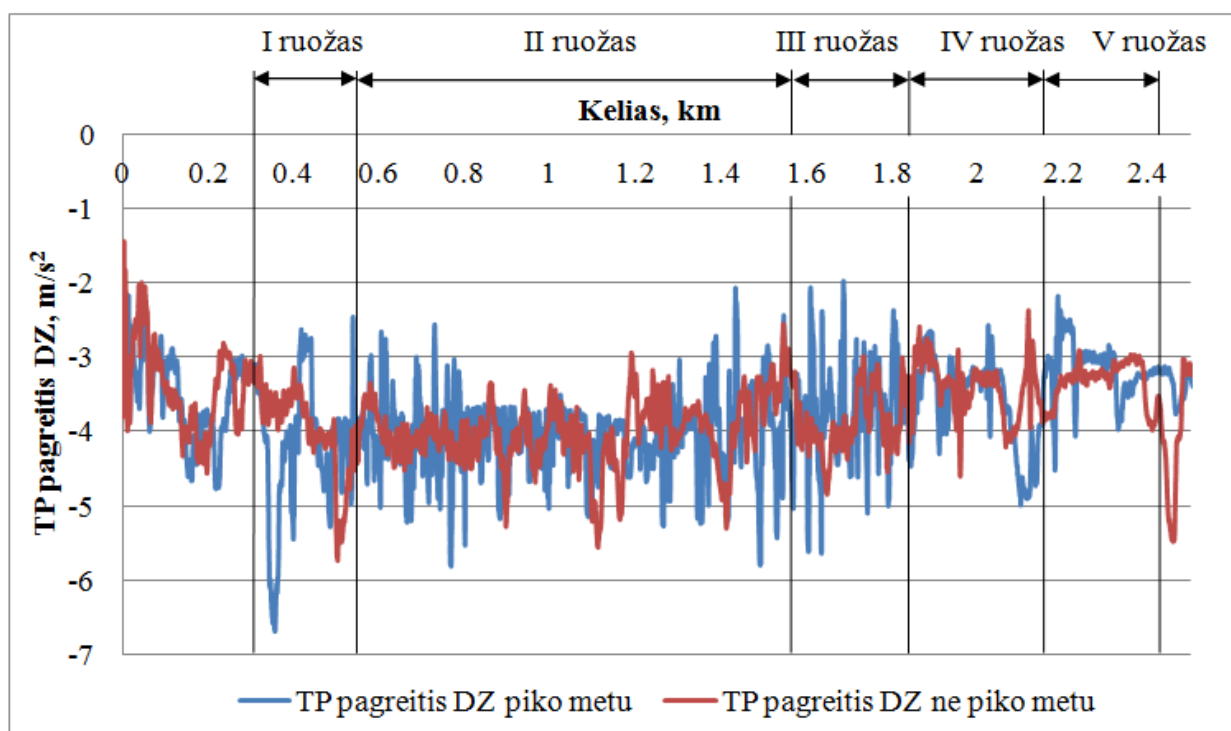
Darbo zona, kurioje uždaryta viena eismo juosta, kaip Vilniaus miesto Oslo gatvėje. Šio kelio ruožo transporto priemonių intensyvumas ne piko metu buvo 943 aut/h atliekant matavimus. Vakarinio piko metu transporto priemonių srauto intensyvumas padidėja iki 1372 aut/h. Piko metu automobilių srauto intensyvumas padidėjo 45,49 procentų, todėl susiformuoja prieš darbo zoną spūstis.

Šioje darbo zonoje matuotos transporto priemonės greičio priklausomybė nuo nuvažiuoto atstumo pateikta (33 pav.). Diagramos viršutinėje atkarpoje pateikiamas automobilio greitis nuo atstumo darbo zonoje ne piko metu. Apatinė atkarpa rodo priklausomybę esant intensyviai srautui piko metu.

Darbo zonos ne piko metu pirmame ir antrame ruožuose eismas vyksta normaliomis eismo sąlygomis. Šie ruožai yra prieš darbo zoną ir į ją neįeina. Jų vidutinis matuotas transporto priemonės greitis yra 58,99 km/h. Trečiajame ruože prasideda darbo zona. Joje automobilis lėtėja nuo 63,48 km/h iki 41,44 km/h, o vidutinis greitis 50,07 km/h. Darbo zonos ketvirtajame ruože vidutinis greitis buvo 51,58 km/h. Vidutinis greitis nemažas, nes pervažiavimas per darbo zoną yra patogus ir nežymiai kintančios trajektorijos. Penktajame ruože transporto priemonės greitis didinamas iki 69,59 km/h, o vidutinis greitis 61,34 km/h.



33 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, greičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius kairiąją juostą



34 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, pagreičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius kairiąją juostą

8 lentelė. Darbo zonos Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius kairiąją juostą duomenys ne piko metu

Parametrai	I – II ruožas	III ruožas	IV ruožas	V ruožas
Atstumas, <i>km</i>	1,251	0,243	0,322	0,250
v_{max} , <i>km/h</i>	65,95	63,48	58,5	69,59
v_{min} , <i>km/h</i>	51,95	41,44	40,93	56,81
R_q	14	22,04	17,57	12,78
v_{vid} , <i>km/h</i>	58,99	50,07	51,58	61,34
a_{vid} , m/s^2	-4,14	-3,99	-3,64	-3,20

Apatinėje diagramoje (33 pav.) pirmajame ruože parodomas lėtėjimas prieš atsiradusią spūstį piko metu. Lėtėjimo zonos vidutinis greitis 17,37 km/h. Antrajame ir trečiajame ruožuose susidaro spūstis, kurios ilgis 1,286 kilometro. Šių ruožų vidutinis transporto priemonės greitis 7,95 km/h. Ketvirtajame ruože transporto priemonės greičio amplitudė svyravo nuo 16,27 km/h iki 47,62 km/h. Šiame kelių ruože vidutinis greitis buvo 31,51 km/h. Paskutiniajame greitėjimo ruože greitėjama nuo 23,54 km/h iki 59,53 km/h. O vidutinis greitis ruože 42,57 km/h.

Kaip matyti 34 paveiksle, kuriame pateikta transporto priemonės pagreičio kitimas darbo zonoje piko ir ne piko metu. Pagreičio kitimas stebimas panašus abiem atvejais. Tik galime išskirti, kad piko metu pagreičio kitimas yra didesnis.

9 lentelė. Darbo zonos Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius kairiąją juostą duomenys piko metu

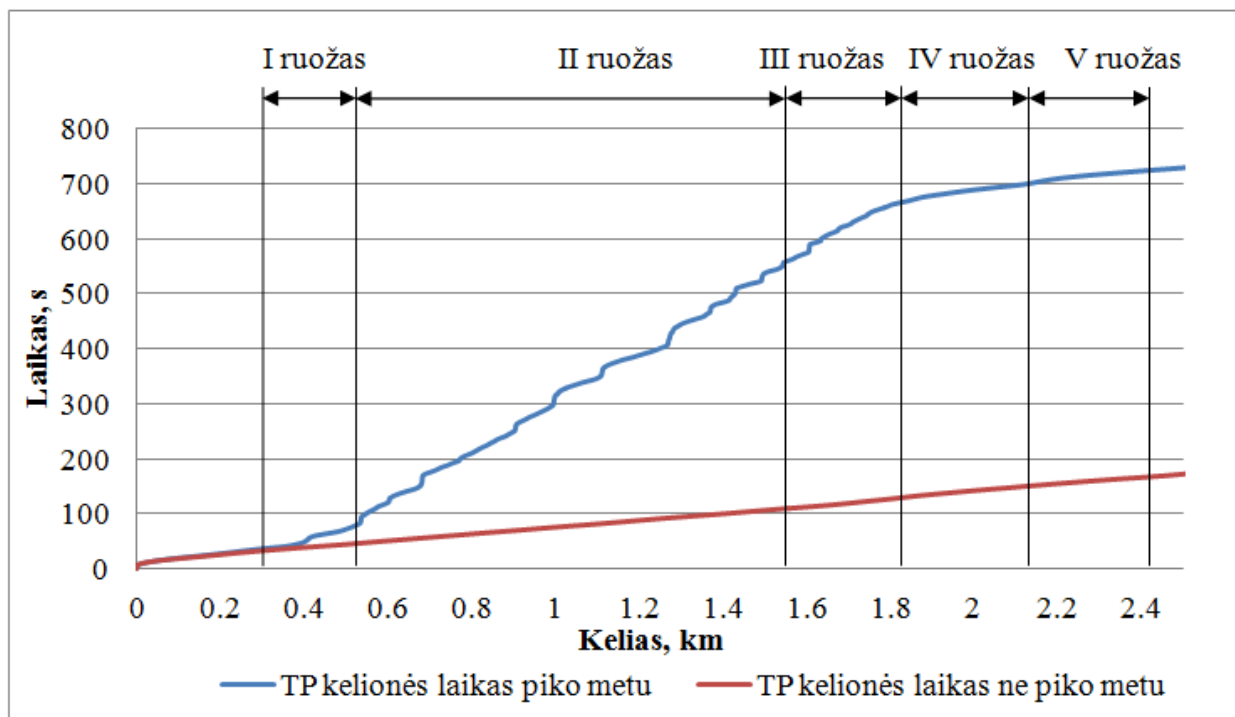
Parametrai	I ruožas	II – III ruožas	IV ruožas	V ruožas
Atstumas, <i>km</i>	0,208	1,286	0,322	0,250
v_{max} , <i>km/h</i>	49,85	21,50	47,62	59,53
v_{min} , <i>km/h</i>	4,11	0,07	16,27	23,54
R_q	45,74	21,43	31,35	35,99
v_{vid} , <i>km/h</i>	17,37	7,95	31,51	42,57
a_{vid} , m/s^2	-4,01	-3,92	-3,40	-3,30

Skaičiuojame santykinį greičio sumažėjimą visoje darbo zonoje r_i , %:

$$r_4 = \left(1 - \frac{\bar{v}_{iD}}{v_i}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{10,89}{56,85}\right) \cdot 100 = 80,84 \text{ \%};$$

Matuotoje darbo zonoje greičio vidurkis sumažėjo 80,84 % procentais lyginant su vidutiniu greičiu nesant darbo zonos.

Darbo zonos su uždaryta viena eismo juosta transporto kelionės laiko priklausomybę nuo nuvažiuoto atstumo matoma 35 paveiksle. Kaip ir ankstesniuose paveiksluose apatinė atkarpa rodo kelionės laiko pokytį normaliomis eismo sąlygomis, o apatinė – esant eismo įvykiui.



35 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, kelionės laikas pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius kairiąją juostą

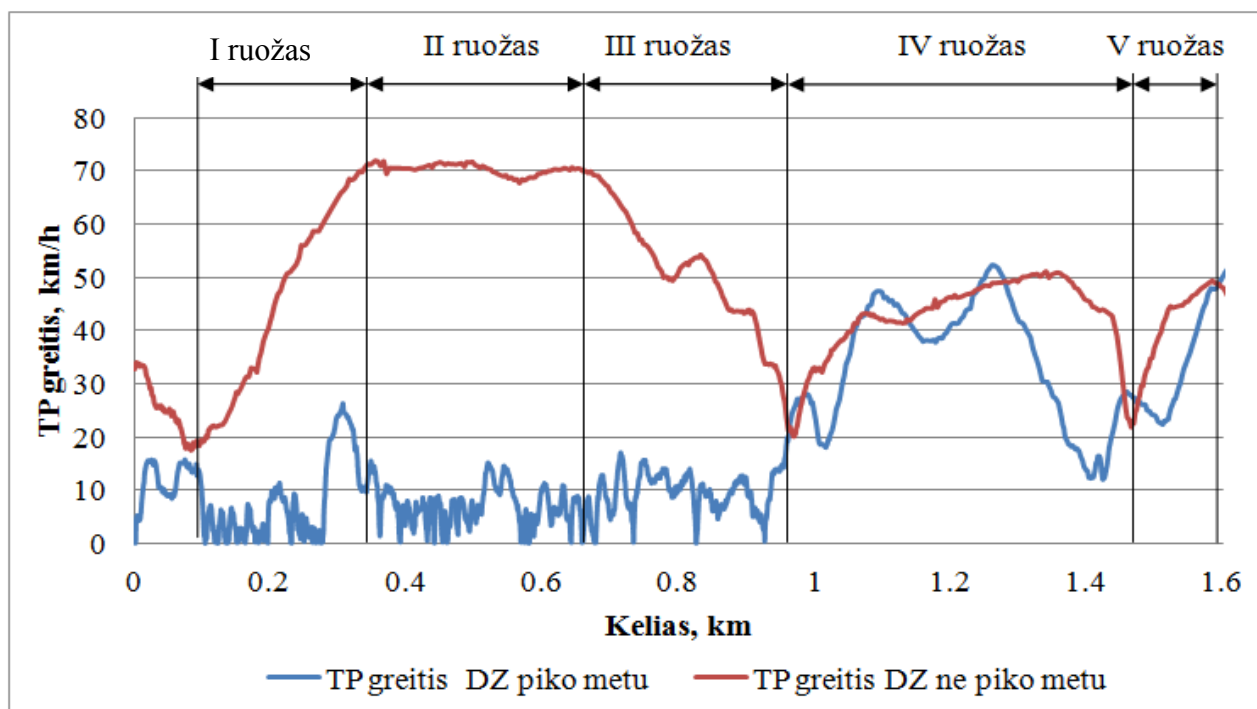
Šios darbo zonos ilgis buvo 2,066 kilometrai. Matuojant nuvažiuotą laiką ne piko metu, kai automobilių srauto intensyvumas mažesnis, kelio ruožas nuvažiuotas per 131 sekundę. O matavimus atlikus tame pačiame kelio ruože piko metu nuvažiuota per 684 sekundes.

Matuotame darbo zonos ruože 2,066 kilometro ilgio kelionės laikas piko metu padidėjo 5,2 karto lyginant su tokio paties ilgio kelio ruožu ne piko metu.

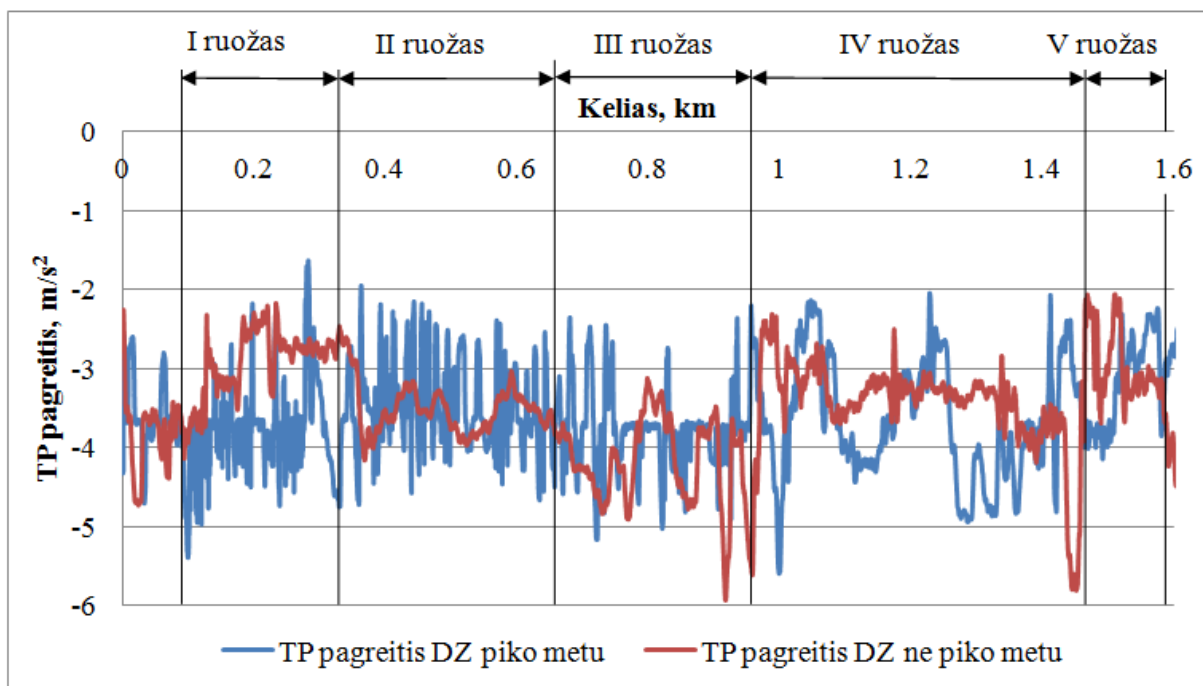
3.2.5. Darbo vieta su pervažiavimu į priešingos krypties eismo juostą

Šios darbo vietos kelyje išskirtinumas, kad darbo zonos pervažiavimo trajektorija keičiama nukreipiant į priešpriešinio eismo kelio juostą. Šioje darbo zonoje transporto priemonių intensyvumas 1130 aut/h ne piko metu. Rytinio piko metu transporto priemonių srauto intensyvumas išauga iki 1704 aut/h. Tai sudaro 51 procento srauto intensyvumo augimą.

Darbo zonos matuotos transporto priemonės greičio priklausomybė nuo nuvažiuoto atstumo pateikiama (36pav.). Diagramos viršutinėje atkarpoje pateikiamas automobilio greitis nuo atstumo darbo zonoje ne piko metu, o apatinė atkarpa rodo priklausomybę esant intensyviu srautui piko metu.



36 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, greičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius dvi eismo juostas su pervažiavimu į priešingos krypties eismo juostą



37 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, pagreičio pasiskirstymo pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius dvi eismo juostas su pervažiavimu į priešingos krypties eismo juostą

Kai nėra spūsčių, visą matuotą darbo zoną galima suskirstyti į penkis ruožus. Pirmas ruožas nėra aktualus, nes susiformavo transporto priemonės greitėjimas. Greitėjama todėl, kad

išvažiuojama iš šalutinio kelio ir įsiliejama į bendrą srautą. Antrajame ruože transporto priemonės greitis palaikomas pastovus vidutiniškai 70,23 km/h. Trečiajame lėtėjimo ruože lėtėjama nuo 70,6 km/h iki 43,56 km/h, o vidutinis greitis siekia 52,22 km/h. Ketvirtuo ruožo vidutinis matuotos transporto priemonės greitis 39,48 km/h. Paskutiniajame ruože greitėjama nuo 33,71 km/h iki 50,8 km/h ir vidutinis pagreitis buvo 44,46 km/h.

Apatinėje (36 pav.) diagramoje pirmame, antrame ir trečiajame ruože apribota susidariusi spūstis. Šios spūsties ilgis sudarė 0,873 kilometro. Šių ruožų vidutinis transporto priemonės greitis 3,89 km/h. Ketvirtajame ruože transporto priemonės greičio vidurkis buvo 21,41 km/h. Paskutiniajame greitėjimo ruože greitėjama nuo 23,54 km/h iki 59,53 km/h. O vidutinis greitis kelio ruože 42,57 km/h

10 lentelė. Darbo zonos Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius dvi eismo juostas su pervažiavimu į priešingos krypties eismo juostą duomenys ne piko metu

Parametrai	I ruožas	II ruožas	III ruožas	IV ruožas	V ruožas
Atstumas, <i>km</i>	0,335	0,28	0,258	0,609	0,201
v_{max} , <i>km/h</i>	71,24	71,86	70,6	51,12	50,80
v_{min} , <i>km/h</i>	17,6	67,64	43,56	20,20	33,51
R_q	53,64	4,22	27,04	45,69	17,29
v_{vid} , <i>km/h</i>	33,07	70,23	52,22	39,48	44,46
a_{vid} , m/s^2	-3,33	-3,53	-4,07	-3,53	-3,20

11 lentelė. Darbo zonos Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius dvi eismo juostas su pervažiavimu į priešingos krypties eismo juostą duomenys piko metu

Parametrai	I – III ruožas	IV ruožas	V ruožas
Atstumas, <i>km</i>	0,873	0,609	0,201
v_{max} , <i>km/h</i>	26,32	52,29	64,90
v_{min} , <i>km/h</i>	0,04	0,40	22,32
R_q	26,28	51,89	42,58
v_{vid} , <i>km/h</i>	3,89	21,41	40,36
a_{vid} , m/s^2	-3,73	-3,71	-3,06

Šioje darbo zonoje tirtas transporto priemonės pagreitis parodytas 37 paveiksle. Raudonoji atkarpa rodo pagreičio kitimą ne piko metu, o mėlynoji – piko metu. Ne piko metu pagreitis svyruoja nuo $-5,92 m/s^2$ iki $-2,09 m/s^2$. Vidutinis viso ruožo transporto priemonės pagreitis $-3,51$

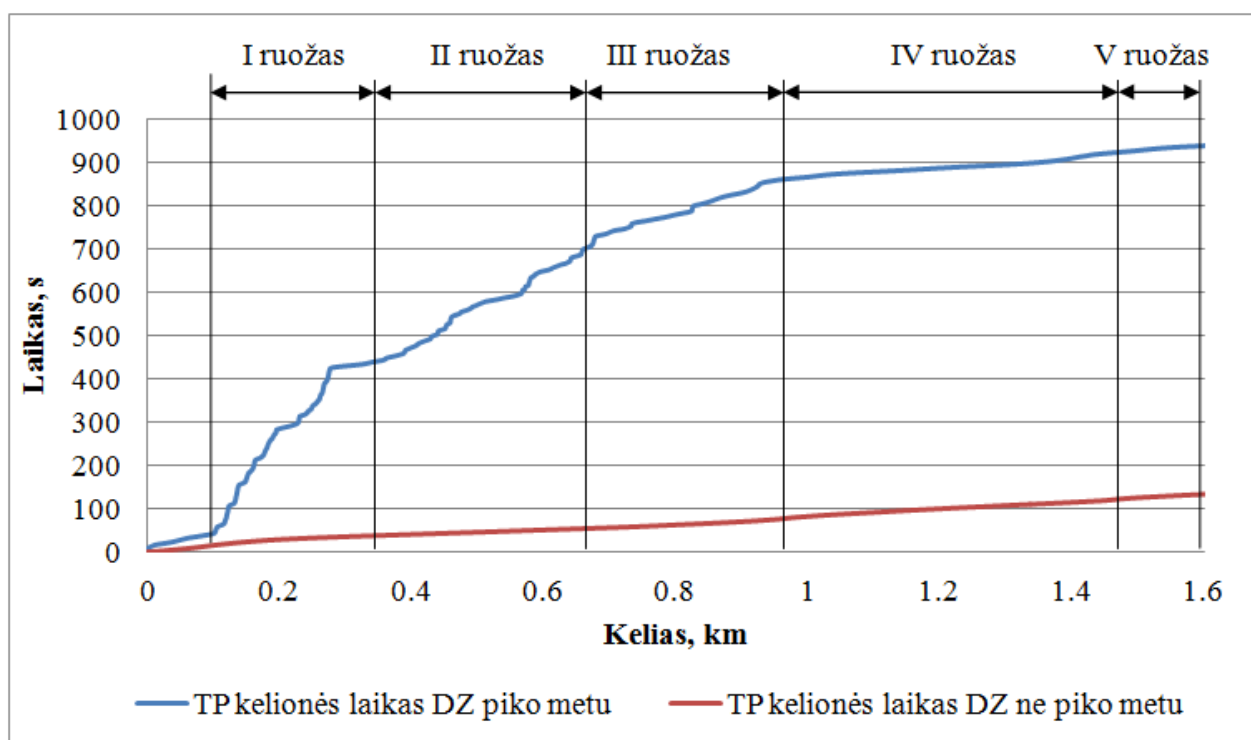
m/s^2 . Piko metu pagreitis svyruoja nuo $-5,60 \text{ m/s}^2$ iki $-1,63 \text{ m/s}^2$. Vidutinis viso ruožo transporto priemonės pagreitis $-3,71 \text{ m/s}^2$.

Skaiciuojame santykinę greičio sumažėjimą visoje darbo zonoje r_i , %:

$$r_5 = \left(1 - \frac{\bar{v}_{iD}}{v_i}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{6,53}{43,63}\right) \cdot 100 = 85,03 \text{ \%};$$

Matuotoje darbo zonoje, esant spūsčiai, greičio vidurkis sumažėjo 85,03 % lyginant su vidutiniu greičiu nesant spūsčiai darbo zonoje.

Darbo zonoje, kurioje eismas nukreipiamas į priešpriešinę eismo juostą, kelionės laiko priklausomybę nuo nuvažiuoto atstumo matoma 38 paveiksle. Apatinė atkarpa rodo kelionės laiko pokytį normaliomis eismo sąlygomis, o apatinė – esant eismo įvykiui.



38 pav. Automobilio, judančio transporto sraute, kelionės laikas pagal nuvažiuotą kelią grafikas, išmatuotas Vilniaus miesto Oslo gatvėje uždarius dvi eismo juostas su pervažiavimu į priešingos krypties eismo juostą piko metu

Analizuoto atstumo ilgis buvo 1,683 kilometro. Matuojant nuvažiuotą laiką ne piko metu, kai automobilių srauto intensyvumas mažesnis, kelio ruožas nuvažiuotas per 139 sekundes. O matavimus atlikus tame pačiame kelio ruože piko metu nuvažiuota per 668 sekundes.

Matuotame darbo zonos ruože 1,683 kilometro ilgio kelionės laikas piko metu padidėjo 6,7 karto lyginant su tokio paties ilgio kelio ruožu ne piko metu.

3.3. Apibendrinti duomenys

Matavimuose panaudotos darbo zonos buvo skirtingų tipų ir parametrų. Siekiant parametrus suvienodinti, priimame vienodą tiriamą kelio atstumą 1,2 kilometro. Šį atstumą suskirstome į keturis ruožus: I ruožas 0,4 km (spūsties zona); II ruožas 0,2 km (lėtėjimo zona); III ruožas 0,4 km (darbo vata); IV ruožas 0,2 km (greitėjimo zona).

Pasirinktuose ruožuose panaudojame prieš tai gautus transporto priemonės vidutinius greičius. Apskaičiuojame kiekvieno ruožo transporto priemonės kelionės laiką:

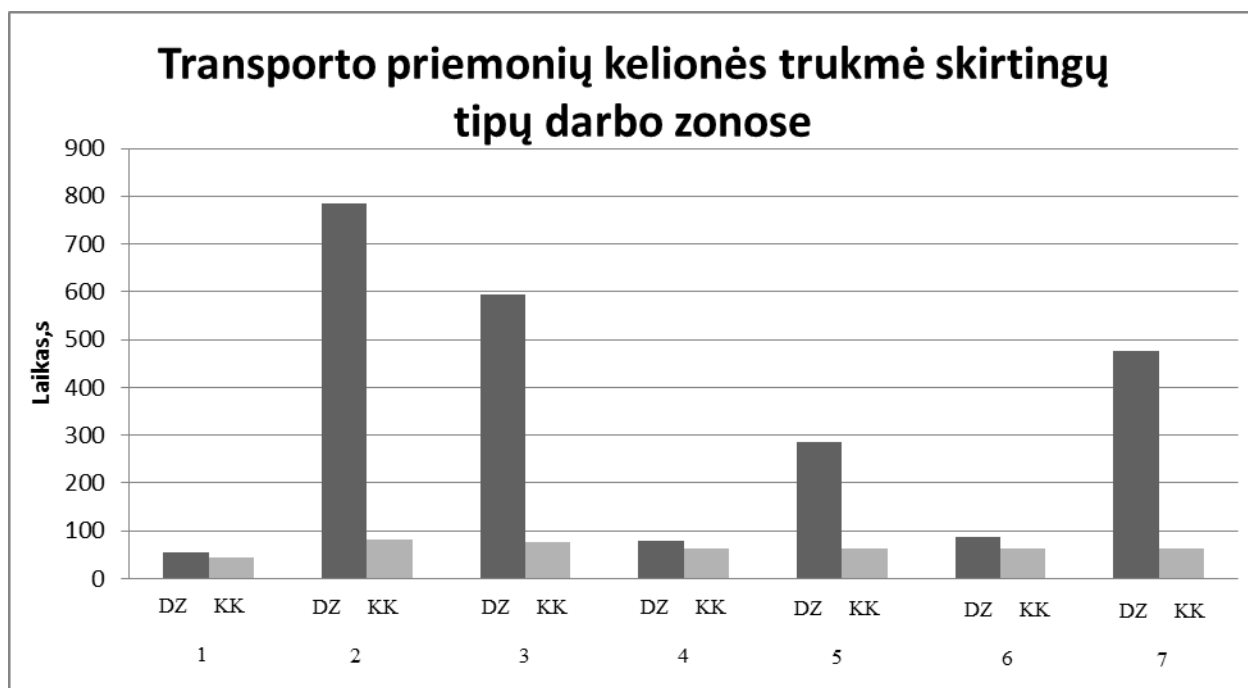
$$t = \frac{S}{v_{vid}} \cdot 3600 ; \quad (3.4)$$

čia, t – kelionės laikas, s;

S – atstumas, km;

v_{vid} – ruožo įveikimo vidutinis greitis, km/h.

Visi parinkti duomenys pateikiami 12 lentelėje. Apskaičiavus kiekvieno ruožo įveikimo laiką jį sumuojame ir gauname bendrą viso kelio ruožo važiavimo laiką. Taip pat palyginama santykinis kelionės laikas esant darbo zonai ir be jos. Gautieji rezultatai pateikiami 39 paveiksle.



39 pav. Transporto priemonių kelionės trukmės palyginimas skirtingų tipų darbo zonose: 1) A1 greitkelio (Vilnius–Kaunas); 2) Vilniaus miesto Žirmūnų gatvėje; 3) Įvykus eismo įvykiui Vilniaus miesto Savanorių pr.; 4) Uždaryta kairioji eismo juosta Vilniaus miesto Oslo gatvėje ne piko metu;

5) Uždaryta kairioji eismo juosta Vilniaus miesto Oslo gatvėje piko metu; 6) Darbo vieta su pervažiavimu į priešingos krypties eismo juostą Vilniaus miesto Oslo gatvėje ne piko metu; 7) Darbo vieta su pervažiavimu į priešingos krypties eismo juostą Vilniaus miesto Oslo gatvėje piko metu. DZ – darbo zona; KK – kelias be kliūčių

12 lentelė. Darbo zonų lyginamieji duomenys

Matuotas kelias			I ruožas	II ruožas	III ruožas	IV ruožas	Viso	Kelionės pailgėjimas
Atstumas, km			0,40	0,20	0,40	0,20	1,20	
Greitkelyje A1 Vilnius–Kaunas	Darbo zonoje	v _{vid} , km/h	100,00	76,52	66,09	80,69		1,28
		Laikas, s	14,40	9,41	21,79	8,92	54,52	
	Nesant darbo zonai	v _{vid} , km/h	101,24					
		Laikas, s	14,22	7,11	14,22	7,11	42,67	
Vilniaus miesto Žirmūnų gatvėje	Darbo zonoje	v _{vid} , km/h	2,74	22,15	7,21	27,78		9,74
		Laikas, s	525,55	32,51	199,72	25,92	783,69	
	Nesant darbo zonai	v _{vid} , km/h	53,71					
		Laikas, s	26,81	13,41	26,81	13,41	80,43	
Įvykus eismo įvykiui Vilniaus miesto Savanorių pr.	Darbo zonoje	v _{vid} , km/h	4,29	25,01	6,85	38,14		7,75
		Laikas, s	335,66	28,79	210,22	18,88	593,55	
	Nesant darbo zonai	v _{vid} , km/h	56,38					
		Laikas, s	25,54	12,77	25,54	12,77	76,62	
Uždaryta kairioji eismo juosta Vilniaus miesto Oslo gatvėje	Darbo zonoje ne piko metu	v _{vid} , km/h	58,99	50,07	51,58	61,34		1,27
		Laikas, s	24,41	14,38	27,92	11,74	78,45	
	Darbo zonoje piko metu	v _{vid} , km/h	7,95	17,37	31,51	42,57		4,62
		Laikas, s	181,13	41,45	45,70	16,91	285,20	
Darbo vieta su pervaziavimu į priešingos krypties eismo juostą Vilniaus miesto Oslo gatvėta	Darbo zonoje ne piko metu	v _{vid} , km/h	70,23	52,22	39,48	44,46		1,41
		Laikas, s	20,50	13,79	36,47	16,19	86,96	
	Darbo zonoje piko metu	v _{vid} , km/h	3,89	35,00	21,41	40,36		7,71
		Laikas, s	370,18	20,57	67,26	17,84	475,85	
Be darbo zonos Vilniaus miesto Oslo gatvėje		v _{vid} , km/h	70,00					
		Laikas, s	20,57	10,29	20,57	10,29	61,71	

Įvertinus gautus skaičiavimus, pagal užsiduotą kelio ruožą, matyti (12 lentelė), kad visais atvejais esant darbo zonai, kelionės laikas didėja (39 pav.). Didelę įtaką transporto priemonės kelionės laikui turi automobilių spūsčių susidarymas. Greitkelio darbo zonoje ir Vilniaus miesto Oslo gatvės darbo zonose nesusiformavo transporto priemonių spūstys, todėl kelionės laikas padidėjo nedaug. Mažiausias laiko padidėjimas buvo darbo zonoje su uždaryta viena kairiąja eismo juosta, kurios kelionės laikas padidėjo 1,27 karto lyginant su kelione nesant darbo zonai. Nesant darbo zonai šiame kelyje, vidutinis greitis parenkamas kaip maksimalus leistinas greitis. Taip pat, ne ką didesnis tik 1,28 karto laiko padidėjimas pastebėtas greitkelio darbo zonoje.

Didžiausias laiko pokytis esant darbo zonai ir nesant, pastebėtas miesto gatvėje, kur įvykus eismo įvykiui susidarė transporto priemonių spūstis. Šiame kelio ruože kelionės laikas padidėja 9,74 karto esant darbo zonai. Taip pat ir kituose matuotose miesto gatvėse įrengus darbo zoną susidaro spūstis ir kelionės laikas padidėja keliais kartais.

IŠVADOS

1. Darbo zonas automobilių keliuose galime traktuoti, kaip kliūtį. Tačiau jos turi būti naudojamos siekiant užtikrinti eismo dalyvių ir kelio darbuotojų saugumą. Darbo zonos skirtingo tipo keliuose ir įvairiems darbams parenkamos pagal poreikį.
2. Atsiradus darbo zonai kelyje dažniausiai susiformuoja transporto priemonių vairuotojams problemos: transporto srauto pralaidumo sumažėjimas, kelionės laiko padidėjimas, transporto spūsčių susidarymas, išaugusios degalų sąnaudos, padidėjęs oro užterštumas.
3. Atliktame tyrime iš pasirinktų darbo zonų suskaičiavus transporto srautų intensyvumą nustatyta, kad mažiausias transporto priemonių intensyvumas buvo automagistralėje 672 aut/h. Šiuo atveju įrengus darbo zoną nesusiformavo transporto priemonių spūstys. Šioje darbo zonoje patiriamos mažiausios laiko sąnaudos, kelionės laikas padidėjo tik 1,28 karto.
4. Mažesnis kelionės laiko padidėjimas buvo nustatytas ne piko metu kelyje su uždaryta kairiąja eismo juosta, kuris siekė 1,27 karto. Šio kelio transporto priemonių intensyvumas buvo 943 aut/h.
5. Miesto gatvėse transporto priemonių intensyvumas yra gerokai didesnis nei greitkelyje. O ypač tai pasireiškia rytinio ir vakarinio piko metu. Palyginus ilgalaikės darbo zonos transporto priemonių intensyvumo kitimą nustatyta, kad rytinio piko metu intensyvumas padidėjo 51 %. Šioje darbo zonoje ne piko metu kelionės laikas padidėjo 1,41 karto, o esant rytinio piko metu susiformavus spūsčiai kelionės laikas padidėjo 7,71 karto.
6. Didžiausias transporto priemonių srauto intensyvumas užfiksuotas darbo zonoje įvykus eismo įvykiui. Šiame kelyje normaliomis eismo sąlygomis transporto priemonių intensyvumas 2083 aut/h. O kelionės laikas padidėja 7,75 karto susiformavus spūsčiai.
7. Ilgiausios kelionė trukmė padidėtų net 9,74 karto miesto gatvės laikinojoje darbo zonoje. Matuoto kelio ruožo transporto priemonių intensyvumas siekė 959 aut/h.
8. Transporto priemonės kelionės laikui, esant darbo zonai, didžiausią poveikį daro atsiradusi spūstis. Siekiant sumažinti kelionės trukmę būtina įvertinti transporto priemonių intensyvumo ir kelio laidumo parametrus.
9. Tolimesniuose tyrimuose kelių darbo zonų, galima sukurti darbo zonų valdymo modelį ir jį palyginti su realiais gautais eksperimentiniais duomenimis.

LITERATŪRA

- Allpress, J. A.; Leland Jr., L. S. 2010. Reducing traffic speed within roadwork sites using obtrusive perceptual countermeasures, *Accident Analysis and Prevention* 42: 377–383. DOI: 10.1016/j.aap.2009.08.014
- Avrenli K. A., Benekohal R.; Ramezani H. 2011. Traffic Flow Characteristics and Capacity in Police-enforced and Intelligent Work Zones, *Procedia Social and Behavioral Sciences* 16: 430–439. DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.04.464
- Bai, Y.; Finger, K.; Li, Y. 2010. Analyzing motorists' responses to temporary signage in highway work zones, *Safety Science* 48: 215–221. DOI: 10.1016/j.ssci.2009.08.005
- Baublys, A.; Vasiliauskas, A. V. 2011. Transporto infrastruktūra. Vadovėlis. Vilnius, Technika. 304 p.
- Benekohal, R. F.; Chitturi, M. V.; Hajbabaie, A.; Wang, M.-H.; Medina, J. C. 2008. Automated speed photo enforcement effects on speeds in work zones, *Transportation Research Record* 2055: 11–20. DOI: 10.3141/2055-02
- Bullough, J. D.; Freyssinier, J. P.; Rea, M. S. 2008 Implementing semipermanent high-mast lighting for highway construction projects, *Transportation Research Record* 2055: 49–52. DOI: 10.3141/2055-06
- Freyssinier, J. P.; Bullough, J. D.; Rea, M. S. 2008. Performance evaluation of semipermanent high-mast lighting for highway construction projects, *Transportation Research Record* 2055: 53–59. DOI: 10.3141/2055-07
- Hirasawa, M.; Takemoto, A.; Asano, M.; Takada, T. 2007. Study on improving worker safety at roadway sites in Japan, *Transportation Research Record* 2015: 41–54. DOI: 10.3141/2015-06
- Kelių būklės informacija internetinėje erdvėje. [Žiūrėta 2012-04-25]. Prieiga per internetą: <http://www.eismoinfo.lt/content/svetain%C4%97je-eismoinfolt-informacijos-vis-daug%C4%97s>
- Lee, E. – B.; Thomas, D. K. 2007. State-of-practice technologies on accelerated urban highway rehabilitation: 1-15 California Experience, *Journal of Construction Engineering and Management* 133 (2): 105 – 113. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2007)133:2(105)
- Lee, H. Y. 2009 Optimizing schedule for improving the traffic impact of work zone on roads, *Automation in Construction* 18: 1034–1044.
- Li, Y.; Bai, Y. 2009. Effectiveness of temporary traffic control measures in highway work zones, *Safety Science* 47: 453–458.
- Lia F. Grillo, L. F.; Datta, T. K.; Hartner, C. 2008. Dynamic late lane merge system at freeway construction work zones, *Transportation Research Record* 2055: 3–10. DOI: 10.3141/2055-01
- Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie susisiekimo ministerijos 2008. Dėl tvarkos, numatančios, kada taisomuose kelių (gatvių) ruožuose dirbantys asmenys gali reguliuoti eismą.
- Lietuvos kelių direkcijos prie susisiekimo ministerijos statistiniais duomenimis. [Žiūrėta 2012-04-25]. Prieiga per internetą: http://www.lra.lt/lt.php/lietuvos_keliai/bendri_duomenys/30

- Meng Q.; Weng J. 2011. An improved cellular automata model for heterogeneous work zone traffic, *Transportation Research Part C* 19: 1263–1275. DOI: :10.1016/j.trc.2011.02.011
- Nassar, K. 2008. Integrating discrete event and lighting simulation for analyzing construction work zones lighting plans, *Automation in Construction* 17: 561–572. DOI: 10.1016/j.autcon.2007.10.003
- Odeh, I.; El-Rayes, K.; Liu, L. 2009. Field experiments to evaluate and control light tower glare in nighttime work zones, *Journal of Construction Engineering and Management* 135 (9): 911 – 919. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000054
- Paliulis, G. M. 2007. Eismo inžinerija. Mokomoji knyga. Vilniu, Technika. 120 p.
- Papageorgiou, M.; Papamichail, I.; Spiliopoulou, A.D.; Lentzakis, A.F. 2008. Real-time merging traffic control with applications to toll plaza and work zone management, *Transportation Research Part C* 16: 535–553. DOI: 10.1016/j.trc.2007.11.002
- Petkevičius, K. 2011. Susisiekimo sistema: kursinio projekto metodikos nurodymai. Vilniu, Technika. 100 p.
- Qian, H.; Jing, S. 2008. Optimizing work zones for two-lane urban road maintenance projects, *Tsinghua Science and Technology* 13 (5): 644–650.
- Ramezani, H.; Benekohal, R. 2011. Analysis of Queue Formation and Dissipation in Work Zones, *Procedia Social and Behavioral Sciences* 16: 450–459. DOI:10.1016/j.sbspro.2011.04.466
- Sivilevičius, H. 2005. Statybos ir kelių tiesimo mašinos: pratybų ir namų darbų metodikos nurodymai. Vilniu, Technika. 156 p.
- VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas 1997. Darbų vietų aptvėrimai automobilių keliuose. Instrukcija.
- Weng, J.; Meng, Q. 2011. Modeling speed-flow relationship and merging behavior in work zone merging areas, *Transportation Research Part C* 19: 985 - 996. DOI: 10.1016/j.trc.2011.05.001