



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJŲ FAKULTETAS

Marius Pakėnas

EISMO ĮVYKIŲ MODELIAVIMAS IR TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. Arūnas Tautkus

PANEVĖŽYS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS
TECHNOLOGIJŲ KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas
(parašas) Doc. Arūnas Tautkus
(data)

EISMO ĮVYKIŲ MODELIAVIMAS IR TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas
Transporto priemonių inžinerija (kodas 621E20001)

Vadovas

(parašas) Doc. Arūnas Tautkus
(data)

Recenzentas

(parašas)
(data)

Projektą atliko

(parašas) Marius Pakėnas
(data)

PANEVĖŽYS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
Panevėžio Technologijų ir Verslo

(Fakultetas)

Marius Pakėnas

(Studento vardas, pavardė)

Transporto priemonių inžinerija (kodas 621E20001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „EISMO ĮVYKIŲ MODELIAVIMAS IR TYRIMAS“
AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Panevėžys

Patvirtinu, kad mano **Mariaus Pakėno** baigiamasis projektas tema „Eismo įvykių modeliavimas ir tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatyty piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTISIšduota studentui: Mariui Pakėnui Grupė PMT – 0**1. Darbo tema:**Lietuvių kalba: Eismo įvykių modeliavimas ir tyrimasAnglų kalba: Simulation and Research of Traffic Accidents

Patvirtinta 20__ m. _____ mėn. _____ d. dekanų potvarkiu Nr. _____

2. Darbo tikslas:*Atlikti transporto priemonių susidūrimų modeliavimą.***3. Reikalavimai ir sąlygos:***Atlikti automobilių susidūrimų modeliavimą, panaudojant programinį paketą PC-CRASH. Modeliavimas turi būti atliktas šiems atvejams: smūgis į šoną 90 laipsniu kampu, smūgis į transporto priemonės kampą, judant ta pačia kryptimi; transporto priemonių, judančių ta pačia kryptimi, susidūrimas; priešpriešinis susidūrimas. Modeliavimo metu įvertinti: skirtingus greičius, skirtingus dangos tipus, taip pat nustatyti automobilių judėjimo trajektorijas po susidūrimo bei atsiradusias deformacijas.***4. Projekto struktūra.** Turinys konkretizuojamas kartu su vadovu, atsižvelgiant į BP pobūdį.*ĮVADAS**1. STATISTIKA**2. EISMO ĮVYKIŲ RŪŠYS**3. EISMO ĮVYKIO TYRIMO ALGORITMAS**3.1. Eismo įvykių ekspertizės paskirtis ir uždaviniai**3.2. Medžiagos ekspertizei rengimas ir užduoties surašymas**3.3. Įvykio vietos apžiūra**3.4. Naudojamos kompiuterio programos**3.6. Transporto trasologinės ekspertizės (tyrimo) uždaviniai**3.9. Eismo įvykių ekspertizės išvadų skalė**4. MODELIAVIMAS**4.1. Tyrimo sąlygų parinkimas**4.2. Tyrimas**Pirma dalis**Antra dalis**Trečia dalis**4.3. Rezultatų apibendrinimas, interpretacija**4.4. Galimi sprendimo būdai**IŠVADOS**ŠALTINIAI*

5. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis.

6. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas

2016-06-13

(data)

Užduotį gavau:

2016-02-02

(data)

Vadovas:

2016-02-02

(data)

(studento vardas, pavardė, parašas)

(pareigos, vardas, pavardė, parašas)

Turinys

ĮVADAS	9
1. STATISTIKA	10
2. EISMO ĮVYKIŲ RŪŠYS	13
3. EISMO ĮVYKIO TYRIMO ALGORITMAS	18
3.1. Eismo įvykių ekspertizės paskirtis ir uždaviniai.....	18
3.2. Medžiagos ekspertizei rengimas ir užduoties surašymas	19
3.3. Įvykio vietos apžiūra.....	19
3.4. Naudojamos kompiuterio programos.....	20
3.6. Transporto trasologinės ekspertizės (tyrimo) uždaviniai.....	21
3.9. Eismo įvykių ekspertizės išvadų skalė.....	22
4. MODELIAVIMAS	23
4.1. Tyrimo sąlygų parinkimas	23
4.2. Tyrimas	27
Pirma dalis	29
Antra dalis.....	32
Trečia dalis.....	34
4.3. Rezultatų apibendrinimas, interpretacija	36
4.4. Galimi sprendimo būdai.....	53
IŠVADOS	54
ŠALTINIAI.....	56

Pakėnas, M. Eismo įvykių modeliavimas ir tyrimas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. Arūnas Tautkus; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio Technologijų ir Verslo fakultetas, Technologijų katedra.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai sausumos transporto inžinerija

Reikšminiai žodžiai: *eismo įvykis, greitis, reakcija, kelio dangos, deformacijos, trajektorija.*

Panevėžys, 2016. 57 p.

SANTRAUKA

Darbe atliktas keturių tipų eismo įvykių modeliavimas ir tyrimas. Tyrimas atliktas naudojant kompiuterinę eismo įvykių modeliavimo programą PC-CRASH. Gautos automobilių kėbulo deformacijų ir padėties pokyčio priklausomybės nuo greičio, kelio dangos ir vairuotojo reakcijos laiko. Pateikti pasiūlymai ir galimi sprendimai avaringumui bei eismo įvykių pasekmėms mažinti.

Pakėnas, M. *Simulation and Research of Traffic Accidents: Master's thesis / supervisor* assoc. doc. Arūnas Tautkus. The Panevėžys Faculty of Technologies and Business Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technology Sciences Land Transport Engineering

Key words: accident, speed, reaction, road surface, deformation, trajectory.

Panevėžys, 2016. 57 p.

SUMMARY

The work carried out in four types of accidents modeling and testing. The study was conducted using accident simulation program PC-CRASH. Results of simulation were car body deformation values and vehicles trajectory changes after collision depending on the speed, road surface and the driver's reaction time in different situations. The proposals and possible solutions were made in terms of accidents prevention and crash consequences reduction.

IVADAS

Temos aktualumas. Automobilis tapo neatsiejama šiuolaikinio gyvenimo dalimi – jį jau naudojame ne tik darbui, susisiekimui, bet ir pramogoms. Statistikos departamento duomenimis, jau 2013 metais 1 000 Lietuvos Respublikos gyventojų teko 562 individualių lengvųjų automobilių [1], o ir kasmet nemažas skaičius vairavimo egzaminus išlaikiusiųjų žmonių įsigyja transporto priemonę. Dėl to eismas tampa vis intensyvesnis, jį suvaldyti darosi vis sunkiau.

Tiriamąo darbo problema. Esamos eismo valdymo ir saugumo priemonės negali visapusiškai užtikrinti saugaus eismo ir eliminuoti eismo įvykių tikimybės. Transporto priemonės patenka į avarines situacijas, kurios yra pasikartojančios, panašios tam tikrai vietai, keliui, sankryžos tipui.

Tiriamąo darbo objektas. Greičio, kelio dangos, vairuotojo reakcijos įtaka transporto priemonių kėbulo deformacijoms, trajektorijai.

Tiriamąo darbo tikslas. Atlikti automobilių susidūrimų modeliavimą, nustatyti greičio, kelio dangos ir reakcijos įtaką automobilių deformacijoms ir trajektorijoms bei pasiūlyti avaringumo mažinimo priemones.

Darbo uždaviniai:

- 1) Pagrįsti problemos aktualumą;
- 2) Apžvelgti eismo įvykių rūšis bei tyrimo algoritmą;
- 3) Atlikti automobilių susidūrimų modeliavimą keturioms susidūrimo situacijoms keičiant automobilių greičius, vairuotojų reakciją ir kelio dangą;
- 4) Atlikti gautų duomenų analizę ir pateikti išvadas bei rekomendacijas.

1. STATISTIKA

Naujausius statistinius duomenis apie eismo situaciją Lietuvoje galima rasti Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos internetiniame puslapyje. Ši informacija kasmet atnaujinama. Žemiau pateikiami duomenys būtent iš šios svetainės [2], pasirenkant 2013 ir 2014 metų duomenis iš visų pateiktų duomenų.

Lentelė Nr. 1 Eismo įvykių ir nukentėjusiųjų dinamika Lietuvoje. 2013–2014 m. [2]

Eismo įvykių ir nukentėjusiųjų dinamika Lietuvoje 1980–2014 m.

Metai	Eismo įvykiai			Žuvo			Sužeista		
	Iš viso	100 000 gyventojų	1 000 transporto priemonių	Iš viso	100 000 gyventojų	1 000 transporto priemonių	Iš viso	100 000 gyventojų	1 000 transporto priemonių
2013*	3391	116,1	1,5	256	8,5	0,11	4007	134,2	1,77
2014*	3325	113,8	2,2	265	9,1	0,17	3889	133,1	2,61

* Lietuvos kelių policijos tarnybos duomenys patikslinti 2015-01-06.

Lentelė Nr. 2 Eismo įvykiuose nukentėję eismo dalyviai. 2013–2014 m. [2]

Eismo įvykiuose nukentėję eismo dalyviai 2000–2014 m.

Metai		Eismo dalyviai					
		Vairuotojai	Pėstieji	Dviratininkai	Keleiviai	Kiti	Iš viso
2013*	Žuvo	88	96	18	53	1	256
	Sužeista	1 114	1 180	313	1 257	143	4 007
2014*	Žuvo	76	108	19	60	2	265
	Sužeista	1 182	1 034	309	1 254	110	3 889

* Lietuvos kelių policijos tarnybos duomenys patikslinti 2015-01-06.

Lentelė Nr. 3 Eismo įvykių pasiskirstymas pagal rūšis. 2013–2014 m. [2]

Eismo įvykių pasiskirstymas pagal rūšis 2000–2014 m.

Metai		Eismo įvykių rūšys					Iš viso
		Užvažiavimas ant pėsčiųjų	Susidūrimas	Apvartimas	Užvažiavimas ant kliūtis	Kiti eismo įvykiai	
2013*		1 192	1 457	300	116	353	3 418
	%	34,9	42,6	8,7	3,4	10,4	100
2014*		1 077	1 446	327	91	384	3 325
	%	32,39	43,49	9,83	2,74	11,55	100

* Lietuvos kelių policijos tarnybos duomenys patikslinti 2015-01-06.

Eismo įvykių kaltininkai 2000–2014 m.

Metai		Eismo įvykių kaltininkai				Iš viso
		Vairuotojai	Pėstieji	Dviratininkai	Kiti	
	%	71,5	11,3	6,1	11,1	100
2013		2 377	350	195	469	3 391
	%	70,1	10,32	5,75	13,83	100
2014*		2 136	267	174	748	3 325
	%	64,24	8,03	5,23	22,50	100

* Lietuvos kelių policijos tarnybos duomenys patikslinti 2015-01-06.

Iš lentelės Nr. 1 duomenų matome, jog nors eismo įvykių skaičius turi kad ir nežymią, bet vis tik tendenciją mažėti, bet žuvusiųjų skaičius išaugo. Tiesa, šis skaičius pasikeitė nežymiai, bet žmogaus gyvybės išsaugojimas labai svarbus aspektas ne tik transporto srityje. Sužeistųjų skaičius sumažėjo – skirtumas didesnis nei 100 žmonių. Tai teikia vilčių, jog situacija keliuose gerėja.

Lentelėje Nr. 2 kartojasi žuvusiųjų ir nukentėjusių asmenų skaičius, tik čia nurodoma, koks vaidmuo eisme buvo atliekamas. Per metus žuvusiųjų gretose sumažėjo tik žuvusiųjų vairuotojų, tačiau nukentėjusiųjų vairuotojų skaičius išaugo. Tuo tarpu nukentėjusiųjų dviratininkų, pėsčiųjų, keleivių ir kitų žmonių skaičius sumažėjo, bet padaugėjo šių eismo dalyvių mirčių eismo įvykiuose. Tokius duomenis sunku interpretuoti, kaip pavienius, tačiau tikėtina, kad vairuotojus vis tik apsaugo saugos sistemos, įrengtos automobilyje.

Susidūrimas yra dažniausiai pasitaikanti eismo įvykio rūšis. Tai matyti iš lentelės Nr. 3. Šio tipo eismo įvykių skaičius mažėja, kaip ir užvažiavimo ant pėsčiųjų ar kliūties, tačiau apvirtimų ir kitų eismo įvykių per metus padaugėjo. Tai ganėtina keista, nes automobilių stabilumo sistemos, padedančios ekstremaliu atveju išvengti kliūties, turėtų padėti ir apsaugoti automobilį nuo apvirtimo.

Duomenys, pateikti lentelėje Nr. 4, rodo, kad eismo įvykių kaltininkais vis rečiau tampa vairuotojai, pėstieji ir dviratininkai. Dažniau jais tampa kitos kliūtys. Nepaisant to, iš visų šių asmenų, dalyvaujančių eisme, dažniausiai kaltininkais tampa vairuotojai. Tai nėra staigmena, juk jie valdo automobilius, kurie savo gabaritais ganėtina žymiai lenkia dviračius ar pėsčiojo kūną. Aišku, tai nepateisina vairuotojo kaltės įvykus eismo įvykiui.

Matant tokius duomenis, logiška būtų atsižvelgti ir į transporto priemonių skaičiaus kitimą per metus. Statistikos departamento internetiniame puslapyje [3] nurodoma, jog individualių automobilių skaičius 2013 metų pabaigoje buvo 1 653 676, o 2014 metų pabaigoje jau tik 1 082 308. Dėl to būtų logiška manyti, jog eismo įvykių skaičius turėjo sumažėti, tačiau čia glūdi kitas faktorius, į kurį verta atsižvelgti. 2014 metais, remiantis Saugaus

eismo automobilių keliais įstatymo pataisomis, transporto priemonės, kurios neturi techninės apžiūros arba civilinės atsakomybės draudimo daugiau nei 90 dienų, yra automatiškai išregistruojamos [4]. Taigi pagal šiuos duomenis apie keliuose esantį transporto priemonių skaičiaus kitimą spręsti negalima.

Štai pačių asmenų, turinčių vairuotojo pažymėjimą, skaičius daug tikslesnis. „Regitros“ duomenimis, 2014 m. sausio 1 d. Kelių transporto priemonių vairuotojų registre įregistruota 1 531 841 vairuotojų, turinčių galiojančius vairuotojo pažymėjimus, o po metų, 2015 m. sausio 1 d., vairuotojų skaičius išaugo iki 1 533 263 [5]. Taigi eismo dalyvių skaičius pastaraisiais metais išaugo, todėl ir avarijų tikimybė padidėjo.

2. EISMO ĮVYKIŲ RŪŠYS

Įvykus eismo įvykiui pareigūnai pildo eismo įvykio kortelę. Joje kodais užšifruojama visa informacija apie eismo įvykį, braižoma eismo įvykio schema. Lietuvoje avarijos skirstomos į įskaitines, kuriose sužalojami ar žūva žmonės, ir neįskaitines, kuriose sugadinamos transporto priemonės, padaroma materialinė žala, nukenčia nekilnojamasis turtas ar pan. Įskaitiniai eismo įvykiai fiksuojami ir pateikiami oficialiose policijos statistikos suvestinėse. Neįskaitiniai eismo įvykiai ir jų tyrimas yra taip pat labai svarbus, ypač kai nukenčia naujos ar beveik naujos transporto priemonės, didelę vertę turintis turtas, nes sugadinus tokius objektus galimi dideli nuostoliai. Tiesa, eismo įvykio kortelės pildomos tik tada, jei eismo įvykyje buvo sužeisti ir (ar) žuvo žmonės.

Vienas iš punktų pildomoje kortelėje yra eismo įvykio rūšis. Jos žymimos kodais nuo 1 iki 7. Čia 1 reiškia susidūrimą – eismo įvykį, kai susidūrė judančios transporto priemonės arba kai judanti transporto priemonė atsitrenkė į judėjusią priekyje ir sustojusią priekyje motorinę transporto priemonę, 2 – susidūrimą su dviračiu, kai judanti motorinė transporto priemonė arba mopedas susidūrė su judančiu dviračiu ar mopеду, 3 – užvažiavimą ant pėsčiojo, kai motorinė transporto priemonė arba mopedas užvažiavo ant žmogaus ar žmogus atsitrenkė į judančią motorinę transporto priemonę arba mopeda, 4 – užvažiavimą ant kliūties, kai motorinė transporto priemonė užvažiavo ant kliūties arba į ją atsitrenkė (važiuojamojoje dalyje arba nuvažiavusi nuo kelio, 5 – apvirtimą, kai motorinė transporto priemonė apvirto važiuojamojoje dalyje arba nuvažiavusi nuo kelio, 6 – susidūrimą su stovinčia transporto priemone, kai judanti transporto priemonė atsitrenkė į stovinčią transporto priemonę ir 7 – kiti eismo įvykiai, kuriems netinka prieš tai išvardyti eismo įvykių tipai.

Eismo įvykyje svarbūs ir kiti faktoriai, tokie, kaip:

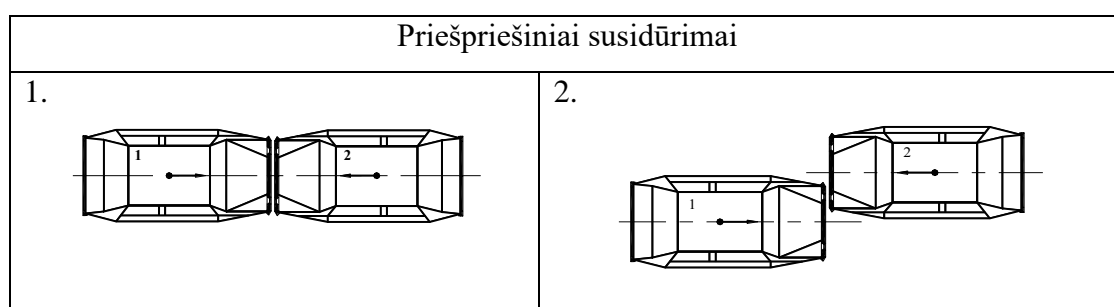
- 1) kelio būseną eismo įvykio momentu;
- 2) transporto priemonių techninė būseną;
- 3) transporto priemonių tipas;
- 4) transporto priemonių konstrukcija;
- 5) įvykusio eismo įvykio padariniai;
- 6) įvykusio eismo įvykio procesas;
- 7) eismo įvykio dalyviai, jų būklė;
- 8) priežastys, dėl kurių įvyko eismo įvykis;

- 9) ryšys tarp Kelių eismo taisyklių pažeidimų ir padarinių;
- 10) objektyviai įvertinta visų eismo įvykio dalyvių kaltė;
- 11) priežastys ir aplinkybės, kurios lėmė eismo įvykio įvykimą.

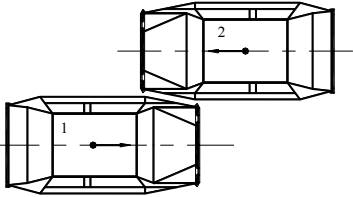
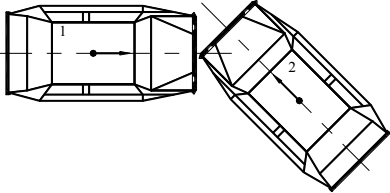
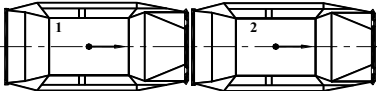
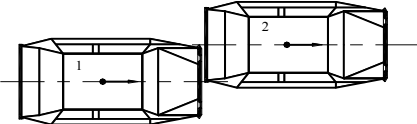
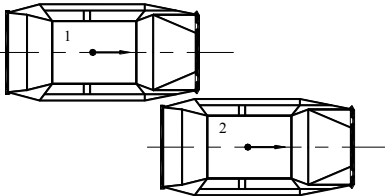
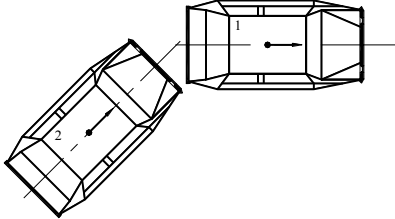
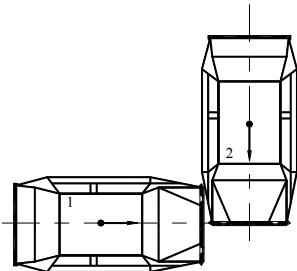
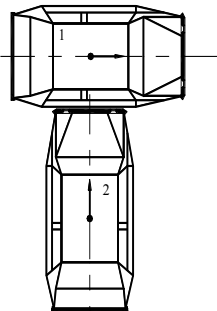
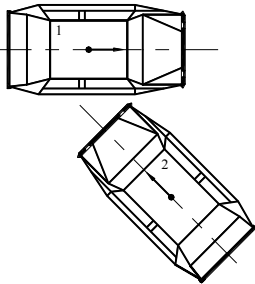
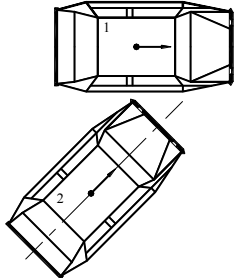
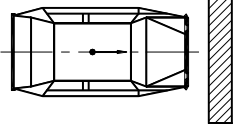
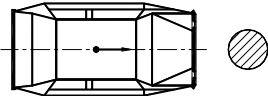
Šios aplinkybės bei faktoriai nėra galutiniai ir visada gali atsirasti kitų aplinkybių, kurias būtina iširti. Kiekvienas eismo įvykis unikalus, nors ir turi panašumų. Nagrinėjant statistinių duomenų suvestines, pastebėti tam tikri autoįvykių dėsningumai. Dažnai susidūrimai būna vienodi arba labai panašūs. Atsižvelgiant į tai, automobilių susidūrimai suklasifikuoti į atskiras grupes ir išskirti tipiniai (dažniausiai pasikartojantys) eismo įvykiai, kuriuos, pavyzdžiui, kaip jau minėta anksčiau, eismo įvykio kortelėje žymi skaičiais nuo 1 iki 7. Tokia klasifikacija žymiai palengvina darbą asmeniui, atliekančiam įvykio tyrimą.

Transporto priemonių susidūrimus neretai lydi vairuotojų bei keleivių traumos, žūtys (tokie eismo įvykiai klasifikuojami kaip įskaitiniai). Vienas iš pagrindinių faktorių, nulemiančių sužalojimų pobūdį, yra smūgio kryptis avarijos metu. Susidūrus automobiliams jėga, veikianti susidūrimo kryptimi, charakterizuoja smūgio kryptį. Išilgai šios krypties vyksta automobilio kėbulo deformacija, atskirų jo dalių, detalių, įrenginių bei elementų poslinkiai. Atsižvelgiant į susidūrimo tipą smūgiai skirstomi į tiesioginį, sutampantį (ekscentrinį) ir kampinį. Pagrindinės susidūrimų kryptys ir tipai pateikti 1.1 lentelėje. Čia pateikiami tik transporto priemonių susidūrimai, nes darbe bus nagrinėjami būtent transporto priemonių sąveikos atvejai.

Lentelė Nr. 5 Automobilių susidūrimų klasifikacija



Lentelės Nr. 5 tęsinys

<p>3.</p> 	<p>4.</p> 
<p>Tos pašos eismo krypties susidūrimai</p>	
<p>5.</p> 	<p>6.</p> 
<p>7.</p> 	<p>8.</p> 
<p>Šoniniai susidūrimai</p>	
<p>9.</p> 	<p>10.</p> 
<p>11.</p> 	<p>12.</p> 
<p>Susidūrimai su nejudančia kliūtimi</p>	
<p>13.</p> 	<p>14.</p> 

Iš lentelėje Nr. 5 pateiktų schemų matyti, kad transporto priemonių susidūrimai gali būti įvairių tipų:

1) priešpriešiniai (1, 2, 3, 4 schemas.). Tai tiesiniai tiesioginiai priešpriešiniai transporto priemonių susidūrimai, kai abiejų automobilių judėjimo kryptys yra priešingos, tačiau jos eina per automobilių svorio centrus (1 schema). Smūgis tokiomis atvejais tenka frontalinei automobilių daliai, ir po tokio susidūrimo automobiliai paprastai lieka savo vietoje arba pasislenka vienos iš transporto priemonių pirmine judėjimo kryptimi.

Priešpriešinio susidūrimo atvejais, kai abiejų automobilių judėjimo kryptys yra priešingos ir neina per svorio centrus (2 schema), automobiliai įgauna ekscentrinį judesį ir po avarijos dar pasisuka ir nutolsta (net žymiai) nuo įvykio vietos arba net virsta, nuvažiuoja nuo kelio ir pan. Tai žymiai sudėtingesni atvejai. Panašūs procesai vyksta ir priešpriešinio kampinio susidūrimo atveju (4 schema).

Priešpriešinis smūgis gali būti ne tik tiesioginis, bet ir slystantis (3 schema). Tokiais atvejais paprastai transporto priemonių vairuotojai beveik nepajunta smūgio padarinių ir juda ta pačia kryptimi kaip važiavo. Tačiau jeigu įvyksta atskirų kėbulo detalių sukibimas, galimas panašus atvejis kaip ir netiesioginio susidūrimo (2 schema).

Priešpriešiniai susidūrimai dažniausiai įvyksta tamsiu paros laiku, nepastebėjus priešais atvažiuojančios transporto priemonės, neįvertinus važiuojamosios dalies pločio arba išvažiuojant į kitą eismo juostą, tai yra lenkiant kitą transporto priemonę ir nepasirinkus lenkimui tinkamo greičio, neįvertinus atstumo iki artėjančios transporto priemonės ir pan.

2) tos pačios eismo krypties susidūrimai (5, 6, 7, 8 schemas). Šių eismo įvykių atvejais abi transporto priemonės važiuoja ta pačia kryptimi. Taip pat kaip ir priešpriešinio susidūrimo atvejais, tos pačios eismo krypties susidūrimai skirstomi į tiesioginį (5 schema), netiesioginį (6 schema), slystantį (7 schema) ir kampinį (8 schema). Tiesioginio susidūrimo atveju abiejų transporto priemonių judėjimo kryptis yra ta pati ir smūgio metu eina per automobilių svorio centrus. Tokiais atvejais vienam automobiliui smūgis tenka priekinei daliai, o kitam galinei, ir po kontakto abi transporto priemonės dažniausiai juda pirmine judėjimo kryptimi.

Netiesioginio tos pačios eismo krypties susidūrimo atveju abiejų automobilių judėjimo kryptis yra ta pati, tačiau smūgio kryptis neina per svorio centrą (6 schema). Tokiais atvejais dažniausiai priekyje esantis automobilis po kontakto pasukamas ir keičia judėjimo kryptį bei gali nuvažiuoti nuo kelio, pradėti slysti ar pan. Panašios pasekmės būna ir tos pačios eismo krypties kampinio susidūrimo atvejais.

Tos pačios eismo krypties slystančio susidūrimo atveju (7 schema) nežymiai nukenčia abiejų automobilių šoniniai paviršiai, ir abu automobiliai retai kada pakeičia savo judėjimo kryptį.

Minėto tipo avarijos dažniausiai įvyksta staiga sustojus priekyje važiuojančiai transporto priemonei, taip staiga atliekant lenkimo manevrą ir užkirtus kelią kitos transporto priemonės judėjimui ar pan. Šio tipo susidūrimų pasekmės dažnai švelnesnės, negu priešpriešinių.

3) šoniniai susidūrimai (9, 10, 11, 12 schemas). Šio tipo avarijų atveju transporto priemonių judėjimo kryptys kertasi tam tikru kampu. Kai kuriais atvejais (9 ir 10 schema) sudaromas 90° , ir kontaktuoja transporto priemonių priekinės dalys arba priekinė ir šoninė dalis. Kai kampas tarp transporto priemonių judėjimo krypčių yra mažesnis kaip 90° , nustatomas priešpriešinis šoninis susidūrimas (11 schema), o kai šis kampas didesnis už 90° , nustatomas tos pačios eismo krypties šoninis susidūrimas (12 schema). Šio tipo autoįvykių atveju po kontakto automobiliai dažniausiai juda sudėtingomis trajektorijomis, t. y. slysta, sukasi ir panašiai. Kai vienos transporto priemonės priekis atsitrenkia į kitos šoną (10, 11, 12 schemas), dažniausiai stipriai apgadinamos transporto priemonės, nukenčia keleiviai.

Šoninių susidūrimų atvejai dažniausiai įvyksta dėl sankryžos kirtimo taisyklių nesilaikymo, esant slidžiai kelio dangai (pav.), slystant automobiliui ir pan.

4) susidūrimai su nejudančia kliūtimi (13 ir 14 schemas). Tai transporto priemonių susidūrimai su pastatais, medžiais, stulpais ir pan. Susidūrimu su nejudančia kliūtimi laikomas ir automobilio susidūrimas su kita stovinčia transporto priemone. Šios rūšies eismo įvykiai, atsižvelgiant į susidūrimo kampą ir kryptį, gali būti tiesioginiai, kampiniai bei šoniniai.

Susidūrimų su nejudančia kliūtimi metu veikia didelės smūginės apkrovos, labai dažnai nukenčia žmonės ir stipriai apgadinamos transporto priemonės. Šių eismo įvykių dažniausia priežastimi yra saugaus greičio nesilaikymas, prastos važiavimo sąlygos ir panašiai.

Be išvardytų eismo įvykių tipų galimi ir kiti variantai: susidūrimas su transporto priemone ar nejudančia kliūtimi, kai važiuojama atbuline eiga. Šie atvejai yra nedažni, ir jų metu žmonės nukenčia retai, nebent nežymiai sugadinamos transporto priemonės. Tokių eismo įvykių pagrindine priežastimi dažniausiai būna vairuotojų atidumo stoka ar blogas matomumas.

3. EISMO ĮVYKIO TYRIMO ALGORITMAS

3.1. Eismo įvykių ekspertizės paskirtis ir uždaviniai

Eismo įvykių ekspertizė (tyrimas) atkuria eismo įvykio eigą, aplinkybes įvykio vietoje, tiria nustatytus transporto priemonių techninius gedimus, jų atsiradimo laiką, gedimų ir eismo įvykio ryšį, eismo įvykio dalyvių veiksmus, aplinkybes, turėjusias įtakos eismo įvykiui įvykti.[10]

Eismo įvykių ekspertas aiškinasi, kokiomis aplinkybėmis įvyko eismo įvykis. Tai jis atlieka remdamasis policijos pareigūnų, eismo įvykio dalyvių, liudininkų suteikta informacija. Kartais policijos pareigūnai gali nepastebėti ar neatkreipti dėmesio į tam tikras eismo įvykio detales, tad visada verta užfiksuoti tai, kas atrodo svarbu, ne tik dirbantiems pareigūnams, bet ir eismo įvykio dalyviams – ekspertas pats nedalyvauja tyrimo medžiagos rinkime, jam surinkta medžiaga perduodama tirti ir analizuoti. Iš šios medžiagos ekspertas siekia nustatyti, atkurti eismo įvykį ar jo elementus, tokius kaip:

- a) transporto priemonių judėjimo greitis;
- b) transporto priemonių judėjimo kryptis įvairiais eismo įvykio eigos momentais;
- c) transporto priemonių padėtis viena kitos, ir kelio elementų atžvilgiu skirtingu eismo įvykio eigos momentu;
- d) transporto priemonių susidūrimo ir užvažiavimo ant kliūčių vieta.

Remdamasis surinkta informacija bei analizuodamas eismo įvykį eismo įvykių ekspertas taip pat siekia nustatyti eismo dalyvių žmogiškojo faktoriaus įtaką eismo įvykiui. Aiškinamasi, kaip vairuotojas turėjo elgtis saugaus eismo reikalavimų požiūriu konkrečiomis aplinkybėmis, ar jau nustatytomis aplinkybėmis vairuotojas galėjo išvengti eismo įvykio bei kokia buvo konkreti priežastis (techniniu požiūriu) vairuotojo ar kito eismo įvykio dalyvio veiksmų ar jų nebuvimo, dėl kurios valdant transporto priemonę, dalyvaujant eisme ir kilo eismo įvykis. Trumpiau tariant, atsižvelgiama į visus eismo įvykio elementus ir jų ryšį.

Eismo įvykiai dažniausiai kyla dėl žmogiškojo faktoriaus, bet kartais priežastis būna ne asmuo, dalyvavęs eismo įvykyje. Būtent dėl to ekspertai taip pat tiria transporto priemones ir jų agregatus, mazgus, detales. Tai daroma siekiant objektyviai išsiaiškinti techninių gedimų atsiradimo laiką ir priežastį, bei nustatyti ryšį tarp transporto priemonės techninio gedimo ir eismo įvykio kilimo.

3.2. Medžiagos ekspertizei rengimas ir užduoties surašymas

Užduotyje surašomos visos svarbios eismo įvykio aplinkybės, išskiriant svarbiausius faktus, susijusius su ekspertizės užduotimi. Taip pat turi būti nurodoma tokia informacija, kaip pateikiamos medžiagos apimtis, išvardinti kiti tyrimui pateikiami objektai - skaitmeninės laikmenos, paketai. Jeigu būtina ištirti transporto priemonę, už tai atsako pats užsakovas. Tai yra kontaktų perdavimas, kelionės iki tiriamo objekto organizavimas.

Teisėjas (ikiteisminio tyrimo pareigūnas) paskyręs ekspertizę (objektų tyrimą) yra vienintelis, galintis teikti papildomą, medžiagą ekspertizei. Visa kita papildoma medžiaga, pateikta kitų asmenų (eismo įvykio dalyvių, jų atstovų ir kt.) gali patekti ekspertams tik per tyrimą užsakiusią instituciją.

3.3. Įvykio vietos apžiūra

Eksperto galimybės sprendžiant eismo įvykį labiausiai priklauso nuo turimų pradinių duomenų. Jei jų tyrimui nepakanka, tai ir sunkiau rasti atsakymus į iškilusius tyrimo metu klausimus. Pagrindiniai dokumentai, kuriais remdamasis ekspertas aiškinasi eismo įvykį yra eismo įvykio vietos apžiūros protokolai ir planas prie jo. Todėl tyrimo išsamumas, tikslumas ir kokybė labai priklauso nuo šių dokumentų parengimo kokybės.

Eismo įvykio vieta aprašoma eismo įvykio vietos apžiūros protokole. Čia užfiksuojami tokie duomenys, kaip oro sąlygos (jei eismo įvykis įvyko tamsiu paros metu - kuo ir kaip buvo apšviestas kelio ruožas, kelio ir kelio elementų matomumas, kliūties matomumas), kelio ruožo, kuriame įvyko eismo įvykis, parametrai (važiuojamosios dalies, eismo juostų, kelkraščių plotis, kelią dengiant sniegui – išvažinėtos važiuojamosios dalies plotis, kelio posūkis, jo posūkio spindulys ir ilgis, kelio nuolydis bei jo dydis, važiuojamosios kelio dalies, kelkraščių danga, jos būklė), eismo reguliavimo priemonės, aplinkos objektai (namas, medis, tvora...), ypač jei jie gali riboti matomumą, transporto priemonių padėtis kelio elementų ir viena kitos atžvilgiu (padėtis fiksuojama nuo automobilio ratų) bei eismo įvykio padarinių objektai (įbrėžimai, stabdymo, slydimo pėdsakai, šukės, detalės ir pan.).

Taip pat būtinas ir planas. Eismo įvykio vietos apžiūros planas - tai grafinis eismo įvykio vietos atvaizdas, kuris yra eismo įvykio vietos apžiūros protokolo priedas.[11] Objektų padėtis plane fiksuojama matmenimis taip, kad nekiltų abejonių nustatant objektų padėtį kelio elementų ir vienas kito atžvilgiu.

Ypač svarbu tinkamai fiksuoti įvykio pėdsakus, kaip kad išlikusių automobilio ratų pėdsakų vietą kelio atžvilgiu bei pėdsako kitimo vietas. Privaloma pažymėti pėdsakų pobūdį. Tai gali būti stabdymo, slydimo pėdsakai. Ne ką mažesnis dėmesys turi būti skirtas ir tinkamam jų fiksavimui skaitmeniniu formatu – fotografavimui. Esant geros kokybės ir tinkamam atvaizdavimui, iš nuotraukos ekspertas pats gali nuspręsti apie pėdsakų pobūdį. Privaloma tiksliai užregistruoti susidūrimo pėdsakus - nubyrėjusį purvą, stiklų šukes, įbrėžimus kelio dangoje, slydimo pėdsakų krypties ir pobūdžio pasikeitimo vietą.

Eismo įvykiui įvykus tamsiu paros metu ir tuo atveju, kai automobilis susiduria su neapšviestu objektu, privaloma atlikti kliūties matomumo eksperimentą įvykio vietoje. Tai geriausia atlikti iškart po eismo įvykio vietos apžiūros, kol sąlygos kardinaliai nepakito nuo buvusių eismo įvykio metu.

Eismo įvykio vietos schemas ir eismo įvykio protokolo blankų pavyzdžiai pateikti Lietuvos Policijos Generalinio Komisarą 2002 m. gruodžio 24 d. įsakymo Nr. 660 „Dėl policijos patrulių veiklos instrukcijos patvirtinimo“ pakeitime ir papildyme [Priedas Nr.1].

3.4. Naudojamos kompiuterio programos

Eismo įvykiui atkurti, analizuoti naudojamos kompiuterinės programos. Tai daug paprasčiau, pigiau ir išsamiau, nei bandyti tai atkartoti ar atkurti pasitelkiant fizinius modelius. Viena plačiausiai naudojamų tokio tipo kompiuterio programų yra PC CRASH (<http://www.pc-crash.com/>). Tai susidūrimų ir trajektorijų simulatorius, įrankis, kuris leidžia ekspertams tiksliai analizuoti įvairių motorinių transporto priemonių susidūrimų ir kitų eismo įvykių aibę. Ja naudojasi eismo įvykių ekspertai, policininkai, draudimo kompanijos, automobilių pramonė ir universitetai. Programoje įtraukti modeliai yra patvirtinti per pastaruosius 20 metų keliomis publikacijomis ir nesuskaičiuojama daugybe saugumo testų.

PC CRASH galima atkurti susidūrimus 2D ir 3D formate. Programa palaiko iki 32 transporto priemonių simuliaciją vieno eismo įvykio metu bei atlieka skaičiavimus automobilis – automobilis, automobilis – motociklas, automobilis – pėstysis avarių metu. Taip pat skaičiuojamas žmonių judėjimas, jų padėties kitimas. Net transporto priemonės vertimosi atvejis gali būti apskaičiuotas šia programa.

Į programą įtrauktos kelios duomenų bazės apie visus standartinius automobilių ir motociklų modelius, tačiau programos naudotojas gali koreguoti arba sukurti naujus modelius, reikalingus tyrimui. Integruota piešimo programa leidžia suprojektuoti įvykio vietos eskizą bei įkelti iš anksto numatytus kelio objektus (2D ir 3D). Atkuriamą eismo įvykį ir

skaičiavimus galima stebėti, padalinti visą procesą dalimis į animacijas arba išsaugoti kaip vientisą vaizdo įrašą.

Norint tiksliai atkurti įvykio vietą, naudojamos įvykio vietos fotografijos, video medžiaga ir programa PC RECT. Ji užfiksuotą kelio dangos paviršių transformuoja į plokštuminį vaizdą. Skaneriai ir skaitmeninės kameros gali būti naudojami tiesiai programoje, bet kokia vaizdo medžiaga suderinama ir pataisoma. Atstumai matuojami pagal mastelį, kampą. Taisymams, patikslinimui galima naudoti iki 10 skirtingų etalonų, atskaitos dydžių. Visi kameros parametrai (palenkimas, pasukimas, židinio nuotolis ir kameros aukštis) yra perskaičiuojami, optimizuojami naudojant atskaitos etalonų ilgius. Taip pat į šią programą įtraukta piešimo programa su kuria galima nupiešti kelio eskizus ir aplinkos, kurioje įvyko avarija, vaizdą.

Yra ir daugiau programų, atliekančių tas pačias funkcijas, kaip ir PC CRASH. Viena tokių - Virtual CRASH. Tai naujos kartos programa automobilių įvykiams atkurti ir analizuoti. Naudojamos naujausios technologijos leidžia žymiai pagreitinti skaičiavimų laiką realiu laiku net naudojantis asmeniniu kompiuteriu. Virtual CRASH modeliavimo programos skaičiavimo rezultatai gali būti atvaizduoti ir išvesti brėžiniais, 3D perspektyvos vaizdu, daugybe diagramų ir lentelių.

3.6. Transporto trasologinės ekspertizės (tyrimo) uždaviniai

Transporto trasologinė ekspertizė (tyrimas) nustato:

- a) pėdsako susidarymo mechanizmą (veikusios jėgos pobūdį, veikimo kampą ir kryptį);
- b) objekto, palikusio pėdsaką, būdingus požymius;
- c) pėdsako grupinį priklausomumą (pėdsaką paliko tam tikros rūšies, tipo objektas);
- d) pėdsaką palikusį objektą (konkretaus objekto identifikacija).[16]

Šis pėdsakų, eismo įvykio padarinių tyrimas padeda suprasti visą įvykio eigą, veiksmus. Nors tokius dalykus, kaip vairuotojo reakcija ir sudėtinga nustatyti, tačiau galima apibrėžti matomumo lauką avarijos metu, stabdymo pradžią – pabaigą, jėgos, atsiradusios susidūrimo metu mąštą, veikimo kryptis. Ši ekspertizė pagrindžia net atrodo savaimė aiškius, bet kartais esminius įrodymus, kurie atrodo menkaverčiai. Pavyzdžiui kuria transporto priemonės dalimi padaryti drabužių, avalynės pažeidimai, nustato transporto nuolaužų dalių priklausymą vienai ar kitai transporto priemonei, išsiaiškina jų modelius. O galbūt tai nuo kito automobilio pamesta dalis – suklysti čia negalima, todėl tiriamas net transporto priemonės

vientisumas su rastomis dalimis. Atkuriama visa avarijos scena – kokioje padėtyje susidūrimo metu buvo automobiliai, koku greičiu bei kryptimi jie judėjo, nustatomas priežastinis ryšys su automobilio elementais, ar jie nėra esminis įvykio sukelėjas (pavyzdžiui, ar padangos prakiuro prieš, po ar avarijos metu).

Kilus įtarimams, jog eismo įvykis yra imituotas, aiškinamasi, ar transporto priemonės buvo sugadintos avarijos metu, ar anksčiau. O galbūt net po eismo įvykio, kai transporto priemonių tarpusavio kontaktas nebegalėjo daryti įtakos papildomų pažeidimų atsiradimui. Gali būti slepiamos tam tikros eismo įvykio aplinkybės, tai taip pat gali sukelti ne tik sunkumų tiriant įvykio eigą, bet ir įtakoti klaidingas išvadas. Todėl tikrinamas ir vairuotojų parodymų tikrumas.

3.9. Eismo įvykių ekspertizės išvadų skalė

Ištyrus eismo įvykį, ekspertai pateikia tam tikras išvadas, kurios būna trijų tipų:

- 1) **Kategoriška išvada.** Tokia išvada formuluojama tada, kai į klausimą atsakoma remiantis objektyviais duomenimis, kurie gali būti įvykio vietoje užfiksuoti pėdsakai, transporto priemonių ir eismo įvykio vietoje užfiksuotos nuotraukos, techninės transporto priemonių charakteristikos ir pan. Apibendrintai tai objektyvių duomenų visuma, kurios pakanka pateikti vienintelę išvadą. Taipogi prie kategoriškų tipo priskiriama ir sąlyginė išvada, kai duodant kategorišką išvadą nurodomos ir konkrečios sąlygos (pvz. „...turėjo galimybę išvengti partrenkimo, jeigu kliūtis matomumas buvo nemažesnis kaip ...m it kt.)
- 2) **Tikėtina išvada.** Šio tipo išvada formuluojama, kai tyrimo medžiagoje nepakanka objektyvių duomenų vienareikšmiškam atsakymui į klausimą, tačiau ji neprieštarauja jokiems objektyviems duomenims, o be to į ją nurodo ir subjektyvūs duomenys.
- 3) **Nustatyti negalima.** Išvados tipas, kai tyrimui pateiktoje medžiagoje nėra užtektinai duomenų atlikti reikiamus skaičiavimus (pvz. neužfiksuoti ar netinkamai užfiksuoti pėdsakai, nėra galimybės nustatyti jų padėties, pobūdžio) vienintelės išvados patvirtinimui, ir dar kai vienodai negalima nei patvirtinti, nei paneigti skirtingų eismo įvykio kilimo aplinkybių.

4. MODELIAVIMAS

4.1. Tyrimo sąlygų parinkimas

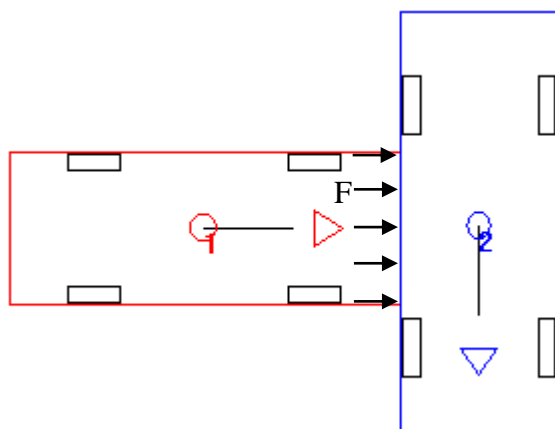
Tyrimui atlikti parenkama viena dažniausiai eismo įvykiuose dalyvavusi transporto priemonė ir naudojamos dviejų tipų sankryžos – keturšalė ir žiedinė. Eismo įvykių duomenys gauti iš Policijos internetinio puslapio <https://www.epolicija.lt/atviri-duomenys>. Čia skelbiami atviri eismo įvykių, įvykusių Lietuvos Respublikoje, kurių metu žuvo ir (ar) buvo sužeisti žmonės, duomenys apie eismo įvykių vietą, datą, laiką, meteorologines ir eismo sąlygas, priežastis, dalyvius ir jų sužalojimus, transporto priemones ir jų apgadinimus bei kiti duomenys. Šie duomenys skelbiami kartą į metus. Einamaisiais metais, ne anksčiau kaip liepos mėnesį, skelbiami praėjusių metų duomenys. Tyrimui naudojami 2014m. medžiaga.

Iš 3256 eismo įvykių dažniausiai minima transporto priemonė buvo VOLKSWAGEN PASSAT (paminėta 265 kartus), kai antras pagal pasikartojamumą buvo VOLKSWAGEN GOLF (paminėta 201 karto) automobilio modelis. Ne visuose eismo įvykiuose nurodyti automobilio pagaminimo metai, bet iš nurodytų duomenų 1992m. VOLKSWAGEN PASSAT buvo akcentuoti dažniausiai. Automobilio duomenys pateikiami žemiau:

Automobilis:	VW-Passat 2.0 --1
Ilgis [m] :	4.68
Plotis [m] :	1.74
Aukštis [m] :	1.46
Asiu skaičius :	2.00
Bazė [m] :	2.70
Priekinė iskisa [m] :	0.94
Priekiniu ratu veže [m] :	1.50
Uzpakaliniu ratu veže [m] :	1.50
Nuosava mase [kg] :	1240.00
Priekiniu sedyniu apkrova[kg] :	0.00
Uzpakaliniu sedyniu apkrova [kg] :	0.00
Bagazines apkrova [kg] :	0.00
Stogo apkrova [kg] :	0.00
Atst. nuo pr. asies iki sv. c. [m] :	1.35
Inercijos momentas (x) [kgm ²] :	596.51
Inercijos momentas (y) [kgm ²] :	1988.35
Inercijos momentas (z) [kgm ²] :	1988.35
Lankstumas k.rato 1.asies [N/m] :	20274.00
Lankstumas d.rato 1.asies [N/m] :	20274.00
Lankstumas k.rato 2.asies [N/m] :	20274.00
Lankstumas d.rato 2.asies [N/m] :	20274.00
Slopinimas k.rato 1.asies [Ns/m] :	2280.83
Slopinimas d.rato 1.asies [Ns/m] :	2280.83
Slopinimas k.rato 2.asies [Ns/m] :	2280.83
Slopinimas d.rato 2.asies [Ns/m] :	2280.83
ABS :	Ne

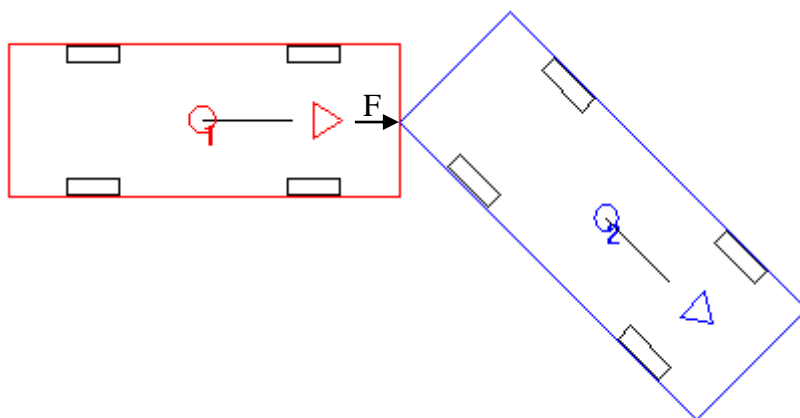
Programa PC-CRASH bus imituojamos keturios dviejų transporto priemonių susidūrimų rūšys:

- 1) Smūgis į transporto priemonės šoną;



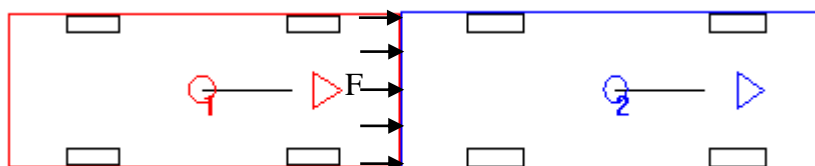
Pav. 1 Smūgio į transporto priemonės šoną deformacijų schema

- 2) Smūgis į transporto priemonės kampa judant ta pačia kryptimi;



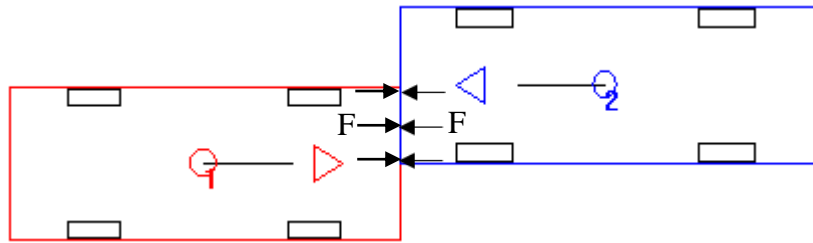
Pav. 2 Smūgio į transporto priemonės kampą judant ta pačia kryptimi deformacijų schema

- 3) Transporto priemonių, judančių ta pačia kryptimi, susidūrimas;



Pav. 3 Transporto priemonių, judančių ta pačia kryptimi deformacijų schema

- 4) Transporto priemonių susidūrimas kaktomuša 50% ploto persidengimu.



Pav. 4 Transporto priemonių susidūrimo kaktomuša deformacijų schema

Bandymų metu transporto priemonės judės trimis greičiais:

- 1) Leistinu maksimaliu greičiu mieste 50km/h;
- 2) „Oficialiu“ vairuotojų tarpe greičiu 60km/h, kai pridedama transporto priemonės prietaisų skydo ir greičio matuoklių paklaida, be to, tai iki 2003m. pabaigos galiojęs leistinas maksimalus greitis mieste Lietuvos Respublikoje;
- 3) Viršijant maksimalų mieste leidžiamą greitį 20km/h, t.y. 70km/h.

Taip pat vienas iš keičiamų bandymo metu parametų bus sukibimo su keliu koeficientas:

- 1) Kai kelio danga sausa – sukibimo koeficientas 0.8, maksimalus transporto priemonės lėtėjimas 7.85 m/s^2 ;
- 2) Kai kelio danga šlapia – sukibimo koeficientas 0.5, maksimalus transporto priemonės lėtėjimas 4.91 m/s^2 ;
- 3) Kai kelias padengtas ledu – sukibimo koeficientas 0.1, maksimalus transporto priemonės lėtėjimas 0.98 m/s^2 . Šiuo atveju skaičiuojama bus tik prie 50km/h, nes tokie atvejai, kai kelias visiškai padengtas ledu yra retesni ir jau net toks leistinas mieste greitis yra pernelyg didelis saugiam eismui.

Bandymų metu vertinami šie aspektai:

- 1) Transporto priemonių judėjimo trajektorija po susidūrimo, nepaisant tokių kliūčių, kaip bortai, stulpai, tvorelės, taip padidinant rizikos laipsnį užkliudyti šaligatviu judančius pėsčiuosius ir dviratininkus;
- 2) Automobilių deformacijų dydis;
- 3) Kintamųjų greičio, dangos ir reakcijos įtaka.

Vairuotojo modelio ir jo elgsenos nustatymai programoje pavaizduoti 1, 2 ir 3 paveiksluose. Vairuotojo elgsenos modelis neapibrėžtas, nustatyta tik dalis jo elgsenos aspektų: reakcijos laikas – 0,8s, maksimalus vairavimo kampas – 25° , vairo pasukimo greitis – $40^\circ/\text{s}$, numatymo į priekį trukmė – 0,5s. Pirmoje dalyje bandymai atliekami tokiomis sąlygomis –

susidūrimo metu greitis maksimalus, vairuotojo reakcija prasideda tik susidūrus transporto priemonėms. Antroje dalyje laikomasi 5m atstumo, vairuotojas reaguoja įprastai – reakcijos laikas 0,8s. Trečioje dalyje reakcijos laikas 1,6s, t.y. reaguojama dvigubai lėčiau (reakcijos laikas išauga dvigubai naudojantis mobiliu telefonu [17]), atstumas tarp transporto priemonių toks pat, 5m. Vairuotojo modelis visada reaguoja ir stabdo pilnu pajėgumu, spaudžiant stabdžio pedalą eiga iki 100%. Lėtėjimo pagreitis 7.85m/s^2 . Stabdymo intensyvumas tolygiai paskirstytas visiems keturiems ratams ir yra lygus 101.94%. Maksimalus stabdymo kelias – 100m.

Pav. 5 Programos „PC-CRASH“ vairuotojo modelio nustatymai

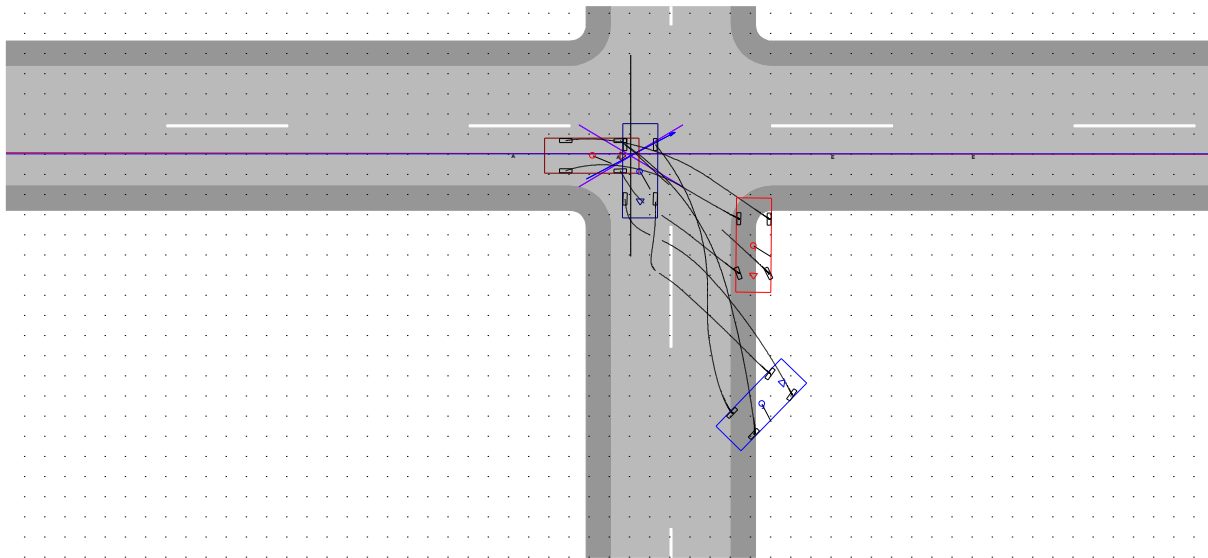
Pav. 6 Programos „PC-CRASH“ vairuotojo modelio veiksmų eigos nustatymai

Pav. 7 Programos „PC-CRASH“ vairuotojo modelio stabdymo nustatymai

4.2. Tyrimas

Tyrimo metu gaunama ataskaita ir grafinis eismo įvykio vaizdas. Tai atrodo štai

taip:



Pav. 8 Programos „PC-CRASH“ eismo įvykio schema

Automobilis: VW-Passat 2.0 --1 VW-Passat 2.0 --1

PRADINIAI DUOMENYS

Greitis (v) [km/h] :	50.00	50.00
Automobilio kampas [°] :	0.00	-90.00
Greicio kryptis (ni) [°] :	0.00	270.00
Kamp. greitis pagal z asi (om) [1/s] :	0.00	0.00
Sv. centro padetis pagal x asi [m] :	-5.63	-2.46
Sv. centro padetis pagal y asi [m] :	-0.07	-0.02

GALUTINIAI DUOMENYS

Greitis (v) [km/h] :	0.38	0.42
Automobilio kampas [°] :	-90.55	45.99
Greicio kryptis (ni) [°] :	-31.65	296.95
Kamp. greitis pagal z asi (om) [1/s] :	-0.03	-0.07
Sv. centro padetis pagal x asi [m] :	3.17	3.58
Sv. centro padetis pagal y asi [m] :	-4.55	-12.38

1.SUSIDURIMAS

Automobilis: 1 VW-PASSA 2 VW-PASSA
Vairuotojas:

t [s]:	0.06	0.06
Pre Impact vel. [km/h]:	50.00	50.00
Post Impact vel. [km/h]:	30.32	44.17
Greicio pakitimas dv [km/h] :	24.81	24.81
Deformaciju gylis [m] :	0.47	0.45
EES [km/h] :	27.66	27.31
Stiffness [kN/m]:	337.1	345.9
Atsistatymo koeficientas k :	0.10	
Atsiskirimo greitis [km/h]:	7.1	
Priimtas sukibimo koeficientas (MUE):	0.60	
Impulso pridejimo tasko x-koord. [m] :	-2.92	

Impulso pridejimo tasko y-koord. [m] :	-0.07	
Slydimio plokstumos kryptis 1 [°] :	-90.04	
Pilna deformaciju energija [J] :	72268.82	
Susidurimo jegu impulsas [Ns] :	8545.51	
Susidurimo jegu kryptis [°] :	-152.19	
Impulso pridejimo petis (SHA) [m] :	0.88	0.91
Impulso kryptis (RHO) [°] :	-152.22	117.85
GEV :	0.90	0.91

SUSIDURIMO PRADZIOS DUOMENYS

Greitis (v) [km/h] :	50.00	50.00
Automobilio kampas [°] :	0.03	-90.04
Greicio kryptis (ni) [°] :	0.08	269.83
Kamp. greitis pagal z asi (om) [1/s] :	0.02	-0.03
Sv. centro padetis pagal x asi [m] :	-4.80	-2.46
Sv. centro padetis pagal y asi [m] :	-0.07	-0.86

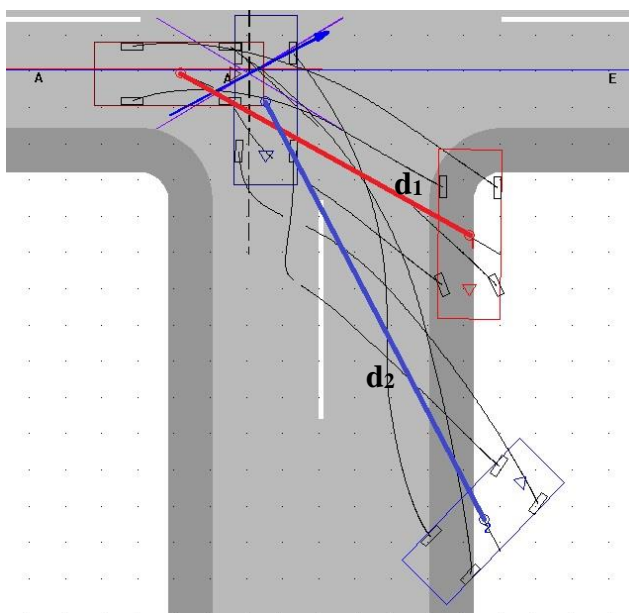
SUSIDURIMO PABAIGOS DUOMENYS

Greitis (v) [km/h] :	30.32	44.17
Automobilio kampas [°] :	0.03	-90.04
Greicio kryptis (ni) [°] :	-22.29	299.56
Kamp. greitis pagal z asi (om) [1/s] :	-3.75	-3.96
Sv. centro padetis pagal x asi [m] :	-4.80	-2.46
Sv. centro padetis pagal y asi [m] :	-0.07	-0.86

Tyrimo aprašyme pateiksiu tik situacijų pavyzdžius. Kita informacija bus pateikta lentelių ir grafikų pavidalu.

Atstumas tarp pradinio susidūrimo ir galinio automobilių svorio centrų sustojimo taškų yra išreikštas koordinatėmis, kurias paverčiame atstumu naudodami šią formulę:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$



Pav. 9 Atstumo tarp svorio centrų skaičiavimo schema, kur d_1 – pirmojo automobilio svorio centro padėties pokytis nuo susidūrimo iki sustojimo taško, o d_2 – antrojo automobilio svorio centro padėties pokytis nuo susidūrimo iki sustojimo taško.

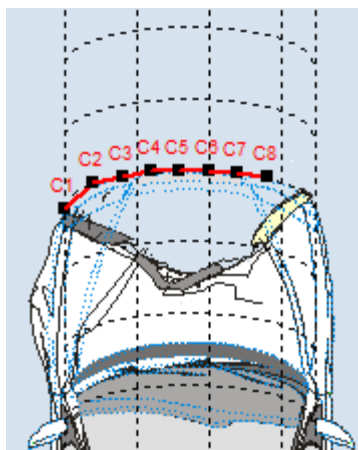
Visuose paveiksluose atstumas tarp tinklelio taškų yra 1m.

Deformacijų vidutinė vertė apskaičiuojama programa PC-CRASH pagal formulę, nurodytą 10 pav.

Average crush depth:

$$C_{Ave t} = \frac{\frac{C_1}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} C_i + \frac{C_n}{2}}{n-1}$$

Pav. 10 PC-CRASH programos naudojama formulė vidutinei deformacijų vertei apskaičiuoti

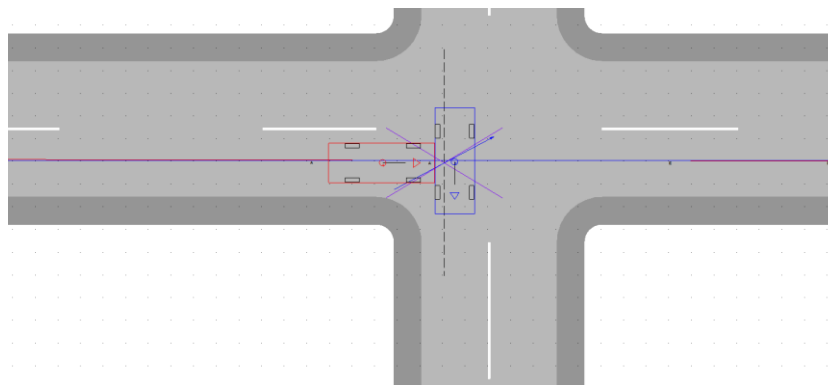


Pav. 11 PC-CRASH programos schema vidutinei deformacijų vertei apskaičiuoti

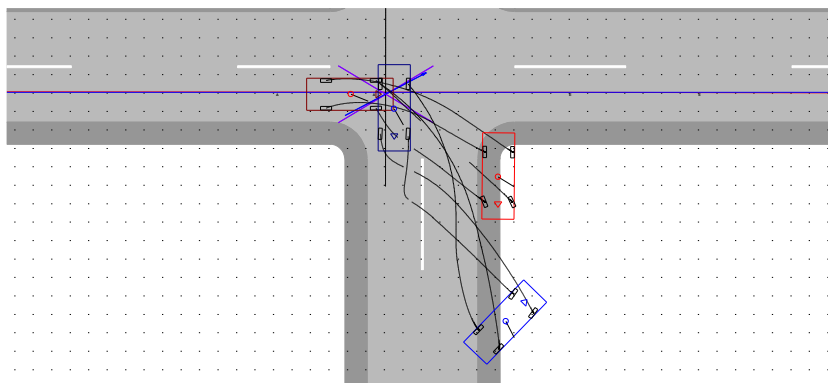
Pirma dalis

Situacija numeris 1

Bandymas, kai smūgis tenka transporto priemonės šonui (pav. 12, 13).



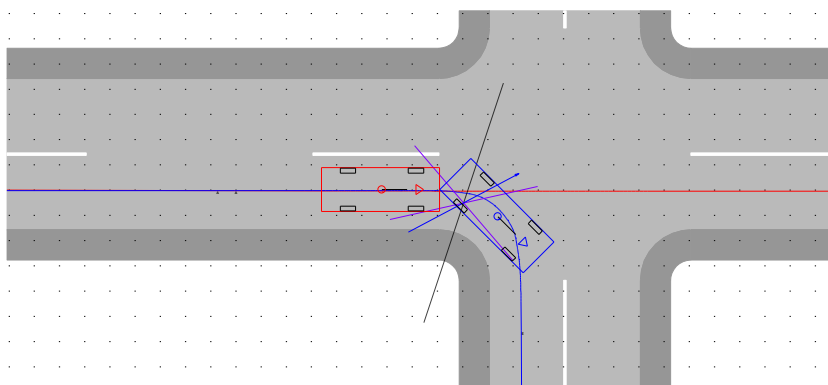
Pav. 12 Situacijos nr.1 pradinė padėtis



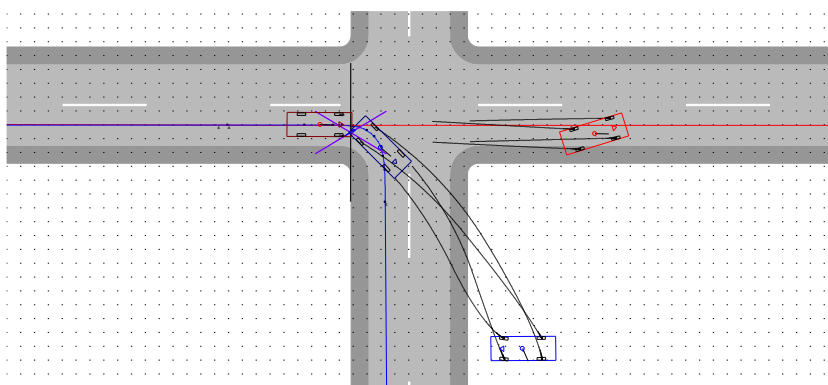
Pav. 13 Situacija nr.1

Situacija numeris 2

Smūgis ī transporto priemonēs kampā judant ta pačia kryptimi (pav. 14, 15).



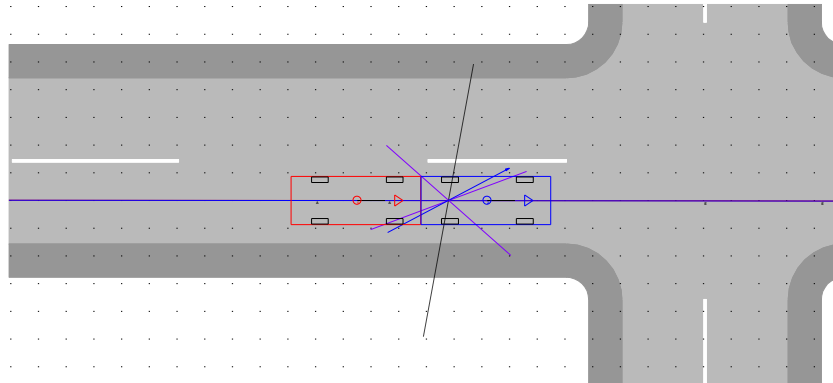
Pav. 14 Situācijas nr.2 pradinē padētis



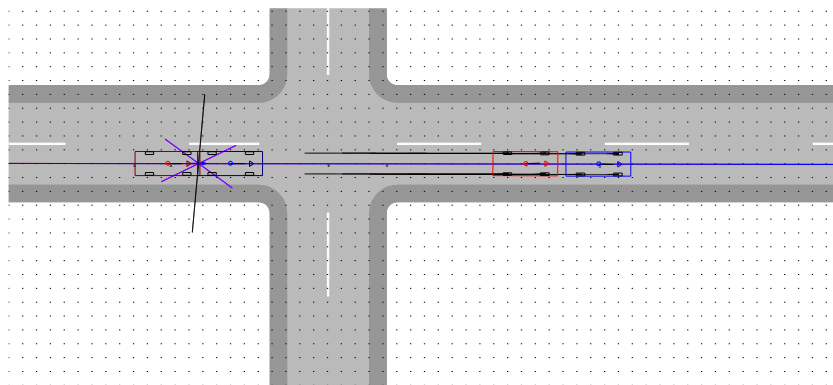
Pav. 15 Situacija nr.2

Situacija numeris 3

Smūgis į transporto priemonės galą judant ta pačia kryptimi vienai transporto priemonei paskui kitą (pav. 16, 17).



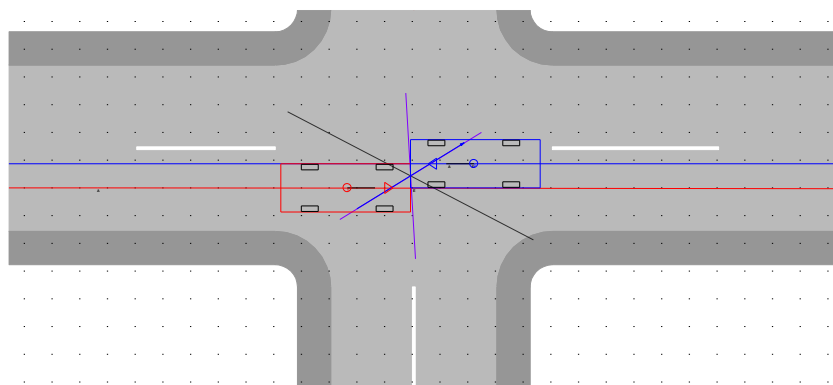
Pav. 16 Situacijos nr.3 pradinė padėtis



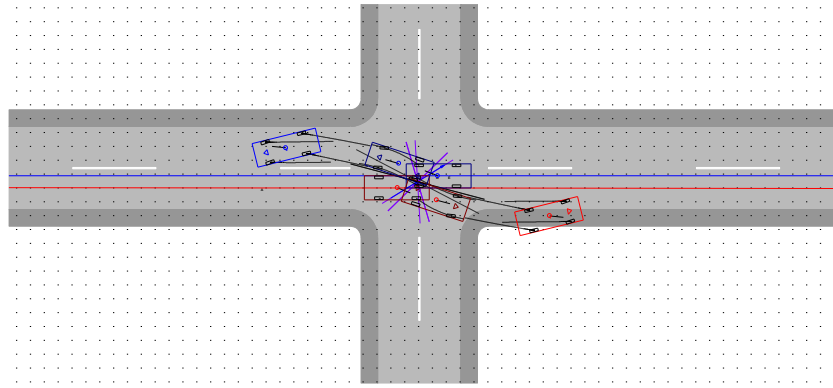
Pav. 17 Situacija nr.3

Situacija numeris 4

Transporto priemonių susidūrimas kaktomuša 50% ploto persidengimu (pav. 18, 19).



Pav. 18 Situacijos nr.4 pradinė padėtis

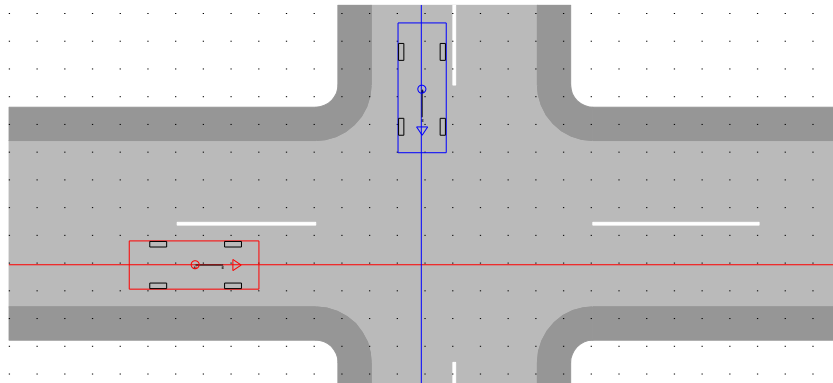


Pav. 19 Situacija nr.4

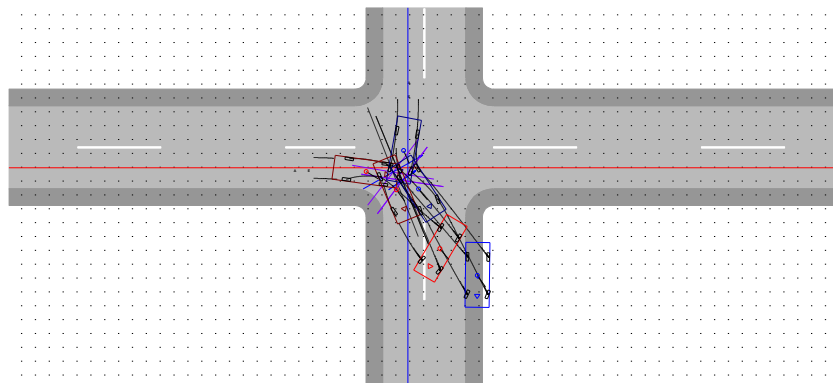
Antra dalis

Situacija numeris 1

Bandymas, kai smūgis tenka transporto priemonės šonui (pav. 20, 21).



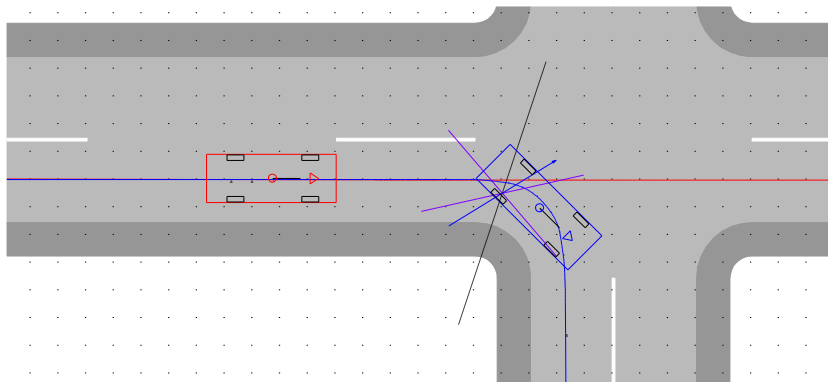
Pav. 20 Situacijos nr.1 pradinė padėtis



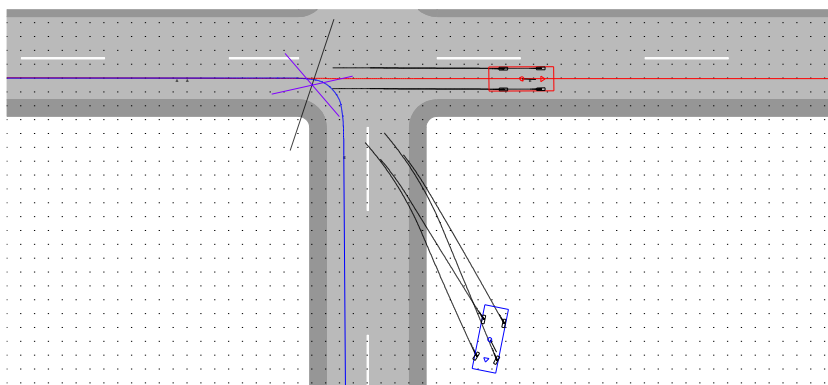
Pav. 21 Situacija nr.1

Situacija numeris 2

Smūgis į transporto priemonės kampą judant ta pačia kryptimi (pav. 22, 23).



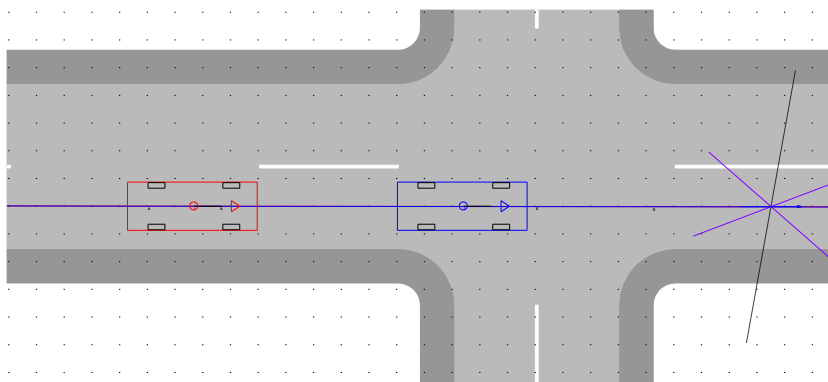
Pav. 22 Situacijos nr.2 pradinė padėtis



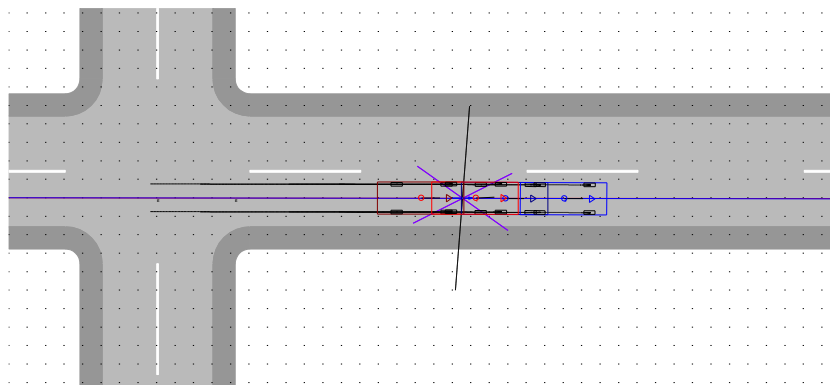
Pav. 23 Situacija nr.2

Situacija numeris 3

Smūgis į transporto priemonės galą judant ta pačia kryptimi vienai transporto priemonei paskui kitą (pav. 24, 25).



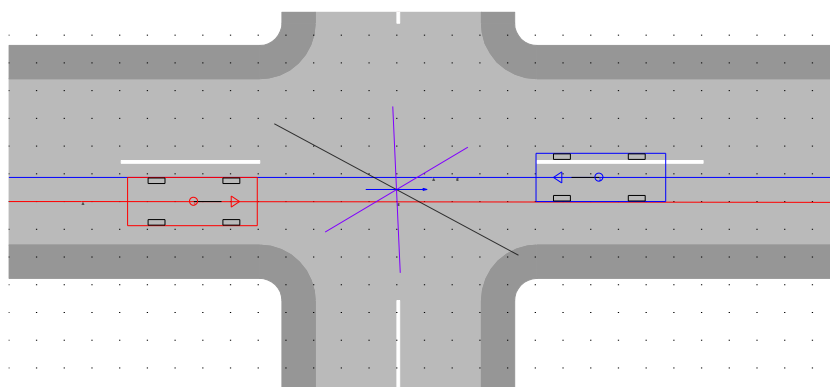
Pav. 24 Situacijos nr.3 pradinė padėtis



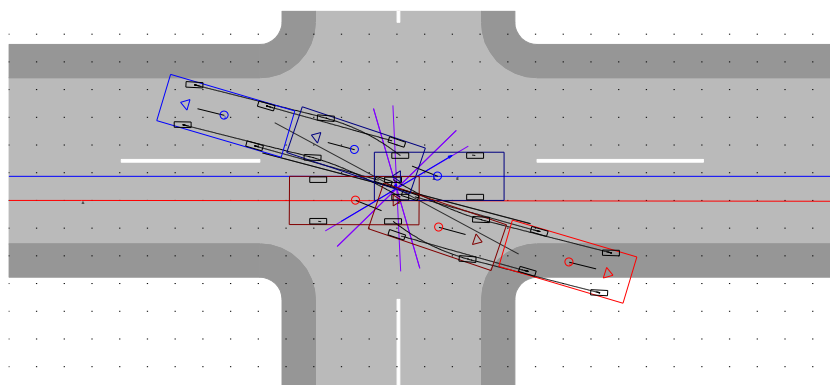
Pav. 25 Situacija nr.3

Situacija numeris 4

Transporto priemonių susidūrimas kaktomuša 50% ploto persidengimu (pav. 26, 27).



Pav. 26 Situacijos nr.4 pradinė padėtis



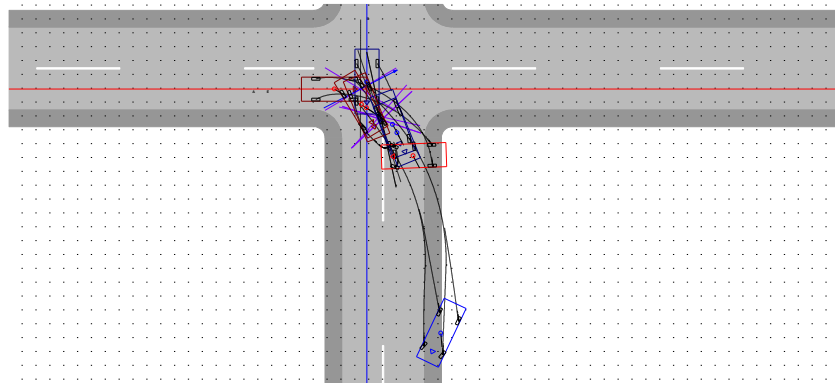
Pav. 27 Situacija nr.4

Trečia dalis

Šioje dalyje pradinės padėtys yra tokios pat, kaip ir antroje dalyje, t.y. transporto priemonės laikosi 5m atstumo, o priešpriešinio susidūrimo atveju – 10m atstumo, todėl pradinių situacijų pozicijų paveiklai nebus kartojami.

Situacija numeris 1

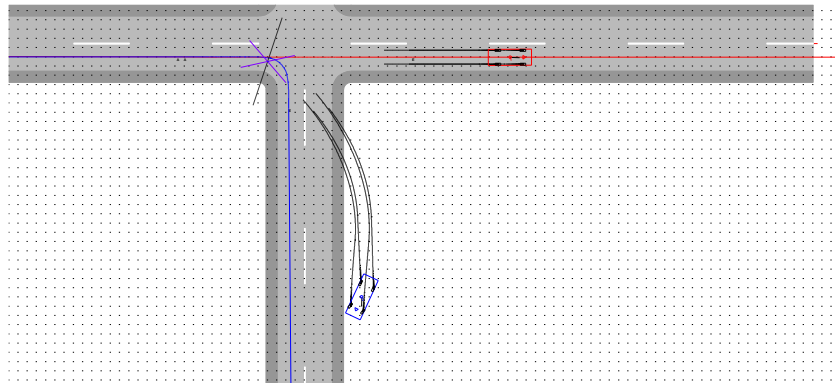
Bandymas, kai smūgis tenka transporto priemonės šonui (pav. 28).



Pav. 28 Situacija nr.1

Situacija numeris 2

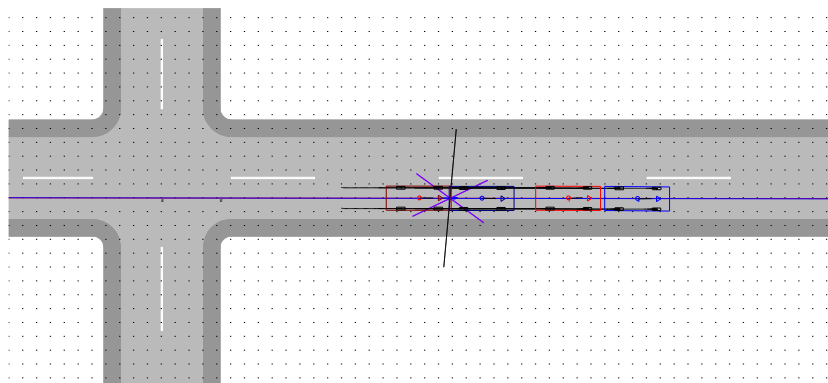
Smūgis į transporto priemonės kampą judant ta pačia kryptimi (pav. 29).



Pav. 29 Situacija nr.2

Situacija numeris 3

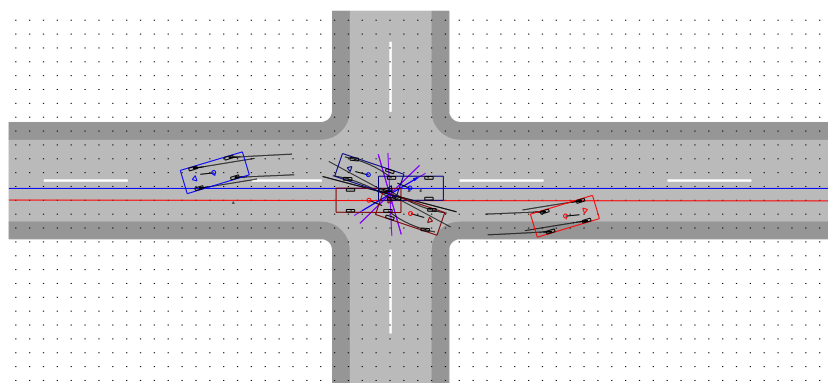
Smūgis į transporto priemonės galą judant ta pačia kryptimi vienai transporto priemonei paskui kitą (pav. 30).



Pav. 30 Situacija nr.3

Situacija numeris 4

Transporto priemonių susidūrimas kaktomuša 50% ploto persidengimu (pav. 31).



Pav. 31 Situacija nr.4

4.3. Rezultatų apibendrinimas, interpretacija

Visą bandymų metu gauta informacija pateikiama keturiuose lentelėse (lentelės nr. 6, 7, 8, 9), kuriose pateikti pradiniai duomenys (kelio danga, situacija, greitis, reakcija) ir rezultatai (atstumas nuo susidūrimo vietos iki transporto priemonės sustojimo vietos, automobilių deformacijos). Papildomai pridėtas rodiklis pavadinimu greičių skirtumas. Tai transporto priemonių pradinių greičių skirtumas bandymo pradžioje.

Lentelė Nr. 6 Smūgis į transporto priemonės šoną 90° kampu (situacija nr.1)

	Greičių skirtumas (km/h)	Greitis (km/h)		0.8s reakcija po susidūrimo				0.8s reakcija				1.6s reakcija			
		Atstumas (m)		Deformacijos (m)		Atstumas (m)		Deformacijos (m)		Atstumas (m)		Deformacijos (m)			
		1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.		
Sausa kelio danga	0	50	50	9.14	13.01	0.47	0.45	7.72	10.46	0.47	0.48	7.44	18.89	0.47	0.46
	0	60	60	11.40	18.08	0.58	0.57	8.55	17.92	0.56	0.56	10.29	25.39	0.56	0.56
	0	70	70	14.99	23.70	0.67	0.66	10.72	23.07	0.63	0.62	14.13	30.57	0.63	0.62
	10	50	60	9.70	17.68	0.48	0.47	7.59	14.87	0.48	0.48	8.45	19.17	0.48	0.48
	10	60	50	11.74	14.44	0.55	0.53	10.22	13.77	0.59	0.58	12.09	19.52	0.59	0.58
	20	50	70	10.59	24.14	0.48	0.47	15.73	31.13	0.41	0.41	26.13	46.45	0.41	0.41
	20	70	50	14.28	16.06	0.62	0.62	16.06	12.91	0.71	0.69	21.50	19.70	0.71	0.69
	10	60	70	12.43	24.12	0.58	0.56	10.12	19.83	0.58	0.57	12.43	24.22	0.58	0.57
	10	70	60	9.91	13.50	0.66	0.65	10.02	16.29	0.65	0.64	15.50	27.28	0.65	0.64
Šlapia kelio danga	0	50	50	11.26	19.47	0.47	0.45	9.18	18.37	0.47	0.46	10.67	25.17	0.47	0.46
	0	60	60	15.66	26.47	0.57	0.57	12.29	26.41	0.56	0.56	14.90	34.48	0.56	0.56
	0	70	70	21.86	35.37	0.67	0.66	15.83	34.64	0.63	0.62	18.43	41.94	0.63	0.62
	10	50	60	12.19	26.46	0.48	0.47	10.76	23.11	0.48	0.48	12.46	27.41	0.48	0.48
	10	60	50	10.62	16.29	0.55	0.53	13.61	20.45	0.59	0.58	15.73	27.49	0.59	0.58
	20	50	70	13.12	36.25	0.48	0.47	21.70	44.92	0.4	0.38	32.55	60.05	0.41	0.41
	20	70	50	13.72	19.02	0.63	0.61	22.36	17.88	0.71	0.69	28.48	21.24	0.71	0.69
	10	60	70	16.94	35.88	0.58	0.56	14.61	31.08	0.58	0.57	17.52	35.41	0.58	0.57
	10	70	60	16.54	22.23	0.66	0.65	14.01	21.96	0.65	0.64	19.76	37.32	0.65	0.64
Ledas	0	50	50	44.31	86.44	0.47	0.45	38.99	82.71	0.47	0.46	38.34	84.71	0.47	0.46

Lentelė Nr. 7 Smūgis į transporto priemonės kampą judant ta pačia kryptimi (situacija nr.2)

	Greičių skirtumas (km/h)	Greitis (km/h)		0.8s reakcija po susidūrimo				0.8s reakcija				1.6s reakcija			
		Greitis (km/h)		Atstumas (m)		Deformacijos (m)		Atstumas (m)		Deformacijos (m)		Atstumas (m)		Deformacijos (m)	
		1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.
Sausa kelio danga	0	50	50	19.84	17.78	0.09	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
	0	60	60	27.60	26.66	0.11	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-
	0	70	70	39.35	28.41	0.14	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	60	50	24.02	17.33	0.15	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	70	50	27.87	18.94	0.21	0.34	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	70	60	34.05	26.66	0.17	0.26	-	-	-	-	-	-	-	-
Šlapia kelio danga	0	50	50	25.96	25.07	0.09	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
	0	60	60	37.11	37.13	0.11	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-
	0	70	70	54.09	40.38	0.14	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	60	50	31.45	25.67	0.15	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	70	50	36.82	28.83	0.21	0.34	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	70	60	46.45	37.82	0.17	0.26	-	-	-	-	-	-	-	-
Ledas	0	50	50	92.48	107.90	0.09	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-

Autoriaus pastaba: Minusai lentelėje reiškia, kad susidūrimas neįvyko

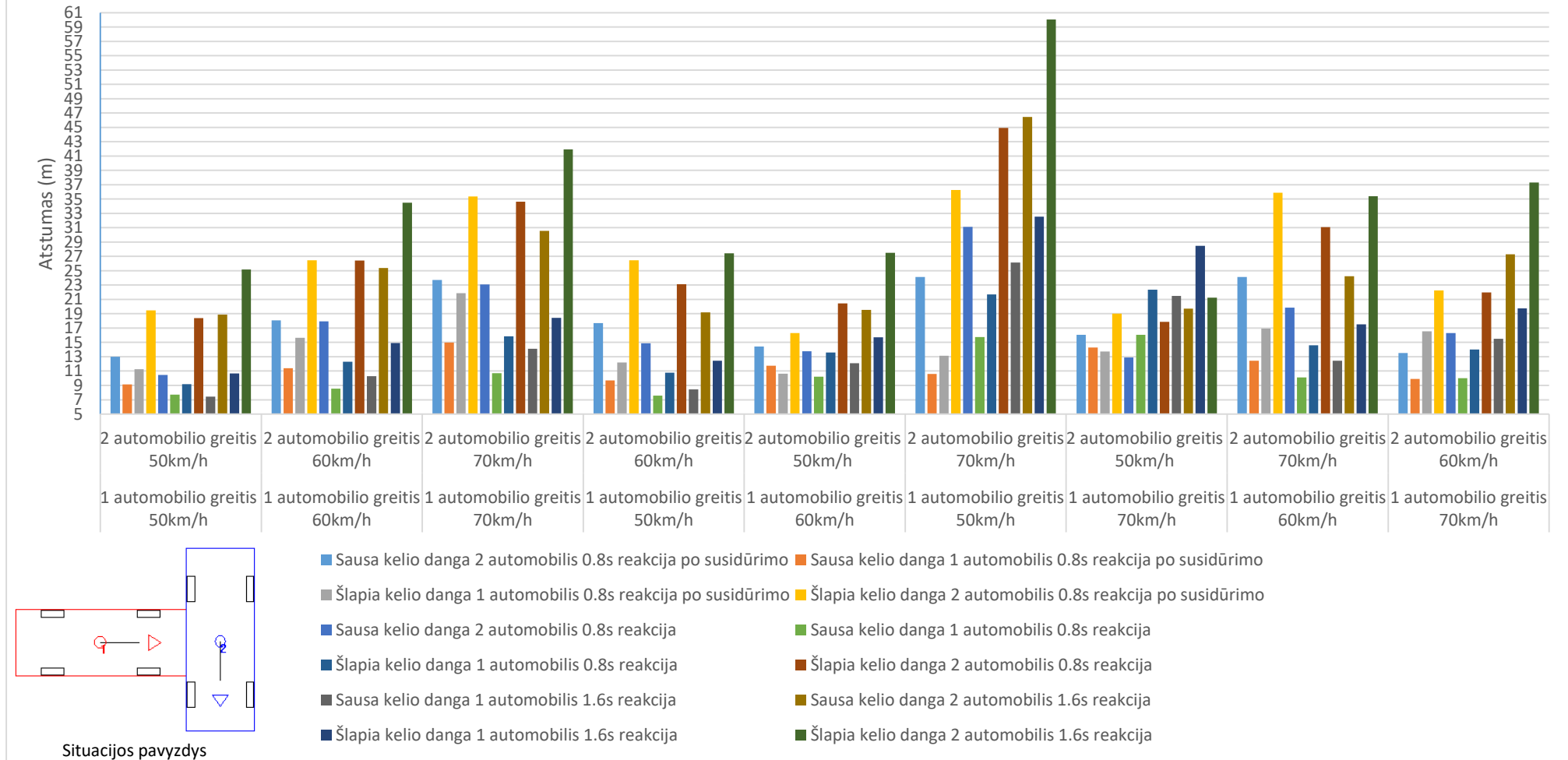
Lentelē Nr. 8 Smūgis į transporto priemonės galą judant ta pačia kryptimi (situacija nr.3)

	Greičių skirtumas (km/h)	Greitis (km/h)		0.8s reakcija po susidūrimo				0.8s reakcija				1.6s reakcija			
		Greitis (km/h)		Atstumas (m)		Deformacijos (m)		Atstumas (m)		Deformacijos (m)		Atstumas (m)		Deformacijos (m)	
		1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.
Sausa kelio danga	10	60	50	25.85	26.59	0.09	0.07	2.94	3.19	0.06	0.07	10.77	11.23	0.07	0.08
	20	70	50	29.28	30.87	0.16	0.16	14.56	15.65	0.15	0.16	27.64	29.18	0.13	0.15
	10	70	60	33.76	34.59	0.08	0.07	5.84	6.19	0.06	0.07	15.86	16.43	0.07	0.08
Šlapia kelio danga	10	60	50	34.61	35.67	0.09	0.07	10.04	10.61	0.06	0.07	19.42	20.20	0.07	0.08
	20	70	50	39.55	41.85	0.16	0.16	24.78	26.58	0.15	0.16	37.91	40.15	0.13	0.15
	10	70	60	46.02	47.25	0.08	0.07	16.45	17.18	0.06	0.07	28.02	28.97	0.07	0.08
Ledas	10	60	50	111.25	111.43	0.09	0.07	82.82	85.80	0.06	0.07	95.47	96.23	0.08	0.08

Lentelė Nr. 9 Transporto priemonių susidūrimas kaktomuša 50% ploto persidengimu (situacija nr.4)

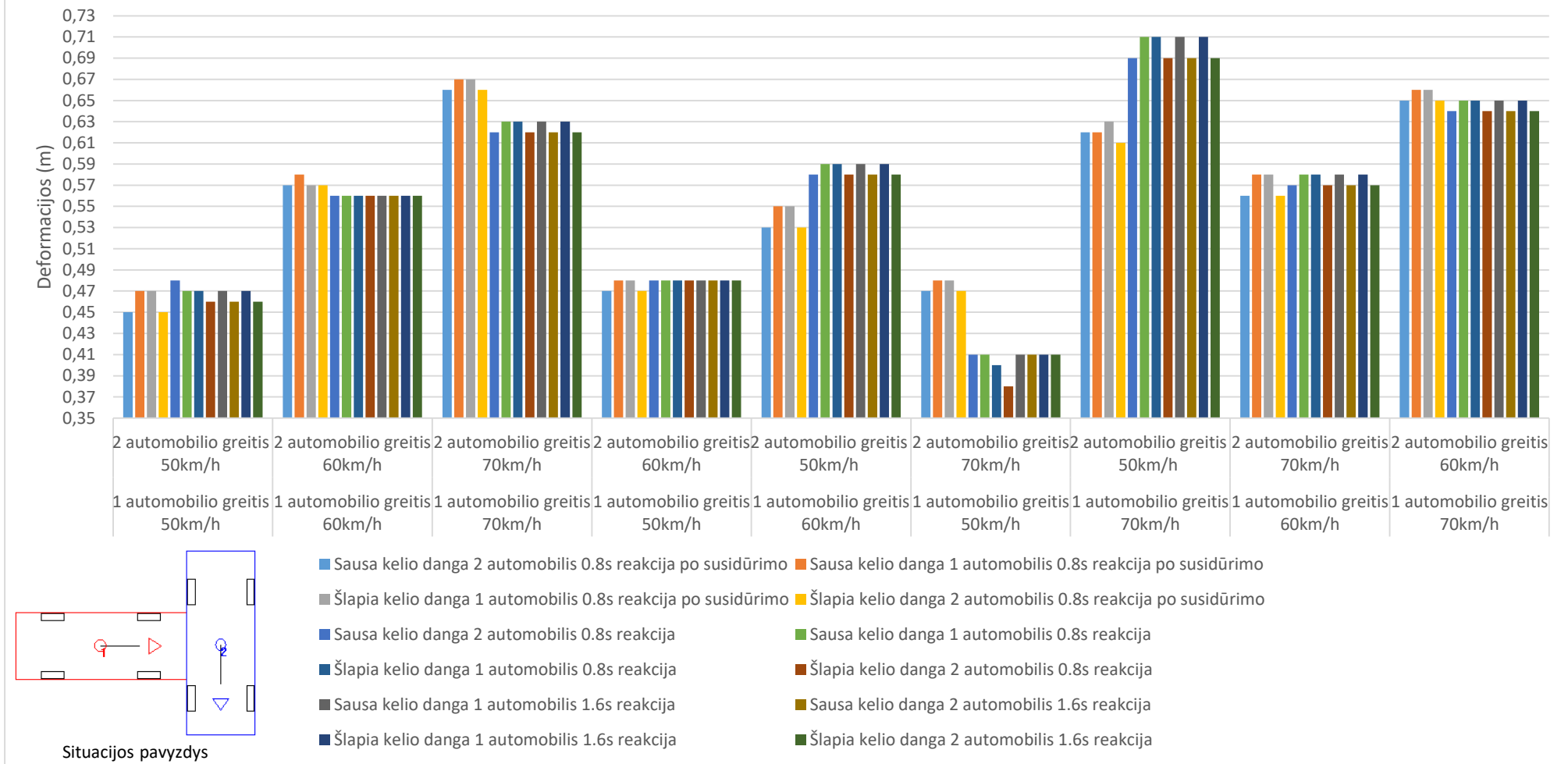
	Greičių skirtumas (km/h)	Greitis (km/h)		0.8s reakcija po susidūrimo				0.8s reakcija				1.6s reakcija			
		Greitis (km/h)		Atstumas (m)		Deformacijos (m)		Atstumas (m)		Deformacijos (m)		Atstumas (m)		Deformacijos (m)	
		1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.	1 t.p.	2 t.p.
Sausa kelio danga	0	50	50	11.16	11.14	0.82	0.83	8.02	8.00	0.84	0.85	14.22	14.20	0.84	0.85
	0	60	60	16.50	16.48	0.73	0.75	13.20	13.20	0.75	0.75	20.77	20.77	0.75	0.75
	0	70	70	22.82	22.81	0.68	0.7	19.25	19.23	0.71	0.71	27.46	27.45	0.71	0.71
	10	60	50	16.24	10.99	0.77	0.78	10.39	6.39	0.78	0.78	17.13	11.47	0.78	0.78
	20	70	50	22.73	11.21	0.73	0.75	18.74	8.64	0.75	0.75	27.66	14.65	0.75	0.75
	10	70	60	11.67	12.90	0.71	0.72	17.68	12.35	0.77	0.77	25.80	19.19	0.77	0.77
Šlapia kelio danga	0	50	50	14.08	14.07	0.82	0.83	10.98	10.96	0.84	0.85	16.63	16.63	0.84	0.85
	0	60	60	21.49	21.46	0.73	0.75	18.19	18.18	0.75	0.75	25.19	25.17	0.75	0.75
	0	70	70	30.78	30.76	0.68	0.7	27.08	27.05	0.71	0.71	35.09	35.07	0.71	0.71
	10	60	50	21.16	13.92	0.77	0.78	14.36	8.67	0.78	0.78	20.44	13.23	0.78	0.78
	20	70	50	30.29	14.20	0.73	0.75	26.25	11.68	0.75	0.75	34.70	17.12	0.75	0.75
	10	70	60	30.82	21.89	0.71	0.72	25.03	17.23	0.77	0.77	32.75	23.55	0.77	0.77
Ledas	0	50	50	48.12	48.10	0.82	0.83	42.51	42.45	0.84	0.85	47.62	47.56	0.84	0.85

Trajektorijos priklausomybė nuo greičio, kelio dangos ir vairuotojo reakcijos, kai smugis tenka antrojo automobilio šonui (situacija nr.1)



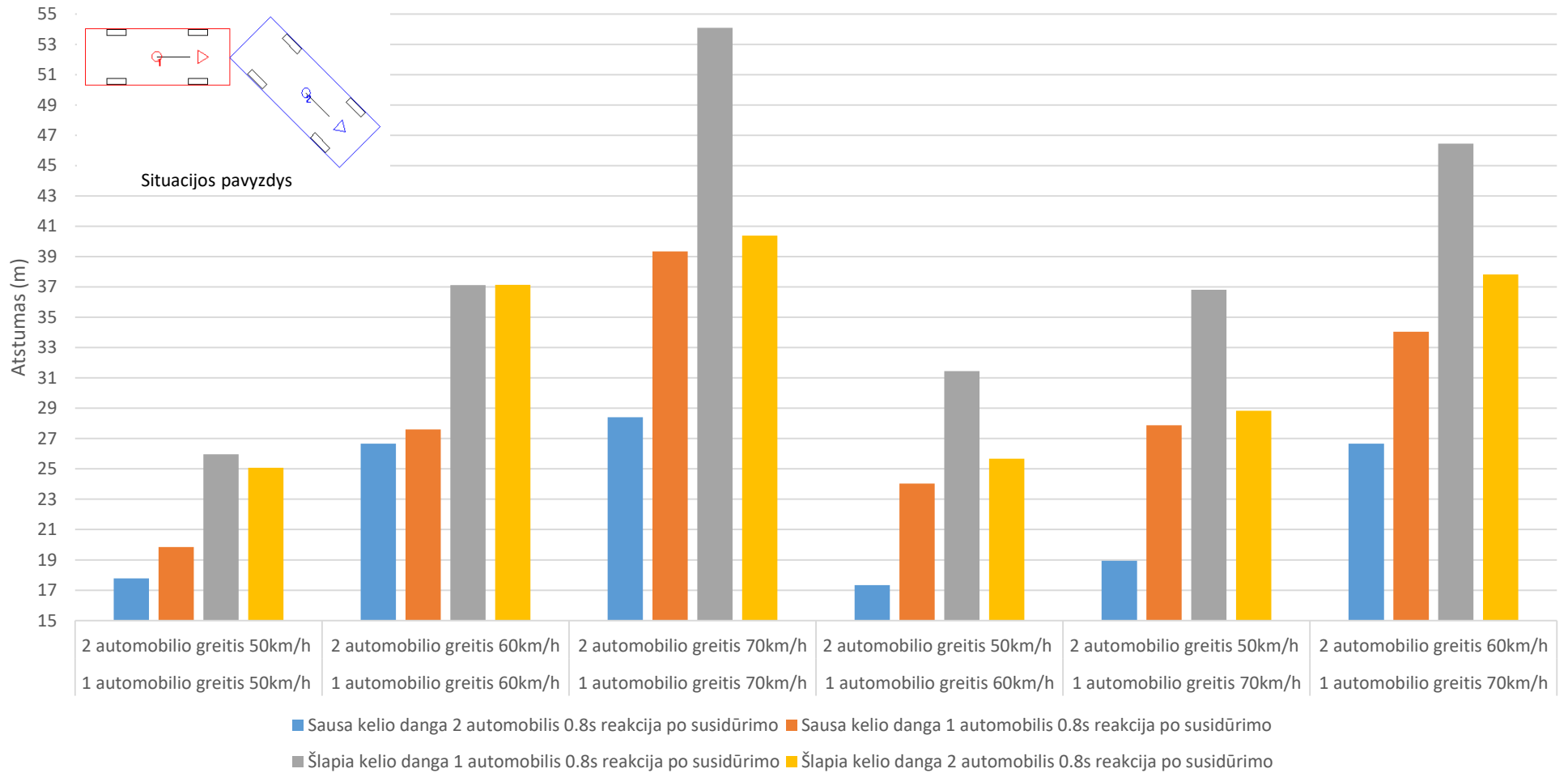
Pav. 32 Situacijų, pažymėtų nr.1 trajektorijos atstumų grafikas esant sirtingiems greičio, reakcijos ir kelio dangos parametrms

Deformacijų priklausomybė nuo greičio, kelio dangos ir vairuotojo reakcijos, kai smugis tenka antrojo automobilio šonui (situacija nr.1)



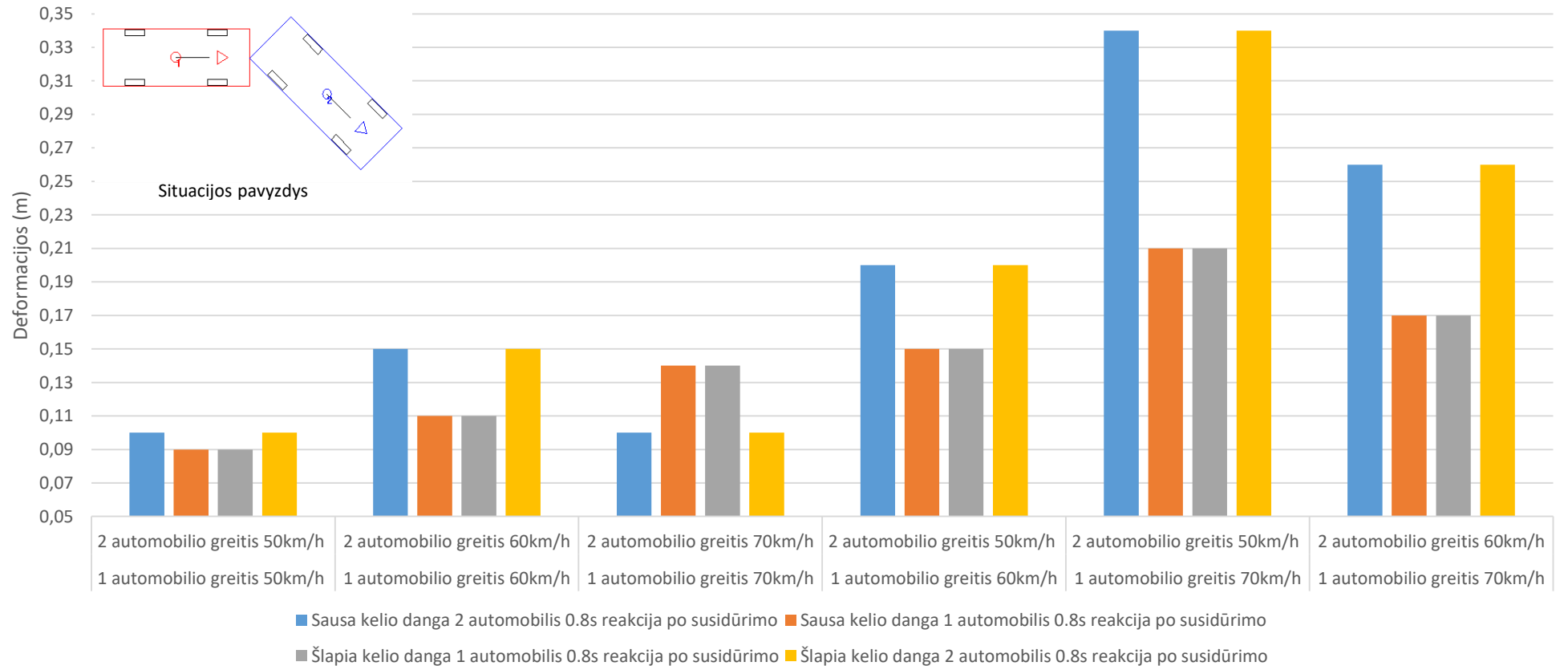
Pav. 33 Situacijų, pažymėtų nr.1 deformacijų vidurkių grafikas esant sirtingiems greičio, reakcijos ir kelio dangos parametrams

Trajektorijos priklausomybė nuo greičio, kelio dangos ir vairuotojo reakcijos, kai smugis tenka antrojo automobilio kampui (situacija nr.2)



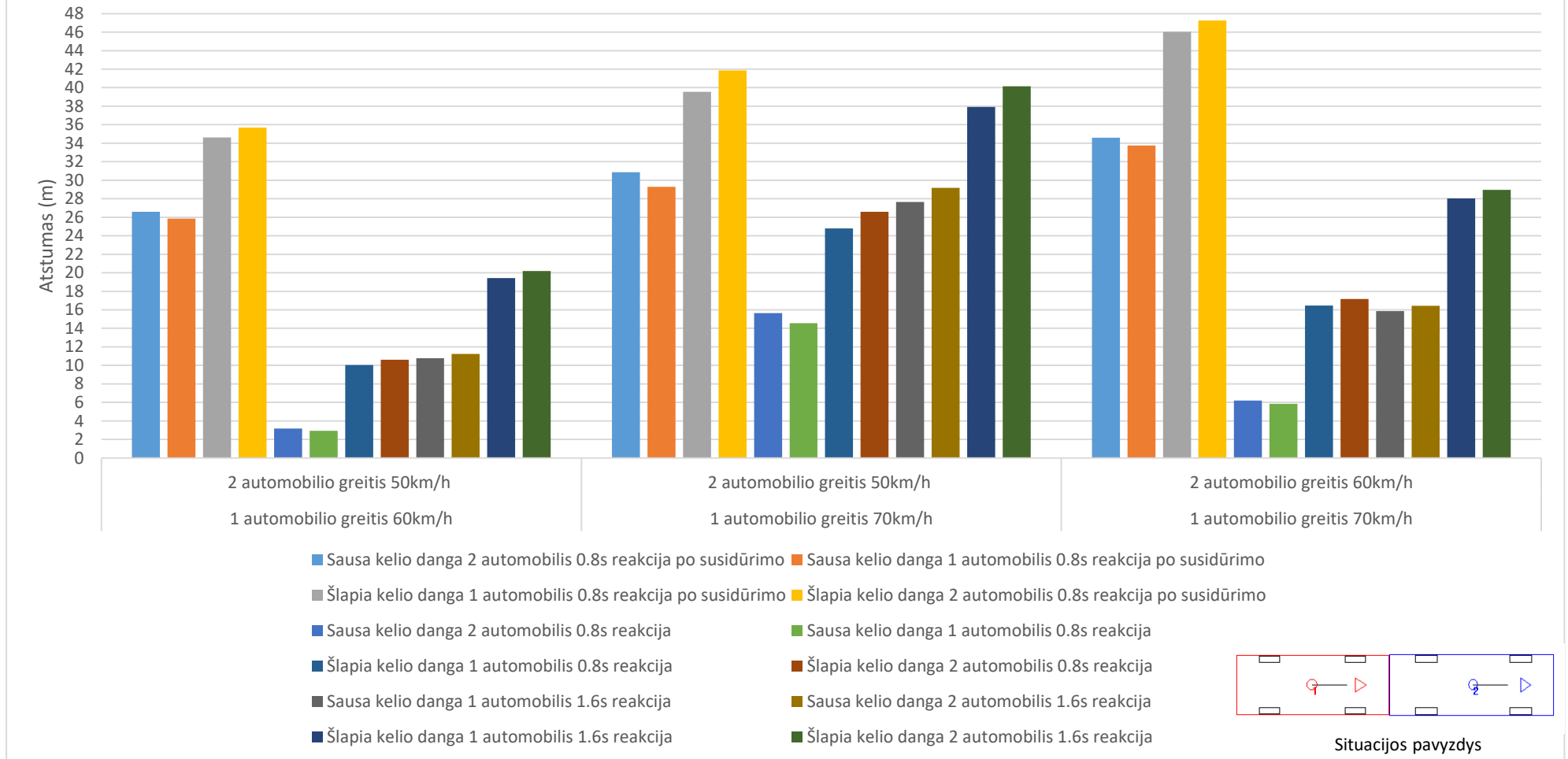
Pav. 34 Situacijų, pažymėtų nr.2 trajektorijos atstumų grafikas esant sirtingiems greičio, reakcijos ir kelio dangos parametrams

Deformacijų priklausomybė nuo greičio, kelio dangos ir vairuotojo reakcijos, kai smugis tenka antrojo automobilio kampui (situacija nr.2)



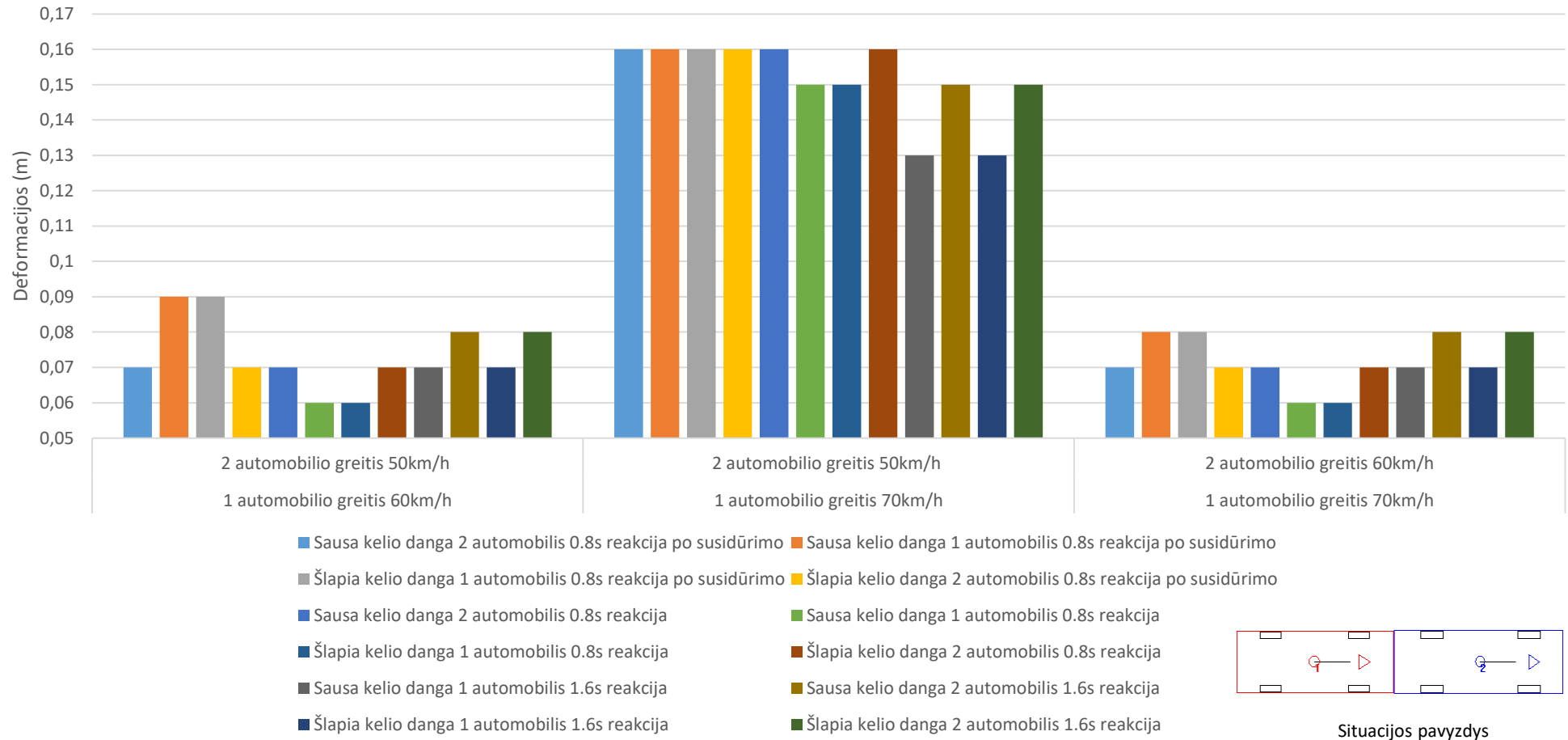
Pav. 35 Situacijų, pažymėtų nr.2 deformacijų vidurkių grafikas esant sirtingiems greičio, reakcijos ir kelio dangos parametrms

Trajektorijos priklausomybė nuo greičio, kelio dangos ir vairuotojo reakcijos, kai smugis tenka antrojo automobilio galui (situacija nr.3)



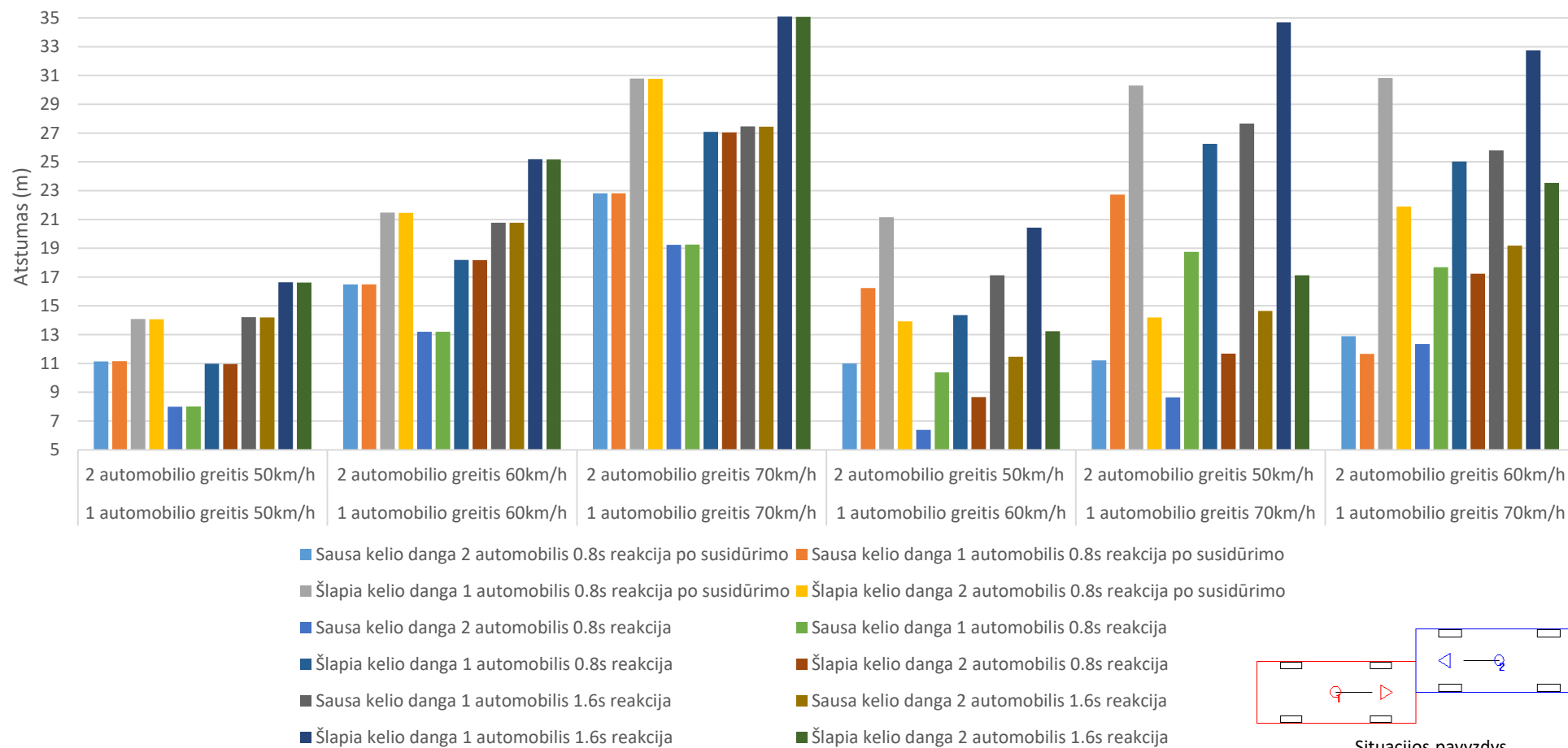
Pav. 36 Situacijų, pažymėtų nr.3 trajektorijos atstumų grafikas esant sirtingiems greičio, reakcijos ir kelio dangos parametrams

Deformacijų priklausomybė nuo greičio, kelio dangos ir vairuotojo reakcijos, kai smugis tenka antrojo automobilio galui (situacija nr.3)



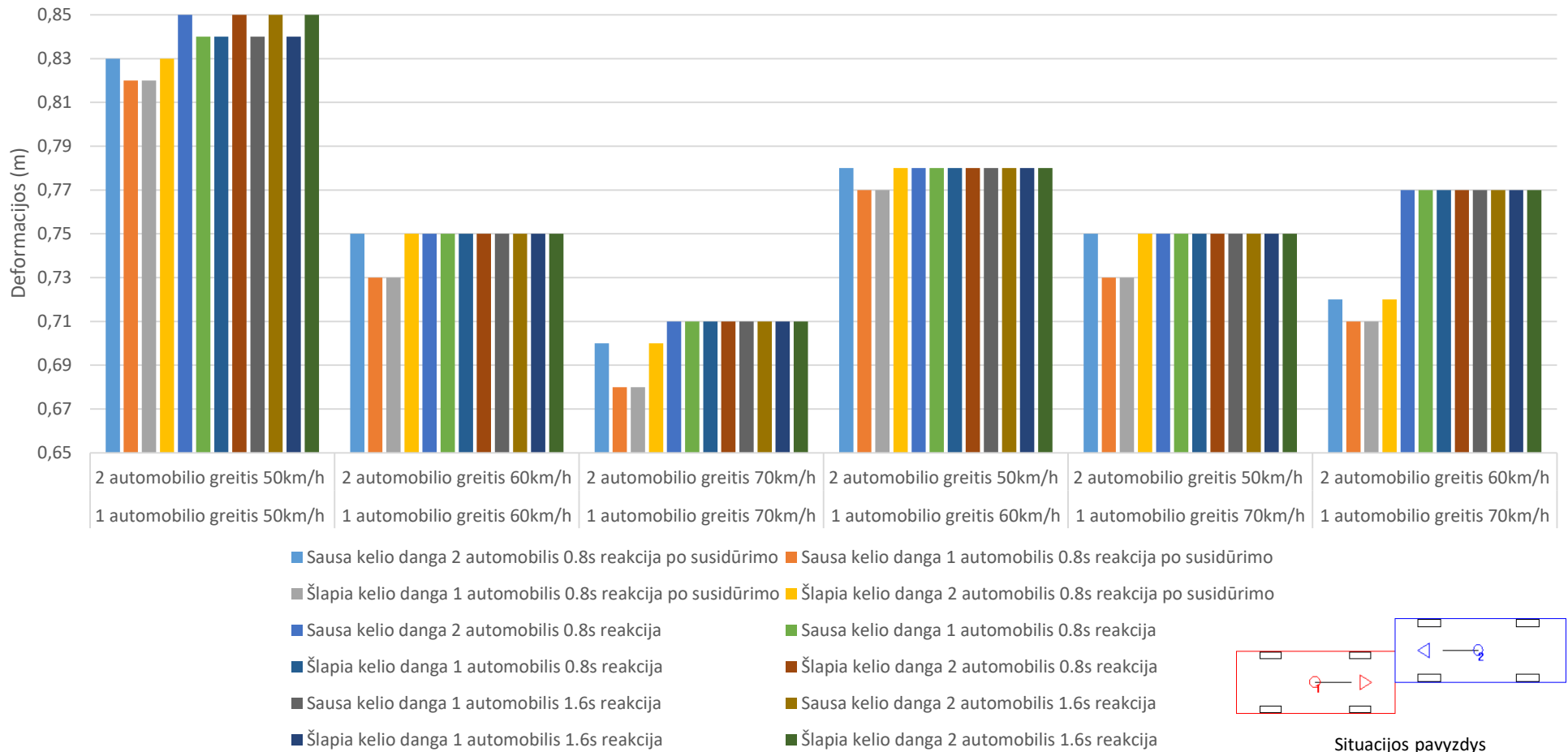
Pav. 37 Situacijų, pažymėtų nr.3 deformacijų vidurkių grafikas esant sirtingiems greičio, reakcijos ir kelio dangos parametrams

Trajektorijos priklausomybė nuo greičio, kelio dangos ir vairuotojo reakcijos, kai susiduriama kaktomuša 50% persidengimu (situacija nr.4)



Pav. 38 Situacijų, pažymėtų nr.4 trajektorijos atstumų grafikas esant sirtingiems greičio, reakcijos ir kelio dangos parametrams

Deformacijų priklausomybė nuo greičio, kelio dangos ir vairuotojo reakcijos, kai susiduriama kaktomuša 50% persidengimu (situacija nr.4)



Pav. 39 Situacijų, pažymėtų nr.4 deformacijų vidurkių grafikas esant sirtingiems greičio, reakcijos ir kelio dangos parametrams

Pirmoje dalyje, kurios bandymų duomenys pateikti 32 ir 33 paveiksluose ir 6 lentelėje, kai smūgis tenka automobilio šonui, dangos ir greičio įtaka tiesioginė – kuo slidesnė kelio danga, tuo toliau skrieja automobiliai (nuo 7.44m, kai kelio danga sausa ir vairuotojo reakcija 1.6s, o abiejų transporto priemonių greitis 50km/h, iki 60.5m, kai kelio danga šlapia, vairuotojo reakcija 1.6s ir į 70km/h greičiu važiuojantį automobilį trenkiasi leistinu 50km/h greičiu judanti transporto priemonė), o kuo didesnis greitis, tuo didesnės deformacijos transporto priemonėms. Tačiau smūgį inicijuojantis automobilis kelių bandymų metu (4 iš 57) nuskriejo toliau už smūgį gaunantį automobilį. Taip nutiko, nes buvo sureaguota į artėjančią transporto priemonę ir susidurta taip, kad pirmasis automobilis ir jo energija buvo dalinai nukreipti kita kryptimi, o ne vien perduoti statmenai kėbulo paviršiui. Tokie atvejai buvo tik esant maksimaliam (70 km/h) pirmo automobilio ir minimaliam (50km/h) antrojo automobilio greičiams. O kitose situacijose po susidūrimo antrojo automobilio atstumas priklausė arba nuo transporto priemonės pradinio greičio, arba nuo smūgiuojančio automobilio greičio (tuo pačiu ir perduotos energijos) ir buvo visada didesnis už pirmojo automobilio svorio centro atstumo pokytį erdvėje. Kelio danga šioje situacijoje daro įtaką tik transporto priemonių vietos erdvėje pozicijai, bet ne deformacijų dydžiui.

Pav. 32 matyti, kad esant 50km/h greičiui ir sausai kelio dangai pirmos transporto priemonės trajektorija yra trumpesnė – nuo 1.46m, kai vairuotojo reakcija 0.8s, iki 3.23m, kai vairuotojo reakcija 1.6s – lyginant su šlapia kelio danga, o antrai transporto priemonei šis trajektorijų skirtumas didesnis (nuo 6.28m, kai vairuotojo reakcija 1.6s, iki 7.91m, kai vairuotojo reakcija 0.8s), bet kelio dangos įtaka tokia pati – trajektorijos ilgis ant šlapios kelio dangos ilgesnis. Padidinus greitį 10km/h abiem transporto priemonėms, svorio centrų nukeliamas atstumas išauga beveik 25%, o greičiui išaugus iki 70km/h atstumas išauga 64% esant 0.8s reakcijai po susidūrimo esant sausai kelio dangai. Kai reakcija 0.8s, šie dydžiai atitinkamai išauga apie 11% ir 39%, o esant 1.6s reakcijos laikui – 38% ir 90%. Esant šlapiai kelio dangai šie skaičiai išauga – svorio centro nukeliamas kelias didėja atitinkamai 39% esant 0.8s reakcijai po susidūrimo padidinus greitį nuo 50 iki 60km/h, o padidinus nuo 50 iki 70km/h – 94%. Kuo didesnis smūgį gaunančio automobilio greitis (pirmojo automobilio greitis 50km/h, antrojo 70km/h), tuo toliau jis nuskrieja (iki 24.14m reaguojant 0.8s po susidūrimo, iki 31.13m, kai reakcijos laikas 0.8 ir iki 46.45m, kai reakcijos laikas 1.6s ant sausos kelio dangos, kai tuo tarpu avariją sukėlęs automobilis važiuoja leistinu greičiu ir jo svorio centro padėtis pakinta atitinkamai 10.59m, 15.73m ir 26.13m. Esant toms pačioms sąlygoms, bet kitai kelio dangai, pirmojo, avarijos kaltininko automobilio svorio centro pokytis išauga 24%, kai reakcija 0.8s po susidūrimo, 38% – kai reakcija 0.8s ir 25% - kai reakcija 1.6s. Antrajam automobiliui šis atstumas padidėja atitinkamai 50%, 44% ir 29%.

Pav. 33 matyti, kad kelio danga pirmojo automobilio deformacijoms nedaro jokios įtakos – šlapios ir sausos dangos atvejais patirtos deformacijos sutampa, o esant 0.8s ir 1.6s

reakcijoms sutampa net jų vertės esant tokiems pat greičiams (išskyrus atvejį, kai susiduriama 50km/h pirmojo automobilio ir 70km/h antrojo automobilio greičiais, nes čia skirtumas tarp deformacijų vidurkių 1cm – esant lėtesnei reakcijai (1.6s vietoje 0.8s) vidurkis išauga nuo 0.4 iki 0.41m). Taip nutinka todėl, kad susidūrimas įvyksta greičiau, nei spėja sureaguoti vairuotojas – važiuojant abiems transporto priemonėms leistinu greičiu 50km/h susidūrimas įvyksta jau 0.4s. Tiesa, esant pavėluotai reakcijai pirmos transporto priemonės deformacijos didesnės už prieš tai minėtąsias iki 9cm (pirmos transporto priemonės greitis 70km/h, antros – 50km/h) esant sausai kelio dangai ir iki 8cm (pirmos transporto priemonės greitis 70km/h, antros – 50km/h) esant šlapiai kelio dangai. Antros transporto priemonės deformacijos didžiausios (0.69m), kai reakcijos laikai 0.8s ir 1.6s ir greičiai pirmajam ir antrajam automobiliams 70km/h ir 50km/h, o štai esant pavėluotai reakcijai (0.8s po susidūrimo) maksimali deformacijų reikšmė siekia 0.66m esant abiejų transporto priemonių greičiui 70km/h. Mažiausia deformacija antrajam automobiliui teko važiuojant šlapioje kelio dangoje 70km/h greičiu, kai į jį trenkėsi 50km/h važiuojantis automobilis, kurio vairuotojo reakcijos laikas 0.8s.

Antra situacija, kurios duomenys pateikti 7 lentelėje ir pavaizduoti grafiškai 34 ir 35 paveiksluose, kai smūgis tenka transporto priemonės kampui, deformacijų atžvilgiu yra žymiai švelnesnė – čia kėbulo deformacija iki penkių kartų mažesnė (pavyzdžiui, kai abiejų transporto priemonių greitis 50km/h esant sausai kelio dangai deformacijos yra 0.47m ir 0.45m pirmoje dalyje, o esant analogiškiems greičiams antroje dalyje – 0.09m ir 0.1m). Taip yra dėl greičių vektorių tarpusavio pozicijų – čia abu automobiliai juda beveik ta pačia kryptimi, skirtumas 45°, o pirmoje situacijoje šis kampas buvo 90°. Tiesa, dėl to trajektorija ir atstumas, kurį nukeliauja automobilis po įvykio yra didesnis 2 – 3 kartus (esant tiems patiems greičiams ir dangai ir greičiams 70km/h pirmojo automobilio bei 60km/h antrojo automobiliai nutolsta nuo susidūrimo vietos nuo 9.91m ir 13.5m iki 34.05m ir 26.66m), o tai yra didelė rizika kitiems eismo dalyviams, nes jie gali būti užkliūdyti automobilio. Net atsižvelgiant į tai, jog vairuotojui sureagavus ir lėčiau nei 0.8s, pavyzdžiui, esant pavargus ar užsiimant pašaline veikla (1.6s) ir išvengus eismo įvykio, vis tiek lieka rizika išvažiuoti už kelio ribų ar į priešpriešinę eismo juostą, nes modeliavimo metu antrasis automobilis visada užvažiuoja ant šaligatvio dėl per didelio greičio posūkyje.

Analizuojant trečią situaciją, kurios duomenys pateikti lentelėje nr.8 bei 36 ir 37 paveiksluose, galima pastebėti, jog esant mažam greičių skirtumui (10km/h) tarp transporto priemonių, mažesni ir kėbulo deformacijos rodikliai negu situacijose, kur greičių skirtumas 20km/h. Štai esant pavėluotai sureagavus (0.8s po susidūrimo) deformacijos, kai greičiai buvo 60km/h (pirma transporto priemonė) ir 50km/h (antra transporto priemonė) bei 70km/h ir 60km/h deformacijos buvo 0.07 – 0.09m ribose, o kai greičių skirtumas 20km/h (pirmasis automobilis 70km/h, antrasis 50km/h) deformacijos išaugo beveik du kartus – iki 0.16m. Sureagavus laiku

(0.8s) ir esant gričiams, kurių skirtumas 10km/h, vidutiniai deformacijų dydžiai sumažėjo – siekė nuo 0.06 iki 0.07m, o kai greičių skirtumas išaugo dvigubai – iki 20km/h, deformacijos padidėjo 2.3 – 2.5 karto. Reaguojant lėčiau nei įprasta (1.6s) deformacijos didesnės už nustatytas esant 0.8s reakcijai bet mažesnės nei esant 0.8s reakcijai po susidūrimo ir siekia 0.07 – 0.08m prie 10km/h skirtumo, o šiam skirtumui padvigubėjus iki 20km/h vidutinių deformacijų vertės išauga 1.85 – 1.88 karto.

Kelio dangos būklė, kaip ir antroje situacijoje, yra labai svarbi ne tik bandant išvengti susidūrimo, bet ir transporto priemonių pozicijai po susidūrimo, tačiau nagrinėtose situacijose deformacijoms kelio danga įtakos padaryti nespėja – čia viską nulemia greitis ir reakcija. Tinkamas reakcijos laikas (kuriuo tradiciškai laikomos 0,8s) čia labai svarbus, nes sureagavus laiku automobilio nuvažiuotą atstumą po eismo įvykio galima sutrumpinti 8.7 karto lyginant su 0.8s reakcija po įvykio ir 3.66 karto, kai reakcija 1.6s esant sausai kelio dangai, o kai kelio danga šlapia automobilių svorio centro padėties pakitimas erdvėje esant atitinkamoms reakcijoms sumažėja 3.4 ir 1.9 karto. Šis skirtumas labiausiai pastebimas esant 50km/h greičiui. Kai greičiai yra 70km/h pirmos transporto priemonės ir 50km/h antros transporto priemonės, tada atstumai sumažėja jau tik 2 kartus lyginant 0.8s reakciją po avarijos su 0.8s reakcija, kur 0.8s reakcijos metu automobilis atsiduria arčiau susidūrimo vietos, ir 1.9 karto lyginant 1.6s ir 0.8s reakcijos greičius, kur vėl toliau atsiduria ilgesnį reakcijos laiką turėję vairuotojai. Šie rezultatai gauti susai kelio dangai, o šlapia kelio danga šie atstumai skiriasi atitinkamai 1.6 ir 1.5 karto. Beje, šioje situacijoje mažesnis pavojus pestiesiems, nes judėjimo trajektorija po eismo įvykio nekerta šaligatvių, tačiau pavojus eismo dalyviams kelyje vis tiek išlieka itin aukštas dėl automobilio nukeliamą po eismo įvykio atstumo, kuris gali siekti 41.85m (šlapia kelio danga, transporto priemonių greičiai – 70km/h pirmojo automobilio, 50km/h – antrojo).

Ketvirtoje situacijoje, kuri yra viena iš pavojingiausių eismo įvykių baigčių, transporto priemonių deformacijos yra didžiausios iš lig šiol nagrinėtų – mažiausia deformacijų vidurkio vertė 0.68m, o didžiausia – 0.85m. Šios situacijos duomenys pateikti lentelėje nr.9 bei 38 ir 39 paveiksluose. Čia 0.8s reakcija po susidūrimo net padeda sumažinti deformacijas nuo 1 iki 3cm lyginant su 0.8s ir 1.6s reakcijomis. Reakcijos laikas nepadeda sumažinti pasėkmių masto, kuris išreikštas deformacijomis, nes susidūrimas įvyksta greičiau, nei per 0.8s, todėl stabdymas vyksta jau po susidūrimo, todėl esant 0.8s reakcijai sausoje kelio dangoje atstumas nuo įvykio iki sustojimo vietos svorio centrui yra mažesnis iki 1.4 karto lyginant su pavėluota 0.8s reakcija ir 1.77 karto lyginant su 1.6s reakcija. Esant šlapiai kelio dangai šie skirtumai atitinkamai yra 1.28 ir 1.5 karto. Neįprasta tai, jog didesnis greitis daro teigiamą įtaką deformacijų vidurkiui. Jis sumažėja prie didelių greičių net iki 14cm (lyginant 0.8s reakciją po susidūrimo, kai transporto priemonių greičiai 70km/h ir 50km/h). Taip yra todėl, kad programa skaičiuoja ne giliausią

deformacijų vietą, bet jų vidurkį, o susidūrimų skaičius vieno eismo įvykio metu taip pat nėra vienodas. Didesniu greičiu judantys automobiliai dalį smūgio energijos nukreipia į šalį, nes susidūrimas vyksta tik esant 50% daliniam persidengimui.

Kaip yra paminėta šiame darbe, dviejų ta pačia kryptimi judančių transporto priemonių nukeliautas atstumas po susidūrimo yra žymiai didesnis, nei skirtingomis. Tai taikytina ir šiai situacijai – kadangi greičių vektoriai nukreipti į priešingas puses, tai ir atstumai nėra tokie dideli kaip prieš tai aptartais dviem atvejais, tačiau vis tik didesni nei pirmoje situacijoje – čia transporto priemonių svorio centrų atstumai nuo susidūrimo iki sustojimo taškų yra nuo 10.99 iki 22.82m esant 0.8s reakcijai po susidūrimo, nuo 6.39 iki 19.25m esant 0.8s reakcijai bei nuo 11.47 iki 27.46m esant 1.6s reakcijai ant sausos kelio dangos, kai tuo pat metu ant šlapios kelio dangos šie atstumai yra atitinkamai nuo 13.92 iki 30.78m, nuo 8.67 iki 27.08m ir nuo 13.23 iki 35.09m. Mažiausi atstumai yra antrosios transporto priemonės, judančios 50km/h greičiu, kai į ją trenkiasi 60km/h greičiu judanti transporto priemonė, o didžiausias atstumas pirmojo automobilio situacijoje, kur jis 70km/h greičiu susiduria su tokiu pat greičiu judančiu atomobiliu. Keisčiausia tai, kad pavėluota reakcija (1.6s) palieka didesnes deformacijas ir padėties erdvėje pokytį, nei pavėluota reakcija (0.8s) po susidūrimo. Taip gali būti, nes eismo įvykis įveiksta labai greitai, trumpiau nei per 0.8s ir bendrai 0.8s po susidūrimo yra trumpesnis laiko tarpas nei reakcija, kuri prasideda prieš susidūrimą ir trunka 1.6s.

4.4. Galimi sprendimo būdai

Techniniai sprendimai, padėsiantys išvengti eismo įvykių arba sumažinti jų pasėkmes:

- Žiedas – čia eismas vyksta viena kryptimi, todėl kaip antroje ir trečioje situacijose eismo įvykių metu deformacijos būtų mažesnės bei susidūrimo kaktomuša neturėtų būti. Kirsti išilgai negalima, todėl čia šonino smūgio 90° kampu tikimybė mažesnė, nes žiedas daugeliu atveju yra pagrindinis kelias, o įvažiavimas į žiedą - šalutinis. Šviesoforu reguliuojama sankryža pagrindinį kelią vis keičia pagal esamą ciklą, todėl vairuotojas, kuriam dėl kokių nors priežasčių (išsiblaškytas, akinimas, apsvaigimas, regos sutrikimai, saugaus greičio nepasirinkimas ir pan.) gali įvažiuoti į sankryžą degant draudžiamam šviesoforo signalui. Tokie eismo įvykiai reikalauja ir daugiau pastangų juo tiriant – reikia liūdininkų, įrodymų norit nustatyti, kokiam šviesoforo signalui degant įvyko avarija.
- Šviesoforų ciklai su užlaikymu – šio sprendimo idėja paprasta – keičiantis šviesoforo signalui eismas sustabdomas visomis kryptimis. Taip į kelių sankirtą nepradės judėti automobiliai, kurie laukia žalio šviesoforo signalo ir matydami raudoną kitame šviesofore pradedantys savo manevrą, kai tuo metu transporto priemonės dar vis nepasišalino iš kelių sankirtos arba įvažiavo į sankirtą degant geltonam šviesoforo signalui.
- Aukšti kelio atitvarai – eismo įvykių metu dažnai prarandama transporto priemonė kontrolė. Taip automobilis gali patekti ant šaligatvių, dviračių takų ar į priešpriešinę eismo juotą. Aukšti atitvarai ne tik saugotų nuo tokių situacijų, bet ir mažintų triukšmo lygį keliuose.

Kiekvienas eismo įvykis yra išskirtinis, nes juose yra daug kintamųjų, kurių kombinacijų gausa yra beribė. Tyrimo metu pastebėta, jog bene didžiausią įtaką eismo įvykių baigčiai daro greitis ir vairuotojo reakcija, nors kelio danga ir situacijos sudėtingumas bei tipas taip pat ne ką mažiau svarbūs. Bet kokiu atveju patartina laikytis kelių eismo taisyklių ir vertinti kelio bei visos aplikos situaciją renkantis greitį.

IŠVADOS

Susidūrimo į šoną 90° kampu atveju esant slidžiai kelio dangai ir 1.6s reakcijai automobilio trajektorija pasikeis labiausiai iš nagrinėtų variacijų išskyrus situaciją, kai važiuojant leistinu greičiu į šoną trenkiasi maksimaliu (70km/h) greičiu – šiuo atveju kaltininko automobilis nuskries 7.24m toliau, nei nukentėjęs automobilis, kuris iš viso nuo susidūrimo taško nutols per 21.24m. Mažiausiai šioje situacijoje, kai susiduriama tokiu kampu, nuo įvykio vietos nutolsta kaltininko transporto priemonė – esant abiejų transporto priemonių leistinam greičiui (50km/h), 0.8s ir 1.6s reakcijoms atitinkamai 7.72m ir 7.44m.

Deformacijos šioje situacijoje yra tiesiogiai proporcingos kaltininko greičiui – kuo jis didesnis, tuo ir deformacijos didesnės (nuo 0,4m važiuojant 50km/h greičiu, iki 0.66m – 70km/h greičiui). Tiesa, esant mažiausiam (50km/h) pirmojo automobilio ir didžiausiam (70km/h) antrojo greičiams deformacijos yra mažiausios iš nagrinėtų šioje situacijoje deformacijų ir siekia 0.4m pirmajai ir 0.38m antrajai transporto priemonėms esant slidžiai kelio dangai. Iš čia seka išvada, jog pastebėjus, kad į transporto priemonę atlekia kitas automobilis geriausia padidinti greitį, kad išvengti susidūrimo ir sušvelninti deformacijas, tačiau kuo didesnis greitis, tuo ilgesnę trajektoriją nukelias transporto priemonė (antroji transporto priemonė važiuodama 50km/h ir gavusi smūgį į šoną iš 50km/h greičiu judėjusios transporto priemonės, kai reakcijos laikas 0.8s nuskriejo 10.46m, o štai esant tokiai pat situacijai, tik didesniai greičiui, nuskriejo 31.13m, tačiau deformacijos sumažėjo abiems transporto priemonėms 0.06-0.07m.

Kai smūgis tenka transporto priemonės kampui didžiausias trajektorijos pokytis pastebimas esant 70km/h abiejų transporto priemonių greičiui ant šlapios kelio dangos (ledu padengta kelio danga tirta kaip ekstremali situacija, kuri mažai tikėtina, tad apie jos plačiau nenagrinėjame, nors ten trajektorijos pokyčiai bet koku atveju didžiausi net esant minimaliam greičiui) ir siekia 54.09m bei 40.38m (atitinkamai pirmajam ir antrajam automobiliams) esant pavėluotai reakcijai, kai reaguojama jau po susidūrimo. Kitais reakcijų atvejais, kai reakcija 0.8s ir 1.6s susidūrimų pavyko išvengti.

Susidūrimo į kampą atveju, kai reakcija pavėluota ir reaguojama tik 0.8s po susidūrimo, deformacijos yra tokios pat tiek ant sausos, tiek ant šlapios kelio dangos, nes susidūrimas vyksta be stabdymo. Didžiausios deformacijos (0.21m ir 0.34m atitinkamai pirmam ir antram automobiliams) atsiranda esant didžiausiam greičių skirtumui – kai pirmasis automobilis važiuodamas 70km/h greičiu trenkiasi į antrąjį, kurio greitis 50km/h, o mažiausios deformacijos (0.09m pirmajam ir 0.1m antrajam) – važiuojant saugiu, 50km/h greičiu.

Eismo įvykyje trajektorijai, kai viena transporto priemonė atsitrenkia į kitos galą, labiausiai įtaką daro reakcijos laikas ir danga – čia pavėluota reakcija (0.8s po susidūrimo) ir šlapias kelias sudaro sąlygas transporto priemonėms nuo susidūrimo taško nutolti nuo 34.61m (greičiai 60km/h ir 50km/h) iki 47.25m (60km/h ir 70km/h). Esant 0,8s reakcijai prie tokių pat greičių ir dangos didžiausi atstumai buvo 10.04m ir 17.18m. Kai kelio danga sausa ir reakcija 0.8s, trajektorijos ilgis sutrumpėja iki 2.94m ir 3.19m (atitinkamai pirmajam ir antrajam automobiliams), bet tik pakeitus reakcijos laiką į 0.8s po susidūrimo, šie atstumai išauga apie 8 kartus – iki 25.85m ir 26.59m (atitinkamai pirmajam ir antrajam automobiliams).

Deformacijos šiuo atveju nėra didelės – reikšmės svyruoja nuo 0.06m iki 0.16m ir tiesiogiai priklauso nuo greičių skirtumo. Kai greičių skirtumas 10km/h, priklausomai nuo reakcijos deformacijos svyruoja nuo 0.07m iki 0.09m, o esant 20km/h greičių skirtumui tarp transporto priemonių deforacijos padidėja iki 0.13 – 0.16m.

Paskutinėje nagrinėtoje situacijoje, kur automobiliai susiduria kaktomuša 50% persidengimu, transporto priemonių trajektorijų pokytis tiesiogiai priklauso nuo jų greičių. Kuo pirmojo automobilio greitis didesnis, tuo ir atstumas, kurį nukeliavo automobilis, didesnis. Didžiausias atstumas yra situacijoje, kai greičiai yra maksimalūs (70km/h), o reakcijos laikas 1.6s. Šis atstumas siekia net 35.09m. Kitas automobilis nukentėjo beveik taip pat stipriai – jo deformacijos siekia 35.07m. Palyginimui šioje situacijoje važiuavę lėtinu greičiu (50km/h) automobiliai nutolo nuo susidūrimo vietos per 16.63m. Tinkamai sureagavus (reakcijos laikas 0.8s) esant šlapiam kelio dangai šie atstumai būtų 10.96 – 10.98m, o sausai kelio dangai 8 – 8.2m.

Šios situacijos deformacijų tyrimas reikalauja tolesnio tyrimo, net pačios programos, kuria atlikti bandymai, tyrimo, nes pagal turimus duomenis deformacijų vidurkis bus tuo mažesnis, kuo didesni bus greičiai ar jų skirtumas, o 0.8s reakcija po susidūrimo taip pat rodo, kad esant tokiai reakcijai deformacijos yra mažesnės iki 6cm, nei esant 0.8s ir 1.6s reakcijoms, kurių dydžiai vienodi tarpusavyje.

ŠALTINIAI

1. Oficialiosios statistikos portalas. Prieiga per internetą:
<<http://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?id=2115&status=A>> [žiūrėta 2015-06-26].
2. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo Ministerijos. Prieiga per internetą: <http://www.lakd.lt/lt.php/eismo_saugumas/eismo_ivykiu_statistika/27> [žiūrėta 2015-06-26].
3. Oficialiosios statistikos portalas. Prieiga per internetą: <<http://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?id=2040&status=A>> [žiūrėta 2015-06-26].
4. Regitra. Prieiga per internetą:
<http://www.regitra.lt/lt/naujienos/transporto_registravimas/registracija_gales_sustabdyti_ir_pats_transporto_priemones_valdytojas> [žiūrėta 2015-06-26].
5. Regitra. Prieiga per internetą: <http://www.regitra.lt/lt/registrai/keliu_transporto_priemoniu_vairuotoju_registravimas/KTPVR_st> [žiūrėta 2015-06-26].
6. Lietuvos teismo ekspertizės centras. Prieiga per internetą: <<http://www.ltec.lt/eismo-ivykiu-metodines>> [žiūrėta 2015-09-30].
7. Lietuvos teismo ekspertizės centras. Prieiga per internetą: <<http://www.ltec.lt/eismo-ivykiu-issvados>> [žiūrėta 2015-09-30].
8. Policijos Elektroninių Paslaugų Sistema. Prieiga per internetą:
<<https://www.epolicija.lt/atviri-duomenys>> [žiūrėta 2015-09-30].
9. Lietuvos policijos generalinio komisaro įsakymas dėl eismo įvykių apskaitos aprašo ir eismo įvykio kortelių pildymo taisyklių patvirtinimo. Prieiga per internetą:
<http://www.policija.lt/index.php?id=2796&extension=.pdf&type=kdok_blob&did=1615724&page=55&ei=3oaNVcurEoHxUr7sgYAC&usg=AFQjCNEzSMFAU-GQ1zuLdYJiUz-FVv9zug&sig2=NsOiZgH56rDM1f4rRlOqdQ&bvm=bv.96782255.d.d24&cad=rja> [žiūrėta 2015-09-30].
10. Lietuvos teismo ekspertizės centras. Prieiga per internetą:
<<http://www.ltec.lt/ekspertiziu-atlikimo-nuostatai>> [žiūrėta 2015-10-19].
11. Lietuvos teismo ekspertizės centras. Prieiga per internetą: <<http://www.ltec.lt/eismo-ivykiu-metodines>> [žiūrėta 2015-10-19].

12. DSD. Prieiga per internetą:
<http://www.dsd.at/index.php?option=com_content&view=category&id=37&Itemid=159&lang=en> [žiūrėta 2015-10-20]
13. Įskaitinių eismo įvykių statistika Lietuvoje, 2011–2014 m. Prieiga per internetą:
<http://www.lakd.lt/files/avariju_statistika/statistika_2011-2014.pdf> [žiūrėta 2016-01-05]
14. Vilniaus miesto savivaldybės administracijos tinklapis. Prieiga per internetą:
<<http://www.vilnius.lt/index.php?2937311942>> [žiūrėta 2016-01-06]
15. Vilniaus miesto savivaldybės administracijos tinklapis. Prieiga per internetą:
<https://www.vilnius.lt/lit/Naujas_sankryzu_zenklinimas_vilniuje_pas/16442/15452017> [žiūrėta 2016-01-06]
16. Mykolo Riomerio Universitetas. KRIMINALISTIKA. TEORIJA IR TECHNIKA. Prieiga per internetą: <<http://ebooks.mruni.eu/reader/kriminalistika-teorija-ir-technika/439>> [žiūrėta 2016-01-26]
17. Joel Cooper, Christine Yager, and Susan T. Chrysler. AN INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF READING AND WRITING TEXT-BASED MESSAGES WHILE DRIVING. Prieiga per internetą:
<<http://static.tti.tamu.edu/swutc.tamu.edu/publications/technicalreports/476660-00024-1.pdf>> [žiūrėta 2016-05-03]