



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

Egidijus Pauzneris

**SUSIDŪRIMO SU APSAUGINIU MEDINIU—METALINIU
ATITVARU TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Prof. dr. Artūras Keršys

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

**SUSIDŪRIMO SU APSAUGINIU MEDINIU—METALINIU
ATITVARU TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Vadovas

(parašas) Prof. dr. Artūras Keršys
(data)

Recenzentas

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

Projektą atliko

(parašas) Egidijus Pauzneris
(data)

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS KATDERA

Suderinta:

2015 m. rugsėjo mėn. 5 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: *Egidijus Pauzneris*

1. Projekto tema: *Susidūrimo su apsauginiu mediniu-metaliniu atitvaru tyrimas*

Research of impact with steel-wood restraint barrier

Patvirtinta: 2016 m. gegužės mėn. 3 d. dekanų įsakymu Nr. V25-11-7

2. Projekto tikslas: ištirti keliuose Lietuvoje diegiamų medinių-metalinių atitvarų elgseną automobiliui atsitrenkiant įvairias greičiais ir trajektorijomis (kampais).

3. Projekto uždaviniai ir reikalavimai:

1. Atlikti eismo įvykių Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose analizę.

2. Apžvelgti Lietuvos keliuose naudojamų apsauginių atitvarų sistemas reglamentuojančius dokumentus.

3. Išnagrinėti apsauginių atitvarų tipus, jų įrengimo principus, sulaikymo lygius ir atlikti su tyrimo objektu susijusių tyrimų apžvalgą.

4. Atlikti skaitinį automobilio susidūrimo su mediniu-metaliniu apsauginiu atitvaru tyrimą, modeliuojant aktualius susidūrimo greičių ir trajektorijų atvejus.

4. Projekto konsultantai (nurodant projekto skyrius):

Doc. dr. Vaidas Lukoševičius

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

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

Vadovas: Prof. dr. Artūras Keršys

(vardas, pavardė)

(parašas)

Užduotį gavau: Egidijus Pauzneris

(studento vardas, pavardė)

(parašas)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Egidijus Pauzneris

(Studento vardas, pavardė)

Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Baigiamojo projekto pavadinimas“
AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Egidijaus Pauznerio**, baigiamasis projektas tema „Susidūrimo su apsauginiu mediniu—metaliniu atitvaru tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS KATEDRA

Susidūrimo su apsauginiu mediniu—metaliniu atitvaru tyrimas
MDM — 4/11 Egidijus Pauzneris

SANTRAUKA

Pagrindinis šio magistrinio tiramojo darbo tikslas yra ištirti medinius—metalinius kelių atitvarus bei palyginti gautus rezultatus su metalinių atitvarų rezultatais.

Atliktos analizės duomenimis nustatyta, jog Lietuvoje autoįvykiuose 2014 metais žuvusiųjų skaičius buvo lygus 91 žm./1 mln. gyventojų, o tai yra beveik 4 kartais daugiau negu Maltoje, kurioje iš visų ES šalių tais pačiais metais žuvo mažiausiai žmonių — 26 žm./1 mln. gyv.

Atliktais analitiniais tyrimais nustatyta, jog didžiausios ASI ir THIV reikšmės yra atitinkamai lygios 1,38 ir 41,3 km/h, kuomet 900 kg masės transporto priemonė atsitrenkia 40° kampu ir 100km/h greičiu, tačiau didžiausias PHD koeficientas — 23,5 g, kuomet tokios pačios masės transporto priemonė atsitrenkia 30° kampu 100 km/h greičiu.

Sumodeliavus medinį—metalinį atitvarą ir atlikus TB 11 bandymą LS-DYNA programa, buvo gautos ASI, THIV ir PHD reikšmės, kurios pateiktos darbo eigoje. Jos parodo, jog sumodeliuotas kelio atitvaras labai tiksliai apskaičiuoja smūginius kriterijus, kuomet yra didžiausia tikimybė žmogui patirti sunkias traumas autoįvykio metu. Darbe taip pat pateiktas sumodeliuotas TB42 bandymas, kuomet sunkvežimis atsitrenkia į medinį—metalinį atitvarą, kuris neatlaiko tokios transporto priemonės smūginės jėgos.

Raktiniai žodžiai: avaringumas, eismo įvykis, efektyvumas, eismo saugumo gerinimo priemonės

KAUNAS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING AND DESIGN
DEPARTMENT OF TRANSPORT ENGINEERING

Research of impact with wood—steel restraint barrier
Egidijus Pauzneris

SUMMARY

The main purpose of this master work is to investigate the wood—steel road barriers and to compare the results with the results of metal barriers.

Completed analysis shows that the number of deaths in Lithuania's vehicle accidents in 2014 was equal to 91 pers./1 million population, which is almost 4 times more than in Malta, which of all EU countries in the same year was died at least people — 26 pers./1 million pop.

Analytical tests which were carried out, shows that the highest ASI and THIV values are respectively equal to 1,38 and 41,3 km/h, when 900 kg vehicle crashes 40° angle and 100 km/h speed, but the biggest PHD factor — 23,5 g when vehicle of the same weight crashes at 30 ° angle 100 km/h speed.

There was modelled wood—steel restraint barrier and TB11 test was tested with LS-DYNA program. ASI, THIV and PHD values, which are available during work, shows that the modeled wood—steel restraint barrier very precisely calculate the impact criterias. It is most likely to suffer serious injury for person in vehicle accident. There was modeled TB42 test, when truck crashes at wood—steel restraint barrier, which does not support a vehicle impact forces.

Keywords: accidents, traffic accident, efficiency, improvement of road safety measures

TURINYS

ĮVADAS.....	11
Sutrumpinimų ir sąvokų sąrašas.....	13
1 AVARINGUMO SITUACIJOS ANALIZĖ LIETUVOS IR EUROPOS SĄJUNGOS ŠALIŲ AUTOMOBILIŲ KELIUOSE.....	16
1.1 Avaringumo situacija Lietuvos automobilių keliuose	16
1.2 Avaringumo situacijos analizė Europos Sąjungos šalyse	23
2 EISMO SAUGUMO GERINIMO PRIEMONĖS	25
3 INŽINERINĖ EISMO SAUGUMO PRIEMONĖ – APSAUGINIS ATITVARAS	33
3.1 Apsauginių atitvarų tipai ir parametrai	38
3.1 Sulaikymo lygiai	40
3.2 Veikimo plotis.....	41
3.3 Smūgio stiprumo lygis	43
4 MEDINIAI—METALINIAI ATITVARAI LIETUVOJE	46
5 ATITVARŲ SAUGUMO TYRIMAS LS-DYNA PROGRAMA.....	48
5.1 Tyrimui parinkti atitvarai su LS-Dyna programa	48
5.2 Bandymuose naudojamų modelių aprašymas	49
5.3 Duomenų įkėlimas į LS-DYNA programą	52
5.4 Atitvarų sistemos suskaidymas į baigtinius elementus.....	53
5.5 Metalinio atitvaro bandymų rezultatai gauti iš skaičiavimų su LS-DYNA programa..	54
5.6 Medinio—metalinio atitvaro bandymų rezultatai gauti iš skaičiavimų su LS-DYNA programa	57
5.7 Sunkvežimio susidūrimo su mediniu—metaliniu atitvaru bandymų rezultatai gauti iš skaičiavimų su LS-DYNA programa.....	59
REZULTATŲ APTARIMAS	61
IŠVADOS.....	62
LITERATŪRA.....	63
PRIEDAI	65

PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS

1 pav. Senuosiuose Trakuose sumontuoti mediniai—metaliniai apsauginiai kelio atitvarai [2]	12
2 pav. Transporto priemonių skaičiaus, tenkančio 1000-čiui gyventojų, kitimas per 2004-2014 m. [7]	17
3 pav. Transporto priemonių ir eismo įvykių skaičiaus 2004-2014 m. kaita [7]	18
4 pav. Eismo įvykių skaičius pagal metų laikus 2011 - 2014 m. [7]	20
5 pav. Eismo įvykiuose sužeistų žmonių skaičius pagal metų laikus 2011 - 2014 m. [7]	20
6 pav. Eismo įvykiuose žuvusių žmonių skaičius pagal metų laikus 2011 - 2014 m. [7]	21
7 pav. Eismo įvykiuose žuvusiųjų pasiskirstymas pagal dalyvių grupes 2014 m.	22
8 pav. Eismo įvykiuose sužeistųjų pasiskirstymas pagal dalyvių grupes 2014 m.	23
9 pav. Juodųjų dėmių skaičiaus kitimas 2008–2015 m.	26
10 pav. Greičio mažinimo kalnelis [22]	28
11 pav. Saugos salelės [22]	29
12 pav. žiedinės sankryžos [11]	29
13 pav. pėsčiųjų perėjos [22]	29
14 pav. „Miesto vartų“ įrengimas	30
15 pav. Kelio ženklas „Vaikai“	31
16 pav. Orientuojantieji stulpeliai	35
17 pav. Nukreipiantieji atitvarai: <i>a</i> — barjero tipo, <i>b</i> — plieno ir lengvųjų metalų juostų, <i>c</i> — plieninių lynų, <i>d</i> — parapeto tipo [13]	36
18 pav. Sulaikantieji atitvarai: <i>a</i> — cilindrai, pripildyti smėlio, <i>b</i> — skysčio pripildyti indai, sustatyti eilėmis ir sujungti skersinėmis pertvaromis, <i>c</i> — polietileninių indų blokas, <i>d</i> — plieninės statinės, apjuostos metaline juosta [13]	37
19 pav. Dinaminis šoninis įlinkis (<i>D</i>) ir veikimo plotis (<i>W</i>)	41
20 pav. Apsauginių barjerų (AB) išdėstymas priklausomai nuo veikimo pločio ir eismo zonos. [14]	42
21 pav. Realus TB11 bandymo nuotrauka kai automobilis 900kg, važiuoja 100km/h ir trenkėsi 20 laipsnių kampu į betoninį atitvarą [28]	44
22 pav. Mediniai—metaliniai atitvarai Neringoje [25]	46
23 pav. Medinio—metalinio atitvaro Neringoje brėžinys [26]	47
24 pav. „SolidWorks“ programa nubraižtas atitvaro profilis	48
25 pav. Atitvarų sistema sumodeliuota „LS-Dyna“ programoje	49
26 pav. GeoMetro automobilio modelis naudojamas TB11 bandyme, kurio masė – 900kg, greitis – 100km/h [17]	50

27 pav. Automobilio GeoMetro TB11 bandyme esantis Akselerometras esantis svorio cente raudonu tašku pažymėta jo vieta iš viršaus.....	51
28 pav. Standaus ir lankstaus atitvarų sulaikymo laiko priklausomybė nuo pagreičio.....	51
29 pav. Automobilio koordinacijų sistema [15].....	52
30 pav. LS-Dyna programoje suvesti atitvarų medžiagos parametrai	53
31 pav. Atitvarų sistema suskaidyta į baigtinius elementus.....	54
32 pav. Atitvarų konstrukcijos įtvirtinimas skaičiuojant LS-DYNA programa	54
33 pav. ASI kriterijaus ir laiko priklausomybės grafikai atlikus 3 bandymus. 1-TB11 bandymas; 2 -20° , 130 km/h; 3 – 40°, 100 km/h.....	55
34 pav. Nuoseklios automobilio susidūrimo su mediniu—metalinium atitvaru nuotraukos tam tikru laiku t , atliekant TB 11 bandymą	57
35 pav. ASI koeficiento kitimo grafikas susidūriant su mediniu—metalinium atitvaru tam tikru metu.....	58
36 pav. Nuoseklios sunkiasvorės TP, susidūrimo su mediniu—metalinium atitvaru, nuotraukos tam tikru laiku t atliekant TB 42 bandymą	59
37 pav. Sunkiasvorės TP susidūrimo su mediniu—metalinium atitvaru greitis v tam tikru laiku t atliekant TB 42 bandymą	60

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė Eismo įvykių ir nukentėjusiųjų Lietuvoje m. dinamika [7].....	18
2 lentelė Eismo įvykių ir nukentėjusiųjų juose pasiskirstymas pagal metų laikus 2011 –2014 metais	19
3 lentelė Eismo įvykiuose nukentėję eismo dalyviai 2011-2014 metais [7]	21
4 lentelė Žuvusiųjų skaičius autoįvykiuose, tenkantis 1 mln. gyventojų Lietuvoje ir kitose Europos Sąjungos šalyse 2011–2014 m. [7]	23
5 lentelė Žūčių keliuose skaičius pagal ES šalis (milijonui gyventojų) [6].....	24
6 lentelė Rekomenduojamos greičio mažinimo priemonės pagal kelio paskirtį ir atsižvelgiant į leistiną greitį [9].....	32
7 lentelė Eksploatacinių charakteristikų klasių sudėtis pagal LST EN 1317 standartų seriją [10]	38
8 lentelė Smūginių bandymų kriterijai [16].....	39
9 lentelė Sulaikymo lygiai	40
10 lentelė Veikimo pločio lygiai [14].....	42
11 lentelė Smūgio stiprumo laipsniai [14].....	43
12 lentelė Ribinių pagreičių vertės	45
13 lentelė Medienos mechaninės charakteristikos.....	47
14 lentelė Atliktų bandymų rezultatai	56

IVADAS

Automobilių keliai — neatskiriama sudėtingos transporto sistemos dalis. Šios sistemos sėkmingas vystymasis tiesiogiai veikia valstybės ekonomikos augimą. Kad transporto sistema sėkmingai vystytųsi, reikalinga analizuoti ne tik kelių būklę, jos gerinimo būdus ir automobilių kelių tinklo sudėtį, bet ir automobilių keliuose įvykusius eismo įvykius, jų priežastis ir pasekmes bei avaringumo situaciją šalies ir pasaulio mastu. Skaičiuojama, kad nuostoliai dėl eismo įvykių Europos Sąjungoje siekia apie 1,8 milijardų eurų per metus (tai sudaro apie 2 % BVP). Tuo tarpu eismo įvykiai Lietuvoje kasmet atneša daugiau kaip 350 milijonų eurų nuostolį valstybei.

Automobilių kelių transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemų projektavimo taisyklės KPT TAS - nustato projektavimo reikalavimus, kurie sudarytų sąlygas apsaugoti eismo dalyvius nuo sunkių eismo įvykių arba bent sušvelnintų eismo įvykių padarinius [10].

Eismui pavojingi kelių ruožai aptveriami apsauginiais atitvarais. Prieš statant apsauginius atitvarus reikia išnagrinėti, ar ne geriau saugumo siekti kitomis priemonėmis pertvarkant pavojingą vietą arba pašalinant pavojingą kliūtį.

Eismo įvykių skaičius ir pasekmės priklauso nuo daugelio dalykų: eismo taisyklės pažeidžia vairuotojai (važiuoja didesniu už leistiną greitį, nepaiso kelio ženklų bei signalų ir kt.), eismo taisyklės pažeidžia pėstieji (eina per kelią neleistinose vietose, būna neatidūs ir kt.), techniniai transporto priemonių defektai (netvarkingi stabdžiai, vairo mechanizmas ir kt.), netinkama kelio būklė (slidi danga, blogas kelio pašvietimas ir kt.). Viena didžiausia saugumo problema Lietuvos automobilių keliuose yra saugaus greičio nesilaikymas ir neblaivūs vairuotojai. Lietuvos policijos eismo priežiūros duomenimis, kasmet dėl saugaus greičio nepaisymo įvyksta apie 1200 eismo įvykių, žūsta apie 200 eismo dalyvių ir apie 2500 sužeidžiama. Greičio viršijimas yra vienas dažniausių KET pažeidimų, padidinantis eismo įvykio tikimybę ir pasunkinantis jo pasekmes. Daugelis vairuotojų pervertina savo sugebėjimus suvaldyti automobilį važiuojant daug didesniu nei leistina greičiu. Važiuojant didesniu greičiu lieka vis mažiau laiko pastebėti pavojų ir atitinkamai sureaguoti bei jo išvengti.

Greičio ribojimas dažnai neišsprendžia eismo saugumo problemų pavojinguose kelio ruožuose, todėl yra statomi apsauginiai kelių atitvarai, kurie saugo, kad transporto priemonės nenuvažiuotų nuo kelio, tilto, viaduko, estakados, neatsitrenktų į kliūtis, nesusidurtų su priešais važiuojančiu transportu.

Transporto priemonės apsauginių atitvarų sistemos turi kuo labiau sušvelninti eismo įvykių padarinius. Jos naudojamos siekiant apsaugoti eisme nedalyvaujančius asmenis arba apsaugos zonas šalia kelio arba greta priešpriešinio eismo dviejų eismo juostų keliuose, taip pat siekiant apsaugoti transporto priemonių keleivius nuo sunkių nukrypimo nuo važiuojamosios dalies padarinių, pvz., nukritimo nuo skardžio, į vandens telkinį arba smūgio į pavojingas kliūtis šalia važiuojamosios dalies.

Kelių atitvarai gali būti trijų rūšių — orientuotieji, nukreipiamieji ir sulaikantieji. 2009-ais metais Lietuvoje buvo pastatyti pirmieji mediniai—metaliniai apsauginiai atitvarai. Tokio tipo atitvarai itin populiarūs nacionaliniuose parkuose, rezervatuose kur siekiama garantuoti eismo saugumą, bet kartu išlaikyti ir kraštovaizdžio vientisumą ir autentiškumą. Šie kelio atitvarai išbandyti ir sertifikuoti pagal LST EN 1317 "Apsauginių kelio atitvarų sistemos". Šio tipo atitvarai gaminami naudojant metalines konstrukcines detales kombinuojant su medinėmis. Medinės dalys impregnuotos aukštos kokybės medžio apsaugos priemonėmis, metalinės dalys dengtos cinku karštuoju būdu.

Baigiamojo magistro darbo objektas — mediniai—metaliniai kelių apsauginiai atitvarai Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose.

Baigiamojo magistro darbo naujumas — Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose įrengtų medinių—metalinų kelių apsauginių atitvarų efektyvumas eismo saugumui iki šiol nebuvo tirtas.

Mano baigiamojo magistrinio darbo tikslas — atlikti medinių—metalinų apsauginių kelių atitvarų diegimo Lietuvos automobilių keliuose tyrimą. Norint pasiekti baigiamojo darbo tikslą, reikėjo išspręsti tokius uždavinius:

- atlikti Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose įvykusių eismo įvykių analizę;
- apžvelgti apsauginių atitvarų sistemas reglamentuojančius dokumentus.
- išnagrinėti Lietuvoje naudojamus kelio apsauginius atitvarus.
- apžvelgti atitvarų sulaikymo lygius, panašius eksperimentinius ir skaitinius tyrimus, bei jų rezultatus.
- išnagrinėti apsauginių atitvarų tipus ir jų įrengimo pagrindinius principus;



1 pav. Senuosiuose Trakuose sumontuoti mediniai—metaliniai apsauginiai kelio atitvarai [2]

Sutrumpinimų ir sąvokų sąrašas

ASI – (angl. „acceleration severity index“) – potencialios sužeidimų rizikos indeksas, nustatomas atliekant išsamius smūginius bandymus transporto priemonėmis;

THIV – (angl. „theoretical head impact velocity“) – teorinis smūgio statmenai į transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemą (TAS) greitis (km/val. arba m/s);

PHD – (angl. „post – impact head deceleration“) – sulėtėjimas po smūgio statmenai į TAS;

PTB – pradinis tipo bandymas;

VGK – vidinė gamybos kontrolė.

TP – transporto priemonė.

VMPEI - vidutinis metinis paros eismo intensyvumas aut./parą.

Kelio atitvaras – uždara, sauganti, kad transporto priemonės nenuvažiuotų nuo kelio, tilto, viaduko, estakados, neatsitrenktų į kliūtis, nesusidurtų su priešais važiuojančiu transportu.

Eismo įvykis – įvykis kelyje, viešose ar privačiose teritorijose, kurio metu, judant transporto priemonei, žuvo ar buvo sužeista žmonių, sugadinta ar apgadinta bent viena transporto priemonė, kroviny, kelias, jo statiniai ar bet koks kitas įvykio vietoje buvęs turtas.

Įskaitinis eismo įvykis – eismo įvykis, kuriame žuvo arba buvo sužeisti žmonės.

Eismo dalyvis – kelių eisme dalyvaujantis asmuo (vairuotojas, pėsčiasis, keleivis).

Transporto priemonių plieninių apsauginių atitvarų sistema (TAS-PL) – keliuose naudojama pasyviosios saugos plieninių įrenginių sistema, kuri turi sulaikyti arba grąžinti atgal nuo važiuojamosios dalies nukrypusią transporto priemonę.

Plieninis apsauginis barjeras (AB) – transporto priemonės sulaikanti arba grąžinanti plieninių apsauginių atitvarų sistemos dalis, įrengiama išilgai išorinio važiuojamosios dalies krašto arba skiriamosiose ir šoninėse atskiriamosiose juostose.

Plieninis pradinis ir galinis komponentas (PGK) – plieninio apsauginio barjero (AB) pradžios ir pabaigos įtvirtinimas ir konstruosena.

Plieninis jungiamasis komponentas (JUK) – įvairių konstrukcinių variantų ir (arba) atsitrenkus transporto priemonėms įvairaus veikimo principo transporto priemonių plieninių apsauginių atitvarų sistemų (TAS) arba plieninių apsauginių barjerų mechaninė jungtis.

Plieninis smūgio slopintuvas (SS) – teorinis parametras, skirtas lengvųjų automobilių keleivių fizinei apkrovai, sužeidimo sunkumui ar žūties pavojui įvertinti.

Eksploatacinių charakteristikų klasės pagal standartą LST EN 1317-2 [17] – apsauginio barjero eksploatacinių charakteristikų klasės, nustatomos pagal sulaikymo lygį, veikimo plotį ir smūgio stiprumo lygį.

Eksploatacinių charakteristikų klasės pagal standartą LST EN 1317-3 [18] – smūgio slopintuvo eksploatacinių charakteristikų lygis, nustatomas pagal greičio klasę, šoninį poslinkį, gražinimo zoną ir smūgio stiprumo lygį.

Eksploatacinių charakteristikų klasės pagal standartą LST L ENV 1317-4 [19] – pradinių ir galinių bei jungiamųjų komponentų eksploatacinių charakteristikų klasės, nustatomos pagal smūginiais bandymais įrodytą eksploatacinių charakteristikų klasę, liekamąjį šoninį poslinkį, atšokimo sritį ir smūgio stiprumo klasę.

Atšokimo sritis – transporto priemonės judėjimo zona po smūgio į pradinį ir galinį komponentą, nustatoma atliekant smūginius bandymus pagal standartą LST L ENV 1317-4 [19].

Deformacijos klasė – klasė, parodanti skirtingas smūgio slopintuvų deformacijas ir poslinkius, nustatoma atliekant smūginius bandymus pagal standartą LST EN 1317-3 [18].

Dinaminis įlinkis – įlinkis, kuris atitinka didžiausią šoninį dinaminį (atsižvelgiant į aplinkybes, tik trumpalaikį) sistemos fasadinės pusės poslinkį. Transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemų dinaminis įlinkis nustatomas atliekant smūginį bandymą pagal standartą LST EN 1317-2 [17].

Gražinimo zona – zona, kurioje bandomoji transporto priemonė pasilieka po smūgio. Gražinimo zona nustatoma atliekant smūginius bandymus pagal standartą LST EN 1317-3 [18].

Liekamasis šoninis poslinkis – liekamoji smūgio slopintuvų bei pradinių ir galinių komponentų šoninė deformacija, nustatoma atliekant smūginius bandymus pagal standartą LST EN 1317-3 [5.5] arba standartą LST L ENV 1317-4 [19].

Smūgio stiprumo lygis – teorinis parametras, skirtas lengvųjų automobilių keleivių fizinei apkrovai, sužeidimo sunkumui ar žūties pavojui įvertinti.

Sulaikymo lygis – lygis, kuris apibūdina transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemos įrenginių sulaikymo gebą priklausomai nuo transporto priemonės masės, smūgio kampo ir smūgio greičio, nustatomas atliekant smūginius bandymus pagal LST EN 1317 serijos standartus.

Veikimo plotis – atstumas, matuojamas nuo nedeformuotos TAS fasadinės dalies iki didžiausio dinaminio įlinkio vietos tam tikroje apsauginio barjero dalyje. Atstumas nustatomas atliekant smūginius bandymus pagal standartą LST EN 1317-2 [17].

Ilgaamžiškumas – tam tikro produkto gebėjimas ilgą laiką išsaugoti reikalaujamas charakteristikas, kai įtaką daro galimi numatyti veiksniai. Esant normaliai techninei priežiūrai, tinkamai sukonstruotas ir, laikantis nustatytų darbų atlikimo reikalavimų, sumontuotas produktas turi tarnauti ilgiau nei reikalauja ekonomiškai pagrįsta naudojimo trukmė.

Naudojimo trukmė – laikotarpis, per kurį tam tikro produkto (gaminio) stiprumo požymiai išlieka tokie, kad produktas (gaminys) atitinka standarto LST EN 1317-5 [20] reikalavimus (t. y. be didesnių taisymo arba keitimo išlaidų tam tikro produkto (gaminio) esminės savybės atitinka arba yra

dar geresnės už reikalaujamas). Naudojimo trukmė priklauso nuo paties produkto (gaminio) ilgaamžiškumo ir normalios techninės priežiūros.

1 AVARINGUMO SITUACIJOS ANALIZĖ LIETUVOS IR EUROPOS SAJUNGOS ŠALIŲ AUTOMOBILIŲ KELIUOSE

Avarija — tai toks mechaninių transporto priemonių normalaus eismo proceso sutrikimas, kai buvo sužeisti arba žuvo žmonės, sugadintos transporto priemonės, kroviniai, kelio statiniai ar padaryti kiti nuostoliai [13]. Eismą organizuoti ir jo saugumą užtikrinti padeda kelio ženklai, važiuojamosios dalies ženklavimas, kelio apšvietimas bei kelių atitvarai. Tyrimais nustatyta, jog avarijų, kuriose žuvo žmonės, dažnumas per metus A_z susijęs su tam tikros šalies gyventojų n_g ir automobilių skaičiumi n_a joje:

$$A_z = 0,0003^3 \sqrt{n_g n_a} \quad (1)$$

čia n_g — gyventojų skaičius; n_a — automobilių skaičius.

1.1 Avaringumo situacija Lietuvos automobilių keliuose

Automobilių keliai yra viena sudėtingos transporto sistemos, greitai besivystančios ūkio šakos, dalis. Valstybės, ūkininkaujančios rinkos pagrindais, vystydamos transporto potencialą, pirmiausia daug dėmesio skiria susisiekimo kelių plėtojimui ir jų techninio lygio gerinimui. Automobilių keliai suteikia galimybę daugelio rūšių krovinius pristatyti „nuo durų iki durų“. Tam naudojami įvairiausių tipų automobiliai užtikrina transporto priežiūros lankstumą ir efektyvumą. Vienas iš pagrindinių valstybės infrastruktūros elementų — gerai išvystytas ir saugus automobilių kelių tinklas.

Tobulinant automobilių kelių tinklą yra statomi nauji keliai, daugelis anksčiau pastatytų kelių yra rekonstruojami, modernizuojami transporto mazgai ir stengiamasi, kad keliai kiek įmanoma geriau tenkintų gyventojų ir transporto priemonių poreikius, atitiktų visus šiuolaikiniams keliams keliamus techninius, ekonominius ir ekologinius reikalavimus, būtų greiti, patogūs ir saugūs.

Eismo saugumas priklauso nuo daugelio veiksnių, iš kurių svarbiausi yra eismo dalyvių drausmė bei kultūra, t. y. eismo taisyklių laikymasis ir tinkamos kelio sąlygos. Tokios kelio sąlygos sudaromos jau projektuojant bei tiesiant kelius, o eksploatuojant dar gerinamos. Kelio elementus galima tobulinti stadijomis, tuo eismo saugumą didinant laipsniškai. Tačiau dėl eksploatacinių tarnybų realių galimybių (materialiniai ištekliai, finansavimas ir kt.) šį principą ne visada galima taikyti. Eismo saugumą didinti pirmiausia reikia ypač pavojinguose kelio ruožuose, o kelių eksploatacinės tarnybos darbo galimybės ir eismo saugumo reikalavimai turi būti racionaliai derinami.

Eismo saugumo didinimo priemonės reikia numatyti pagal kelio elementų būklę ir ruožo avaringumą, todėl svarbią reikšmę turi duomenų apie avarijas rinkimas, avaringumo bei eismo saugumo koeficientų grafikų analizė. Pirmiausia taikomos paprasčiausios priemonės, vėliau sudėtingos. Taip dirbant — racionaliai panaudojamos lėšos ir gaunamas didelis eismo saugumo efektas.

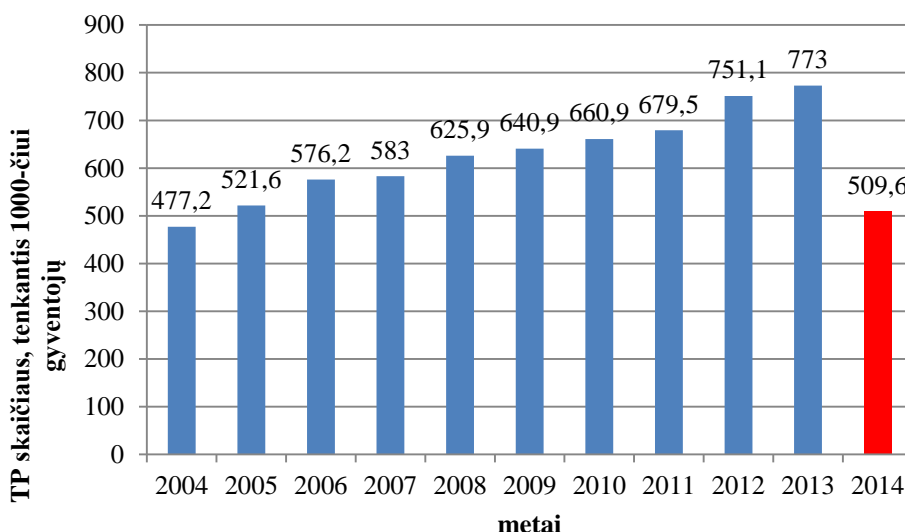
Norint sužinoti kokiam kelyje ir kaip gerinti eismo saugumą, reikia nustatyti eismo saugumo kriterijų. Jis gali būti laikomas kaip važiavimo greičio pavojingame ruože v_r ir greičio prieš tai buvusiam ruože v_p santykiu. Jis vadinamas eismo saugumo koeficientu [13]:

$$k_{sr} = \frac{v_r}{v_p} \quad (2)$$

Paprasčiausios priemonės eismo saugumui didinti — dangos bei kelkraščių remontas, kelio ženklų pastatymas, eismo reguliavimo linijų ženklavimas, matomumo bei dangos šurkštumo didinimas ir kt. Šios priemonės taikomos tuose kelių ruožuose, kur eismo saugumo koeficientas $k_{sr} > 0,6$ — 0,8 [13].

Ypač pavojinguose kelio ruožuose ($k_{sr} = 0,4$ — 0,6) eismo saugumas didinamas taip: daroma lygesnė danga bei šurkštintas jos paviršius, dažomos ženklavimo linijos, draudžiančios lenkti, taip pat statomi ženklai, ribojantys važiavimo greitį ir kt. Labai svarbu eismo saugumą užtikrinti žiemą, kai yra plikšala ir kt. [13].

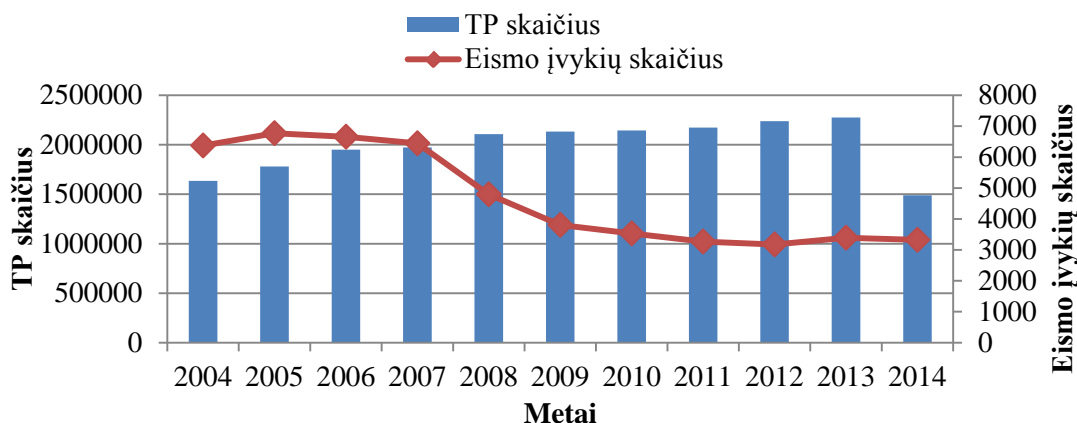
Kasmet augant mobilumo poreikiui, didėjant žmonių transportiniam judrumui, plečiantis smulkiam ir vidutiniam verslui bei didėjant krovinių pervežimo intensyvumui, Lietuvoje, kaip ir visame pasaulyje, automobilizacijos lygis nuolat auga. Remiantis Lietuvos statistikos departamento duomenimis apie transporto priemones, per paskutinįjį dešimtmetį (2004-2013 metus) automobilių skaičius, tenkantis 1000-čiui Lietuvos gyventojų išaugo nuo 477,2 iki 773, t.y. automobilizacijos lygis per 9 metų išaugo 63 % (2 pav.), tačiau 2014 metais jis sumažėjo iki 509,6, t.y. beveik 66 %. Tai galėjo įvykti po 2014 m. liepos mėnesio pradžioje įvestos naujos transporto priemonių registravimo tvarkos, kai transporto priemonės neatitikusios privalomojo civilinio draudimo ir/arba techninės apžiūros reikalavimų buvo išregistruotos [7].



2 pav. Transporto priemonių skaičiaus, tenkančio 1000-čiui gyventojų, kitimas per 2004-2014 m. [7]

Kasmet didėjantis Lietuvos automobilizacijos lygis nėra tikslus ir neatspindi realios Lietuvos transporto priemonių skaičiaus situacijos. Lietuvos transporto priemones registruojančioje valstybinėje įmonėje VĮ „Regitra“ yra plačiai naudojamos informacinės technologijos ir yra stengiamasi kuo geriau aptarnauti klientus, tačiau nepavyksta išspręsti vienos problemos — iš registro duomenų pašalinti duomenis apie nenaudojamus ar iš šalies iškeliavusius automobilius.

Automobilių skaičiaus augimas lemia eismo įvykių skaičiaus didėjimą. Kai automobilių skaičius sparčiai auga, o kelių tinklas nesiplečia, didėja automobilių koncentracija, eismo intensyvumas ir transporto spūstys. Dėl šių priežasčių daugėja eismo įvykių, juose žuvusiųjų ir sužeistųjų. Norint sumažinti eismo įvykių skaičių keliuose, reikia imtis įvairių eismo saugumo gerinimo priemonių, kurios neleistų, augant automobilių skaičiui, didėti eismo įvykių statistikai. Efektyvus eismo saugumą gerinančių priemonių panaudojimas būdingas ir Lietuvos keliuose (3 pav.).



3 pav. Transporto priemonių ir eismo įvykių skaičiaus 2004-2014 m. kaita [7]

Lietuvos automobilių keliuose eismo įvykių skaičius iki 2005 metų didėjo, tačiau po to pradėjo mažėti iki 2012 metų. Remiantis paskutiniaisiais eismo įvykių statistikos duomenimis nustatyta, jog 2014 m. eismo įvykių skaičius Lietuvoje sumažėjo beveik 50 %, lyginant su 2005 m. (1 lentelė).

1 lentelė

Eismo įvykių ir nukentėjusiųjų Lietuvoje m. dinamika [7]

Metai	Eismo įvykiai			Žuvo			Sužeista		
	Viso	1 mln. gyv.	1000 TP	Viso	1 mln. gyv.	1000 TP	Viso	1 mln. gyv.	1000 TP
2004	6372	1860	3,9	751	219	0,46	7877	2300	4,82
2005	6771	1986	3,8	773	227	0,43	8466	2483	4,8
2006	6658	1967	3,4	760	225	0,39	8334	2432	4,3
2007	6448	1905	3,3	740	219	0,37	8042	2376	4,1
2008	4795	1424	2,28	499	148	0,24	5818	1728	2,76
2009	3805	1143	1,78	370	111	0,17	4426	1330	2,07
2010	3530	1088	1,65	299	92	0,14	4230	1304	1,97
2011	3266	1021	1,5	296	93	0,14	3919	1225	1,8
2012	3173	1065	1,42	301	101	0,13	3712	1246	1,66

2013	3391	1152	1,49	256	87	0,11	4007	1361	1,76
2014	3325	1138	2,23	265	91	0,18	3889	1331	2,61
Iš viso	102209	-	-	11704	-	-	122765	-	-

Per pastaruosius 10 metų Lietuvos keliuose ir gatvėse įvyko daugiau nei 102 tūkst. eismo įvykių, kurių metu daugiau nei 12 tūkstančių žmonių žuvo ir virš 122 tūkstančių eismo dalyvių buvo sužeista. 2014 metais Lietuvos keliuose ir gatvėse įvyko 3325 įskaitiniai eismo įvykiai, kurių metu 265 eismo dalyviai žuvo ir 3889 žmonės buvo sužeisti. Lyginant su 2013 m. eismo įvykių ir sužeistųjų kiekis Lietuvos keliuose sumažėjo atitinkamai 1,95 % ir 2,94 %, tačiau 3,52 % padidėjo žuvusiųjų eismo dalyvių skaičius.

Lyginant 2005 metus su 2014 metais, įskaitinių eismo įvykių skaičius sumažėjo beveik 50 % (arba užregistruota 3446 įvykių mažiau), žuvo 65 % mažiau žmonių, sužeista 54 % mažiau. 2014 metų eismo įvykių statistika: 3325 eismo įvykiai, žuvo 265 žmonės, 3889 sužeisti [7]. Eismo įvykių ir nukentėjusiųjų dinamika Lietuvoje 2004 — 2014 m. pateikta 1 lentelėje.

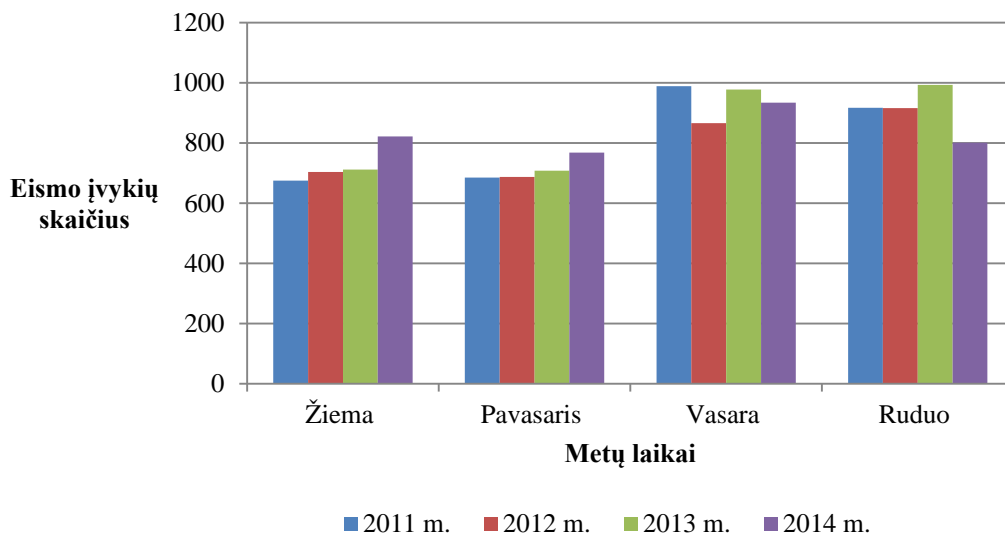
Sezonų pokyčiai lemia eismo situaciją keliuose. Priklausomai nuo metų laiko keičiasi eismo intensyvumas, eismo dalyvių kiekiai ir pasiskirstymas, taip pat eismo sąlygos. Vasarą žmonės atostogauja todėl daugiau laiko praleidžia lauke, daugiau keliauja dėl to šalies keliuose padaugėja transporto priemonių, padidėja važiavimo greitis, keliais važinėja daugiau dviratininkų, motociklininkų ir mopedų vairuotojų. Įpusėjus rudeniiui ir atšalus orams pradedama eiti į darbus po atostogų, moksleiviai ir studentai grįžta į mokymosi įstaigas, todėl tuomet padidėja pėsčiųjų srautai, transporto priemonių intensyvumas tam tikrais maršrutais, pablogėja eismo sąlygos, o vairuotojai būna dar neprišaitkę prie eismo bei meteorologinių sąlygų pokyčio. Visa tai didina eismo įvykių tikimybę. Eismo įvykių ir nukentėjusiųjų juose pasiskirstymas pagal metų laikus 2011 –2014 metais pateiktas 2 lentelėje.

2 lentelė

Eismo įvykių ir nukentėjusiųjų juose pasiskirstymas pagal metų laikus 2011 –2014 metais

Metų laikas	2011 m.			2012 m.			2013 m.			2014 m.		
	Eismo įvykiai	Žuvo	Sužeista	Eismo įvykiai	Žuvo	Sužeista	Eismo įvykiai	Žuvo	Sužeista	Eismo įvykiai	Žuvo	Sužeista
Žiema	675	64	816	704	67	830	712	61	847	822	78	940
Pavasaris	685	69	810	687	52	808	708	43	807	768	45	936
Vasara	989	82	1226	866	85	1028	978	70	1190	934	73	1105
Ruduo	917	81	1067	916	97	1046	993	82	1163	801	69	908
Iš viso	3266	296	3919	3173	301	3712	3391	256	4007	3325	265	3889

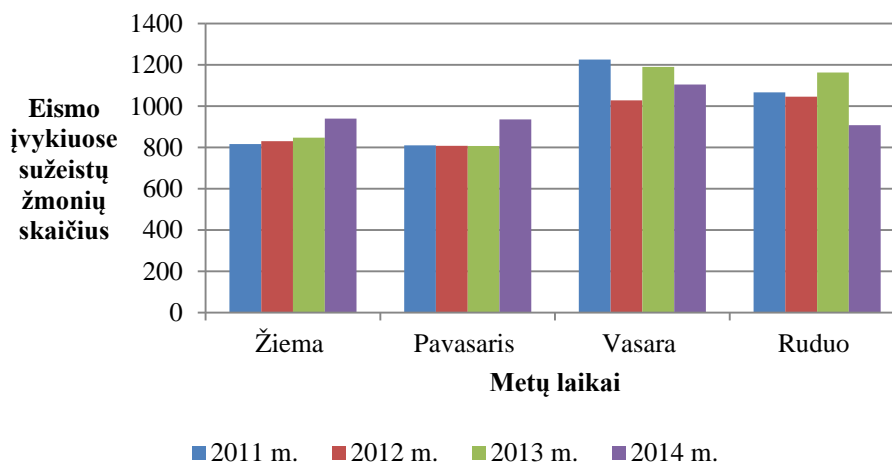
2014 metais daugiausia įskaitinių eismo įvykių įvyko vasarą – 934 eismo įvykiai, tačiau daugiausia žuvusių užfiksuota žiemą – 78 žuvę eismo dalyviai. Visa tai matoma eismo įvykių ir nukentėjusiųjų juose pasiskirstymo pagal metų laikus 2011 –2014 metais diagramose, kurios parodytos 4, 5, 6 paveiksluose.



4 pav. Eismo įvykių skaičius pagal metų laikus 2011 - 2014 m. [7]

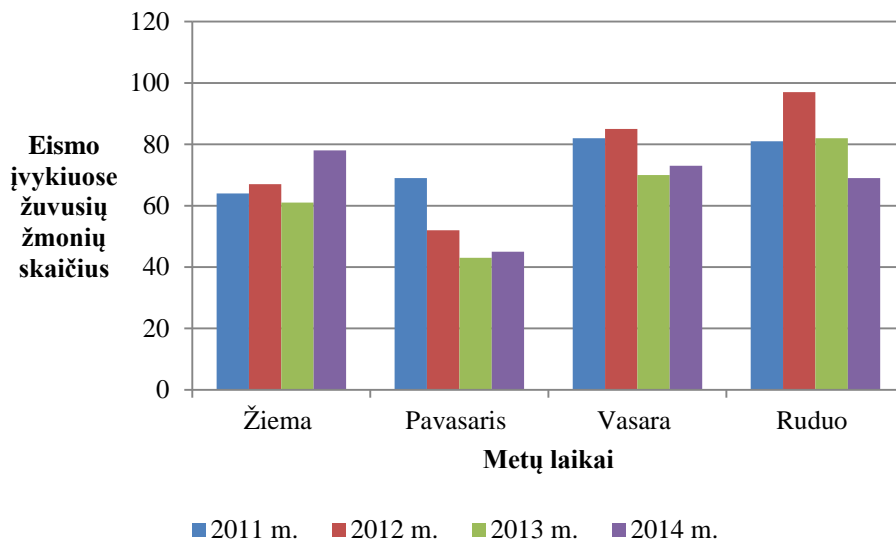
4 paveikslo diagramoje matoma, jog iš keturių metų laikų 2011 – 2014 metais patys avaringiausi yra vasara ir ruduo.

Sužeisti



5 pav. Eismo įvykiuose sužeistų žmonių skaičius pagal metų laikus 2011 - 2014 m. [7]

5 paveikslo diagramoje matoma, jog daugiausia sužeistų žmonių taip pat būna vasarą bei rudenį, be to 2014 metų rudenį sužeistų žmonių skaičius, kuris buvo mažiausias lyginant su 2011 - 2013 metais, tačiau 2014 metais žiemą ir pavasarį jų buvo daugiausia lyginant su 2011 — 2013 metais.



6 pav. Eismo įvykiuose žuvusių žmonių skaičius pagal metų laikus 2011 - 2014 m. [7]

6 paveikslo diagramoje matoma, jog 2014 metų žiemą keliuose žuvo 940 žmonių, o tai yra didžiausias skaičius nuo 2011 metų žimos, tačiau 2014 metų rudenį žuvo mažiausia žmonių (801 žmogus) lyginant su 2011 – 2013 metais.

2014 m. Lietuvos keliuose ir gatvėse daugiausia žuvo pėsčiųjų – net 41 % visų eismo dalyvių, daugiausia sužeista buvo keleivių – 32 %. Lyginant 2014 m. žuvusiųjų kiekį su 2013 m. žuvusiais pastebėta, kad žuvo 12 % daugiau pėsčiųjų ir 15 % daugiau keleivių [7].

Analizuojant 2011–2014 metų įskaitiniuose eismo įvykiuose žuvusiųjų skaičiaus pasiskirstymą pagal eismo dalyvių grupes, nustatyta, kad eismo įvykiuose dažniausiai žūstantys eismo dalyviai yra pėstieji.

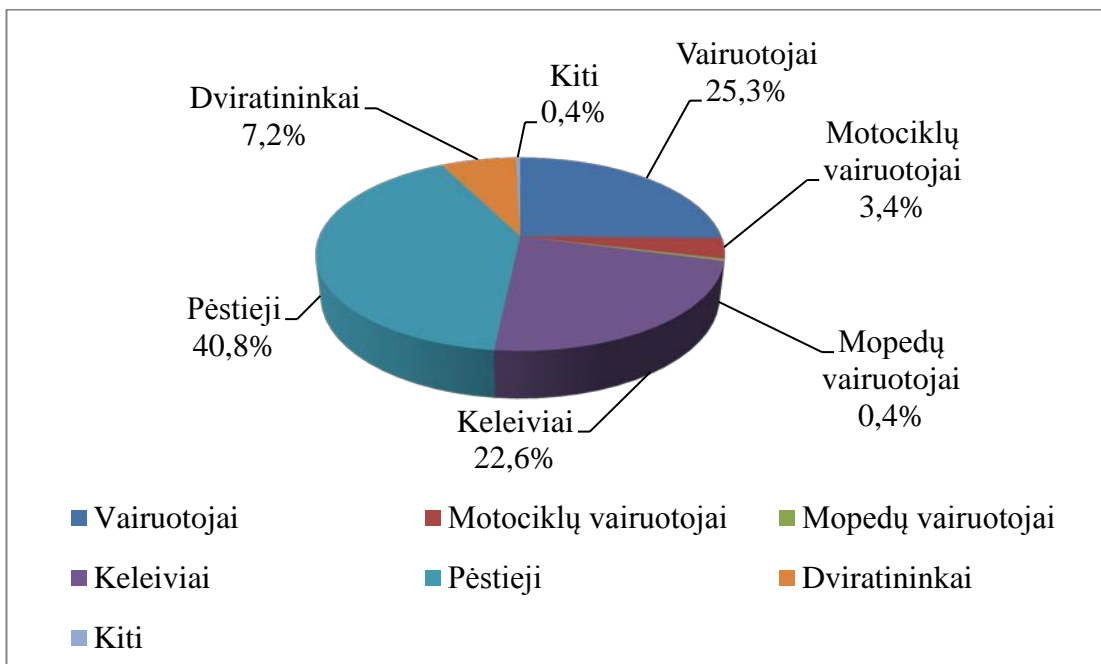
3 lentelė

Eismo įvykiuose nukentėję eismo dalyviai 2011-2014 metais [7]

Eismo dalyviai	2011 m.		2012 m.		2013 m.		2014 m.	
	Žuvo	Sužeista	Žuvo	Sužeista	Žuvo	Sužeista	Žuvo	Sužeista
Vairuotojai	82	990	90	979	70	997	67	1039
Motociklų vairuotojai	10	166	13	95	13	117	9	143
Mopedų vairuotojai	4	71	5	83	4	91	1	68
Keleiviai	61	1200	51	1149	52	1257	60	1254
Pėstieji	110	1108	105	1074	96	1180	108	1034
Dviratininkai	26	347	32	284	18	313	19	309
Kiti	3	37	5	48	3	52	1	42
Iš viso	296	3919	301	3712	256	4007	265	3889

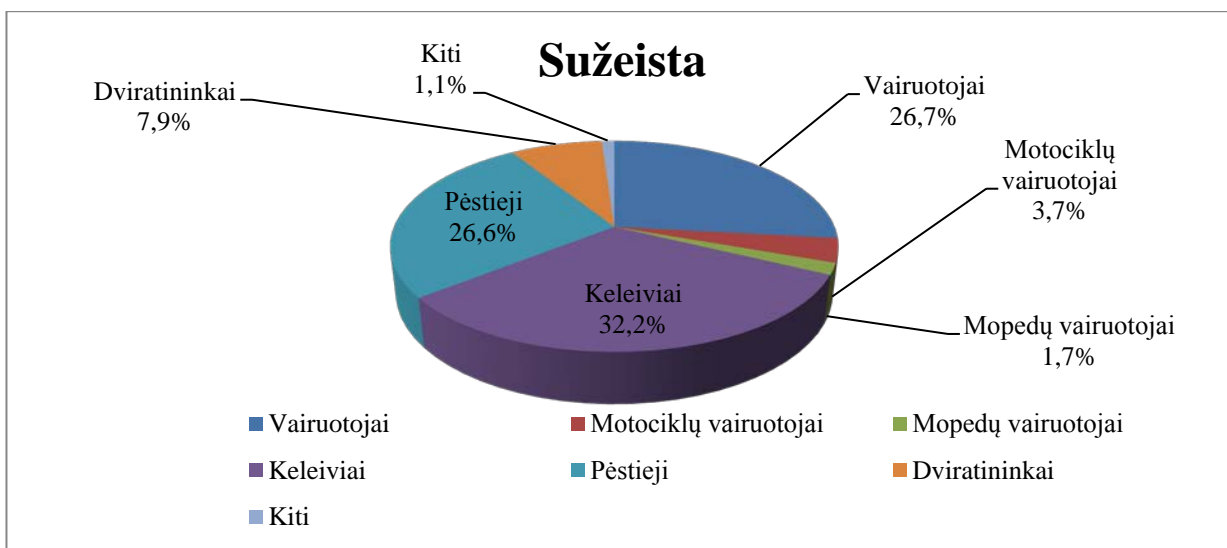
3 lentelėje matoma, jog nuo 2011 metų iki 2013 metų žuvusiųjų pėsčiųjų skaičius atitinkamai mažėjo nuo 110 iki 96, tačiau 2014 metais šis skaičius padidėjo iki 108, kuris beveik lygus 2011 metų žuvusiųjų skaičiui. Tai įrodo, jog reikia gerinti transporto kelių saugumo priemones.

2011 – 2014 metais eismo įvykiuose nukentėjusių eismo dalyvių statistika pateikta 3 lentelėje, o 2014 metais žuvusių ir sužeistų eismo dalyvių pasiskirstymas pagal eismo įvykiuose nukentėjusių eismo dalyvių grupes pateikta 7 pav. ir 8 pav.



7 pav. Eismo įvykiuose žuvusiųjų pasiskirstymas pagal dalyvių grupes 2014 m.

2014 m. įskaitiniuose eismo įvykiuose žuvo 108 pėstieji (tai 11 % arba 12 žuvusiųjų pėsčiųjų daugiau nei 2013 metais), tai sudarė daugiau nei 40 % visų eismo įvykiuose žuvusiųjų eismo dalyvių. 2014 metais įskaitiniuose eismo įvykiuose žuvo 67 vairuotojai (tai 4,3 % arba 3 žuvusiais vairuotojais mažiau nei 2013 metais), 60 keleivių (tai 13 % arba 8 žuvusiais keleiviais mažiau nei 2013 metais), 19 dviratininkų (tai 5,3 % arba 1 žuvusiu dviratininku daugiau nei 2013 metais).



2014 metais didžiausią skaičių tarp sužeistųjų eismo dalyvių sudarė keleiviai, kurių buvo 1254 – tai 67,8 % visų sužeistųjų eismo įvykio metu, o vairuotojai ir pėstieji yra antroje vietoje pagal daugiausia sužeidžiamų eismo įvykiuose.

Žuvusiųjų ir sužeistųjų skaičius Lietuvos automobilių keliuose galėtų būti mažesnis, jeigu eismo dalyviai būtų kantresni, neignoruotų kelių eismo taisyklių, kurios skirtos ne tik vairuotojams, bet ir pėstiesiems, atidesni vieni kitiems, kitų eismo dalyvių atžvilgiu, bei rinkęsi saugias transporto priemones. Dažnai vairuotojai, renkantis pirkti automobilį, daugiausia dėmesio skiria automobilio grožiui, garsui jo viduje, t.y. garso aparatūra, o saugumas lieka paskutinėje vietoje. Daugelis perka senesnę, bet prabangesnės markės automobilį, nors galėtų rinktis prastesnės klasės, tačiau naujesnę, saugesnę bei mažiau teršiantį aplinką automobilį [4].

1.2 Avaringumo situacijos analizė Europos Sąjungos šalyse

2014 m. Europos Sąjungoje 1 milijonui gyventojų vidutiniškai teko 51 žuvęs eismo dalyvis . Lietuvoje 2014 m. 1 milijonui gyventojų teko 90 žuvusiųjų [7]. Didesnis skaičius žuvusių žmonių milijonui gyventojų, nei Lietuvoje, 2014 m. buvo tik Rumunijoje (91 žuvęs/mln. gyventojų) ir Latvijoje (106 žuvusiųjų/mln. gyventojų). Aukščiausią poziciją tarp saugiausių Europos Sąjungos šalių keliuose 2014 m. užėmė Malta, kurioje 1 milijonui šalies gyventojų teko 26 žuvę eismo dalyviai.

4 lentelė

Žuvusiųjų skaičius autoįvykiuose, tenkantis 1 mln. gyventojų Lietuvoje ir kitose Europos Sąjungos šalyse 2011–2014 m. [7]

Eilės Nr.	Šalis	Žuvusiųjų sk./ 1 mln. gyventojų			
		2011 m.	2012 m.	2013 m.	2014 m.
1	Malta	51	26	43	26
2	Olandija	33	32	28	28*
3	Jungtinė Karalystė	31	28	28	29
4	Švedija	34	31	27	29
5	Danija	40	32	34	33
6	Ispanija	45	41	36	36
7	Suomija	54	48	48	41
8	Vokietija	49	44	41	42
9	Airija	41	36	41	43
10	Austrija	62	64	54	51
11	Italija	64	62	57	52
12	Kipras	85	59	51	52
13	Slovėnija	69	59	61	52
14	Prancūzija	61	56	51	53
15	Slovakija	60	55	46	54
16	Estija	75	65	61	59
17	Portugalija	84	71	61	59

18	Čekija	74	71	62	61
19	Vengrija	64	60	60	63
20	Belgija	78	73	65	64
21	Liuksemburgas	64	65	84	65
22	Graikija	101	92	79	72
23	Kroatija	97	91	86	73
24	Lenkija	109	94	87	84
25	Bulgarija	89	82	83	90
26	Lietuva	93	101	86	90
27	Rumunija	94	96	93	91
28	Latvija	86	86	88	106

Europos Sąjungos šalių transporto ministrai 2000 metais įsipareigojo per 2001-2010 metų laikotarpį žuvusiųjų eismo įvykiuose skaičių sumažinti 50 %. Norint pasiekti šį tikslą reikėjo veikti metodiškai. Europos saugaus kelių eismo veiksmų programoje buvo nustatytos kelios pagrindines veiklos kryptys: kelių eismo dalyvių atsakingumas, didesnis transporto priemonių saugumo užtikrinimas remiantis technine pažanga ir kelių infrastruktūros gerinimas, naudojantis informacijos bei ryšių technologijomis. ES šalys šiuos įsipareigojimus įtvirtino nacionaliniame lygmenyje (5 lentelė).

5 lentelė

Žūčių keliuose skaičius pagal ES šalis (milijonui gyventojų) [6]

Valstybė narė	Žūčių skaičius		Žūčių skaičiaus kitimas	
	2001 m.	2010 m.	2009-2010 m.	2001-2010 m.
Latvija	236	97	-14%	-61%
Lietuva	202	90	-19%	-58%
Ispanija	136	54	-9%	-55%
Švedija	66	28	-26%	-54%
Liuksemburgas	159	64	-33%	-54%
Slovakija	114	53	-25%	-53%
Airija	107	45	-16%	-51%
Prancūzija	134	62	-7%	-51%
Slovėnija	140	68	-19%	-50%
Portugalija	163	79	1%	-49%
Vokietija	85	45	-12%	-48%
Didžioji Britanija	61	31	-18%	-47%
Olandija	62	32	-17%	-46%
Belgija	145	76	-12%	-44%
Italija	125	66	-6%	-44%
Austrija	119	66	-13%	-42%
Estija	146	88	20%	-41%
Vengrija	121	74	-10%	-40%
Čekija	130	76	-11%	-40%
Kipras	140	75	-15%	-39%
Danija	81	48	-13%	-39%
Suomija	84	51	-1%	-36%

Graikija	172	116	-10%	-30%
Lenkija	145	102	-15%	-29%
Bulgarija	124	102	-14%	-23%

Kiekvienais metais daroma vis didesnė pažanga, tačiau to neužtenka, nes keliuose vis dar žūsta ir sužeidžiama labai daug eismo dalyvių. Norint ES keliuose eismo įvykius ir eismo įvykių pasekmes sumažinti iki minimalaus skaičiaus, 2011 m. kovo 28 d. Europos Komisija patvirtino naująją „Baltąją knygą“, kuria siekiama suformuoti Europos Komisijos iniciatyvų darbotvarkę transporto politikos srityje iki 2050 m. Vieni iš pagrindinių „Baltojoje knygoje“ išdėstytų tikslų - iki 2050 m. užtikrinti visišką kelių saugą („nulinė vizija“); iki 2020 m. aukų skaičių keliuose sumažinti pusiau [5]. Šiuos tikslus bus stengiamasi pasiekti taikant tokias priemones:

- parengiant Europos kelių eismo saugos švietimo ir mokymo strategiją, kuri skatintų eismo dalyvius vairuoti saugiau;
- įgyvendinant ES masto kelių eismo saugos teisės aktus, kurie užtikrintų, kad pažeidus eismo taisykles su visais ES piliečiais būtų elgiamasi vienodai;
- skatinant ES šalis taikyti saugos taisykles, jau taikomas pagrindiniuose keliuose ir tuneliuose, kaimo keliuose;
- pripažįstant techninius patikrinimus visose ES šalyse (pvz., jei automobilio techninė apžiūra atlikta Lietuvoje, ji automatiškai galios ir kitose ES šalyse);
- labiau apsaugant pažeidžiamuosius kelių eismo dalyvius, ypač motociklininkus, gerinant valdžios institucijų ir eismo dalyvių bendravimą ir įdiegiant periodišką motociklų, mopedų ir kt. techninę apžiūrą;
- tobulinant informacijos apie eismo įvykius rinkimo ir analizės priemones, kurios gerintų kelių eismo saugos pažangos stebėjimą.

Priežastys, dėl ko įvyksta kelių eismo įvykiai, atsiranda tam tikromis aplinkybėmis. Tik teisingai įgyvendinant paminėtus tikslus, yra įmanoma įvykdyti visų jų pagrindinį uždavinį — Europos, o gal ir viso Pasaulio, kelių eismo dalyvių gyvybių išsaugojimą.

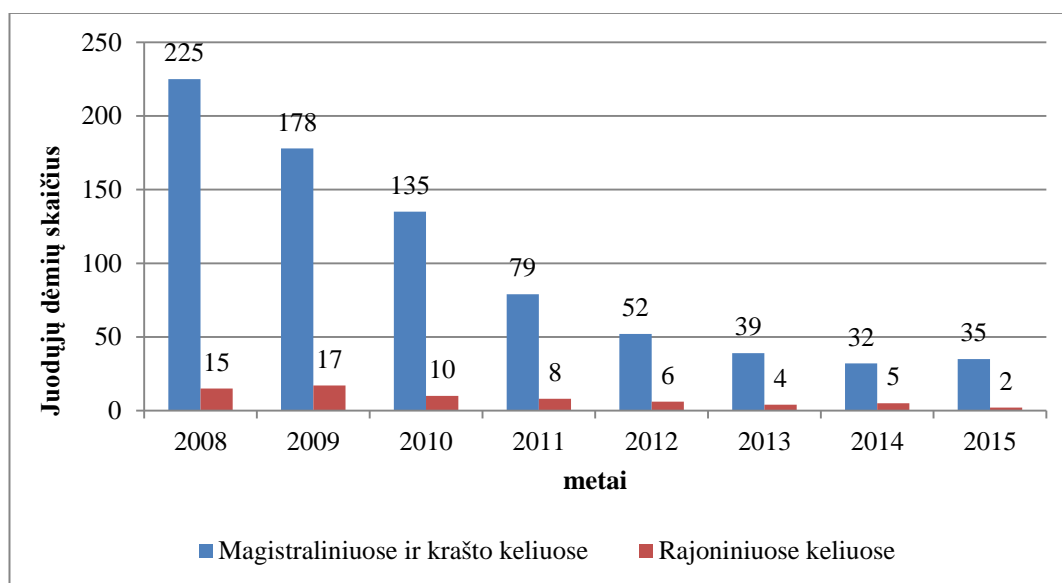
2 EISMO SAUGUMO GERINIMO PRIEMONĖS

Lietuva vis tobulėja pasiektais rezultatais eismo įvykių ir juose nukentėjusiųjų mažinimo srityje. Daug metų Lietuva pirmavo Europos Sąjungoje pagal eismo įvykiuose žuvusiųjų skaičių, tačiau, remiantis paskutiniais statistiniais duomenimis, galima teigti, jog ji įvykdė pagrindinį ES programos tikslą: „Per 2001-2010 metus eismo įvykiuose žuvusiųjų skaičių sumažinti 50 %” (5 lentelė). Pagrindinės eismo saugumo situacijos gerinimo keliuose priežastys yra sugriežtinta atsakomybė už KET pažeidimus, švietėjiškos veiklos vykdymas, gera kelių priežiūra, taip pat pagerėjusi vairuotojų

bei kitų eismo dalyvių kultūra. Nors eismo saugumo situacija keliuose vis gerėja, tačiau Lietuva neturi sustoti gerinusi eismo saugumo priemones, kad dabartinė eismo saugumo situacija ne tik išliktų tokia, kokia yra, bet ir toliau gerėtų.

Juodoji dėmė – kelio vieta, kurioje iki 500 m ruože per ketverius metus įvyko ne mažiau kaip 4 įskaitiniai eismo įvykiai, ir avaringumo rodikliai (eismo įvykių tankis bei avaringumo koeficientas) yra pasiekę ar viršiję ribines reikšmes. Tokios vietos dažniausiai būna riboto matomumo vieno lygio sankryžose, autobusų stotelių prieigose, nepakankamo matomumo kelio ruožuose su mažo spindulio vertikaliosiomis ir horizontaliosiomis kreivėmis, kelio ruožuose, kuriuose arti važiuojamosios dalies auga medžių, ir kituose kelio ruožuose, kuriuose dėl tam tikrų kelio ar jo aplinkos elementų yra didesnė rizika pakliūti į eismo įvykį.

2015 m. Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose nustatytos 37 juodosios dėmės. Iš jų magistraliniuose keliuose nustatyta 18 juodųjų dėmių, krašto keliuose – 17 juodųjų dėmių, rajoniniuose keliuose – 2 juodosios dėmės. 2015 m., lyginant su 2014 m., Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose buvo nustatyta 17 naujų juodųjų dėmių, 12 juodųjų dėmių išliko (nekito kelio ruožo ilgis), 8 migravo (pasikeitė kelio ruožo vieta, ilgis) ir 17 juodosios dėmės išnyko. Valstybinės reikšmės keliuose nustatytose juodosiose dėmėse per 2011–2014 metus įvyko 197 įskaitiniai eismo įvykiai, kurių metu 20 žmonių žuvo ir 260 buvo sužeista [7].



9 pav. Juodųjų dėmių skaičiaus kitimas 2008–2015 m.

Kiekvienais metais Lietuvos kelininkų vienas iš pagrindinių tikslų yra sumažinti „juodųjų dėmių“ skaičių valstybinės reikšmės keliuose. Nuo 2008 metų Lietuvos keliuose išnyko 203 „juodosios dėmės“. 2015 metais Lietuvos keliuose nustatytos 37 „juodosios dėmės“ ir tai yra beveik 75 % mažiau nei prieš penkerius metus, kai jų buvo 145. 2014 metais tokių avaringų ruožų buvo nustatyta

taip pat 37, 2013 m. — 43, o 2012 metais šalies keliuose buvo nustatytos 58 „juodosios dėmės“ [14] (9 pav.).

Remiantis „Avaringų ruožų nustatymo valstybinės reikšmės keliuose metodika“ nurodyta, kad, norint apibūdinti „juodąją dėmę“ ir suprasti jos esmę, būtina apibrėžti šias sąvokas: „eismo įvykis - įvykis kelyje, viešose arba privačiose teritorijose, kurio metu, judant transporto priemonei, žuvo ar buvo sužeista žmonių, sugadinta ar apgadinta bent viena transporto priemonė, krovinys, kelias, jo statiniai ar bet koks kitas įvykio vietoje buvęs turtas; avaringas ruožas - kelio ruožas, kuriame yra padidėjęs avaringumas, tačiau avaringumo rodikliai dar nepasiekė ribinės reikšmės; „juodoji dėmė“ - kelio ruožas, kuriame yra padidėjęs avaringumas ir rodikliai yra pasiekę arba viršiję ribines reikšmes,, . Kaip nurodo Lietuvos automobilių kelių direkcija, „juodoji dėmė“ Lietuvos Respublikoje apibūdinama sekančiai — tai toks 500 m kelio ruožas, kuriame per 4 metus įvyksta 4 ar daugiau įskaitinių eismo įvykių, kuriuose žūsta arba yra sužalojami žmonės [8].

2010 m. birželio 9 d. Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos direktoriaus įsakymu buvo patvirtintos „Inžinerinių saugaus eismo priemonių projektavimo ir naudojimo rekomendacijos „R ISEP 10“ [9]. Šios rekomendacijos parengtos vadovaujantis Danijos, Olandijos, Švedijos, Vokietijos bei Lietuvos normatyviniais dokumentais. R ISEP 10 rekomendacijos nustato automobilių kelių ir kitų naujai tiesiamų, rekonstruojamų, taisomų eismo vietų ir gatvių, kurios yra šių kelių tąsa, inžinerinių saugaus eismo priemonių projektavimo, naudojimo ir įrengimo techninius reikalavimus. Šiose rekomendacijose didžiausias dėmesys skiriamas eismo saugumo gerinimo priemonėms, kurių pagrindinis tikslas — pagerinti eismo saugumo situaciją Lietuvos automobilių keliuose ir gatvėse. Naudojantis „R ISEP 10“ inžinerinių saugos eismo priemonių projektavimo ir naudojimo rekomendacijomis bei siekiant nuosekliai gerinti saugaus eismo sąlygas Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose yra diegiamos įvairios inžinerinės saugaus eismo gerinimo priemonės [9]:

- **IŠKILIOSIOS GREIČIO MAŽINIMO PRIEMONĖS:** greičio mažinimo kalneliai, daliniai trapecinės formos greičio mažinimo greičio mažinimo kalneliai, iškilios sankryžos. Iškiliosios greičio mažinimo priemonės naudojamos norint sumažinti leistiną greitį nuo 90 (70) iki 50 km/h (įvažiuojant iš užmiesčio kelio į gyvenvietę, įrengiant „miesto vartus“), mažinant leistiną greitį nuo 50 iki 30 km/h bei 50 km/h, 30 km/h greičiui palaikyti [9].



- **KELIO ĮRENGINIAI:** saugos salelės, žiedinės, iškilios sankryžos, pėsčiųjų perėjos. Saugos salelių paskirtis – apsaugoti pėsčiuosius ir dviratininkus, judančius per gatvę, atskirti priešpriešinio eismo srautus, gretimas eismo juostas. Saugos salelės įrengiamos mažinant leistiną greitį nuo 90 (70) iki 50 km/h įvažiuojant iš užmiesčio kelio į gyvenvietę, įrengiant „miesto vartus“, mažinant leistiną greitį nuo 50 iki 30 km/h, 50 arba 30 km/h greičiui palaikyti. Žiedinės sankryžos yra saugiausios vieno lygio sankryžos. Žiedinės sankryžos yra ypač tinkamos, kai susikertančių kelių eismo intensyvumas yra panašus. Trišalėse žiedinėse sankryžose eismo intensyvumas mažiau apkrautuose privažiavimuose, turėtų sudaryti mažiausiai 15%, o keturšalėse žiedinėse sankryžose – mažiausiai 20% (dviejų mažiau apkrautų įvažiavimų eismo intensyvumo suma) bendro sankryžos intensyvumo. Žiedinės sankryžos gali būti įrengiamos norint sumažinti greitį nuo 90 (70) iki 50 km/h, sumažinti greitį nuo 50 iki 30 km/h, 50 km/h greičiui palaikyti, 30 km/h greičiui palaikyti. Žiedinės sankryžos įrengiamos saugaus eismo gerinimui sankryžose, siekiant supaprastinti sankryžos schemą, siekiant sumažinti eismo įvykių skaičių arba eismo įvykių prevencijai, kai pagrindinis kelias sankryžoje keičia kryptį. Iškilios sankryžos taikomos gyvenviečių gatvėse greičiui mažinti tarp skirtingo greičio zonų arba saugiam greičiui palaikyti gatvės ruož. Iškilios sankryžos efektyviai reguliuoja, palaiko saugų važiavimo greitį, vairuotojus daro budresnius. Pėsčiųjų perėjos projektuojamos išanalizavus esamą eismo padėtį ir įvertinant:

- greta esančių objektų erdvinį planavimą;
- pėsčiųjų eismo dydį ir pobūdį;
- miesto dydį ir zoną;
- gatvės kategoriją;
- galimus kitus esminius veiksnius.

Pėsčiųjų perėjos projektuojamos:

- gatvės važiuojamosios dalies lygyje be šviesos signalų arba su šviesos signalais (šviesoforinės), kai leistinas važiavimo greitis >50 km/h;
- virš važiuojamosios dalies (pėsčiųjų tiltai);
- po važiuojamąja dalimi (požeminės pėsčiųjų perėjos).



11 pav. Saugos salelės [22]



12 pav. Žiedinės sankryžos [11]



13 pav. pēščiuju pērējos [22]

- **„MIESTO VARTŲ“ ĮRENGIMAS:** „Miesto vartai“ paprastai įrengiami dviejų eismo juostų keliuose, kai kelio tęsinys eina per gyvenvietę. Įrengiant „miesto vartus“ rekomenduojama naudoti želdinius, mažosios architektūros elementus, apšvietimą, iškreivintą važiuojamąją dalį, sankryžas, saleles, trapecinės formos kalnelius. „Miesto vartai“ turi būti aiškiai matomi bei pastebimi, turi išsiskirti iš aplinkos, tenkinti estetinio vaizdo reikalavimus, turi būti užtikrintas sustojimo matomumas (ne mažiau kaip 150 m). Jei nėra sąlygų ar galimybių įvykdyti šių reikalavimų, važiuojamoji dalis „miesto vartų“ funkcijai atlikti nekreivinama. Tipiniai „miesto vartai“ įrengiami siaurinant ir iškreivinant važiuojamąją dalį, įrengus centrinę iškilį salelę, galima naudoti kelkraščius.



14 pav. „Miesto vartų“ įrengimas

- **KELIO ŽENKLAI IR ŽENKLINIMAS:** kelio ženklai ir ženklinimas susideda iš aktyvių kelio ženklų (naudojami itin pavojinguose kelio ruožuose ir ten, kur esant prastoms oro sąlygoms kitokie ženklinimo būdai yra nepakankami), priklijuojamų ženklų (naudojami ten, kur kelią kerta pėstieji, kur keičiasi eismo sąlygos bei prieš avaringo ruožo ar “juodosios dėmės” pradžią), skersinio struktūrinio ženklinimo triukšmo juostų (naudojamos vairuotojus įspėti apie artėjimą prie pavojingos sankryžos, pavojingo posūkio, siauro tilto ar prie ruožų, kuriuose yra ribojamas greitis), išilginio struktūrinio ženklinimo triukšmo juostos, frezuotos triukšmo juostos (skirtos vairuotojams perspėti apie išvažiavimą iš eismo juostos — automobiliui užvažiavus ant tokių juostų, jaučiamas akustinis ir vibracinis poveikis, dėl ko vairuotojai imasi veiksmų sugrąžinti automobilį atgal į eismo juostą).



15 pav. Kelio ženklas „Vaikai“

- APSAUGINIŲ ATITVARŲ SISTEMOS, APSAUGINIAI IR SIGNALINIAI STULPELIAI, APSAUGINĖS TVORELĖS: Gyvenvietėse tvoros, apsauginių atitvarų sistemos ir apsauginiai stulpeliai statomi tokiose vietose, kur yra padidintas pavojus eismo dalyviams išeiti ar išvažiuoti iš jiems skirtos eismo zonos. Pavojingi gatvių ruožai aptveriami apsauginių atitvarų sistemomis, siekiant apsaugoti transporto priemonės nuo išvažiavimo iš važiuojamosios dalies ir nuo priešpriešinių susidūrimų. Kelkraščių, iškilų kelio elementų matomumui tamsiu paros metu pagerinti jų išoriniame krašte statomi signaliniai stulpeliai su šviesą atspindinčiais elementais (atšvaitais). Pavojingose vietose pėsčiųjų saugumui ir jų eismo reguliavimui statomos apsauginės tvorelės.

Apsauginių atitvarų sistemos gyvenvietėse įrengiamos vadovaujantis Automobilių kelių transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemų projektavimo taisyklėmis [10].

- Apsauginių atitvarų sistemos įrengiamos tose gatvės vietose, kur avarinis transporto priemonės išvažiavimas iš važiuojamosios gatvės dalies yra pavojingesnis nei atsitrenkimas į apsauginį atitvarą.

- Apsauginių atitvarų sistemos rekomenduojamos įrengti prisitaikant prie aplinkos pvz. medinės apsauginių atitvarų sistemos.

- Šoninės apsauginių atitvarų sistemos gyvenvietėse naudojamos:

1. ant viadukų, estakadų, tiltų;
2. ant pylimų, aukštesnių nei 3,5 m (arba 1,5 m, kai šlaitų nuožulnumas yra didesnis nei 1:1,5);
3. kai nuolatiniai statiniai stovi arčiau nei 3,5 m nuo A ir B kategorijų gatvių važiuojamosios dalies;

4. apsauginių atitvarų sistemos skiriamos juostoje turi būti statomos A kategorijos gatvėse, kai skiriamosios juostos plotis yra mažesnis nei 6,00 m arba kai kokie nors objektai (atramos, medžiai, stulpai) skiriamos juostoje yra mažesniu nei 3,5 m atstumu nuo važiuojamosios gatvės dalies krašto.

Ne gyvenvietėse tvoros, apsauginių atitvarų sistemos ir apsauginiai stulpeliai statomi tokiose vietose, kur yra padidintas pavojus eismo dalyviams išeiti ar išvažiuoti iš jiems skirtos zonos.

Bendrosios nuostatos:

- apsauginių atitvarų sistemos įrengiamos eismui pavojinguose AM, I–V kategorijų kelių ruožuose siekiant apsaugoti nuo nuvažiavimų nuo kelio ir nuo priešpriešinių susidūrimų. Apsauginių atitvarų sistemos gali būti sijinės ir parapetinės;
- kelkraščių matomumui tamsiu paros metu pagerinti jų išoriniame krašte statomi signaliniai stulpeliai su šviesą atspindinčiais elementais (atšvaitais). Atšvaitai montuojami ir apsauginių barjerų sijose;
- kad į automagistralę, greitkelį nepatektų gyvuliai, laukiniai žvėrys, kelio juosta atskiriama apsauginėmis tvoromis;
- siekiant pavojingose vietose apsaugoti pėsčiuosius ir reguliuoti jų eismą, kelių ruožuose įrengiamos metalinės tvorelės.

Prieš tai paminėtos greičio mažinimo ir eismo saugumo priemonės gali būti naudojamos tiek atskirai, tiek jas derinant. Parenkant greičio mažinimo priemones, reikia atsižvelgti į kelio kategoriją ir leistiną važiavimo greitį (6 lentelė).

6 lentelė

Rekomenduojamos greičio mažinimo priemonės pagal kelio paskirtį ir atsižvelgiant į leistiną greitį [9]

Priemonės tipas	Kelio paskirtis			Kelio kategorija	Numatomas greitis, km/h		
	Tranzitinė	Skirstomoji	Privažiavimo (vietinio eismo)		$v > 70$	$70 \geq v \geq 50$	< 50
Iškiliosios greičio mažinimo priemonės (kalneliai, iškilios sankryžos)	–	–	x	III–V	(III, IV) ¹	(III,IV) ² , V	V
Saugos salelės	x	x	x	(II)–V	(II)–IV	(II)–IV	V
Žiedinės sankryžos	x	x	x	I–V	I–IV	II–V	V
Kelio ženklai ir ženklinimas	x	x	x	AM–V	AM–IV	II–V	III–V
Tvoros, atitvarai, stulpeliai	x	x	x	AM–V	AM–IV	II–V	III–V

v – leistinas važiavimo greitis, km/h;
¹ – tik iškilios sankryžos;
² – tik trapecinės formos greičio mažinimo kalneliai ir iškilios sankryžos;
(II) – saugos salelės įrengiamos išskirtiniais atvejais.

Siekiant sumažinti avaringumą Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose ir įgyvendinant įvairias saugaus eismo kampanijas, didelę reikšmę turi ne tik inžinerinės eismo saugumo priemonės, bet ir švietėjiška veikla. Pastaraisiais metais Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos, siekdama sumažinti eismo nelaimių skaičių Lietuvos keliuose, skatino žmones naudoti

saugos diržus ir vaikų saugos priemones automobiliuose, skatino vairuotojus neviršyti greičio, ėmėsi įvairių priemonių, kad būtų sumažintas neblaivių vairuotojų skaičius keliuose, kvietė pėsčiuosius saugiai elgtis keliuose, skatino pėsčiuosius ir dviratininkus nešioti atšvaitus ir drabužius su šviesą atspindinčiais elementais.

Kiekvienais metais Lietuvos Kelių direkcija su Susisiekimo ministerija vykdo saugaus eismo švietėjišką veiklą. Vykdomi projektai „Matyk ir būk matomas“, „Saugiai į mokyklą, saugiai į namus“. Visų šių akcijų tikslas yra skatinti:

- vairuotojus neviršyti greičio;
- vairuotojus ir keleivius prisiegti saugos diržus ir naudoti vaikų saugos priemones automobiliuose;
- vairuotojus nevairuoti neblaiviams ir netoleruoti neblaivių vairuotojų;
- pėsčiuosius ir dviratininkus naudoti atšvaitus ir kitas jų matomumą gerinančias priemones;
- pėsčiuosius ir dviratininkus kelyje elgtis saugiai ir dėmesingai.

Kiekvienais metais, ypač artėjant žiemos sezonui, pėstiesiems ir vaikams yra dalinami atšvaitai, liemenės ir kitos priemonės su šviesą atspindinčiais elementais, kurios padeda išvengti aukų Lietuvos keliuose.

Inžinerinių eismo saugumą gerinančių priemonių Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose yra pakankamai daug ir įvairių. Visų jų pagrindinė paskirtis – sumažinti eismo įvykių ir aukų skaičių Lietuvos automobilių keliuose. Viena iš šių inžinerinių eismo saugumo priemonių yra apsauginiai atitvarai, todėl mano baigiamojo magistro darbo pagrindinis tikslas yra atlikti apsauginių atitvarų Lietuvos automobilių keliuose tyrimą ir analizę.

3 INŽINERINĖ EISMO SAUGUMO PRIEMONĖ – APSAUGINIS ATITVARAS

Kelio atitvaras – uždara, sauganti, kad transporto priemonės nenuvažiuotų nuo kelio, tilto, viaduko, estakados, neatsitrenktų į kliūtis, nesudurtų su priešais važiuojančiu transportu [23]. Lietuvos kelių direkcija prie susisiekimo ministerijos, automobilių kelių transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemos projektavimo taisyklės KPT TAS 09 teigia, kad kelio atitvaro paskirtis, yra nuo važiuojamosios dalies priverstinai nukrypusią transporto priemonę sulaikyti arba grąžinti atgal arba, sistemai deformuojantis, judėjimo energiją paversti deformacija [14]. Apsauginių barjerų naudojimas tam skirtose vietose, leidžia apsaugoti eisme keliu nedalyvaujančius asmenis ar saugotinos sritis esančias šalia kelio. Transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemų diegimas tarp dviejų važiuojamųjų dalių, esant priešpriešiniam eismui, leidžia apsaugoti priešpriešinio eismo dalyvius nuo galimų eismo įvykių. Apsauginiai kelio atitvarai, taip pat atlieka savo funkciją, kai transporto

priemonė priverstinai nukrypsta nuo važiuojamosios dalies, šios saugos priemonės apsaugo keleivius nuo sunkių padarinių.

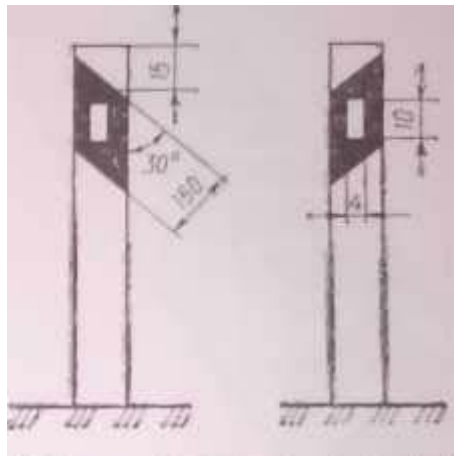
Kelio ruožą, kuriame numatoma statyti transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemas, reikalinga patikrinti, ar apsauga gali būti geresnė, vengiant pavojingos vietos, ją šalinant ar pertvarkant statyboje naudojamais būdais. Papildomas kliūties sukūrimas, prieštarauja pagrindiniam apsauginių kelio barjerų principui. Kelio saugumas gali būti gerinamas, tokiomis priemonėmis [18]: pakankamas atstumas nuo kelio iki apsaugos zonų, kliūčių šalinimas, galimų apvažiavimų tiesimas, daubos vietoje pakelti važiuojamąją dalį, rekonstruoti nestačius šlaitus.

Jeigu numatytomis priemonėmis, negalima pašalinti kelyje esančių kliūčių, tuomet specialistai pataria jas atitverti apsauginiais atitvarais. Norint iširti apsauginių atitvarų sistemas, reikia išanalizuoti specifinius eksploataavimo reikalavimus, jų parinkimo metodiką. Specifiniai eksploataavimo reikalavimai, kuriuos turi atitikti transporto priemonės apsauginių atitvarų sistemos, priklauso nuo pastatymo vietos.

Apsauginiais atitvarais siekiama užtikrinti keleivių saugumą ne tik saugojant nuo kelyje esančių kliūčių, bet taip pat nuo kitų eismo dalyvių, kurie nukrypsta nuo savo važiuojamosios dalies. Specialistai, tiriantys eismo įvykius, pataria diegti apsauginius atitvarus tokiuose kelio ruožuose kur yra didelė tikimybė nukrypti nuo važiuojamosios dalies. Tokiomis zonomis gali būti [24]: kelio atkarpa kurios posūkių spindulių santykiais yra labai didelis, kelio atkarpa su keletu viena po kitos einančių kreivių su mažais spinduliais, atkarpa su neįprastai dideliais krypčių pasikeitimais esamų kelių zonoms, kuriose dažni eismo įvykiai (juodosios dėmės), kai vyrauja eismo įvykio tipas „nukrypimas nuo važiuojamosios dalies“, esamų kelių zonose, kuriose dažni kiti eismo įvykiai.

Atitvarais atitveriami kelių ruožai ant aukštų pylimų ir kitokie pavojingi kelių ruožai, kad vairuotojai būtų informuojami apie kelio kryptį ir nenuvažiuotų nuo pylimų, pralaidų, tiltų bei viadukų, nepervažiutų skiriamosios juostos, neužvažiuotų ant stambių kliūčių ir kt., taip pat būtų saugiau pėstiesiems. Atitvarai yra trijų rūšių: orientuojantieji, nukreipantieji ir sulaikantieji.

Orientuojantieji atitvarai — dažniausiai stulpeliai (16 pav.) informuoja vairuotojus apie kelio kryptį pavojinguose ruožuose. Prie stulpelių, statomų dešinėje kelio pusėje, tvirtinama raudoną šviesą atspindinti plėvelė, o statomų kairėje pusėje — balta. Galima naudoti ir šviesą atspindinčius elementus (katafotus) iš stiklo ar plastiko.



16 pav. Orientuojantieji stulpeliai

Vairuotojas naktį mato tik dvi skirtingos spalvos taškų linijas ir geriau orientuojasi kelyje. Stulpeliai statomi kelkraštyje 0,5 m atstumu nuo sankasos briaunos. Jie įkasami 50 - 70 cm į gruntą, o jų aukštis virš sankasos paviršiaus — apie 1 m.

Norint nustatyti kokie atitvarai turi būti tam tikruose keliuose reikia žinoti jų parametrus, eismo sąlygas ir eismo intensyvumą, todėl valstybinės reikšmės keliai yra suskirstyti į AM (automagistrales) ir I–V kategorijos kelius, vietinės reikšmės kelius – į I_v – III_v kategorijos kelius:

- AM kategorijos automagistralės – tai specialiai nutiesti automobilių keliai, skirti automobiliams važiuoti dideliais greičiais, turintys tik skirtingų lygių sankryžas su bet kokios reikšmės keliais ir geležinkeliais, pėsčiųjų ir dviračių takais bei bandotakiais. Kelių sankryžose įvažiuojančio į automagistralę ir išvažiuojančio iš jos transporto srautai neturi kirstis viename lygyje. Priešingų krypčių eismo srautai automagistralėse turi atskiras važiuojamąsias dalis, atskirtas skiriamąja juosta.

- I kategorijos keliai skiriami intensyviai autotransporto eismui, tačiau eismo patogumo ir aptarnavimo lygis juose žemesnis negu automagistralėse. Priešingų krypčių eismo srautai atskiriami skiriamąja juosta. Techniškai ir ekonomiškai pagrindus, kelių sankryžos ir susikirtimai su dviračių bei pėsčiųjų takais gali būti viename lygyje. Leidžiama stadijinė sankryžų statyba.

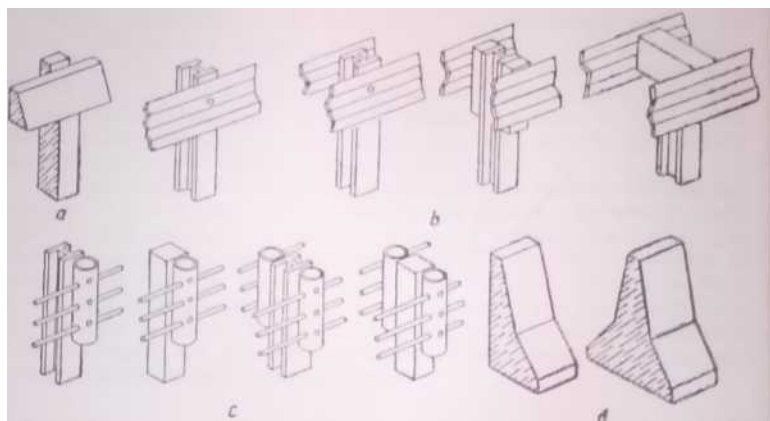
- II kategorijos keliai sudaro pagrindinį magistralinių kelių tinklą.
- III kategorijos keliai sudaro pagrindinį krašto kelių tinklą.
- IV, V kategorijos keliai sudaro pagrindinį rajoninių kelių tinklą.
- I_v kategorijos keliai jungia valstybinės reikšmės kelius ir kaimo tipo gyvenamąsias vietas, infrastruktūros objektus.
- II_v kategorijos keliai jungia kaimus; jungiasi tarpusavyje arba su aukštesnės kategorijos keliais.

III_v kategorijos keliai – ūkių vidaus keliai; jungiasi tarpusavyje ir su aukštesnių kategorijų keliais; privažiavimai prie hidrotechninių įrenginių ir mažiau lankomų gamtos ir kultūros paminklų; nacionalinių parkų ir miškų keliai [21].

I — III kategorijų kelių tiesiuose ruožuose orientuojantieji stulpeliai statomi ant aukštesnių kaip 2 - 3 m pylimų, 50 m atstumu vienas nuo kito, o kelyje, nutiestame per pelkes, šalia vandentėkmių bei kelio statinių zonoje — 10 m atstumu vienas nuo kito. Horizontalių kreivių ruožuose, jeigu juose kelias nutiestas aukštesniu kaip 1 m pylimu, stulpeliai statomi 5 - 25 m atstumu vienas nuo kito.

Orientuojantieji stulpeliai daromi iš gelžbetonio, tačiau, užvažiavus ant jų, labai apgadinamas automobilis, taip pat nepatogu valyti sniegą. Todėl šiuos stulpelius rekomenduojama daryti iš plastmasės (polietileno ar polivinitchlorido).

Nukreipiantieji atitvarai įrengiami išilgai kelio (kelkraštyje ties žemės sankasos briauna ar skiriamajoje juostoje), kad nevaldomas automobilis, atsitrenkęs į jas tam tikru kampu (mažesniu kaip 30°), nebūtų nublokštas į važiuojamąją dalį, neapvirstų, o slystų pagal aptvarą tolygiai lėtėdamas. Nukreipiantieji atitvarai orientuoja vairuotoją pavojinguose kelių ruožuose. Jie dažomi tam tikra spalva. Nukreipiančiųjų atitvarų konstrukcija turi būti tokia, kad atsitrenkęs automobilis juos mažai sugadintų [13].



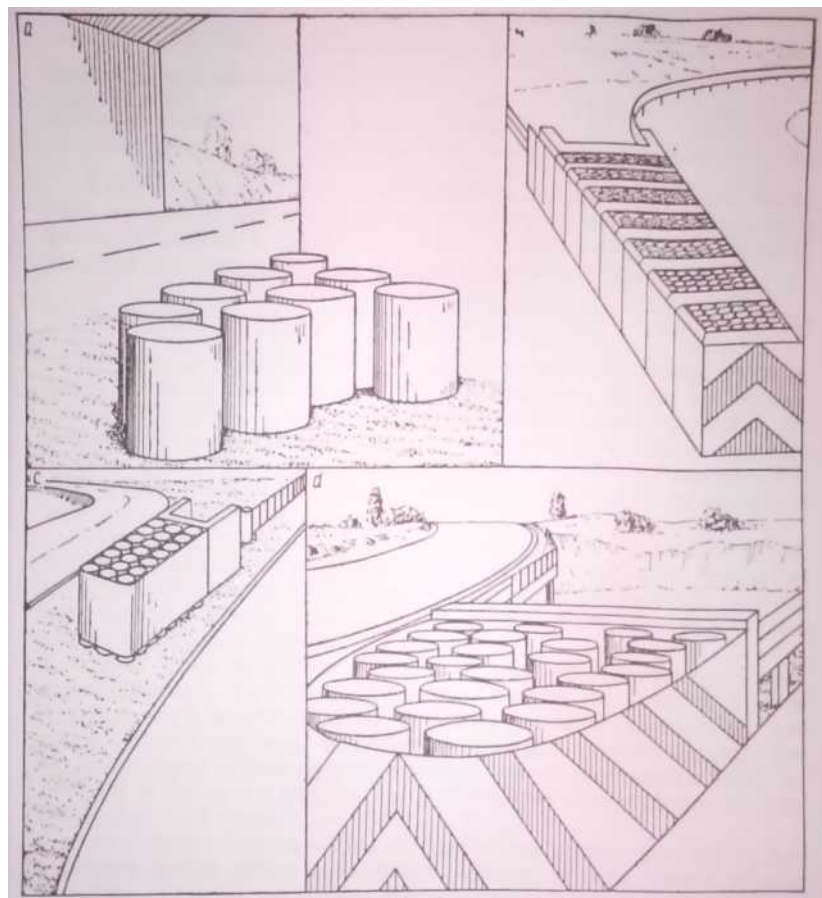
17 pav. Nukreipiantieji atitvarai: *a* — barjero tipo, *b* — plieno ir lengvųjų metalų juostų, *c* — plieninių lynų, *d* — parapeto tipo [13]

Nukreipiantieji atitvarai — tai standūs gelžbetoniniai barjerai (17 pav., a) ir parapetai (17 pav., d), pusiau standžios plieninės ar lengvųjų metalų juostos (17 pav., b) ir elastingi plieniniai lynai (17 pav., c). Jie tvirtinami prie į gruntą įkaltų stulpų.

Standūs gelžbetoniniai atitvarai yra brangesni, nors, juos įrengus, sumažėja mirtinų atsitikimų. Jie mažai apgadinami, o išlaidos jų remontui nedidelės. Tačiau šie atitvarai neaukšti (apie 50 cm), todėl blogai sulauko sunkvežimius, kurie atsitrenkę apvirsta, o lengvieji automobiliai kartais vėl nubloškiami į važiuojamąją dalį. Vis plačiau pradedami naudoti plieninių ir lengvųjų metalų juostų atitvarai gerai sugeria atsitrenkiančio automobilio kinetinę energiją ir nukreipia ją išilgai kelio, taip pat puikiai orientuoja vairuotojus apie kelio kryptį, tačiau jiems įrengti suvartojama daug metalo.

Įtemptieji plieniniai lynai, pritvirtinti prie daugelio atramų, atsitrenkusio automobilio smūgio jėgą paskirsto ilgame atitvaro ruože, o automobilis elastingai nukreipiamas išilgai jo. Lynai nesulaiko sniego, todėl juos patogu naudoti šiauriniuose rajonuose. Tačiau šio tipo atitvarai blogai matomi naktį bei rūke.

Sulaikantieji atitvarai įrengiami tam, kad absorbuotų atsitrenkusio automobilio kinetinę energiją ir apsaugotų vairuotoją bei keleivius. Jie gaminami iš kelių vienas už kito sustatytų tuščiavidurių polietileninių cilindrių, pripildytų smėlio ir druskos mišinio, kad žiemą smėlis nesusaltų (18 pav., a). Kartais vietoj polietileninių cilindrių naudojamos nudėvėtos padangos, iš kurių sudarytos rietuvės irgi pripildomos smėlio su druska. Atsitrenkęs automobilis sudaužo tokį atitvarą ir, nusinešdamas su savim tam tikrą smėlio masę, perduoda jam dalį kinetinės energijos.



18 pav. Sulaikantieji atitvarai: a — cilindrai, pripildyti smėlio, b — skysčio pripildyti indai, sustatyti eilėmis ir sujungti skersinėmis pertvaromis, c — polietileninių indų blokas, d — plieninės statinės, apjuostos metaline juosta [13]

Tiesiant kelius, naudojami sulaikantieji atitvarai iš cilindrinėjų polietileninių indų, pripildytų neužšalancio skysčio (pvz., vandens ir kalcio chlorido tirpalo). Tokie atitvarai daromi dviejų tipų. Vieni jų būna sudaryti iš daugelio indų, tvarkingai sustatytų eilėmis ir sujungtų skersinėmis pertvaromis (18 pav., b). Jie įrengiami kelių ruožuose, kur automobiliai važiuoja iki 100 km/h greičiu. Antrojo tipo sulaikantieji atitvarai statomi prie tiltų ir viadukų atramų. Jie daromi iš vieno

polietileninių indų bloko (18 pav., c). Automobiliui atsitrenkus į tokį atitvarą, indai deformuojasi, skystis išsispaudžia per specialius vožtuvus ir automobilis sustoja. Kartais sulaikantis atitvaras daromas iš 20 - 30 tuščių metalinių statinių, kurios sujungiamos varžtais, o visa jų grupė apjuosiama metaline juosta (18 pav., d).

Specialūs nelabai stiprūs atitvarai įrengiami pėsčiųjų eismo saugumui padidinti gyvenvietėse, o kartais ir už jų. Jie statomi norint atskirti važiuojamąją dalį nuo šaligatvio [13].

3.1 Apsauginių atitvarų tipai ir parametrai

Eismo saugumas keliuose didinamas dviem pagrindiniais būdais: apsaugant keleivius ir vairuotojus nuo galimų sužeidimų avarijos metu arba naudojant transporto priemones, kurios leidžia išvengti pačios avarijos. Įvertinant atitvarų saugumą susiduriama su problema projektuojant ar parenkant kelio atitvarų tipus yra ta, kad labai stipriai skiriasi transporto priemonių masės. Todėl yra sunku sukurti universalų atitvarą gebantį tiek pat efektyviai sulaikyti dvidešimt tonu, sveriantį vilkiką ar tonos nesveriantį automobilį.

Transporto priemonių plieninių apsauginių atitvarų sistemos (TAS-PL) yra sudarytos iš šių dalių: apsauginių barjerų (AB), smūgio slopintuvų (SS), pradinių ir galinių komponentų (PGK), jungiamųjų komponentų (JUK). Transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemos (TAS) skirstomos į sistemos dalių eksploatacinių charakteristikų klases. Eksploatacinių charakteristikų klasių sandara ir jas apibūdinantys standartai nurodyti 7 lentelėje.

7 lentelė

Eksploatacinių charakteristikų klasių sudėtis pagal LST EN 1317 standartų seriją [10]

Apsauginiai barjerai (AB)	Pradiniai ir galiniai komponentai (PGK)	Jungiamieji komponentai (JUK)	Smūgio slopintuvai (SS)
Eksploatacinių charakteristikų klasės pagal LST EN 1317-2 [17]: - sulaikymo lygis. - veikimo pločio klasė, - smūgio stiprumo lygis	Eksploatacinių charakteristikų klasės pagal LST L ENV 1317-4 [19]: - eksploatacinių charakteristikų klasė. - transporto priemonės atšokimo srities klasė, - liekamoio šoninio noslinkio klasė. - smūgio stiprumo lygis	Eksploatacinių charakteristikų klasės pagal LST L ENV 1317-4 [19]: - sulaikymo lygis. - veikimo pločio klasė, - smūgio stiprumo lygis	Eksploatacinių charakteristikų klasės pagal LST EN 1317-3 [18]: - eksploatacinių charakteristikų lygis/ greičio klasė. - liekamoio šoninio noslinkio klasė. - gražinimo zonos klasė. - smūgio stiprumo lygis.

AB paskirtis – nuo kelio važiuojamosios dalies priverstinai nukrypusią transporto priemonę pakreipti taip, kad ji, slysdama palei barjerus, sustotų. AB gali būti:

– nuolatiniai — įrengti naudoti ilgai,

– laikini — dažniausiai naudojami laikinai atitverti atliekant kelio darbus ar kritinių ir paprastų situacijų atvejais,

- standūs, kurie nežymiai deformuojasi transporto priemonės smūgio metu,
- deformuojamieji, kuriuose nuo transporto priemonės smūgio atsiranda liekamoji deformacija,
- vienusiai, sukonstruoti priimti smūgį tik iš vienos pusės,
- dvipusiai, sukonstruoti priimti smūgį iš abiejų pusių.

Pagal savo veikimo būdą AB priskiriami atstumiantiesiems pasyviosios saugos įrenginiams. AB konstruojami iš plieninių statybinių elementų, kuriuos sudaro metalinės sijos, metaliniai statramsčiai ir papildomos tvirtinimo detalės. AB pagal taisyklių KPT TAS 09 [15] nurodymus visuomet turi būti su pradiniais ir galiniais komponentais (PGK).

Naudojamų AB konstrukcija turi būti išbandyta laikantis standarte LST EN 1317-1 [16] apibrėžtų bandymo priemonių, metodų, sąlygų, ir apskaičiuojami ASI, THIV, PHD. Keliuose įrengiami AB turi atitikti eksploatacinių charakteristikų klasių, nustatomų atliekant smūginius bandymus pagal standartus LST EN 1317-1 [16] ir LST EN 1317-2 [17], reikalavimus.

Atitvaro pagrindinis uždavinys - neleisti automobiliui nuvažiuoti nuo kelio. Atitvaras turi sugerti kuo didesnę smūgio energijos dalį. Atitvaro sijos negali lūžti ar nutrūkti sujungimo vietose, bet sijos atitrūkimas nuo statramsčio yra beveik nevaržomas. AB eksploatacinių charakteristikų klases apibrėžia 3 parametrai:

- sulaikymo lygis (angl. „containment level“),
- smūgio stiprumo lygis (angl. „impact severity“),
- veikimo plotis (angl. „working width“).

8 lentelė

Smūginių bandymų kriterijai [16]

Bandymas	Smūgio greitis, km/val.	Smūgio kampas, laipsniais	Transporto priemonė	
			Bendroji masė, kg	Tipas
TB 11	100	20	900	lengvasis automobilis
TB 21	80	8	1300	lengvasis automobilis
TB 22	80	15	1300	lengvasis automobilis
TB 31	80	20	1500	lengvasis automobilis
TB 32	110	20	1500	lengvasis automobilis
TB 41	70	8	10000	sunkiasvorė TP
TB 42	70	15	10000	sunkiasvorė TP
TB 51	70	20	13000	autobusas
TB 61	80	20	16000	sunkiasvorė TP
TB 71	65	20	30000	sunkiasvorė TP
TB 81	65	20	38000	vilkikas su puspriekabe

Smūginiams bandymams naudotos transporto priemonės, aplinka, dangos paviršius, rezultatų fiksavimo ir matavimo priemonės bei skaičiavimo metodai turi atitikti standarto LST EN 1317-1 [16]

nurodymus. Laikantis LST EN 1317-2 [17] reikalavimų, reikia atlikti smūginius bandymus, kurie atitinkamai koduojami raidėmis ir skaičiais, taikant 8 lentelėje nurodytą smūgio greitį, kampą, transporto priemonę.

Atitvaras atitinka sulaikymo lygį, jei bandymo metu tenkina jam priskirtus reikalavimus ir kriterijus. Kelio atitvarai turintys atitinkamą sulaikymo lygį, turi būti bandomi keliomis bandymo rūšimis, pavyzdžiui: natūrinis bandymas su lengvuoju automobiliu ir sunkvežimiu [15]. Tikrinant ar atitvarų sistema atitinka numatomą sulaikymo lygį, bandymas turi būti atliktas mažiausiai tris kartus.

3.1 Sulaikymo lygiai

Sulaikymo lygis – lygis, kuris apibūdina transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemos įrenginių sulaikymo gebą priklausomai nuo transporto priemonės masės, smūgio kampo ir smūgio greičio, nustatomas atliekant smūginius bandymus pagal LST EN 1317 serijos standartus.

Sulaikymo lygis apsprendžia atitvarų sistemos tipą. Skirtingo sulaikymo lygio atitvarų sistema turi skirtingą skerspjūvio formą. Atitvarų sistemai sulaikymo lygis nurodo, kokią dalį smūgio energijos atitvaras turi sugerti. Kaip matoma 9 lentelėje, sunkiasvoriam transporto priemonėms skirti atitvarai (labai didelės sulaikymo gebos atitvarai H4a, H4b) yra bandomi ne tik su sunkiasvore transporto priemone, bet ir su lengvuoju automobiliu (TB 11 bandymas - 900 kg masės automobilis). Taip siekiama užtikrinti, kad lengvasis automobilis atsitrenkęs į didelės ar labai didelės sulaikymo gebos atitvarą nepatirtų „kieto smūgio“. Atitvarų sistema privalo „sugerti“ tam tikrą dalį smūgio energijos.

Kiekvienu konkrečiu AB taikymo atveju sulaikymo lygis nustatomas laikantis taisyklių KPT TAS-09 [10] VII skyriaus II skirsnio nurodymų.

9 lentelė

Sulaikymo lygiai

Sulaikymo lygiai	Priėmimo bandymas
maža sulaikymo geba T1 T2 T3	TB 21 TB 22 TB 41 ir TB 21
normali sulaikymo geba N1 N2	TB 31 TB 32 ir TB 11
didesnė sulaikymo geba H1 H2 H3	TB 42 ir TB 11 TB 51 ir TB 11 TB 61 ir TB 11
labai didelė sulaikymo geba H4a H4b	TB 71 ir TB 11 TB 81 ir TB 11

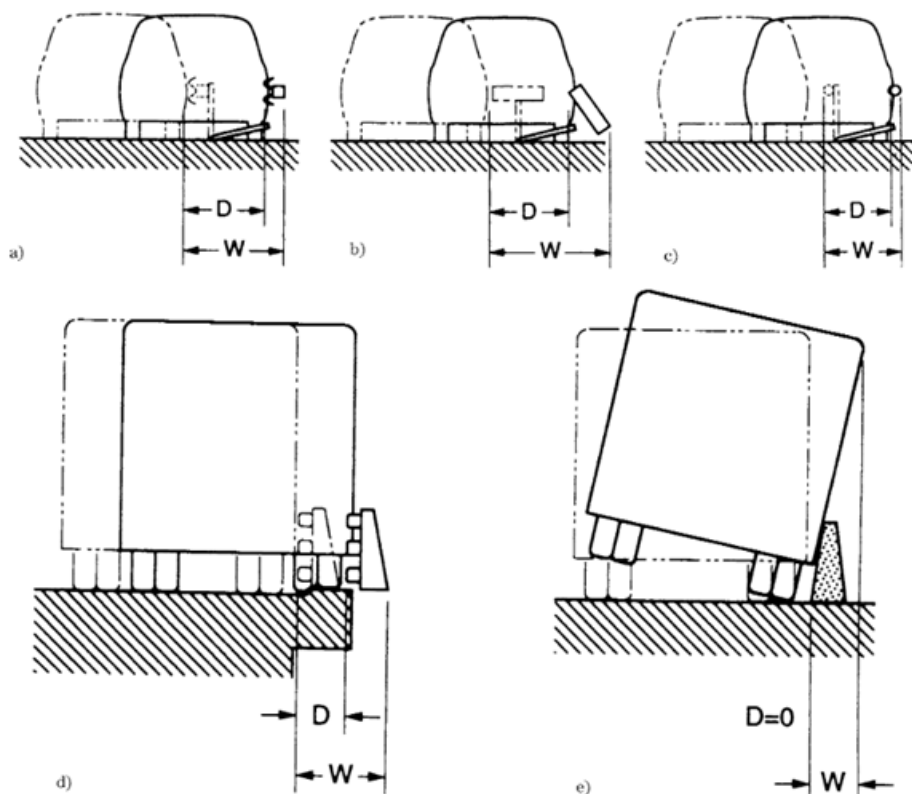
Ar reikia įrengti apsauginius barjerus ir koks turi būti jų mažiausias sulaikymo lygis, nusprendžiama pagal schemą, pateiktą P-1 priede išvardintas pavojingas vietas.

19 paveiksle nepaminėtos kitos pavojingos vietos turi būti priskirtos vienam iš pateiktų pavojingumo lygių. Su sprendimu susiję 19 paveikslo langeliai turi būti laikomi klausimais. Jeigu į juos atsakoma „taip“, tolimesnį sprendimo būdą rodo horizontalios rodyklės, jeigu „ne“ - vertikalios rodyklės.

3.2 Veikimo plotis

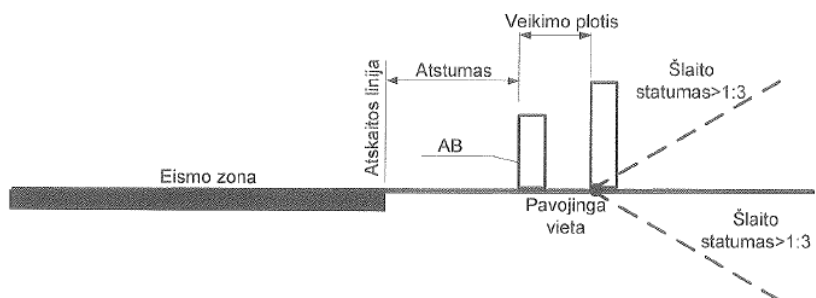
Standartu yra ribojamas atitvarų veikimo plotis išreikštas veikimo pločio klasėmis (10 lentelė) [15]. Atitvarų sistemos veikimo plotis paprastai žymimas raide „W“ (19 pav.). Atstumas nustatomas atliekant smūginius bandymus pagal standartą LST EN 1317-2. Šis plotis nusako, koks galimas maksimalus atitvaro sijos poslinkis (įlinkis) smūgio metu.

Dinaminis įlinkis – įlinkis, kuris atitinka didžiausią šoninį dinaminį (atsižvelgiant į aplinkybes, tik trumpalaikį) sistemos fasadinės pusės poslinkį. Transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemų dinaminis įlinkis nustatomas atliekant smūginį bandymą pagal standartą LST EN 1317-2 [17].



19 pav. Dinaminis šoninis įlinkis (D) ir veikimo plotis (W)

Veikimo plotis apibūdina, kaip toli tolimiausias atitvaro taškas atsidurs smūgio metu. Pagrindinis reikalavimas parenkant apsauginius barjerus toks, kad jų veikimo plotis būtų mažesnis už atstumą tarp apsauginių barjerų priekinio krašto ir pavojingos vietos priekinio krašto (20 pav.).



20 pav. Apsauginių barjerų (AB) išdėstymas priklausomai nuo veikimo pločio ir eismo zonos. [14]

Atstumas tarp apsauginių barjerų priekinio krašto ir atskaitos linijos turėtų būti 0,5 m. Šis mažiausias atstumas pagrįstais išimtiniais atvejais gali būti dar mažesnis, jeigu yra tam tikri atvejai, pvz., veikimo pločio zonoje yra kliūčių. Užtikrinant būtiną matomumo lauką, gali prireikti didesnio atstumo.

Jeigu leidžia vietos sąlygos arba reikalauja eismo sąlygos (pvz., keliuose be atskirų pėsčiųjų ir dviračių takų), apsauginius barjerus galima išdėstyti 1,0-1,5 m atstumu nuo atskaitos linijos. Šiuo atveju kelkraštį reikia pakankamai sustiprinti ir užtikrinti apsauginių barjerų funkcionavimą bei prireikus tai įrodyti.

10 lentelė

Veikimo pločio lygiai [14]

Veikimo pločio klasės	Veikimo pločio lygiai, m
W1	$W \leq 0,6$
W2	$W \leq 0,8$
W3	$W \leq 1,0$
W4	$W \leq 1,3$
W5	$W \leq 1,7$
W6	$W \leq 2,1$
W7	$W \leq 2,5$
W8	$W \leq 3,5$

Apsauginiai barjerai, kurių veikimo pločio klasė yra didesnė už atstumą tarp apsauginių barjerų priekinio krašto ir pavojingos vietos krašto, gali būti įrengiami, jeigu, atlikus bandymus pagal standartą LST EN 1317-2 [17], nustatoma, kad transporto priemonės yra sulaikomos, o apsauginių barjerų veikimo principas nepasikeičia.

Kelio atitvaro veikimo plotis parenkamas pagal kelio ruožą, kur diegiama atitvarų sistema, t.y. vadovaujantis galiojančiais standartais, parenkamas galimai didžiausias atitvaro veikimo plotis. Parinkus atitvarų sistemą pagal sulaikymo gebą ir siekiant pakeisti jų veikimo zonos klasę, kartais

užtenka rečiau arba tankiau sukalti statramsčius. Kelio apsauginių barjerų sistemos statramsčių kalimo atstumai pateikti standartuose.

3.3 Smūgio stiprumo lygis

Smūgio stiprumo lygis – teorinis parametras, skirtas lengvųjų automobilių keleivių fizinei apkrovai, sužeidimo sunkumui ar žūties pavojui įvertinti.

Transporto priemonės keleivio saugumas įvertinamas pagreičio stiprumo indeksu ASI (11 lent.), teoriniu smūgio, statmenai į transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemą, greitis THIV ir sulėtėjimas po smūgio PHD rodikliais. Visi šie paminėti rodikliai susidūrimo su atitvaru metu priklauso nuo atitvaro standumo. Didesnio standumo (W1 veikimo zonos klasė ir labai aukštos sulaikymo gebos) atitvaras bus efektyvus susidūrimo su sunkesne transporto priemone atveju ir gali būti atvirkščias poveikis saugumo požiūriu, susidūrus lengvajam automobiliui. Pagal ASI kriterijų transporto priemonių apsauginių atitvarų saugumas įvertinamas A, B ir C saugumo laipsniais. Smūgio stiprumo lygis A rodo mažesnę transporto priemonės keleivius veikiančią apkrovą, kai ji nukrypsta nuo važiuojamosios dalies, nei smūgio stiprumo lygis B, todėl esant panašioms sąlygoms, pirmenybė turi būti teikiama lygiui A. Ypač pavojingose vietose, kuriose svarbiausia sulaikyti nuo važiuojamosios dalies nukrypstančią transporto priemonę (pvz., sunkiasvorę), gali būti pasirenkamas C smūgio stiprumo lygis, nusakantis didžiausią transporto priemonės keleivius veikiančią apkrovą. Smūgio stiprumo lygis A rodo mažesnę transporto priemonės keleivius veikiančią apkrovą, kai ji nukrypsta nuo važiuojamosios dalies, nei smūgio stiprumo lygis B, todėl esant panašioms sąlygoms, pirmenybė turi būti teikiama lygiui A. Ypač pavojingose vietose, kuriose svarbiausia sulaikyti nuo važiuojamosios dalies nukrypstančią transporto priemonę (pvz., sunkiasvorę), gali būti pasirenkamas C smūgio stiprumo lygis, nusakantis didžiausią transporto priemonės keleivius veikiančią apkrovą.

11 lentelė

Smūgio stiprumo laipsniai [14]

Saugumo laipsnis	Parametrai		
A	ASI ≤ 1,0	ir	THIV ≤ 33 km/h PHD ≤ 20 g
B	ASI ≤ 1,4		
C	ASI ≤ 1,9		

ASI yra grindžiama transporto priemonės judėjimo ir smūgio metu susidaranciais pagreiciais, bet be manekeno. ASI kriterijus tiesiogiai neprognozuoja žalos ar sužeidimo. Daroma prielaida (be tiesioginių įrodymų), kad aukštas ASI — visada prilyginamas didelei žalai.

ASI kriterijus buvo naudojamas norint nustatyti pagreičio ribas, gautas iš lėktuvo pilotų katapultavimo metu bandymo, kur nėra įvertinamas keleivio judesio tipas ir aplinkos poveikis su pakelės kliūtimis.

A, B ir C lygiai, nurodantys sužeidžiamumą yra savavališki, t.y. nėra įrodytas ryšys su žala, bet tai priimta naudoti.



21 pav. Realus TB11 bandymo nuotrauka kai automobilis 900kg, važiuoja 100km/h ir trenkėsi 20 laipsnių kampu į betoninį atitvarą [28]

Potencialios sužeidimų rizikos indeksas ASI skirtas įvertinti smūgio metu pasiekiamų pagreičio perkrovų lygį transporto priemonėje sėdinčiam keleiviui. Pagreičio stiprumo rodiklis (ASI) yra laiko funkcija, apskaičiuojama pagal lygtį :

$$ASI_{(t)} = \sqrt{\left[\left(\frac{ax}{ax_1}\right)^2 + \left(\frac{ay}{ay_1}\right)^2 + \left(\frac{az}{az_1}\right)^2\right]} \quad (2)$$

Lygtyje (2) ax_1 , ay_1 , az_1 - pagreičio išilgai kūno ašių x, y ir z kintamųjų ribiniai dydžiai. ax , ay , az - transporto priemonės pasirinkto taško P pagreičio kintamieji, jų vidurkis apskaičiuojamas judėjimo intervalui esant $\delta = 50$ ms (3).

$$ax = \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} ax \cdot dt ; ay = \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} ay \cdot dt ; az = \frac{1}{\delta} \int_t^{t+\delta} az \cdot dt \quad (3)$$

Ribinio pagreičio dydžiai — tai tokie dydžiai, žemiau kurių rizika keleiviui būti sužalotam yra labai maža (lengvi sužeidimai arba jokių sužeidimų).

ASI, skaičiuojant pagal lygtį (2) yra skaliarinė laiko funkcija, kurios dydis pasirinktame transporto priemonės taške P gali būti tik teigiamas. Kuo daugiau pagreičio stiprumo rodiklis viršija vienetą, tuo didesnė rizika keleiviui tame taške būti sužalotam ir tuo labiau netenkinami saugumo reikalavimai, dėl šios priežasties maksimalus ASI dydis pasiektas susidūrimo metu laikomas vienu iš saugumo parametru.

Ribinių pagreičių ax_1 , ay_1 ir az_1 vertės priklauso nuo transporto priemonėje esančių saugos diržų tipo (12 lentelė). Ribinių pagreičių vertės ax_1 – išilginė, ay_1 – horizontalia ir az_1 – vertikalio kryptimis.

Ribinių pagreičių vertės

Keleivio suvaržymas	Ribiniai pagreičiai		
	ax_1	ay_1	az_1
Neužsisėgus saugos diržų	7g	5g	6g
Užsisėgus saugos diržą tik per juosmenį	12g	9g	10g
Užsisėgus įprastinį saugos diržą (per petį ir juosmenį)	20g	15g	17g

Pastaba: pagreitis $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$

Teorinio galvos smūgio greičio rodiklis (THIV) buvo sukurtas siekiant įvertinti keleivių veikiančias pagreičio perkrovas smūgio metu, kai transporto priemonė susiduria su kelio apsauginių atitvarų sistema. Keleivis vertinamas kaip laisvai judantis objektas, kurio judesiai, kai transporto priemonės greitis keičiasi susidūrimo su aptvarų sistema metu, tęsis tol, kol šis objektas (keleivis) neatsitrenks į vidinį transporto priemonės paviršių. THIV dydis smūgio metu vertinamas kaip transporto priemonės susidūrimo su atitvarų sistema smūgio stiprumo matavimas. Aprašant šį kriterijų, matuojamas automobilio judėjimas, galva yra prielaida, kad ji juda automobilyje laisvai. Greitis, koku galva trenkėsi į sienelę automobilio viduje arba į langą, yra dydis THIV. Teorinis galvos smūgio greitis (THIV) yra santykinis greitis per laiko tarpą t . THIV neturi viršyti 33 km/h.

$$THIV = \sqrt{[v_x^2(t) + v_y^2(t)]} \quad (4)$$

Sulėtėjimo po smūgio rodiklis (PHD) apibūdinamas priimant, kad likusiojo susidūrimo periodo metu, centras lieka sąlytyje su paviršiumi. Taigi centras likusiojo susidūrimo periodo metu patirs tokio pat lygio pagreitį, kaip ir transporto priemonė.

Susidūrimo metu transporto priemonė juda tik horizontalioje plokštumoje. Į transporto priemonės apšvietimą neatsižvelgiama, nes jei bandymo metu transporto priemonė apsiverčia, bandymas atmetamas, o kelio atitvarų sistema laikoma netinkama (jei apvirtimas įvyko ne dėl automobilio kaltės).

THIV ir PHD nustatomas eksperimentiškai bandymų metu. Automobilyje, arti jo svorio centro, yra montuojami du pagreičio matavimo davikliai, pokrypio matavimo daviklis ir kamera. Visi šie davikliai montuojami viename bloke. Rezultatai turi būti užrašomi nerečiau kaip kas 50 ms.

Bandymų metu atitvarų sistemai keliami reikalavimai:

- priklausomai nuo sulaikymo gebos sugerti atitinkamą smūgio energijos dalį,
- turi pakeisti transporto priemonės neteisingą judėjimo kryptį be didelių transporto priemonės pažeidimų,
- jokia atitvarų sistemos detalė negali nesaugiai atsiskirti nuo sistemos, atsiskykę elementai negali patekti į atsitrenkusios transporto priemonės saloną ar pažeisti kitus eismo dalyvius,

- atitvarų sistemos sijos negali tarpusavyje atsijungti.

4 MEDINIAI—METALINIAI ATITVARAI LIETUVOJE

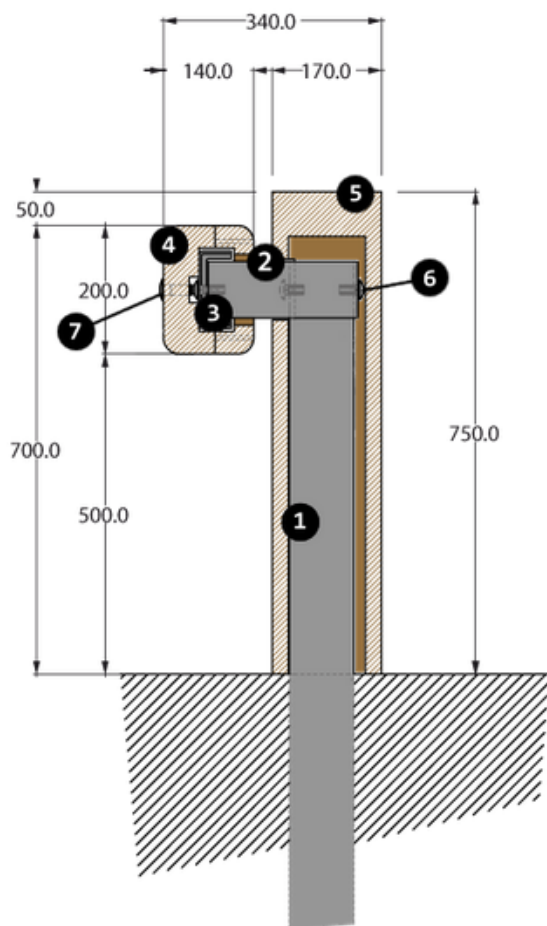
Mediniai—metaliniai atitvarai itin populiarūs nacionaliniuose parkuose, rezervatuose kur siekiama garantuoti eismo saugumą, bet kartu išlaikyti ir kraštovaizdžio vientisumą ir autentiškumą. Šio tipo atitvarai gaminami naudojant metalines konstrukcines detales kombinuojant su medinėmis. Medinės dalys impregnuotos aukštos kokybės medžio apsaugos priemonėmis, metalinės dalys dengtos cinku karštuoju būdu.



22 pav. Mediniai—metaliniai atitvarai Neringoje [25]

2014 metais rekonstruotas kelias Nr. 167 Smiltynė — Nida ruožo nuo 35,90 km iki 45,53 km. Rekonstravimo tikslas — pagerinti transporto, dviratininkų ir pėsčiųjų saugumą. Rekonstruojamas kelio ruožas yra Kuršių nerijoje, kuris patenka į Kuršių nerijos nacionalinio parko teritoriją, Karvaičių kraštovaizdžio draustinį, paukščių apsaugai svarbią teritoriją (Kuršių nerijos nacionalinis parkas) ir buveinių apsaugai svarbią teritoriją (Kuršių nerija).

2010 m. eismo intensyvumas — 1509 automobiliai per parą (aut./para), 99 sunkieji aut./para. Per pastaruosius 5 metus (2007-2011 m.) užregistruoti 6 eismo įvykiai [25], kurių metu buvo sužeisti 6 žmonės. Kelias ribojasi su mišku, todėl kelio juostoje augantys medžiai trukdo kelio dangos platinimui ir griovių įrengimui. Eismo saugumui užtikrinti pavojinguose kelio ruožuose įrengti apsauginiai mediniai—metaliniai kelio atitvarai, medinės pėsčiųjų apsaugos tvorelės. Kelyje įrengta vienpusių, stačiakampio skerspjuvio apsauginių medinių—metalinių N2 W4 kelio atitvarų sistema.



23 pav. Medinio—metalinio atitvaro Neringoje brėžinys [26]

23 paveiksle atitinkamais skaičiais nurodytos tokios medinio—metalinio atitvaro dalys: 1 — metalinis statramstis, 2 — metalinis konstrukcijos tarpiklis, 3 — plieninis pleištas, 4 — medinis pleišto dangtis, 5 — medinis statramsčio dangtis, 6 — 16X30 varžtas tarpiklio sujungimams, 7 — Bolt 16X90 varžtas pleišto dangčio sujungimui.

Modeliuojant medinį—metalinį atitvarą, medienai buvo taikomos charakteristikos, kurios pateiktos 13 lentelėje.

13 lentelė

Medienos mechaninės charakteristikos [30]

Tankis	610	kg/m ³
Puasono koeficientas	0,3	
Šlyties modulis	4231	MPa
Atsparumo gniuždymui modulis	9167	MPa
Takumo riba	40	MPa
Trūkimo slėgis gniuždant	-49	MPa

Mediena yra natūrali medžiaga su skirtingomis mechaninėmis savybėmis atskirais atvejais, tai yra esant skirtingam drėgmės kiekiui bei esant skirtingai temperatūrai. Visas išvardintas

priklausomybes yra sunku numatyti bei nustatyti, o tuo pačiu ir sukurti tokią medieną bet kokioje modeliavimo programoje, kuri tiksliai nustatytų medienos elgseną tam tikrais atvejais. Kitaip negu plieną, medieną yra sunku sumodeliuoti, kadangi jos ypatybės nėra tiesiogiai nustatytos ir LS-DYNA programoje. Medienos charakteristikos parinktos tokios, kad kiek galima tiksliau atitiktų realių bandymų rezultatus.

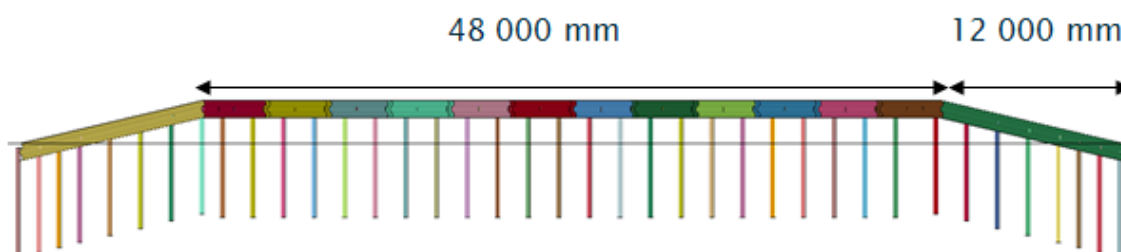
5 ATITVARŲ SAUGUMO TYRIMAS LS-DYNA PROGRAMA

LS-Dyna yra pažangus bendrosios paskirties modeliavimo programinės įrangos paketas, sukurtas programinė įrangos koncerno Technology Corporation (LSTC). Programa nuolat tobulinama, kad turėtų daugiau galimybių įvairiom problemom spręsti. Daug sudėtingų realaus pasaulio įvykių, naudojantis netiesiniu trumpalaikiu dinamiu baigtinių elementų analizės (FEA) metodu, naudoja aiškią laiko integraciją. LS-Dyna yra naudojama automobilių, erdvėlaivių, statybos, karinės technikos gamyboje ir bioinžinerijos pramonėje [27].

LS-Dyna yra naudojama norint išspręsti daugelį fizikos uždavinių, įskaitant mechanikos, šilumos perdavimo ir skysčių dinamikos arba kaip atskirą reiškinį susietą fizikoje, pavyzdžiui, skysčio struktūros sąveiką. Programoje naudojami raktažodžiai, kurie suteikia laisvai keičiamą duomenų bazę. Reikia apibrėžti kontrolės parametrus, pvz.: apibrėžti modelio geometrijos ir medžiagos parametrus, kitas sąlygas [27].

5.1 Tyrimui parinkti atitvarai su LS-Dyna programa

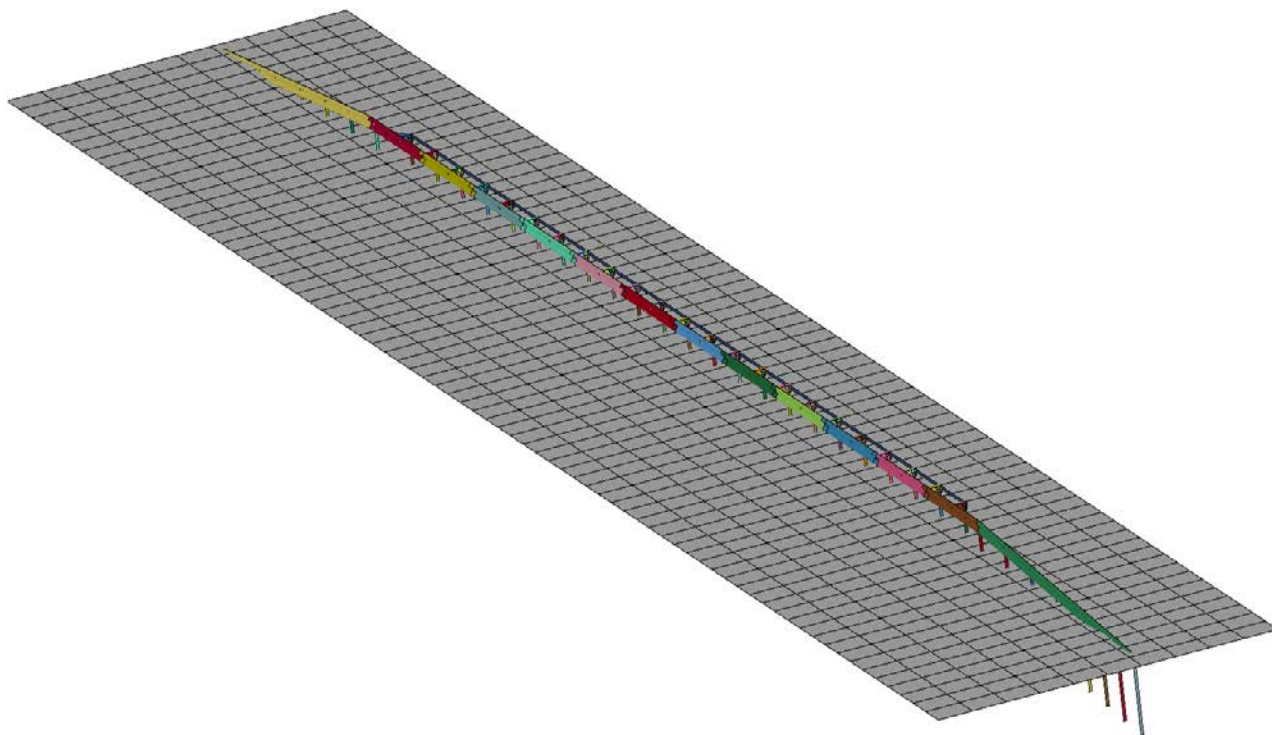
Tyrimė bus naudojami populiariausi atitvarai Lietuvoje, sudaryti iš MS-A sijų, MST-2 statramsčių, profilių su distanciniais elementais.



24 pav. „SolidWorks“ programa nubraižtas atitvaro profilis

Tyrimui naudojama 24 paveiksle pateikto profilio atitvarų konstrukcija bus keliami į „LS-Dyna“ programą. Apsauginių atitvarų konstrukcijos elgsenos, veikiant smūginėms apkrovoms, kompiuteriniais modeliavimais atliekamos jau daug laiko. Automobilių pramonėje BE metodo programos yra plačiai naudojamos, nes jos atpigino bandymų kaštus.

Šiuolaikinėje pramonėje, daugelis automobilių patobulinimų pirmiausia įvyksta kompiuterinėse baigiamųjų elementų (BE) programose. Tik tuomet, kai gaunami siejami rezultatai kompiuterio pagalba, daromas tikras modelis.



25 pav. Atitvarų sistema sumodeliuota „LS-Dyna“ programoje

Siekiant ištirti Lietuvoje dažniausiai naudojamų atitvarų sistemų saugumą, pirmiausia reikalingas lygiavertis kompiuterinis atitvarų modelis. Norint, kad stiprumo — standumo skaičiavimai, kompiuterinėmis programomis, sutaptų su natūriniais bandymais, reikalingi tikslūs atitvarų sistemų ir transporto priemonių modeliai.

5.2 Bandymuose naudojamų modelių aprašymas

Automobilių modeliai panaudoti šiuose skaičiavimuose yra NCAC (National Crash Analysis Center) [27] sukurti ir atitinkantys EN 1317 standartuose keliamus reikalavimus bandymuose naudojamiems automobiliams. Automobilių modeliai pritaikyti smūginiam bandymui į kelių apsauginius atitvarus. Šie modeliai yra laisvai prieinami visiems vartotojams. Dinaminiuose skaičiavimuose panaudoti du automobiliai Chevrolet GeoMetro (atitinka TB11 bandymą) (27 pav.) Automobilių modeliai buvo pritaikyti smūginiam bandymui į kelių apsauginius atitvarus.



26 pav. GeoMetro automobilio modelis naudojamas TB11 bandyme, kurio masė – 900kg, greitis – 100km/h [17].

NCAC modelius pradėjo kurti daugiau nei prieš penkiolika metų, kartu buvo kuriama bei tobulinama BE programa. NCAC mokslininkams reikėjo į BE programą perkelti jau egzistuojantį automobilį. Automobilio BE modelio kūrimo metu, buvo imama kiekviena atskira automobilio detalė, ji buvo bandoma ir analizuojama siekiant gauti adekvačias medžiagos bei pačios detalės savybes. Vėliau detalės pradėtos nuskaityti lazerio pagalba, tokiu būdu kompiuterinio modelio detalių geometrija tapo visiškai analogiška realiuose modeliuose naudojamoms detalėms. Tik turint visų detalių modelius, medžiagų savybes ir kitus parametrus, buvo pradėtas rinkti pirmasis LS DYNA programos kompiuterinis automobilio modelis, skirtas smūginiams bandymams.

Darbe panaudotas GeoMetro (26 pav.) automobilio modelis turi 25,037 elementus, jame yra 28,656 mazgai. Šis modelis buvo sukurtas gana tiksliai. Visos pakabos, kėbulo detalės yra tiksliai atkurtos kaip ir realiuose transporto priemonėse.

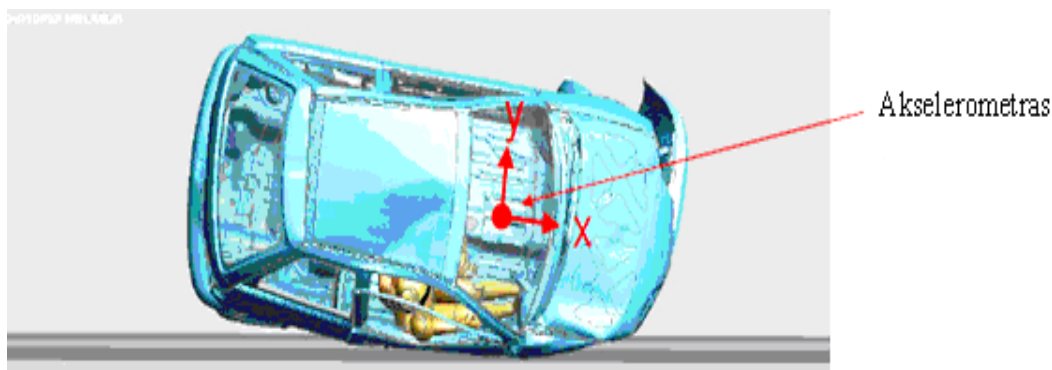
Šiems modeliams buvo skirtas ypatingas dėmesys, kuriant pakabos elementus. Nagrinėjant modelius nesunku pastebėti, kad pakabos elementų geometrinės formos yra tikslios, atkurti visi įmanomi pakabos ryšiai. Atskiriems pakabos elementams suteiktas reikiamas laisvių skaičius, jungtims panaudotos specialios komandos, kurios aprašytos LS DYNA programoje. Dėl šių priežasčių kompiuterinio modelio pakaba dirba kaip realaus modelio.

Sprendžiant tokius sudėtingus uždavinius vien tikslios geometrijos ir ryšių nepakanka, norint sukurti tikslų kompiuterinį modelį. Svarbu tinkamai parinkti mases, rasti jų masių centrus, inercijos momentus ir kitus parametrus, kurie būtų tokie kaip ir realaus automobilio. Transporto priemonės svorio centro padėtis, inercijos momentas, kampinis greitis ir pagreitis nėra lengvai gaunami, tačiau būtent šie parametrai turi esminę reikšmę galutiniuose rezultatuose.

Programos bibliotekoje patalpinti modeliai sukurti LS-DYNA programoje turi daugiau kaip šimtą medžiagų modelių, kuriuos tinkamai parinkus galima gauti labai tikslūs baigtinių elementų

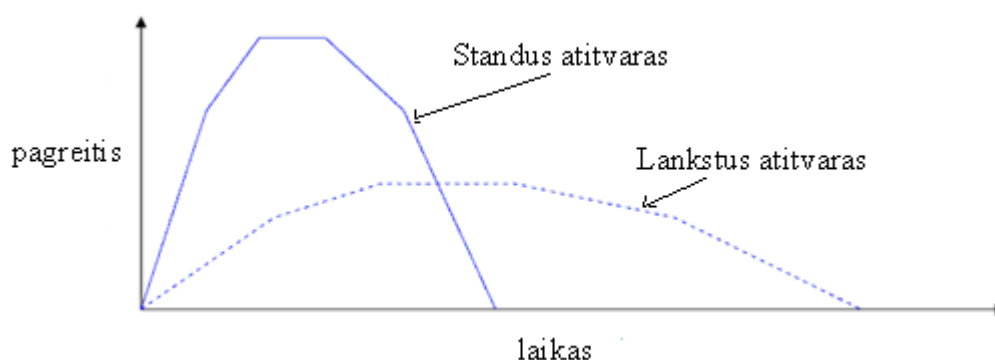
modelius. TB11 ir kitiems skaitiniams eksperimentams atlikti, darbe pasirinktas Chevrolet GeoMetro baigtinių elementų modelis.

Bandymuose naudoti automobiliai sudaryti iš strypų, smūgį sugeriančių elementų, kevalų bei kietųjų kūnų. Taip pat modeliuose yra pridėtas „seatbelt accelerometer“ elementas, kuris lemia matuojamus automobilio pagreičius, g perkrovas, nustatant svorio centro judėjimo kryptį. Akselerometrai, kuriais apskaičiuojamos pagreičių reikšmės trimis koordinatinių kryptimis bei ASI ir THIV kriterijai, tiek realiuose transporto priemonių bandymuose, tiek skaitiniuose eksperimentuose montuojami automobilio svorio centre.



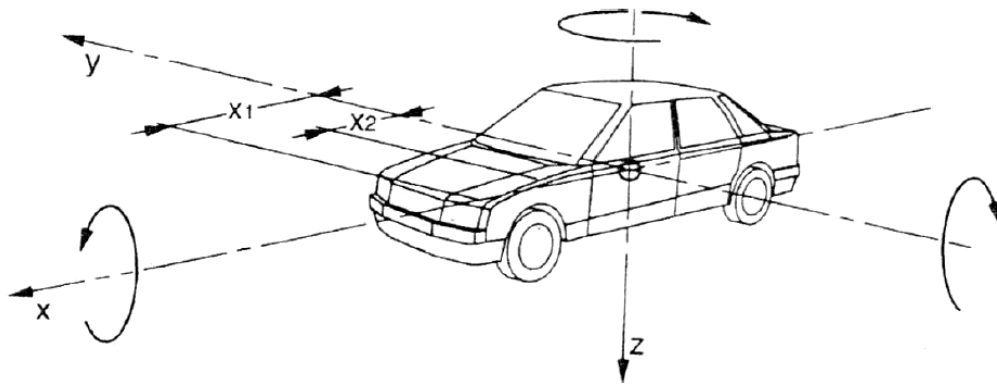
27 pav. Automobilio GeoMetro TB11 bandyme esantis Akselerometras esantis svorio centre raudonu tašku pažymėta jo vieta iš viršaus

Galima tikėtis, kad kuo tvirtesnis atitvaras ir kuo geriau sulaikantis transporto priemonė mažiau deformuojantis tuo geriau, bet ASI sužeidžiamumo kriterijus rodo, kad kuo kliūtis geriau deformuojasi tuo sužeidžiamumas yra mažesnis, tai galima matyti ir iš grafiko (28 pav.).



28 pav. Standaus ir lankstaus atitvarų sulaikymo laiko priklausomybė nuo pagreičio

Iš grafiko matyti, kad kuo tvirtesnis atitvaras tuo pagreičio reikšmė didesnė.



29 pav. Automobilio koordinačių sistema [15]

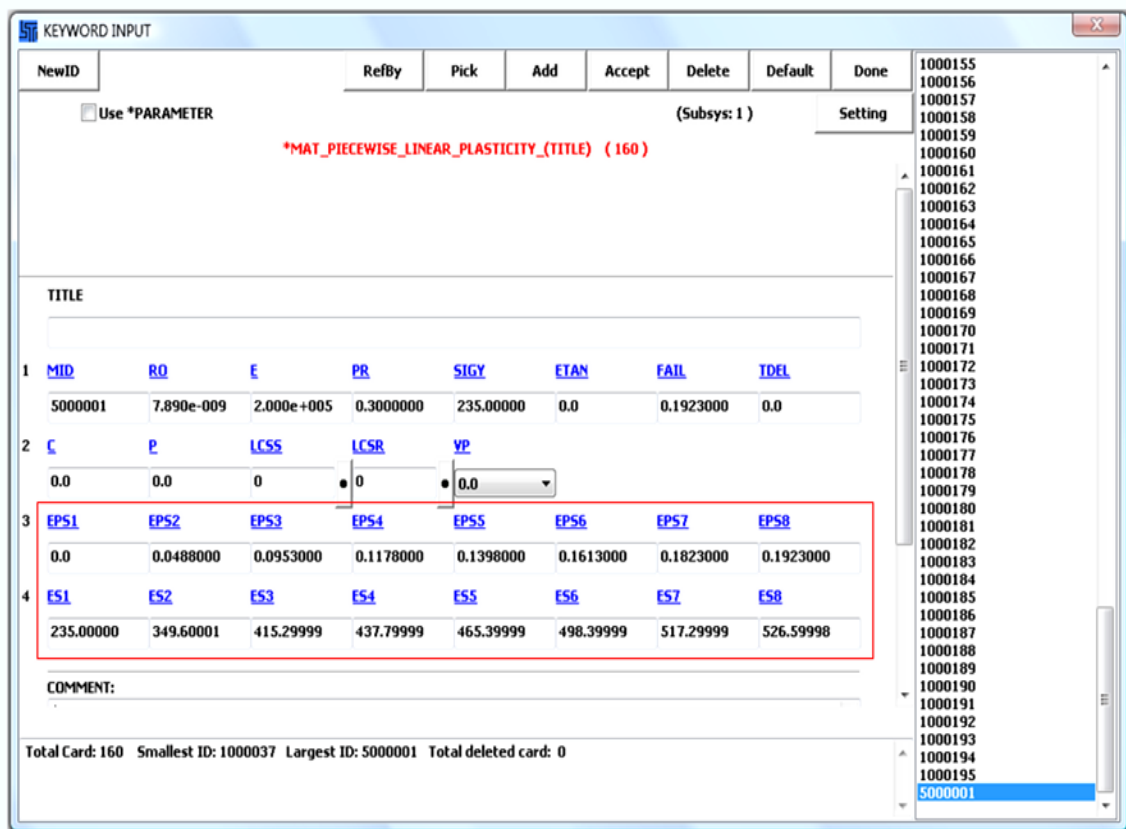
Automobilyje naudojama standartizuota koordinačių sistema, ją aprašo standartas LST EN 1317-1 [15]. Koordinačių sistemos taške „0“ matuojami pagreičiai (29 pav.).

5.3 Duomenų įkėlimas į LS-DYNA programą

Duomenys sukeliama į LS-DYNA programą. Įkeliamas atitvarų sistemos geometrinis modelis, kuris buvo sudarytas programoje SolidWorks, naudojant paviršių (Surface) modeliavimo komandas. Atitvarų geometrinis modelis duomenų perdavimo formatu IGES importuotas į preprocesorių LS-PrePost. Paruošus kelio atitvarų sistemos BE modelį jis importuotas į atsisiųstus automobilių modelius. Orientavus atitvarus standartuose nurodytais kampais, priskyrus naujas kontaktines poras ir suteikus automobiliui pradinį greitį x kryptimi, baigtinių elementų modelis skaičiuotas programiniu paketu LS-DYNA naudojant išreikštinės analizės metodą.

Sudarant apsauginių atitvarų BE skaitinį modelį reikalinga medžiaga. Sijos, statramsčiai ir distanciniai elementai pagaminti iš S235JRG2 plieno, kurio takumo riba 235 MPa. Atitvaro dalims sujungti, naudojami įvairūs jungimo būdai. Sijoms į kelio pusę naudojamas linijinis plastiškas sujungimas. Sijos prie distancinių elementų ir prie statramsčio prijungti kieto kūno vietoje taškiniu suvirinimu, atitinkančiu varžtinio sujungimo stiprumą. Sijų galuose naudotas linijinis spyruoklinis pritvirtinimas, kad būtų imituotas tęstinumas atitvarų sistemose.

Norint rasti nagrinėjamų atitvarų metalo efektyvines plastines deformacijas, reikia pereiti 3 etapus — išsiaiškinti inžinerinius metalo įtempimus ir deformacijas, tikruosius įtempimus ir deformacijas, pašalinant plastines deformacijas, gauti metalo efektyvines įtempimų ir deformacijų reikšmes.



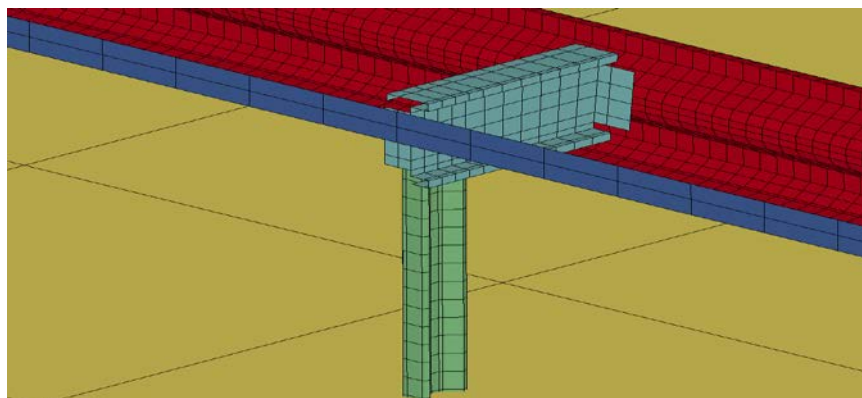
30 pav. LS-Dyna programoje suvesti atitvarų medžiagos parametrai

Pritaikius sistemą galima parinkti medžiagos parametrus reikalingus skaičiavimuose, kurie suvedami LS-DYNA programoje (30 pav).

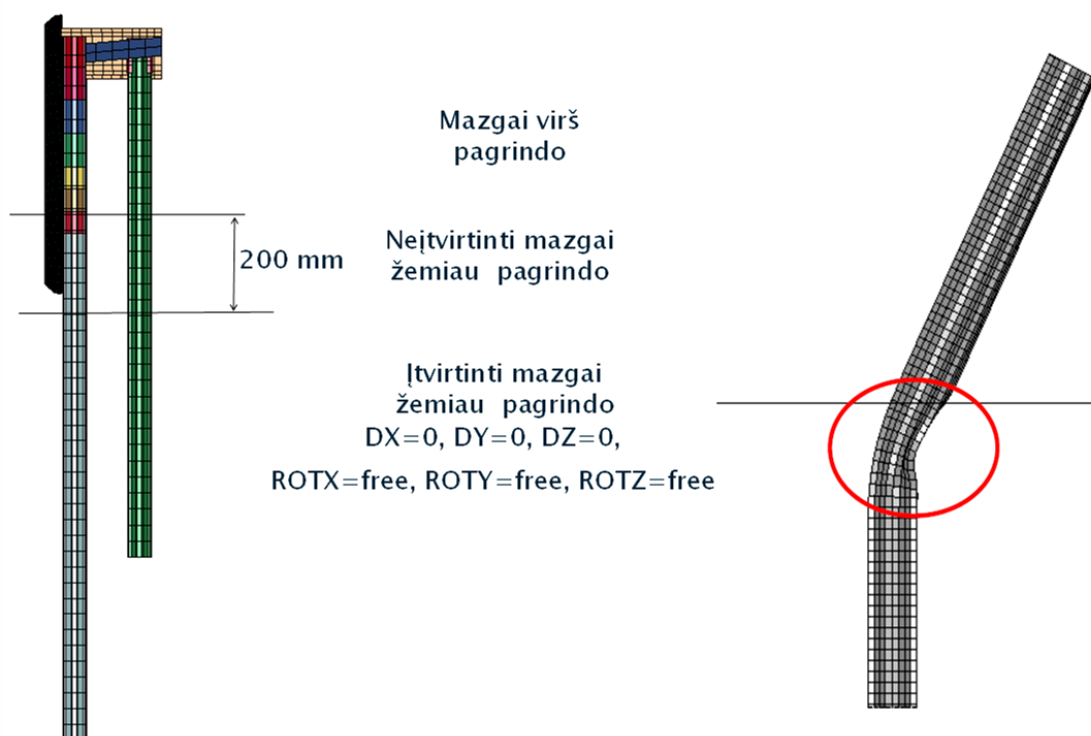
5.4 Atitvarų sistemos suskaidymas į baigtinius elementus

Automobilių atitvarų sistemos elementai sudaryti geometriniai modeliai skaidomi į kevalinius baigtinius elementus. LS-DYNA programoje įdiegta per 20 skirtingų kevalinių baigtinių elementų tipų [27]. Darbe pasirinkti tiesiniai, keturių mazgų, plokšti Belytschko-Tsay kevaliniai (Shell) baigtiniai elementai, skaičiuojami pagal storasienių Mindlin-Reissner plokščių teoriją, įvertinant elemento storio kitimą deformavimo metu, turintys vieną integravimo tašką elemento plokštumoje ir pasirinktą skaičių integravimo taškų elemento storiuje.

Skaitinio modelio rezultatų tikslumui nemažą įtaką turi baigtinių elementų tinklo smulkumas. Skaičiuojamųjų modelių baigtinių elementų tinklo tankis apsprendžiamas elementų briaunos ilgiais, kurie pasirinkti priklausomai nuo modelio dydžio.



31 pav. Atitvarų sistema suskaidyta į baigtinius elementus



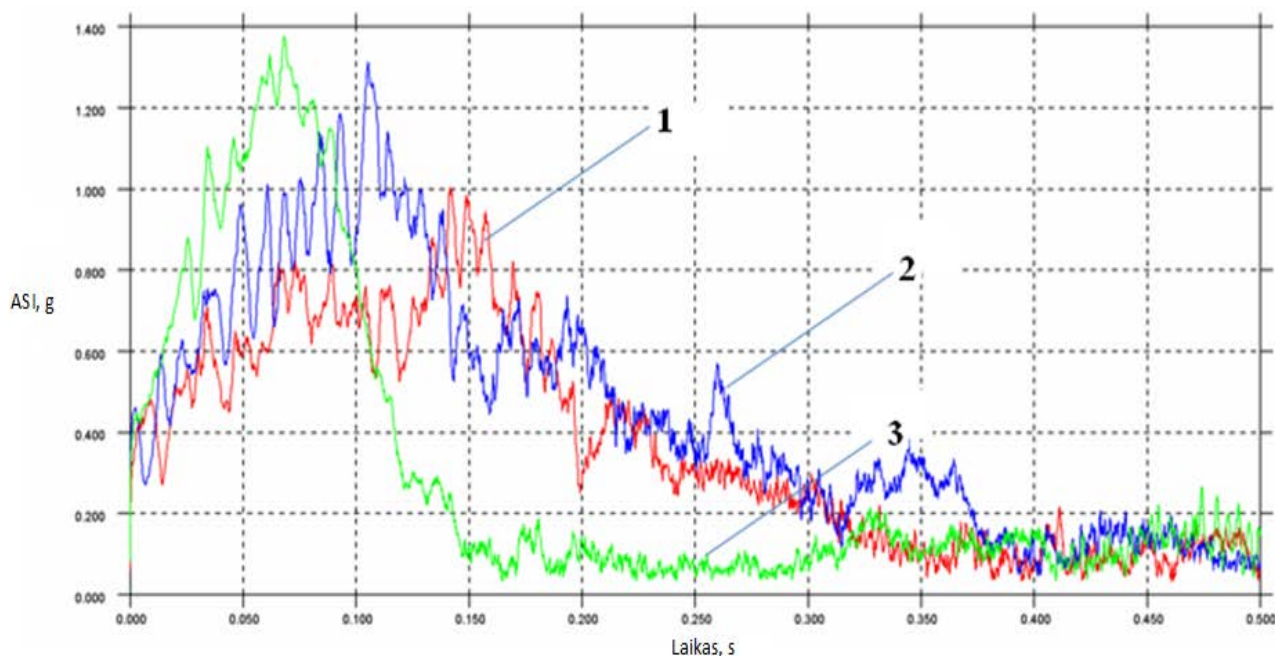
32 pav. Atitvarų konstrukcijos įtvirtinimas skaičiuojant LS-DYNA programa

Atitvarų sistemos įtvirtinimui pasirinktas metodas, kuris suvaržo slenkamuosius judesius 200 mm žemiau kelio dangos (32 pav). Šiuo atveju statramsčiai gali laisvai linkti žemiau dangos, o tai yra labai panašu į realų statramsčio deformavimą esant susidūrimui. Atitvaro mazgai įtvirtinti, poslinkiai suvaržyti x, y ir z kryptimis, o pasukimas galimas x, y ir z kryptimis.

5.5 Metalinio atitvaro bandymų rezultatai gauti iš skaičiavimų su LS-DYNA programa

Skaičiavimai atlikti naudojant LS-DYNA programos postprocesorių. Tyrimams pasirinkti TB11 bandymo ir neatitinkantys EN1317 standarto kriterijaus skaitinio modeliavimo variantai: padidintas transporto priemonės greitis, susidūrimo su kelio atitvaru kampas, medžiagos matematiniam modelyje neįvertinta bei įvertinta plastinė irimo deformacija, taip pat pakeista atitvaro konstrukcijos takumo riba. Tai leidžia tiksliau įvertinti naudojamą skaitinį modelį ir spręsti, kaip tiksliai sutampa BE įvairių

matematinų modelių skaičiuotės ir literatūros šaltiniuose aprašomi eksperimentiniai tyrimai. Iš viso atlikti 7 bandymai. Trys bandymai pavaizduoti grafike: 1 raudona kreivė pažymėtas standartinis TB11 bandymas, 2 mėlyna kreivė žymi TB11 bandymą su pakeistu greičiu, kuris siekia 130km/h, o 3 žalia kreivė žymi TB11 bandymą su pakeistu kampu, kuris lygus 40°.



33 pav. ASI kriterijaus ir laiko priklausomybės grafikai atlikus 3 bandymus. 1-TB11 bandymas; 2 -20° , 130 km/h; 3 – 40°, 100 km/h.

Iš 33 paveikslo grafikų matoma, kad atlikus TB11 standartinį bandymą ASI kriterijus buvo 0,99, vadinasi tiriama atitvarų sistema yra saugi ir tenkina reikalavimus, bet padidinus greitį iki 130 km/h — ASI kriterijus padidėja iki 1,31, o padidinus smūgio kampą į atitvarus — ASI padidėja iki 1,38.

Remiantis standartuose pateiktomis rekomendacijomis, už poveikio sunkumo lygį, kuris nustato keleivio saugumo lygį, ASI kriterijaus reikšmė metalinėms atitvarų konstrukcijoms neturėtų viršyti 1, THIV ≤ 33 km/h ir PHD ≤ 20 g. THIV ir PHD skaičiavimams pasirinkti tokie duomenys:

Išilginis atstumas nuo galvos iki transporto priemonės — 800 mm, atstumas skersai nuo galvos iki transporto priemonės — 300 mm, atstumas nuo svorio centro iki galvos — 600 mm. 14 lentelėje pateikti skaitinio modeliavimo rezultatai gerai atspindi bendras tendencijas ir prognozes. Keičiant modeliavimo parametrus, kurie neatitinka nustatytų standarte EN 1317, sužeidžiamumo kriterijų reikšmės kai kuriais atvejais viršija leistinąsias reikšmes. Tai pastebima ASI kriterijui, kuris laikomas svarbiausiu atitvaro saugumo galimybes reprezentuojančiu parametru. THIV ir PHD kriterijai priklauso ne tik nuo inercinių transporto priemonės bei standūminių — jėginių atitvarų galimybių, tačiau ir nuo geometrinių transporto priemonės ir keleivio joje parametrų. Skaičiavimams pasirinktas

skersinės atstumas nuo galvos iki transporto priemonės — 300 mm, kuris matuojamas tarp manekeno galvos ir priekinio stiklo. Jis kartais neviršija 100 mm, o išilginis atstumas nuo galvos iki transporto priemonės priklauso nuo keleivio sėdynės padėties išilgai automobilio ašies. Dėl tokio neapibrėžtumo, pastarieji du kriterijai laikytini labiau teoriniais dydžiais.

14 lentelė

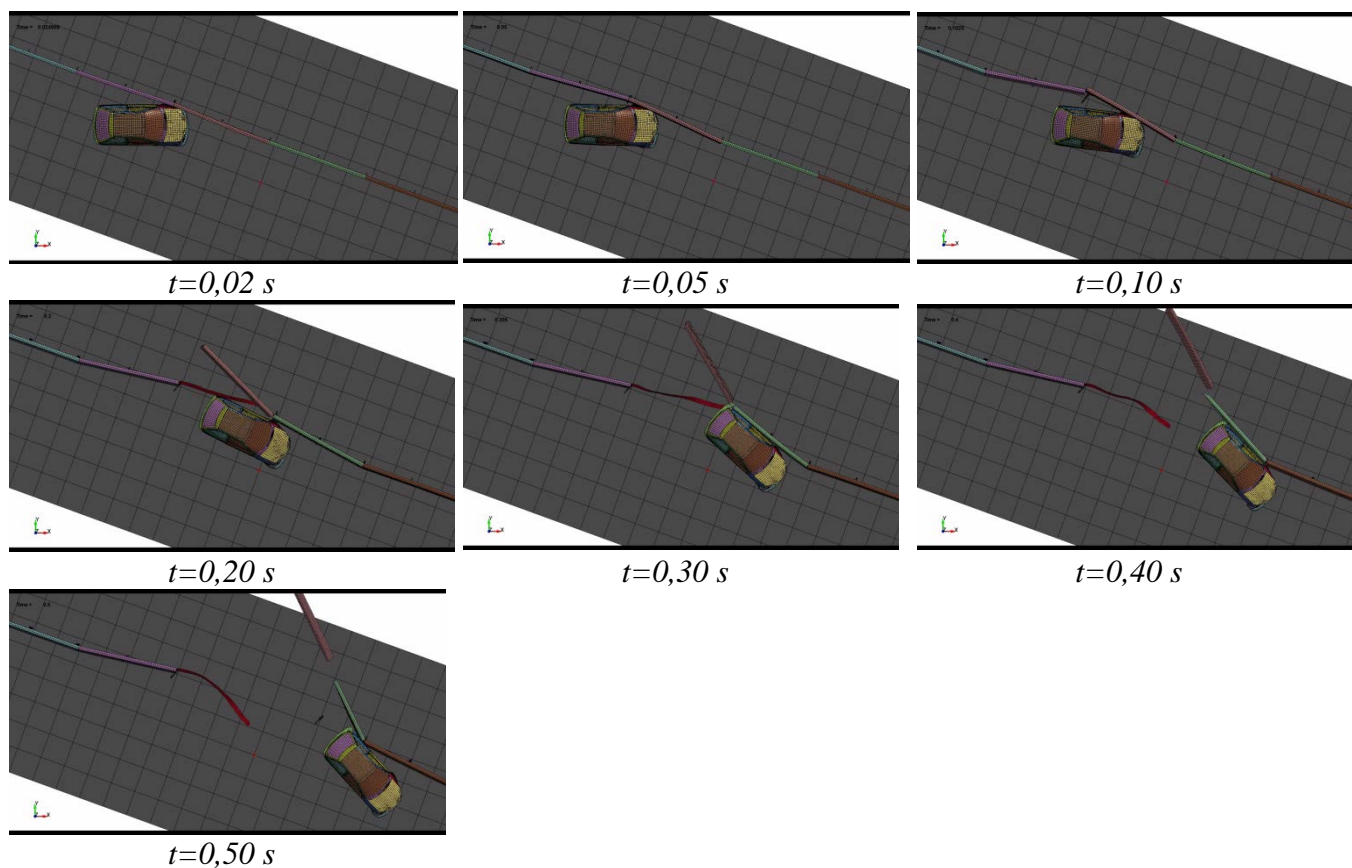
Atliktų bandymų rezultatai

Skaičiavimo variantas	ASI	THIV, km/h	PHD, g
TB11	0,99	27,4	19,3
20°, 115km/h	1,2	28,5	19,9
20°, 130 km/h	1,31	29,5	19,1
30°, 100 km/h	1,34	28,9	23,5
40°, 100 km/h	1,38	41,3	10,5
σ yield +20%	1,06	28,1	17,6
σ yield -20%	0,92	25,8	16,8

Didinant transporto priemonės greitį, susidūrimo kampą, įvertinus ir nevertinant konstrukcijos plastinių irimo deformacijų, sužeidžiamumo kriterijai viršija numatytas ribas. Kriterijų mažėjimo tendencijos užfiksuotos keičiant konstrukcijos medžiagos mechanines charakteristikas — didinant arba mažinant takumo ribą.

5.6 Medinio—metalinio atitvaro bandymų rezultatai gauti iš skaičiavimų su LS-DYNA programa

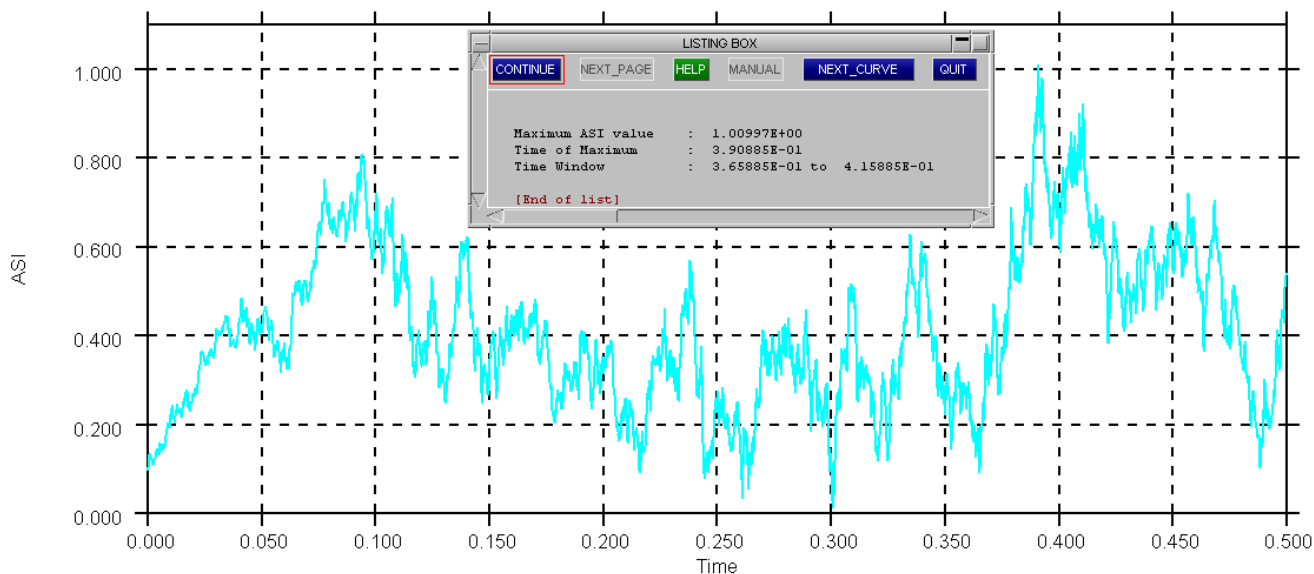
Sumodeliavus medinį—metalinį atitvarą ir atlikus TB 11 bandymą LS-DYNA programa, buvo gautos tokios susidūrimo nuotraukos (34 pav.). Šio bandymo metu, laikantis standarto LST EN 1317-1 [16] nurodymų, 900 kg masės lengvasis automobilis važiuojantis 100 km/h greičiu atsitrenkia 20° kampu į medinį—metalinį atitvarą.



34 pav. Nuoseklios automobilio susidūrimo su mediniu—metaliniu atitvaru nuotraukos tam tikru laiku t , atliekant TB 11 bandymą

34 paveiksle matoma, jog automobilis susiliečia su atitvaru kuomet $t=0\text{ s}$ ir automobilis, pradėdamas nuo šonų, deformuojasi kartu su atitvaru sistema. Ties $t=0,02\text{ s}$ priekinis ratas gauna smūgį nuo atitvaru, tuo pat metu be didelio automobilio stabdymo pradeda linkti stulpas, esantis ties vairuotojo durimis, tuo pačiu automobilis sukamas atgal į važiuojamąją dalį. Esant laiko momentui $t=0,05\text{ s}$ automobilis yra stabdomas tiek, jog ASI koeficientas pasiekia 0,5 reikšmę (35 pav.). Laiko momentu $t=0,1\text{ s}$ automobilio trajektorija dar nėra lygiagrečioje tiesėje su atitvaru, tačiau šiuo momentu ASI reikšmė yra pakilusi iki 1. Esant $t=0,2\text{ s}$ atitvaru medinė dalis beveik pilnai atlaužta nuo atitvaru, o automobilis yra lygiagrečioje tiesėje, kaip ir atitvaras, ASI reikšmė mažėja iki minimalios 0 reikšmės, kurią pasiekia laiko momentu $t=0,3\text{ s}$. Tuo metu automobilis grįžta į važiuojamąją dalį, tačiau tuo pačiu didėja ir ASI reikšmė, kuri laiko momentu $t=0,4\text{ s}$ yra maksimali, tai yra lygi 1, tačiau

ji nėra kritiška žmogaus sveikatai. Laiko momentu $t=0,5$ s automobilis, gavęs paskutiną smūgį nuo stulpo, palieka apsauginę atitvaro sistemą.



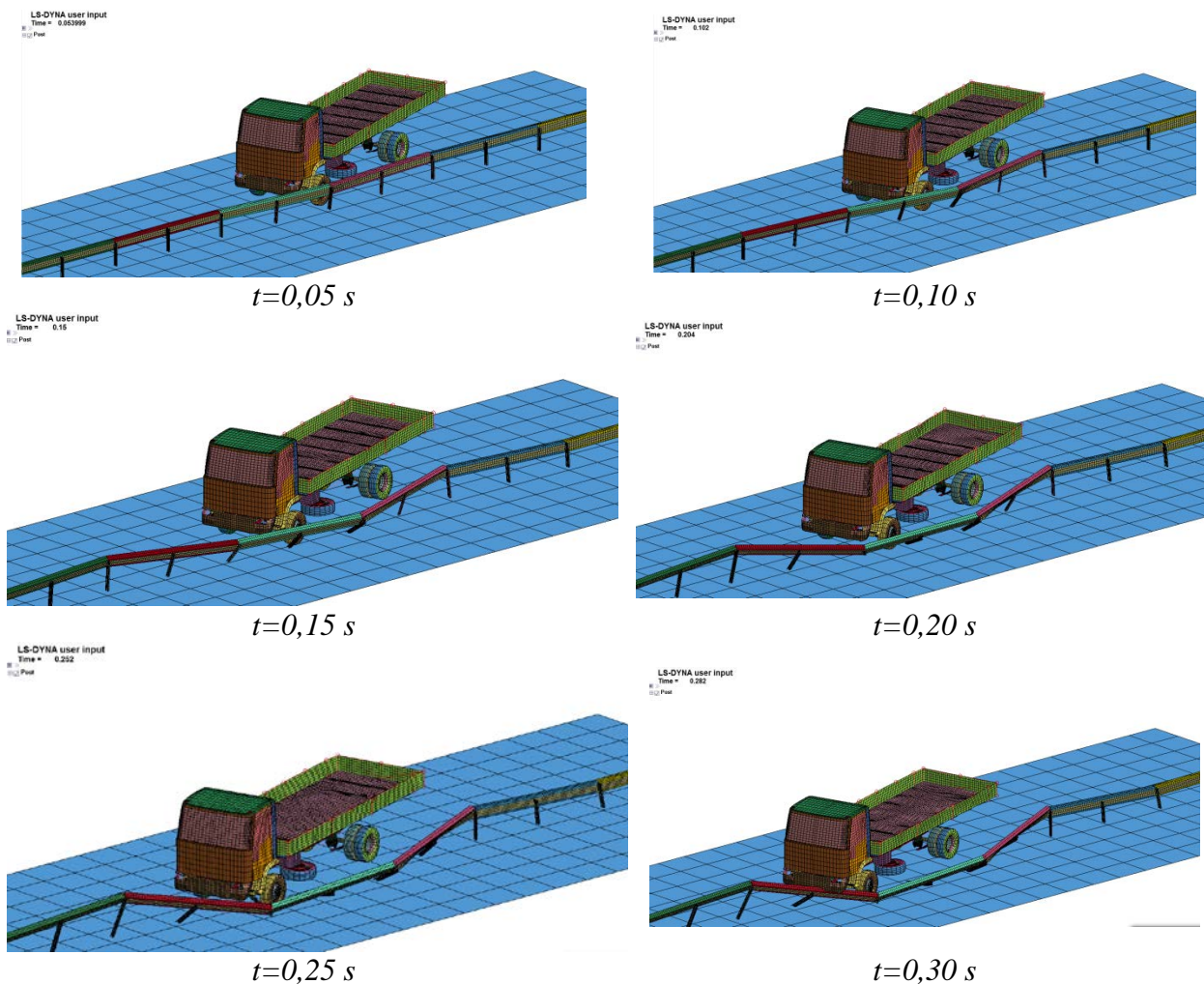
35 pav. ASI koeficiento kitimo grafikas susiduriant su mediniu—metalinu atitvaru tam tikru metu

35 pav. grafike matoma, jog, atliekant TB11 bandymą, smūgio metu žmogus labiausiai pažeidžiamas yra laiko momentu, kai $t=0,39$ s, kadangi ASI reikšmė yra didžiausia ir lygi 1. Tai reiškia, jog atitvaras atitinka jam skiriamus reikalavimus ir žmogus smūgio metu rimtų sužeidimų nepatiria, tai yra po eismo įvykio lieka gyvas.

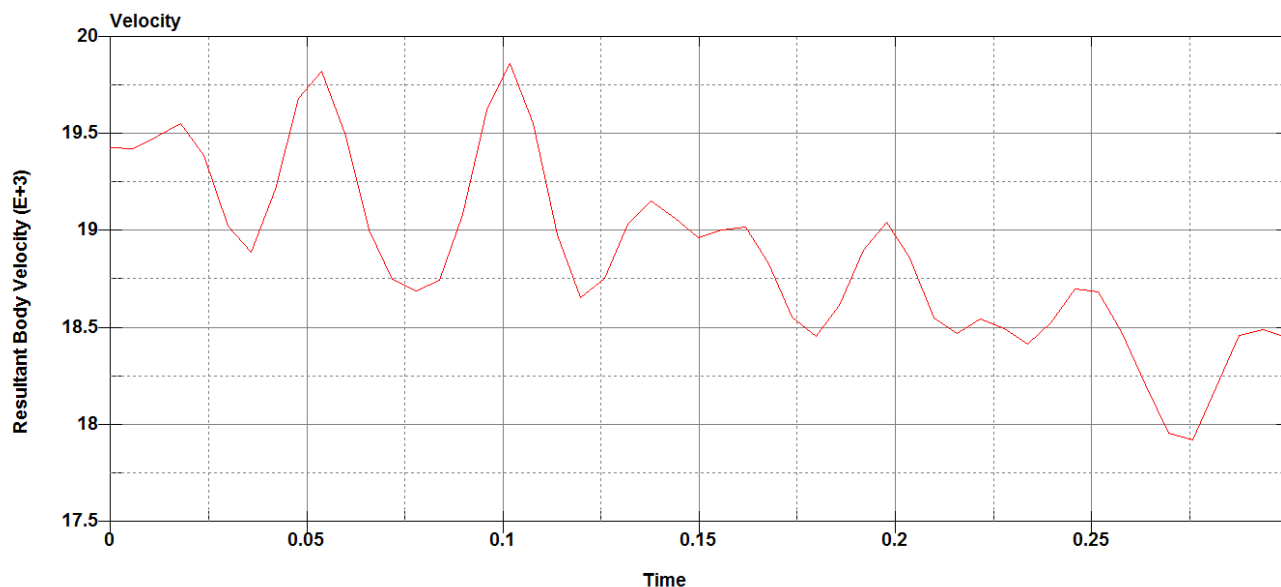
Atlikus šį modeliavimą buvo apskaičiuoti teorinio galvos smūgio greičio rodiklis THIV, kuris lygus 27,8 km/h, ir sulėtėjimo po smūgio rodiklis PHD, kuris atitinka 19,6 g. Visi gauti kriterijai neviršija leistinų, standartuose nurodytų reikšmių, o ASI reikšmė, kuri lygi 1, nurodo, jog medinio—metalinio atitvaro saugumo laipsnis galėtų būti aukščiausios A vertės.

5.7 Sunkvežimio susidūrimo su mediniu—metalinu atitvaru bandymų rezultatai gauti iš skaičiavimų su LS-DYNA programa

Šioje dalyje buvo sumodeliuotas metalinis atitvaras, į kurį 20 km/h greičiu 15° kampu atsitrenkia 10 tonų sunkvežimis. Toks pat sunkvežimis naudojamas atliekant TB42 bandymą, laikantis LST EN 1317-1 [16] nurodymų. Atlikus bandymą buvo gautos nuotraukos, kurios pateikiamos 36 paveiksle.



36 pav. Nuoseklios sunkiasvorės TP, susidūrimo su mediniu—metalinu atitvaru, nuotraukos tam tikru laiku t atliekant TB 42 bandymą



37 pav. Sunkiasvorės TP susidūrimo su mediniu—metalinu atitvaru greitis v tam tikru laiku t atliekant TB 42 bandymą

36 paveiksle matoma, jog sunkvežimis nuo kontakto su atitvaru pradžios $t=0$ s, kuomet su bamperiu prilietė stulpą, buvo nežymiai stabdomas 0,025 s (42 pav.), bet iškart po to vėl greitėdavo. Laiko momentu $t=0,05$ s, kuomet priekiniu ratu prilietė atitvaro stulpą, sunkvežimis taip pat lietojo 0,025 sekundes, tačiau vėl pradėdavo greitėti. Tuo metu stulpas pradeda linkti, kartu su savimi tempdamas ir atitvarą. Tokie patys nežymūs veiksmai įvykdavo visuomet, kai buvo atsitrenkiama į atitvaro stulpus, todėl šis atitvaras tokio sunkvežimio atgal į važiuojamąją dalį negražino. Tai reiškia, jog šis metalinis atitvaras neapsaugos sunkiojo transporto vairuotojų, tai yra neatliks pagrindinės užduoties, kurią turėtų atlikti.

37 paveiksle matoma, jog per 0,3 sekundės laiko tarpa, sunkvežimio greitis nuo 20 km/h sulėtėjo tik iki 18 km/h. Tai reiškia, jog važiuojant 70 km/h greičiu, koks turėtų būti atliekant TB42 bandymą, sunkvežimis ne tik, kad nebūtų gražintas atgal į važiuojamąją dalį, bet ir pravažiuotų pro atitvarą, įvažiuodamas į priešpriešinio eismo juostą, taip galėdamas sukelti tragiškų pasekmių.

REZULTATŲ APTARIMAS

Apskaičiuota, jog didžiausia metalinio atitvaro ASI kriterijaus reikšmė yra 1,38, kuomet automobilis važiuoja 100 km/h greičiu ir trenkiasi į atitvarą 40° kampu, o tai atitinka B saugumo klasę. Važiuojant mažu automobiliu, kurio masė yra 900 kg, atsitrenkus į atitvarus mažu kampu, kurių sulaikymo lygis H1, sužeidžiamumo koeficientas yra gana mažas.

THIV (teorinis galvos smūgio greitis) viršija leistiną 33 km/h greitį tada, kai smūgio kampas yra 40°, o THIV, važiuodamas 100 km/h greičiu ir trenkdamasis į atitvarą 40° kampu, lygus 41,3 km/h — toks smūgis automobilyje esantiems keleiviams gali būti mirtinas. Dėl to galima daryti išvada, kad kuo didesniu kampu automobilis atsitrenks į atitvarą tuo didesni sužalojimai.

PHD (sulėtėjimas po smūgio) kriterijus neatitinka leistinų ribų, tai yra viršija 20 g dydį tik vienu metu, kai automobilis trenkiasi į atitvarą 30° kampu, o greitis yra 100 km/h. Mažiausias PHD yra 10,5 g, kai automobilis važiuodamas 100 km/h greičiu ir trenkiasi į atitvarą 40° kampu. Iš 13 lentelės duomenų galima daryti tokią prielaidą: jei atitvaras smūgio metu sugeria didelį transporto priemonės energijos kiekį tai lėtėjimo pagreitis būna mažesnis.

Pakeitus medžiagos takumo ribą pasikeitė THIV ir PHD kriterijai. Padidinus takumo ribą 20 procentų — padidėjo teorinis galvos smūgio greitis THIV iki 28,1 km/h, o PHD (lėtėjimo po smūgio pagreitis) sumažėjo iki 17,6 g. Sumažinus medžiagos takumo ribą sumažėjo THIV ir PHD atitinkamai iki 25,1 km/h ir 16,8g.

Atlikus skaitinį medinio—metalinio atitvaro tyrimą buvo apskaičiuotos ASI, THIV ir PHD reikšmės, esant TB11 bandymui, kurios atitinkamai lygios 1, 27,8 km/h ir 19,6 g. Šios reikšmės nurodo, jog modeliavimo skaičiavimo rezultatai atitinka leistinas realias bandymo reikšmes ir jos labai panašios į metalinio atitvaro reikšmes, todėl yra siūlitina impregnuoti atitvarus mediena.

Darbe sumodeliuotas skaitinis modelis, kuomet 11 tonų sunkvežimis atsitrenkia į metalinį atitvarą, kuris esant tokiai transporto priemonei neatlieka pagrindinės, kaip atitvaro, užduoties — negražina transporto priemonės atgal į važiuojamąją dalį. Todėl tokio atitvaro negalima naudoti tokiuose keliuose, kuriuose reikalinga didelė sulaikymo geba, tokia kaip H1, H2 ir H3, tai yra, kuriuose yra didelis sunkiojo transporto srautas.

IŠVADOS

1. Atlikus Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose įvykusių eismo įvykių analizę nustatyta, jog 2014 metais žuvo 265 žmonės, tai yra 9 žmonėmis mažiau nei 2013 metais. Nustatyta, jog 2014 metais Lietuva užėmė 26-ąją vietą iš 28-ių daugiausia žuvusiųjų žmonių tenkančių 1 milijonui gyventojų Europos Sąjungoje, tai yra 90 žm./1 mln.gyv.

2. Nustatyta, jog viena iš inžinerinių eismo saugumą gerinančių priemonių yra apsauginiai kelių atitvarai. Lietuvos keliuose naudojamos dviejų tipų atitvarų sistemos, kurių sulaikymo lygiai yra N2 ir H1. Saugesni yra H1 tipo atitvarai, kadangi jų sulaikymo lygis yra didesnis.

3. Tyrime sukurti kelio atitvarų skaitiniai modeliai, leidžiantys preliminariai vertinti konstrukcijos standumą susiduriant transporto priemonei su kliūtimi. Baigtinių elementų modeliai pakankamai gerai atspindi įvairiuose literatūros šaltiniuose aprašomus eksperimentinius tyrimų rezultatus.

3.1 Gautosios ASI kriterijaus reikšmės metaliniam atitvarui (TB11 testui apytiksliai lygu 0,99) gana tiksliai atitinka pasirinkto tipo atitvarams šaltiniuose nurodomas reikšmes.

3.2 Apskaičiuotas ASI kriterijus medinio - metalinio atitvaro atveju lygus 1, kuris taip pat atitinka Lietuvos standartuose nurodytas reikšmes, todėl yra siūlytina impregnuoti atitvarus mediena.

4. Darbe išanalizuotas transporto priemonės susidūrimas su kelio atitvarais, skaičiavimams pasirenkant programinį paketą LS-DYNA.

4.1 Sukurti detalūs metalinio ir medinio—metalinio kelio atitvarų skaitiniai modeliai, nustatyti sužeidžiamumo kriterijai, esant įvairioms susidūrimo sąlygoms: metaliniam atitvarui didžiausi ASI, THIV koeficientai gauti esant 40° susidūrimo kampui ir 100 km/h greičiui, kurie atitinkamai lygus 1,38 ir 41,3 km/h, o metalo takumo ribą sumažinus 20 % — ASI koeficientas yra mažiausias ir lygus 0,92. Mažiausia THIV reikšmė gauta esant TB11 bandymo parinktims, kuri lygi 27,4 km/h. Didžiausia PHD reikšmė gauta esant 30° susidūrimo kampui ir 100 km/h greičiui, kuri lygi 23,5 g, o esant 40° susidūrimo kampui ir 100 km/h greičiui ji gauta mažiausia — 10,5 g. Medinio—metalinio atitvaro ASI, THIV, PHD koeficientai esant TB11 bandymui atitinkamai lygūs 1, 27,8 km/h, 19,6 g reikšmėms.

4.2 Skaitinis tyrimas rodo, kad gaunami rezultatai labai priklauso nuo medžiagos mechaninių charakteristikų ir smūgio kampo: didėjant susidūrimo kampui į metalinį atitvarą nuo 20° iki 40° ASI koeficiento reikšmė nuo 1,2 didėja iki 1,38.

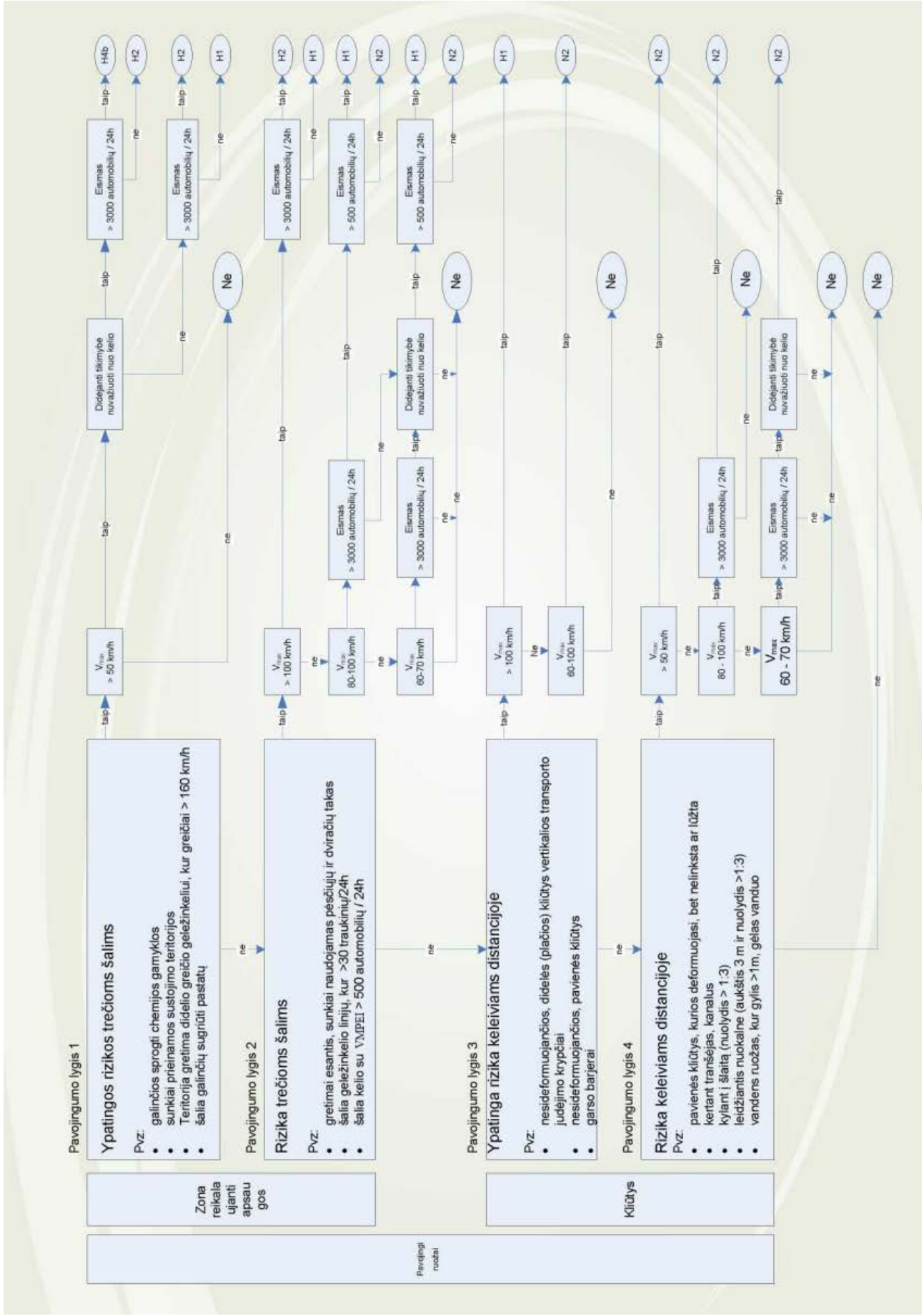
5. Siekiant tiksliau išanalizuoti transporto priemonės susidūrimą su kliūtimi ir bendrą konstrukcijos elgseną, naudojantis sukurtais BE modeliais, aktualu atlikti detalesnius dirvožemio modeliavimo skaitinius tyrimus ir eksperimentiškai nustatyti atitvarų mechanines charakteristikas, išanalizuoti LS-DYNA matematiniuose modeliuose naudojamas charakteristikas.

LITERATŪRA

1. Statistikos departamentas [interaktyvus]. Prieiga per internetą: www.stat.gov.lt [žiūrėta 2016.04.11].
2. Oficialios statistikos portalas [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://osp.stat.gov.lt> [žiūrėta 2016.05.19]
3. UAB "Tauro ženklas" - viskas saugiam eismui [interaktyvus]. Prieiga per internetą: www.taurozenklas.lt [žiūrėta 2016.05.19]
4. Gruiniūtė, Edita. „Šaunumo“ kaina: greita kelionė į anapus. Iš delfi.lt [interaktyvus]. 2011, rugpjūtis [žiūrėta 2012-03-19]. Prieiga per internetą: <http://auto.delfi.lt/advice/saunumo-kaina-greita-kelione-i-anapus.d?id=48323155> [žiūrėta 2016.05.19]
5. Europos Sąjungos transporto politikos „Baltoji knyga“ [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.vkti.gov.lt/index.php?806662306> [žiūrėta 2016.05.19]
6. Europos Komisijos pranešimai spaudai. Kelių eismo sauga. 2010 m. žūčių ES keliuose sumažėjo 11 %. [interaktyvus]. Prieiga per internetą: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-830_en.htm [žiūrėta 2016.05.19]
7. Įskaitinių eismo įvykių statistika Lietuvoje, 2011–2014 m. [interaktyvus]. Prieiga per internetą: www.lakd.lt/files/avariju_statistika/statistika_2011-2014.pdf [žiūrėta 2016.05.19]
8. Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2011 m. birželio 7 d. įsakymas Nr. 3 - 342, „Dėl Avaringų ruožų nustatymo valstybinės reikšmės keliuose metodikos patvirtinimo“, Valstybės žinios, 2011, Nr.: 71 – 3442 [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/acc/legalAct.html?documentId=TAR.1CBCA2905B2C> [žiūrėta 2016.05.19]
9. Inžinerinių saugaus eismo priemonių projektavimo ir naudojimo rekomendacijos R ISEP 10, Vilnius, 2010. 123 p.
10. Juodųjų dėmių Lietuvos keliuose mažėja [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.sauguskelias.eu/juoduju-demiu-lietuvos-keliuose-mazeja/> [žiūrėta 2016.05.19]
11. Kelių transportas: eismo ir saugumo standartai [interaktyvus]. Prieiga per internetą: http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/lt/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.6.5.html [žiūrėta 2016.05.19]
12. Kelių eksploatacija : vadovėlis aukštųjų mokyklų automobilių kelių specialybės studentams / E. Palšaitis, K. Sakalauskas, L. Vidugiris. Vilnius : 1990. 195 p. : ISBN: 5420005441
13. Kelių techninis reglamentas KTR 1.01 „Automobilių keliai“ (Žin., 2008, Nr. 9-322);
14. Automobilių kelių transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemų projektavimo taisyklės KPT TAS 09 (Žin., 2010, Nr. 5-240);
15. Lietuvos standartas LST EN 1317-1 „Apsauginių kelio atitvarų sistemos. 1 dalis. Terminai ir bendrieji bandymo metodų reikalavimai“;

16. Lietuvos standartas LST EN 1317-2 „Apsauginių kelio atitvarų sistemos. 2 dalis. Apsauginių barjerų eksploatacinių charakteristikų klasės, priimamieji smūginių bandymų kriterijai ir bandymo metodai“;
17. Lietuvos standartas LST EN 1317-3 „Apsauginių kelio atitvarų sistemos. 3 dalis. Smūgio slopintuvų eksploatacinių charakteristikų klasės, priimamieji smūginių bandymų kriterijai ir bandymo metodai“;
18. Lietuvos standartas LST L ENV 1317-4 „Apsauginių kelio atitvarų sistemos. 4 dalis. Apsauginių barjerų pradinių, galinių ir jungiamųjų komponentų eksploatacinių charakteristikų klasės, priimamieji smūginių bandymų kriterijai ir bandymo metodai“;
19. Lietuvos standartas LST EN 1317-5 „Apsauginių kelio atitvarų sistemos. 5 dalis. Gaminio reikalavimai ir transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemų atitikties įvertinimas“
20. LIETUVOS RESPUBLIKOS KELIŲ ĮSTATYMAS 1995 m. gegužės 11 d. Nr. I-891 Vilnius [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.BF41D2C35D24> [žiūrėta 2016.05.19]
21. Susisiekimo ministerija [interaktyvus]. Prieiga per internetą: www.sumin.lrv.lt [žiūrėta 2016.05.19]
22. Telšių kelių tarnyba [interaktyvus]. Prieiga per internetą: www.telsiurk.lt [žiūrėta 2016.05.19]
23. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija ir susisiekimo ministerija, statybos rekomendacijos R37-01, Automobilinių kelių apsauginiai atitvarai.
24. Forschungsgesellschaft für Strassen - und Verkehrswesen Arbeitsgruppe Verkehrsmanagement, Richtlinien für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme „RPS 2007“, Berlynas 2007, 39p
25. Keliai ir tiltai ISSN 2029-4514 2015 m. spalio Nr. 2 (10) 92p.
26. SCT Timber Crash Barriers UK [interaktyvus]. Prieiga per internetą: http://www.sctbarriers.co.uk/ourshop/cat_671343-Cidneo-Timber-Crash-Barrier-System-N2-W2-Rating.html [žiūrėta 2016.05.19]
27. Finite element Model Archive, FHWA/NHTSA National Crash Analysis Center [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.ncac.gwu.edu/vml/models.html> [žiūrėta 2016.05.19]
28. Internetinis vaizdo įrašų tinklapis [interaktyvus]. Prieiga per internetą: www.youtube.com [žiūrėta 2016.05.19]
29. „Volkman & Rossbach GmbH & Co“ įmonės tinklapis [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://www.volkman-rossbach.de> [žiūrėta 2016.05.19]
30. Finite Element Simulation of a Strong-Post W-Beam Guardrail System [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <http://sim.sagepub.com/content/78/10/587.abstract> [žiūrėta 2016.05.19]

PRIEDAI



P-1. Apsauginių barjerų (AB) įrengimo išoriniame važiuojamosios dalies krašte kriterijai [14]

