



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Darius Sprindys

EISMO ĮVYKIŲ GELEŽINKELIO PERVAŽOSE TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

doc. dr. Robertas Keršys

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

EISMO ĮVYKIŲ GELEŽINKELIO PERVAŽOSE TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Vadovas

(parašas) doc. dr. Robertas Keršys

(data)

Recenzentas

(parašas) doc. dr. Martynas Starevičius

(data)

Projektą atliko

(parašas) Darius Sprindys

(data)

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Darius Sprindys

(Studento vardas, pavardė)

Transporto priemonių inžinerija, 621E20001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Eismo įvykių geležinkelio pervažose tyrimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Dariaus Sprindžio**, baigiamasis projektas tema „Eismo įvykių geležinkelio pervažose 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 KATDERA

Suderinta: prof. A.Keršys

2015 m. vasario mėn.10 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: *Darius Sprindys*

1. Projekto tema: Eismo įvykių geležinkelio pervažose tyrimas.

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

2. Projekto tikslas:

Išanalizuoti bei įvertinti geležinkelio pervažose vykstančius eismo įvykius, taip pat išsiaiškinti automobilio elgseną smūgio metu.

3. Projekto uždaviniai ir reikalavimai:

Apžvelgti geležinkelio pervažų kategorijas; Apžvelgti pagrindinius rizikos veiksnius, avarių priežastis geležinkelio pervažose; Išanalizuoti eismo įvykius geležinkelio pervažose, apžvelgti traukinio patiriamas žalas auto įvykiu metu; Apskaičiuoti patirtus ekonominius nuostolius dėl žmonių sužalojimų ir žūčių bei traukinių vėlavimo; Atlikti automobilio ir lokomotyvo kompiuterinį susidūrimų modeliavimą; Pateikti pasiūlymus, kurie padės išspręsti eismo saugumo problemas pervažose.

4. Projekto konsultantai (nurodant projekto skyrius)¹:

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

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

Vadovas: Robertas Keršys
(vardas, pavardė)

(parašas)

Užduotį gavau: Darius Sprindys
(studento vardas, pavardė)

(parašas)

¹ Esant reikalui, suderinus su katedros vedėju

Sprindys, Darius. Eismo įvykių geležinkelio pervažose tyrimas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Robertas Keršys; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslų kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Transporto inžinerija (03T)

Reikšminiai žodžiai: pervaža, eismo įvykiai pervažose, lokomotyvams padaryta žala.

Kaunas, 2016. 64 p.

SANTRAUKA

Šiame magistro baigiamajame projekte apžvelgti keliami reikalavimai pervažoms, jų kategorijos. Išanalizuoti eismo įvykiai pervažose ir jų priežastys. Apžvelgtos lokomotyvų patiriamos žalos avarijos metu. Apžvelgta eismo įvykių statistika pervažose remiantis valstybinės geležinkelių inspekcijos duomenimis. Atliktas ekonominis patirtų nuostolių įvertinimas, apskaičiuoti nuostoliai, kuriuos patiria valstybė dėl žmogaus žūties ir sužalojimo. Taip pat paskaičiuota žala, kurią patiria keleiviai, įmonės dėl traukinių vėlavimo. Atliktas kompiuterinis automobilio ir lokomotyvo susidūrimų modelis, įvertinant automobilio elgseną smūgio metu bei padaryta rezultatų analizė. Pateikti pasiūlymai pervažų eismo saugumui gerinti.

Sprindys, Darius. *Investigation of Accidents in Level Crossings* /supervisor assoc. doc. dr. Robertas Keršys. The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

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

Key words: locomotive damage, level crossing, traffic accident at level crossings.

Kaunas, 2016. 64 p.

SUMMARY

The requirements of level crossing and their categories are presented in this Master's thesis. Traffic accidents that occur at level crossings and the causes of those accidents are analyzed. Furthermore, the damages of locomotives that were sustained during the accident are examined. The statistics of traffic accidents at level crossings were analyzed according to the data of The State Railway Inspectorate. In this paper economic evaluation of losses is performed. The calculation of state losses caused by the injury or death of a person is presented. What is more, the calculation of the loss that both the passengers and the companies suffer by the train delays is introduced. After the evaluation of the trajectory of a car during the impact, computer model of the collisions of a car and a locomotive was performed as well as the analysis of the results. Finally, the proposals were submitted in order to improve traffic safety at level crossings.

TURINYS

ĮVADAS.....	8
1. LITERATŪROS APŽVALGA	9
1.1. Pervaža	9
1.2. Pervažų signalizacija	11
1.3. Pervažų užtvarai	16
1.4. Geležinkelio pervažoms keliami reikalavimai	17
1.5. Geležinkelio pervažos artėjimo zonai keliami reikalavimai	18
2. GELEŽINKELIO EISMO ĮVYKIŲ ANALIZĖ	20
2.1. Eismo įvykių analize 2009 - 2015 metais	20
2.2. Eismo įvykių priežasčių analizė	21
2.3. Eismo įvykių pervažose analizė	23
3. EKONOMINIS PATIRTŲ NUOSTOLIŲ ĮVERTINIMAS	37
3.1. Eismo įvykių ekonominis skaičiavimas	39
3.1.1. Nuostoliai dėl žmonių žūčių	41
3.1.2. Žala, patirta dėl traukinių vėlavimo	44
4. AUTOMOBILIO IR TRAUKINIO SUSIDŪRIMŲ MODELIO SUDARYMAS	49
5. REZULTATŲ ANALIZĖ	53
6. PERVAŽŲ EISMO SAUGOS GERINIMAS	59
DARBO APIBENDRINIMAS IR REZULTATŲ PALYGINIMAS	61
IŠVADOS	62
LITERATŪROS SĄRAŠAS	63

IVADAS

Geležinkelio transporte eismo saugumui skiriama daugiausia dėmesio. Eismo įvykių priežastys pervažose labai įvairios. Dažniausi kaltininkai - pėstieji arba vairuotojai. Ypač daug dėmesio skiriama ne tik kelių eismo saugumui užtikrinti, bet ir stengiamasi gerianti bei užtikrinti geležinkelio eismo saugumą, apsaugant krovinius ir keleivius. Intensyvėjant riedmenų judėjimui padidėja geležinkelio eismo rizika. Siekiant išvengti katastrofų geležinkelio transporte bei kitų eismo įvykių, būtina objektyviai ištirti katastrofas bei avarijas, rengti geležinkelio transporto eismo įvykių tyrimo ataskaitas ir teikti eismo saugumo rekomendacijas. Šiame darbe analizuojami eismo įvykiai geležinkelio pervažose ir aptariama lokomotyvo patirta žala įvykio metu. Analizuojamos priežastys dėl kurių įvyksta eismo įvykiai, apžvelgiama jų statistika, apskaičiuojami ekonominiai rodikliai dėl žmonių žūčių, sužalojimų, traukinių vėlavimų ar prastovų. Taip pat atliekamas kompiuterinis susidūrimų modeliavimas, siekiant išsiaiškinti automobilio elgseną smūgio metu su lokomotyvu.

Tikslas:

- Išanalizuoti bei įvertinti geležinkelio pervažose vykstančius eismo įvykius, taip pat išsiaiškinti automobilio elgseną smūgio metu.

Uždaviniai:

- Apžvelgti geležinkelio pervažų kategorijas;
- Apžvelgti pagrindinius rizikos veiksnius, avarių priežastis geležinkelio pervažose;
- Išanalizuoti eismo įvykius geležinkelio pervažose, apžvelgti traukinio patiriamas žalas auto įvykio metu;
- Apskaičiuoti patirtus ekonominius nuostolius dėl žmonių sužalojimų ir žūčių bei traukinių vėlavimo;
- Atlikti automobilio ir lokomotyvo kompiuterinį susidūrimų moduliavimą;
- Pateikti pasiūlymus, kurie padės išspręsti eismo saugumo problemas pervažose.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Pervaža

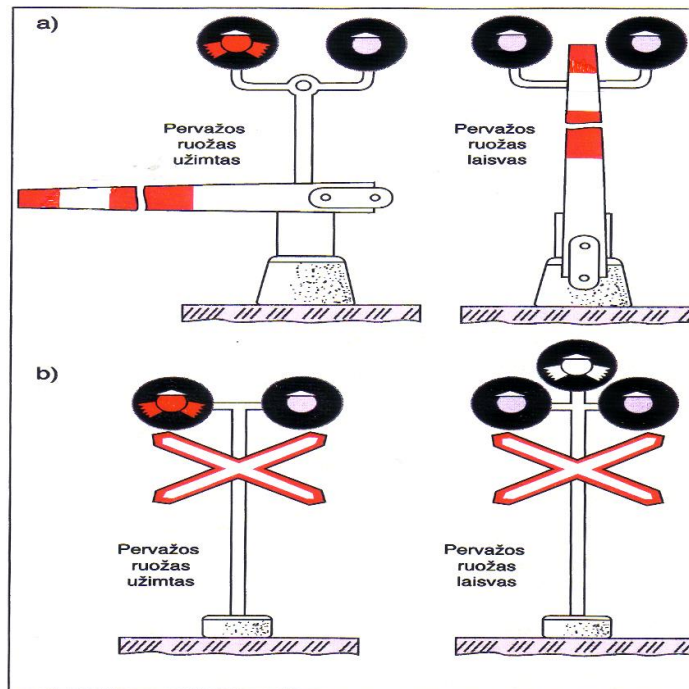
Pervaža – geležinkelio kelio susikirtimo su automobilių keliu viename lygyje vieta (1 pav.). Pervažos įrengiamos paprastai tiesiuose geležinkelio ir automobilių kelių ruožuose, už iškasų ir blogo matomumo vietų ribų. Šių kelių sankirtos dažniausiai įrengiamos stačiu kampu. Jei esamos sąlygos to padaryti neleidžia, kampas tarp susikertančių kelių turi būti nemažesnis kaip 60° . Pagal Techninio geležinkelių naudojimo nuostatus pervažos skirstomos į reguliuojamąsias ir nereguliuojamąsias. Pagal automobilių kelių reikšmę pervažos skirstomos į : viešojo naudojimo pervažas – geležinkelių sankirtas su valstybinės ir vietinės reikšmės automobilių keliais; neviešojo naudojimo pervažas – geležinkelių sankirtas su automobilių keliais, kurie priklauso įmonėms, gamykloms, fiziniams ar juridiniams asmenims[1, 2].



1 pav. Reguliuojamoji pervaža [21]

Reguliuojamosios pervažos turi signalizacijos įrenginius, įspėjančius kelių transporto priemonių vairuotojus apie artėjančius traukinius arba yra be signalizacijos įrenginių, bet prižiūrimos pervažininkų. Tose pervažose yra įrengti pakeliamieji automatiniai arba neautomatiniai (elektriniai arba mechaniniai) užtvarai ir atsarginiai rankiniai veriamieji užtvarai. Taip prižiūrimosiose pervažose yra radijo ryšys su lokomotyvų mašinistais bei tiesioginis telefono ryšys su artimiausia stotimi, o geležinkelių linijose, kuriose įrengta eismo valdymo centralizacija, - su traukinių tvarkdariu. Budinčių pervažininkų prižiūrimos pervažos, vadinamos sergimosiomis pervažomis, o neprižiūrimos nesergimosiomis (2 pav.). Pervažos, neturinčios signalizacijos įrenginių ir neprižiūrimos pervažininkų priskiriamos prie nereguliuojamųjų. Saugaus eismo per šias pervažas galimybes nustato kelių

transporto priemonėmis vairuotojas. Pagal transporto priemonių intensyvumą viešojo naudojimo geležinkelio pervažos skirstomos į keturias kategorijas. Pervažų skirstymas į kategorijas pateikta 1 lentelėje. Elektros apšvietimas privalo būti įrengtas visų kategorijų pervažose, jei yra elektros tiekimo linijos [2, 1].



2 pav. Sergimosios – a) ir nesergimosios - b) pervažos šviesoforai [12]

1 lentelė [1]

Pervažų kategorijos

Traukinių eismo intensyvumas pagrindiniu keliu (iš viso abiem kryptimis traukinių per parą)	Kelių transporto priemonių eismo intensyvumas (iš viso abiem kryptimis automobilių per parą)				
	Iki 250 imtinai	251 -700	701 - 3000	3001- 7000	7000 ir daugiau
Iki 16 imtinai, taip pat per visus stoties arba privažiuojamuosius kelius	IV	IV	IV	III	II
17 - 50	IV	IV	III	II	I
51 - 100	IV	III	II	I	I
Daugiau kaip 100	III	II	II	I	I

Prieš pervažas statomi numatyti kelių eismo taisyklių ženklai. Pervažos prieigose iš geležinkelio pusės turi būti pastatyti nuolatiniai švilptelėjimo signaliniai ženklai. Pro juos pravažiuodamas mašinistas duoda švilptelėjimo signalą. Elektrifikuotose linijose iš abiejų pervažos pusių statomi aukštį

ribojantys gabarito vartai. Pervažose su automatine pervažų signalizacija gali būti sumontuoti vaizdo stebėjimo įrenginiai. Šių įrenginių signalai perduodami į iešmų posto arba geležinkelio stoties budėtojo aparatus [2].

Važiuojamoji pervažos dalis susideda iš klojinio, pervažų ir signalinių stulpelių, turėklų ir aptvarų. Klojinys gali būti iš gelžbetoninio, medienos, gumos ar kitokios medžiagos. Bėgių kelias po klojiniu gali būti su mediniais arba gelžbetoniniais pabėgiais. Vėžės išorinėje pusėje klojinys klojamas vienu lygiu su bėgių galvučių viršumi; vėžės viduje jis turi būti 10 - 30 mm aukščiau bėgių galvučių. Naudojant gumos kompozito klojinį jo paviršius turi būti ne žemiau bėgių galvučių viršaus. Kad geležinkelio riedmenų ratų antbriauniai nekliudytų pervažos pakloto, griovelyje dedami gretbėgiai ar kitokios priemonės, užtikrinančios pakloto stabilumą [2].

Siekiant užtikrinti normalų pervažų darbą, būtina laiku keisti netinkamus klojinio elementus, užterštą balastą, netinkamus pabėgius, taisyti kelią po grindiniu, pervažos rajone neleisti susikaupti vandeniui, prieigos prie pervažos.

Šiuo metu AB „Lietuvos geležinkeliai“ eksploatuoja 545 pervažas. Lietuvoje pervažos skirstomos į reguliuojamasias – 373, kurios turi signalizacijos įrenginius, išpėjančius vairuotojus ir pėsčiuosius apie artėjančius traukinius ir nereguliuojamasias – 172, kuriose vairuotojai ir pėstieji išpėjami tik kelio ženklais. Nereguliuojamosios pervažos įrengtos dažniausiai privažiuojamuose keliuose arba kur yra neintensyvus traukinių eismas. 37 reguliuojamų pervažų yra sergimos su pakeliamais užtvaramis. Iš jų 18 prižiūrima pervažininkų, o kitos turi sumontuotas vaizdo kameras stebėjimui iš artimiausios geležinkelio stoties, kurį vykdo budėtojas [26].

1.2. Pervažų signalizacija

Pervažos signalizacija – tai bendras geležinkelių pervažose naudojamų įvairių signalizacijos sistemų pavadinimas. Šiuo terminu įvardijamos šios signalizacijų sistemos: pranešamoji su elektriniais užtvaramis, automatinė šviesoforų, automatinė šviesoforų su automatiniais arba pusiau automatiniais užtvaramis; šviesoforų (kelių transporto priemonių vairuotojams) ir garso (pėstiesiems) signalizacija, bėgių elektros grandinių arba kelio jutiklių bei signalizacijos valdymo aparatūra ir įrenginiai [2].

Pranešamoji signalizacija. Tai pervažos signalizacijos sistema, kai pervažininkui apie artėjančią traukinį pranešama telefonu ar specialiais garsiniais ir optiniais signalais; pervažos apsaugos technines priemones įjungia ir išjungia pervažininkas [2].

Automatinė šviesoforų signalizacija. Tai sistema, susidedanti iš pervažos šviesoforų, bėgių elektros grandinių arba kelio jutiklių (pervažos ruožo) ir valdymo aparatūros, užtikrinančios pranešimo perdavimą į pervažą ir garso bei šviesos signalizacijos įjungimą traukiniui įvažiavus į pervažos ruožą. Traukiniui išvažiavus iš pervažos, garso ir šviesos signalizacija išjungia automatiškai; ši signalizacija gali būti su baltu mirksimuoju žiburiu pervažos šviesoforuose [2].

Sergimosiose pervažose įrengiama automatinė šviesoforų signalizacija su automatiniais arba pusiau automatiniais užtvais sistema. Įdiegus automatinę šviesoforų su automatiniais užtvais sistema, užtvairų užkardai nuleidžiami automatiškai, praėjus apskaičiuotam laikui nuo traukinio įvažiavimo į pervažos ruožą ir užsidegus pervažos šviesoforų raudoniems žiburiams. Užkardai pakeliami taip pat automatiškai, traukiniui išvažiavus iš pervažos; tuo metu pervažos šviesoforų raudoni žiburiai užgęsta [2].

Šviesoforų signalizacija su pusiau automatiniais užtvais sistemoje – užtvairų užkardai nuleidžiami automatiškai, įvažiavus traukiniui į pervažos ruožą, arba įjungus traukiniui leidžiamąjį signalą ir užblokavus maršrutą, arba stoties budėtojiui nuspaudus specialų mygtuką; užtvairų užkardai pakeliami pervažininkui nuspaudus specialų mygtuką. Pusiau automatiniais užtvais sistemoje dalį funkcijų vykdo automatikos įrenginiai, dalį – žmogus [2].

Šviesoforų (kelių transporto priemonių vairuotojams) ir garso (pėstiesiems) signalizacija vadinama sistema, signalizuojanti į automobilių kelio pusę traukiniui įvažiavus į pervažos ruožą. Ši signalizacija naudojama tik privažiuojamuosiuose geležinkelio keliuose, kur riedmenimis leidžiama manevruoti [2].

Automobilių keliuose prieš sergimąsias pervažas, kuriose įrengta pervažų signalizacija, naudojami šviesoforai su dviem horizontaliai išdėstytais pakaitomis degančiais raudonais žiburiais. Kai pakaitomis dega raudoni žiburiai – eismas draudžiamas, kai raudoni žiburiai nedega – eismas leidžiamas tik įsitikinus, kad prie pervažos neartėja traukinys [2].

Nesergimosiose pervažose gali būti naudojama šviesoforų signalizacija su dviem pakaitomis degančiais raudonais žiburiais ir vienu baltu mirksimuoju žiburiu arba be jo, signalizuojančiais tokia tvarka: kai pakaitomis dega raudoni žiburiai – eismas draudžiamas, kai mirksi baltas žiburys – pervažos įrenginiai įjungti ir tvarkingai, o kai raudoni ir baltas žiburiai nedega – pervažos signalizacija išjungta arba sugedusi [2].

Jei pervažoje įrengta automatinė šviesoforų signalizacija, šviesoforų į automobilių kelio pusę žiburiai ir garso signalai automatinių užtvairų (užkardų) valdomi traukiniu, naudojant elektrines bėgių grandines. Šviesoforų į automobilių kelio pusę automatinių užtvairų užkardų (kai ant jų įstatytos lemputės) raudoni mirksimieji žiburiai ir garso signalai (skambalai arba sirenos) įsijungia, automatiniai užtvairai užsidaro (užkardai nusileidžia) traukiniui įvažiavus į pervažos ruožą arba kai geležinkelio stoties budėtojas nuspaudžia mygtuką. Traukiniui pervažiavus pervažą, raudoni pakaitomis degantys pervažos šviesoforų žiburiai į automobilių kelio pusę užgęsta ir balti žiburiai (jei jie yra) užsidega. Kol traukinys visiškai pervažiuoja pervažos ruožą, automatiniai užkardai būna nuleisti ir dega raudoni šviesoforų žiburiai. Traukiniui visiškai pervažiavus pervažos ruožą, automatinių užtvairų užkardai pasikelia (atsidaro), o raudoni šviesoforų žiburiai užgęsta. Pusiau automatinius užtvairus atidaro (užkardus pakelia) pervažininkas mygtuku [2].

Elektriniai užtvarai uždaromi pervažininkui nuspaudus specialų mygtuką. Elektriniai užtvarai atidaromi (užkardai pakeliami) traukiniui pervažiavus per pervažą ir grąžinus šį mygtuką į pradinę padėtį [2].

Sergimose pervažose įrengiama atitveriamoji signalizacija. Atitveriamoji signalizacija, tai šviesoforai (traukiniams ir manevriniam sstatams), pastatyti prieš pervažą ir valdomi pervažininko arba veikiantys automatiškai. Kaip atitveriamieji gali būti naudoti artimiausieji tarpstočio šviesoforai, taip pat įleidžiamieji, išleidžiamieji, įspėjamieji, saugos, manevrų, tarpstočio ir maršrutų šviesoforai, esantys ne toliau kaip 800 m. ir ne arčiau kaip 15 m. nuo pervažos, jei pervaža matoma iš tų šviesoforų pastatymo vietos. Jei minėtų šviesoforų naudoti negalima, prieš pervažą statomi specialūs atitveriamieji šviesoforai ne arčiau kaip 15 m. nuo pervažos pakloto [2].

Nesergimosiose su šviesoforų signalizacija pervažose, esančios privažiuojamuosiuose geležinkelio keliuose, statomi specialūs atitveriamieji šviesoforai, signalizuojantys lokomotyvo mašinistui raudonu ir baltu žiburiu [2].

Atitveriamieji šviesoforai statomi vienkelėse geležkelių linijose iš abiejų pervažos pusių, o dvikelėse linijose – taisyklingo eismo geležinkelio kelyje. Netaisyklingojo eismo geležinkelio kelyje jie statomi tik atskirais atvejais [2].

Dvikelėse geležkelių linijose esanti pervažos atitveriamoji signalizacija taisyklinguoju keliu važiuojantiems traukiniams gali būti naudojama ir netaisyklinguoju keliu važiuojantiems traukiniams [2].

Visos sergimos pervažos, esančios geležkelių linijose su automatine blokuote, nepaisant to, ar jose įrengti atitveriamieji šviesoforai, turi turėti įtaisus automatinės lokomotyvo signalizacijos kodams prieš pervažą esančiose bėgių elektros grandinėse išjungti, jei pervažoje atsirastų kliūtis traukinių eismui [2].

Išjungus arba sugedus pervažos signalizacijai, artimiausios geležinkelio stoties budėtojui arba, esant eismo valdymo centralizacijai, traukinių eismo tvarkdariui automatiškai perduodamas pranešimas apie pervažos signalizacijos gedimą, kuris indikuojamas tvarkdario švieslentėje [2].

Pagrindiniai reikalavimai pervažų signalizacijos įtaisams įrengti. Pirmiausia signalizacijos įrenginiai įrengiami pervažose:

- per kurias vyksta autobusų eismas;
- įrengtose per pagrindinius geležkelių kelius, kai per pervažą vyksta intensyvus traukinių ir kelių transporto priemonių eismas;
- kuriuose traukinių greitis didesnis kaip 120 km/h;
- kuriose blogos matomumo sąlygos (naujose tiesiamose ir rekonstruojamose geležkelių linijose patenkinamu laikomas toks matomumas, kai kelių transporto priemonės vairuotojas, būdamas ne arčiau kaip 50 m. nuo kraštinio bėgio, gali matyti artėjantį prie pervažos traukinį

ne arčiau kaip 500 m. atstumu nuo pervažos, o artėjančio traukinio mašinistas gali matyti pervažos vidurį 1200 m. atstumu).

Automatikos įrenginiai pervažose įrengiami pagal tipinius projektus, kuriuos tvirtina geležinkelio valdytojas. Pervažų signalizacijos ir užtvarų rūšys nustatomos pagal projektus, atsižvelgiant į Pervažų įrengimo ir naudojimo taisykles ir vietos sąlygas. Pagrindiniai reikalavimai pervažos signalizacijai ir užtvarams pateikti 2 lentelėje [1].

Skaičiuojamasis pervažos ilgis yra atstumas nuo pervažos šviesoforo (toliau esančio nuo kraštinio bėgio) iki kitoje pervažos pusėje kraštinio bėgio ir dar 2,5 m ilgio saugos zona, už kurios gali sustoti pervažiavusi pervažą kelių transporto priemonė [1].

Pervažos ruožas – prieš pervažą esantis geležinkelio kelio ruožas su įrengtomis bėgių elektros grandinėmis arba kelio davikliais. Jo ilgis apskaičiuojamas atsižvelgiant į traukinių greitį ir pervažos važiuojamosios dalies ilgį. Šis ilgis svarbus, kad būtų laiku perduotas pranešimas į pervažą apie traukinio artėjimą ir būtų įmanoma automatiškai valdyti pervažos signalizaciją ir užtvarus, jei pervažoje jie įrengti. Pervažos ruožo ilgis nustatomas apskaičiuojant laiką, reikalingą transporto priemonėms išvažiuoti iš pervažos, įskaičiuojant laiką signalizacijos įrenginiams suveikti ir atsargos laiką, atsižvelgiant į didžiausią leistiną traukinių važiavimo greitį šiame ruože. Skaičiuojant laiką, būtiną transporto priemonėms laiku išvažiuoti iš pervažos, įvertinamas didžiausias transporto priemonės ilgis 24 m, mažiausias transporto priemonės greitis 8 km/h , pervažos ilgis nuo transporto priemonės sustojimo vietos 5 m atstumu prieš šviesoforą, iki pavojingos zonos ribos 2,5 m. atstumu nuo kraštinio priešingos pusės bėgio. Skaičiuojant pervažos atlaisvinimo laiką, įskaitomas signalizacijos įrenginių suveikimo laikas 2 s. ir atsargos laikas 10 s. Visais atvejais pranešimo signalas apie traukinio artėjimą pervažos link turi būti siunčiamas ne vėliau kaip prieš 30 s. iki traukinių įvažiuojant į pervažą, kai yra automatinė šviesoforų signalizacija, taip pat esant automatiniams ir pusiau automatiniams užtvarams ir nemažiau kaip prieš 40 s. , esant pranešamajai signalizacijai [1].

Reikalavimai pervažos signalizacijai ir užtvarams

Pervažos vieta	Pervažos signalizacijos tipas kelių transporto priemonėms	Signalizacija geležinkelių transportui
1. Nesergimosios pervažos		
Tarpstotyje	Automatinė šviesoforų signalizacija	Nenumatyta
	Automatinė šviesoforų signalizacija su baltu mirksimuoju žiburiu	Pagrįstais atvejais dvikelėse geležinkelių linijose gali būti statomi specialūs atitveriamieji šviesoforai traukiniams, važiuojantiems netaisyklinguoju keliu, arba geležinkelių linijose su eismo valdymo centralizacija (toliau – EVC) nuolat šviečiantys atitveriamieji šviesoforai, kai pervažos ruože yra stoties kelių
Stotyje	Automatinė šviesoforų signalizacija	Nenumatyta
	Automatinė šviesoforų signalizacija su baltu mirksimuoju žiburiu. Kaip papildomas eismo saugumo užtikrinimo priemonės galima naudoti vaizdo stebėjimo įrenginius	Esant blogam matomumui geležinkelių linijose su EVC gali būti statomi nuolat šviečiantys atitveriamieji šviesoforai
Privažiuojamajame ar kitokiame geležinkelio kelyje, taip pat ir miesto teritorijoje, kur pervažų ruožuose negalima įrengti normalaus ilgio bėgių grandinių	Šviesoforų signalizacija	Statomi specialūs šviesoforai su raudonu ir baltu signaliniais žiburiais (balto žiburio gali nebūti), kuriuos valdo traukinių derintojų arba lokomotyvų brigada, arba jie valdomi automatiškai, traukiniui užvažiavus ant specialiųjų daviklių (arba trumpos bėgių grandinės)
	Šviesoforų signalizacija su baltu mirksimuoju žiburiu	
2. Sergimosios pervažos		
Tarpstotyje	Automatinė šviesoforų signalizacija su automatiniais užtvarams	Naudojami automatinės blokuotės tarpstočio šviesoforai, pastatyti ne toliau kaip 800 m nuo pervažos, jei pervaža matoma iš šviesoforo pastatymo vietos. Jei jų panaudoti negalima, statomi atitveriamieji šviesoforai. Be to, numatoma artimiausių prie pervažos automatinės blokuotės žiburių reikšmių perjungimas į draudžiamąsias
Stotyje	Automatinė šviesoforų signalizacija su pusiau automatiniais užtvarams (automatiškai uždaromais ir mygtuku atidaromais). Ypatingais atvejais leidžiama naudoti automatinę šviesoforų signalizaciją su elektriniais arba mechaniniais užtvarams. Kaip papildomas eismo saugumo užtikrinimo priemonės galima naudoti vaizdo stebėjimo įrenginius	Naudojami stoties įleidžiamieji ir išleidžiamieji šviesoforai, o pagrįstais atvejais statomi atitveriamieji arba manevrų šviesoforai su papildomu raudonu žiburiu (gali būti ir žemieji)
Privažiuojamajame geležinkelio kelyje, kur pervažos ruožuose negalima įrengti normalaus ilgio bėgių grandinių	Šviesoforų signalizacija su elektriniais, mechaniniais arba rankiniais užtvarams	Statomi specialūs pervažininkų valdomi šviesoforai su raudonu ir baltu signaliniais žiburiais

1.3. Pervažų užtvarai

Sergimosiose pervažose įrengiami pervažų užtvarai.

Automatiniai užtvarai – tokie užtvarai, kai užtvarų užkardai nuleidžiami automatiškai, praėjus apskaičiuotam laikui nuo traukinio įvažiavimo į pervažos ruožą ir užsidegus pervažos šviesoforų raudoniems žiburiams. Užkardai pakeliami taip pat automatiškai, traukiniui išvažiavus iš pervažos [1]. Tuo metu pervažos šviesoforų raudoni žiburiai užgęsta.

Pusiau automatiniai užtvarai – tokie užtvarai, kurių užkardai nuleidžiami automatiškai, praėjus apskaičiuotam laikui nuo traukinio įvažiavimo į pervažos ruožą ir užsidegus pervažos šviesoforų raudoniems žiburiams. Užkardai pakeliami paspaudus mygtuką, traukiniui išvažiavus iš pervažos [1].

Elektriniai užtvarai – tokie užtvarai, kai užtvarų užkardus nuleidžia pervažininkas, gavęs pranešamąjį signalą ir nuspaudęs specialų mygtuką. Užtvarų užkardus pakelia pervažininkas, gražindamas šį mygtuką į pradinę padėtį traukiniui pervažiavus pervažą [1].

Mechaniniai užtvarai – mechaninės pavaros, kuriomis naudodamasis pervažininkas rankiniu būdu pakelia ir nuleidžia užtvarų užkardus [1].

Automatinių, pusiau automatinių ir elektrinių užtvarų užkardai turi turėti šviesą atspindinčius raudonos spalvos atšvaitus. Užkardų ilgis – 4 m, 6 m, 8 m. Automatinių, pusiau automatinių ir elektrinių užtvarų užkardai turi užtverti ne mažiau kaip pusę automobilių kelio važiuojamosios dalies iš dešinės pusės pagal kelių transporto priemonių važiavimo kryptį, o kairioji turi (ne mažiau kaip 3 m) likti neužtverta. Tačiau prireikus viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojas gali leisti įrengti užtvarus su nestandartinio ilgio užkardais [1].

Mechaninių užtvarų užkardai turi užtverti visą važiuojamąjį kelio dalį ir turėti signalinius žibintus, uždegamus tamsiu paros metu arba esant blogam matomumui (rūkas, pūga ir kt. nepalankios sąlygos). Užtvarai statomi automobilių kelio kelkraštyje abiejose pervažos pusėse. Užtvarų nuleisti užkardai turi būti 1,0 – 1,25 m aukštyje nuo kelio važiuojamosios dalies paviršiaus [1]

Atstumas nuo artimiausio bėgio iki mechaninių užtvarų turi būti ne mažesnis kaip 8,5 m ir nedidesnis kaip 14 m, o iki automatinių, pusiau automatinių ir elektrinių užtvarų – ne mažesnis kaip 6m, 8 m, 10 m, atsižvelgiant į projekte numatytą užtvaro užkardo ilgį (4 m, 6 m ir 8 m) [1].

Automatinių ir pusiau automatinių užtvarų nuolatinė padėtis – atidaryta (užkardai pakelti), o elektrinių ir mechaninių – uždaryta (užkardai nuleisti). Tam tikrais atvejais, kai automobilių eismas per pervažą intensyvus, nuolatinė elektrinių ir mechaninių užtvarų padėtis gali būti atidaryta (užkardai pakelti) [1].

Jei nuolatinė užtvarų padėtis uždaryta, jie atidaromi tik kelių transporto priemonėms praleisti, kai nėra pervažoje (važiuojančių ar stovinčių) arba prie pervažos artėjančių traukinių [1].

Sergimosiose pervažose įrengiama atitveriamoji signalizacija.

Atveriamoji signalizacija – šviesoforai (traukiniams ir manevriniams sąstatams), pastatyti prieš pervažą ir valdomi pervažininko arba veikiantys automatiškai. Kaip atitveriamieji gali būti panaudoti

artimiausieji tarpstočių šviesoforai, taip pat įleidžiamieji, išleidžiamieji įspėjamieji, tarpstočių, manevrų šviesoforai (esantys ne toliau kaip 800 m ir ne arčiau kaip 15 m nuo pervažos jei pervaža matoma iš tų šviesoforų pastatymo vietos), įrengus būtiną sąryšį. Jei minėtųjų šviesoforų panaudoti negalima, prieš pervažą statomi specialūs atitveriamieji šviesoforai ne arčiau kaip 15 m nuo pervažos pakloto [1].

Atitveriamieji šviesoforai statomi vienkelėse geležinkelių linijose iš abiejų pervažos pusių, o dvikelėse linijose – taisyklingojo eismo geležinkelio kelyje. Netaisyklingojo eismo geležinkelio kelyje jie statomi tik tuomet, jei juose įrengta dvipusė automatinė blokuotė; priemiesčio zonose, kai eismo intensyvumas didesnis kaip 50 porų traukinių per parą [1].

Dvikelėse geležinkelių linijose esanti pervažos atitveriamoji signalizacija taisyklinguoju keliu važiuojantiems traukiniams gali būti naudojama ir netaisyklinguoju keliu važiuojantiems traukiniams [1].

Jei neužtikrinamas būtinasis atitveriamojo šviesoforo signalo matomumas, tai geležinkelių linijose be automatinės blokuotės prieš tokį šviesoforą statomas įspėjamasis tokios pat formos šviesoforas, kuris signalizuoja:

- kai atitveriamajame šviesofore dega raudonas žiburys, įspėjamajame šviesofore dega geltonas žiburys;
- kai atitveriamajame šviesofore nedega žiburys, įspėjamajame šviesofore taip pat nedega žiburys.

Važiuojant traukiniams netaisyklinguoju geležinkelio keliu, leidžiama statyti atitveriamuosius šviesoforus iš kairės kelio pusės. Tokių vietų sąrašą tvirtina viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojas [1].

1.4. Geležinkelio pervažoms keliami reikalavimai

1. *Geležinkelio pervažos danga* - danga, padaryta iš gelžbetonio, gumos, medžio, asfaltbetonio arba betono, kuri įrengta tarp bėgių ir iš abiejų geležinkelio pusių iki 1 m atstumu nuo bėgių. Išorinė kelio dangos riba turi būti lygiagreti bėgiui.

2. Geležinkelio infrastruktūros savininkas užtikrina, kad artėjančių geležinkelio riedmenų signalas iš geležinkelio signalinės sistemos būtų laiku priimtas ir būtų galima automatiškai aktyvinti automatinę geležinkelio pervažos ir bet kokių užtvaro strypų eismo signalinę įrangą.

3. Kelio ženklais, šviesoforais ir kelio dangos ženkliniu (toliau – *eismo valdymo įtaisai*) siekiama teikti vienodą informaciją kelio naudotojams, tvarkyti eismo srautus ir sukurti eismo saugumo sąlygas. Kelio ženklai turi būti matomi transporto priemonės vairuotojui iš visų kelių, kuriais įvažiuojama į geležinkelio pervažą, ir draudžiama, kad juos dengtų lapija, statiniai, reklaminiai standai ar kiti objektai. Draudžiama naudoti nusidėvėjusius arba deformuotus eismo valdymo įtaisus. Eismo valdymo įtaisai ir jų įrengimas laikomi atitinkančiais reikalavimus, jei jie atitinka EVS 613, EVS 614

ir EVS 615 standartus. Jei šių standartų nesilaikoma, montuotojas turi kitais techniniais dokumentais ir skaičiavimais įrodyti, kad eismo valdymo įtaisas atitinka paskirtį, numatytą šios dalies pirmame sakinyje.

4. Viešai naudojamos geležinkelio pervažos dangą yra 0–25 mm virš bėgių paviršiaus tarp bėgių ir viename lygyje su bėgio paviršiumi arba iki 5 mm žemiau bėgio paviršiaus per 100 mm nuo bėgio, bėgių išorinėje pusėje, arba padaryta iš elastinės medžiagos, kad kompensuotų bėgio dėvėjimąsi.

5. Kad geležinkelio riedmenų ratai laisvai pravažiuotų, geležinkelio pervažos dangoje turi būti sudarytas 56–110 mm pločio ir ne mažiau kaip 45 mm gylio griovelis, priklausomai nuo geležinkelio plano. Griovelio plotis tiesioje viešai naudojamos geležinkelio pervažos atkarpoje negali būti didesnis nei 75 mm. Įrengiant šoninius bėgius, padarytus iš bėgių, jų galai palenkiami 25 cm link centrinės linijos, nuo 50 cm atstumo, matuojant nuo geležinkelio pervažos krašto.

6. Tarp viešai naudojamos geležinkelio pervažos centrinės dalies ir šoninio bėgio arba tarp išorinės dalies ir bėgio negali būti tarpų, taip pat geležinkelio pervažos dangą arba pagrindą negali būti deformuoti. Esami trūkumai ištaisomi ne vėliau kaip iki 2018 m. sausio 1 d. [4].

1.5. Geležinkelio pervažos artėjimo zonai keliami reikalavimai

Nustatant geležinkelio pervažos artėjimo zonos ilgį atsižvelgiama į didžiausią ribotą greitį, nustatytą traukiniams regione, ir mažiausią transporto priemonės judėjimo greitį, bet ne mažesnę nei 8 km/h, taip pat į leidžiamą didžiausią transporto priemonių ilgį, kuris yra iki 24 m. Jei reikia, delsiama atidaryti išvažiavimą ir įjungti sutelkimo šviesoforus, siekiant užtikrinti reikalingą pranešimo laikotarpį.

Geležinkelio pervažos artėjimo zonos ilgis apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$l = v_r * t_s \quad (1)$$

čia:

l – geležinkelio pervažos artėjimo zona (m);

v_r – didžiausias leidžiamasis greitis, nustatytas regione traukiniams, (km/h);

t_s – išankstinio pranešimo apie artėjančią prie geležinkelio pervažos traukinį laikotarpis (s).

Išankstinio pranešimo laikotarpis nustatomas pagal šią formulę:

$$t_s = t_1 + t_2 + t_3 \quad (2)$$

čia:

t_1 – laikotarpis, reikalingas transporto priemonei pervažiuoti arba pėsčiajam pereiti geležinkelio pervažą, sekundėmis;

t_2 – laikotarpis, reikalingas aktyvinti išankstinio pranešimo grandines ir geležinkelio pervažos eismo signalinę įrangą (laikoma, kad jis yra 4 sekundės);

t_3 – atsarginis laikas (laikoma, kad jis yra 10 sekundžių).

Laikotarpis, reikalingas transporto priemonei pervažiuoti geležinkelio pervažą t_1 , nustatomas pagal šią formulę:

$$t_1 = \frac{l_{\ddot{u}} + l_a + l_p}{v_a} \quad (3)$$

čia:

$l_{\ddot{u}}$ – geležinkelio pervažos ilgis (m);

l_a – transporto priemonės ilgis (m) (laikoma, kad jis yra didžiausias vilkiko ilgis, 24 m);

l_p – transporto priemonės sustojimo atstumas nuo geležinkelio pervažos šviesoforo (laikoma, kad jis yra 5 m);

v_a – numatomas transporto priemonės judėjimo greitis geležinkelio pervažoje (laikoma, kad jis yra 2,2 m/s arba 8 km/h).

Laikoma, kad geležinkelio pervažos ilgis yra atstumas nuo geležinkelio pervažos šviesoforų (užtvaro strypo), kurie yra toliausiai nuo tolimiausio bėgio, iki kitoje pusėje esančio tolimiausio bėgio, pridėjus 2,5 m, jis reikalingas norint, kad variklinė transporto priemonė saugiai sustotų pervažiuojanti geležinkelio pervažą.

Išankstinio pranešimo apie artėjantį prie geležinkelio pervažos traukinį laikotarpis, jei geležinkelio pervažoje yra pranešimų signalinė sistema ir automatiniai užtvary strypai, nustatomas pagal formulę:

$$t_s = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (4)$$

čia:

t_1 ; t_2 ; t_3 – reikšmės ir vertės tos pačios, kaip ir skaičiuojant išankstinio pranešimo laikotarpį geležinkelio pervažoje, kurioje yra automatinė eismo signalinė sistema ir automatiniai užtvary strypai;

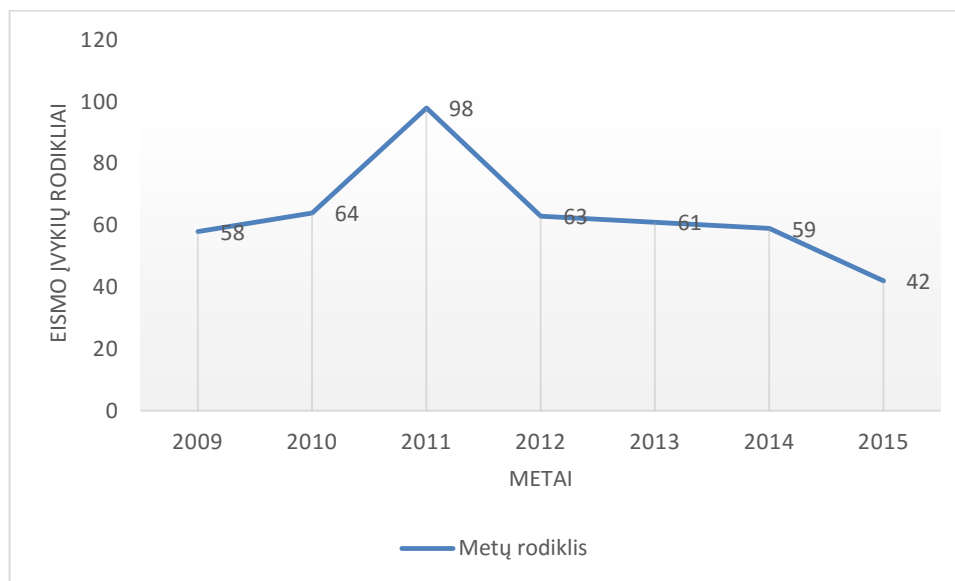
t_4 – laikotarpis, reikalingas norint, kad geležinkelio pervažos administratorius galėtų suvokti pranešimo signalą ir nuspausti užtvary strypų nuleidimo mygtuką, laikoma, kad jis yra 10 (s) [4].

2. GELEŽINKELIO EISMO ĮVYKIŲ ANALIZĖ

2.1. Eismo įvykių analize 2009 - 2015 metais

Stebint valstybinės geležinkelių inspekcijos vedamą statistiką matyti, kad 2015 m. įvyko 42 eismo įvykiai (3 pav.). Pastaruoju laikotarpiu vis daugiau eismo įvykių pavyksta išvengti.

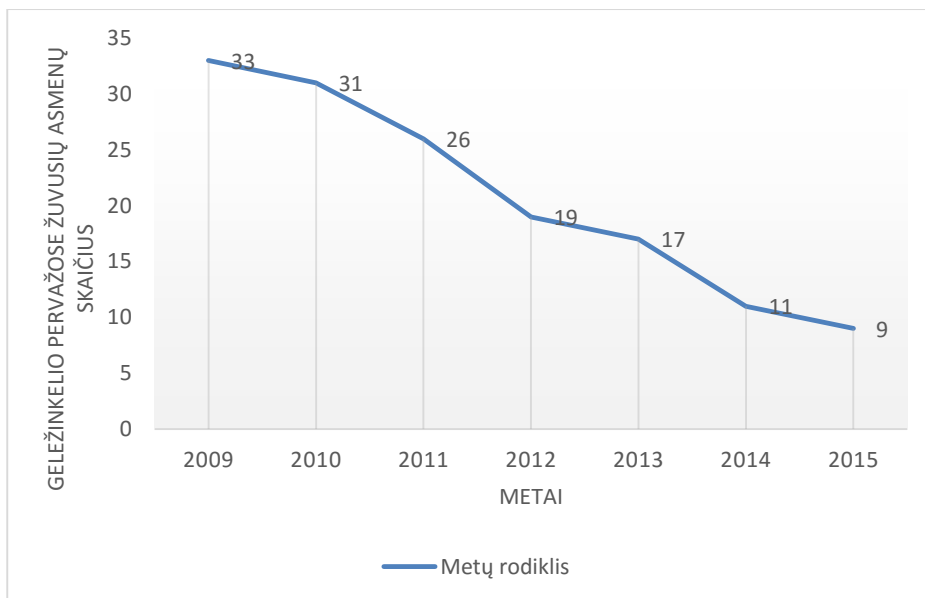
Analizuojant pateiktus valstybinės geležinkelių inspekcijos duomenis pastebėta, kad pastaruoju laikotarpiu išvengiama traukinių susidūrimų su kliūtimis ar kitomis bėginėmis priemonėmis, taip pat išvengiama traukinių nuredėjimų nuo bėgių, kurie gali sukelti didelius nuostolius gamtai bei Lietuvos geležinkeliams. Ilgą laiką pavyksta išvengti gaisrų riedmenyse, kurie nusineša žmonių gyvybes ir pridaro gana didelių nuostolių riedmenų ūkiui.



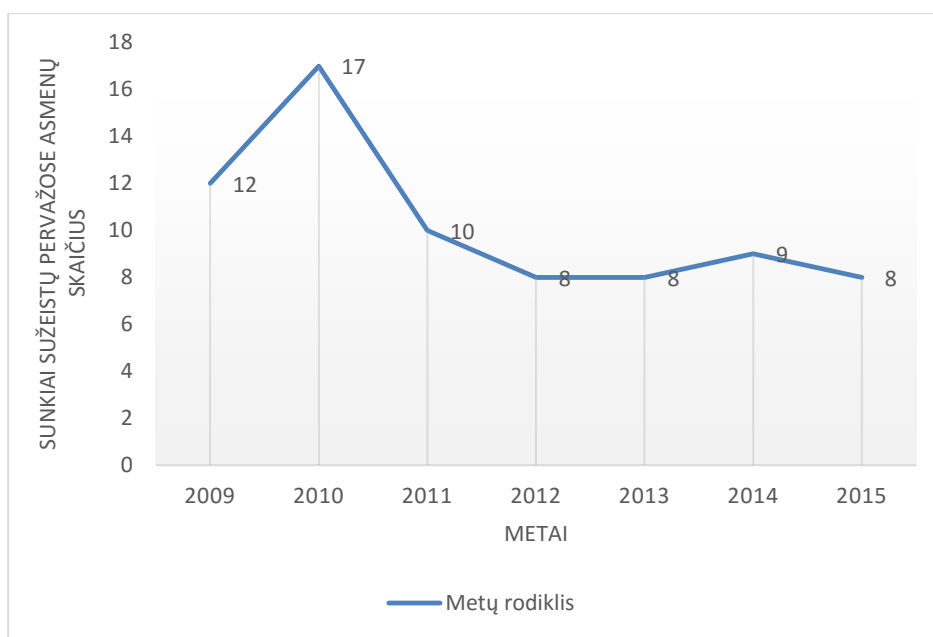
3 pav. Eismo įvykių skaičius 2009 -2015 m [22]

Iš (4 pav.) matyti, jog laikui bėgant nuo 2009 metų iki 2015 metų pervažose žuvusių asmenų skaičius mažėja. Taipogi nuo 2009 iki 2015 metų mažėja sunkiai sužalojamų žmonių skaičius (5 pav.), tik 2014 metais matome nežymų padidėjimą. Nors kiekvienais metais mažėja žuvusiųjų asmenų skaičius, jis vis dar yra aukštas. Pagrindinė priežastis, dėl kurios žūsta žmonės pervažoje t.y. neteisėti bei pašalinių asmenų nesusijusių su geležinkelių transporto veikla veiksmai pervažose. Pagrindiniai pažeidimai pervažose: ėjimas ar važiavimas geležinkelių keliu tam neskirtose vietose; eismo dalyvių apvažiavimas, kai yra sustojama praleisti bėginės transporto priemonės; įvažiavimas į pervažą degant draudžiam šviesoforo ar budėtojo signalui; savavališkas pakeliamojo užtvaro pakėlimas. Kitos priežastys lemiančios įvykius pervažose yra: neparengtų žemės ūkių, kelių, statybos mašinų gabenimas per pervažas; kelio ženklų „STOP“ ignoravimas prieš pervažas, neteisėtas žmonių buvimas geležinkelių kelių ir jų įrengimų apsaugos zonose.

Kiti eismo įvykiai įvyksta dėl geležinkelio infrastruktūros ar geležinkelių riedmenų būklės, eismo organizavimo ir valdymo trūkumų [22].



4 pav. Geležinkelio pervažose žuvusių asmenų skaičius 2009 m – 2015 m [22]



5 pav. Sunkiai sužeistų asmenų skaičius 2009 m – 2015 m [22]

2.2. Eismo įvykių priežasčių analizė

Šiuo metu pasaulyje skiriama daug dėmesio ne tik kelių eismo saugumui užtikrinti, bet ir stengiamasi užtikrinti ir geležinkelio eismo saugumą, tuo pačiu apsaugant krovinius ir keleivius. Intensyvėjant riedmenų judėjimui padidėja geležinkelio eismo rizika. Daugiausia geležinkelių transporte pasitaikančios eismo rizikos grėsmės:

1. riedmenų susidūrimas su kertančiomis transporto priemonėmis pervažose;
2. riedmenų su pėsčiais susidūrimas pervažose;

3. riedmenų susidūrimas su nenumatytomis kliūtimis ar kitais objektais;
4. traukinių susidūrimas ar nuriedėjimas nuo bėgių;
5. draudžiamų signalų nepaisymas;
6. signalizacijos, ryšių, susiekimo įrenginių gedimas;
7. lūžęs bėgis.

Geležinkelyje eismo įvykiai skirstomi į: katastrofą, eismo įvykį, riklą.

Riklas – įvykis, kuris įvyko dėl riedmenų eksploatavimo, bei turėjo neigiamą poveikį saugiam eismui, bei jo valdymui užtikrinti, bet nesukelta katastrofa ar eismo įvykių padarinių.

Eismo įvykis – netyčinis įvykis ar įvykių virtinė, sukianti žalingus padarinius (nuriedėjimas nuo bėgių, avarijos pervažose, traukinių susidūrimai, avarijos dėl judančių riedmenų, avarijos, kurių metu nukentėjo žmonės, gaisras riedmenyse).

Katastrofa – geležinkelio riedmenų susidūrimai ar nuriedėjimas, kai žūsta trys ar daugiau žmonių, arba sužalojami penki ir daugiau žmonių, arba padaryta ne mažesnė kaip 2 milijonų eurų žala infrastruktūrai, geležinkelio riedmenims, aplinkai ar asmenų turtui.

Lietuvoje didžiausia geležinkelių transporto eismo rizika yra pervažose, todėl reikėtų išskirti veiksnius įtakojančius auto įvykių riziką:

- 1) pervažos plotis;
- 2) kertamų kelių skaičius;
- 3) sąstato maksimalus leistinas greitis;
- 4) traukinių skaičius per parą;
- 5) pervažos kategorija;
- 6) kelio dangos tipas pervažoje;
- 7) matomumas;
- 8) signalizacijos priemonės bei įspėjamieji ženklai;
- 9) transporto priemonių intensyvumas.

Įvairiose valstybėse atliktų įvairių tyrimų metu nustatyta, kad eismo įvykių geležinkelių pervažose daugiausia įtakoja žmogiškasis faktorius. Jungtinėse Amerikos Valstijose atlikto tyrimo metu buvo nustatyta, kad tik 60 % transporto priemonių vairuotojų sustoja prie „Stop“ kelio ženklų, esančių prieš geležinkelio pervažas, o 40 % neatsižvelgia į kelio ženklus ir pervažiuoja geležinkelio pervažas. Kito tyrimo metu Jungtinėse Amerikos Valstijose buvo nustatyta, kad iš 60 eismo įvykių įvykusių geležinkelių pervažose, 12 įvyko dėl vairuotojų neatidumo. Be to nustatyta, kad 80 % eismo įvykių, įvykusių geležinkelių pervažose, metu vairuotojai pasimetė ir nežinojo ką daryti, jog būtų galima išvengti susidūrimo su traukiniu. Australijoje buvo ištirta 85 eismo įvykiai, kurių metu žuvo žmonės ir buvo išsiaiškinta, kad 86 % vairuotojų žinojo kaip taisyklingai pervažiuoti geležinkelio pervažą. Vokietijoje 33 procentai kelių transporto priemonių vairuotojų manė, kad jie neprivalo sustoti prie geležinkelių pervažos mirksint raudonam geležinkelių pervažos šviesoforo signalui. Iš šių 33

procentų vairuotojų, 8 procentai manė, kad jie gali pravažiuoti geležinkelių pervažos nuleistus užtvarus, jeigu nėra jokio pavojaus. Be to, Vokietijoje buvo nustatyta, kad trečdalis vairuotojų yra pasipiktinę ilgu laukimo laiku geležinkelių pervažose, kai per jas važiuoja traukiniai. Apklausti vairuotojai teigė, kad laikas, kai yra nuleidžiami ir pakeliami geležinkelių pervažos užtvagai ar kai mirksi raudonas šviesoforo signalas, turėtų būti ne ilgesnis nei 2 minutės. Nustatyta, kad ilgas laukimas prie geležinkelių pervažos, skatina vairuotojus pažeisti kelių eismo taisyklės ir kirsti geležinkelių pervažą, kai geležinkelių pervažos užtvagai yra nuleisti ar mirksi raudonas geležinkelių pervažos šviesoforo signalas. Taisyklių nesilaikymas iššaukia mirtinus atvejus.

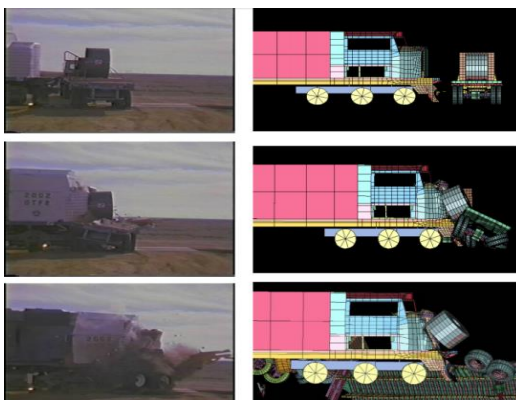
Eismo įvykių dažniausiai pasitaikančios priežastys yra panašios. Geležinkelių pervažos pervažiavimas degant draudžiamam signalui, sustojimas ant geležinkelio bėgių neleistinoje vietoje, nusileidusio barjero apvažiavimas, greičio viršijimas, žmonių neatsargus vaikščiojimas bėgiais. Kiekvienais metais yra neteisėti veiksmai asmenų nesusijusių su geležinkelių transporto veikla: vairuotojai, pašaliniai asmenys.

2.3. Eismo įvykių pervažose analizė

Šiame skyriuje apžvelgiami traukinių susidūrimo atvejai su transporto priemonėmis, taip pat nagrinėjama lokomotyvo patirta žala eismo įvykio metu. Transporto priemonių susidūrimai priklauso nuo daugelio faktorių: avarijoje dalyvaujančio automobilio tipo; automobilio padėties prieš auto įvykį; automobilio greičio prieš susidūrimą.

1 situacija.

Keleivinio lokomotyvo susidūrimas su sunkvežimiu, kurio ilgis 25 metrai, o aukštis siekia 4 metrus. Lokomotyvo susidūrimo schema su sunkiasvoriu automobiliu pavaizduota (7 pav.). Jis buvo suformuotas iš dviejų vagonų, kurio masė siekė 100 tonų. Sunkvežimis tempė puspriekabę, kuri buvo pakrauta skardos lakštų rulonais. Jų masė siekė 9 ir 35 tonas. (6 pav.) pavaizduotoje susidūrimo schemeje, matyti, jog lokomotyvas rėžėsi į priekabos galinį šoną ties pakrautu skardos rulonu. Susidūrimo metu stipriai nukentėjo abi transporto priemonės, kiek mažiau buvo pažeistas skardos rulonas, kuris sulindo į mašinisto kabiną, taip deformuodamas lokomotyvo priekį (7 pav.), suniokojo ketvirtadalį visų keleivių vietų.



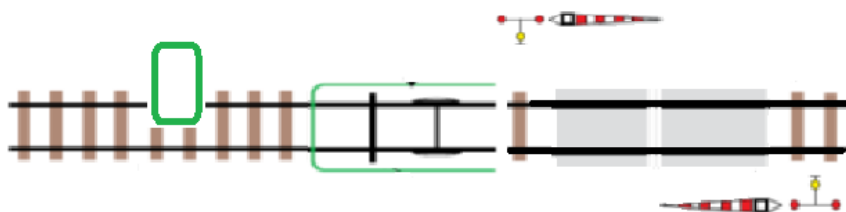
6 pav. Keleivinio traukinio susidūrimo schema su vilkiku [13]



7 pav. Lokomotyvo žala po susidūrimo [13]

2 situacija.

„Volkswagen Passat“ mašinos vairuotojas nesustojo prieš kelio ženklą „STOP“. Prieš įvažiuodamas į geležinkelio pervažą neįsitikino, kad prie jos nėra artėjančios bėginės transporto priemonės. (8 pav.) matyti, jog automobilis buvo stumiamas 19 metrų. Manevrinio šilumvežio mašinistas artėjant prie pervažos, panaudojo garsinį išpėjamąjį signalą. Traukinio konduktorius pamatęs, jog automobilis nesustojo prie ženklo „STOP“ davė komandą mašinistui stabdyti. Visi veiksmai atitinka galiojančių instrukcijų reikalavimus. Meteorologijos sąlygos eismo įvykiui įtakos neturėjo. Apgadintas šilumvežio kairės pusės šonas, nutraukta stabdžių magistralės žarna, deformuotas numetėjęs, sulenkta stabdžių bei maitinimo magistralės žarnos kabliai.

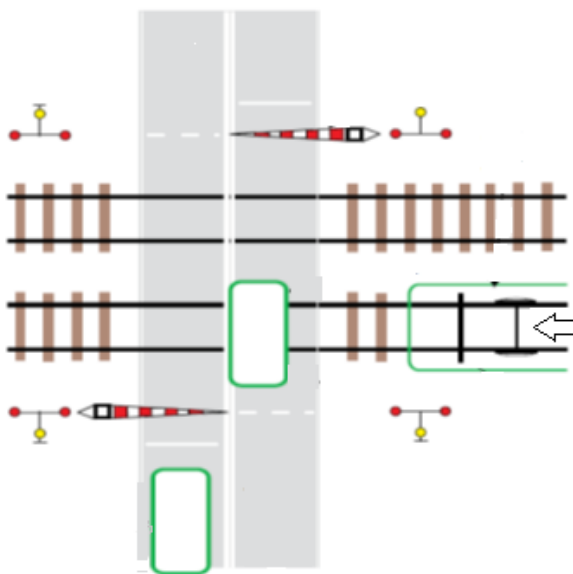


8 pav. Eismo įvykio, įvykusio Zoknių geležinkelio stoties privažiuojamojo kelio Nr.5 pervažoje [14]

3 situacija.

(9 pav.) pavaizduota avarijos schema reguliuojamoje pervažoje. Šioje geležinkelio linijoje maksimalus leistinas greitis 160km/h. Keleivinis lokomotyvas važiavo 137 km/h greičiu, kai iki pervažos buvo likę 1744 metrai. Vairuotojas nepaisė pervažos garsinių išpėjamųjų signalų, ženklų ir taip pažeisdamas kelių eismo taisykles įvažiavo į pervažą, esant nuleistiems pakeliamiesiems atitvarams. Lokomotyvo ilgis siekė 70,86 metrus, o svoris 132 tonos. Avarijos metu keleivinis lokomotyvas į automobilio šoną rėžėsi 120 km/h greičiu. Susidūrimo metu automobilis buvo stumiamas bėgiais tol, kol traukinys visiškai sustojo t.y. 375 metrus. Po smūgio, iš automobilio pradėjo tekėti degalai, kurie vėliau užsiliepsnojo. Degant automobiliui buvo pažeistos traukinio eksterjero detalės (10 pav.). Išvengti susidūrimo nebuvo galimybės, kadangi vairuotojas pažeidė kelių eismo

taisykles ir per vėlai pastebėta kliūtis pervažoje. Traukiniu važiuę keleiviai sužalojimų išvengė. Jų pasakojimu, traukinio ir automobilio susidūrimo metu smūgio nepajutę, o apie tragišką nelaimę sužinoję tik tada, kai traukiniui sustojus teko išlipti.



9 pav. avarijos schema pervažoje [16]

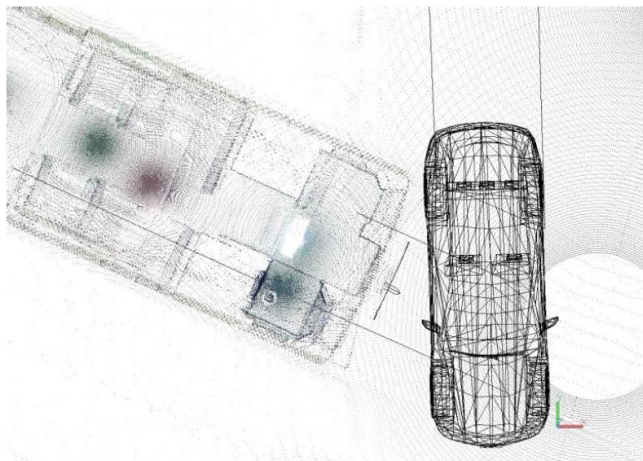


10 pav. Traukinys ir automobilis po susidūrimo [16]

4 situacija.

Avarijos schema pateikta (11 pav.). Pirminiais duomenimis, automobilio vairuotojas įvažiavo į reguliuojamą sankryžą, kai degė draudžiamas šviesoforo signalas. Po smūgio, automobilis palindo po keleiviniu lokomotyvu ir buvo stumiamas 800 metrų (12 pav.). Išvengti susidūrimo prieš staiga atsiradusią mašiną, šilumvežio mašinistui nepavyko. Keleivinis traukinys kelionės tęsti nebegalėjo.

Keleiviai kelionę privalėjo tęsti maršrutiniais autobusais. Geležinkelio eismas buvo uždarytas, kol avarijos padariniai ne buvo likviduoti.



11 pav. Keleivinio traukinio ir lengvojo automobilio susidūrimo schema [17]

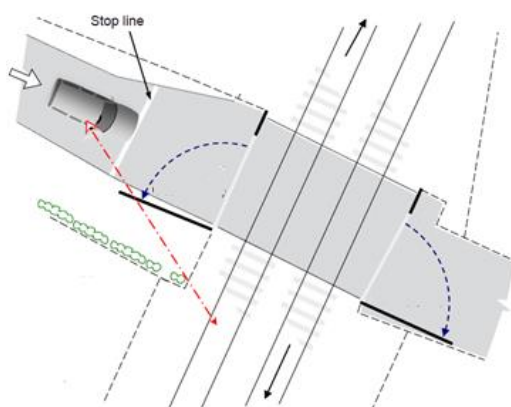


12 pav. Traukinys ir automobilis po susidūrimo [23]

Nemažai auto įvykių įvyksta pervažose, kuriose yra mažas traukinių intensyvumas. Kelių transporto priemonių vairuotojai nustato ar saugus eismas per šias pervažas (13 pav.). Tokios pervažos yra priskiriamos prie neviešojo naudojimo pervažų (geležinkelių sankirtas su automobilių keliais, kurie priklauso įmonėms, gamykloms, fiziniams ar juridiniams asmenims). Eksploatuojamose pervažose patenkinamu matomumu laikomas toks, kai iš kelių transporto priemonės, esančios ne arčiau kaip 50 metrų nuo kraštinio bėgio, artėjantis iš bet kurios pusės traukinys matomas ne arčiau kaip... žr. 3 lentelę.

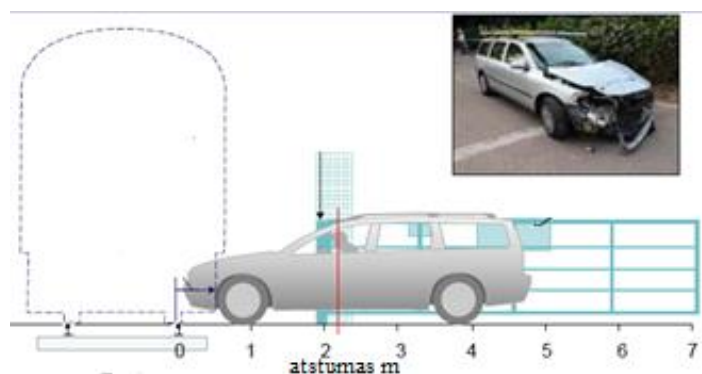
Pervažos atstumo matymas, pagal traukinių greitį

Traukinių greitis, km/h	Atstumas, m
121 - 160	500
81 - 120	400
41 - 80	250
26 – 40	150
25 – ir mažiau	100



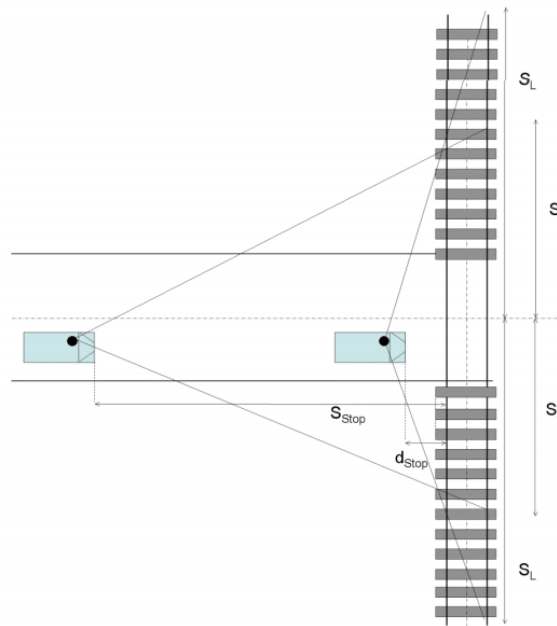
13 pav. Schema vaizduojanti pervažos išsidėstymą [18]

Artėjančio traukinio mašinistas turi matyti pervažos vidurį 1000 m atstumu [12]. Naujose tiesiamose ir rekonstruojamose geležinkelių linijose patenkinamu laikomas toks matomumas, kai kelių transporto priemonės vairuotojas, būdamas ne arčiau, kaip 50 m nuo kraštinio bėgio, gali matyti artėjančią prie pervažos traukinį ne arčiau kaip 500 m atstumu nuo pervažos, o artėjančio traukinio mašinistas gali matyti pervažos vidurį 1200 m atstumu. Tokiose pervažose vairuotojas privalo sustoti, apsidairyti, įsiklausyti ar girdimas įspėjamasis traukinio mašinisto garsinis signalas. Pasitaiko, jog mašinistai ne visada laiku panaudoja garsinį įspėjamąjį signalą. Automobilio pozicija susidūrimo metu pavaizduota (14 pav.).



14 pav. Schema parodanti automobilio poziciją susidūrimo metu [18]

Svarbiausi parametrai matomumo atstumui pervažose apskaičiuoti pateikti (15 pav.):



15 pav. Pervažos matomumo skaičiavimo schema [7]

S_{Stop} - tai yra atstumas iki pervažos, kurį vairuotojas privalo matyti, tam kad įsitikintų jog gali sustoti taške d_{stop} , praleisti atvažiuojančio traukinio. d_{stop} taškas paprastai būna keli metrai nuo bėgių.

S_S - tai yra trumpiausias atstumas einantis išilgai bėgių, kurį transporto priemonės vairuotojas privalo matyti artėdamas prie pervažos ar nesiartina traukinys. Ir jeigu S_S atstumu nėra artėjančio traukinio, tai vairuotojas gali saugiai kirsti pervažą nemažindamas greičio.

S_L - tai yra trumpiausias atstumas einantis išilgai bėgių, kurį transporto priemonės vairuotojas privalo matyti sustojęs priešais pervažą tam, kad įsitikinti ar nėra artėjančios bėginės transporto priemonės. Jeigu atstumu S_L artėjančio traukinio nėra, tada galima saugiai kirsti pervažą.

Abiejų linijų S_S galus sujungus transporto priemonės vairuotojo trikampiu, gauname teritoriją, kuri negali būti apribota jokiais vizualinėmis kliūtimis.

Skirtingose šalyse matymo atstumo reikalavimai yra apskaičiuojami pagal formulę, kurioje pagrindinis kintamasis yra traukinio greitis. Taip pat yra ir kitų kintamųjų pvz. transporto priemonės tipas, ilgis, kuo ilgesnė mašina tuo daugiau jai reikia laiko pravažiuoti pervažą. Taip pat formulėje pažymimi transporto priemonių greičiai ir pagreičiai. Kai kuriais atvejais į skaičiavimus yra įtraukiamas vertikalusis kelio tiesumas ir kelio ir geležinkelio bėgių susikirtimo kampas. Tuo tarpu (16 pav.) yra pavaizduoti matymo atstumo reikalavimai ir jie rodo jog yra reikšmingų neatitikimų tarp skirtingose šalyse.

Skirtingų šalių matymo atstumo reikalavimai

Šalis	Formulė
Suomija	$s = 6 * v_T + 0.3 * n * v_T \dots$ (5) [11]
JAV	$d_T = \frac{v_T}{3.6} \left(\frac{v_G}{a} + \frac{L+2D+W-d_a}{v_G} + J \right) \dots$ (6) [10]
Kanada	$D_{stopped} = v_T * T_d \dots$ (7) [5]
Naujoji Zelandija	$S_3 = \frac{v_T}{3.6} \left(J + G_S \sqrt{\frac{2 * \left(\frac{W_R}{\tan Z} + \frac{W_T}{\sin Z} + 2C_V + L \right)}{a}} \right) \dots$ (8) [9]
Švedija	$s_3 = 3 * v_T \dots$ (9) [3]

čia:

$s = s_3 = d_T = D_{stopped}$ = reikalaujamas matomumo atstumas nuo kelio iki bėgių (skirta transporto priemonėms, kurios sustojo prieš pervažą, kur kelią kerta vieno kelio vežė);

v_T - traukinio greitis;

n - atstumas tarp tolimiausių bėgių. Pervažose, kur kelią kerta daugiau nei vienas geležinkelio kelias.

v_G = maksimalus transporto priemonės greitis

a - transporto priemonės pagreitis

L - transporto priemonės ilgis

D - atstumas tarp automobilio priekinės dalies ir artimiausių bėgių

$W - W_T$ = atstumas tarp vieno kelio bėgių

d_a - atstumas, kurį transporto priemonė įveikia, kol įgyjamas maksimalus greitis važiuojant pirma

pavara $d_a = \frac{v_G^2}{2a}$

W_R - kelio plotis

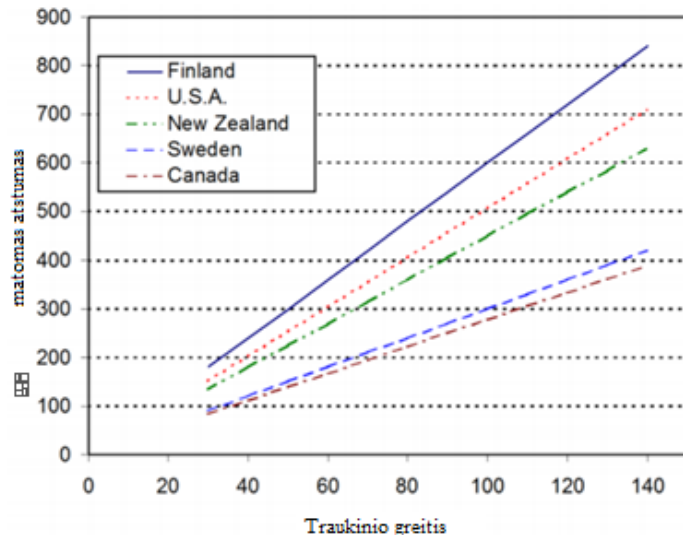
T_d - laikas reikalingas pervažiuoti pervažą

J - laikas kuris reikalingas, kad žmogus suvoktų ir įjungtų pirmą pavarą (priimta 2 sekundės)

G_S - pasvirimo koeficientas (pvz, koeficientas būna 1.00 prie 0 laipsnių, o jei yra 2% įkalnė, tai koeficientas tada 1.12)

Z - kampas tarp bėgių ir kelio

C_V - atstumas tarp stop linijos iki artimiausių bėgių.



16 pav. Pervažų matomumas nuo greičio skirtingose šalyse [7]

5 situacija.

Dėl prasto matomumo (17 pav.) vairuotojas kirto „stop“ liniją. Į pervažą įvažiavo daugiau negu leidžiama (14 pav.). Auto įvykio buvo galima išvengti, jeigu mašinistas būtų laiku pastebėjęs garsinio signalo ženklą ir vairuotojas būtų buvęs atidesnis. 5 lentelėje matyti traukinio veiksmų analizė. Šiuo metu keleiviniam lokomotyvui padaryta minimali žala t.y. pažeistos tik eksterjero detalės. Kadangi didelio greičio nebuvo, todėl pavyko išvengti didelių žalų. Važiavę keleiviai nenukentėjo, mašinos vairuotojas patyrė nestiprius sužalojimus.



17 pav. Vairuotojui matomas vaizdas prie „stop“ linijos [18]

Mašinisto veiksmų analizė

Laikas $t =$ Laikas iki susidūrimo	Atstumas tarp traukinio ir pervažos	Įvykis / veiksmai
$t - 12$ s	126 m	Traukinys pravažiuoja garsinį įspėjamąjį ženklą, bei toliau važiuoja 40 km/h
$t - 6$ s	58 m	Panaudojami staigiojo stabdymo stabdžiai
$t - 5$ s	47 m	Traukinio mašinistas įjungia garsinį signalą
t	0 m	Susidūrimas. Nustatyta traukinio greitis 20 km/h
$t + 5$ s	15 m	Traukinys sustoja

6 situacija.

Pagal mašinisto pasakojimą prieš pervažą buvo pastebėtas trumpam stabtelėjęs automobilis, netikėtai pajudėjo į priekį tiesiai prieš atvažiuojantį keleivinį traukinį. Mašinistas dar spaudė garso signalą, tačiau nelaimės išvengti nepavyko. Šilumvežis įsirižė tiesiai į miniveno „Ford Galaxy“ galinį statramstį (18 pav.). Sumaitotas automobilis buvo nublokštas nuo sankasos. Vairuotojui susidūrus su traukiniu, naujam lokomotyvui padaryta 200 tūkst. EUR. žala. Manoma, kad pastebėti netoliese buvusį traukinį automobilio vairuotojui sutrukdė į akis švietusi saulė. Be to, dalį geležinkelio kelio užstojo šalia pervažos stovinti kelio aptarnavimui skirta būdelė. Avariją patyrusio ir toliau nebegalėjusio važiuoti traukinio keleiviai kelionės tikslą pasiekė persėdę į po trijų valandų vykusį keleivinį traukinį [27]. Kadangi susidūrimo metu mikroautobusas palindo po autosankabos galvute, nukentėjo visi priekyje motorinio vagono esantys įrenginiai: numetėjęs, kelio signalų priėmimo ritės, stabdžių ir magistraliniai vamzdynai, kuro bakas, variklio įrenginiai bei valdymo kabina (19 pav.) [28].



18 pav. Automobilis po smūgio į galinį statramstį [27]



19 pav. Keleivinio lokomotyvo žala po auto įvykio [27]

Pasitaiko atvejų, kai avarijos metu ne tik traukinys patiria didelius nuostolius per kuriuos nebegali tęsti kelionės, bet ir apgadinama geležinkelio infrastruktūra. Įvykio metu yra pažeidžiamas balastas, pažeidžiamos bėgių galvutės, pabėgiai, jų tvirtinimo elementų apgadinimas (20 pav.), iešmų sulaužymas, pervažos signalizacijos šviesoforų nuvertimas, pervažos posto pastato pažeidimas (21 pav.), stiprus lokomotyvo agregatų apgadinimas, taipogi įvyksta traukinio nuriedėjimas nuo bėgių, kyla gaisrai riedmenyse, išsilieja teršalai į gamtą.



20 pav. Pabėgių ir tvirtinimo elementų pažeidimai

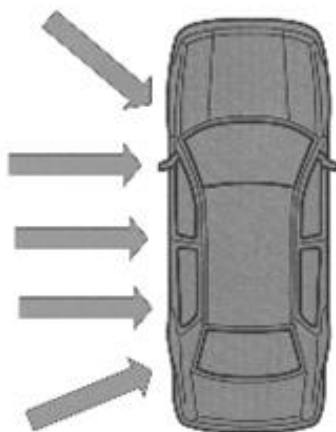
Visi minėtieji pažeidimai priklauso nuo traukinio greičio, konstrukcijos, sąstato masės, stabdymo kelio bei su kokia kliūtimi įvyksta susidūrimas. Susidūrimai būna įvairūs, vieni iššaukia didelius nuostolius, katastrofas, o kituose įvykiuose pavyksta išvengti nelaimių ir atneša minimalius nuostolius.

Tai priklauso nuo transporto priemonės masės, tipo (sedanas, universalas, kupė, sunkiasvoris sunkvežimis ar dviratininkas), greičio, padėties pervažoje. Visa tai lemia patiriamų žalų dydį auto įvykio metu.



21 pav. Pervažos posto pažeidimas [24]

Lietuvoje bei kaimyninėse šalyse taipogi ir Europos šalyse vyrauja lokomotyvai su priekyje išlindusiais darbiniais agregatais. Tai automatinės sankabos galvutės. (22 pav.) pateikti dažniausi lokomotyvo smūgiai tenkantys automobiliui avarijos metu pervažoje.



22 pav. Smūgiai tenkantys automobiliui [6]

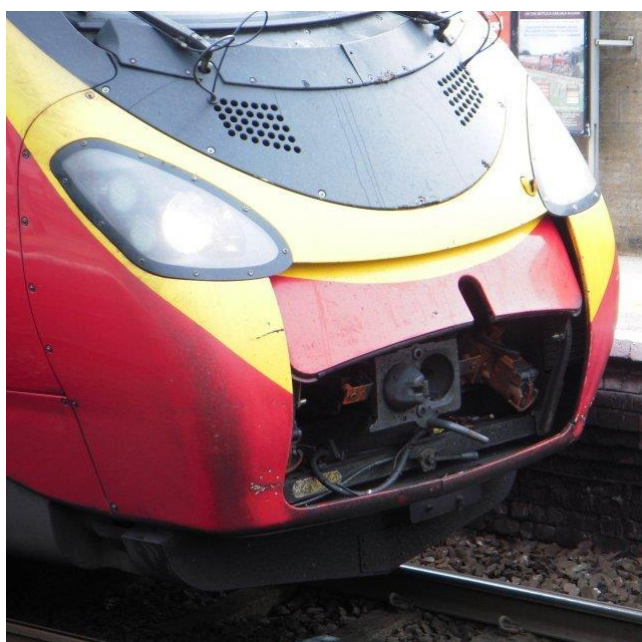
Susidūrimo metu automatinės sankabos galvutė trenkiasi į automobilio laikančiąsias konstrukcijas. Kadangi laikančiosios automobilio konstrukcijos pasižymi dideliu stiprumu, standumu, tai smūgio metu gaunasi, jog automatinė sankabos galvutė standžiai įsitvirtina. Tuo metu automobilis

yra stumiamas ir talžomas, tol kol traukinys pilnai sustoja. Taigi iš (23 pav.) matyti, jog automatinės sankabos galvutė yra įlindusi į vidų apie 50 cm. ir išsilaisvinti automobilis jokių galimybių neturi, nes stumiamas gauna iš pabėgių pasipriešinimą. Tai mirtinas smūgis ypač vairuotojui bei keleiviui.



23 pav. Automatinės sankabos galvutės padėtis po smūgio [26]

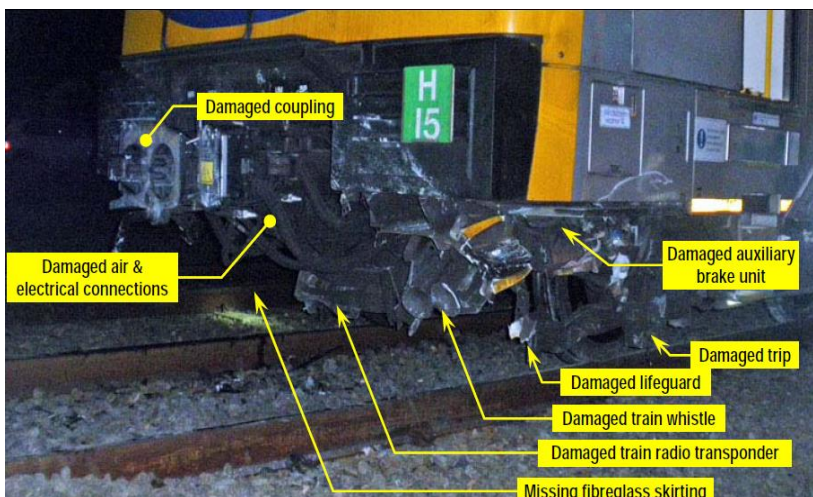
Europos šalyse keleiviniuose traukiniuose yra naudojamos įvairios autosankabos. Vieni darbiniai elementai yra išlindę traukinio priekyje, o kiti būna paslėpti viduje po specialiu gaubtu (24 pav.). Šis gaubtas naudojamas keleiviniuose traukiniuose, bei suteikia aptakią formą, kuri padeda sumažinti aerodinaminius nuostolius, o triukšmo parametrus sumažina iki leidžiamųjų reikšmių.



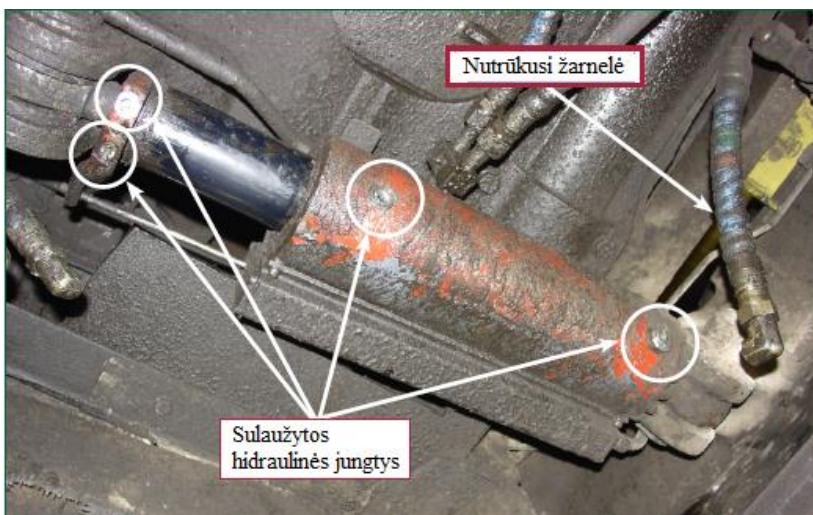
24 pav. Traukinio priekinė dalis su paslėpta autosankaba [25]

Kadangi keleiviniai lokomotyvai yra skirtingo pločio ir formos, tai jų smūgio vieta į automobilį atitinka traukinio priekio plotą. Konstrukcijos atžvilgiu, avarijos metu keleiviniai traukiniai patiria didesnius nuostolius negu prekiniai. Keleiviniuose traukiniuose automatinės sankabos galvutė dažniausiai yra paslėpta traukinio kėbule. Įvykio metu, automobiliui tenkantis pirminis smūgis yra didesnio ploto, (negu prekinio traukinio su įsikišusia auto sankabos galvute), kurio pasekmė automobilis yra nubloškiamas po jo apačia ir pažeidžia traukinio mazgus bei agregatus. Be to nevisose bėginėse transporto priemonėse yra sumontuotas kliūčių verstuvai per visą vežimėlio plotį, o tik dalinai uždengia bandažus.

Transporto priemonė patekusi po traukinio apačia, apgadina įvairius darbinius agregatus (25 pav.): sulaužytos hidraulinės jungtys (26 pav.), prakiurdytas kuro bakas (27 pav.), pažeistos oro ir elektros magistralės, taip pat apgadinama ir traukinio autosankaba, šauklis, smėlinės sistemos konstrukciniai elementai (žarnos), sulankstomas numetėjas, sulaužomos eksterjero detalės.



25 pav. Darbinių elementų pažeidimai [17]



26 pav. Hidraulinių jungčių pažeidimai [19]



27 pav. Kuro bako pažeidimas [19]

Nagrinėjant traukinių susidūrimus yra žymus skirtumas, kai traukinys susiduria su sunkvežimiu ar lengvuju automobiliu. Pervažose eismo įvykių skaičių sumažinti gali tik patys vairuotojai. Tragiškas avarijas lemia vairuotojų neapdairumas, didelis greitis, lengvabūdiškumas, o ne mašinistų neapdairumas. Šiuos eismo įvykius sukelia vairuotojai, kurie nepaiso prieš geležinkelio pervažas įrengtų įspėjančiųjų ženklų, signalizavimo įrenginių.

3. EKONOMINIS PATIRTŲ NUOSTOLIŲ ĮVERTINIMAS

Geležinkelio eismo saugumo ekonominio įvertinimo objektai:

1. nuostoliai dėl asmenų sužeidimų;
2. nuostoliai dėl asmenų žūčių;
3. sugadinti riedmenys;
4. pažeisti kelio statiniai;
5. nuostoliai aplinkai;
6. nuostoliai dėl traukinių vėlavimų [15].

Apskaičiuojant geležkelių eismo įvykių nuostolius dėl mirčių ar sužeidimų yra įvertinami tam tikri faktoriai: teismo, policijos, medicinos išlaidos.

Nuostolius patiria geležkelių įmonės dėl apgadintų geležkelių riedmenų bei jų prastovų, taipogi ir mašinistai patiria psichologinių ir moralinių sukretimų bei keleiviai patiria finansinius nuostolius dėl traukinių vėlavimo [15].

Nuostoliai dėl žmonių, nukentėjusių geležkelių eismo įvykiuose, skaičiuojami atskirai:

1. eismo įvykiai su mirtinomis pasekmėmis;
2. eismo įvykiai su neįgalumo pasekmėmis;
3. sunkūs sužeidimai;
4. lengvi sužeidimai.

Nuostoliai dėl žmonių, nukentėjusių eismo įvykiuose, apskaičiuojami pagal (10 formulę) [15]:

$$A_6 = M_p + I_p + S_s + S_L, \quad (10)$$

čia: M_p – nuostoliai, kai žmogus žūsta eismo įvykyje; I_p – nuostoliai, kai žmogus tampa neįgaliuoju; S_s – nuostoliai, kai žmogus sunkiai sužeidžiamas; S_L – nuostoliai, kai žmogus lengvai sužeidžiamas.

Nuostoliai kai žmogus žūsta eismo įvykyje skaičiuojami pagal (11 formulę) [15]:

$$M_p = M_v + M_8, \quad (11)$$

čia: M_v – visi nuostoliai be socialinių – moralinių nuostolių; M_8 – socialiniai – moraliniai nuostoliai.

$$M_8 = \frac{\frac{M_v \cdot 45}{100} + \frac{M_v \cdot 70}{100}}{2}, \quad (12)$$

čia: M_v – visi nuostoliai be socialinių – moralinių nuostolių.

$$M_v = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7, \quad (13)$$

čia: M_1 – pristatymo į ligoninę išlaidos; M_2 – ligoninės išlaidos; M_3 – morgo išlaidos, M_4 – laidotuvių išlaidos; M_5 – pašalpos išmokėjimas žuvusiojo šeimai; M_6 – žuvusiųjų artimųjų prarasto darbo laiko kaina; M_7 – šalies ūkio nuostoliai.

Nuostoliai, kai žmogus tampa neįgaliuoju apskaičiuojami pagal (14 formulę) [15]:

$$I_p = I_v + I_8, \quad (14)$$

čia: I_v – visi nuostoliai be socialinių – moralinių nuostolių; I_8 – socialiniai – moraliniai nuostoliai. Socialiniai moraliniai nuostoliai apskaičiuojami pagal (15 formulę):

$$I_8 = \frac{\frac{I_v * 45}{100} + \frac{I_v * 70}{100}}{2}, \quad (15)$$

čia: I_v – visi nuostoliai be socialinių – moralinių nuostolių;

Visi nuostoliai be socialinių – moralinių nuostolių skaičiuojami pagal (16 formulę) [15]:

$$I_v = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5, \quad (16)$$

čia: I_1 – pristatymo į ligoninę išlaidos; I_2 – ligoninės išlaidos; I_3 – biuletenio išlaidos, I_4 – pašalpos išmokėjimas; I_5 – šalies ūkio nuostoliai.

Nuostoliai, kai žmogus sunkiai sužeidžiamas skaičiuojami pagal (17 formulę) [15]:

$$S_s = S_{s1} + S_{s2} + S_{s3} + S_{s4}, \quad (17)$$

čia: S_s – sunkūs sužeidimai; S_{s1} – pristatymo į ligoninę išlaidos; S_{s2} – ligoninės išlaidos; S_{s3} – biuletenio išlaidos; S_{s4} – šalies ūkio nuostoliai.

Nuostoliai, kai žmogus lengvai sužeidžiamas skaičiuojami pagal (18 formulę) [15]:

$$S_L = S_{L1} + S_{L2} + S_{L3} + S_{L4}, \quad (18)$$

čia: S_L – lengvi sužeidimai; S_{L1} - pristatymo į ligoninę išlaidos; S_{L2} - ligoninės išlaidos; S_{L3} - biuletenio išlaidos; S_{L4} - šalies ūkio nuostoliai.

Pristatymo į ligoninę arba greitosios pagalbos išlaidos apskaičiuojamos pagal (19 formulę) [15]:

$$M_1; I_1; S_{S1}; S_{L1} = N_M \times n \times i_1, \quad (19)$$

čia: N_M – mirtinų ir sunkių sužeidimų eismo įvykių metu skaičius; n – iškvietimų skaičius vidutiniškai vienam eismo įvykiui; i_1 – vieno iškvietimo vidutinės išlaidos.

Ligoninės ir gydymo išlaidos apskaičiuojamos pagal (20 formulę) [15]:

$$M_2; I_2; S_{S2}; S_{L2} = P_n \times d_v \times i_v, \quad (20)$$

čia: P_n – ligoninėje besigydančiųjų pacientų skaičius; d_v – vidutinis dienų skaičius būtinam gydymui; i_v – vieno dienos gydymo išlaidos.

Žuvusiojo artimųjų prarasto darbo laiko vertė apskaičiuojama vidutinės vienos valandos pajamas dauginant iš nedarbtų valandų skaičiaus. Laidotuvėms skiriamos trys darbo dienos, Vadinasi, prarasto darbo laiko vertė bus skaičiuojama pagal (21 formulę) [15]:

$$M_6 = 24 \times N_p, \quad (21)$$

čia: N_p – žmogaus vidutinės vienos valandos pajamos.

Nuostoliai dėl nedarbingumo apskaičiuojami pagal (22 formulę) [15]:

$$S_{S3}; S_{L3} = D_B \times 44 \times N_D, \quad (22)$$

čia: D_B – bendras sužeistųjų skaičius autoavarijoje per metus; N_D - laikino nedarbingumo vienos dienos pašalpa dėl traumų autoavarijoje; 44 – gydymosi dienų skaičius.

3.1. Eismo įvykių ekonominis skaičiavimas

Nepašalinus auto įvykio pasekmių, traukinių eismas yra stabdomas, pradedama skaičiuoti žala, kurią dėl traukinių vėlavimo patiria keleiviai, įmonės. Skaičiuojama žala (23 formulė), kurią dėl traukinio vėlavimo, patyrė keleiviai, krovinių siuntėjai, gavėjai [20]:

$$D_{KK} = C_{MP} \cdot T_{KV} + C_{MF} + T_{PV}, \quad (23)$$

čia:

D_{KK} – žala, dėl traukinio vėlavimo patyrę keleivei, krovinių siuntėjai, gavėjai;

C_{MP} – keleivinio traukinio vienos minutės vėlavimo vertė (EUR/min);

T_{KV} – keleivinio traukinio vėlavimo laikas (min);

C_{MF} – prekinio traukinio vienos minutės vėlavimo vertė (EUR/min);

T_{PV} – prekinio traukinio vėlavimo laikas (min.)

Keleivinio traukinio vienos minutės vėlavimo vertė skaičiuojama pagal 24 formulę:

$$C_{MP} = \frac{K_1 \cdot VT_P}{60} \cdot \frac{A_{kel}}{R} \quad (24)$$

čia:

C_{MP} – keleivinio traukinio vienos minutės vėlavimo vertė (EUR/min);

VT_P – keleivio sutaupyto kelionės laiko vertė (EUR/min);

A_{kel} – keleivio nuvažiuoti kilometrai;

R – visų traukinių rida (km);

K_1 – koeficientas.

Keleivio sutaupyto laiko vertė skaičiuojama pagal 25 formulę:

$$VT_P = V_{DR} \cdot Vid_{DR} + V_{NDR} \cdot Vid_{NDR} \quad (25)$$

čia:

VT_P – keleivio sutaupyto kelionės laiko vertė (EUR/h);

V_{DR} – darbo reikalais važiuojančių keleivių sutaupyto kelionės laiko pinigine vertė (EUR/h);

Vid_{DR} – darbo reikalais važiuojančių keleivių metinis procentinis vidurkis;

V_{NDR} – ne darbo reikalais važiuojančių keleivių sutaupyto kelionės laiko pinigine vertė (EUR/h);

Vid_{NDR} – ne darbo reikalais važiuojančių keleivių metinis procentinis vidurkis.

Prekinio traukinio vienos minutės vėlavimo vertė skaičiuojama pagal 26 formulę [20]:

$$C_{MF} = \frac{K_2 \cdot VT_F}{60} \quad (26)$$

čia:

C_{MF} – prekinio traukinio vienos minutės vėlavimo vertė (EUR/min);

VT_F – prekinio traukinio sutaupyto kelionės laiko vertė (EUR/h);

K_2 – koeficientas.

Prekinio traukinio sutaupyto kelionės laiko vertė skaičiuojama pagal 27 formulę:

$$VT_F = V_{PT} \cdot \frac{A_{krov}}{R} \quad (27)$$

čia:

VT_F – prekinio traukinio sutaupyto kelionės laiko vertė (EUR/h);

A_{krov} – traukinių darbo apimtis;

R – visų traukinių rida (km).

3.1.1. Nuostoliai dėl žmonių žūčių

Remiantis Valstybinės geležinkelio inspekcijos duomenimis per 2008 – 2015 laikotarpį Lietuvos geležinkelyje įvyko 534 eismo įvykiai, dėl kurių žuvusių asmenų skaičius siekia 188, o sunkiai sužeistų žmonių skaičius 86. Po kiekvienos mirties ar sužalojimo per eismo įvykį valstybė patiria nemažus nuostolius, nes kiekviena mirtis yra įvertinama apie 600 000 eurų, o sužeidimas vienam asmeniui siekia iki 60 000 eurų.

Galime paskaičiuoti kokią žalą patiria valstybė, netekusių gyvybių bei įvykus sužalojimams eismo įvykio metu.

Žala dėl žuvusių asmenų (28 formulė):

$$M_p = X * Y \quad (28)$$

čia: M_p – nuostoliai, kai žmogus žūsta eismo įvykyje [EUR]; X – žuvusių žmonių skaičius; Y – įvertinta žmogaus gyvybė [EUR].

Įstatę skaičius į formulę, gaunamą patirtą žalą, praradus gyvybes eismo įvykio metu:

$$M_{p(2008)} = 40 * 580\,000 = 23\,000\,000 \text{ EUR}$$

$$M_{p(2009)} = 33 * 580\,000 = 19\,000\,000 \text{ EUR}$$

$$M_{p(2010)} = 31 * 580\,000 = 18\,000\,000 \text{ EUR}$$

$$M_{p(2011)} = 28 * 580\,000 = 17\,000\,000 \text{ EUR}$$

$$M_{p(2012)} = 19 * 580\,000 = 11\,000\,000 \text{ EUR}$$

$$M_{p(2013)} = 17 * 580\,000 = 9\,000\,000 \text{ EUR}$$

$$M_{p(2014)} = 11 * 580\,000 = 6\,000\,000 \text{ EUR}$$

$$M_{p(2015)} = 9 * 580\,000 = 5\,000\,000 \text{ EUR}$$

Žala, dėl sužalojimų patyrusių asmenų eismo įvykyje (29 formulė):

$$S = Z * Y_1 \quad (29)$$

čia: S - nuostoliai, kai žmogus sunkiai sužeidžiamas [EUR]; Z – sužeistų asmenų skaičius; Y_1 - sužalojimai vienam asmeniui kaina [EUR].

Įstatę skaičius į formulę, gaunama patirtą žalą, kai žmogus sunkiai sužeidžiamas eismo įvykio metu:

$$S_{2008} = 14 * 50\,000 = 714\,000 \text{ EUR}$$

$$S_{2009} = 12 * 50\,000 = 612\,000 \text{ EUR}$$

$$S_{2010} = 17 * 50\,000 = 867\,000 \text{ EUR}$$

$$S_{2011} = 10 * 50\,000 = 510\,000 \text{ EUR}$$

$$S_{2012} = 8 * 50\,000 = 408\,000 \text{ EUR}$$

$$S_{2013} = 8 * 50\,000 = 408\,000 \text{ EUR}$$

$$S_{2014} = 9 * 50\,000 = 459\,000 \text{ EUR}$$

$$S_{2015} = 8 * 50\,000 = 408\,000 \text{ EUR}$$

Bendri nuostoliai dėl žmonių, nukentėjusių eismo įvykiuose (30 formulė):

$$A = M_p + S \quad (30)$$

čia: A – bendri nuostoliai dėl žmonių, nukentėjusių eismo įvykiuose [EUR]

Suskaičiavus nuostolius patirtus eismo įvykiuose duomenys pateikti 6 lentelėje

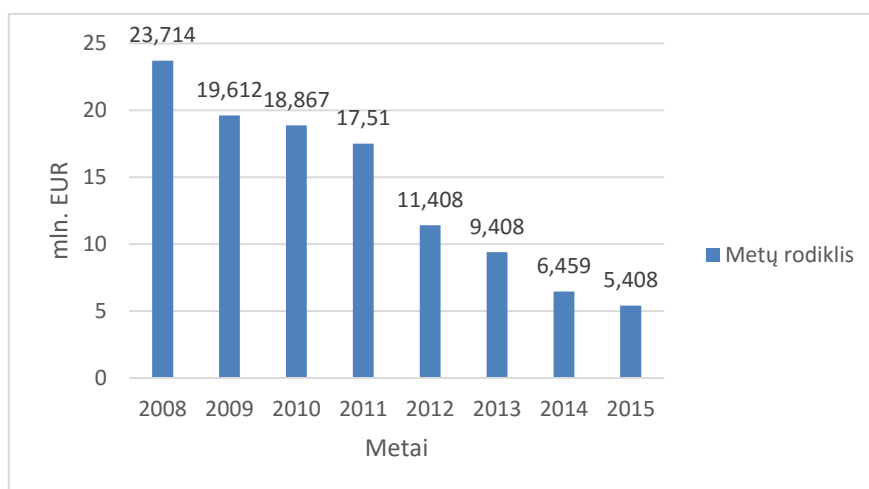
Dėl eismo įvykių Lietuvos geležinkeliuose patirti nuostoliai.

Metai	Žuvusiųjų skaičius	Sužeistųjų skaičius	M_p , mln. EUR	S , EUR	A , mln. EUR
2008	40	14	23	714 000	23,714
2009	33	12	19	612 000	19,612
2010	31	17	18	867 000	18,867
2011	28	10	17	510 000	17,510
2012	19	8	11	408 000	11,408
2013	17	8	9	408 000	9,408
2014	11	9	6	459 000	6,459
2015	9	8	5	408 000	5,408

M_p – nuostoliai, kai žmogus žūsta eismo įvykyje;

S – nuostoliai, kai žmogus sunkiai sužeidžiamas;

A – bendri nuostoliai dėl žmonių, nukentėjusių eismo įvykiuose.



28 pav. Lietuvos ūkiui patirti nuostoliai dėl geležinkelių transporto eismo įvykiuose žuvusiųjų ir sužeistųjų asmenų 2008 – 2015 metais (mln.EUR.)

Per paskutiniuosius metus žuvo 9 žmonės, dėl kurių valstybė patyrė apie 5,408 mln. EUR žalą žr. 3 lentelę. Nors žūčių skaičius kiekvienais metais mažėja, bet vis dar yra problema, kuri atneša gan didelius nuostolius. Daugiausia nuostolių Lietuvos geležinkeliuose dėl eismo įvykių patirta 2008 metais – 23,663 mln.EUR. 2015 metais 5,408 mln.EUR. t.y. apie 77,1 % sumažėjo nuostoliai lyginant su 2008 metais (28 pav.).

Tai lemia teisės aktų laikymasis, visuomenės švietimas, kurio metu siekiama atkreipti visuomenės dėmesį į saugų elgesį geležinkelių keliuose bei perspėti apie grėšiantį pavojų. Šiuo metu taikoma

nuostolių dėl geležinkelių eismo įvykių skaičiavimo metodika neįvertina nuostolių, kurie yra patiriami dėl sugadintų eismo įvykio metu riedmenų, dėl pažeistų kelio statinių, traukinių vėlavimų bei nuostolių, padarytų aplinkai [15].

3.1.2. Žala, patirta dėl traukinių vėlavimo

Keleivio sutaupyto laiko vertė skaičiuojama pagal 25 formulę [20]:

$$VT_P = V_{DR} \cdot Vid_{DR} + V_{NDR} \cdot Vid_{NDR} = 36,47 \cdot 0,5 + 13,56 \cdot 0,5 = 25,015 \text{ EUR/val.}$$

Prekinio traukinio sutaupyto kelionės laiko vertė skaičiuojama pagal 27 formulę [20]:

$$VT_F = V_{PT} \cdot \frac{A_{krov}}{R} = 0,72 \cdot \frac{170064000000}{172680000} = 709,09 \text{ EUR/val}$$

Keleivinio traukinio vienos minutės vėlavimo vertė skaičiuojama pagal (24) formulę [20]:

$$C_{MP} = \frac{K_1 \cdot VT_P}{60} \cdot \frac{A_{kel}}{R} = \frac{2,5 \cdot 25,015}{60} \cdot \frac{48384000}{186120000} = 0,269 \text{ EUR/min}$$

Prekinio traukinio vienos minutės vėlavimo vertė skaičiuojama pagal 26 formulę [20]:

$$C_{MF} = \frac{K_2 \cdot VT_F}{60} = \frac{2,15 \cdot 709,09}{60} = 25,40 \text{ EUR/min}$$

Žalos, kurias patyrė keleiviai dėl traukinių vėlavimų skaičiuojama pagal 31 formulę [20]:

$$D_{Kel} = C_{MP} \cdot T_{KV}, \quad (31)$$

Sausio mėnesio:

$$D_{Kel1} = 0,269 \cdot 768 = 206,60 \text{ EUR}$$

Vasario mėnesio:

$$D_{Kel2} = 0,269 \cdot 854 = 229,73 \text{ EUR}$$

Kovo mėnesio:

$$D_{Kel3} = 0,269 \cdot 480 = 129,12 \text{ EUR}$$

Balandžio mėnesio:

$$D_{Kel4} = 0,269 \cdot 852 = 230,18 \text{ EUR}$$

Gegužės mėnesio:

$$D_{Kel5} = 0,269 \cdot 261 = 70,20 \text{ EUR}$$

Birželio mėnesio:

$$D_{Kel6} = 0,269 * 1135 = 305,31 \text{ EUR}$$

Liepos mėnesio:

$$D_{Kel7} = 0,269 * 236 = 63,48 \text{ EUR}$$

Rugpjūčio mėnesio:

$$D_{Kel8} = 0,269 * 943 = 253,66 \text{ EUR}$$

Rugsėjo mėnesio:

$$D_{Kel9} = 0,269 * 817 = 219,77 \text{ EUR}$$

Spalio mėnesio:

$$D_{Kel10} = 0,269 * 315 = 84,74 \text{ EUR}$$

Lapkričio mėnesio:

$$D_{Kel11} = 0,269 * 420 = 112,98 \text{ EUR}$$

Gruodžio mėnesio:

$$D_{Kel12} = 0,269 * 1023 = 275,18 \text{ EUR}$$

Keleivių bendri nuostoliai per 2015 metus dėl traukinių vėlavimo:

$$D_{Kel} = D_{Kel1} + D_{Kel2} + D_{Kel3} + \dots + D_{Kel10} + D_{Kel11} + D_{Kel12} = 2\,180,95 \text{ EUR}$$

Žalos, kurias patyrė krovinių siuntėjai, įmonės dėl traukinių vėlavimų skaičiuojama pagal 32 formulę [20]:

$$D_{KK1} = C_{MF} + T_{PV} , \quad (32)$$

Sausio mėnesio:

$$D_{Krov1} = 25,40 * 7823 = 198\,704,2 \text{ EUR}$$

Vasario mėnesio:

$$D_{Krov2} = 25,40 * 3840 = 97\,536 \text{ EUR}$$

Kovo mėnesio:

$$D_{KK3} = 25,40 * 4853 = 123\,266,2 \text{ EUR}$$

Balandžio mėnesio:

$$D_{Krov4} = 25,40 * 6198 = 157\,429,2 \text{ EUR}$$

Gegužės mėnesio:

$$D_{Krov5} = 25,40 * 6288 = 159\,785,40 \text{ EUR}$$

Birželio mėnesio:

$$D_{Krov6} = 25,40 * 7244 = 183\,997,6 \text{ EUR}$$

Liepos mėnesio:

$$D_{Krov7} = 25,40 * 5968 = 151\,587,2 \text{ EUR}$$

Rugpjūčio mėnesio:

$$D_{Krov8} = 25,40 * 5223 = 132\,664,2 \text{ EUR}$$

Rugsėjo mėnesio:

$$D_{Krov9} = 25,40 * 6734 = 171\,043,6 \text{ EUR}$$

Spalio mėnesio:

$$D_{Krov10} = 25,40 * 4350 = 110\,490 \text{ EUR}$$

Lapkričio mėnesio:

$$D_{Krov11} = 25,40 * 4998 = 126\,949,2 \text{ EUR}$$

Gruodžio mėnesio:

$$D_{Krov12} = 25,40 * 8745 = 222\,123 \text{ EUR}$$

Krovinių siuntėjų bendri nuostoliai per 2015 metus dėl traukinių vėlavimo:

$$D_{Krov} = D_{Krov1} + D_{Krov2} + D_{Krov3} + \dots + D_{Krov10} + D_{Krov11} + D_{Krov12} = 1\,835\,575,8 \text{ EUR}$$

Žalos, kurias patyrė keleiviai ir (ar) krovinių siuntėjai (gavėjai) dėl traukinių vėlavimų apskaičiuojama pagal (23) formulę:

Sausio mėnesio:

$$D_{KK1} = 0,269 * 768 + 25,40 * 7823 = 198\,910,79 \text{ EUR}$$

Vasario mėnesio:

$$D_{KK2} = 0,269 * 854 + 25,40 * 3840 = 97\,765,72 \text{ EUR}$$

Kovo mėnesio:

$$D_{KK3} = 269 * 480 + 25,40 * 4853 = 123\,395,32 \text{ EUR}$$

Balandžio mėnesio:

$$D_{KK4} = 0,269 * 852 + 25,40 * 6198 = 157\,658,38 \text{ EUR}$$

Gegužės mėnesio:

$$D_{KK5} = 0,269 * 261 + 25,40 * 6288 = 159\,785,40 \text{ EUR}$$

Birželio mėnesio:

$$D_{KK6} = 0,269 * 1135 + 25,40 * 7244 = 184\,302,92 \text{ EUR}$$

Liepos mėnesio:

$$D_{KK7} = 0,269 * 236 + 25,40 * 5968 = 151\,650,68 \text{ EUR}$$

Rugpjūčio mėnesio:

$$D_{KK8} = 0,269 * 943 + 25,40 * 5223 = 132\,917,86 \text{ EUR}$$

Rugsėjo mėnesio:

$$D_{KK9} = 0,269 * 817 + 25,40 * 6734 = 171\,263,37 \text{ EUR}$$

Spalio mėnesio:

$$D_{KK10} = 0,269 * 315 + 25,40 * 4350 = 110\,574,73 \text{ EUR}$$

Lapkričio mėnesio:

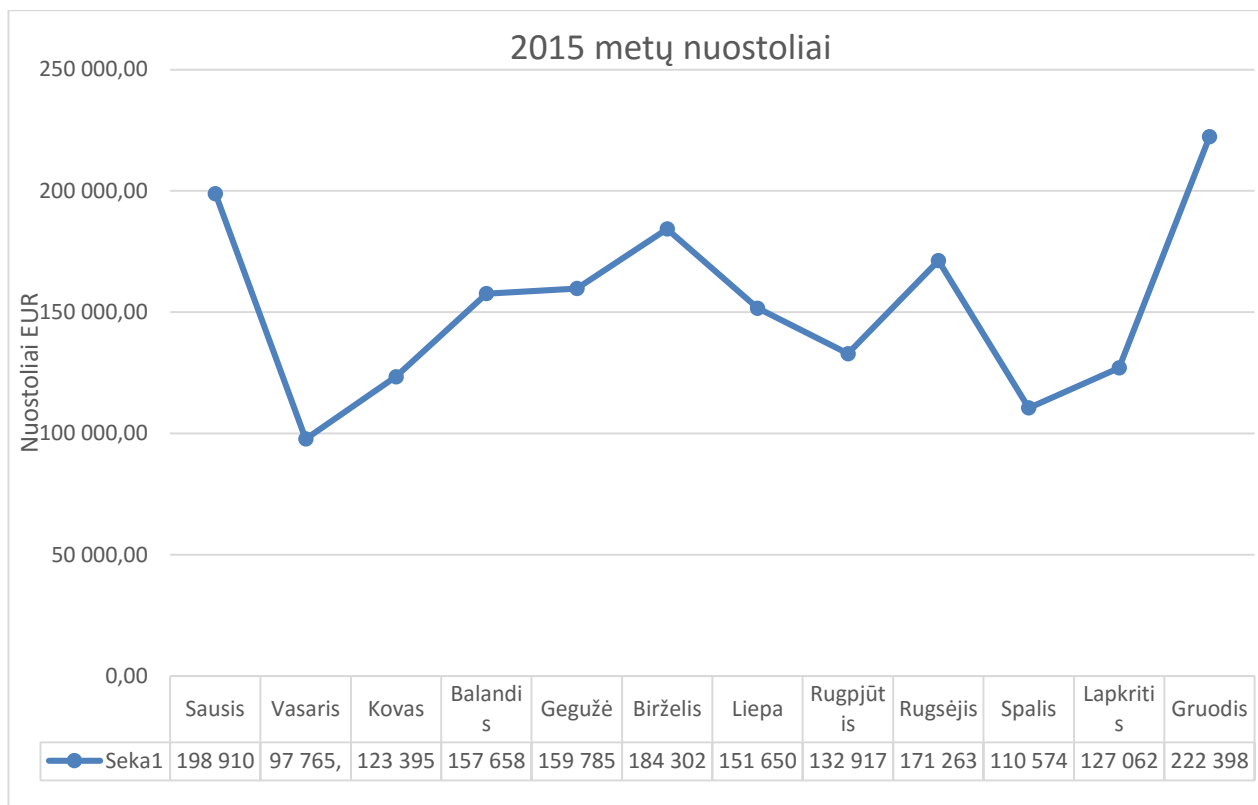
$$D_{KK11} = 0,269 * 420 + 25,40 * 4998 = 127\,062,18 \text{ EUR}$$

Gruodžio mėnesio:

$$D_{KK12} = 0,269 * 1023 + 25,40 * 8745 = 222\,398,79 \text{ EUR}$$

Bendra visų metų žala:

$$D_{KK} = D_{KK1} + D_{KK2} + D_{KK3} + \dots + D_{KK10} + D_{KK11} + D_{KK12} = 1\,837\,686,14 \text{ EUR}$$



29 pav. 2015 metų žalos dėl traukinių vėlavimo patyrę keleiviai ir krovinių siuntėjai

Atsiradus bet kokiam eismo įvykiui pasireiškia pasekmės traukinių eismui. Iškart stabdomas eismas ir pradedama skaičiuoti žalos dėl traukinių vėlavimo. (29 pav.) matome 2015 metų patirtų žalų pasiskirstymą, kurias patyrė keleiviai ir krovinių siuntėjai dėl eismo įvykių pervažose. Apskaičiuota, jog per 2015 metus žalos dėl traukinių vėlavimo siekė 1 837 686,14 EUR.

Apskaičiuojamas žalos, kurią dėl traukinių vėlavimų patyrė keleiviai ir (ar) krovinių siuntėjai (gavėjai), dydis taikomas įvykius bet kokiam eismo įvykiui ar katastrofai. Apskaičiuojant žalos, kurią dėl traukinių vėlavimų patyrė keleiviai ir (ar) krovinių siuntėjai (gavėjai), dydį atsižvelgiama į:

- faktinius vėlavimus geležinkelių keliuose, kuriose įvyko eismo įvykiai ir katastrofos;
- faktinius vėlavimus arba, jei jų vertės negalima apskaičiuoti, prognozuojamus vėlavimus kituose geležinkelių keliuose.

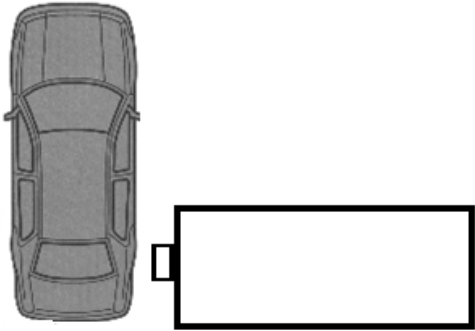
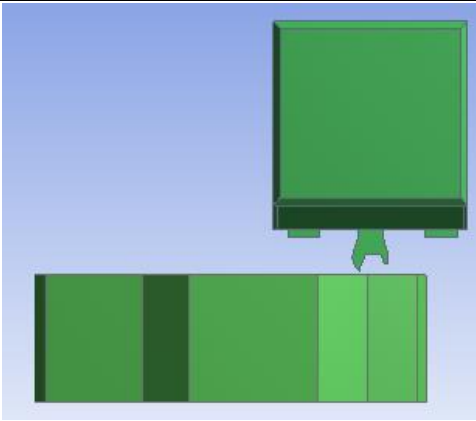
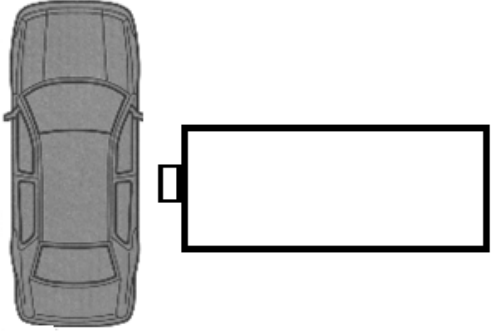
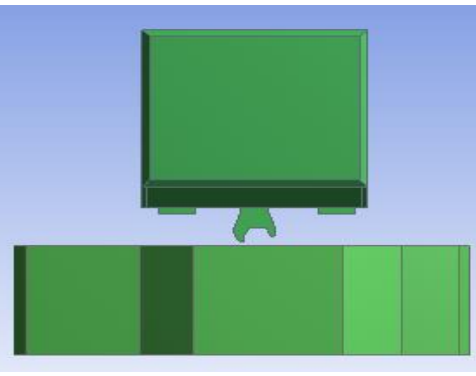
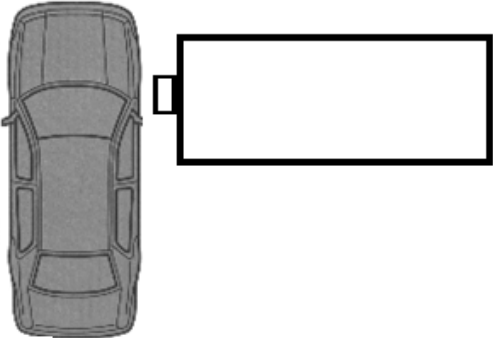
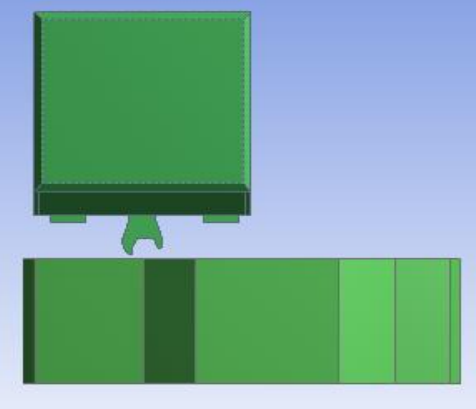
Koeficientų K_1 ir K_2 vertės patenka į intervalą tarp traukinių važiavimų laiko vertės ir vėlavimų vertės, atsižvelgiant į tai, kad dėl vėlavimų prarastas laikas vertinamas kur kas nepalankiau nei įprastas kelionės laikas.

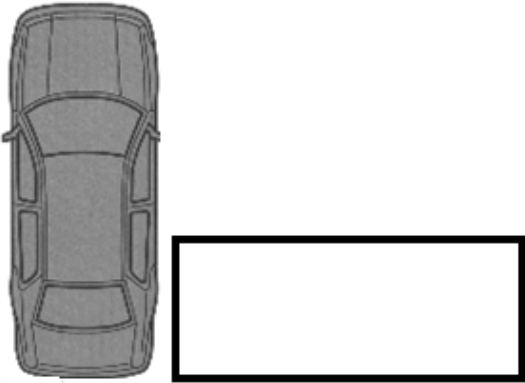
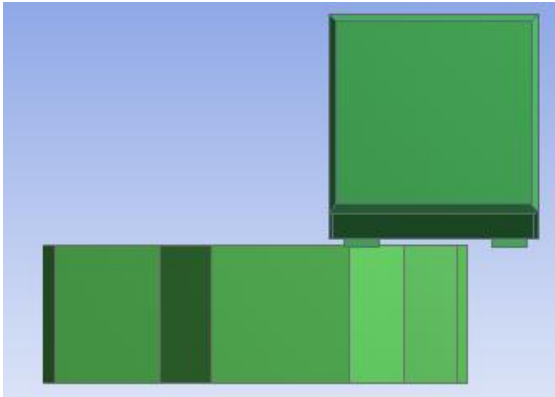
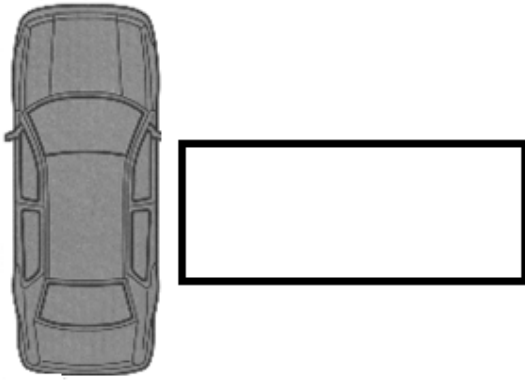
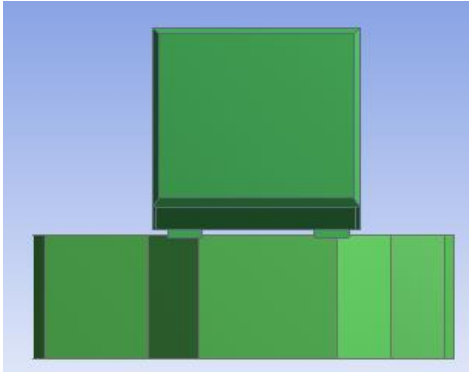
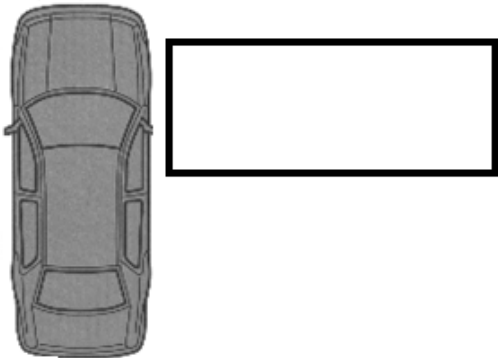
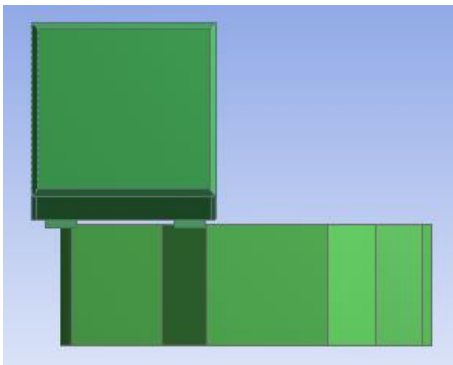
Inspekcija Europos geležinkelių agentūrai praneša apie visų eismo įvykių, katastrofų ir riktų ekonominių poveikį arba tik apie didelių eismo įvykių ekonominių poveikį. Šį pasirinkimą Inspekcija privalo nurodyti metinėje veiklos ataskaitoje [20].

4. AUTOMOBILIO IR TRAUKINIO SUSIDŪRIMŲ MODELIO SUDARYMAS

Ankstesniame skyriuje buvo apžvelgta, jog autoįvykio metu keleiviniai lokomotyvai patiria gana didelius nuostolius. Apgadinami bei sulaužomi darbiniai mazgai, agregatai. Norint išanalizuoti automobilio judėjimą po susidūrimo su lokomotyvu ir pervažose įvykstančias avarijas, darbe atliekamas kompiuterinis jo ir automobilio susidūrimų modeliavimas. Modeliavimui panaudota programa „ANSYS WORKBENCH“. Programa modeliuoja kūnų judėjimus, jų sąveiką, nuo avarijos pradžios iki kūnų visiško sustojimo. Šiame skyriuje modeliuojama lokomotyvo su darbinio elementu ir be darbinio elemento susidūrimai su automobiliu. Sudarant transporto priemonės modelį buvo orientuotasi į laikančiųjų konstrukcijų išryškinimą, masę, masės centrą bei braižant buvo prisilaikoma realių automobilio matmenų. Modeliuojant automobilį buvo pasirinkta MERCEDEC BENZ klasės, sedano tipo automobilis. Automobilio parametrai: automobilio masė $m_1 = 1500$ kg; automobilio plotis $s = 1,80$ m; automobilio ilgis $l = 4,72$ m; automobilio aukštis $h = 1,43$ m. Sudarant lokomotyvo modelį nebuvo braižomas visas, o tik jo priekio dalis, kadangi priekyje yra pagrindiniai mazgai ir elementai, kurie pažeidžiami įvykio metu. Lokomotyvo aukštis: $h = 3,5$ m; plotis $s = 2,5$ m; autosankabos aukštis $h_1 = 0,65$ m., o jos išsikišusi dalis $l = 0,64$ m., masė $m = 120$ tonų. Sudarius modelį, parinktas lokomotyvo greitis $v = 80$ km/h. Susidūrimų schemose mašina imituojama, jog staigiai išlenda prieš lokomotyvą, todėl neįvertintas lokomotyvo stabdymo kelias bei kiti jo elementai. Automobilio judėjimo padėtys parenkamos taip, kad jis negalėtų judėti į viršų ir į apačią, o tik judėtų į šonus t.y. x ir z ašimis. Lokomotyvas apribojamas tik z ašimi, kuris gali važiuoti tik tiesiai.

Atsižvelgiant į autoįvykius pervažose, automobilio ir lokomotyvo susidūrimai buvo suklasifikuoti į atskiras grupes. Analizuojami susidūrimų tipai pateikti 7 lentelėje. Susidūrimai moduluojami 6 atvejais: esant lokomotyvui su išsikišusia autosankabos galvute, kuri trenkiasi į automobilio laikančiąsias konstrukcijas, į priekinį statramstį, į centrinį statramstį ir galinį statramstį. Lygiai tokios pačios smūgio vietos galioja ir lokomotyvui be autosankabos.

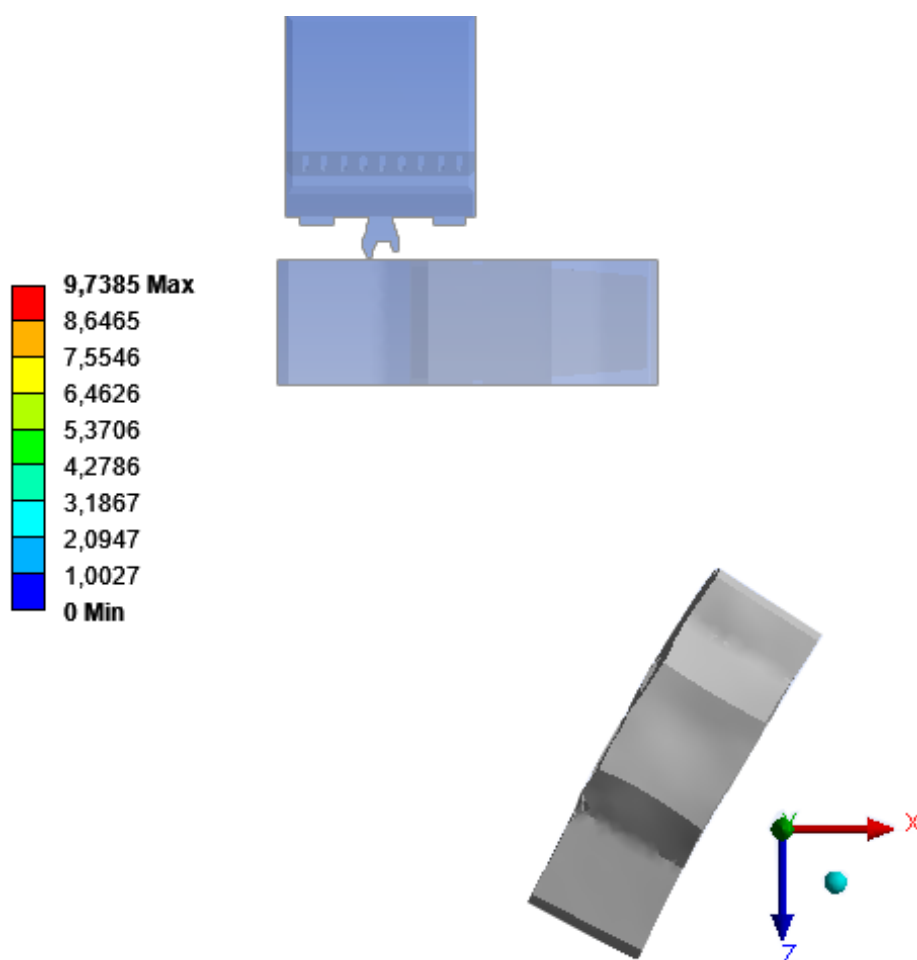
Susidūrimas su išlindusia autosankaba	
Smūgis tenkantis automobilio galiniam statramsčiui	
	
Smūgis tenkantis automobilio centriniam statramsčiui	
	
Smūgis tenkantis automobilio priekiniam statramsčiui	
	

Susidūrimas be autosankabos	
Smūgis tenkantis automobilio galiniam statramsčiui	
	
Smūgis tenkantis automobilio centriniam statramsčiui	
	
Smūgis tenkantis automobilio priekiniui statramsčiui	
	

5. REZULTATŲ ANALIZĖ

Vienas iš dažniausiai pasitaikančių lokomotyvo ir automobilio susidūrimo atvejų yra tai, kai automobilis staiga išlenda prieš pat traukinį ir tada smūgis koncentruojasi į vidurinį statramstį. Taip pat, kai automobilis nespėja pravažiuoti pervažos piktavališkai pažeidęs kelių eismo taisykles, automobilis smūgį patiria į galinį statramstį. Kiek rečiau pasitaiko avarijos situacijų, kai automobilis patiria smūgį į priekinį statramstį. Šios situacijos buvo sumodeliuotos su „ANSYS WORKBEANCH“ programa. Apžvelkime gautus rezultatus.

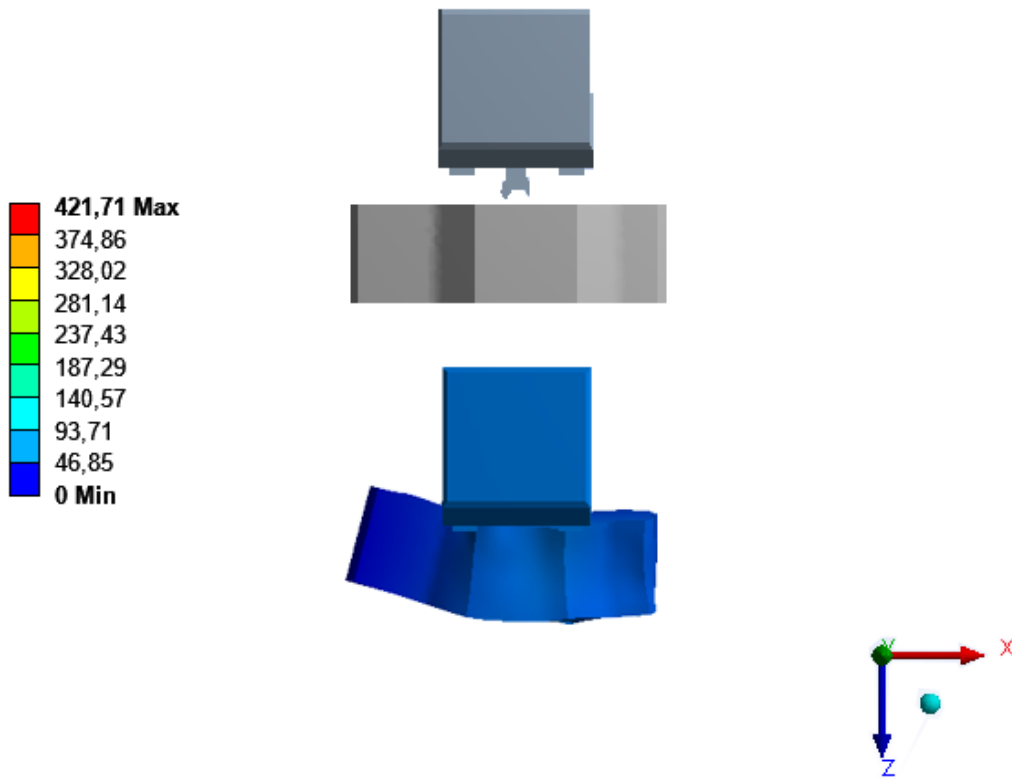
Pirma situacija. Smūgis į automobilio priekinę konstrukciją. Pagal gautus rezultatus ir diagramos duomenis (30 pav.), susidūrimo metu automobilis buvo nublokštas nuo pervažos į dešinę šoną 9 metrus.



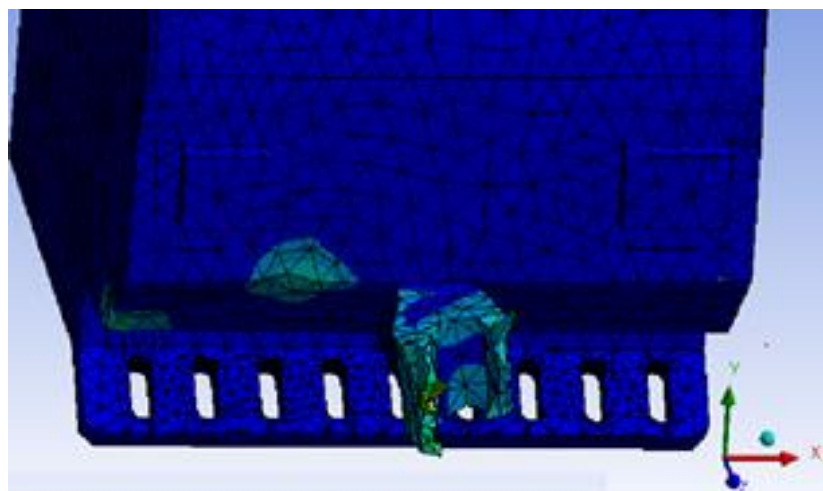
30 pav. Automobilio padėtis prieš smūgį ir po jo

Antra situacija. Lokomotyvo smūgis į automobilio vidurinį statramstį (31 pav.). Šio susidūrimo metu išsikišusi autosankabos galvutė sulenda į automobilio kėbulą. Automobilis standžiai įsitvirtina ant autosankabos ir yra stumiamas, tol kol traukinys visiškai sustoja. Kontakto metu lokomotyvo greitis $v = 80$ km/h. Įvykio trukmė siekė $t = 20$ s. Kontakto metu pažeidžiami autosankabos

konstrukciniai elementai (32 pav.), o lengvasis automobilis sugniuždytas nepataisomai. Iš gautų rezultatų ir diagramos duomenų (31 pav.) matome, kad per 20 sekundžių laiko tarpą automobilis buvo nustumtas 421 metra.



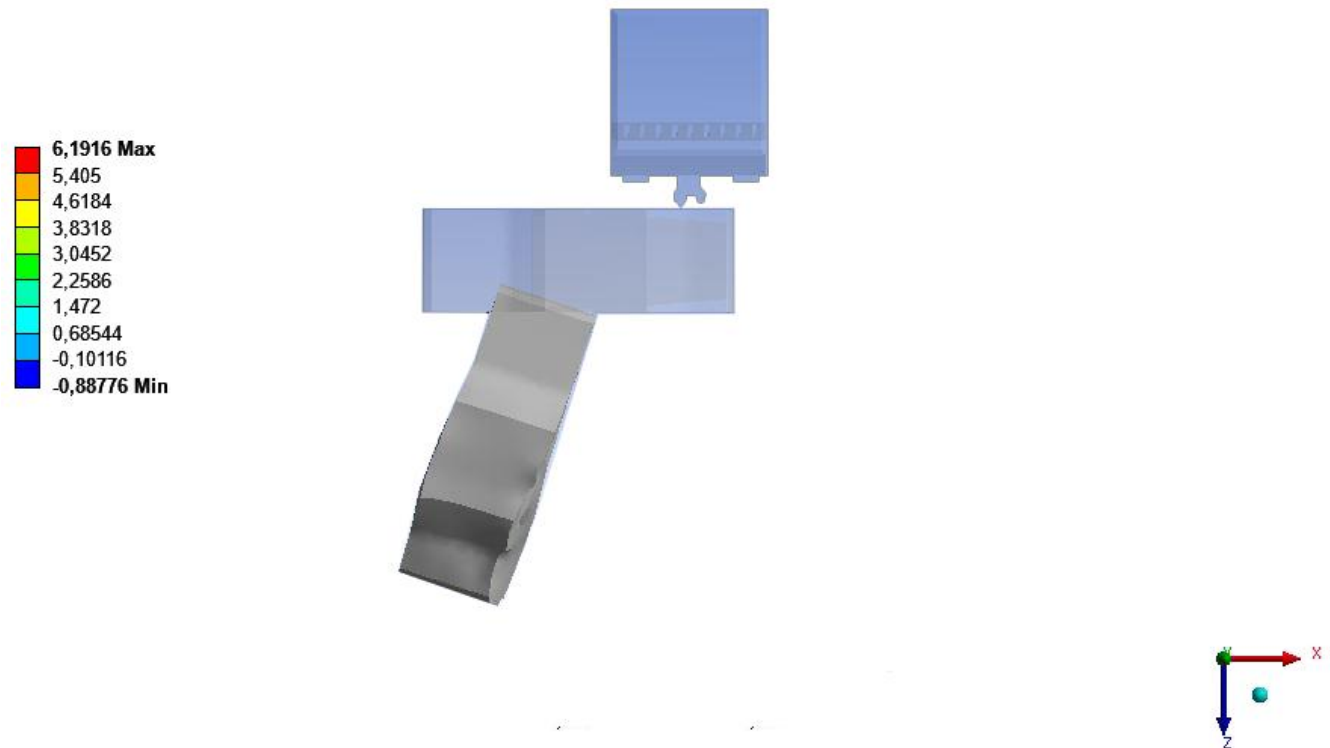
31 pav. Automobilio padėtis prieš smūgį ir po jo



32 pav. Lokomotyvo pažeidimai

Trečia situacija. Lokomotyvo su sankaba smūgis į galinį statramstį. Atlikus šios situacijos kompiuterinę analizę ir iš gautų rezultatų bei diagramos duomenų (33 pav.), nustatyta, jog automobilis

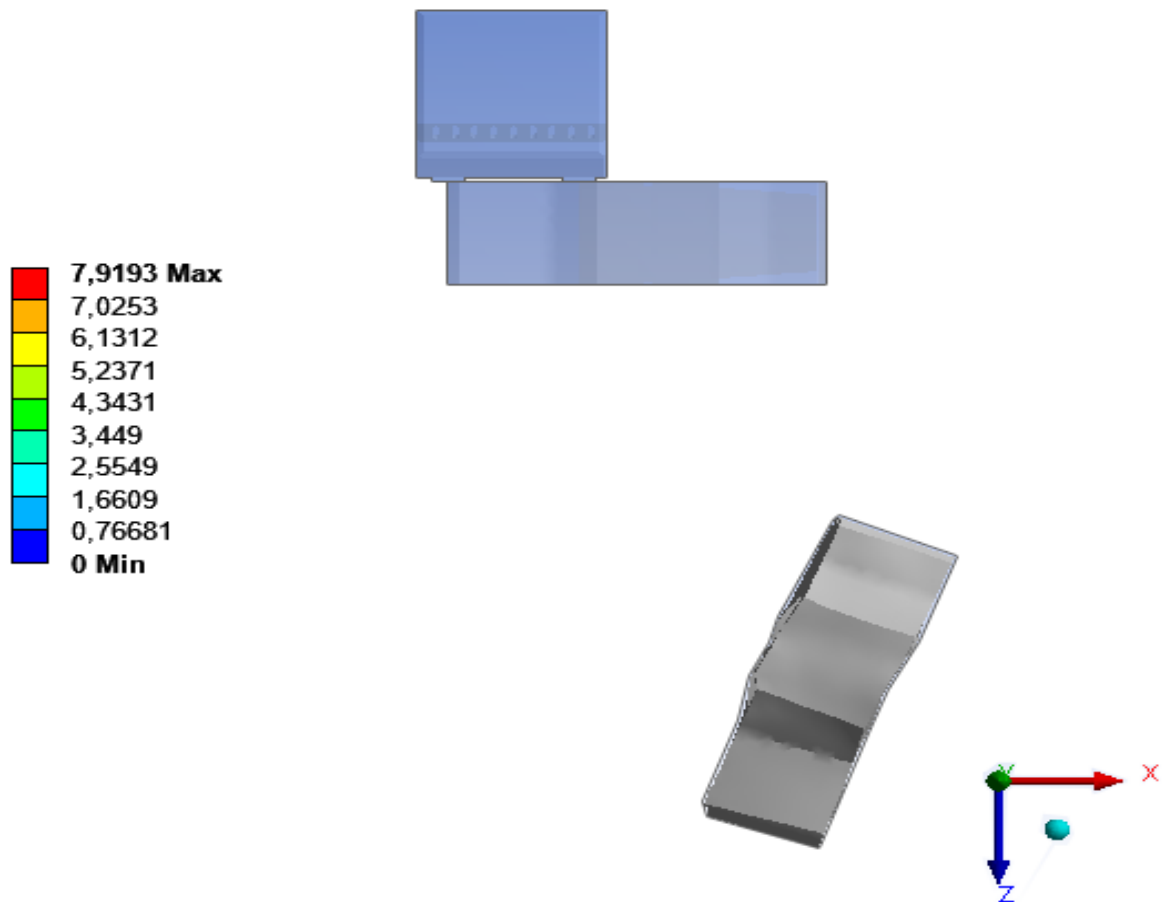
patyrė 2 smūgius. Autosankabos galvutė užkabindama galinį statramstį, automobilį pasukė kampu, o lokomotyvo dešinysis kampas dar kartą smūgiavo automobiliui. Pasekmė ta, jog automobilis buvo nublokštas į kairįjį šoną 6 metrus (33 pav.) ir pažeisti lokomotyvo konstrukciniai elementai.



33 pav. Automobilio padėtis prieš smūgį ir po jo

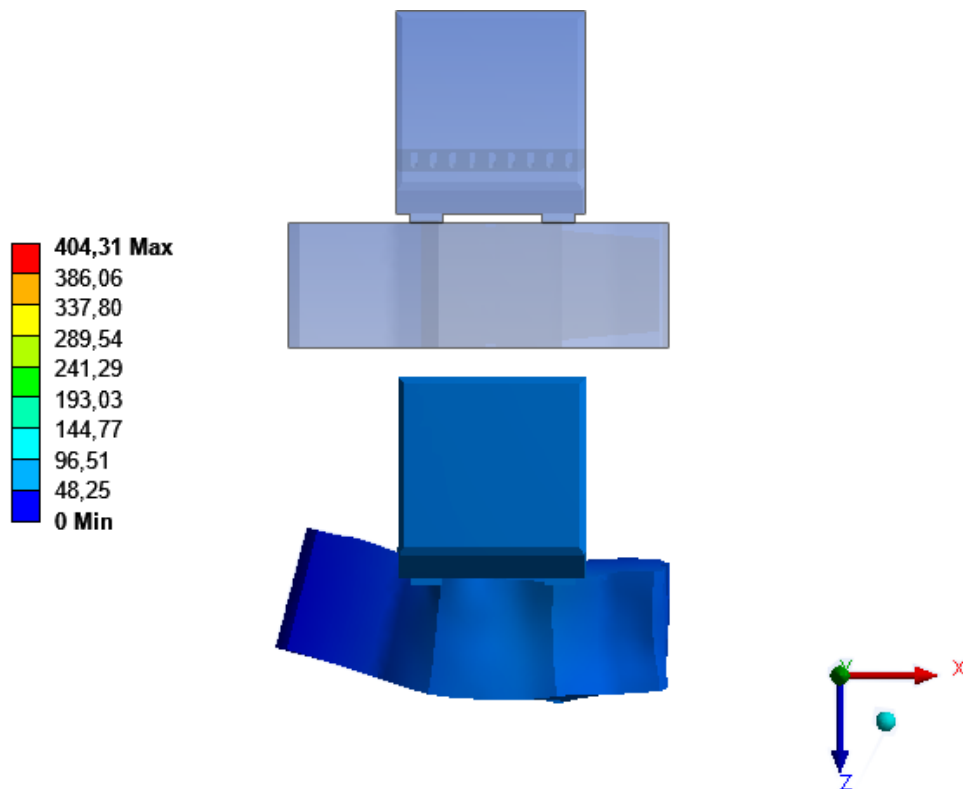
Atlikus lokomotyvo su išsikišusia autosankabos galvute susidūrimų analizę, toliau bus nagrinėjami lokomotyvo be autosankabos galvutės susidūrimų analizė.

Pirmas atvejis. Smūgis į priekinį automobilio statramstį. Atkūrus susidūrimo atvejį, iš gautų rezultatų bei diagramos duomenų (34 pav.) nustatyta, jog automobilis buvo nublokštas į dešinįjį šoną 8 metrus. Smūgio metu automobilio priekinė dalis atsidūrė po traukinio apačia. Galimi šių mazgų apgadinimai: kliūčių verstuvai, eksterjero detalės, oro ir elektros magistraliniai mazgai.



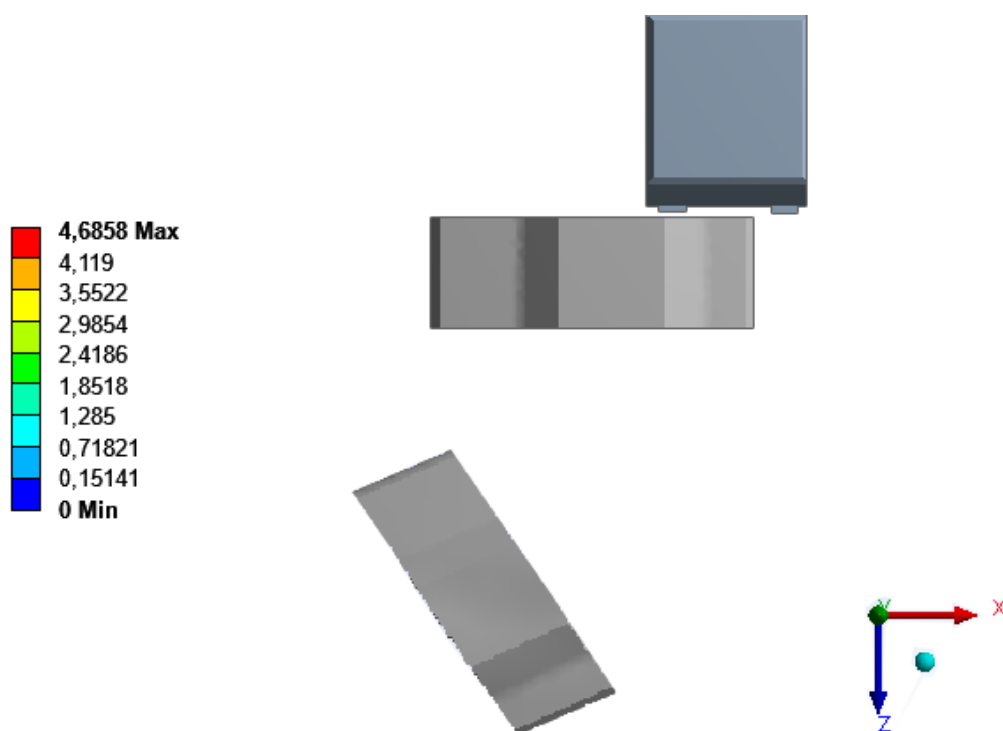
34 pav. Automobilio padėtis prieš smūgį ir po jo

Antras atvejis. Lokomotyvo smūgis į automobilio vidurinę statramstį (35 pav.). Ši susidūrimo situacija atneša didelius nuostolius lokomotyvų ūkiui. Smūgis automobiliui teko visu traukinio pločiu, ko pasekoje automobilis buvo nublokštas po traukinio apačia ir stumiamas traukinio keliu, tol kol jis pilnai sustojo. Iš ankstesniojo skyriaus, kuriame buvo apžvelgiama susidūrimų analizė, galima galimai daryti prielaidą, jog stumiamas automobilis apgadino geležinkelio kelio tvirtinimo elementus, įgaudamas pasipriešinimą iš pabėgių. Jis buvo gniuždomas bei dar labiau stumiamas po traukinio apačia. Tokio susidūrimo metu galimi šie lokomotyvo pažeidimai: smėlinės sistemos konstrukciniai elementai, oro ir elektros magistralės, sulankstomas kliūčių verstuvai, kuris užspaudžia lokomotyvo bandažas. Kontakto metu lokomotyvo greitis $v = 80$ km/h. Įvykio trukmė siekė $t = 20$ s. Iš gautų rezultatų ir diagramos duomenų (35 pav.) matome, kad per 20 sekundžių laiko tarpą automobilis buvo nustumtas 404 metrus.



35 pav. Automobilio padėtis prieš smūgį ir po jo

Trečia situacija. Lokomotyvo smūgis į automobilio galinį statramstį. Atkūrus avarijos modelį ir iš gautų rezultatų bei diagramos duomenų (36 pav.) matyti, jog automobilis buvo nublokštas į kairįjį šoną 4 metrus.



36 pav. Automobilio padėtis prieš smūgį ir po jo

Nustačius automobilio elgseną, bei išanalizavus susidūrimų atvejus, galimas variantas jog praplatus ir prailginus pervažos dangos plotį automobilis būtų greičiau pašalinamas iš pervažos. Tokiu atveju pavyktų sumažinti patiriamus nuostolius infrastruktūrai bei lokomotyvų ūkiui. Išsiaiškinus automobilio elgseną po susidūrimo su lokomotyvo išlindusia autosankabos galvute ir su paslėpta autosankabos galvute, matyti, kad automobilis yra toliau nustumiamas, kai į jį trenkiasi lokomotyvas su išlindusia autosankabos galvute. Išanalizavus susidūrimų atvejus, bei apžvelgus eismo įvykius pervažose galiu išskirti kelias susidūrimo situacijas, kurios sukelia didžiausius nuostolius geležinkelio infrastruktūrai ir lokomotyvų ūkiui. Smūgiai tenkantys į automobilio galinį ir vidurinį statramstį. Smūgis tenkantis į automobilio vidurinį statramstį yra didesnio ploto, ko pasekoje automobilis yra nubloškiamas po lokomotyvo apačia ir gniuždomas iki visiško jo sustojimo. Pažeidžiami traukinio mazgai bei darbiniai agregatai. Kitas pavojingas atvejis yra tai, kai transporto priemonė patiria smūgį į galinį statramstį. Tuo metu transporto priemonė gali apsisukti 360° kampu, bei atsidurti dar kartą po lokomotyvo ar vagonų konstrukcija. Visa tai priklauso nuo transporto priemonės padėties įvykio metu bei nuo lokomotyvo greičio.

6. PERVAŽŲ EISMO SAUGOS GERINIMAS

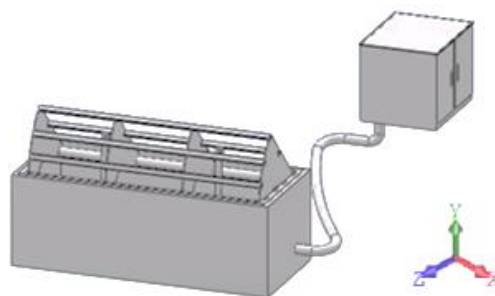
Pervažose eismo įvykių skaičių sumažinti gali tik patys vairuotojai ir tobulinant bei atnaujinant geležinkelio infrastruktūrą. Tragiškas avarijas lemia vairuotojų neapdairumas, didelis greitis, lengvabūdiškumas. Šiuos eismo įvykius sukelia vairuotojai, kurie nepaiso prieš geležinkelio pervažas įrengtų įspėjančiųjų ženklų, signalizavimo įrenginių. Pateiksiu keletą pasiūlymų padėsiančių geležinkelio pervažose sumažinti eismo įvykių skaičių bei užtikrinti saugesnę eismą.

Pirmas pasiūlymas. Reguluojamose pervažose kelio užtvarus įrengti vienoje linijoje iš abiejų važiuojamosios dalies pusių (37 pav.).



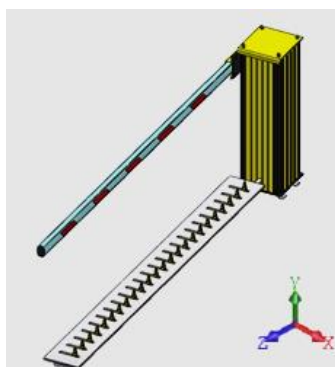
37 pav. Kelio užtvaras per visą kelio plotį [29]

Antras pasiūlymas. Važiuojamoje kelio dalyje įrengti pasikeliančius barjerus, kurie būtų valdomi centralizuota sistema (38 pav.).



38 pav. pasikeliantis kelio barjeras [30]

Trečias pasiūlymas. Reguluojamose pervažose su kelio užtvaramis įrengti pasikeliančius spyglius (ežys) (39 pav.).



39 pav. Kelio užtvaras su pakeliamaisiais spygliais [31]

Ketvirtas pasiūlymas. Nereguliuojamose pervažose įrengti greičio mažinimo kalnelius per visą važiuojamą dalį (40 pav.), taip priverstų vairuotoją kažkiek sumažinti greitį ir būti apdairesniam.



40 pav. Greičio mažinimo kalneliai [32]

Penktas pasiūlymas. Tiek reguliuojamose ir nereguliuojamose pervažose, kurios yra gyvenamosiose zonose įrengti video kameras, kurios fiksuotų automobilius, pažeidžiančius kelių eismo taisykles.

DARBO APIBENDRINIMAS IR REZULTATŲ PALYGINIMAS

Atlikus automobilio ir lokomotyvo susidūrimų modeliavimą su „ANSYS WORKBEANCH“ programa, nustatyta automobilio elgsena smūgio metu. Išanalizavus eismo įvykius pervažose ir iš gautų rezultatų nustatyta, jog geležinkelio infrastruktūra ir lokomotyvų ūkis patiria didžiausius nuostolius esant šiems susidūrimų atvejams: smūgis į automobilio vidurinę ir galinę statramstį. Keleiviniai traukiniai su paslėpta autosankabos galvute ir aptakesne forma patiria didesnius nuostolius, negu lokomotyvas su išlindusia autosankabos galvute. Nustačius automobilio elgseną smūgio metu galime daryti prielaidą, jeigu prailginus pervažos dangos plotį ir praplatinus, tai smūgio metu automobilis būtų greičiau pašalinamas iš pervažos. To pasekoje, būtų patiriami mažesni infrastruktūros nuostoliai. Apžvelgus valstybinės geležinkelių inspekcijos pateiktus duomenis, buvo įvertinta žmogaus sužalojimų ir žūties kaina, todėl paskaičiuota per tam tikrą laikotarpį valstybės patiriami nuostoliai. Per 2015 metus valstybė patyrė 5,408 mln. EUR žalą. Atsiradus bet kokiam eismo įvykiui iškart pasireiškia pasekmės, traukinių eismas stabdomas ir pradedamos skaičiuoti žalos, kurias dėl traukinių vėlavimų patyrė keleiviai ir krovinių siuntėjai. Paskaičiuota, jog per 2015 metus patirti keleivių ir krovinių siuntėjų nuostoliai, siekė 1 800 mln. EUR.

IŠVADOS

1. Nustatytos priežastys, kurios turi įtakos atsirasti eismo įvykiams pervažose: pervažos plotis; kertamų kelių skaičius; didžiausias leistinas sąstato greitis; traukinių skaičius per parą; pervažos kategorija; kelio dangos tipas pervažoje; matomumas; signalizacijos priemonės bei įspėjamieji ženklai; transporto priemonių intensyvumas.
2. Išanalizuoti eismo įvykiai pervažose, bei nustatyti traukinio pažeidimai avarijos metu. Apskaičiuoti nuostoliai dėl žmonių sužalojimų ir žūčių bei traukinių vėlavimo. Pervažose 2015 metais eismo įvykiuose žuvo 9 asmenys, 8 asmenys buvo sunkiai sužaloti, dėl to valstybė per paskutinius metus patyrė 5 408 000 EUR žalą. 2015 metais žalos, kurias dėl traukinių vėlavimo patyrė keleiviai siekė 2 180,95 EUR, o krovinių siuntėjų nuostoliai 1 835 575,8 EUR.
3. Nustatyta, kad auto įvykio metu yra pažeidžiamas balastas, pažeidžiamos bėgių galvutės, pabėgiai, jų tvirtinimo elementų apgadinimas, iešmų sulaužymas, pervažos signalizacijos šviesoforų nuvertimas, pervažos posto pastato pažeidimas.
4. Sudarius kompiuterinį modelį nustatyta automobilio elgseną po smūgio su lokomotyvu. Apžvelgta galimai patirta lokomotyvo žala.
5. Nustatyta, jog daugiausia nuostolių patiria keleiviniai lokomotyvai su pasislėpusia autosankabos galvute, kai susidūrimas įvyksta, esant smūgiui į automobilio vidurinį statramstį.
6. Siekiant užtikrinti eismo saugumą geležinkelio pervažose būtina nuolatos naujinti infrastruktūrą arba mažinti greitį pervažose, gerinti kelių eismo dalyvių mokymą ir švietimą, taip pat supratimą apie avarijas ir pavojus, taikyti griežtesnes baudas už kelių eismo taisyklių nesilaikymą.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. GAILIENĖ I. Geležinkelių valdymas ir eismo organizavimas, VGTU „Technika“ 2014 ISBN 9786094576317
2. LINGAITIS L.P. Geležinkeliai bendrasis kursas, Vilnius „Technika“ 2009. 29-140p ISBN 978-9955-28-399-7
3. BANVERKET AHONEN. T., HYTONEN. J., SEISE. A., KALLBERG V.P. The Open Transportation Journal “Plankorsningar, Vågteknisk utformning”, Standard BVS 1586.30, in Swedish, 2008.
4. GELEŽINKELIO PERVAŽŲ STATYBOS, TECHNINĖS PRIEŽIŪROS IR NAUDOJIMO TAISYKLĖS
5. GOU M., BELLAVIGNA - LADOUX O., DUMONT - MACKAY E. “Impact of Heavy Vehicles on Crossing Safety – Development of an Adapted Design Tool”, Transport Canada, Publication TP 14172E, 2003.
6. JHONSON W. CRASHWORTHINESS OF VEHICLES, Mechanical engineering publication LTD, London 1978 ISBN 0 85298 386 7
7. KALLBERG V.P, AHTIAINEN A. The Open Transportation Journal. “Determination of Sight Distance Requirements for Finnish Level Crossings“ 2011
8. SHEDDEN, P.; SCHEEPERS, R.; SMITH, W.; AHMAD, A. 2001. Incorporating a knowledge perspective into security risk assessments. *VINE: The Journal of Information & Knowledge Management Systems*.
9. NZ Transport Agency, “Traffic control devices manual, Part 9 Level crossings”, 2008. ISBN 978-0-478-4071-9
10. OGDEN K., BRENT D. Federal Highway Administration, “Railroad-Highway Grade Crossing Handbook. Revised Second Edition”, FHWA-SA-07-010, 2007.
11. PELTOLA H., SEISE A., LEDEN L., VIRKKUNEN M. Finnish Rail Administration, “Ratatekniset määräykset ja ohjeet, osa 9 Tasoristeykset” [Technical guidelines for Finnish railways, part 9 Level crossings], in Finnish, 2004 ISBN 978-952-255-190-0
12. PERVAŽŲ ĮRENGIMO IR NAUDOJIMO TAISYKLIŲ 1 PRIEDAS
13. SAMAVEDAM G., KASTURI K. U.S. Department of Transportation Federal Railroad Administration. Full-Scale Locomotive Dynamic Crash Testing and Correlations: Locomotive Consist Colliding with Steel Coil Truck at Grade Crossing (Test 3)
14. AB “ Lietuvos geležinkeliai” krovinių vežimo direkcijos Radviliškio regiono stočių skyrius (Zoknių stoties privažiuojamojo kelio nr.5 pervažos tyrimo medžiaga)
15. ŽABELOVIČ A., BUREIKA G. „Eismo saugos ekonominis įvertinimas AB Lietuvos geležinkeliai“ 16 – osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminė konferencija ISBN 978-609-457-490-0

16. Rail Accident Report. Passenger train collision with a road vehicle at Swainsthorpe level crossing, Norfolk 13 November 2005 [žiūrėta 2016 01 19]. Prieiga per internetą: https://assets.digital.cabinet-office.gov.uk/media/547c906b40f0b602410001b7/R032006_060328_Swainsthorpe.pdf
17. National Transportation Safety Board Office of Railroad, Railcar Crashworthiness Group Chairman's Factual Report August 19, 2015 [žiūrėta 2016 01 25]. Prieiga per internetą: <https://assets.documentcloud.org/documents/2647957/Railcar-Crashworthiness-Factual-Report.pdf>
18. Rail Accident Report. Collision between a train and a car at Jetty Avenue level crossing, Woodbridge, Suffolk 14 July 2013 2015 [žiūrėta 2016 01 25]. Prieiga per internetą: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/408652/141215_R282014_Jetty_Avenue_UWC.pdf
19. Rail Accident Report. Fatal collision between a Super Voyager train and a car on the line at Copmanthorpe 25 September 2006 [žiūrėta 2016 01 25]. Prieiga per internetą: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/411917/070905_R332007_Copmanthorpe.pdf
20. LIETUVOS RESPUBLIKOS SUSIEKIMO MINISTERIJOS ĮSAKYMAS „Dėl bendrųjų eismo saugos rodiklių nustatymo aprašo“ Vilnius 2006 [žiūrėta 2016 01 25]. Prieiga per internetą: <https://www.etar.lt/portal/legalAct.html?documentId=67d84720f49111e4927fda1d051299fb>
21. <http://kauno.diena.lt/naujienos/kaunas/miesto-pulsas/palemone-uzdaroma-gelezinkelio-pervaza-633050>
22. http://www.vgi.lt/images/foto/docs/eismo_sauga/Eismo%20saugos%20ataskaita%20u%C5%BE%202014%20m..pdf
23. <http://www.unian.net/common/589037-elektichka-jitomir-kiev-vrezalas-v-zaglohshuyu-na-perezde-volgu-foto.html>
24. <http://news.tochka.net/55254-passazhirskiy-poezd-pod-kazatinom-raskroshil-gruzovik-foto-video/>
25. http://glostransporthistory.visit-gloucestershire.co.uk/Rail_2010.html
26. <http://www.litrail.lt/documents/10279/327385/Saugos+akcija+pervažose.pdf/ab126929-8d73-404d-96b4-dca7479a30c0>
27. <http://www.ve.lt/naujienos/kriminalai/tragiskas-rytas-pervazoje/>
28. <http://www.miestai.net/forumas/showthread.php?t=7689&page=17>
29. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Warkworth_level_crossing_-_geograph.org.uk_-_367129.jpg
30. http://www.acewirespring.com/security_barriers_springs.html
31. <http://www.enconelectronics.com/cp/gate-operators/parking-traffic-control/doorking-1603-barrier-gate-auto-spike-system##>
32. http://www.secure-lane.com/speed_bump_detail.jpg