



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Matomumo iš traukinio mašinisto kabinos tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Simonas Panka

Projekto autorius

Doc. Dr. Robertas Keršys

Vadovas

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Matomumo iš traukinio mašinisto kabinos tyrimas

Baigiamasis magistro projektas
Transporto priemonių inžinerija (6211EX021)

Simonas Panka

Projekto autorius

Doc. Dr. Robertas Keršys

Vadovas

Doc. dr. Ramūnas Skvireckas

Recenzentas

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas
Simonas Panka

Matomumo iš traukinio mašinisto kabinos tyrimas

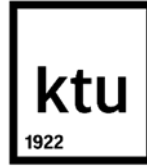
Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Simonas Panka

Patvirtinta elektroniniu būdu



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Studijų programa – Transporto priemonių inžinerija (6211EX021)

Magistro baigiamojo projekto užduotis

Studentui *Simonas Panka*

1. Baigiamojo projekto tema:

Matomumo iš traukinio mašinisto kabinos tyrimas

Research of Visibility from the Train Driver's Cab

2. Projekto tikslas:

ištirti matomumą iš traukinio mašinisto kabinos esant skirtingoms važiavimo sąlygoms ir pasiūlyti priemones matomumui pagerinti.

3. Projekto uždaviniai.

1. Apžvelgti literatūros šaltinius nagrinėjama tema.
2. Nustatyti traukinio sustabdymui reikalingą stabdymo kelią skirtingų masių sąstatams judant kreivėje.
3. Naudojantis programa „Gervis“ ištirti matomumą įvairaus spindulio geležinkelio kreivėse.
4. Nustatyti traukinio greitį susidūrimo metu, atsižvelgiant į matymo lauką kreivėje ir atsižvelgiant bei neatsižvelgiant į parengiamąjį stabdymo kelią.
5. Naudojantis programa „SunCalc“ įvertinti saulės akinimo įtaką matomumui.
6. Ištirti matomumą naudojant infraraudonųjų spindulių kamerą esant riboto matomumo sąlygoms.

4. Projekto aprašomosios dalies struktūra:

Analizuojama matomumo įtaka eismo saugumui, matomumo gerinimo ir kliūčių aptikimo sistemos.

5. Projekto konsultantai:

Baigiamojo projekto autorius	Simonas Panka	2020-02-04
	<i>(vardas, pavardė, data)</i>	
Baigiamojo projekto vadovas	doc. dr. Robertas Keršys	2020-02-04
	<i>(pareigų sutrumpinimas, vardas, pavardė, data)</i>	
Krypties studijų programų vadovas	prof. Artūras Keršys	2020-02-04
	<i>(pareigų sutrumpinimas, vardas, pavardė, data)</i>	

Panka Simonas. Matomumo iš traukinio mašinisto kabinos tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Robertas Keršys; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypties grupė): Transporto inžinerija (E12), Inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: matomumas, kreivė, stabdymo kelias, šiluminė kamera.

Kaunas, 2021. 62 p.

Santrauka

Traukinio valdymas susijęs su aplinkos (kelio, signalų, kliūčių) signalų priėmimu, taip pat informacija iš valdymo pulte esančių indikatorių, kurie yra nuolat analizuojami ir apdorojami siekiant priimti tinkamą sprendimą. Sklandus traukinio valdymas priklauso ir nuo išorinio matomumo. Darbe analizuojamas matomumas iš mašinisto kabinos skirtingomis važiavimo sąlygomis ir būdai, kaip būtų galima pagerinti išorinio matomumo sąlygas. Ribotas matomumas, su kuriuo susiduriama tamsiu paros metu, esant sudėtingoms meteorologinėms sąlygoms ar kelio kreivėse, yra viena iš dažniausių susidūrimų su kliūtimis ant geležinkelio bėgių priežasčių. Vizualiai stebint nuolat besikeičiančią aplinką kelyje svarbu laiku atpažinti grėsmes ir priimti savalaikius sprendimus. Darbe tiriamas traukinio stabdymo kelias, matomumas kreivėje ir riboto matomumo sąlygomis, saulės akinimo faktorius valdant traukinį. Atsižvelgiant į šiuos dirgiklius, kyla būtinybė papildomų matomumo gerinimo priemonių diegimui. Greitas sprendimų priėmimas reikalingas siekiant išvengti galimų susidūrimų (pvz., netikėtų kliūčių kelyje), kai važiuojama naktį ar blogomis oro sąlygomis. Traukinio stabdymo kelias dažnai yra ilgesnis nei matomumas važiavimo kryptimi, todėl papildoma įranga, padedanti laiku pastebėti kliūtis, yra būtina. Vienas iš problemos sprendimo būdų yra siūlymas naudoti šiluminės infraraudonųjų spindulių kameras, kurios perduoda tiesioginį vaizdą į mašinisto kabiną, padeda aptikti kliūtį iš didesnio atstumo.

Panka Simonas. Research of Visibility from the Train Driver's Cab. Masters's Final Degree Project / supervisor assoc. prof. dr. Robertas Keršys; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Transport Engineering (E12), Engineering Science.

Keywords: visibility, curve, stopping distance, the thermal camera.

Kaunas, 2021. 62 p.

Summary

Train control involves the reception of environmental (track, signal, obstacle) signals, as well as information from indicators on the control panel, which are constantly analyzed and processed to make the right decision. The smooth operation of the train also depends on external visibility. The paper analyzes the visibility from the driver's cab under different driving conditions and ways to improve the conditions of external visibility. The limited visibility encountered during the dark hours of the day, in difficult weather conditions or on road curves, is one of the most common causes of collisions with obstacles on railway tracks. By visually observing the ever-changing environment on the road, it is important to identify threats in a timely manner and make timely decisions. The paper investigates the stopping distance of train, visibility on a curve and in conditions of limited visibility, sun glare factor while operating a train. In view of these stimuli, there is a need for additional visibility measures. Quick decision-making is needed to avoid potential collisions (such as unexpected obstacles on the road) when driving at night or in bad weather. The train stopping distance is often longer than the visibility in the direction of travel, so additional equipment to detect obstacles in time is necessary. One solution to the problem is to propose the use of thermal infrared cameras, which transmit a direct view to the driver's cab, helping to detect an obstacle from a greater distance.

Turinys

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Santrumpų ir terminų sąrašas	12
Įvadas.....	13
1. Saugos gerinimo priemonės ir matomumo įtaka eismo saugumui	14
1.1. Vairuotojo dėmesio analizė važiuojant traukiniu	14
1.2. Kliūčių ant bėgių nustatymas naudojant traukinyje sumontuotą infraraudonųjų spindulių kamerą	19
2. Akinimo įtaka eismo saugumui	22
2.1. Akinimo įtaka signalų matomumui	23
2.2. Saulės kolektorių sukiamas akinimas	24
2.3. Infraraudonųjų spindulių naktinio matymo sistema, montuojama automobiliuose	26
3. Lokomotyvų mašinistams keliami matomumo reikalavimai ir signalizacijos taisyklės	28
3.1. Signalų paskirtis ir klasifikavimas.....	28
4. Stabdymo kelio ir matomumo kreivėje skaičiavimas.....	30
4.1. Traukinio sustabdymui reikalingo stabdymo kelio nustatymas	30
4.2. Matymo lauko nustatymas įvairaus spindulio kreivėse.....	33
4.3. Greičio susidūrimo metu tyrimas	36
5. Matomumo tyrimas valdant traukinį	39
5.1. Saulės akinimo įtakos matomumui tyrimas.....	39
5.2. TEM TMH konstrukcijos įtaka matomumui	53
5.3. Matomumo tyrimas naudojant infraraudonųjų spindulių kamerą	56
Darbo apibendrinimas ir rezultatų palyginimas	64
Išvados	65
Literatūros sąrašas	66

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Nesankcionuotas važiavimas per signalizacijos draudimus, įskaitant vėlesnį susidūrimą ar nuvažiavimą nuo bėgių nacionalinėse, regioninėse linijose ir atšakose Čekijoje	14
2 lentelė. Pagrindiniai rodikliai atkarpoje „Žilina“ – „Horný Hričov“	17
3 lentelė. Važiavimas per stotį „Dolny Hricov“	18
4 lentelė. Stabdymo kelio skaičiavimas atsižvelgiant į judėjimo greitį	32
5 lentelė. Stabdymo kelio skaičiavimas atsižvelgiant į judėjimo greitį	33
6 lentelė. Matymo lauko ilgis atsižvelgiant į kreivės spindulį	36
7 lentelė. Traukinio greitis susidūrimo metu, atsižvelgiant į matymo lauką kreivėje ir atsižvelgiant į parengiamąjį stabdymo kelią	37
8 lentelė. Traukinio greitis smūgio metu, atsižvelgiant į matymo lauką kreivėje ir neatsižvelgiant į parengiamąjį stabdymo kelią	38
9 lentelė. Ruožo Palemonas-Karčiupis saulės įtakos matomumui vertinimas	41
10 lentelė. Ruožo Karčiupis – Palemonas saulės įtakos matomumui vertinimas	42
11 lentelė. Ruožo Karčiupis – Kaišiadorys saulės įtakos matomumui vertinimas	43
12 lentelė. Ruožo Kaišiadorys – Karčiupis saulės įtakos matomumui vertinimas	45
13 lentelė. Ruožo Kaišiadorys – Vievis – Lazdėnai saulės įtakos matomumui vertinimas	46
14 lentelė. Ruožo Lazdėnai – Vievis – Kaišiadorys saulės įtakos matomumui vertinimas	47
15 lentelė. Ruožo Lazdėnai – Lentvaris saulės įtakos matomumui vertinimas	49
16 lentelė. Ruožo Lentvaris – Lazdėnai saulės įtakos matomumui vertinimas	50
17 lentelė. Ruožo Lentvaris – Aukštieji Paneriai saulės įtakos matomumui vertinimas	52
18 lentelė. Ruožo Aukštieji Paneriai – Lentvaris saulės įtakos matomumui vertinimas	53
19 lentelė. Pagrindiniai parametrai, išskiriantys šiluminės kameros savybes	57

Paveikslų sąrašas

1 pav. Pagrindinės mašinos kabinos darbo vietos dalys ir dėmesio centrai [3].....	15
2 pav. Akių stebėjimo akiniai ir mobilusis prietaisas [5].....	16
3 pav. Traukinio mašinos dėmesio indikacija ruože „Žilina - Horný Hričov“ [3]	17
4 pav. Traukinio mašinos dėmesio indikacija važiuojant per „Dolný Hričov“ stotį [3].....	19
5 pav. Bendras vaizdas: a – traukinio išorėje sumontuota termografinė kamera, b – į monitorių perteikiamas vaizdas mašinos kabinoje [7]	20
6 pav. Kelio kreivės parametrai: t – traukinio gabaritinis matmuo, λ – traukinio centro nuokrypis nuo kelio ašies, c – atstumas tarp vežimėlių centrų, R – kreivės spindulys, h – aukštinė, d – deviacija [7]	21
7 pav. Vizualiai matoma bėgių padėtis [7].....	21
8 pav. Kintamo skaidrumo stiklas [9]	22
9 pav. Saulės spindulių įtaka šviesos signalams [11].....	23
10 pav. Skirtingas saulės spindulių atsispindėjimas nuo skirtingų tipų paviršių [12]	24
11 pav. Saulės atspindžiai, skirtingu paros ir metų laiku	25
12 pav. Saulės kolektoriai, išdėstyti greta geležinkelio linijos [11].....	26
13 pav. Infraraudonųjų spindulių kamera ir perduodamas vaizdas [14].....	26
14 pav. Matomumas su termine kamera skirtingomis važiavimo sąlygomis: a – matomumas tamsoje, b – vaizdas akinant kitai transporto priemonei, c – matomumas rūko sąlygomis [14]	27
15 pav. Signalų išdėstymas, atsižvelgiant į matymo lauką [15]	28
16 pav. Matomumas kreivėje ribojamas reljefo, kai kreivės spindulys 700 metrų. Kauno infrastruktūra, geležinkelio kelias Klaipėda – Šiauliai – Vilnius, 292 – as kilometras	34
17 pav. Matomumas kreivėje ribojamas miško, kai kreivės spindulys 350 metrų. Kauno infrastruktūra, geležinkelio kelias Jiesia – Rokai – Palemonas, 8 – as kilometras.....	34
18 pav. Schema matymo laukui nustatyti	35
19 pav. „SunCalc“ programos aplinkos saulės padėties reikšmių paaiškinimas	39
20 pav. Matymo laukas iš mašinos kabinos [22]	40
21 pav. Saulės akinimo įtaka saulėtekio metu atkarpoje Palemonas – Karčiupis birželio – liepos mėnesiais	41
22 pav. Saulės akinimo įtaka saulėlydžio metu atkarpoje Karčiupis – Palemonas gruodžio – sausio mėnesiais	42

23 pav. Saulės akinimo įtaka saulėtekio metu atkarpoje Karčiupis – Kaišiadorys spalio mėnesį ...	43
24 pav. Saulės akinimo įtaka saulėtekio metu atkarpoje Karčiupis – Kaišiadorys vasario – kovo mėnesiais	43
25 pav. Pravieniškių geležinkelio pervažą	44
26 pav. Kaišiadorių Pramonės g. geležinkelio pervažą.....	44
27 pav. Kaišiadorių geležinkelio stotis	44
28 pav. Saulės akinimo poveikis saulėlydžio metu atkarpoje Kaišiadorys – Karčiupis balandžio ir rugpjūčio mėnesiais	45
29 pav. Saulės akinimo poveikis saulėtekio metu atkarpoje Kaišiadorys – Vievis – Lazdėnai kovo ir lapkričio mėnesiais	46
30 pav. Saulės akinimo poveikis saulėlydžio metu atkarpoje Lazdėnai – Vievis – Kaišiadorys gegužės ir rugpjūčio mėnesiais.....	47
31 pav. Stoties g. pervažą Guronyse	48
32 pav. Kernavės g. pervažą Vievyje.....	48
33 pav. Saulės akinimo poveikis saulėtekio metu atkarpoje Lazdėnai – Lentvaris gruodžio ir sausio mėnesiais	49
34 pav. Saulės akinimo poveikis saulėlydžio metu atkarpoje Lentvaris – Lazdėnai birželio mėnesį, kai saulės padėtis kinta nežymiai	50
35 pav. Trakų g. pervažą Kariotiškėse	51
36 pav. Lentvario pervažą prieš modernizaciją.....	51
37 pav. Saulės akinimo poveikis saulėtekio metu atkarpoje Lentvaris – Aukštieji Paneriai kovo ir rugsėjo mėnesiais.....	52
38 pav. Saulės akinimo poveikis saulėtekio metu atkarpoje Aukštieji Paneriai – Lentvaris balandžio ir rugpjūčio mėnesiais.....	53
39 pav. TEM TMH manevrinis lokomotyvas [29].....	54
40 pav. TEM TMH 001-011 serijos lokomotyvo matomumas iš mašinisto pozicijos tiesiame kelio ruože	54
41 pav. TEM TMH 001-011 serijos lokomotyvo matomumas iš mašinisto pozicijos: a – iki pervažos 50m, b – iki pervažos 100 m, c – kreivei sukantis į kairę	55
42 pav. TEM TMH serijos nuo 012 lokomotyvo matomumas iš mašinisto pozicijos tiesiame kelio ruože	55
43 pav. Matomumas iš TEM TMH mašinisto pozicijos: a – kreivė į kairę, b – pervažą už 50 m, c – pervažą už 100 m.....	55

44 pav. Termovizorius „Pulsar Helion XP 50“ su magnetiniu laikikliu [35]	58
45 pav. Fiksuojamas objektas – žmogus; a – objekto aptikimas – 2600 m, b – atpažinimas – 1800 m, c – identifikavimas – 1000 m	60
46 pav. Transporto priemonės, kertančios geležinkelio pervažą Kernavės g. Vievyje; a, b – vaizdas 1100 m atstumu nuo pervažos	60
47 pav. Transporto priemonės, kertančios geležinkelio pervažą Kernavės g. Vievyje; a – vaizdas iš 1200 m, b – vaizdas 1400 m atstumu nuo pervažos	61
48 pav. Laukiniai gyvūnai, kertantys geležinkelio bėgius	62
49 pav. Saulės akinimas saulėlydžio metu: a – vaizdas su infraraudonųjų spindulių kamera, b – vaizdas be infraraudonųjų spindulių kameros	63
50 pav. Saulės spindulių įtaka matomumui: a – vaizdas be infraraudonųjų spindulių kameros, b – vaizdas su infraraudonųjų spindulių kamera	63

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

LED – šviesos diodas.

Terminai:

Stabdymo kelias – atstumas, kurį nuvažiuoja transporto priemonė nuo to momento, kai vairuotojas pradeda stabdyti iki visiško transporto priemonės sustabdymo.

Reakcijos laikas – kelias, kurį transporto priemonė nuvažiuoja nuo to momento, kai vairuotojas pastebėjo kliūtį iki to momento, kai pradėjo stabdyti.

Akinimas – reiškinys, sukiantis matomumo pablogėjimą, kada regėjimo lauke atsiranda per daug ryškių objektų, prie kurių akys nėra prisitaikiusios.

Tarpstotis – geležinkelio kelio tarpas tarp dviejų stočių, tarpustotė.

Matymo laukas – tai plotas, kurį mato nejudanti akis. Tai taškų kiekis, kuriuos mato mūsų akis vienu metu.

Deviacija – nuokrypis nuo trajektorijos.

Geležinkelio pervaža – geležinkelio vieno lygio susikirtimas (sankryža) su kitu geležinkeliu ar keliu.

Žiemos saulėgrįža – diena einamuosiuose metuose, kuomet saulė viršutinės kulminacijos metu pasiekia minimalų aukštį virš horizonto tarp visų einamųjų metų dienų.

Vasaros saulėgrįža – diena einamuosiuose metuose, kai saulė viršutinės kulminacijos metu pasiekia maksimalų aukštį virš horizonto tarp visų einamųjų metų dienų

Įvadas

Kiekvienais metais įvyksta traukinių susidūrimai su netikėtai atsidūrusiais objektais ant geležinkelio ar šalia jo. Tokie netikėti objektai, pavyzdžiui, gyvūnai, žmonės, transporto priemonės, medžiai padaro tiek materialinę, tiek nematerialinę žalą. Susidūrimas su tokiais objektais labiausiai veikia traukinio keleivių saugumą, taip pat gali pražudyti gyvūną ar žmogų, esantį ant bėgių kelio ar šalia jo, sukelti vėlavimą traukinių eisme. Taip pat susidaro išlaidos traukinio ir infrastruktūros remontui po susidūrimo.

Eismo saugumo gerinimas yra labai svarbus projektuojant, tiesiant ir prižiūrint kelius. Prastas matomumas pabrėžiamas kaip viena svarbiausių eismo įvykių priežasčių. Geometrija yra labai svarbus kelio matomumo aspektas, o jos analizė yra būtina norint nustatyti ir kokybiškai įvertinti pavojingas kelio zonas. Matomumas kreivėje dažnai yra mažesnis nei traukinio stabdymo kelias.

Kita svarbi dedamoji įvertinant matomumą yra oro sąlygos, kurios gali drastiškai sumažinti matomumą arba padaryti jį artimą nuliui. Saulės akinimas dažnai kelia grėsmę eismo saugumui. Apakinti vairuotojai gali trumpam laikui visiškai prarasti regėjimą, nepastebėti kitų transporto priemonių ar eismo dalyvių, nesugebėti atskirti šviesoforo signalų ar prarasti distancijos nuovoką.

Transporto priemonės konstrukcija taip pat gali įtakoti išorinį matomumą. Dėl šių veiksmų transporto priemonėse montuojama įvairi papildoma įranga: papildomi žibintai, naktinio matymo kameros, infraraudonųjų spindulių šiluminės kameros ir kita.

Projekto tikslas: ištirti matomumą iš traukinio mašinisto kabinos esant įvairioms važiavimo sąlygoms ir pasiūlyti priemones matomumui pagerinti.

Projekto uždaviniai.

1. Apžvelgti literatūros šaltinius nagrinėjama tema.
2. Nustatyti traukinio sustabdymui reikalingą stabdymo kelią skirtingų masių sąstatams judant kreivėje.
3. Naudojantis programa „Gervis“ ištirti matomumą įvairaus spindulio geležinkelio kreivėse.
4. Nustatyti traukinio greitį susidūrimo metu, atsižvelgiant į matymo lauką kreivėje ir atsižvelgiant bei neatsižvelgiant į parengiamąjį stabdymo kelią.
5. Naudojantis programa „SunCalc“ įvertinti saulės akinimo įtaką matomumui.
6. Ištirti matomumą naudojant infraraudonųjų spindulių kamerą esant riboto matomumo sąlygoms.

1. Saugos gerinimo priemonės ir matomumo įtaka eismo saugumui

Analizuojant matomumą kelyje, reikia žinoti, kurie keliai ir vietovės pavojingiausi vairuotojams ir pėstiesiems. Matymo laukas nurodo atstumą be kliūčių nuo transporto priemonės valdytojo iki tolimiausio kelyje matomo objekto. Ši vertė suteikia matomumo keliuose eismo saugumo idėją ir gali būti naudinga nustatant galimas pavojingas zonas.

Papildomos saugos priemonės gerina bendrą saugos lygį geležinkelių transporte bei pritraukia ir daugiau keleivių, kai jie labiau pasitiki saugumu naudojant šią transporto rūšį. Todėl saugumo priemonių kūrimas ir įgyvendinimas keleiviams ir kitų riedmenų sauga yra svarbiausia ir neatidėliotina užduotis. Taikant pasyvias traukinių apsaugos sistemas galima išvengti susidūrimų arba sumažinti jų pasekmes.

Atbulinės šviesos sklaida. Šviesa, atsispindėjusi vairuotojui nuo rūko, lietaus ar kitų kritulių vadinama atbulinės sklaidos šviesa. Rūko judėjimo dėsniai skiriasi skirtingu oru. Pavyzdžiui, mažiau tankus rūkas vairuotojui sukelia mažesnę apšvietimo vertę nei tankesnis rūkas, nes mažiau šviesos atsispindi nuo rūko (t. y., mažiau atbulinės sklaidos) [1].

1.1. Vairuotojo dėmesio analizė važiuojant traukiniu

Yra daug saugos sistemų, naudojamų geležinkelių transporte, tačiau žmogiškasis faktorius, ypač valdant traukinius, vis dar yra reikšmingas. 1 lentelėje pateikta su mašinisto klaidomis susijęs avarijų skaičius (Čekijos geležinkelių saugos inspekcijos tarnybos duomenys [2]), ir tendencija nėra teigiama.

1 lentelė. Nesankcionuotas važiavimas per signalizacijos draudimus, įskaitant vėlesnį susidūrimą ar nuvažiavimą nuo bėgių nacionalinėse, regioninėse linijose ir atšakose Čekijoje

	2019 m.			2018 m.		
	Incidentų skaičius	Susidūrimai	Nuvažiavimas nuo bėgių	Incidentų skaičius	Susidūrimai	Nuvažiavimas nuo bėgių
Sausis	14	12	2	12	8	4
Vasaris	21	12	9	15	11	4
Kovas	21	15	6	6	4	2
Balandis	11	8	3	8	5	3
Gegužė	7	5	2	19	16	3
Birželis	14	10	4	12	10	2
Liepa	10	4	6	13	9	4
Rugpjūtis	11	7	4	12	7	5
Rugsėjis	6	5	1	23	20	3
Spalis	8	6	2	11	7	4
Lapkritis	17	13	4	15	11	4
Gruodis	Nėra duomenų	Nėra duomenų	Nėra duomenų	2	2	0
Incidentų skaičius sausio 1 – lapkričio 30 d.	140	97	43	146	108	38
Incidentų skaičius sausio 1 – gruodžio 31 d.	Nėra duomenų	Nėra duomenų	Nėra duomenų	148	110	38

1 lentelės duomenys apėmė tik avarijas (pravažiavimus), susijusias su pagrindinių / manevrinių sustojimo signalų pravažiavimu, tai nėra visos nustatytu laikotarpiu įvykę geležinkelio avarijos. 99

% tokio tipo avarijų sukelia vežėjas – traukinio vairuotojas. Taip yra dėl to, kad neadekvatus vairuotojo dėmesys daugiausia sukelia tokio tipo avarijas važiavimo / manevravimo operacijų metu. Pagrindinė vairuotojo dėmesio nesutelkimo priežastis yra neteisingi vairavimo įgūdžiai ir patirties stoka arba per ilgus darbas (viršvalandžiai), kurie įtakoja dėmesio stoką. Geležinkelių transporto srityje nėra jokios specialios saugos sistemos, kuri gali išanalizuoti vairuotojo dėmesį, vairavimo įgūdžius, nuovargį.

Tyrimo sąlygos

Pagrindinis tyrimo tikslas – traukinio eksploatavimo metu išsamiai stebėti vairuotojo dėmesį. Ši analizė gali padėti nustatyti kritinius taškus, kaip geriau suprasti vairuotojo darbo sąlygas, įgūdžių ir patirties, matomumo įtaką geležinkelių transporto saugumui didinti. Visa matavimo procedūra ir naudojama matavimo technologija nedarė įtakos traukinio eksploatavimo saugumui.



1 pav. Pagrindinės mašinisto kabinos darbo vietos dalys ir dėmesio centrai [3]

1 paveiksle nurodytos pagrindinės keleivinio traukinio „EPJ 671“ mašinisto kabinos darbo vietos dalys – prietaisų panelė, stebima lauko aplinka ir važiuojamoji dalis, kur nustatyti šie pagrindiniai kriterijai:

- A – išorės aplinka;
- B – galinio vaizdo veidrodėliai;
- C – signalai;
- D – esamas greitis;
- E – pagrindinis informacinis skydelis (įtampa, srovė, veiklos suvestinė);
- F – traukinio saugos sistemos „Mirel“ informacija;
- G – slėgis stabdžių sistemoje;
- H – traukinio valdymas;
- I – automatinio greičio palaikymo sistema;
- J – centriniai traukinio valdymo parametrai – važiavimas, stabdymas;
- K – tvarkaraštis;
- L – užrašai (pvz., greičio apribojimai);
- M – informacija dėl saugaus traukinio durų uždarymo.

Eksperimente dalyvaujančiam traukinio mašinistui 49 metai, turintis 28 metų patirtį tarptautiniame, nacionaliniame (ilgų atstumų) ir regioniniame geležinkelių transporte. Neturi incidentų A arba B

kategorijose. A ir B kategorijos yra sunkiausios ir pavojingiausios avarijos, pagal tarptautines geležinkelio saugumo taisykles. Vidutinis traukinio mašinisto amžius pagal 2018 m duomenis Slovakijoje, nacionaliniam keleivių vežėjui 45 metai, o Slovakijos nacionaliniam krovinių vežėjui 48 metai. 10 % traukinio mašinistų buvo vyresni nei 65 metų, o vidutinis mašinisto amžius Čekijos Respublikoje 2019 m. buvo 48,6 metai [4].

Galima teigti, kad parinktas traukinio mašinistas yra tipiškas traukinio mašinistas Slovakijos Respublikoje, ir jis yra tinkamas bandomojo eksperimento matavimams. Pagrindinis šio tyrimo tikslas yra ištirti vairuotojo dėmesį traukinio eksploataavimo metu pasirinktoje geležinkelio atkarpoje. Remiantis šiais tyrimais, siekiama suprasti vairuotojo darbo aplinką ir prisidėti prie geležinkelių eismo saugumo didinimo.

Tyrime naudojami metodai ir įrankiai

Akių padėties sekimo akiniai (žr. 2 pav.) naudojami rinkti duomenis apie vairuotojo vizualų elgesį realiomis eismo sąlygomis. Šie akių stebėjimo akiniai yra skirti įrašyti asmens natūralaus žvilgsnio elgesį realiuoju laiku, plačiu diapazonu. Trys kameros yra rėmo apačioje, taip pat priekiniame rėme pastatyti trys didelės spartos fotoaparatai. Du iš jų fiksuoja judėjimą ir akies vyzdžių padėtį (infraraudonųjų spindulių spektre), o trečioji kamera fiksuoja aplinką (tipinis regos spektras). Mobilusis telefonas yra prijungtas prie akinių, kurie ekrane vaizduoja aplinką ir rodo žymeklio požiūrį. Šie akių stebėjimo akiniai užtikrina natūralų žvilgsnio stebėjimą esant 60 Hz imties dažniui visame stebimame regėjimo lauke [5].



2 pav. Akių stebėjimo akiniai ir mobilusis prietaisas [5]

Parengiamajame tyrimo etape nustatyta vieta, kurioje bus vykdomas eksperimentas – geležinkelio infrastruktūros linija. Pasirinkta geležinkelio trasa – tarpstotis „Žilina – Púchov“. Šioje linijoje nustatytos dvi situacijos: važiavimas tarp dviejų stočių ir važiavimas per stotį (su sustojimu).

Siekiant nustatyti mašinisto operacijas kabinoje, išskirtos svarbios zonos traukinio kontrolei ir valdymui. Šių zonų aktyvumas yra tyrimui svarbi sritis. Eksperimento metu išmatuota: kur (padėtis), kiek laiko (trukmė) ir kiek daug kartų (dažnis) nukreiptas vairuotojo žvilgsnis į išskirtas zonas. Šis metrikos rinkinys vadinamas pagrindiniu dėmesiu rodikliu [6]. Svarbiausi kriterijai:

- žvilgsnio laikas – bendras laikas, užfiksuotas vienai zonai. Ją vaizduoja absoliutus formatas – laikas (ms) arba santykinis formatas – viso laiko %;
- žvilgsnių skaičius – žvilgsnio fiksavimo skaičius pasirinktai sričiai;
- vidutinė žvilgsnio trukmė – vidutinė fiksacijos trukmė informuoja kiek laiko (vidutiniškai, ms) truko fiksavimas;
- pakartotiniai žvilgsniai – pakartojimų skaičius suteikia informacijos apie tai, kiek kartų dalyvio žvilgsnis grįžo į tam tikrą sritį. Pakartotiniai žvilgsniai leidžia nagrinėti, kurios sritys pakartotinai traukė dalyvį ir kurios buvo matomos.

Šie keturi esminiai rodikliai yra svarbūs traukinio mašinisto elgesio realiomis sąlygomis analizės proceso metu.

Rezultatai

Vairavimo elgesys, ypač traukinio mašinisto žvilgsnis ir akių judesiai, patikrinami besikeičiančiomis sąlygomis dienos šviesoje.

Važiavimas tarp dviejų stočių: maršrutas „Žilina“ – „Horný Hričov“. Bendras važiavimo laikas šioje atkarpoje yra 255 sekundės. Važiavimo metu, traukinio mašinistas nukreipė žvilgsnį į langų skyrius 57 % viso laiko, valdymo skydo skyrius 14,5 % viso laiko ir geležinkelio signalus ruože – 2,9 % viso laiko (žr. 2 lentelę).

2 lentelė. Pagrindiniai rodikliai atkarpoje „Žilina“ – „Horný Hričov“

Sritis	Žvilgsnio laikas, %	Žvilgsnių skaičius	Vidutinė trukmė, ms	Pakartotiniai žvilgsniai
Priekinis langas	57 %	508	262,7	68
Geležinkelio signalai	2,1 %	12	452,3	9
D sritis	3,4 %	40	200,4	28
E sritis	9,6 %	112	186,5	50
F sritis	2,4 %	20	265,6	12
H sritis	0,5 %	3	392,7	1
K sritis	0,7 %	6	276,6	0



3 pav. Traukinio mašinisto dėmesio indikacija ruože „Žilina - Horný Hričov“ [3]

Fiksacijų skaičius sekcijose koreliuoja su daugiausiai dėmesio sulaukiančiais rodikliais. Daugiau fiksicijų tam tikroje srityje gali nurodyti, kad sritis yra reikšmingesnė (arba labiau keičiasi) ir labiau pastebima vairuotojui nei kitos. Apibendrinant galima pasakyti, kad langų srityje žvilgsnių skaičius skyriui buvo 508, skydo skyriuje buvo 181, ir geležinkelio ženklų signaliniame ruože tik 12. Tai logiška, nes aplinka priekiniame lange nuolat keičiasi. 3 paveiksle pavaizduotas šios vairavimo situacijos šiluminis žemėlapis.

Važiavimas per stotį „Dolny Hricov“

Kita traukinio mašinisto operacijos rūšis yra važiavimas per stotį (su sustojimu). Analizuojamas važiavimas per stotį „Dolny Hričov“. Bendras važiavimo laikas šioje atkarpoje yra 250 sekundžių. Važiuojant, traukinio mašinisto žvilgsnis sukauptas į langų skyrių 71,6 % viso laiko, valdymo panelėje 26,7 % viso laiko, o geležinkelio signalams skirta 1,7 % viso laiko. Tyrimo duomenys rodo, kad vairuotojas daugiau dėmesio skyrė operacijoms valdymo skyde (žr. 4 pav.), nei važiuojant tarp stočių (apsauga keleivių perone sustojimo metu ir pagreičio procesas). Palyginus žvilgsnių skaičių, ant lango skyriaus buvo 502, skydelio dalyje 265, o geležinkelio signaliniame ruože – tik 14. Padidėjęs valdymo skydo žvilgsnių skaičius iliustruoja padidėjusį operacijų skaičių dėl stabdymo, sustojimo, keleivių įleidimo / išleidimo, greitėjimo. Duomenys pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Važiavimas per stotį „Dolny Hricov“

Sritis	Žvilgsnio laikas, %	Žvilgsnių skaičius	Vidutinė trukmė, ms	Pakartotiniai žvilgsniai
Priekinis langas	32,2 %	254	296,4	63
Dešinys langas	19,6 %	132	350,5	12
Dešinys veidrodėlis	17,1 %	116	346,6	14
Geležinkelio signalai	1,6 %	14	285,7	6
D sritis	6,3 %	70	212,2	40
E sritis	11,8 %	127	207,7	47
F sritis	2,2 %	22	240,7	14
H sritis	1,0 %	14	168,3	9
I sritis	2,2 %	11	478,2	1
K sritis	1,5 %	10	340,3	1
L sritis	0,3 %	4	157,8	2



4 pav. Traukinio mašinisto dėmesio indikacija važiuojant per „Dolný Hričov“ stotį [3]

Atsižvelgiant į vidutinę žvilgsnio trukmę atliekant šį eksperimentą galima nustatyti, kad mažiausias vidutinis laikas yra 157,8 ms (sritis L) ir didžiausias vidutinis laikas yra ties sritimi I 478,2 ms. Būtina informacija apie traukinio informaciją yra ties sritimi L. Valdymo mygtukai, kurie yra svarbūs kontroliuojant traukinį, kai jis atvyksta ir išvykstant iš stoties (automatinis greičio valdymas) yra skydelyje I. Skydelyje L yra tik pastabos tipo informacija, todėl vidutinė dėmesio trukmė labai trumpa. Tačiau srities I valdikliai yra būtini traukinio valdymo funkcijoms, todėl šioje srityje žvilgsnio laikas ilgiausias.

Šilumos žemėlapiai (žr. 4 pav.) rodo bendrą žvilgsnio taškų pasiskirstymą. Paprastai jie rodomi kaip spalvų gradiento perdanga ant pateikto vaizdo (vaizdas iš traukinio salono). Raudona, geltona ir žalia spalvos reiškia mažėjimo tvarka žvilgsnių skaičius, kurie buvo nukreipti į atitinkamas sritis. Važiuojant tarp dviejų stočių – 1 pavyzdys, traukinio mašinistas daugiausia dėmesio skyrė priekiniam langui (57 % viso laiko ir 508 fiksacijos). Reikšmingas dėmesys yra skirta E skydui (9,6 % viso laiko ir 112 fiksacijų). Taip yra dėl to, kad tikrinama centrinė vairuotojo darbo dalis – situacija kelyje, signalų skaitymas, greičio kontrolė ir traukinių apsaugos sistema.

Važiuojant per stotį (su sustojimu) – 2 pavyzdyje traukinio mašinistas daugiausia dėmesio skyrė priekiniam langui (32,2 % viso laiko ir 254 fiksacijos). Skiriamas didelis dėmesys į dešinįjį langą ir dešinįjį veidrodį (iš viso 36,7 % viso laiko ir 248 fiksacijos). Taip yra dėl sustojimo stotyje ir vizualaus keleivių stebėjimo perone sustojimo metu ir išvykstant iš stoties. Kritinis traukinio mašinisto dėmesys sutelktas į priekinį langą, dešinįjį langą, dešinįjį veidrodį ir sritis E ir D. Nustatytos traukinio salono dalys yra labai svarbios apsaugai užtikrinti – atvykimo, sustojimo ir išvykimo traukiniu iš stoties saugumui.

1.2. Kliūčių ant bėgių nustatymas naudojant traukinyje sumontuotą infraraudonųjų spindulių kamerą

Sistema sudaryta iš infraraudonųjų spindulių kameros, sumontuotos korpuse traukinio išorėje (žr. 5 pav. a) ir ekrano mašinisto kabinoje (žr. 5 pav. b). Viduje montuoti kameros negalima, nes stiklas nepraleidžia ilgųjų bangų infraraudoniesiems spinduliams. Kamera sumontuota apsauginiame korpuse, norint apsaugoti nuo atsitiktinių smulkių dirgiklių, kadangi įranga – brangi. Kamera prijungta prie kompiuterio ir ekrano su grafine vartotojo sąsaja. Kompiuteryje veikia programinė įranga šiluminiams vaizdams gauti, apskaičiuoti veiksmo vietos geometriją, aptikti geležinkelį,

aptikti ir sekti galimas kliūtis bei vairuotojui perduoti pavojaus signalą, atsižvelgiant į parinktus kriterijus.



5 pav. Bendras vaizdas: a – traukinio išorėje sumontuota termografinė kamera, b – į monitorių perteikiamas vaizdas mašinisto kabinoje [7]

Bandymo metu naudota kamera yra „FLIR SC655“, gaunanti vaizdus ilgųjų bangų (terminių) infraraudonųjų spindulių juostoje, t. y., bangos ilgiuose 8 – 12 μm . Jos skiriamoji geba yra 640×480 taškų, sparta iki 50 kadrų per sekundę. Naudojami du skirtingi objektyvai, kurių horizontalūs laukai apima atitinkamai 7° ir 25° kampus [7]. 7° objektyvas suteikia gerą skiriamąją gebą dideliais atstumais (daugiau nei vienas kilometras), tačiau kai važiuojama kreivėje, jis dažnai būna už matymo lauko ribų. 25° objektyvas beveik visada išlaiko geležinkelį regėjimo lauke, tačiau aptikimo atstumas yra daug mažesnis. Įrangą galima parinkti atsižvelgiant į kelio profilio parametrus, traukinio greitį, objektus, kuriems aptikti yra teikiamas prioritetas.

Geležinkelio geometrija. Atsižvelgiant į lokomotyvo konstrukciją, akivaizdu, kad bėgiai bus lygiagretūs lokomotyvui atkarpoje λ , esančioje viduryje tarp priekinio ir galinio vežimėlių (žr. 6 pav. a). Poslinkis ties šiuo tašku, λ , apibrėžiamas kaip atstumas tarp geležinkelio centro, kuris nustatomas pagal vietinį kreivumą, $Q = 1/R$, lokomotyvo centro ir ratų bazės, c . Šis dydis priklauso nuo kreivės spindulio.

$$\lambda = \frac{1}{Q} - \sqrt{\frac{1}{Q^2} - \frac{c^2}{4}} = \frac{Qc^2}{8} \quad (1)$$

čia λ – poslinkis, Q – kreivės spindulys, c – atstumas tarp vežimėlių centrų.

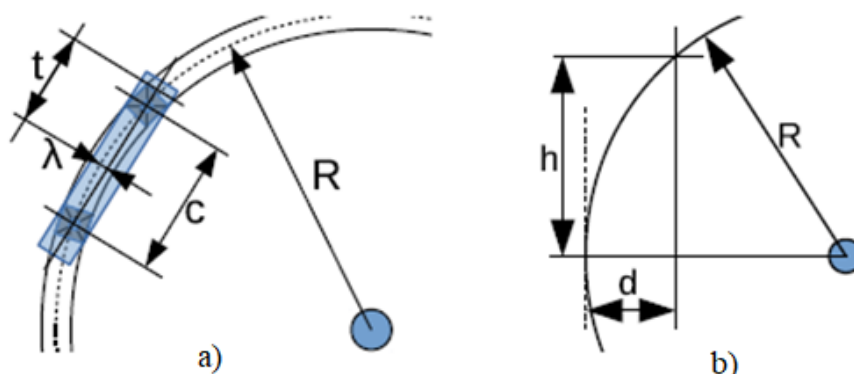
Tai lemia bėgių padėties atvaizdavimą kameros ekrane. Nuokrypis nuo bėgių d skaičiuojamas pagal geometrinę schemą, pateiktą 6 b paveiksle.

$$d = h \cdot \cot\left(\pi - \frac{\sin^{-1}(hQ)}{2}\right) \quad (2)$$

čia d – nuokrypis, h – aukštinė.

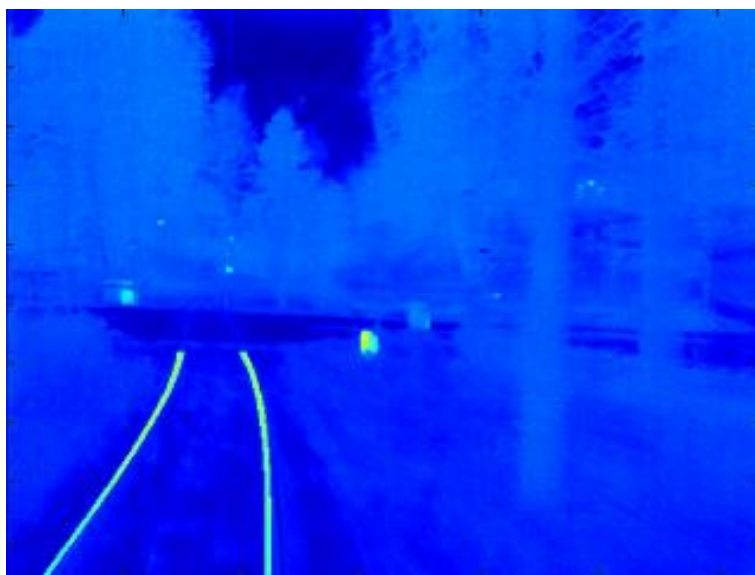
$$Q = \frac{1}{R} = \frac{1}{h} \sin\left(\pi - 2\cot^{-1}\frac{d}{h}\right) \quad (3)$$

Traukinys turi fiksuotą padėtį ir orientaciją geležinkelio atžvilgiu visais įprastais darbo režimais. Darant prielaidą, kad vietos kreivė yra pastovi – geležinkelis, kelio ruožo kreivumas yra vienintelis laisvas parametras, nustatantis bėgių padėtį atvaizduojant juos monitoriuje, sudaryta kelio kreivės sekimo schema (žr. 6 a, b pav.).



6 pav. Kelio kreivės parametrai: t – traukinio gabaritinis matmuo, λ – traukinio centro nuokrypis nuo kelio ašies, c – atstumas tarp vežimėlių centrų, R – kreivės spindulys, h – aukštinė, d – deviacija [7]

Apjungiant šiuos parametrus, taip pat kameros tvirtinimo poslinkį, kompiuterinė programa tiksliai apskaičiuoja bėgių padėtį, o ekrane matoma (žr. 7 pav.) tiksli bėgių padėtis pagal skirtingo spindulio kreivių parametrus.



7 pav. Vizualiai matoma bėgių padėtis [7]

Rezultatai

Bėgių aptikimo metodas veikia patenkinamai, tačiau gali būti naudojamas tik riboto diapazono kreivėse, priklausomai nuo jų spindulio. Modelis sėkmingai pateikia aptikimo rezultatus, kuriuos naudinga taikyti praktikoje. Sistemoje reikia eliminuoti šildomas geležinkelio pervažas ir jungiamuosius geležinkelius, kurie šiuo metu yra aptinkami ir gali klaidinti. Tiek judančius, tiek stacionarius objektus esančius ant bėgių ar šalia jų sistema aptinka sklandžiai. Kitas žingsnis – įdiegti sistemą viename ar daugiau bandomųjų traukinių ir atlikti daugiau bandymų esant skirtingiems judėjimo greičiams, oro sąlygomis, skirtingose aplinkose.

2. Akinimo įtaka eismo saugumui

Saulė kelia pavojų ne tik šviesdama tiesiai į transporto priemonę. Ne ką mažiau problemų kyla tuomet, kai saulės spinduliai atsispindi nuo drėgnos kelio dangos, kitų automobilių, pastatų, reklaminių stendų, saulės kolektorių ir kt. Apakinti vairuotojai gali trumpam laikui visiškai prarasti regėjimą, nepastebėti kitų transporto priemonių ar eismo dalyvių, nesugebėti atskirti šviesoforo signalų ar prarasti distancijos nuovoką.

Svarbu suvokti, kad ne tik vairuotojas gali būti apakintas saulės šviesos, tačiau ir kiti eismo dalyviai – kitų transporto priemonių vairuotojai (motociklai, elektriniai paspirtukai, riedžiai ir kt.), dviratininkai, pėstieji. Vairavimo metu, vienu metu, tenka žiūrėti įvairiais atstumais: prietaisų skydelis, galinio matymo veidrodėliai, navigacija ir pan. Akys nuolat turi prisitaikyti prie besikeičiančių sąlygų. Todėl labai svarbu nuolat laikytis saugaus atstumo iki kitų transporto priemonių, atidžiai įvertinti eismo aplinkybes ir neišjungti artimųjų šviesų žibintų.

Rankinis skydelis nuo saulės vis dar plačiai naudojamas, tačiau turi didelių trūkumų. Pirma, vairuotojas turi jį valdyti rankiniu būdu. Tai, kad vairuotojas privalo valdyti saulės skydelį tuo pačiu metu, kai saulė kelia matomumo problemų, gali sukelti avariją. Kaip alternatyva, saulės skydelis, valdomas servo varikliu, kuris, remiantis šviesos jutiklių duomenimis, nuleidžia arba pakelia skydelį. Tačiau skydelis dengia stiklą tik dalinai, ir dažnai nesprendžia problemos [8].

Tarp sprendimų galima paminėti „išmanųjį“ stiklą. Tai stiklo rūšis, kurio skaidrumą galima kontroliuoti taikant įtampa, atsižvelgiant į šilumos kiekį ir šviesos šaltinio intensyvumą. Tokiu būdu kinta stiklo savybės, dėl to blokuojama dalis praleidžiamos šviesos. Continental „Automotive“ [9] pristatė šį produktą, kurį, remiantis šviesos davikliais, galima tamsinti tiksliai toje vietoje, kur šviečia saulė (žr. 8 pav.)



8 pav. Kintamo skaidrumo stiklas [9]

Galima apsauga nuo akinimo, naudojant technologijas, kurios jau diegiamos naujuose automobiliuose. Vairuotojo akių stebėjimo sistemos, šviesos intensyvumo jutikliai ar „head – up“ ekranai. Be esamų elementų, norint nustatyti tašką, kuriame saulės šviesa yra maksimali, reikalingi saulės sekimo jutikliai [10]. Taip nustatomas šviesos intensyvumas ant priekinio stiklo paviršiaus.

Žinant vairuotojo padėtį ir tašką ant priekinio stiklo ten, kur saulės šviesa yra intensyvi, ant priekinio stiklo susidaro tamsi dėmė. Tokiu būdu sumažinamas akinimo sukurtas diskomfortas. Priklausomai nuo šviesos intensyvumo bei atsižvelgiant į eismo saugumo įstatymus, vietos skaidrumas gali skirtis tam tikrose ribose. Sumažėjęs akinimo pavojus sumažins riziką nepastebėti pėsčiųjų, kitų eismo dalyvių, o eismo ženklai ar staigūs vingiai bus žymiai lengviau pastebimi.

Naktį akinimą gali sukelti transporto priemonių priekiniai žibintai, sklindantys iš priešinga kryptimi važiuojančių transporto priemonių. Šią problemą galima išspręsti tobulinant naudojamus žibintus. Naudojant šviesos diodų ir lazerių technologijas kartu su automatinio pritemdymo technologija ir tinkama šviesos spalva, priekinių žibintų sukeliama akinimą galima sumažinti.

Tiesioginiai saulės spinduliai gali kelti nepatogumų, kai krisdami tam tikru kampu pro šoninius ar galinius langus į transporto priemonės vidų, apsunkina prietaisų rodmenų skaitymą. Tai ne tik tiesiogiai apsunkina vairuotojo darbą, bet ir kelia pavojų visiems eismo dalyviams. Negalint tiksliai įvertinti judėjimo parametrų (greitis, variklio sūkliai, indikaciniai parametrai ir kt.) tampa pavojinga eksploatuoti transporto priemonę.

2.1. Akinimo įtaka signalų matomumui

Pavojingiausi ir svarbiausi aspektai, kuriuos sukelia saulės akinimas:

- saulės atspindžių poveikis traukinių mašinistams;
- saulės atspindžių poveikis matomumui netoliese esančioms pervažoms ir su jomis susijusiems įspėjamiesiems žibintams;
- saulės atspindžių galimybė paveikti įspėjamuosius geležinkelio šviesos signalus (žr. 9 pav.).



9 pav. Saulės spindulių įtaka šviesos signalams [11]

Signaliniai žiburiai yra pastatyti šalia geležinkelio linijos, kad traukiniai būtų valdomi artėjant tam tikroms bėgių atkarpoms. Geležinkelio operatoriaus rūpestis dažnai susijęs su galimybe, kad saulės atspindžiai gali pasirodyti apšviečiantys signalus, kurie nėra įjungti. Įeinanti šviesa gali būti tokio intensyvumo, kad šviesos signalas pasirodys apšviestas, kai jis neįjungtas. Tai yra ypatinga problema su kaitrinėmis lemputėmis, kurios montuojamos į šviestuvus su atspindinčiu veidrodžiu.

Daugelyje naujų geležinkelio signalų montuojami LED signalai. Palyginti su kaitinamosios lempučių signalu, pranašumai, atsižvelgiant į galimą saulės apšvietimą (neteisingą signalo interpretavimą), yra šie:

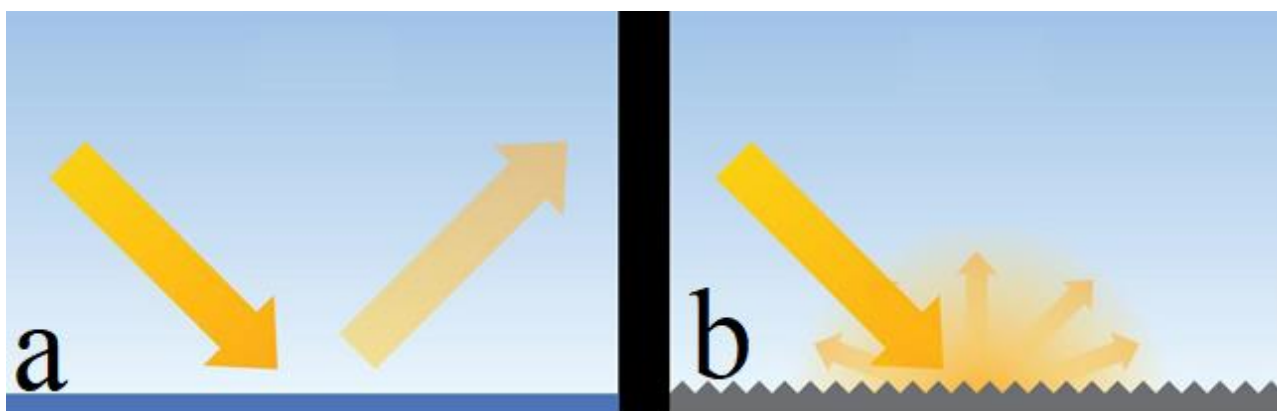
- LED geležinkelio signalas sukuria intensyvesnę šviesą, todėl jie labiau matomi artėjantiems traukiniams, palyginti su tradicine kaitinamųjų lempučių technologija;
- LED signalai gali veikti be atspindinčio šviesą veidrodžio, skirtingai nei kaitinamosios lempos. Atspindinčių paviršių buvimas labai padidina tikimybę, kad gaunama šviesa atsispindės ir signalas atrodys apšviestas;
- LED signalų gamintojai teigia, kad LED signaliniai žibintai žymiai sumažina arba visiškai pašalina neteisingą signalo interpretavimo tikimybę.

2.2. Saulės kolektorių sukeliamas akinimas

Tinkamai suprojektuota ir sumontuota saulės elektrinės sistema veikia daugiau nei 20 metų. Pats foto elementas neturi judančių dalių ir gali tarnauti daugiau nei 30 metų. Todėl, prieš įrengiant saulės kolektorius, svarbu atsižvelgti į ne tik į tai, kas naudinga tokio tipo elektrinei, bet ir galimus žalingus faktorius. Projektuojant saulės kolektorius, būtina atsižvelgti į tai, kur, atsižvelgiant į saulės padėtį ir kintantį kampą, kurį saulė sudaro su horizontu, gali atsispindėti šviesa. Tinkamai suprojektuoti saulės kolektoriai visais metų laikais negali sukelti saulės spindulių atsispindėjimo problemų.

Atspindėjimas reiškia šviesą, kuri atsispindi nuo paviršių. Galimi du atspindžio poveikio variantai: kai blizgesys yra trumpalaikis – ryškios šviesos blyksnis arba akinimas – nuolatinis ryškios šviesos šaltinis [12]. Šie du efektai toliau yra vadinami „akinimu“, kuris gali sukelti trumpą regėjimo praradimą ar trumpalaikį aklumą nuo blyksnio.

Šviesos, atsispindinčios nuo saulės kolektoriaus paviršiaus, kiekis priklauso nuo saulės spindulių kiekio, patekusio ant atspindinčio paviršiaus. Paviršiaus atspindėjimo koeficientas, geografinė padėtis, metų laikas, debesuotumas, saulės kolektoriaus orientacija įtakoja atspindėtos šviesos intensyvumą. Kaip parodyta 10 pav. a dalyje, plokšti, lygūs paviršiai atspindi labiau koncentruotą saulės spindulių kiekį. Kuo labiau paviršius poliruojamas, tuo labiau jis atspindi. Šiurkštūs ar nelygūs paviršiai (žr. 10 pav. b) šviesą atspindi išsklaidytą, todėl atspindys nėra toks ryškus.

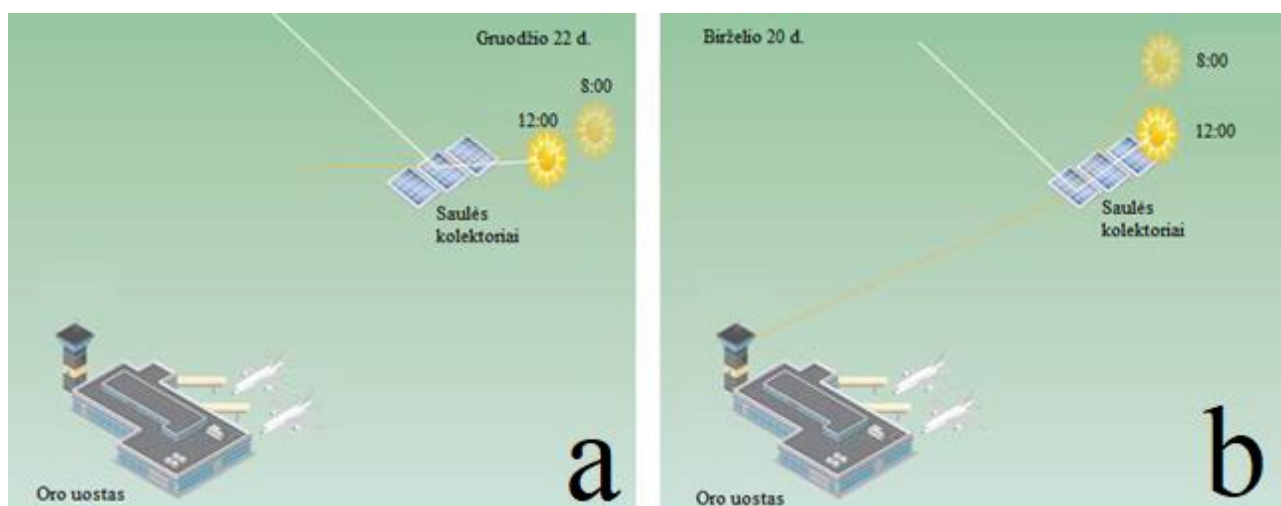


10 pav. Skirtingas saulės spindulių atsispindėjimas nuo skirtingų tipų paviršių [12]

Saulės kolektorių plokštės yra pagamintos iš tamsių, šviesą sugeriančių medžiagų ir padengtos antirefleksine danga, skirta maksimaliai absorbuoti ir sumažinti atspindį. Tačiau saulės kolektorių

sistemų stikliniai paviršiai taip pat įvairiai atspindi saulės šviesą. Skirtingu metų ir paros laiku saulės padėtis horizonte kinta. Atspindėtų saulės spindulių kiekis priklauso nuo saulės kritimo kampo, kuris gali būti žalingas vairuotojams, mašinistams, pilotams. Gali kelti nepatogumus (žr. 11 pav. a, b) dispečerinėms, aukštų pastatų gyventojams, eismo valdymo centrams ir kt. Atspindžių kiekis didėja esant mažesniems spindulių kritimo kampams.

Saulės energijos sistemos populiarėja ir naujos elektrinės statomos greitkelių, kelių, oro uostų, geležinkelių aplinkoje. Atspindėjimas gali sukelti akinimą tiems, kuriems reikalingas aiškus, netrukdomas matomumas. Projektuotojai turėtų įvertinti atspindį visais metų laikais skirtingu paros metu, atsižvelgiant į geografinę vietos padėtį bei galimas rizikas.



11 pav. Saulės atspindžiai, skirtingu paros ir metų laiku

Kadangi nuo saulės kolektoriaus atspindimos šviesos intensyvumas mažėja didėjant atstumui, svarbu įvertinti tai, kiek reikia būti nutolus nuo saulės atspindėto paviršiaus, kad būtų išvengta akinančio blyksnio. Vairuotojui, kuriam įtakos turi saulės padėtis, akinimas kelyje yra erdvinis – laikinas kintamasis, nes tai priklauso ne tik nuo laiko veiksnių – paros laiko ir metų laiko, kurie lemia vietinę saulės padėtį. Situaciją lemia ir erdviniai veiksniai – vietinis kelio nuolydis ir važiavimo kryptis.

Geležinkelių transporto subjektai vis dažniau prašo blizgesio ir akinimo įvertinimo dėl saulės kolektorių elektrinių plėtros (žr. 12 pav.), esančios netoli geležinkelio infrastruktūros. Blizgesio ir akinimo vertinimo tikslas yra [13]:

- nustatyti, ar saulės atspindys yra geometriškai įmanomas;
- nustatyti numatomą saulės kolektorių matomumą iš geležinkelių infrastruktūros ribų;
- nustatyti saulės poziciją atsižvelgiant į saulės atspindį nuo saulės kolektorių.



12 pav. Saulės kolektoriai, išdėstyti greta geležinkelio linijos [11]

„Pager Power“ atliko apytiksliai 200 blizgesio ir akinimo vertinimų, daugeliu atvejų tai susiję su poveikiu geležinkelio infrastruktūrai. Kompanija taip pat turi patirties dirbant su saulės energijos gamintojais, kurie sulaukė prieštaravimų iš „Network Rail“ kompanijos Jungtinėje Karalystėje. Prieštaravimai, pagrįsti galimais blizgesio ir akinimo efektais, buvo paneigti pateikus tinkamą blizgesio ir akinimo poveikio vertinimą [11].

2.3. Infraraudonųjų spindulių naktinio matymo sistema, montuojama automobiliuose

Infraraudonųjų spindulių naktinio matymo sistema, skirta suvokti transporto priemonės padėtį, aptikti kliūtis, pėsčiuosius, kitas transporto priemones [14]. Infraraudonųjų spindulių kamera (žr. 13 pav.) perduoda vaizdą į automobilio multimediją arba išmanųjį įrenginį. Padeda išvengti akinimo, pagerina matomumą prastomis oro sąlygomis: tvyrant tirštam rūkui, sningant, lyjant ir kt.



13 pav. Infraraudonųjų spindulių kamera ir perduodamas vaizdas [14]

„MT ADAS“ terminė kamera pagerina matomumą naktį, prasiskverbia pro rūką, lietų ir dūmus (žr. 14 pav. a, b, c). Išankstinio įspėjimo funkcija nustato netikėtas kliūtis, išryškina staigius įvykius, padeda nustatyti nuotolį iki žmonių ar transporto priemonių.



14 pav. Matomumas su termine kamera skirtingomis važiavimo sąlygomis: a – matomumas tamsoje, b – vaizdas akinant kitai transporto priemonei, c – matomumas rūko sąlygomis [14]

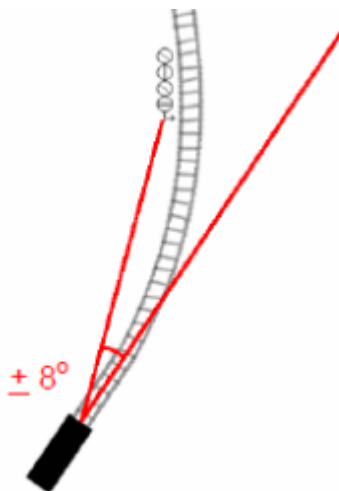
Techninė specifikacija:

- detektoriaus rezoliucija 400 x 300 taškų;
- spektro diapazonas 8 –14 μm ;
- objektyvas 19 mm / 28° x 21°;
- paveikslėlių dažnis 50 Hz PAL 60 Hz NTSC;
- išvesties rezoliucija 768 x 576 / 720 x 480;
- aptikimo atstumas iki 250 m.

MT terminio fotoaparato raiška, ryškus termovizorius ir platus žiūrėjimo kampas leidžia pagerinti vairuotojo matomumą sudėtingomis aplinkos sąlygomis. Lengvai susiejama su originalia automobilio įranga arba išmaniuoju įrenginiu – telefonu ar planšete.

3. Lokomotyvų mašinistams keliami matomumo reikalavimai ir signalizacijos taisyklės

Siekiant, kad signalai būtų išdėstyti ergonomiškai, signalai turi būti arti matymo lauko centro, išdėstyti atitinkamame aukštyje ir atitinkamu atstumu nuo centrinės linijos, išvestos važiavimo kryptimi. Praktiškai, signalai turi būti išdėstomi $\pm 8^\circ$ kampu, žvelgiant nuo centrinės važiavimo krypties linijos esant 400 m atstumui (žr. 15 pav.) [15].



15 pav. Signalų išdėstymas, atsižvelgiant į matymo lauką [15]

Geležinkelių signalizacijos taisyklės nustato geležinkelių transporto signalizacijos sistemą, nurodo signalinių įrenginių paskirtį, jų tipus, signalų reikšmes ir jų taikymo tvarką. Kiekvienas geležinkelininkas privalo besąlygiškai laikytis signalizacijos taisyklių reikalavimų ir nustatytos tvarkos. Visos kitos taisyklės, instrukcijos ir nurodymai, susiję su geležinkelių transporto signalizacija, turi tiksliai atitikti šių taisyklių reikalavimus [16].

Signalais reguliuojamas traukinių eismo greitis, traukinių priėmimas į stotį bei išleidimas į tarpstotį, manevravimas; informuojama apie blokuojamojo ruožo užimtumą ar laisvumą, traukinio važiavimo maršrutą; įsakoma nedelsiant sustoti dėl atsiradusios eismo kliūtis ir kita [16].

3.1. Signalų paskirtis ir klasifikavimas

Pakankamas signalo (šviesoforo, ženkle ir kt.) matymo atstumas yra svarbus norint užtikrinti, kad vairuotojas turėtų pakankamai laiko signalui pamatyti, signalo prasmei suvokti ir priimti atitinkamą sprendimą. Signalai turėtų būti išdėstyti taip, kad vairuotojai matytų artėjimo kelią iki ženklinimo (arba netikėtai atsiradusios kliūtys) bent 8 sekundes, atsižvelgiant į toje kelio vietoje leistiną maksimalų greitį [17].

Signalas yra įsakymas, kurį būtina besąlygiškai vykdyti. Signalai duodami signaliniais prietaisais (šviesoforais), rodyklėmis, skrituliais ir signaliniais ženklais bei signaliniais reikmenimis (žibintais, vėliavėlėmis, švilpukais, rageliais, kaukliais, sirenomis ir petardomis). Draudžiama signalizuoti klaidingai ir naudoti nenustatytų formų signalinius prietaisus, ženklus ir reikmenis: tai, kas gali būti nesuprantama ir kelti grėsmę saugiam eismui [16].

Signalai yra skirstomi į regimuosius ir garso. Regimieji signalai skiriasi spalva, forma, signalinių žiburių padėtimi ir skaičiumi. Regimuosius signalus rodo šviesoforai, skrituliai, skydai, signalinės

rodyklės, kelrodžiai, signaliniai ženklai ir signaliniai reikmenys: žibintai, vėliavėlės bei rankiniai skrituliai.

Regimieji signalai pagal jų naudojimo laiką yra skirstomi į dieninius (naudojamus dieną), naktinius (naudojamus naktį) ir visos paros (naudojamus visą parą). Dieninius signalus rodo: skrituliai, skydai, vėliavėlės ir signalinės (iešmų, kelių, atitvaros ir vandens kolonėlių) rodyklės. Naktinius signalus rodo: nustatytų spalvų rankinių, traukinių ir smaiginių žibintų (įtaisytų ant smaigų) ar signalinių rodyklių žiburiai. Naktinių signalų kalendoriuje yra numatytas naktinių signalų naudojimo laikas [16].

Visą parą – dieną ir naktį – signalus rodo šviesoforų žiburiai, kelrodžiai, šviečiamosios rodyklės, nuolatiniai greičio mažinimo skrituliai, geltoni lygiakraščiai stačiakampiai skydai, signalinės rodyklės ir ženklai. Naktinius signalus reikia naudoti ir dieną, kai smarkiai lyja, sninga, siaučia pūga, didelis rūkas, šlabdriba ir kitais atvejais, kai dieninių stabdomųjų signalų matomumas yra mažesnis kaip 1000 m, greičio mažinimo signalų – mažesnis kaip 400 m, o manevravimo signalų – mažesnis kaip 200 m [18].

Raudoni, geltoni ir žali įleidžiamųjų, tarpstočio, saugos, atitveriamųjų šviesoforų signaliniai žiburiai turi būti aiškiai matomi iš besiartinančio traukinio lokomotyvo kabinos dieną ir naktį tiesiuose kelio ruožuose ne mažesniu kaip 1000 m atstumu [19].

Šie žiburiai kreivėse, taip pat įspėjamųjų šviesoforų žiburiai ruožuose, kuriuose nėra automatinės blokuotės, bei šviesoforų juostiniai žiburiai turi būti aiškiai matomi ne mažesniu kaip 400 m atstumu. Labai raižytoje vietovėje (kalnai, gilios iškasos) šie žiburiai turi būti aiškiai matomi ir mažesniu kaip 400 m, bet ne mažesniu nei 200 m atstumu. Išleidžiamųjų ir maršruto šviesoforų žiburiai pagrindiniuose keliuose turi būti aiškiai matomi ne mažesniu kaip 400 m atstumu, šalutiniuose keliuose – ne mažesniu kaip 200 m atstumu. Išimtiniai ir manevrų šviesoforų žiburiai turi būti aiškiai matomi ne mažesniu kaip 200 m atstumu [19].

4. Stabdymo kelio ir matomumo kreivėje skaičiavimas

4.1. Traukinio sustabdymui reikalingo stabdymo kelio nustatymas

Stabdymo kelias yra atstumas, kurį traukinys nuvažiuoja per vairuotojo reakcijos laiką ir stabdant. Stabdant, nuo stabdžių čiaupo rankenos pasukimo iki momento, kai jis sustoja. Tačiau net ir tuo pačiu pradiniu stabdymo greičiu stabdymo kelias bus skirtingas dėl reikšmingų proceso skirtumų stabdant. Įprastomis eksploataavimo sąlygomis vairuotojai naudojami pakopiniu stabdymu (paprastai susideda iš trijų pakopų, o kiekvienas kitas etapas yra efektyvesnis už ankstesnį), tačiau kritinėse situacijose tokio tipo stabdymo naudoti negalima. Todėl ekstremaliose situacijose vairuotojas privalo stabdyti avariniu būdu, kuris lydimas staigaus greičio sumažėjimo. Stabdymo metu traukinį, važiuojantį tuščiąja eiga, veikia dvi jėgos: pasipriešinimas traukinio, judančio iš inercijos ir lėtėjimas dėl stabdžių kaladėlių trinties į rato riedėjimo paviršius (arba stabdžių diską).

Pagrindinis traukinio judėjimo pasipriešinimas kelyje, apibrėžiamas kaip visų galimų pasipriešinimo rūšių suma [20]:

$$W = \sum w \quad (4)$$

Pagrindinis pasipriešinimas judėjimui vagonams apskaičiuojamas:

$$w_0'' = 6.9 + \frac{78.5 + 1.57 \cdot v + 0.22 \cdot v^2}{q_0} \quad (5)$$

čia v – pradinis stabdymo greitis, km/h; q_0 – masė, kuri tenka vienai ratų poros ašiai, priimta $q_0 = 14$ t / ašiai.

Siekiant nustatyti, kaip sąstato masė įtakoja stabdymo kelio ilgį, atliekami skaičiavimai esant skirtingoms sąstato masėms.

1. Sąstatas, kurį sudaro 10 vagonų ir lokomotyvas. Bendra masė $m = 550$ tonų, ašių skaičius $n = 46$, $v = 110$ km/.

$$w_0'' = 6.9 + \frac{78.5 + 1.57 \cdot 110 + 0.22 \cdot 110^2}{14} = 6.9 + \frac{78.5 + 172.7 + 2662}{14} = 215$$

Pagrindinis specifinis pasipriešinimas lokomotyvų judėjimui:

$$w_0' = 18.6 + 0.08 \cdot v + 0.0024 \cdot v^2 \quad (6)$$

$$w_0' = 18.6 + 0.08 \cdot 110 + 0.0024 \cdot 110^2 = 18.6 + 8.8 + 29.04 = 56.44$$

$$w_x = 23.5 + 0.09 \cdot v + 0.0034 \cdot v^2 \quad (7)$$

$$w_x = 23.5 + 0.09 \cdot 110 + 0.0034 \cdot 110^2 = 23.5 + 9.9 + 41.14 = 74.54$$

Papildomas pasipriešinimas nuolydyje:

$$w_c = 9.81 \cdot i \quad (8)$$

čia i – nuolydžio vertė promilėmis (%); skaičiavimuose į nuolydį neatsižvelgiama, $i = 0$.

Traukinio stabdymo jėga W_T , kN:

$$W_{T\ c/d} = \varphi_{tr} \cdot \sum K_r \cdot \frac{r_d}{r_r} \quad (9)$$

čia r_d ir r_r – atitinkamai disko ir aširačio spinduliai (esant ne diskiniai stabdžių sistemai, $r_d = r_r$)

$r_d = 1050$ mm.

$$W_{T\ c/d} = 0.25 \cdot \sum K_r \cdot r_d = 0.25 \cdot 2806 \cdot 1.05 = 736.58$$

Apskaičiuotas kompozicinių trinkelė trinties koeficientas:

$$\varphi_{tr} = 0.36 \cdot \frac{v+150}{2 \cdot v+150} \quad (10)$$

$$\varphi_{tr} = 0.36 \cdot \frac{110 + 150}{2 \cdot 110 + 150} = 0.36 \cdot \frac{260}{370} = 0.25$$

Skaičiuojama jėga, prispaudus trinkelę prie aširačio ašies:

$$K_r = 1.22 \cdot K \cdot \frac{0.1 \cdot K + 20}{0.4 \cdot K + 20} \quad (11)$$

čia K – faktinis ašies stabdžių kaladėlių prispaudimas, imame $K = 100$ kN.

$$K_r = 1.22 \cdot 100 \cdot \frac{0.1 \cdot 100 + 20}{0.4 \cdot 100 + 20} = 122 \cdot \frac{30}{60} = 61$$

Suminis faktinis ašies stabdžių kaladėlių prispaudimas:

$$\sum K_r = n \cdot K_r \quad (12)$$

$$\sum K_r = 46 \cdot 61 = 2806$$

Skaičiuojama pagal (4) formulę visų pasipriešinimo rūšių suma:

$$\sum w = w'_0 + w''_0 + w_x + w_c + W_{T\ c/d}$$

$$\sum w = 56.44 + 215 + 74.54 + 736.58 = 1082.56$$

Numatomas traukinio stabdymo koeficientas:

$$\vartheta_r = \frac{\sum K_r}{(Q + R_u)} \quad (13)$$

čia Q – sąstato masė, imama $Q = 430$ t; R_u – lokomotyvo masė, imama $R_u = 120$ t dyzeliniam lokomotyvui TEM TMH.

$$\vartheta_r = \frac{\sum K_r}{(Q + 120)} = \frac{2806}{(430000 + 120000)} = 0.0051$$

Parengiamojo stabdymo (reakcijos laiko) kelias S_p , m:

$$S_p = 0.302 \cdot v \cdot t_p \quad (14)$$

$$S_p = 0.302 \cdot 110 \cdot 2 = 66.39$$

Laikas paruošti stabdžius veikimui, s:

- traukiniai su elektro pneumaticinio valdymo stabdžiais:

$$t_p = 2 - \frac{w_c}{1000 \cdot \vartheta_r \cdot \varphi_{tr}} \quad (15)$$

$$t_p = 2 \text{ s}$$

Tikrasis stabdymo kelias S_d , m:

$$S_d = \frac{500 \cdot v^2}{\xi \cdot (1000 \cdot \vartheta_r \cdot \varphi_{tr} + \Sigma W)} \quad (16)$$

čia ξ – traukinio lėtėjimas veikiant specifinei lėtėjimo jėgai (1 N/t), km/h^2 , imame $\xi = 12,2 \text{ km}/h^2$.

Bendras stabdymo kelias S_t , m:

$$S_t = S_p + S_d \quad (17)$$

Skaičiavimo rezultatai pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė. Stabdymo kelio skaičiavimas atsižvelgiant į judėjimo greitį

Pradinis greitis stabdant $V, \text{ km}/h$	Parengiamasis stabdymo kelias $S_p, \text{ m}$	Tikrasis stabdymo kelias $S_d, \text{ m}$	Bendras stabdymo kelias $S_t, \text{ m}$
110	66,4	430,6	497
100	60,3	354,5	414,7
90	54,2	285,2	339,4
80	48,1	223,2	271,3
70	42,0	168,8	210,8
60	35,9	122	157,9
50	30	83	112,9
40	23,8	51,8	75,6
30	17,8	28,2	46,1
20	11,8	12,1	23,9
10	5,9	2,9	8,8

2. Sąstatas, kurį sudaro 12 vagonų ir lokomotyvas. Bendra masė $m = 980$ tonų, ašių skaičius $n = 54$, $v = 110 \text{ km}/h$.

Traukinio stabdymo jėga W_T , kN apskaičiuojama pagal (9) formulę:

$$W_{T \text{ c/d}} = 0.25 \cdot \sum K_r \cdot r_d = 0.25 \cdot 3294 \cdot 1.05 = 864.68$$

Suminis faktinis ašies stabdžių kaladėlių prispaudimas skaičiuojamas pagal (12) formulę:

$$\sum K_r = n \cdot K_r$$

$$\sum K_r = 54 \cdot 61 = 3294$$

Skaičiuojama pagal (4) formulę visų pasipriešinimo rūšių suma:

$$\sum w = 56.44 + 215 + 74.54 + 864.68 = 1210.66$$

Numatomas traukinio stabdymo koeficientas pagal (13) formulę:

$$\vartheta_r = \frac{\sum K_r}{(Q+120)} = \frac{3294}{(860000+120000)} = 0.0034$$

čia Q – sąstato masė, imama $Q = 860$ t; R_u – lokomotyvo masė, imama $R_u = 120$ t dyzeliniam lokomotyvui TEM TMH.

Tikrasis stabdymo kelias S_d , m skaičiuojamas pagal (16) formulę:

$$S_d = \frac{500 \cdot 110^2}{12.2 \cdot (1000 \cdot 0.0034 \cdot 0.25 + 1210.66)} = \frac{6050000}{11216.08} = 539.4 \text{ m}$$

Bendras stabdymo kelias S_t , m skaičiuojamas pagal (17) formulę (parengiamasis stabdymo kelias S_p išlieka nepakitęs):

$$S_t = 66.39 + 539.41 = 605.8 \text{ m}$$

Skaičiavimo rezultatai pateikti 5 lentelėje.

5 lentelė. Stabdymo kelio skaičiavimas atsižvelgiant į judėjimo greitį

Pradinis greitis stabdant V , km/h	Parengiamasis stabdymo kelias S_p , m	Tikrasis stabdymo kelias S_d , m	Bendras stabdymo kelias S_t , m
110	66,4	539,4	605,8
100	60,3	445,8	506,1
90	54,2	361,1	415,3
80	48,1	285,3	333,4
70	42	218,4	260,4
60	36	160,5	196,4
50	29,9	111,5	141,3
40	23,9	71,3	95,2
30	17,9	40,1	57
20	11,9	17,8	29,7
10	5,9	4,5	10,4

Esant didesnei sąstato masei ir vagonų krovai, tikrasis stabdymo kelias išauga. Skaičiavimai atlikti priimant, kad kelio ruožas lygus, skaičiavimuose į nuolydį neatsižvelgiama. Lyginant skirtingos krovos ir masių sąstatus, nustatyta, kad didėjant masei ir vagonų krovai tikrasis stabdymo kelias išauga. Pasipriešinimas traukinio, judančio iš inercijos, didėjant masei auga. Tai lemia ilgesnį stabdymo kelią.

4.2. Matymo lauko nustatymas įvairaus spindulio kreivėse

Matymo laukas yra svarbus nustatant stabdymo kelią. Veiksniai, darantys tam įtaką:

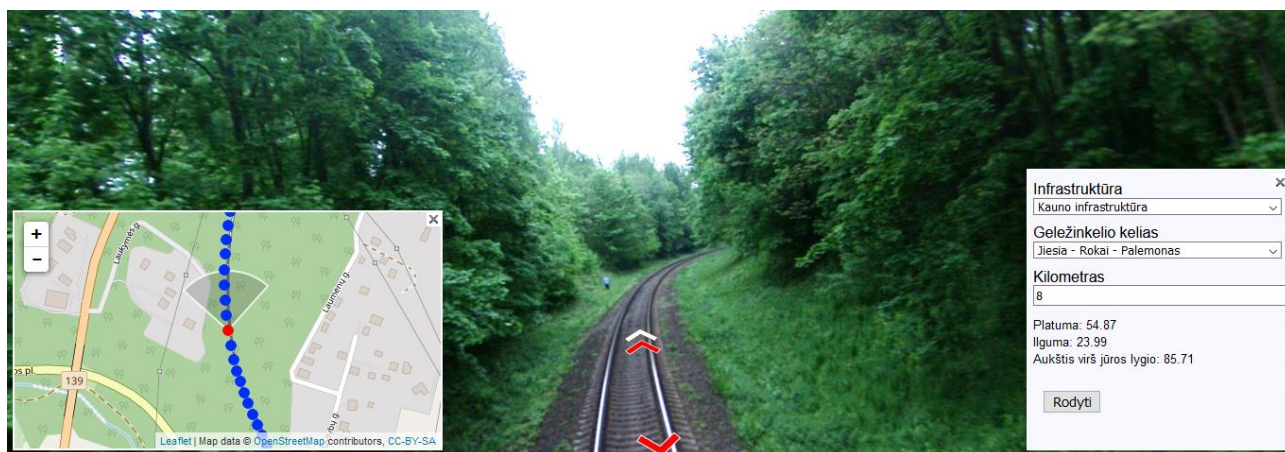
- kelio nuolydžiai – nuokalnės, įkalnės;
- kelio profilis (kreivės ir tiesūs ruožai);
- oro sąlygos;
- infrastruktūra ar miško plantacijos, ribojančios transporto priemonės valdytojo matomumo lauką.

Pagal signalizacijos instrukcijas, mažiausias signalizacijos įrengimo matomumas blogomis oro sąlygomis – ne mažiau kaip 400 m. Tačiau šis atstumas užtikrinamas tiesiame kelio ruože, kuriame nėra nuolydžio. Kreivėse šis atstumas bus daug mažesnis, todėl svarbu apskaičiuoti kliūtis matomumo atstumą skirtingo spindulio kreivėse.

Naudojant „Gervis“ programą tiriamos riboto matomumo kreivės (žr. 16, 17 pav.). Programa nurodo, kuriai infrastruktūrai priklauso geležinkelio kelias, ruožo kilometrą, aukštį virš jūros lygio. Matomumą kreivėse gali riboti reljefas, miškų masyvai, infrastruktūra, pvz. geležinkelio stotys, akustinės sienelės.

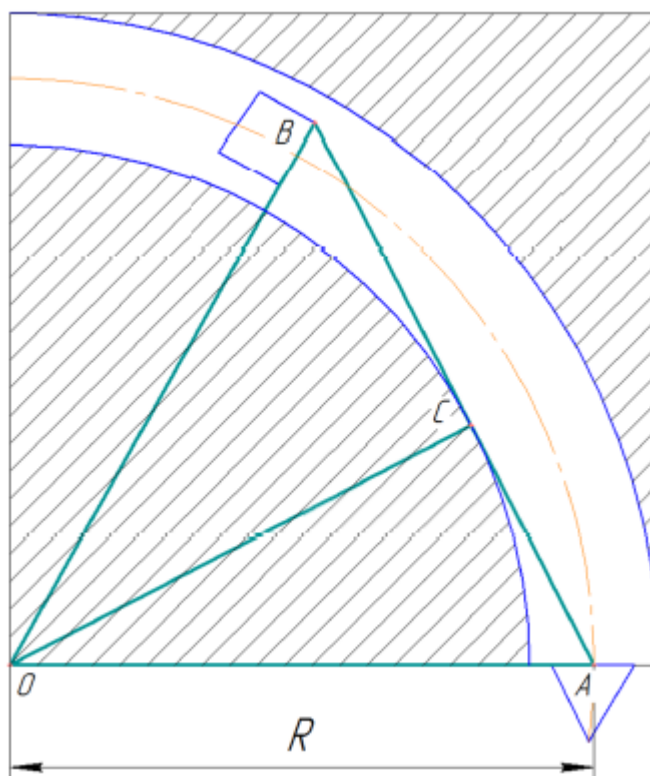


16 pav. Matomumas kreivėje ribojamas reljefo, kai kreivės spindulys 700 metrų. Kauno infrastruktūra, geležinkelio kelias Klaipėda – Šiauliai – Vilnius, 292 – as kilometras



17 pav. Matomumas kreivėje ribojamas miško, kai kreivės spindulys 350 metrų. Kauno infrastruktūra, geležinkelio kelias Jiesia – Rokai – Palemonas, 8 – as kilometras

Geležinkelių tinkle naudojamos skirtingo spindulio kreivės, tačiau minimalus kreivės spindulys yra 350 m. Maksimalus atstumas važiavimo kryptimi, matomas iš transporto priemonės valdytojo pozicijos, yra didžiausia matymo lauko vertė. Sudaroma schema, pagal kurią apskaičiuojamas matymo laukas skirtingo spindulio kreivėse. Schema matymo laukui apskaičiuoti pavaizduota 18 paveiksle.



18 pav. Schema matymo laukui nustatyti

A – važiuojančio traukinio pozicija;

B – matymo lauko riba;

O – kreivės centras;

R – kreivės spindulys;

C – tarpinis taškas, ribojantis matomumą dėl infrastruktūros, reljefo, miško ar kitų priežasčių; dalija atkarpą AB į dvi lygias dalis;

AB – matymo laukas;

OA – atkarpa lygi spinduliui R;

OB – atkarpa, kurią riboja riedmenų pločio gabaritas T .

OC – atkarpa, kurią riboja statinių artumo gabaritas S_p .

Šie skaičiavimai yra pagrįsti GOST 9238-2013 „Geležinkelio riedmenų matmenys ir pastatų derinimas“ [21], pagal kurį riedmenų gabarito T ir pastatų gabarito S_p matmenys yra griežtai apibrėžti: $S_p = 2.45$ m ir $T = 1.875$ m.

Pagal pateiktą schemą būtina rasti atkarpos AB atstumą $S = AB$, tam naudojami šie matematiniai skaičiavimai:

$$S = AB = AC + CB \quad (18)$$

$$OC = R - S_p \quad (19)$$

$$OB = R + T \quad (20)$$

$$AC = \sqrt{OA^2 - OC^2} \quad (21)$$

$$CB = \sqrt{OB^2 - OC^2} \quad (22)$$

(21) ir (22) formulių išraiškas pakeitus iš (19) ir (20) formulių, įstatome jas į (18) formulę ir gauname bendrą išraišką:

$$S = \sqrt{R^2 - (R - S_p)^2} + \sqrt{(R + T)^2 - (R - S_p)^2} \quad (23)$$

Kai $R = 350 \text{ m}$, S :

$$S = \sqrt{350^2 - (350 - 2.45)^2} + \sqrt{(350 + 1.875)^2 - (350 - 2.45)^2} = \sqrt{1709} + \sqrt{3025} = 41.34 + 55 = 96.34 \text{ m}$$

Visi matymo lauko ilgio rezultatai, gauti pagal skirtingus kreivės spindulius, pateikiami 6 lentelėje.

6 lentelė. Matymo lauko ilgis atsižvelgiant į kreivės spindulį

Kreivės spindulys, m	Matymo laukas S, m
350	96,3
400	103,0
500	115,2
600	126,2
700	136,3
800	145,7
1000	163
1200	178,5
1500	199,6
1800	218,7
2000	230,5
2500	257,7
3000	282,3
4000	326

Nustatyta, kad matymo laukas kreivėje yra nepakankamas. Tai reiškia, kad stabdymo kelias yra ilgesnis nei matymo laukas kreivėje. Kai kreivės spindulys $R = 1200 \text{ m}$, matymo laukas siekia 178.5 m (žr. 6 lentelę). Važiuojant greičiu $v = 90 \text{ km/h}$ stabdymo kelias yra 339,4 m (žr. 4 lentelę).

4.3. Greičio susidūrimo metu tyrimas

Apskaičiuotas stabdymo kelias atsižvelgiant į judėjimo greitį. Nustatytas matymo lauko ilgis atsižvelgiant į kreivės spindulį, skaičiuojamas traukinio greitis galimo susidūrimo metu. Greitis priklauso nuo matomumo zonos skirtingo spindulio kreivėse. Prieš atliekant skaičiavimus, nustatomos sąlygos:

- kliūtis yra nejudantis objektas, t. y., jos greitis yra nulis;
- susidūrimas įvyksta kelio atkarpoje su nuliniu nuolydžiu;
- didžiausias pradinis greitis yra 90 km / h ;

- vairuotojas taiko avarinį stabdį ir jo reakcija bus laikoma greita (sprendimo priėmimo laikas yra nulis);
- traukinio stabdymo pagreitis vienodas visą stabdymo kelią ir yra lygus 2 m/s^2 ;
- išilginės dinaminės vibracijos traukinyje visiškai nėra;
- apskaičiuojamas susidūrimo greitis atsižvelgiant ir neatsižvelgiant į parengiamąjį stabdymo kelią.

Norint sužinoti traukinio greitį smūgio metu, reikia išspręsti tokia lygčių sistemą:

$$\begin{cases} V = V_0 - a \cdot t, \\ S = V_0 \cdot t - \frac{a \cdot t^2}{2} \end{cases} \quad (24)$$

čia V – traukinio greitis smūgio metu, V_0 – traukinio greitis prieš pradėdant stabdyti, a – traukinio lėtėjimo pagreitis, t – stabdymo laikas (iki smūgio), S – stabdymo kelias.

Išsprendus lygčių sistemą, gauname:

$$V = \sqrt{V_0^2 - a \cdot S} \quad (25)$$

$$V = \sqrt{V_0^2 - a \cdot S} = \sqrt{90^2 - 2 \cdot 496.36} = 83.7 \text{ km/h}$$

7 lentelė. Traukinio greitis susidūrimo metu, atsižvelgiant į matymo lauką kreivėje ir atsižvelgiant į parengiamąjį stabdymo kelią

$V_0, \text{ km/h}$ $S, \text{ m}$	90	80	70	60	50	40	30	20	10
96,3	83,7	71,8	59,1	45,1	27,9	0	-	-	-
103,0	82,7	70,5	57,6	43,1	24,6	-	-	-	-
115,2	80,7	68,3	54,8	39,3	17,0	-	-	-	-
126,2	79,0	66,1	52,1	35,5	1,9	-	-	-	-
136,3	77,3	64,1	49,6	31,6	0	-	-	-	-
145,7	75,7	62,2	47,0	27,5	-	-	-	-	-
163	72,7	58,5	42,0	17,5	-	-	-	-	-
178,5	69,8	54,9	36,9	0	-	-	-	-	-
199,6	65,8	49,7	28,6	-	-	-	-	-	-
218,7	61,9	44,5	17,9	-	-	-	-	-	-
230,5	59,4	40,9	3,8	-	-	-	-	-	-
257,7	53,1	31,1	0	-	-	-	-	-	-
282,3	46,8	18,1	-	-	-	-	-	-	-
326	32,5	0	-	-	-	-	-	-	-
400	0	-	-	-	-	-	-	-	-

Naudojant apskaičiuotą stabdymo kelią (žr. 5 lentelę), atsižvelgiant į apskaičiuotą matymo lauką kreivėje (žr. 6 lentelę), kintantį pagal kreivės spindulį, apskaičiuotas sąstato greitis susidūrimo su kliūtimi atveju. Skaičiavimai atlikti atsižvelgiant į parengiamąjį stabdymo kelią.

Esant būtinam staigiam stabdymui, mašinistui, atsižvelgiant pagal matomumą kreivėje ir pradinį greitį, laiku pastebėjus kliūtį, pavyktų greitį sumažinti (arba sustabdyti traukinį) iki reikšmių, nurodytų 7 lentelėje. Nustatyta, kad maksimalus saugus greitis, kai kreivės spindulys $R = 350 \text{ m}$, yra 40 km/h . Kai kreivės spindulys $R = 4000 \text{ m}$, saugu judėti ne didesniu nei 80 km/h greičiu (žr. 7 lentelę).

8 lentelė. Traukinio greitis smūgio metu, atsižvelgiant į matymo lauką kreivėje ir neatsižvelgiant į parengiamąjį stabdymo kelią

V_0 , km/h S , m	90	80	70	60	50	40	30	20	10
96,3	74,9	62,5	49,0	33,2	1,7	0	-	-	-
103,0	73,7	61,1	47,2	30,5	0	-	-	-	-
115,2	71,5	58,4	43,8	24,8	-	-	-	-	-
126,2	69,5	55,9	40,4	18,1	-	-	-	-	-
136,3	67,6	53,5	37,0	8,2	-	-	-	-	-
145,7	65,7	51,2	33,5	0	-	-	-	-	-
163	62,3	46,7	26,0	-	-	-	-	-	-
178,5	58,9	42,1	16,5	-	-	-	-	-	-
199,6	54,1	35,0	0	-	-	-	-	-	-
218,7	49,3	27,1	-	-	-	-	-	-	-
230,5	46,1	20,6	-	-	-	-	-	-	-
257,7	37,7	0	-	-	-	-	-	-	-
282,3	28,0	-	-	-	-	-	-	-	-
326	0	-	-	-	-	-	-	-	-
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Skaičiavimuose neatsižvelgiant į parengiamąjį stabdymo kelią, kai traukinio valdytojo reakcijos laikas lygus nuliui, reikšmės mažėja. Esant būtinam staigiam stabdymui, mašinistui, atsižvelgiant pagal matomumą kreivėje ir pradinį greitį, laiku pastebėjus kliūtį, pavyktų greitį sumažinti (arba sustabdyti traukinį) iki reikšmių, nurodytų 8 lentelėje.

Nustatyta, kad maksimalus saugus greitis, kai kreivės spindulys $R = 350$ m, yra 40 km/h. Kai kreivės spindulys $R = 4000$ m, saugu judėti ne didesniu nei 90 km/h greičiu (žr. 8 lentelę).

5. Matomumo tyrimas valdant traukinį

5.1. Saulės akinimo įtakos matomumui tyrimas

Valdant transporto priemonę tamsiu paros metu jaučiamas didesnis diskomfortas nei vairuojant dieną. Vairuojant naktį dažnai trūksta ryškumo, sunku įvertinti atstumus, o atvažiuojančių transporto priemonių žibintai akina, todėl vairavimas tamsiu paros metu dažnai net ir patyrusiems vairuotojams yra sudėtingas ir įtemptas. Šiuolaikinių „Xenon“ ar LED žibintų akinanti šviesa, gatvės apšvietimas, atspindžiai nuo šlapios kelio dangos – didžiausi vairuotojų priešai.

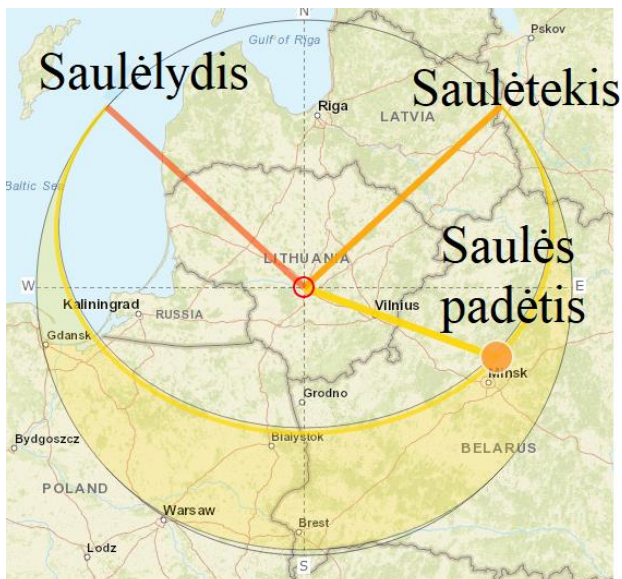
Tačiau dieną susiduriama su kitu nepalankiu reiškiniu – saulės akinimu. Pavojingiausias metas, kai saulė gali apakinti vairuotojus, yra saulėtekis bei saulėlydis kai saulė yra nedaug pakilusi virš horizonto.

Tyrimas naudojant „SunCalc“ ir „Gervis“ programas

„SunCalc“ programa rodo saulės judėjimo trajektoriją horizontu ir saulės fazę skirtingais metų laikais ir skirtingu paros metu tam tikroje vietoje (žr. 19 pav.). Aptinka saulėtekio, saulės piko laiką, saulėlydžio vietą ir laiką. Rodo dienos trukmę, aukštį virš jūros lygio, šešėlių ilgį atsižvelgiant į objekto aukštį saulėtekio ar saulėlydžio metu pasirinktoje vietoje, atsižvelgiant į reljefą.

Ar saulės spinduliai sukels atspindį, priklauso nuo keleto veiksnių:

- stebėtojo vieta ir jo matymo kryptis;
- saulės padėtis danguje, kuri keičiasi priklausomai nuo paros metu ir metų laikų.



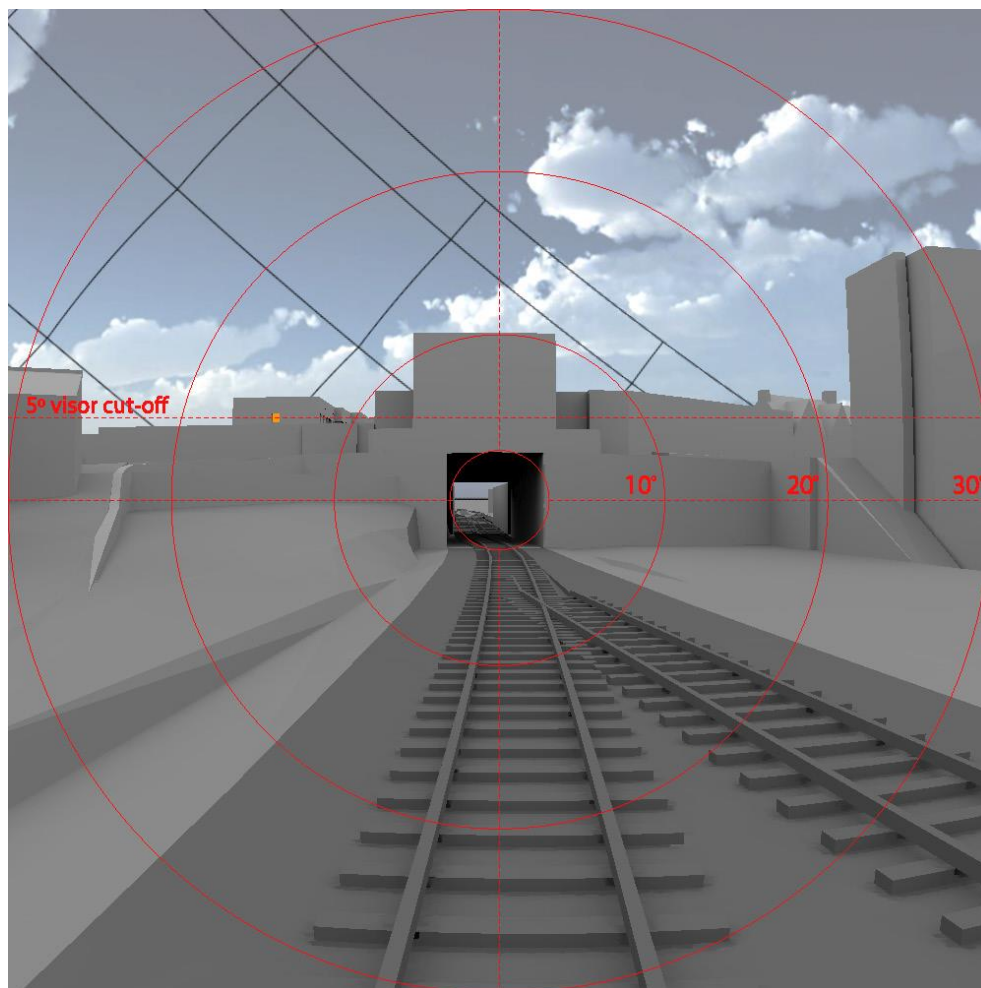
19 pav. „SunCalc“ programos aplinkos saulės padėties reikšmių paaiškinimas

Didžiausias pavojus būti apakintam saulės spindulių kyla tada, kai saulė žemai pakilusi virš horizonto – saulėtekio ir saulėlydžio metu. Kai saulės padėtis lygiagreti transporto priemonei, o važiavimo kryptis sutampa su saulės spindulių kritimo kampu, patiriamas akinimo faktorius.

Apžvalgos kampas (žr. 20 pav.) iš mašinisto kabinos yra 60° [22]. Atsižvelgiant į tai, primama, kad pavojingas saulės spindulių kritimo kampas nuo judėjimo ašies yra ne daugiau nei 30°, o saulė

pakilusi virš horizonto ne daugiau nei 20° . Pavojingiausias metas – kai saulė krenta mažesniu nei 15° kampu, beveik lygiagrečiai judėjimo kryptiai.

Įprastas žmogaus regos laukas tęsiasi iki maždaug 60° į vidinę veido dalį ir iki 100° į išorinę, ir maždaug 60° aukščiau ir 75° žemiau horizontalaus dienovidinio. Jungtinėje Karalystėje minimalus matomumo reikalavimas vairavimo metu yra 60° iš abiejų vertikalaus dienovidinio pusių ir 20° aukščiau ir žemiau horizonto [22].



20 pav. Matymo laukas iš mašinisto kabinos [22]

Ruožas Kaunas – Vilnius

Viena iš judriausių atkarpų Lietuvoje, kuria nuolat kursuoja keleiviniai ir kroviniai traukiniai. Per dieną maršrutu tarp Vilniaus ir Kauno kiekviena kryptimi važiuoja 14 elektrinių traukinių. Reisai aptarnaujami dviaukščiais Čekijoje pagamintais EJ 575 elektriniais traukiniais. Kelionės tarp Vilniaus ir Kauno trukmė, priklausomai nuo sustojimų skaičiaus, svyruoja tarp 1 valandos ir 1 valandos 40 minučių. Atskiromis Vilniaus – Kauno geležinkelio atkarpomis naudojasi ir kitomis kryptimis (iš Vilniaus į Klaipėdą, Trakus ar Varėną) važiuojantys keleiviniai traukiniai [23].

Atkarpa Palemonas – Karčiupis

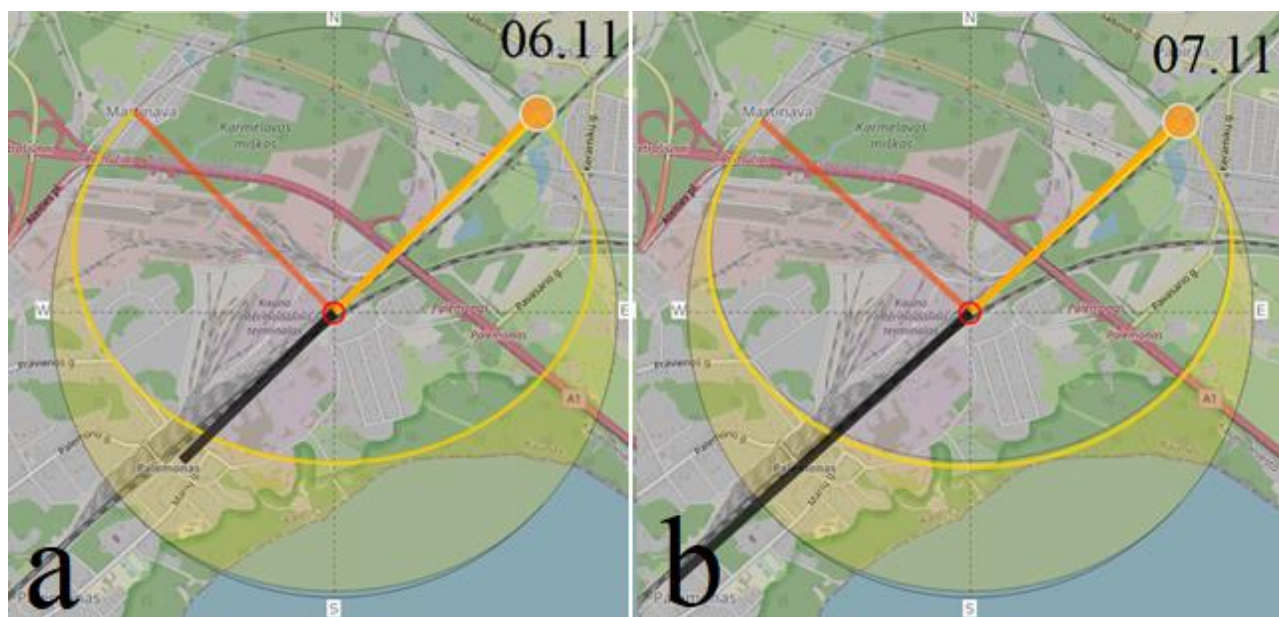
Judri atkarpa, kuria nuolat kursuoja keleiviniai ir kroviniai traukiniai. Taip pat Palemonė yra formuojami sąstatai, veikia skirstymo kalnelis. Palemono kelyne nuolat dirba žmonės – ratstabininkai, iešmininkai, vagonų tikrintojai. Matomumas tokiomis sąlygomis labai svarbus.

Pavojingiausias periodas, kai tikimybė būti apakintam saulės spindulių yra didžiausia, tęsiasi nuo birželio 11 d. iki liepos 11 d. Birželio 24 d. Lietuvoje yra vasaros saulėgrįža, todėl Saulės padėtis artėjant saulėgrįžai bei dvi savaitės po saulėgrįžos kinta nežymiai (žr. 21 pav.).

Tai reiškia, kad balandžio – rugpjūčio mėnesiais esant saulėtekiui ir ankstyvam rytui (žr. 9 lentelę) traukinių mašinistai, atsižvelgiant į meteorologines sąlygas judėdami maršrutu Palemonas – Karčiupis gali būti apakinti tiesioginių saulės spindulių.

9 lentelė. Ruožo Palemonas-Karčiupis saulės įtakos matomumui vertinimas

Atkarpa	Akinimo faktorius			Pikas (mėnesiai / dienos)	Pavojingas laikas, val		Kampas su horizontu	
	Saulėtekis	Saulėlydis	Pavojingas laikas, val		Nuo	Iki		
			Nuo					Iki
Palemonas-Karčiupis	balandis	nėra	06:11	08:35	nuo birželio 11 d. iki liepos 11 d.	04:50	07:35	0° – 20°
	gegužė		05:14	07:50				
	birželis		04:50	07:31				
	liepa		04:55	07:35				
	rugpjūtis		05:37	08:08				



21 pav. Saulės akinimo įtaka saulėtekio metu atkarpoje Palemonas – Karčiupis birželio – liepos mėnesiais

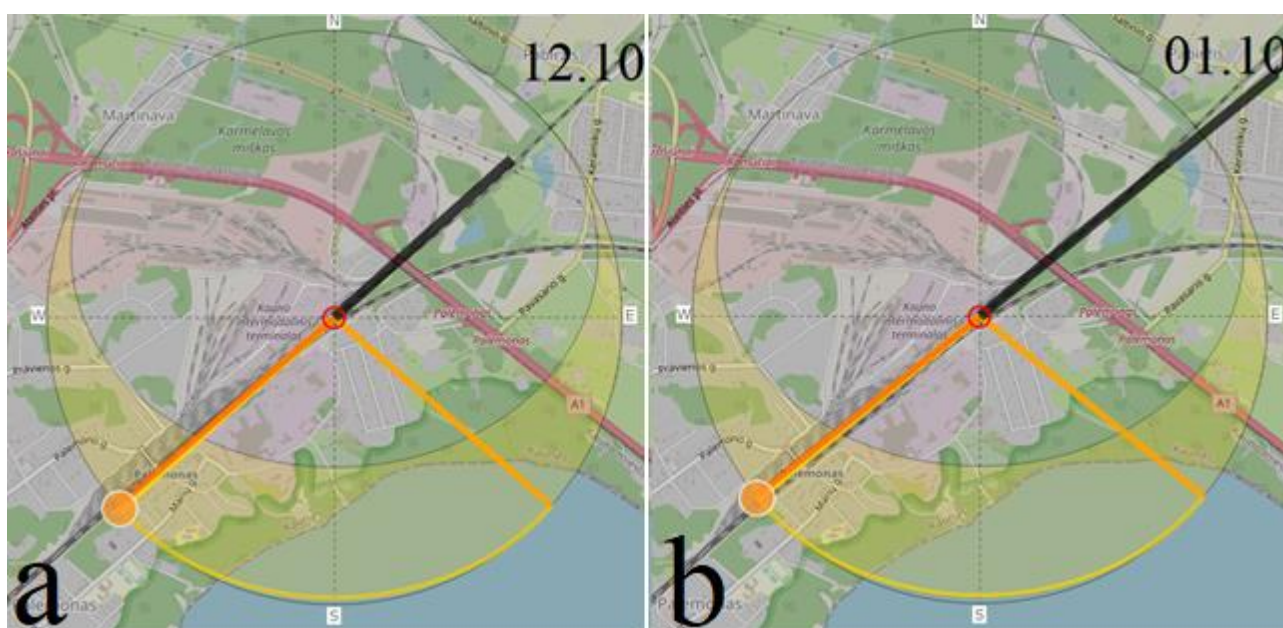
Judant kita kryptimi, Karčiupis – Palemonas (t. y., įvažiuojant į Palemoną) neigiamas saulės faktorius jaučiamas nuo rudens iki pavasario, spalio – vasario mėnesiais.

Pavojingiausias periodas, kai tikimybė būti apakintam saulės spindulių yra didžiausia, tęsiasi nuo gruodžio 10 d. iki sausio 10 d. Gruodžio 25 d. Lietuvoje yra žiemos saulėgrįža, todėl saulės padėtis artėjant saulėgrįžai bei dvi savaitės po saulėgrįžos kinta nežymiai (žr. 22 pav.).

Tai reiškia, kad spalio – vasario mėnesiais esant saulėlydžiui ir pavakarei (žr. 10 lentelę) traukinių mašinistai, atsižvelgiant į meteorologines sąlygas judėdami maršrutu Karčiupis – Palemonas gali būti apakinti tiesioginių saulės spindulių.

10 lentelė. Ruožo Karčiupis – Palemonas saulės įtakos matomumui vertinimas

Atkarpa	Akinimo faktorius				Pikas (mėnesiai / dienos)	Pavojingas laikas, val		Kampas su horizontu
	Saulėtekis	Saulėlydis	Pavojingas laikas, val			Nuo	Iki	
			Nuo	Iki				
Karčiupis-Palemonas	nėra	spalis	16:21	18:50	nuo gruodžio 10 d. iki sausio 10d.	15:20	16:20	8° – 0°
		lapkritis	15:25	16:26				
		gruodis	15:20	15:53				
		sausis	15:30	16:20				
		vasaris	15:43	17:18				



22 pav. Saulės akinimo įtaka saulėlydžio metu atkarpoje Karčiupis – Palemonas gruodžio – sausio mėnesiais

Nuolat kintanti saulės padėtis įtakoja matomumą skirtingais metų laikais. Kryptimi Palemonas-Karčiupis neigiamas akinimo faktorius pavojingiausias birželio – liepos mėnesiai esant saulėtekiui ir ankstyvam rytui. Kryptimi Karčiupis – Palemonas neigiamas akinimo faktorius pavojingiausias gruodžio – sausio mėnesiai esant saulėlydžiui ir pavakarei.

Atkarpa Karčiupis-Kaišiadorys

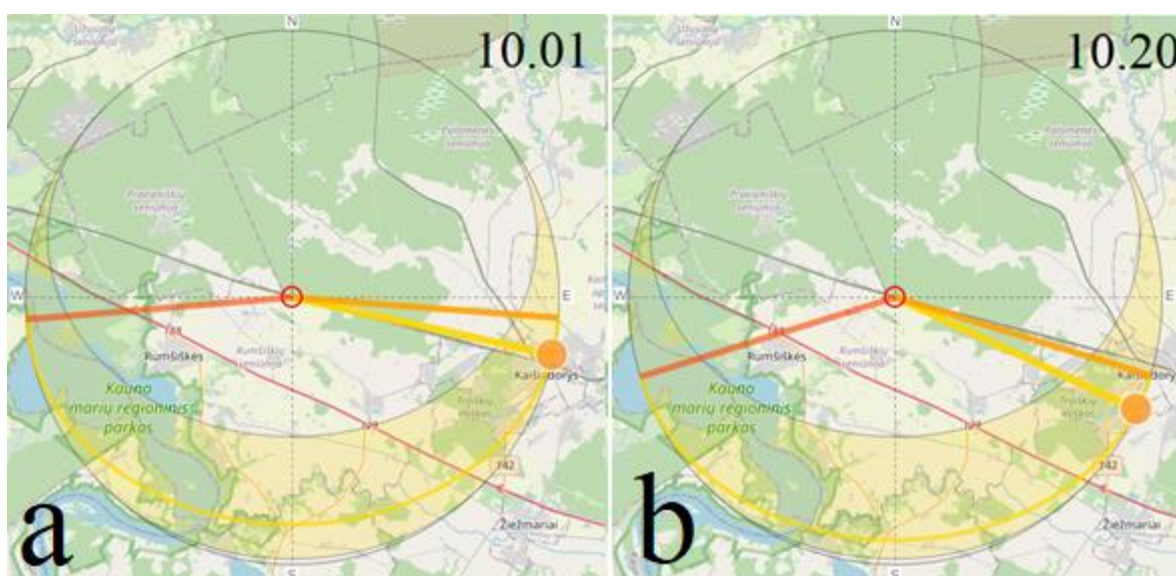
Tiesus kelio ruožas, kuriuo nuolat kursuoja keleiviniai ir kroviniai traukiniai. Atkarpoje Karčiupis-Kaišiadorys nėra kelio vingių, todėl neigiamas saulės akinimo faktorius gali tęstis ilgą laiką. Tokiu būdu trikdomas matomumas, blaškomas dėmesys, akinimas vargina ir apsunkina darbo sąlygas.

Pavojingiausias periodas, kai tikimybė būti apakintam saulės spindulių yra didžiausia, tęsiasi nuo spalio 1 d. iki spalio 20 d. ir nuo vasario 22 d. iki kovo 10 d. Šiais laikotarpiais saulės padėtis horizonte yra pavojingiausia, o jos trajektorija saulėtekio metu lygiagreti geležinkelio vėzei (žr. 23, 24 pav.). Saulės spindulių kryptis saulėtekio metu sutampa su važiavimo kryptimi.

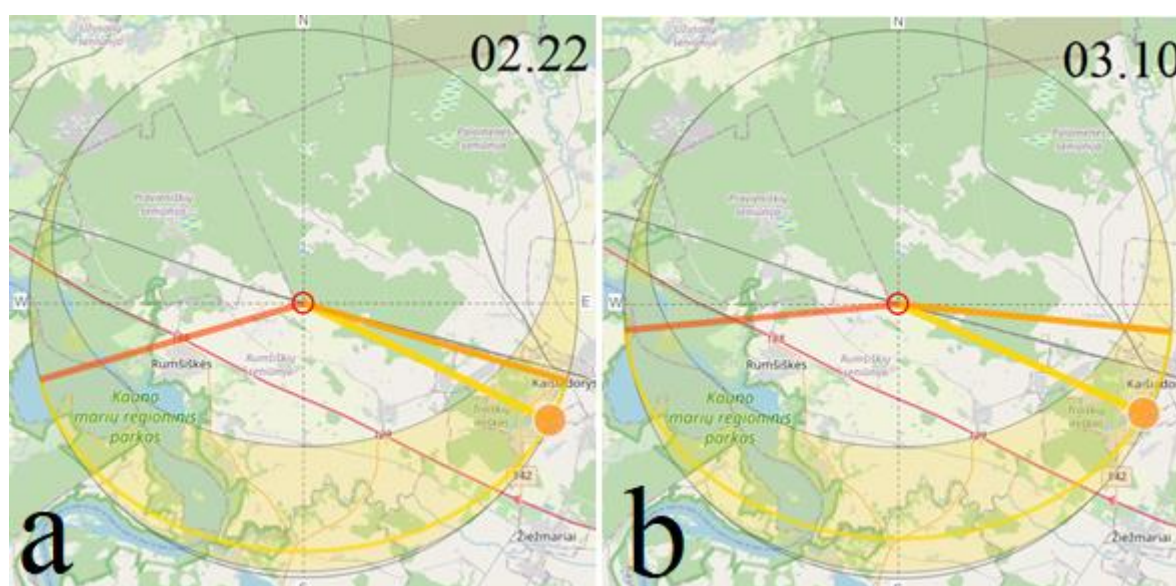
Tai reiškia, kad spalio – lapkričio ir vasario – kovo mėnesiais esant saulėtekiui ir ankstyvam rytui (žr. 11 lentelę.) traukinių mašinistai, atsižvelgiant į meteorologines sąlygas judėdami maršrutu Karčiupis – Palemonas gali būti apakinti tiesioginių saulės spindulių.

11 lentelė. Ruožo Karčiupis – Kaišiadorys saulės įtakos matomumui vertinimas

Atkarpa	Akinimo faktorius			Pikas (mėnesiai / dienos)	Pavojingas laikas, val		Kampas su horizontu	
	Saulėtekis	Saulėlydis	Pavojingas laikas, val		Nuo	Iki		
			Nuo					Iki
Karčiupis-Kaišiadorys	spalis	nėra	07:30	09:30	spalio 1-20 d. d.	07:32	09:30	5° – 15°
	lapkritis		07:32	08:11				
	vasaris		07:19	08:42	vasario 22 d. – kovo 10 d.	06:58	08:51	5° – 15°
	kovas		06:58	08:51				



23 pav. Saulės akinimo įtaka saulėtekio metu atkarpoje Karčiupis – Kaišiadorys spalio mėnesį



24 pav. Saulės akinimo įtaka saulėtekio metu atkarpoje Karčiupis – Kaišiadorys vasario – kovo mėnesiais

Šiais atvejais akinimas gali pasireikšti stipriausiai. Svarbu atkreipti dėmesį į pavojingas vietas, kuriose kokybiškas matomumas yra gyvybiškai svarbus – Pravieniškių geležinkelio pervažą, Kaišiadorių Pramonės g. geležinkelio pervažą, Kaišiadorių geležinkelio stotis (žr. 25, 26, 27 pav.).



25 pav. Pravieniškių geležinkelio pervažą



26 pav. Kaišiadorių Pramonės g. geležinkelio pervažą



27 pav. Kaišiadorių geležinkelio stotis

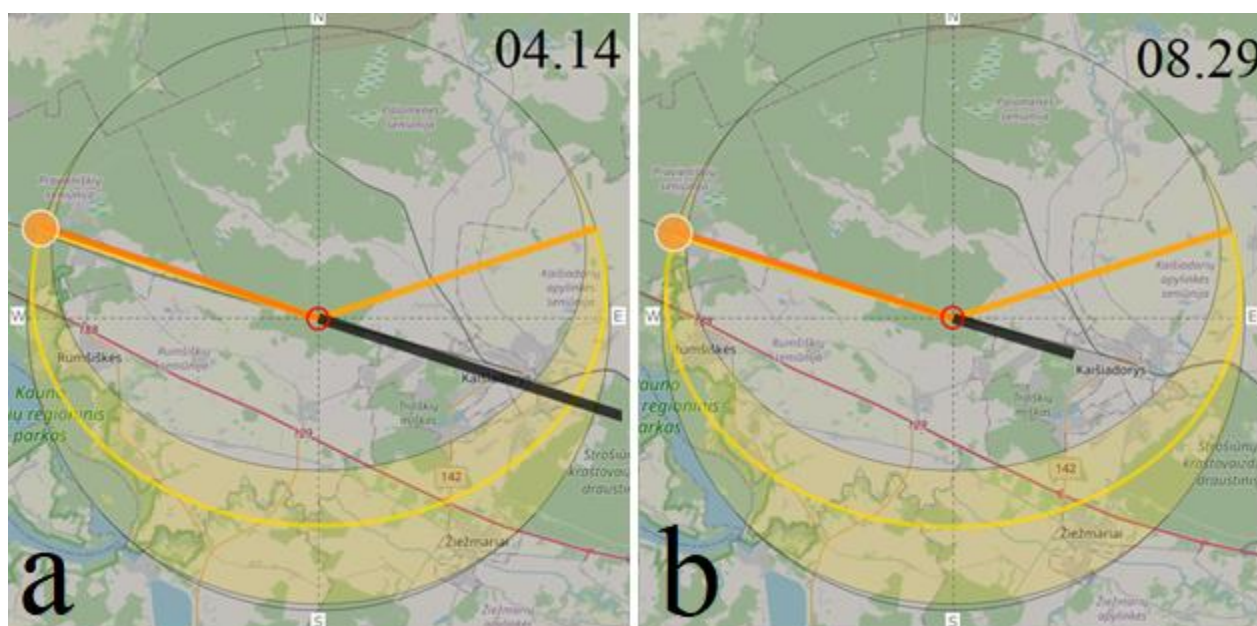
Vakarinio piko metu, t. y., saulei leidžiantis, šioje atkarpoje judant kryptimi link Kaišiadorių akinimas nebus aktualus, nes visais metų laikais saulės spinduliai saulei leidžiantis bus nukreipti į nuvažiuojantį sąstatą.

Judant kita kryptimi, Kaišiadorys – Karčiupis neigiamas saulės faktorius jaučiamas nuo pavasario iki rudens, balandžio – rugsėjo mėnesiais (žr. 12 lentelę).

12 lentelė. Ruožo Kaišiadorys – Karčiupis saulės įtakos matomumui vertinimas

Atkarpa	Akinimo faktorius				Pikas (mėnesiai / dienos)	Pavoingas laikas, val		Kampas su horizontu
	Saulėtekis	Saulėlydis	Pavoingas laikas, val			Nuo	Iki	
			Nuo	Iki				
Kaišiadorys-Karčiupis	nėra	balandis	18:47	20:25	balandžio 10 d. – gegužės 5 d.	18:47	21:20	7° – 0°
		gegužė	18:58	21:20				
		birželis	19:21	21:57				
		liepa	19:50	21:48	rugpjūčio 1 d. – 29 d.	19:10	21:27	15° – 0°
		rugpjūtis	19:01	20:53				
		rugsėjis	18:50	20:11				

Pavojingiausias periodas, kai tikimybė būti apakintam saulės spindulių yra didžiausia, tęsiasi nuo balandžio 10 d. iki gegužės 5 d. ir rugpjūčio 1 – 29 dienomis (žr. 28 pav.).



28 pav. Saulės akinimo poveikis saulėlydžio metu atkarpoje Kaišiadorys – Karčiupis balandžio ir rugpjūčio mėnesiais

Tai reiškia, kad balandžio – rugsėjo mėnesiais esant saulėlydžiui ir pavakarei traukinių mašinistai, atsižvelgiant į meteorologines sąlygas judėdami maršrutu Kaišiadorys – Karčiupis gali būti apakinti tiesioginių saulės spindulių.

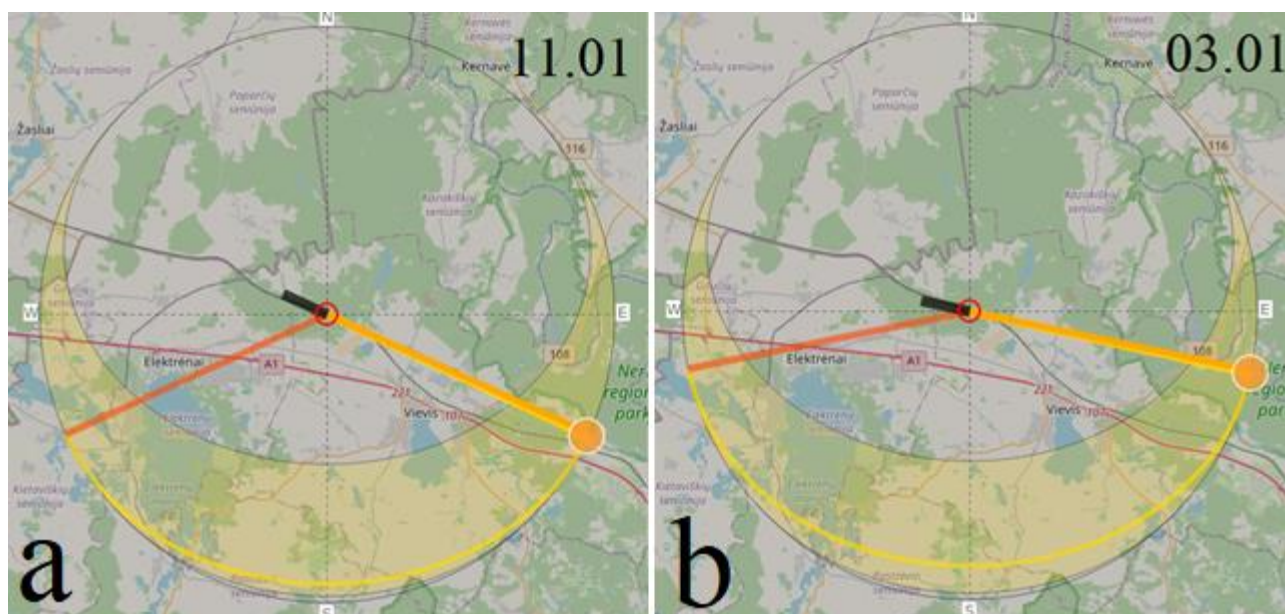
Atkarpa Kaišiadorys – Vievis – Lazdėnai

Pavojingiausias periodas, kai tikimybė būti apakintam saulės spindulių yra didžiausia, tęsiasi nuo vasario 25 d. iki kovo 15 d. ir nuo spalio 15 d. iki lapkričio 15 d. Šiais laikotarpiais saulės padėtis horizonte yra pavojingiausia, o jos trajektorija saulėtekio metu lygiagreti geležinkelio vėžei (žr. 29 pav.). Saulės spindulių kryptis saulėtekio metu sutampa su važiavimo kryptimi.

Tai reiškia, kad vasario – kovo ir spalio – lapkričio mėnesiais esant saulėtekiui ir ankstyvam rytui (žr. 13 lentelę) traukinių mašinistai, atsižvelgiant į meteorologines sąlygas judėdami maršrutu Kaišiadorys – Vievis – Lazdėnai gali būti apakinti tiesioginių saulės spindulių.

13 lentelė. Ruožo Kaišiadorys – Vievis – Lazdėnai saulės įtakos matomumui vertinimas

Atkarpa	Akinimo faktorius				Pikas (mėnesiai / dienos)	Pavojingas laikas, val		Kampas su horizontu
	Saulėtekis	Saulėlydis	Pavojingas laikas, val			Nuo	Iki	
			Nuo	Iki				
Kaišiadorys – Vievis – Lazdėnai	vasaris	nėra	07:43	09:30	vasario 25 d. – kovo 15 d.	06:56	9:30	0° – 15°
	kovas		06:56	09:03				
	spalis		07:56	09:27	spalio 15 d. – lapkričio 15 d.	07:56	09:27	0° – 15°
	lapkritis		07:59	08:51				



29 pav. Saulės akinimo poveikis saulėtekio metu atkarpoje Kaišiadorys – Vievis – Lazdėnai kovo ir lapkričio mėnesiais

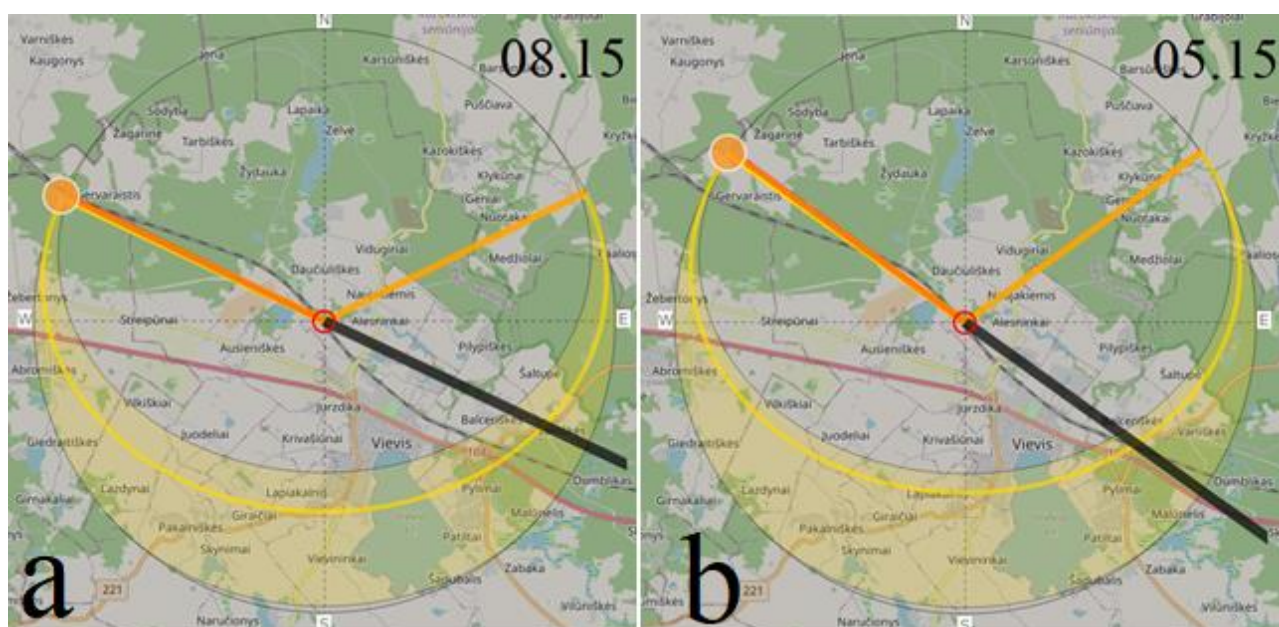
Judant kita kryptimi, Lazdėnai – Vievis – Kaišiadorys neigiamas saulės faktorius jaučiamas nuo pavasario iki rudens, balandžio – rugpjūčio mėnesiais.

Tai reiškia, kad balandžio – rugpjūčio mėnesiais esant saulėlydžiui ir pavakarei (žr. 14 lentelę) traukinių mašinistai, atsižvelgiant į meteorologines sąlygas judėdami maršrutu Lazdėnai – Vievis – Kaišiadorys gali būti apakinti tiesioginių saulės spindulių.

14 lentelė. Ruožo Lazdėnai – Vievis – Kaišiadorys saulės įtakos matomumui vertinimas

Atkarpa	Akinimo faktorius				Pikas (mėnesiai / dienos)	Pavoingas laikas, val		Kampas su horizontu
	Saulėtekis	Saulėlydis	Pavoingas laikas, val			Nuo	Iki	
			Nuo	Iki				
Lazdėnai – Vievis – Kaišiadorys	nėra	balandis	19:05	20:22	balandžio 20 d. – gegužės 15 d.	19:25	21:19	15° – 0°
		gegužė	19:25	21:19				
		birželis	20:07	21:52				
		liepa	19:46	21:45	liepos 20 d. – rugpjūčio 18 d.	19:46	21:45	15° – 0°
		rugpjūtis	19:06	20:51				

Pavojingiausias periodas, kai tikimybė būti apakintam saulės spindulių yra didžiausia, tęsiasi nuo balandžio 20 d. iki gegužės 15 d. ir nuo liepos 20 d. iki rugpjūčio 18 d. Šiais laikotarpiais saulės padėtis horizonte yra pavojingiausia, o jos trajektorija saulėtekio metu lygiagreti geležinkelio vėžei (žr. 30 pav.). Saulės spindulių kryptis saulėlydžio metu sutampa su važiavimo kryptimi.

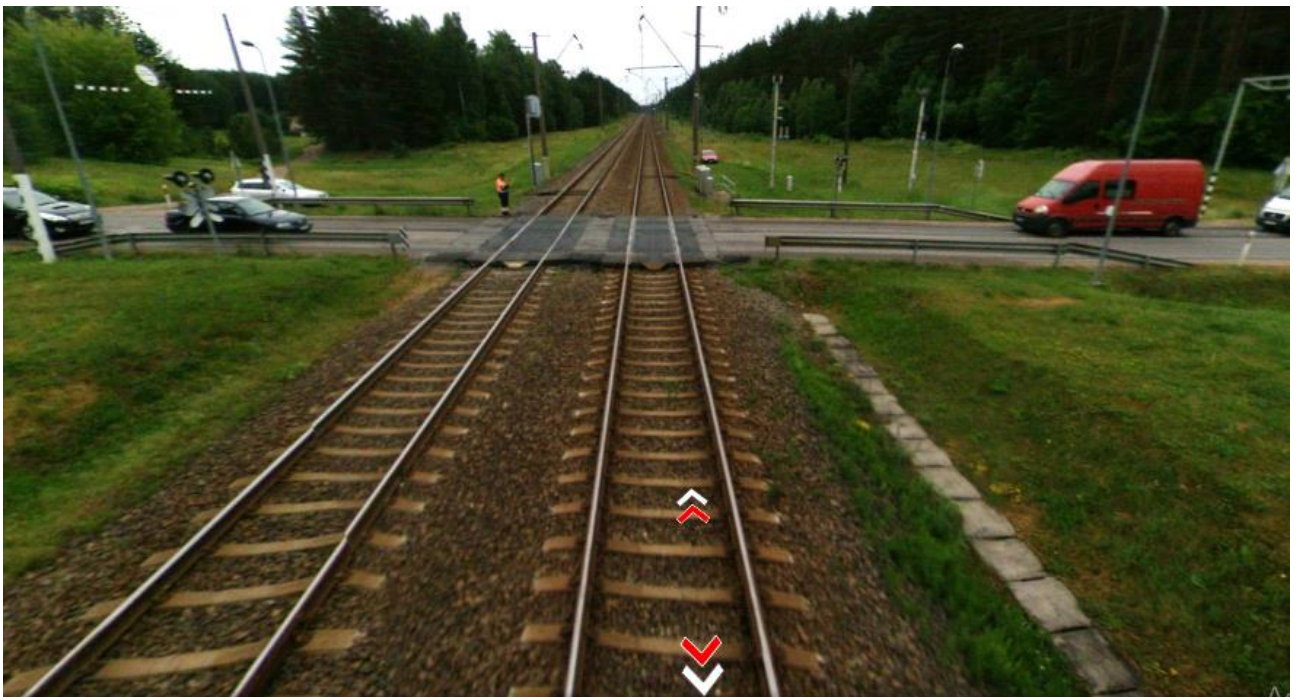


30 pav. Saulės akinimo poveikis saulėlydžio metu atkarpoje Lazdėnai – Vievis – Kaišiadorys gegužės ir rugpjūčio mėnesiais

Šiais atvejais akinimas gali pasireikšti stipriausiai. Svarbu atkreipti dėmesį į pavoingas vietas, kuriose kokybiškas matomumas yra gyvybiškai svarbus – Stoties g. pervažą Guronyse, Kernavės g. pervažą Vievyje (žr. 31, 32 pav.). Nemažiau svarbu būti budriam stotyse, kur dažnai yra padidėjęs žmonių srautas.



31 pav. Stoties g. pervaža Guronyse



32 pav. Kernavės g. pervaža Vievyje

Vieno lygio susikirtimai yra pavojingi. Įvertinus leistinus traukinių greičius, siekiančius iki 120 km/h, pervažų naudotojai privalo būti itin dėmesingi, o visais atvejais – vadovautis kelio ženklais, ženklinimu, užtvaro padėtimi, šviesoforų, garso ir pervažos budėtojų ar reguliuotojų signalais. Geležinkelio pervažą reikia kirsti saugiai, apsaugant save, savo artimuosius ir kitus eismo dalyvius [24].

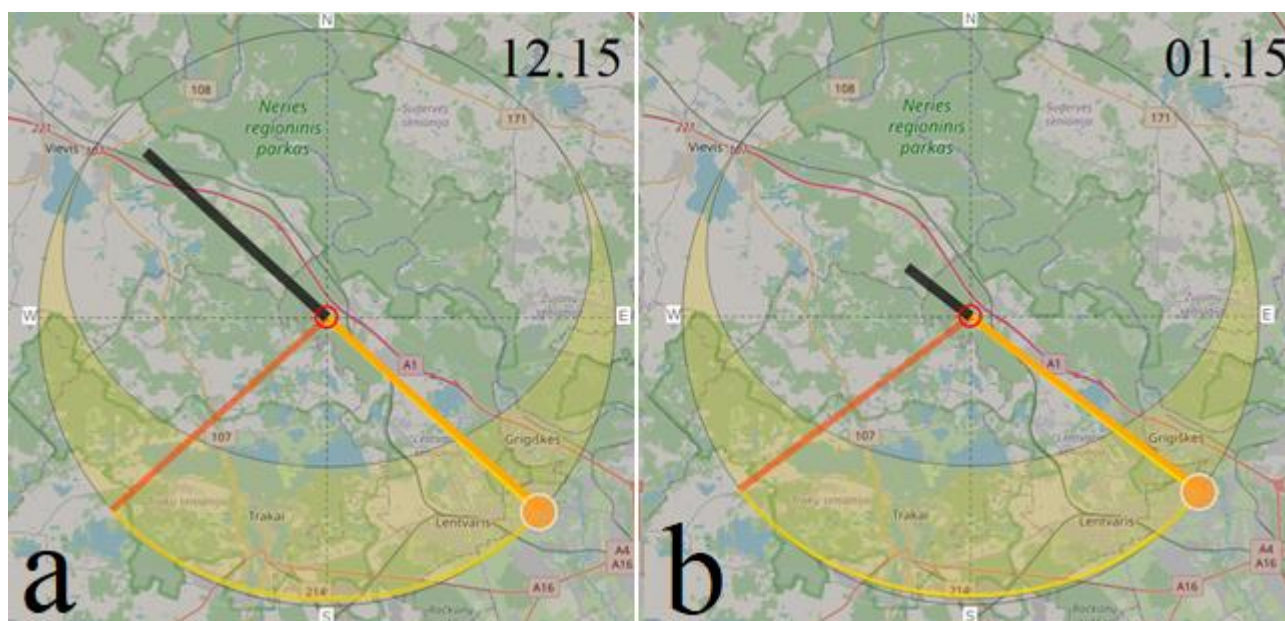
Atkarpa Lazdėnai – Lentvaris

Pavojingiausias periodas, kai tikimybė būti apakintam saulės spindulių yra didžiausia, tęsiasi nuo gruodžio 15 d. iki sausio 15 d. Šiuo laikotarpiu saulės padėtis horizonte yra pavojingiausia, o jos trajektorija saulėtekio metu lygiagreti geležinkelio vėžei (žr. 33 pav.). Saulės spindulių kryptis saulėtekio metu sutampa su važiavimo kryptimi.

Tai reiškia, kad gruodžio – sausio mėnesiais esant saulėtekiui ir ankstyvam rytui (žr. 15 lentelę) traukinių mašinistai, atsižvelgiant į meteorologines sąlygas judėdami maršrutu Lazdėnai – Lentvaris gali būti apakinti tiesioginių saulės spindulių.

15 lentelė. Ruožo Lazdėnai – Lentvaris saulės įtakos matomumui vertinimas

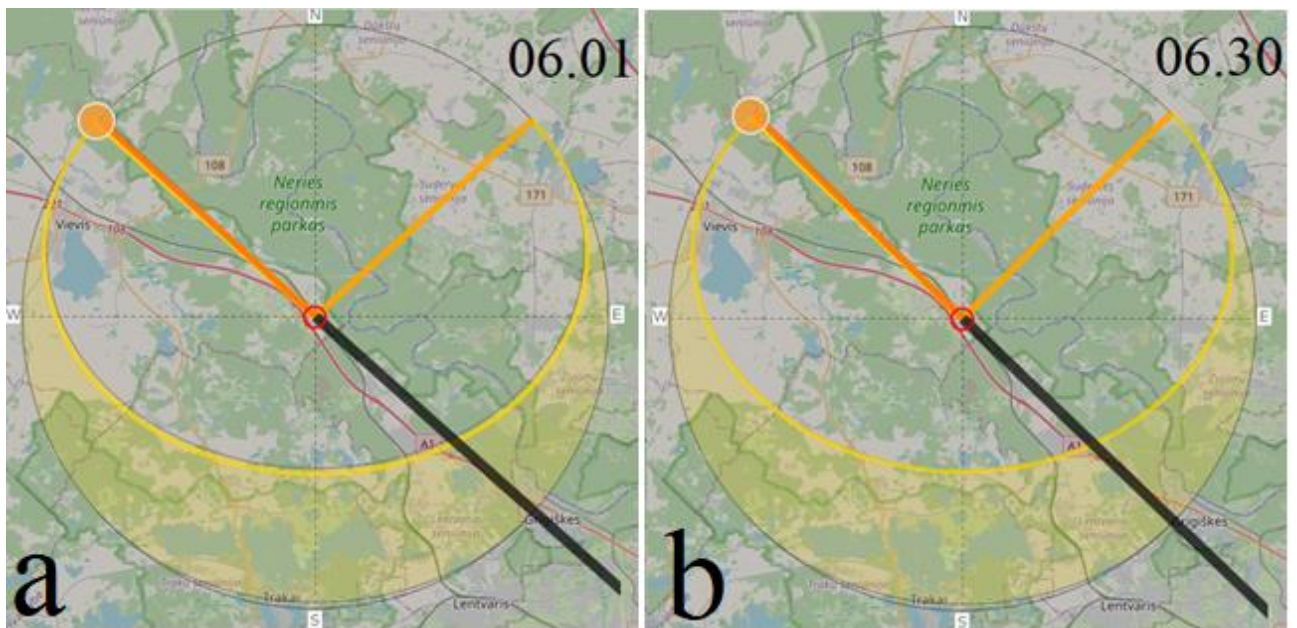
Atkarpa	Akinimo faktorius				Pikas (mėnesiai / dienos)	Pavojingas laikas, val		Kampas su horizontu
	Saulėtekis	Saulėlydis	Pavojingas laikas, val			Nuo	Iki	
			Nuo	Iki				
Lazdėnai – Lentvaris	gruodis	nėra	08:23	10:23	gruodžio 15 d. – sausio 15 d.	08:40	9:47	0° – 10°
	sausis		08:19	10:30				



33 pav. Saulės akinimo poveikis saulėtekio metu atkarpoje Lazdėnai – Lentvaris gruodžio ir sausio mėnesiais

Judant kita kryptimi, Lentvaris – Lazdėnai neigiamas saulės faktorius jaučiamas vasarą, gegužės – liepos mėnesiais.

Pavojingiausias periodas, kai tikimybė būti apakintam saulės spindulių yra didžiausia, tęsiasi nuo birželio 1 d. iki birželio 30 d. Birželio 24 d. Lietuvoje yra vasaros saulėgrįža, todėl saulės padėtis artėjant saulėgrįžai bei dvi savaitės po saulėgrįžos kinta nežymiai (žr. 34 pav.).



34 pav. Saulės akinimo poveikis saulėlydžio metu atkarpoje Lentvaris – Lazdėnai birželio mėnesį, kai saulės padėtis kinta nežymiai

Tai reiškia, kad gegužės – liepos mėnesiais esant saulėlydžiui ir pavakarei (žr. 16 lentelę) traukinių mašinistai, atsižvelgiant į meteorologines sąlygas judėdami maršrutu Lentvaris – Lazdėnai gali būti apakinti tiesioginių saulės spindulių. Svarbu atkreipti dėmesį į pavojingiausius susikirtimus su automobilių keliais – Trakų g. pervaža Kariotiškėse (žr. 35 pav.), Fabriko g. pervaža Lentvaryje.

16 lentelė. Ruožo Lentvaris – Lazdėnai saulės įtakos matomumui vertinimas

Atkarpa	Akinimo faktorius				Pikas (mėnesiai / dienos)	Pavojingas laikas, val		Kampas su horizontu
	Saulėtekis	Saulėlydis	Pavojingas laikas, val			Nuo	Iki	
			Nuo	Iki				
Lentvaris – Lazdėnai	nėra	gegužė	20:24	21:23	birželio 1 d. – birželio 30 d.	20:51	22:02	12° – 0°
		birželis	20:51	22:02				
		liepa	20:14	21:39				

Rytinio piko metu, t. y., saulei tekant, šioje atkarpoje judant kryptimi link Lazdėnų akinimas nebus aktualus, nes visais metų laikais saulės spinduliai saulei tekant bus nukreipti į nuvažiuojantį sąstatą.

Lietuvoje kasmet įvyksta apie 10 eismo įvykių geležinkelio pervažose, kurių metu žūsta 3-4 pervažų naudotojai. 2019 m. buvo pirmieji metai, kai viešosios geležinkelių infrastruktūros geležinkelio pervažose nežuvo ir nebuvo nei vieno sunkiai sužeisto pervažos naudotojo [24].

„Lietuvos geležinkelių“ grupė vykdydama veiklą ypatingą dėmesį skiria saugiam geležinkelių transporto eismui, todėl vykdo rizikingiausių geležinkelio pervažų rekonstravimą į dviejų lygių susikirtimus, kartu su partneriais reguliariai organizuoja saugos akcijas, vykdo šviečiamąją veiklą mokytojų ir vairuotojų mokymo centrų instruktorių kvalifikacijos kėlimo metu bei nuolat ugdo savo traukinio mašinistus kaip elgtis geležinkelio keliuose pastebėjus kliūtį [24].



35 pav. Trakų g. pervaža Kariotiškėse

Trakų rajone, Lentvaryje, 2020 metais oficialiai pradėta geležinkelio pervažos rekonstrukcija ir automobilių tunelio statyba. Šis eismo sąlygas ir saugą gerinantis projektas žymiai pagerins susisiekimo sąlygas Lentvario mieste, kurį geležinkelio linija dalina į dvi dalis, o dėl intensyvaus traukinių eismo ties pervaža nuolat susidaro automobilių spūstys [25].

Lentvario pervažos modernizavimo projekto dėka tūkstančiai žmonių, traukiniais ir automobiliais kasdien kertančių šią pervažą, tai darys saugiau. Pabaigus projektą, visi automobiliai pervažą galės kirsti saugiu tuneliu ir taip taupyti savo laiką, kurį užtrukdavo prie pervažos laukdami eilėje. Lentvarį kasdien pravažiuoja apie 130 traukinių. Dėl jų automobilių eismas ties pervaža (žr. 36 pav.) kiekvieną dieną yra stabdomas net 11 val. per parą. Lentvario pervažą per parą vidutiniškai kerta iki 4 tūkst. automobilių [25].



36 pav. Lentvario pervaža prieš modernizaciją

Pervažos modernizacija svarbi ne tik dėl gyventojų patogumo, tačiau ir kitu aspektu – ji leis padidinti traukinių, važiuojančių per pervažą, greitį. Kadangi pervaža yra strateginiame IX B koridoriuje greitesnis traukinių eismas didins šios magistralės traukinių eismo pralaidumą [26].

Projekto įgyvendinimas prisidės prie patrauklios ir saugios aplinkos kūrimo, turės teigiamos įtakos Lietuvos ekonominiam vystymuisi, pagerins Lentvario miesto gyventojams susisiekimą, turės teigiamą įtaką vietinio bei tranzitinio automobilių eismo dalyviams [27].

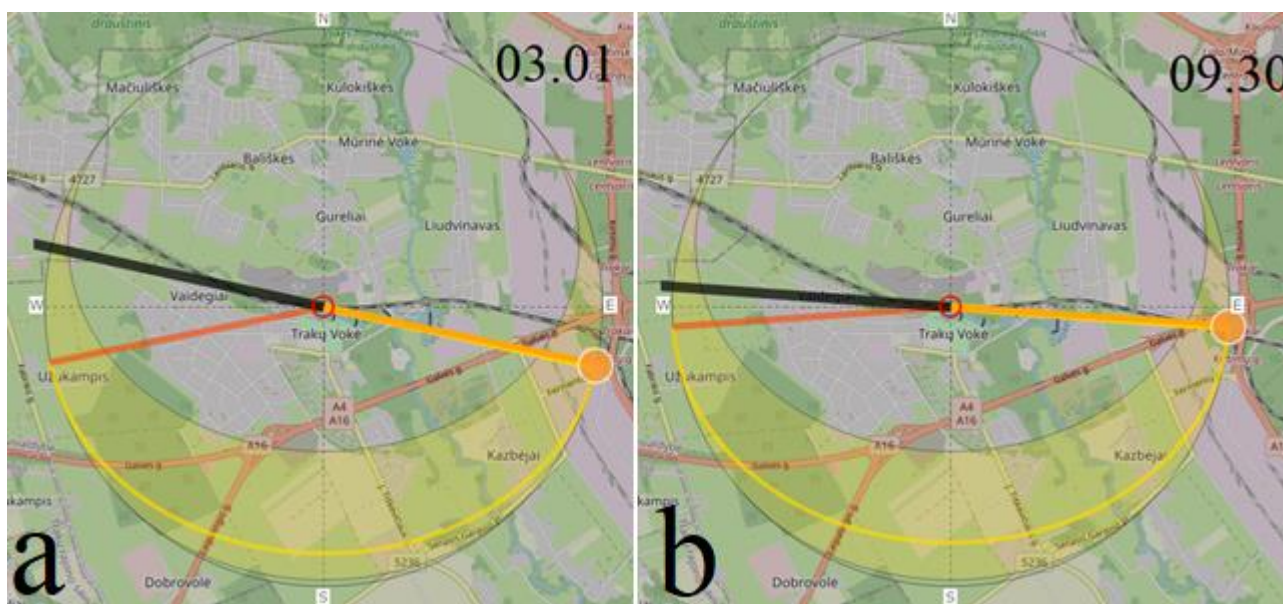
Atkarpa Lentvaris – Aukštieji Paneriai

Pavojingiausias periodas, kai tikimybė būti apakintam saulės spindulių yra didžiausia, tęsiasi nuo kovo 1 d. iki kovo 30 d. ir nuo rugsėjo 1 d. iki rugsėjo 30 d. Šiais laikotarpiais saulės padėtis horizonte yra pavojingiausia, o jos trajektorija saulėtekio metu lygiagreti geležinkelio vėžei (žr. 37 pav.). Saulės spindulių kryptis saulėtekio metu sutampa su važiavimo kryptimi.

Tai reiškia, kad kovo – balandžio ir rugsėjo – spalio mėnesiais esant saulėtekiui ir ankstyvam rytui (žr. 17 lentelę) traukinių mašinistai, atsižvelgiant į meteorologines sąlygas judėdami maršrutu Lentvaris – Aukštieji Paneriai gali būti apakinti tiesioginių saulės spindulių.

17 lentelė. Ruožo Lentvaris – Aukštieji Paneriai saulės įtakos matomumui vertinimas

Atkarpa	Akinimo faktorius				Pikas (mėnesiai / dienos)	Pavojingas laikas, val		Kampas su horizontu
	Saulėlydis	Saulėtekis	Pavojingas laikas, val			Nuo	Iki	
			Nuo	Iki				
Lentvaris – Aukštieji Paneriai	nėra	kovas	06:34	08:20	kovo 1 d. – kovo 30 d.	06:34	08:20	0° – 10°
		balandis	06:08	08:02				
		rugsėjis	06:28	08:15	rugsėjo 1 d. – rugsėjo 30 d.	06:28	08:15	0° – 12°
		spalis	07:24	08:57				



37 pav. Saulės akinimo poveikis saulėtekio metu atkarpoje Lentvaris – Aukštieji Paneriai kovo ir rugsėjo mėnesiais

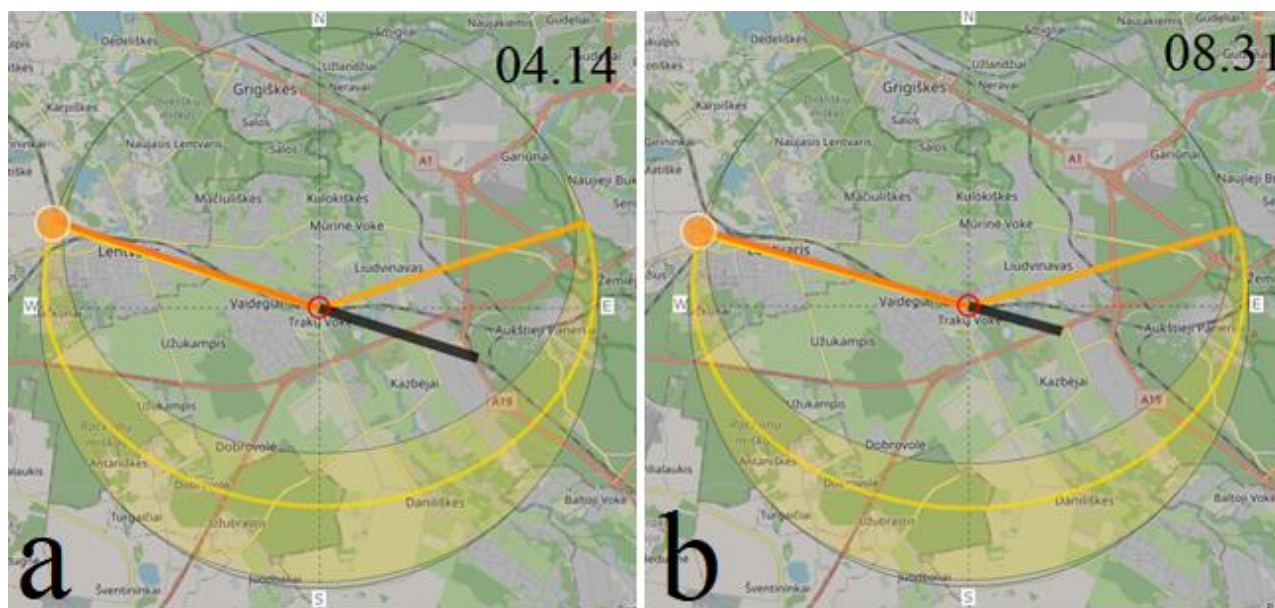
Judant kita kryptimi, Aukštieji Paneriai – Lentvaris neigiamas saulės faktorius jaučiamas pavasarį, balandžio – gegužės mėnesiais ir liepos – rugsėjo mėnesiais.

Tai reiškia, kad balandžio – gegužės ir liepos – rugsėjo mėnesiais esant saulėlydžiui ir pavakarei (žr. 18 lentelę) traukinių mašinistai, atsižvelgiant į meteorologines sąlygas judėdami maršrutu Aukštieji Paneriai – Lentvaris gali būti apakinti tiesioginių saulės spindulių.

18 lentelė. Ruožo Aukštieji Paneriai – Lentvaris saulės įtakos matomumui vertinimas

Atkarpa	Akinimo faktorius			Pikas (mėnesiai / dienos)	Pavojingas laikas, val		Kampas su horizontu	
	Saulėtekis	Saulėlydis	Pavojingas laikas, val		Nuo	Iki		
			Nuo					Iki
Aukštieji Paneriai – Lentvaris	nėra	balandis	18:49	19:54	balandžio 1 d. – balandžio 30 d.	18:49	19:54	12° – 0°
		gegužė	19:50	21:20				
		liepa	19:44	21:27	rugspjūčio 1 d. – rugspjūčio 31 d.	19:06	20:42	11° – 0°
		rugpjūtis	19:06	20:42				
		rugsėjis	18:54	20:08				

Pavojingiausias periodas, kai tikimybė būti apakintam saulės spindulių yra didžiausia, tęsiasi nuo balandžio 1 d. iki balandžio 30 d. ir nuo rugspjūčio 1 d. iki rugspjūčio 31 d. Šiais laikotarpiais saulės padėtis horizonte yra pavojingiausia, o jos trajektorija saulėlydžio metu lygiagreti geležinkelio vėžei (žr. 38 pav.). Saulės spindulių kryptis saulėlydžio metu sutampa su važiavimo kryptimi.



38 pav. Saulės akinimo poveikis saulėtekio metu atkarpoje Aukštieji Paneriai – Lentvaris balandžio ir rugspjūčio mėnesiais

Rytinio piko metu, t. y., saulei tekant, šioje atkarpoje judant kryptimi link Lentvario akinimas nebus aktualus, nes visais metų laikais saulės spinduliai saulei tekant bus nukreipti į nuvažiuojantį sąstatą.

5.2. TEM TMH konstrukcijos įtaka matomumui

Manevriniai lokomotyvai TEM TMH (žr. 39 pav.) skirti sunkiems manevriniais darbams ir sąstatams tempti. 100 km/h greitį pasiekiantys lokomotyvai gaminami 1435 mm ir 1520 mm vėžėms. Pradėti gaminti 2008 metais, pagaminta 60 vnt. Pristatymo šalys: Lietuva, Estija, Rusija [28].



39 pav. TEM TMH manevrinis lokomotyvas [29]

Vienas iš svarbių veiksnių, nuo kurio priklauso kelių eismo saugumas, yra tinkamas matomumas. Analizuojamas horizontalus matomumas kelio sankryžose, kreivėse, tiesiuose kelio ruožuose. Matomumo būklė priklauso nuo daugelio veiksnių, visų pirma, nuo kelio elementų geometrinių parametrų ir šalia kelio esančių pastatų, tvorų, augalijos ir kt. [30].

TEM TMH 001-011 serijoje montuotas mažesnės galios variklis nei vėlesnių modelių. Variklio gaubtas yra mažesnių gabaritų, mažiau užstoja matomumą iš mašinisto pozicijos. Matomumas geresnis nei serijoje nuo 012 modelio, tačiau kapotas užstoja kelią artimoje atkarpoje – esant atstumui mažesniai nei 100 metrų, konstrukcija uždengia kelią (žr. 40 pav.).



40 pav. TEM TMH 001-011 serijos lokomotyvo matomumas iš mašinisto pozicijos tiesiame kelio ruože

Pavojinga geležinkelio pervažose, nes priartėjus prie pervažos matomumas išlieka tik į tolimesnę kelio dalį (žr. 41 pav. a, b). Kelio kreivei sukantis į dešinę, matomumas išlieka geras. Tai įtakoja kabinos išdėstymas – mašinisto darbo pozicija dešinėje kabinos dalyje. Tačiau variklio gaubtas uždengia kelio dalį, kai kreivė sukasi į kairę (žr. 41 pav. c).



41 pav. TEM TMH 001-011 serijos lokomotyvo matomumas iš mašinisto pozicijos: a – iki pervažos 50m, b – iki pervažos 100 m, c – kreivei sukantis į kairę

TEM TMH gamybos serijoje nuo 012 montuotas galingesnis variklis „Caterpillar 3512 C DI-TA“ [28], didesnių gabaritų variklio gaubtas apsunkina matomumą (žr. 42 pav., 43 pav. a, b, c).



42 pav. TEM TMH serijos nuo 012 lokomotyvo matomumas iš mašinisto pozicijos tiesiame kelio ruože



43 pav. Matomumas iš TEM TMH mašinisto pozicijos: a – kreivė į kairę, b – pervažas už 50 m, c – pervažas už 100 m

Realiomis eismo sąlygomis atliktas tyrimas rodo, kad matomumo sąlygos daugeliu atvejų yra blogos. Pagrindinė nepakankamo matomumo daugelyje sankryžų priežastis yra tai, projektuojant naujus lokomotyvus neatsižvelgiama į matomumo problemas, o kelių ir jų aplinkos geometriniai parametrai formuojami neatsižvelgiant į matomumui keliamus reikalavimus.

Praeityje nebuvo intensyvaus transporto priemonių eismo ir su eismu susijusio triukšmo. Dėl šios priežasties geležinkelio stotys dažnai buvo statomos visai šalia kelio, o tai šiuo metu kelia problemų. Įrengiant akustines sienes, kuriomis siekiama sumažinti traukinių keliamą triukšmą, ribojamas matomumas. Akustinės sienelės riboja matomumą ne tik geležinkelio transporto valdytojams, bet ir geležinkelio pervažų naudotojams [31].

Manevrinio lokomotyvo TEM TMH konstrukcija užstoja išorinį matomumą lokomotyvo valdytojui. Lietuvos geležinkelių transporto technikos sertifikavimo tyrime [32] nurodyta ES šilumvežių techninių parametrų sąrašas, kuriems keliami atitinkami reikalavimai. Tarp jų yra išorinis matomumas ir ergonomika mašinisto kabinoje.

5.3. Matomumo tyrimas naudojant infraraudonųjų spindulių kamerą

Tyrimo tikslas – nustatyti infraraudonųjų spindulių kameros naudojimo geležinkelio riedmenyse įtaką eismo saugumui ir naudoti susidūrimo su kliūtimis prevencijai.

Tamsus paros metas – nuo saulėlydžio iki saulėtekio. Lietuvoje pusę metų tamsus paros metas yra ilgesnis nei diena. Dažnai matomumą apsunkina nepalankios meteorologinės sąlygos.

Tyrimas atliekamas temstant ir naktį, kai šviesos neefektyviai apšviečia kelią; taip pat prasilenkiant su kita transporto priemone jos šviesos gali apakinti traukinio valdytoją. Aplinkos duomenys ir tyrimo rezultatai fiksuojami nurodant konkrečias eismo sąlygas.

Daug pastangų įdėta siekiant pagerinti traukinių matomumą. Galingesnis apšvietimas, garso signalizavimo prietaisai prieš sankirtas ir perėjas. Ekspertai nesutaria, kodėl nepaisant šių pastangų, kai kurie žmonės vis dar nėra pakankamai įspėti atpažinti traukinio artėjimą ir išvengti avarijos [33].

Nakties metu žibintai apšviečia ne ilgesnę nei 200 metrų atkarpą [33]. Toks atstumas užtikrinamas geromis oro sąlygomis tiesiame kelio ruože. Kreivėse žibintai neatkartoja kelio trajektorijos, todėl matomumo zona sutrumpėja.

Infraraudonųjų spindulių kamerų parametrai

„NETD“. Apžvelgiant šiluminės kameros techninę informaciją (žr. 19 lentelę), susiduriama su „NETD“ išraiška. Išraiška reiškia „triukšmo ekvivalento temperatūros skirtumas“. Tai matas, kaip infraraudonųjų spindulių detektorius sugeba atskirti labai mažus šiluminės spinduliuotės skirtumus vaizde. „NETD“ vertė paprastai išreiškiama mili Kelvinais (mK). Šis dydis apibūdina įrenginio šiluminį jautrumą. Kai triukšmas yra lygus mažiausiam išmatuojamam temperatūros skirtumui, detektorius pasiekia savo galimybių ribą aptikti šiluminį signalą. Kuo daugiau triukšmo, tuo didesnė detektoriaus NETD vertė [34].

Terminio vaizdo detektorius registruoja ne tik naudingus signalus, bet ir triukšmą; tai trukdo ir neleidžia jai sukurti aiškaus, kokybiško vaizdo. Kuo didesnis triukšmo lygis, tuo didesnis šilumos detektoriaus „NETD“ ir tuo blogiau jis gali įžvelgti nedidelius temperatūros skirtumus [34].

Praktiškai tai reiškia, kad kai objekto temperatūros skirtumas nukrenta pakankamai žemai, jo skleidžiamas šilumos signalas gali susilieti su triukšmu tiek, kad termovizorius negali atskirti objekto signalo nuo triukšmo. Kai taip atsitinka, objektas susilieja su fonu ar kitais objektais ir tampa praktiškai neišaiškinamas. Todėl kuo mažesnė „NETD“ vertė (nurodyta milikelvinais (mK)), tuo

geriau jutiklis gali užregistruoti nedidelius temperatūros skirtumus. Žemiau pateiktą skalę galima naudoti terminio detektoriaus kokybei nustatyti:

- < 40 mK (puiki („Pulsar Helion XP 50“));
- < 50 mK (gera);
- < 60 mK (priimtina);
- < 80 mK (patenkinama) [35].

Taškų žingsnis. Taškų žingsnis yra atstumas tarp dviejų mikrobolometro taškų centrų. Terminio vaizdo jutikliuose jis matuojamas mikronais (μm). Šiluminio jutiklio parametrai įtakoja prietaiso skiriamąją gebą [35]. Pirmiausia terminio jutiklio (mikrobolometro) skiriamoji geba yra bendras taškų skaičius (paprastai rodomas kaip horizontalus taškų skaičius ir vertikalus taškų skaičius) ir taškų žingsnis. Šie du kriterijai yra esminiai vertinant rezoliuciją.

Kuo didesnis taškų skaičius ir mažesnis jų terminis jutiklis, tuo geresnė skiriamoji geba. „Pulsar Helion XP 50“ taškų skaičius 640 x 480, taškų žingsnis 17 μm .

Aptikimo atstumas. Atstumas, kur kritinio stebimo objekto dydis gali būti atpažintas dviem ar daugiau terminio vaizdo jutiklio taškais, vadinamas aptikimo diapazonu. Aptikimas reiškia tik tai, kad objektas yra matomas tam tikru atstumu, tačiau nesuteikia jokios informacijos apie jo charakteristikas (t. y., negalima nustatyti objekto tipo) [35].

Atpažinimo atstumas. Objekto atpažinimas reiškia, kad galima apibrėžti objekto tipą. Tai reiškia, kad stebėtojas gali atskirti tai kas stebima, t. y., žmogus, gyvūnas, automobilis ir kt. Atpažinti įmanoma, kai kritinis objekto dydis gali tilpti į mažiausiai 6 jutiklio taškus [35].

Identifikavimo atstumas. Identifikavimas reiškia, kad stebėtojas gali įvertinti ne tik objekto tipą, bet ir būdingus jo bruožus. Kad ši būklė įvyktų, kritinis objekto dydis turėtų tilpti mažiausiai į 12 taškų [35].

19 lentelė. Pagrindiniai parametrai, išskiriantys šiluminės kameros savybes

	Pulsar Helion XP 50 [35]	Leica Calnox Sight [36]	HIK VISION DS-2TS03 - 15XF [37]
NETD	< 40 mK	< 50 mK	< 35 mK
Šiluminės kameros rezoliucija	640 x 480	384 x 288	384 x 288
Displėjaus rezoliucija	640 x 480 AMOLED	1024 x 768 OLED	720 x 540
Taškų žingsnis	17 μm	17 μm	17 μm
Užlaikymo dažnis, Hz	50	50	50
Budėjimo trukmė, val	iki 9	iki 5	iki 5
Atsparumas drėgmei	IPX 7	IPX 4	IP67
Matymo kampas, m	24.3 x 9.3 / 100	15.5 x 11.7 / 100	12.4 x 14.5 / 100
Darbinė temp., °C	-25...+50	-10...+50	-20...+55
Nuotolinė sąsaja	Yra	Yra	Yra
Aptikimas / atpažinimas / identifikavimas, m	3000/1800/600	2000/700/350	1353/550/300
Tvirtinimas	Magnetinis laikiklis	Nenumatyta	Nenumatyta
Kaina, Eur	3150	3900	2280

Gamintojo aprašymas: „Pulsar Helion XP 50“

Pažangus šiluminis vaizdo jutiklis (žr. 44 pav.) užtikrina nepriekaištingą detalių atpažinimą net sudėtingiausiomis oro sąlygomis, tokioms kaip lietus ir rūkas. Kontrastingas, aukštos skyros vaizdas išryškina net mažus temperatūros skirtumus, net kai terminis kontrastas yra žemas [35].



44 pav. Termovizorius „Pulsar Helion XP 50“ su magnetiniu laikikliu [35]

Ryškus, kontrastingas šiluminis vaizdas leidžia lengvai atpažinti gyvūnus, žmones, o taip stebėti kelio padėtį, kontaktinį tinklą, reljefo nelygumus. Naudojimo metu galima atvaizduoti aplinką skirtingomis spalvų paletėmis, esant skirtingoms aplinkybėms vaizdai tokiu būdu sufokusuojami geriau. Galimybė pasirinkti iš aštuonių spalvų palečių suteikia daugiau patogumo stebėjimo metu, leidžia išspręsti įvairius klausimus ir reaguoti į pasikeitusias stebėjimo aplinkybes. Siekiant aptikti objektą geriausiai tiks režimai „White Hot“, „Black Hot“ ir „Red Hot“; režimai „Rainbow“ ir „Ultramarine“ suteikia didesnes galimybes atpažinti ir identifikuoti objektą. Režimai „Red Monochrome“, „Sepia“ ir „Violet“ labiausiai tinka ilgalaikiam stebėjimui naktį [38].

Galingas objektyvas ir profesionalios kokybės vaizdo jutiklis su 640x480 @ 17 μ m technologija suteikia išskirtines aptikimo galimybes. Standartinį 1,8 m aukščio objektą galima atpažinti per 1800 m atstumą visiškoje tamsoje [38].

Visiškai atsparus vandeniui pagal IPX7 standartą. Lietus, sniegas, rūkas, didelės bangos ar liūtys – IPX7 vandens atsparumo kategorija užtikrina, kad prietaisas veiks nepriekaištingai net ir sunkiausiomis oro sąlygomis. IPX7 kategorija reiškia, kad prietaisas buvo pagamintas ir griežtai išbandytas, kad veiktų ekstremaliomis gamtinėmis oro sąlygomis, net ir 1 metro gylyje po vandeniu iki 30 minučių [38].

Greitai pakeičiama, didelės talpos baterija (veikimo laikas iki 9 h). Įrenginį galima įkrauti ir prijungus prie įprasto išorinio maitinimo šaltinio („Power bank“) per „Micro USB“ jungtį. Papildomai galima įsigyti didesnės talpos akumuliatorių IPS14, su juo įrenginys veiks iki 18 val. Taip pat prieinamas ir konteineris LR6 (AA) tipo akumuliatoriams [38].

Aukščiausios klasės detektorius kartu su aukšto skaitmeninio priartinimo galimybėmis suteikia ypatingą galimybę stebėti dideliu atstumu. Naudojantis tokio tipo termovizoriumi niekada nėra priklausomybės nuo oro sąlygų ar esamos šviesos kiekio. Dėl to, kad prietaisas nustato šilumos skirtumus ir nematuoja faktinės temperatūros, įrenginio periodiškai kalibruoti nereikia.

Tyrimo eiga

1. Kliūtis aptikimas. Aptikimu laikoma, kai vairuotojas gali pasakyti, kad kažkas yra ant kelio priešais jį. Tai svarbu – galima sumažinti greitį, pasiruošti imtis veiksmų.

Kai objektas aptinkamas, tai yra vairuotojas mato, kad kažkas yra ant kelio, bet negali pasakyti kas, fiksuojamas atstumas iki objekto.

2. Kliūtis atpažinimas. Atpažinimas – stebėtojas gali atskirti tai kas yra stebima, t. y., žmogus, gyvūnas, automobilis ir kt.

Kai objektas atpažįstamas, tai yra vairuotojas gali pasakyti, koks objektas yra ant kelio, fiksuojamas atstumas iki objekto.

3. Kliūtis identifikavimas. Stebėtojas gali įvertinti ne tik objekto tipą, bet ir būdingus jo bruožus.

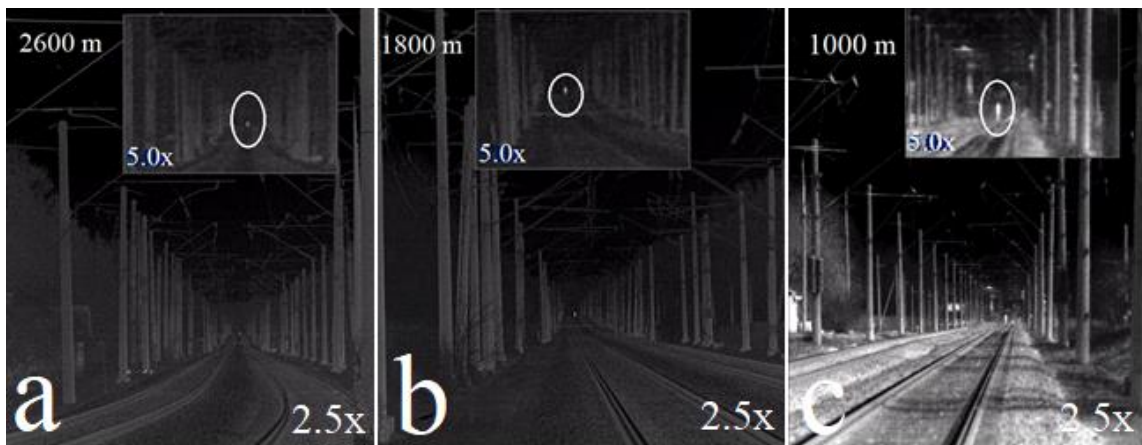
Bandymas atliekamas Kauno infrastruktūros kelyje Klaipėda – Šiauliai – Vilnius, Vievio ir Kaišiadorių apylinkėse. Pasirinktas tiesus kelio ruožas, kai matomumas važiavimo kryptimi ne mažesnis nei 1000 m – tai laikoma geru matomumu. Bandymo metu naudojamas termovizorius „Pulsar Helion XP 50“. Lyginami gauti matomumo rezultatai (nuotraukos, įrašai) naudojant ir nenaudojant prietaisą.

Atstumui iki stebimo objekto nustatyti ir fiksuoti naudojami žiūronai su integruotu lazeriniu tolimačiu [39], GPS programos mobiliuosiuose telefonuose.

Pėsčiųjų saugumo geležinkelio zonoje tyrimas

Bandymas atliekamas 2021-04-22 d. Tamsus paros metas, giedra. Neapšviestas kelio ruožas. Objektas, šiuo atveju žmogus (žr. 45 pav. a, b, c), fiksuojamas skirtingu nuotoliu, intervalu kas 100 m.

Fiksuojami trys svarbiausi atstumai. Kliūtis aptikimas. Fiksuojamas 2600 metrų atstumas. Objektas matomas 2 ir daugiau vaizdo jutiklio taškais. Atpažinimo atstumu laikoma 1800 metrų, kai objektas identifikuojamas kaip žmogus ir matomas 6 ir daugiau jutiklio taškais. Identifikavimo atstumu, kai galima nustatyti objekto bruožus, laikoma 1000 metrų, kai objektas matomas 12 ir daugiau jutiklio taškų.



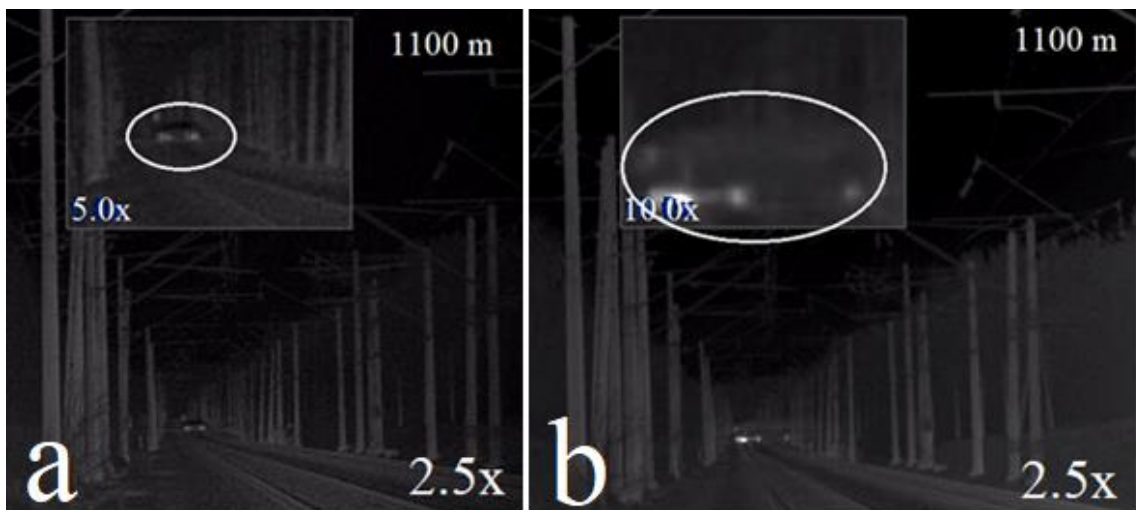
45 pav. Fiksuojamas objektas – žmogus; a – objekto aptikimas – 2600 m, b – atpažinimas – 1800 m, c – identifikavimas – 1000 m

Nustatyti aptikimo, atpažinimo ir identifikavimo atstumai ženkliai didesni nei įprastų šviesų apšviečiamas kelio ruožas. Atstumai yra pakankami reaguoti į netikėtai atsiradusias kliūtis, signalizuoti, sumažinti greitį ar stabdyti.

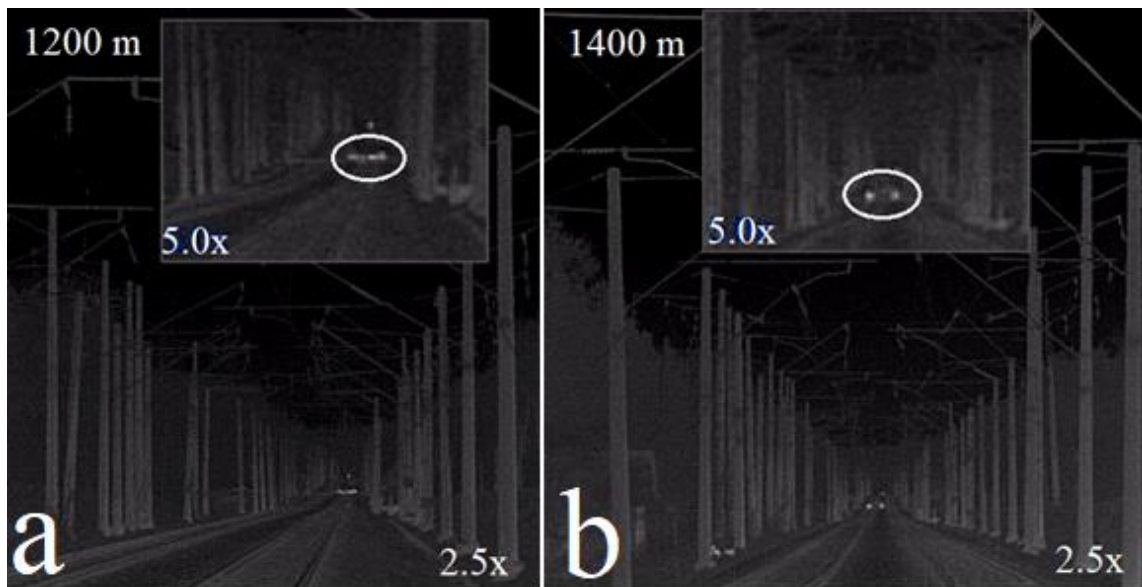
Saugumo didinimo geležinkelio pervažose tyrimas

Kasmet Lietuvoje įvyksta vidutiniškai 15 eismo įvykių pervažose, kurių metu sužalojami arba žūsta žmonės. Vidutiniškai per metus geležinkelio pervažose žūsta 3-4 žmonės. Infraraudonųjų spindulių kameros padėtų pagerinti matomumą iš mašinisto darbo pozicijos. Laiku pastebėjus kliūtį lieka daugiau laiko tinkamai reaguoti, iš anksto signalizuoti ar stabdyti.

46 pav. a, b dalyse užfiksuotas lengvasis automobilis ir sunkvežimis kertantys vieno lygio susikirtimą su geležinkeliu. Vaizdas fiksuotas tamsiu paros metu esant geram matomumui iš 1100 m atstumo ties susikirtimu su 108 regioniniu automobilių keliu ruože Lentvaris-Vievis esančioje pervažoje.



46 pav. Transporto priemonės, kertančios geležinkelio pervažą Kernavės g. Vievyje; a, b – vaizdas 1100 m atstumu nuo pervažos



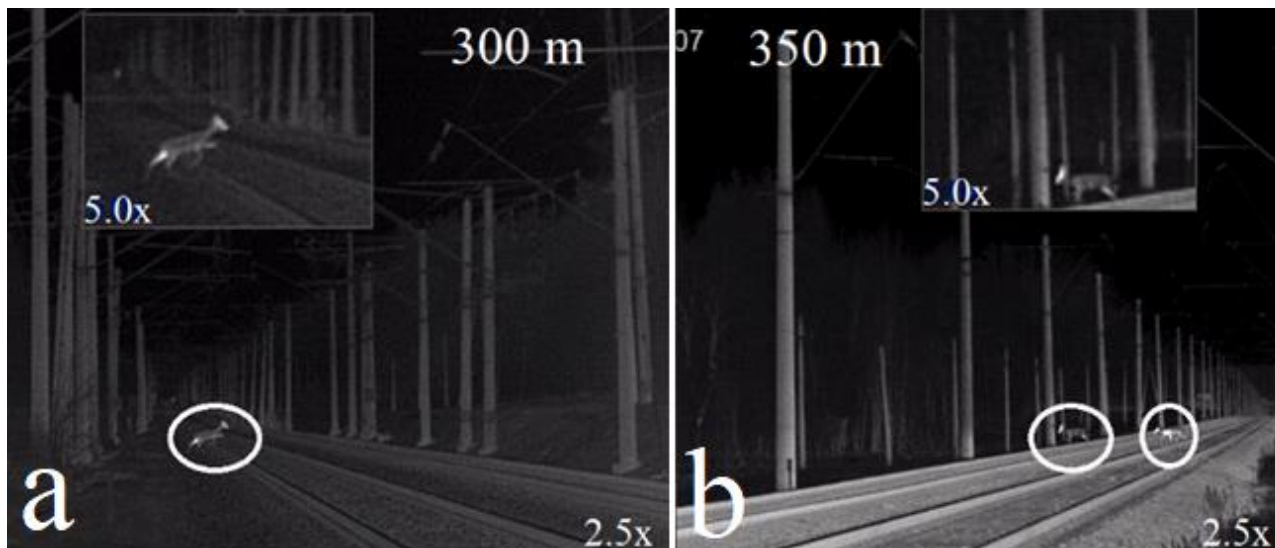
47 pav. Transporto priemonės, kertančios geležinkelio pervažą Kernavės g. Vievyje; a – vaizdas iš 1200 m, b – vaizdas 1400 m atstumu nuo pervažos

47 pav. a, b dalyse užfiksuotos transporto priemonės atitinkamai 1200 m ir 1400 m atstumais. Vaizdas fiksuotas tamsiu paros metu esant geram matomumui. Įprasti žibintai nėra pajėgūs apšviesti tokio nuotolio kelio ruožą, todėl tamsiu paros metu bei esant ribotam matomumui dėl meteorologinių sąlygų, pvz., lietaus ar rūko, situacija matoma tik likus 100-200 metrų iki pervažos.

Laukinių gyvūnų geležinkelio kelio zonoje apžvalga

Traukiniai dažnai susiduria su laikiniais gyvūnais, kurie nepakankamai anksti pastebi artėjantį traukinį. Atlikta mažai tyrimų analizuojančių susidūrimų su laukiniais gyvūnais pasekmes geležinkeliams ir gamtai, nepaisant to, kad visame pasaulyje kasdien įvyksta laukinių gyvūnų ir traukinių susidūrimai.

Būdai, kaip sumažinti laukinių gyvūnų ir transporto priemonių susidūrimus keliuose, dažnai yra nepraktiški geležinkeliuose. Susidūrimų mažinimas siekiamas įrengiant laukinių gyvūnų atskiriamąsias ir perėjimo struktūras, kurios gali sumažinti laukinių gyvūnų ir transporto priemonių susidūrimų dažnį. Gilus sniegas, stačios nuokalnės, gretimi vandens telkiniai ar migracijos keliai skatina gyvūnus judėti greta geležinkelio linijų ar jas kirsti (žr. 48 pav. a, b).



48 pav. Laukiniai gyvūnai, kertantys geležinkelio bėgius

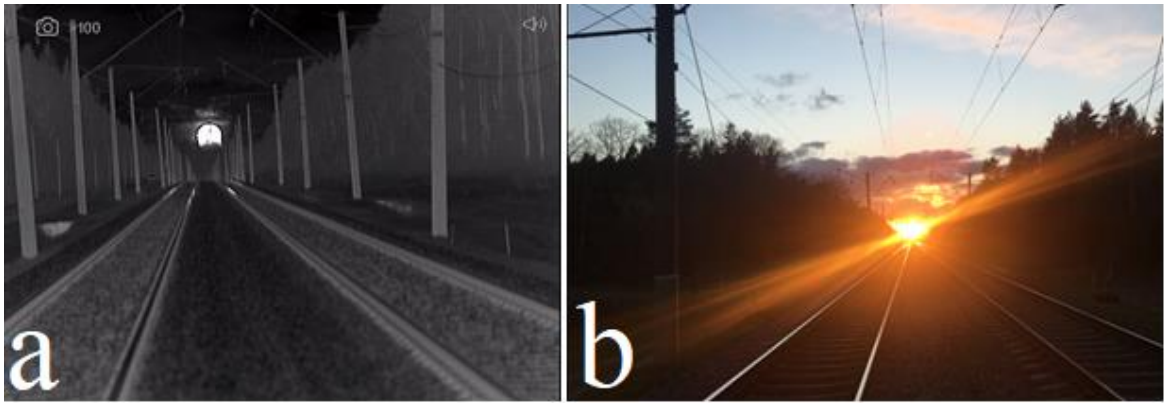
Tvoros, ribojančios patekimą į geležinkelio kelio zoną Lietuvoje įrengtos ne visur. Tai paprasta ir efektyvi priemonė, ribojanti žmonių ir laukinių gyvūnų judėjimą. Indijoje infraraudonųjų spindulių jutikliai montuojami pakelėje, siekiant nustatyti gyvūnų judėjimą pagal skleidžiamą šilumą, o vaizdas tiesiogiai perduodamas į mašinisto kabiną.

Sistema pagrįsta jutiklių naudojimu abejose kelio pusėse, siekiant aptikti laukinių gyvūnų ir žmonių judėjimą kertant kelią. Objektas aptinkamas naudojant vaizdo aptikimo grandinę. Taip siekiama išvengti nelaimingų atsitikimų, kurie padaro žalą gyvūnams ir bėginėms transporto priemonėms, geležinkelio infrastruktūrai. Naudojant infraraudonųjų spindulių šiluminės kameras galima laiku pastebėti laukinius gyvūnus, laiku signalizuoti (įspėti apie artėjančią bėginę transporto priemonę) ar stabdyti.

Saulės akinimo įtakos matomumui tyrimas

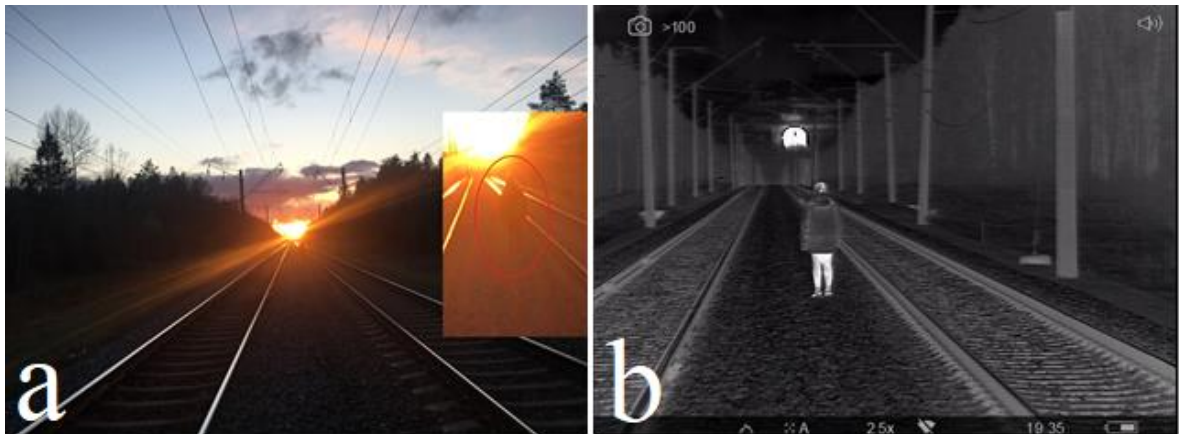
Infraraudonųjų spindulių kameros gali būti naudingos ne tik tamsiu paros metu ar kai matomumą apsunkina prastos meteorologinės sąlygos, bet ir šviesiu paros metu. Saulės akinimas sukelia nepatogumų vairuotojams, ypač saulėtekio ir saulėlydžio metu. Kai saulės trajektorija sutampa su važiavimo kryptimi, pasireškia akinimo faktoriai. Didžiausias pavojus būti apakintam kyla, kai saulė nedaug pakilusi virš horizonto.

Geras kelio ir jo aplinkos matomumas yra pagrindinis saugaus vairavimo reikalavimas. Akinimas, kurį sukelia tiesioginiai saulės spinduliai, gali žymiai sumažinti vairuotojų regėjimo efektyvumą. Esant labai akinamoms sąlygoms, objektų matomumas sumažėja, o mažo kontrasto objektai gali būti nematomi. Veikiant ryškiai šviesai, pavyzdžiui, saulės spinduliams, regėjimo trikdžių efektas išlieka net pašalinus apšvietimo šaltinį arba matymo lauke gali likti trumpalaikis vaizdas. Šis poveikis gali sukelti ilgalaikį regėjimo sutrikimą ir būti pavojingas asmenims, kuriems reikalingas optimalus matymas, pavyzdžiui, vairuotojams kelyje (žr. 49 pav. a, b). Akinimo poveikis yra stipresnis, kai žiūrima per pažeistą optinę terpę (pvz., įbrėžtą ar nešvarų priekinį stiklą).



49 pav. Saulės akinimas saulėlydžio metu: a – vaizdas su infraraudonųjų spindulių kamera, b – vaizdas be infraraudonųjų spindulių kameros

Nuotraukos (žr. 50 pav. a, b) darytos atkarpoje Lazdėnai – Vievis 2021 metų balandžio 22 dieną 19:35 h. Šiuo laiku besileidžianti saulė yra lygiagreti geležinkelio bėgiams, todėl vykstant kryptimi link Kauno, saulės spinduliai apsunkina matomumą. 50 paveiksle žmogus nuo fotografo nutolęs tik 100 m, tačiau jo beveik nesimato.



50 pav. Saulės spindulių įtaka matomumui: a – vaizdas be infraraudonųjų spindulių kameros, b – vaizdas su infraraudonųjų spindulių kamera

Tokioje padėtyje saulės spinduliai šviečia tiesiai į akis, atsispindi nuo veidrodėlių ir kitų blizgių paviršių. Pastebėti kliūtį sunku netgi priartėjus 100 metrų. Žinoma, kitu dienos metu apakinimo ryškia saulės šviesa pavojus išlieka, todėl vairuojant transporto priemonę būtina nuolat išlikti budriam.

Įvykių ir avarių tikimybė padidėja, kai saulės spindesys veikia vairuotojų regėjimą. Ši situacija ypač pavojinga įvažiuojamuosiuose ir išvažiuojamuosiuose keliuose, tunelio išvažiavimo segmentuose ir sankirtose su automobilių keliais. Nors žema danguje esančios saulės padėtis, kai sukeliama akinimo sąlyga, sudaro tik nedidelę viso vairavimo laiko dalį, šios sąlygos dažniausiai būna esant dideliame eismo tankiui (pvz., rytinio ar vakarinio piko metu).

Darbo apibendrinimas ir rezultatų palyginimas

Magistro baigiamajame darbe ištirtas matomumas kreivėje, stabdymo kelias esant skirtingoms važiavimo sąlygoms, išorinio matomumo įtaka eismo saugumui. Nustatytas susidūrimo su kliūtimi greitis, atsižvelgiant į matomumą skirtingo spindulio kreivėse ir apskaičiuotą stabdymo kelią. Prastas matomumas iš mašinisto darbo pozicijos yra dažniausia susidūrimų su kliūtimis priežastis. Susidūrimai įtakoja materialinę žalą geležinkelių transportą ir infrastruktūrą prižiūrinčioms įmonėms, taip pat nematerialinę žalą, kai nukenčia pėstieji, automobilių vairuotojai, keleiviai.

Lyginant su tyrimu, kuris buvo atliktas Čekijoje [3], 99 % avarių geležinkelio transporte, susijusių su pagrindinių / manevrinių sustojimo signalų pravažiavimu sukelia bėginės transporto priemonės valdytojas. Atsižvelgiant į tai galima teigti, kad geras matomumas yra svarbiausias saugaus eismo rodiklis, todėl būtinos papildomos priemonės jį gerinti.

Atlikto tyrimo su infraraudonųjų spindulių kamera rezultatai yra vaizdiniai. Tobulinant kliūčių ant bėgių aptikimo sistemą, galima diegti automatinių objektų aptikimo ir atpažinimo sistemas [7], kurios automatiškai atpažįsta ir signalizuoja apie aptiktus objektus. Naudojant tokią sistemą lokomotyvo valdytojas neprivalo sekti terminės kameros perduodamo vaizdo, yra automatiškai informuojamas apie ant kelio atsiradusius objektus.

Išvados

1. Apžvelgus literatūrą nagrinėjama tema, nustatyta pagrindinė geležinkelio transporto priemonių susidūrimų su kliūtimis priežastis – prastas išorinis matomumas iš traukinio mašinisto pozicijos.

2. Apskaičiuotas stabdymo kelias skirtingų masių sąstatams, atsižvelgiant ir neatsižvelgiant į parengiamąjį stabdymo kelią (reakcijos laiką). Padvigubinus vagonų krova, stabdymo kelias išauga 26,5 %.

Kai sąstato masė 430 t, pradinis greitis 90 km/h, ašių skaičius 46, parengiamasis stabdymo kelias siekia 54 m, tikrasis stabdymo kelias 285 m, bendras stabdymo kelias 339 m.

Kai sąstato masė 860 t, pradinis greitis 90 km/h, ašių skaičius 54, parengiamasis stabdymo kelias siekia 54 m, tikrasis stabdymo kelias 361 m, bendras stabdymo kelias 415 m.

3. Nustatyta, kad matymo laukas kreivėje yra nepakankamas. Stabdymo kelias yra ilgesnis nei matymo laukas kreivėje. Kai kreivės spindulys $R = 1200$ m, matymo laukas siekia 178,5 m. Važiuojant 90 km/h, stabdymo kelias siekia 339,4 m.

4. Apskaičiuotas susidūrimo greitis riboto matomumo sąlygomis. Iki tokio greičio įmanoma sulėtinti sąstatą, pamačius kliūtį.

Kai kreivės spindulys $R = 350$ m, sustabdyti galima judant iki 40 km/h greičiu. Kai kreivės spindulys $R = 4000$ m, saugu judėti ne didesniu nei 80 km/h greičiu.

5. Naudojantis programa „SunCalc“ nustatyti pavojingiausi saulės akinimo periodai ruože Vilnius-Kaunas. Tiesioje atkarpoje Karčiupis-Kaišiadorys akinimo poveikis pavojingiausias nuo 06-11 d. iki 07-11 d. Pavojingiausias laikas ryte nuo 4:50 h iki 7:35 h.

6. Nustatyti kliūtis (žmogaus) aptikimo, atpažinimo ir identifikavimo atstumai naudojant šiluminę kamerą: kliūtis aptikimas – 2600 metrų, atpažinimas – 1800 metrų, identifikavimas – 1000 metrų. Nuotolis pakankamas imtis veiksmų, todėl lokomotyvuose siūloma montuoti papildomą įrangą – infraraudonųjų spindulių šiluminės kameras.

Literatūros sąrašas

1. U. S. Department of transportation. Enhanced Night Visibility Series: Phase II–Study: Visual Performance During Nighttime Driving in Fog. Publication no. FHWA-HRT-04-137 2005 m.
2. Czech The Rail Safety Inspection Office. Safety statistics, 2019.
3. Radovan Madlenak, Jaroslav Mašek, and Lucia Madlenakova. An experimental analysis of the driver's attention during train driving. 2020 [žiūrėta 2021-04-27]. Prieiga per: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/eng-2020-0011/html>
4. Stopka O, Chovancova M, Kampf R. Proposal for streamlining the railway infrastructure capacity on the specific track section in the context of establishing an integrated transport system. In: MATEC Web of Conferences, Vol. 134, Article number 00055, 18th International Scientific Conference, Czech Republic [interaktyvus]. 19 October 2017 [žiūrėta 2021-03-28]. Prieiga per: https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/abs/2017/48/mateconf_logi2017_00055/mateconf_logi2017_00055.html.
5. SMI Eye Tracking Glasses [interaktyvus]. 2020 [žiūrėta 2021-04-28]. Prieiga per: <https://imotions.com/hardware/smi-eye-tracking-glasses/>
6. Jarasuniene A, Yatskiv I. Analysis of improvement of road safety using intelligent transport systems (ITS). In: Transport Means 2007, Proceedings, Kaunas: Kaunas University of Technology Press, 82-185.
7. Amanda Berg, Kristoffer Ofjall, Jorgen Ahlberg and Michael Felsberg. Detecting Rails and Obstacles Using a Train-Mounted Thermal Camera. Computer Vision Laboratory, Department of Electrical Engineering, Linköping University, Sweden 2015.
8. Vlad-Ilie Ungureanu, Razvan-Catalin Miclea, Adrian Korodi and Ioan Silea. Novel Approach against Sun Glare to Enhance Driver Safety. Automation and Applied Informatics Department, Politehnica University of Timisoara, Romania 2020.
9. CES2016 Continental Automotive Smart Glass [žiūrėta 2021-03-03]. Prieiga per: <https://www.smartglass.com/continental/>
10. ISS-DX Solar Tracking Sensor [žiūrėta 2021-04-15]. Prieiga per: http://www.solar-mems.com/wp-content/uploads/2017/02/ISSDX_Technical_Specifications.pdf
11. Railway Infrastructure Concerns [žiūrėta 2021-04-14] Prieiga per: <https://www.pagerpower.com/news/railways-glint-and-glare-impact/>
12. Federal Aviation Administration. Associate Administrator for Airports. Technical Guidance for Evaluating Selected Solar Technologies on Airports. Airport Planning and Environmental Division (APP-400) Washington, DC 2018.
13. Highlighting the dangers solar glare can pose to train drivers [žiūrėta 2021-05-03]. Prieiga per: <https://syntegragroup.com/2019/12/highlighting-the-dangers-solar-glare-can-pose-to-train-drivers/>

14. Intelligent ADAS Infrared Night Vision System for Vehicle Situational Awareness [žiūrėta 2021-04-29]. Prieiga per: <https://mtoptronics.en.made-in-china.com/product/gCumAOxdCcWV/China-Auto-Detection-Pedestrian-Mini-Thermal-Camera.html>
15. Kai Frolic. Solar Photovoltaic Glint and Glare Study. The Farm Energy Partnership, Crundale Solar Development. Crundale, 2014.
16. Geležinkelių signalizacijos taisyklės. Vilnius: Informacijos ir leidybos centras, 1998. ISBN 9986-537-23-1
17. Signal Sighting and Position. Australian Rail Track Corporation Ltd, 2010.
18. Signal Sighting Assessment Requirements. Published by: RSSB Rail Safety and Standards Board Limited, 2016.
19. ADV/001 Techninio geležinkelių naudojimo nuostatai. Patvirtinta Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 1996 09 20 d. įsakymu Nr. 297. Vilnius: Informacijos ir leidybos centras, 1996. 35 p.
20. Евсеев Дмитрий Геннадьевич. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА ОТ АВАРИЙНЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ БУФЕРОВ С ЖЕРТВЕННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 2019.
21. GOST 9238–2013 „Geležinkelio riedmenų matmenys ir pastatų derinimas“. Vilnius: Informacijos ir leidybos centras, 2013. 173 psl.
22. Karakusevic Carson Architects. Harrow Station Sites. Rayners Lane Station. Solar Glare. Harrow, J.K., 2020.
23. Geležinkelio kelias Vilnius – Kaunas [žiūrėta 2021-04-20]. Prieiga per: https://lt.wikipedia.org/wiki/Gele%C5%BEinkelis_Vilnius%E2%80%93Kaunas
24. „Lietuvos geležinkeliai“ primena: pervažose – pats svarbiausias dienos sustojimas [žiūrėta 2021-05-04]. Prieiga per: <https://www.litrail.lt/skelbimai/-gelezinkeliai-primena-pervazose-%E2%80%93-pats-svarbiausias-dienos-sustojimas/>
25. Lentvaryje bus rekonstruota geležinkelio pervaža, įrengtas tunelis automobiliams [žiūrėta 2021-05-04]. Prieiga per: <https://lakd.lrv.lt/lt/naujienos/lentvaryje-bus-rekonstruota-gelezinkelio-pervaza-irengtas-tunelis-automobiliams>
26. „Lietuvos geležinkeliai“ modernizuos dešimt pervažų tarp Vilniaus ir Klaipėdos [žiūrėta 2021-05-04]. Prieiga per: <https://www.lrt.lt/naujienos/verslas/4/1316530/lietuvos-gelezinkeliai-modernizuos-desimt-pervazu-tarp-vilniaus-ir-klaipedos>
27. Projektas Nr. 06.1.1-TID-V-501-01-0013 „Valstybinės reikšmės magistralinio kelio A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda ruožo nuo 102,90 iki 107,00 km rekonstravimas“ [žiūrėta 2021-05-04]. Prieiga per: <https://lakd.lrv.lt/lt/projektai/vykdomi-projektai/projektas-nr-06-1-1-tid-v-501-01-0013>
28. Manevriniai lokomotyvai TEM TMH [žiūrėta 2021-04-28]. Prieiga per: <https://vlrd.lt/lt/produktai/pagaminti-lokomotyvai/tem-tmh/>

29. TEM-TMH Shunting Loco Finished a Test Run Successfully [žiūrėta 2021-04-28]. Prieiga per: <https://www.railwaynews.net/tem-tmh-shunting-loco-finished-a-test-run-successfully.html>
30. Natalia Brycht. ANALYSIS OF ROAD SAFETY IN THE CONTEXT OF HORIZONTAL VISIBILITY WITHIN INTERSECTIONS – FIELD STUDIES. Czestochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Poland 2020.
31. A. Razomaitis. Matomumo geležinkelio pervažose tyrimas. Baigiamasis magistro projektas, 2018.
32. V. Vielys. Lietuvos geležinkelių transporto technikos sertifikavimo tyrimas. Mokslo darbo ataskaita, VGTU 2008 m.
33. Jim Peachman. Lighting for railway crossings. Transport Roads and Maritime Services ISBN 978-1-922245-39-7. Australia, 2013
34. What is NETD in a Thermal Camera [žiūrėta 2021-05-05]. Prieiga per: <https://movitherm.com/knowledgebase/netd-thermal-camera/>
35. THE MAIN PARAMETERS OF THERMAL IMAGING DEVICES [žiūrėta 2021-05-05]. Prieiga per: <https://www.pulsar-nv.com/glo/support/thermal-imaging-technologies/the-main-parameters-of-thermal-imaging-devices/2375/>
36. Leica Calonox Sight [žiūrėta 2021-05-05]. Prieiga per: <https://en.leica-camera.com/SPORT-OPTICS/Hunting/Leica-Thermal-devices/Leica-Calonox/Calonox-Sight>
37. Handheld Thermal Monocular Camera [žiūrėta 2021-05-05]. Prieiga per: <https://www.hikvision.com/en/products/Thermal-Products/Commercial-vision-thermal-cameras/Handheld-series/ds-2ts03-15xf-w-/>
38. Termovizorius Pulsar HELION XP50 [Žiūrėta 2021-04-23] Prieiga per: <https://www.vssistemas.lt/termovizorius-helion-2-xp50>
39. Žiūronai ZEISS Victory [žiūrėta 2021-05-06]. Prieiga per: <https://vilniausginklai.lt/priedai/optika/ziuronai/ziuronai-zeiss-victory-t-rf-10x56-su-tolimaciu.html>
40. Gervis [programa]. 1.0 versija. Vilnius: Lietuvos transporto saugos administracija, 2013 [žiūrėta 2021-04-28].
41. SunCalc [programa]. 2.0 versija. Eisenberg: Torsten Hoffmann, 2014 [žiūrėta 2021-04-28].