



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Krovinio masės ir pozicionavimo įtakos sunkvežimio stabdymo keliui tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Andrius Šuliauskas

Projekto autorius

Doc. Dr. Rolandas Makaras

Vadovas

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino

Krovinio masės ir pozicionavimo įtakos sunkvežimio stabdymo keliui tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

6211EX021

Andrius Šuliauskas

Projekto autorius

Doc. Dr. Rolandas Makaras

Vadovas

Lekt. dr. Vytautas Dzerkelis

Recenzentas

Kaunas, 2019



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Andrius Šuliauskas

(Studento vardas, pavardė)

Transporto priemonių inžinerija 6211EX021

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Krovinio masės ir pozicionavimo įtakos sunkvežimio stabdymo keliui tyrimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 _____ m. _____ d.

_____ Kaunas _____

Patvirtinu, kad mano, Andriaus Šuliausko, baigiamasis projektas tema „Krovinio masės ir pozicionavimo įtakos sunkvežimio stabdymo keliui tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Studijų programa – Transporto priemonių inžinerija 6211EX021

Magistrantūros studijų baigiamojo projekto užduotis

Studentui(-ei) Andriui Šuliauskui

1. Baigiamojo projekto tema:

Krovinio masės ir pozicionavimo įtakos sunkvežimio stabdymo keliui tyrimas

Study of the load mass and positioning influence to the truck braking distance

2. Projekto tikslas:

Ištirti krovinio masės ir jos pasiskirstymo įtaką stabdymo keliui.

3. Projekto uždaviniai:

1. Apžvelgti keliamus saugumo reikalavimus Lietuvos ir Europos įstatymuose ir išanalizuoti pneumatinės stabdžių sistemos elementus;
2. Nustatyti pagrindinius faktorius ir jų įtaką stabdymo keliui;
3. Ištirti sunkvežimių stabdymo kelią su skirtingų masių kroviniais keičiant jų tvirtinimo vietą;
4. Atlikti modeliavimus TruckSim programos aplinkoje;
5. Palyginti teorinius ir bandymų metu gautus rezultatus.

4. Projekto aprašomosios dalies struktūra: Projektą sudaro įvadas, literatūros apžvalga eksperimentų aprašymas, jų rezultatai ir išvados.

5. Projekto konsultantai:

Baigiamojo projekto autorius Andrius Šuliauskas 2017.11.02

(vardas, pavardė, parašas, data)

Baigiamojo projekto vadovas Rolandas Makaras 2017.11.02

(vardas, pavardė, parašas, data)

Krypties studijų programos vadovas Janina Jablonskytė 2017.11.02

(vardas, pavardė, parašas, data)

Autoriaus Šuliauskas Andrius. Krovinio masės ir pozicionavimo įtakos sunkvežimio stabdymo keliui tyrimas. Magistro baigiamasis projektas /vadovas doc. dr. Rolandas Makaras; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Transporto inžinerija (E12), Inžineriniai mokslai

Reikšminiai žodžiai: sunkvežimis, stabdymo kelias, pagretis, kroviny, laikas.

Kaunas, 2019. 51p.

Santrauka

Stabdymo kelias, tai atstumas kurį transporto priemonė nuvažiuoja nuo vairuotojo veiksmų pradžios iki pilno sustojimo. Darbe iškeltas tikslas ištirti sunkvežimių masės ir jos pasiskirstymo įtaką stabdymo keliui. Išanalizavus literatūrą, kurioje nagrinėjama stabdymo kelių įtakojantys veiksniai, ištirtos dviašio sunkvežimio ir vilkiko su puspriekabe ašių apkrovos esant skirtingoms krovinių konfigūracijoms, bandymų ir kompiuterinių simuliacijų būdu nustatyti jų stabdymo atstumo dydžiai miesto ir užmiesčio sąlygomis, palyginti ir apibendrinti gautis rezultatai

Atlikus bandymus su kroviniu vilkiko puspriekabės priekyje, viduryje ir gale, nustatyta kad junginys sustos greičiausiai, kai kroviny pritvirtintas puspriekabės viduryje, sustojimui prireikia 3,05 sekundės ir stabdymo metu nuvažiuojamas atstumas 18,2m. Iš lėtėjimo pagreičių priklausomybės nuo laiko grafikų, nustatyta, kad didėjant krovinio masei, didėja ir stabdžių suveikimo laikas. TruckSim programoje atlikus tuos pačius bandymus, pastebėta, kad priekinės ašies apkrova ekstremaliai stabdant gali išaugti dvigubai.

Author's Šuliasukas Andrius. Study of the load mass and positioning influence to the truck braking distance. Master's Final Degree Project supervisor assoc. prof. Rolandas Makaras; The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: truck, braking distance, acceleration, load, duration.

Kaunas, 2019. 51 p.

Summary

Stopping distance is described as a distance vehicle navigates through from the point when the driver takes an action until the vehicle is fully stopped. The aim of this study is to research how lorry's mass and its distribution influences stopping distance. Literature regarding factors that might impact stopping distance was thoroughly examined. Afterwards, double axis truck and tugboat with semitrailer was tested for axis load when the cargo mass configuration differentiates. Computer-based simulations and practical trials were applied to assess the length of stopping distance while driving in an urban area and in a rural zone. Obtained results were compared and summarized.

The truck was tested with its cargo placed in semitrailer's front, middle and rear end. The trial showed that the vehicle's stopping distance was the shortest when the cargo was situated in the middle part of semitrailer, in this particular case to fully stop it would take 3,05 seconds and the stopping distance's length would reach 18,2 m. The deceleration curve and its reliance to time graph display that with increasing cargo mass the time required for the brakes to fully work also increases. Applying TruckSim software with same parameters revealed that the load on front axis might double while braking in extreme conditions.

Turinys

ĮVADAS	8
1. LITERATŪROS APŽVALGA	9
1.1 Bendrieji sunkiasvorių transporto priemonių eksploatacijos reikalavimai	9
1.2 Stabdžių sistemų funkcijos	11
1.3 Sunkvežimio stabdymo proceso ypatumai	11
1.4 Automobilio stabdymo jėga	14
1.5 Ratų apkrovos ir svorio centro padėtis	17
1.6 Pneumatinė stabdžių sistema	20
2. EKSPERIMENTINĖ DALIS	23
2.1 Krovinio masės ir pozicionavimo tarp ašių įtaka stabdymo keliui	25
2.2 Krovinio masės ir jo masės centro aukščio įtaka stabdymo keliui	27
2.3 Ašių apkrovų persiskirstymas, kintant krovinio vietai ir masei	28
3. EKSPERIMENTINIS TYRIMAS	35
3.1 Stabdymo bandymai naudojant DL1 duomenų kaupiklį	35
3.1.1 Mercedes Benz 1717 dviašis sunkvežimis	35
3.1.2 Renault Magnum vilkikas ir Krone XL puspriekabė	39
3.2 Stabdymo kelio ir laiko tyrimas TruckSim programa	43
IŠVADOS	50
LITERATŪRA	51
PRIEDAI	52
P-1 Mercedes Benz 1717 techninės apžiūros rezultatų kortelė	52
P-2 Renault Magnum 480.19T techninės apžiūros rezultatų kortelė	53
P-3 Renault Magnum 480.19T techninės apžiūros rezultatų kortelė	54

ĮVADAS

Kas trečias Europoje registruotas automobilis yra sunkiasvorė transporto priemonė. Nepaisant sąlyginai nedidelio jų kiekio keliuose, jie sukelia 14% mirtinų autoįvykių, kuriuose visoje Europoje žūsta daugiau kaip keturi tūkstančiai žmonių. Dėl šios priežasties didelis dėmesys skiriamas sunkvežimių eismo kontroliavimui, nes per sunkius ar leidžiamus gabaritus viršijančius krovinius gabenantys automobiliai, kelia tiesioginę grėsmę kitų eismo dalyvių saugumui. Per daug sverianti transporto priemonė gali nespėti laiku sustoti, dėl to, kad jos stabdžių sistema nėra pritaikyta tokioms apkrovoms. Net gabenant leidžiamos masės krovinį, bet jį blogai pritvirtinus ar pritvirtinus netinkamoje vietoje, išauga eismo įvykio tikimybė. Didėjant greičiui, didėja ir atstumas reikalingas sustabdyti transporto priemonę, automobilis tampa sunkiau valdomas, inertiškesnis. Kuo didesniu greičiu juda transporto priemonė, tuo sunkesnės būna autoįvykio pasekmės, nes sunkvežimio kinetinė energija yra tiesiogiai proporcinga jo masės ir greičio kvadratui. Susidūrimo atveju, šią energiją sugeria kiti automobiliai, kliūtis į kuria buvo trenktasi ir net gi žmonės.

Stabdymo kelias, tai atstumas kurį transporto priemonė nuvažiuoja nuo vairuotojo veiksmų pradžios iki pilno sustojimo. Šiame darbe apžvelgsime esamą literatūrą, kurioje nagrinėjama stabdymo kelią įtakojantys veiksniai, ištirsime dviašio sunkvežimio ir vilkiko su puspriekabe ašių apkrovas esant skirtingoms krovinių konfigūracijoms, bandymu ir kompiuterinių simuliacijų būdu nustatysime jų stabdymo kelius miesto ir užmiesčio sąlygomis, palyginsime gautus rezultatus.

Darbo tikslas: Ištirti krovinio masės ir jos pasiskirstymo įtaką stabdymo keliui.
Darbo uždaviniai:

1. Apžvelgti keliamus saugumo reikalavimus Lietuvos ir Europos įstatymuose ir išanalizuoti pneumatinės stabdžių sistemos elementus;
2. Nustatyti pagrindinius faktorius ir jų įtaką stabdymo keliui;
3. Ištirti sunkvežimių stabdymo kelią su skirtingų masių krovniais keičiant jų tvirtinimo vietą;
4. Atlikti modeliavimus Trucksim programos aplinkoje;
5. Palyginti teorinius ir bandymų metu gautus rezultatus.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1 Bendrieji sunkiasvorių transporto priemonių eksploatacijos reikalavimai

„Visas Europos sąjungoje eksploatuojamas transportas yra suskirstytas į kategorijas. Kiekviena kategorija išskiriama pagal esminius, kitoms netinkančius bruožus.“[3]

„Kategorija N - variklio varoma transporto priemonė, turinti ne mažiau kaip keturis ratus ir skirta kroviniams vežti.“[4]

- „N1 klasė - transporto priemonė kroviniams vežti, kurios bendroji masė ne didesnė kaip 3,5 t (krovininis automobilis);

- N2 klasė - transporto priemonė kroviniams vežti, kurios bendroji masė didesnė kaip 3,5 t, tačiau ne didesnė kaip 12 t (krovininis automobilis);

- N3 klasė - transporto priemonė kroviniams vežti, kurios bendroji masė didesnė kaip 12 t (krovininis automobilis)“[4];

„Vilkiko bendraja mase vadinama paties vilkiko bendroji masė ir balniniam sujungimui tenkanti pakrautos puspriekabės masės dalis. Norint užtikrinti kelių ilgaamžiškumą ir eismo saugumą yra apibrėžtos maksimalios ašių apkrovos:“ [4]

1. Pavienės ašys / nevarančiosios ašys - 10,0 t.

2. Priekabų arba puspriekabių sudvejintos ašys. Bendroji ašių apkrova, priklausomai nuo atstumo „d“ (metrais) tarp jų, neturi viršyti nustatytų atstumų. Jie pateikti lentelėje:

1.1. lentelė. Leidžiamos apkrovos pagal atstumą tarp ašių[4]

$d < 1,00$	11t
$1,00 < d < 1,30$	16t
$1,30 < d < 1,80$	18t
$1,80 < d$	20t

3. Triašės priekabos arba puspriekabės

Bendroji ašių apkrova, priklausomai nuo atstumo „d“ (metrais) tarp jų, neturi viršyti:

1.2. lentelė. Leidžiamos apkrovos pagal atstumą tarp ašių [4]

$d < 1,00$	21t
$1,00 < d < 1,30$	24t

4. Varančioji ašis:

4.1. kelių transporto priemonių varančiosios ašies apkrova neturi viršyti 11,50 t

„Kadangi sunkiasvorės transporto priemonės sudaro 3 % ES transporto priemonių parko, tačiau jos sukelia 14 % mirtinų susidūrimų, per kuriuos 27 Europos Sąjungos valstybėse narėse kasmet žūsta daugiau kaip 4 000 žmonių, nuo 2012 m. privalomas elektroninių stabilumo kontrolės (angl. ESC) sistemų įrengimas naujų serijų automobiliuose ir komercinėse transporto priemonėse. Jos turi būti įrengtos visuose naujuose automobiliuose iki 2014 m. Elektroninė stabilumo kontrolės sistema veikia transporto priemonės stabdžių arba elektros sistemą, padėdama vairuotojui valdyti transporto priemonę kritinėse situacijose (pvz., esant prastoms kelio sąlygoms, per dideliu greičiu darant posūkį).“[3]

„Nuo 2013 m. privalomas pažangiųjų staigaus stabdymo sistemų (angl. AEBS) įrengimas krovininėse transporto priemonėse. Šios sistemos jutikliai išpėja vairuotoją, kai transporto priemonė per daug prisitartin prie priešais ją važiuojančio automobilio, ir tam tikrais atvejais įjungia avarinį stabdymą, kad būtų išvengta susidūrimo arba sumažėtų jo padariniai. Tai pat krovininėse transporto priemonėse privaloma įrengti išpėjimo apie nukrypimą nuo kelio juostos sistemas (angl. LDW). Jos išpėja vairuotoją, kai iškyla pavojus, kad transporto priemonė gali išvažiuoti iš kelio juostos netyčia, dažniausiai dėl vairuotojo dėmesio stokos,“[3]

Europos Sąjungos tyrimo metodologija. Bendrosios nuostatos:[3]

„Reikiamas stabdžių sistemų veiksmingumas nustatomas pagal stabdymo kelią ir vidutinį lėtėjimo pagreitį arba tik vieną iš šių kiekybinių parametru. Stabdžių sistemos veiksmingumas nustatomas išmatavus stabdymo kelią, atsižvelgiant į pradinį transporto priemonės greitį, ir išmatavus vidutinį lėtėjimo pagreitį bandymo metu arba tik vieną iš šių kiekybinių parametru. Tiek stabdymo kelias, tiek vidutinis lėtėjimo pagreitis ar tik vienas jų turi būti nustatytas ir išmatuotas atlikus numatytą bandymą.“[3]

„Stabdymo kelias yra atstumas, kurį transporto priemonė nuvažiuoja nuo to momento, kai vairuotojas pradeda jungti stabdžių sistemos valdymo įtaisą, iki transporto priemonės sustojimo momento; pradinis transporto priemonės greitis (v_1) yra greitis tuo momentu, kai vairuotojas pradeda jungti stabdžių sistemos valdymo įtaisą; pradinis greitis turi sudaryti ne mažiau kaip 98 proc. atitinkamam bandymui nurodyto greičio. „[3]

„Greitis ir atstumas nustatomi prietaisais, kurių rodmenų tikslumas yra ± 1 proc., jeigu taikomas atitinkamam bandymui nustatytas greitis. Užuo matavus greitį ir atstumą, dm dydį galima nustatyti ir kitais būdais; tada dm matavimo tikslumas turi būti ± 3 proc.“[3]

„ Suteikiant bet kurios transporto priemonės tipo patvirtinimą, stabdymo veiksmingumas nustatomas atliekant bandymus kelyje tokiomis sąlygomis:“[3]

„- transporto priemonės masė turi atitikti kiekvieno tipo bandymui nustatytą masę ir turi būti nurodyta bandymo ataskaitoje;

- bandymas atliekamas taikant kiekvieno tipo bandymui nustatytą greitį. Jeigu didžiausias projektinis transporto priemonės greitis yra mažesnis už bandymui nustatytą greitį, bandymas atliekamas transporto priemonei pasiekus didžiausią projekcinį greitį;
- atliekant bandymus, stabdžių sistemos valdymo įtaisas veikiamas jėga, kuri, kad būtų pasiektas nustatytas veiksmingumas, turi neviršyti 600 N kojomis valdomų valdymo įtaisų ar 400 N rankinio valdymo įtaisų atveju;
- kelio danga turi užtikrinti gerą sukibimą, nebent yra nurodyta kitaip;
- bandymai atliekami tada, kai nėra vėjo, galinčio turėti įtakos bandymų rezultatams;
- bandymų pradžioje padangos turi būti šaltos, o slėgis jose turi atitikti tokį slėgį, koks pagal reikalavimus turi būti esant apkrovai, faktiškai veikiančiai ratus, kai transporto priemonė nejuda.
- Nustatytas veiksmingumas turi būti pasiektas transporto priemonei nenukrypstant nuo važiavimo krypties, nesukuriant nenormalios vibracijos ir neblokuojant ratų. Ratų blokavimas leidžiamas tik tada, kai tai aiškiai nurodyta.“[3]

1.2 Stabdžių sistemų funkcijos

„Stabdžių sistemos gali būti, hidraulinės, pneumatinės, mechaninės. Sunkiasvorio transporto sektoriuje dažniausiai naudojamos pneumatinės stabdžių sistemos. Jos pagal paskirtį skirstomos į:“[12]

- „Darbinė stabdžių sistema. Darbinė stabdžių sistema transporto priemonę turi būti įmanoma stabdyti palaipsniui. Vairuotojas turi turėti galimybę sustabdyti transporto priemonę sėdėdamas jam skirtoje vietoje ir neatitraukdamas rankų nuo tiesiogiai valdomos vairo mechanizmo dalies.“[12]

- „Atsarginė stabdžių sistema. Atsarginė stabdžių sistema suteikia galimybę sustabdyti transporto priemonę neviršijant pagrįsto ilgio stabdymo kelio, jeigu sugestų darbinė stabdžių sistema. Tokiu atveju traktorių turi būti įmanoma stabdyti palaipsniui. Vairuotojas turi turėti galimybę sustabdyti transporto priemonę sėdėdamas jam skirtoje vietoje ir bent viena ranka laikydamas tiesiogiai valdomą vairo mechanizmą. Taikant šiuos reikalavimus tariama, kad vienu metu darbinėje stabdžių sistemoje gali būti ne daugiau kaip vienas gedimas.“[12]

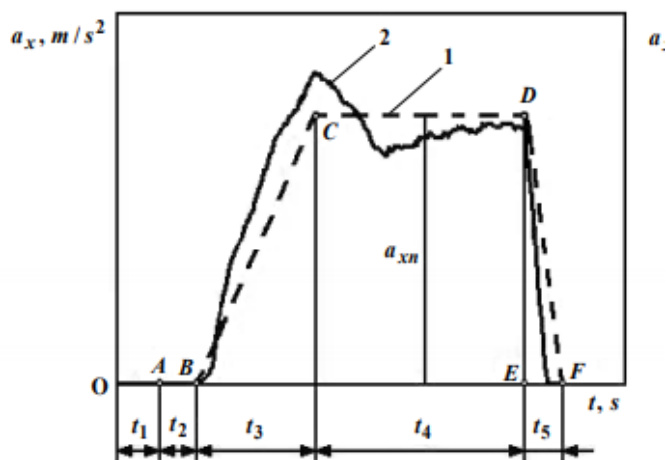
- „Stovėjimo stabdžių sistema. Stovėjimo stabdžių sistema turi suteikti galimybę išlaikyti transporto priemonę nejudančią nuokalnėje arba įkalnėje netgi tada, kai nėra vairuotojo, o stabdžių sistemos darbinės dalys yra užfiksuotos vien tik mechaniniu įtaisu. Turi būti sudarytos tokios sąlygos, kad vairuotojas galėtų sukurti tokią stabdymo jėgą sėdėdamas jam skirtoje vietoje.“[12]

-

1.3 Sunkvežimio stabdymo proceso ypatumai

Stabdymo procesą įtakoja daugybė veiksnių: kelio danga, pedalo nuspaudimo jėga, sistemos darbinis slėgis, transporto priemonės masė ir t.t.

Pakitęs nors vienam iš šių veiksnių, gaunamos bandymo rezultatų reikšmės gali pakisti net kelis kartus.



1.1 pav. Lėtėjimo pagreičių priklausomybės nuo laiko(1- teorinė, 2- reali)[5]

Kadangi dauguma veiksnių įtakojančių stabdymo eigą per sekundę pakintą daugybę kartų, reali stabdymo diagrama skiriasi nuo teorinės. Diagramoje t_1 atkarpa vaizduoja vairuotojo reakcijos laiką. Tai laiko tarpas, nuo akimirkos kai vairuotojas pamatė kliūtį iki kol jis imasi realių veiksmų. Šiuo atveju, stabdžių paminos nuspaudimo taške A. Reakcijos laiką gali įtakoti vairuotojo amžius, jo patirtis, nuovargio lygis. Esant tamsiam paros metui tai pat pririekia daugiau laiko pastebėti kliūtį. [5]

Pneumatinė stabdžių sistema yra gana inertiška, dėl oro judėjimo sistemoje, jo spūdumo atsiranda sistemos suveikimo laikas. Dėl šio laiko atsiranda laiko tarpas, nuo pedalo nuspaudimo iki akimirkos kol transporto priemonė pradeda lėtėti. Šis laiko periodas diagramoje žymimas t_2 ir vadinamas stabdžių sistemos vėlavimo laiku. Taške B teorinė ir reali stabdymo kreivės pradeda skirtis. Teorinė stabdymo kreivė pagal tiesinę priklausomybę pasiekia tašką C. Tiesinės priklausomybės atsiradimą įtakoja nekintančios bandymo sąlygos.[5]

Šiuo atveju reali kreivė tašką C pasiekia tuo pat laiko momentu, tačiau įgyja didesnę reikšmę. C taške abiem atvejais pasiekiamas didžiausias lėtėjimo pagreitis. t_3 laiko periodas vadinamas lėtėjimo pagreičio augimu. Periodo ilgis priklauso nuo kelio dangos, automobilio masės, padangų būklės. Naudojant pneumatines stabdžių sistemas, šis laikas yra žymiai didesnis, nei naudojant hidraulinės stabdžių sistemas. Teoriškai šis pagreitis turėtų išsilaikyti tolygus visą t_4 laiko tarpą. Antrosios kreivės reikšmės nuo C iki D taško kinta dėl ABS įrangos veiklos, masių persiskirstymo, kelio dangos paviršiaus netolygumo.

Idealiomis sąlygomis, kuomet visi keturi ratai stabdomi vienodomis jėgomis ir užtikrinamas vienodas sukibimo koeficientas pastovus lėtėjimo pagreitis vyraujantis atkarpoje t_4 apskaičiuojamas pagal formulę:[5]

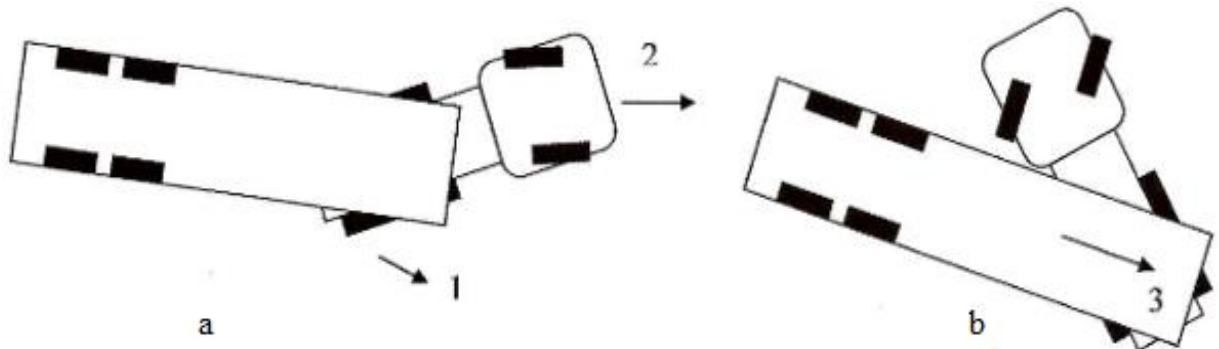
$$a_x = \varphi_x * g \quad (1.1)$$

čia: φ_x – sukibimo koeficientas;

g – laisvojo kritimo pagreitis.

Stabdymo gale, atkarpoje nuo taško D iki taško F, lėtėjimo pagreičiai abiem atvejais krenta iki nulio.

Stabdant sunkvežimį su puspriekabe, labai svarbu išlaikyti vienodus lėtėjimo pagreičius abiem junginio dalim. Tai padaryti be kompiuterių pagalbos būtų tiesiog neįmanoma, nes kiekvieną ašį veikia skirtinga prispaudimo jėga, skiriasi stabdymo jėgos, kelio dangą.



1.2 pav. Junginio elgsena stabdymo metu, kuomet vilkikas lėtėja greičiau nei puspriekabė[10]

Kuomet sunkvežimio lėtėjimo pagreitis yra didesnis nei puspriekabės, ši ima jį stumti į priekį. Jei vairuotojas šiuo momentu pasuks vairą ar dėl kelio nelygumo junginys neišlaikys lygios judėjimo tiesės, vilkiko galinė ašis gali būti pradėta stumti į šoną, kryptimi 1. Norint suvaldyti galinės ašies slydimą, vairuotojas suka vairą į slydimo pusę ir jei reikia atleidžia stabdžių pedalą, junginys turi pradėti judėti kryptimi 2. [10]

Paveikslėlio b dalyje pavaizduota situacija, kuomet nepavyko suvaldyti vilkiko galinės ašies slydimo. Atstatyti junginį į tiesų judėjimą tampa neįmanoma, kuomet kampas tarp puspriekabės ir vilkiko tampa mažesnis, nei ratų pasukamumo kampas. Šiuo atveju, dėl puspriekabės kinetinės energijos, kuri veikia 3 kryptimi, vilkikas apsikamas ir jo šoninė dalis atsitrenkia į šoninę puspriekabės dalį. Visiškai prarandamas junginio valdymas, stabdymas tampa neefektyvus, judama 3 krypti iki visiško sustojimo.



1.3 pav. Junginio elgsena, kuomet puspriekabė lėtėja greičiau nei vilkikas[10]

Praktikoje dažnai susiduriama ir su atvirkštine situacija, kuomet vilkiko traukiama puspriekabė

stabdymo metu išvysto didesnius lėtėjimo pagreičius, nei pats vilkikas.

Dažniausiai tai nutinka važiuojant be krovinio, kuomet ašys yra neapkrautos dideliais svoriais. Junginys išlaiko tiesią liniją ir toks stabdymas nekelia jokio papildomo pavojaus, neskaitant to, kad padidina stabdymo kelią. Tačiau, esant tokiai situacijai prireikus staigiai pasukti, atsiranda tikimybė, kad puspriekabė pradės slysti į šoną kryptimi 1, atsitrenkdama į kelkraštyje stovinčius automobilius ar priešpriešinį eismą. Toks slydimas yra lengvai kontroliuojamas, vairuotojui atleidžiant stabdžius ir išlaikant tiesią judėjimo trajektoriją. Vilkikui pavažiavus keliolika metrų, jis vėl judės tiesia kryptimi 2.

1.4 Automobilio stabdymo jėga

„Lėtėjimas stabdant, kaip ir greitėjimas įsibėgėjant, lemia vidutinį automobilio greitį. Svarbu, kad stabdant būtų kuo trumpesnis stabdymo kelias (didesnis lėtėjimas), kad automobilis neprarastų pusiausvyros ir būtų valdomas. „[12]

Stabdymo jėga kontaktuojant ratui su keliu: [12]

$$P_s = \frac{M_s}{r} \quad (1.2)$$

„čia: M_s -stabdymo momentas;

r -rato spindulys.

Kad stabdomas ratas nečiuožtų, turi būti vykdoma sąlyga:“[12]

$$P_s = G_r \varphi_1 \quad (1.3)$$

„čia: G_r – automobilio svoris, tenkantis stabdomam ratui, kai kelias yra horizontalus ($\alpha = 0$);

φ_1 - rato sukibimo su keliu koeficientas.“[12]

Norint rasti bendrą automobilio stabdymo jėgą, visų stabdomų ratų stabdymo momentus reikia sudėti.[12]

Todėl:

$$P_{sv} = G\varphi \quad (1.4)$$

čia: G – viso automobilio svoris;

φ – visų ratų vidutinis sukibimo koeficientas

„Tarkim, kad stabdant variklis atjungtas nuo transmisijos. Riedėjimo, įkalnės ir oro varža visada padeda stabdyti, inercija, nuokalnė ir nestabdoma priekaba – trukdo stabdyti. Automobilio

tiesaus judėjimo lygtį rašome taip pat, kaip ir energetinę lygtį, tik vietoj variklio jėgos imame stabdymo jėgą ir atitinkamai pakeičiame judėjimo varžų ženklus:“[12]

$$P_{sp} + P_{sg} + R_{zp}\varphi_p + R_{zg}\varphi_g + G\sin\alpha + kFv^2 - m\delta\dot{v} + P_p = 0 \quad (1.5)$$

čia: [12]

P_{sp} – priekinių ratų stabdymo jėga;

P_{sg} – užpakalinių ratų stabdymo jėga;

R_{zp} – priekinės ašies vertikali apkrova;

R_{zg} – galinės ašies vertikali apkrova;

φ_p – priekinių padangų sukibimo su keliu koeficientas;

φ_g – galinių padangų sukibimo su keliu koeficientas;

k – koeficientas įvertinantis oro tankį ir automobilio aptakumo koeficientą;

F – automobilio videlio plotas;

v^2 - automobilio greitis;

m – automobilio masė;

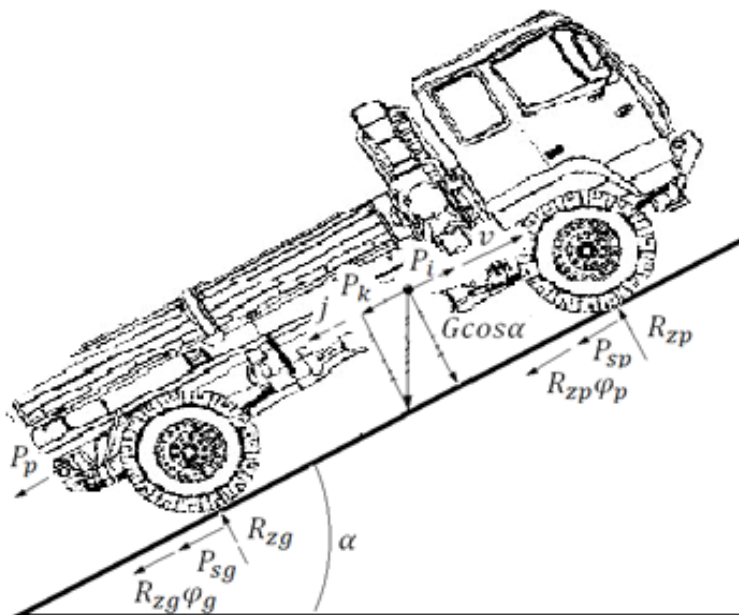
δ – dinamiškumo koeficientas;

P_p –priekabos pasipriešinimo jėga;

„Iš lygties nežinomųjų ženklų, matome, kad didžiausia įtaką ieškant bet kurių reikšmių, turi automobilio greitis. Žinant automobilio greitį. Automobiliui judant tiesiame kelyje sunkio jėga G bus nukreipta vertikaliai žemyn. Judant nedideliais greičiais ir atliekant stabdymo bandymus, greitis staigiai mažėja, pats stabdymas užtrunka neilgą laiko tarpą, todėl aerodinaminė pasipriešinimo jėga, kuria įtakoja videlio plotas, oro tankio ir automobilio aptakumo koeficientas ir greitis, neturi didelės įtakos automobilio stabdymo keliui.“[12]

„Automobiliui įsibėgėjant, priekabos sukuriama jėga yra nukreipta priešinga judėjimo kryptiai, tai yra ji apsunkina įsibėgėjimą. Automobiliui stabdant, priekaba kurioje nėra sumontuota stabdžių, sukuria jėga kuri yra nukreipta automobilio judėjimo kryptimi, tai yra apsunkina automobilio stabdymą.“[12]

„Automobilį stabdymo metu veikiančios jėgos atidedamos šoninėje jo projekcijoje:



1.4 pav. Automobilį stabdymo metu veikiančios jėgos

Iš projekcijoje pavaizduotų jėgų, matome, kad automobilis važiuodamas į įkalnę stos greičiau. Kuo statesnė įkalnė, t.y. didesnis kampas alfa, tuo horizontaliau veiks sunkio jėga, taip kurdamą papildomą stabdymą.“ [12]

„Tare, kad $\varphi_p = \varphi_g = \varphi$ ir supaprastinę išraišką $P_{sp} + P_{sg} = P_s$ gauname:“ [12]

$$P_s + G\varphi \cos \alpha + G\sin \alpha + kFv^2 - m\delta\dot{v} + P_p = 0 \quad (1.6)$$

Jei stabdymas vyksta tiesiame kelyje, gauname:[12]

$$P_s + G\gamma + kFv^2 - m\delta\dot{v} + P_p = 0 \quad (1.7)$$

„Taigi, stabdymą tiesiame kelyje įtakoja ratų prispaudimo jėga, automobilio kėbulo aerodinaminis pasipriešinimas, automobilio masė ir priekabos pasipriešinimo jėga. [12]

Įprastomis sąlygomis, stabdant kelyje su sausa asfalto danga, kurios skubimo koeficientas yra apie 0,85- 0,9 lėtėjimo pagreitis siekia 2,5 – 4,0 m/s², o esant ekstremaliam stabdymui – 6,0 – 8,0 m/s².“ [12]

„Normatyvinės stabdymo parametrų reikšmės transporto priemonėms pateikiamos lentelėje:[12]

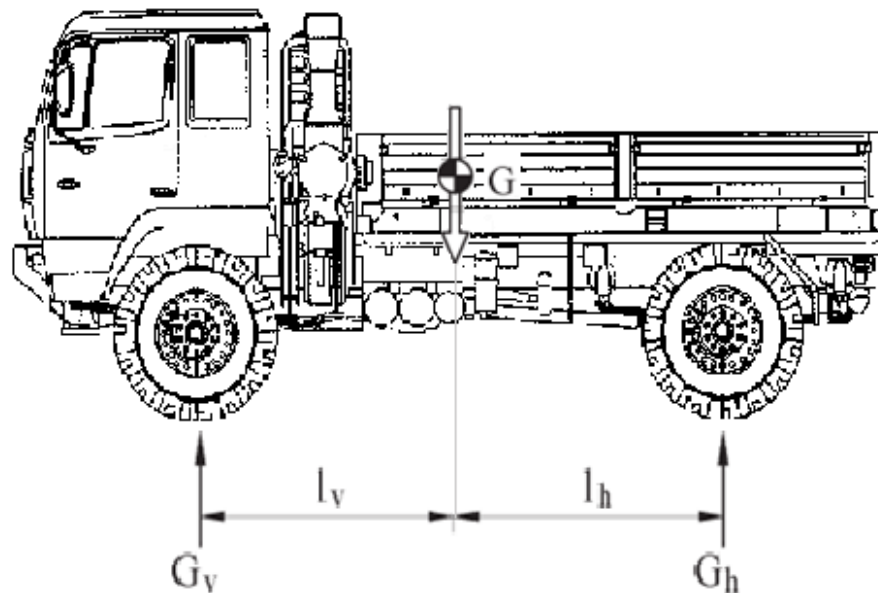
1.3 lentelė. Normatyvinės stabdymo parametrų reikšmės [12]

	Pradinis stabdymo greitis v_0 , (km/h)	Stabdymo kelias s , (m)	Pagreitis j_n , (m/s^2)	Didžiausia jėga F , (N) į valdymo elementą
Darbinės stabdžių sistemos	80	$\leq 0,1v + \frac{v^2}{150}$	$\geq 5,1$	500
Atsarginės stabdžių sistemos	80	$\leq 0,15v + \frac{2v^2}{130}$	$\geq 2,9$	400

Atsarginės stabdžių sistemos efektyvumas yra 44% mažesnis negu darbinės sistemos. Tokį efektyvumo sumažėjimą lemia, kad stabdant atsargine stabdžių sistema sukuriama mažesnės stabdymo jėgos, bei stabdymo metu riedėjimui priešinasi mažiau ratų.

1.5 Ratų apkrovos ir svorio centro padėtis

Automobiliui stovint ir njudant, jo masė pasiskirsto po visus keturis ratus. Padangos ir kelio paviršiuje atsiranda jėgos, nukreiptos statmenai aukštyn. Nagrinėjant ašių apkrovas, išskiriamos tik dvi jėgos, G_v ir G_h . [2]



1.5 pav. Ašių apkrovų ir masės centro vietos schema

Atstumas nuo priekinės ašies iki masės centro, žymimas l_v , o atstumas nuo masės centro iki

galinės ašies- l_h . Šių abiejų atstumu suma yra lygi automobilio bazei. Svorio centras gali būti bet kuriame taške, beveik visada tarp laikančiųjų ašių. Norint apskaičiuoti jo vietą, svarbu žinoti agregatų masę, jų išsidėstymą ir tikslus atstumus nuo atskaitos taškų, šiuo atveju nuo automobilio priekio.

Žinant l_v , l_h ir automobilio visą masę, galima apskaičiuoti ašių apkrovas pagal formules:[2]

$$G_v = G * \frac{l_h}{l_v+l_h} ; \quad G_h = G * \frac{l_v}{l_v+l_h} \quad (1.8)$$

čia: G – automobilio masė

G_v - priekinės ašies apkrova;

G_h - galinės ašies apkrova;

l_v -atstumas nuo priekinės ašies iki masės centro;

l_h -atstumas nuo masės centro iki galinės ašies;

Lengvuosiuose automobiliuose skaičiuojant masės centrą, su vairuotoju ir keleiviu, jis dažniausiai gaunamas ties vairuotojo sėdyne sėdinčio žmogaus dubens sritimi. Nustatyta, kad tuomet vairuotojas geriausiai jaučia automobilį veikiančius pagreičius ir išorines jėgas, kas leidžia jam laiku pajusti automobilio slydimą ir kitus pavojingus reiškinius ir bandyti juos sukontroliuoti.

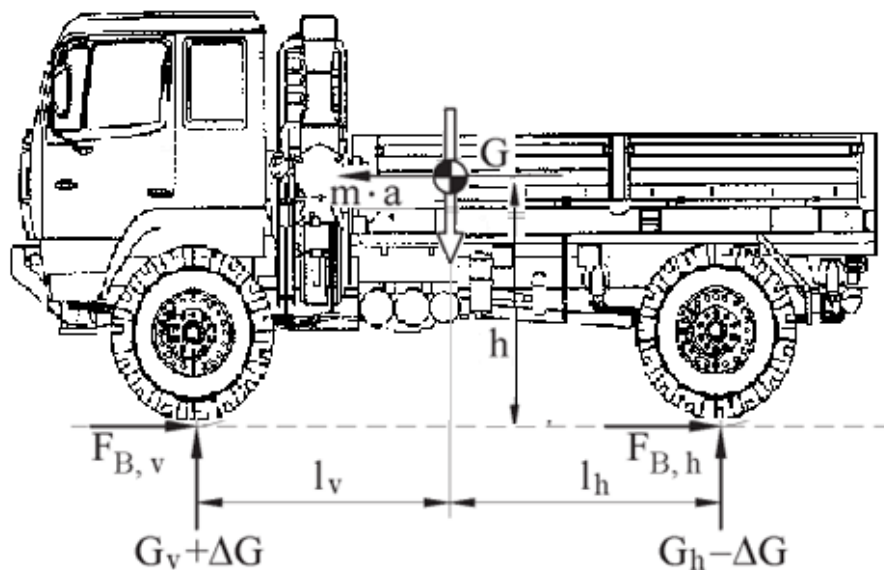
Tiriant sunkiasvorį transportą, viskas kur kas sudėtingiau. Dažnai sunkvežimis gali vežti už save sunkesnę krovinį, kuris didelę apkrovą gali suteikti viename taške. Todėl atsižvelgiant į krovinių gabenimą reglamentuojančius įstatymus ir leidžiamas ašių apkrovas, krovinyms turi būti pritvirtintas vietoje, kuri užtikrintų, kad pateikiamos rekomendacijos būtų įgyvendintos.

Tai pat dalinių krovinių logistikoje, dažnai vežami skirtingų gabaritų, masių kroviniai, kurie sunkvežimio ar priekabos ašis gali apkrauti netolygiai, pavyzdžiui puspriekabėje vežamos statybinės medžiagos: priekinėje kėbulo dalyje sudėti keramikiniai statybiniai blokeliai, vidurinėje sukrautas betono mišinys, o puspriekabės galinėje dalyje, pagal savo tankį sąlyginai labai lengvas putplastis. Iš tokios schemos galime spėti, kad labiausiai bus apkraunama vilkiko galinė ašis. Prireikus staigiai stabdyti, puspriekabės galinės ašys išvystys žymiai mažesnę stabdymo jėgą, nei tuo atveju, kai krovinio masė būtų paskirstyta tolygiai ir galinių ašių apkrova būtų didesnė.

Dažniausiai gamintojai pateikia tik horizontaliąją svorio centro padėtį, o vertikaliją nutyli. Vertikalioji svorio centro padėtis, tai svorio centro aukštis. Jis svarbus skaičiuojant automobilio stabilumą, pravažumą ir masių persiskirstymą tarp ašių stabdymo metu. Bendras masės centro aukštis gali būti apskaičiuotas atsižvelgiant į kiekvieno sunkvežimio ir puspriekabės agregato masės centro aukštį, tai pat įvertinant krovinio vietą, masę, tankio netolygumus.[2]

Greitėjant ar lėtėjant, ašių apkrovos pasikeičia nuo ankščiau minėtų statinių apkrovų. Kuo aukščiau automobilio masės centras, tuo labiau bus apkraunama automobilio priekinė ašis stabdant.

Esant kad ir nežymiam automobilio lėtėjimui, gaunama nauja jėgų sistema su dinaminiais ašių apkrovų pokyčiais ΔG : [2]



1.6 pav. Ašių apkrovos įvertinant masių persiskirstymą

„Schemoje pažymimas masės centras ir jo pagreičio kryptis. Specifinis rodiklis, su kuriuo susijusi vertikalojo svorio centro padėtis, ir kuri, būtina žinoti stabdymo jėgų pasiskirstymo diagramai nubraižyti, yra:“ [2]

$$\chi = \frac{\text{svorio centro aukštis}}{\text{automobilio bazė}}$$

„Esant momentinei pusiausvyrai apie užpakalinės ašies atramos tašką gaunama lygtis:“ [2]

$$m * a * h + G * l_h - (G_v + \Delta G) * (l_v + l_h) = 0; \quad (1.9)$$

$$\frac{G * l_h + m * a * h}{l_v + l_h} = G_v + m * a * \chi = G_v + \Delta G \quad (1.10)$$

čia:

a- pagreitis;

m- masė.

„Gauname kad, dėl lėtėjimo ar greitėjimo a statinė priekinės ašies apkrova padidėja ar sumažėja priklausomybe:“ [2]

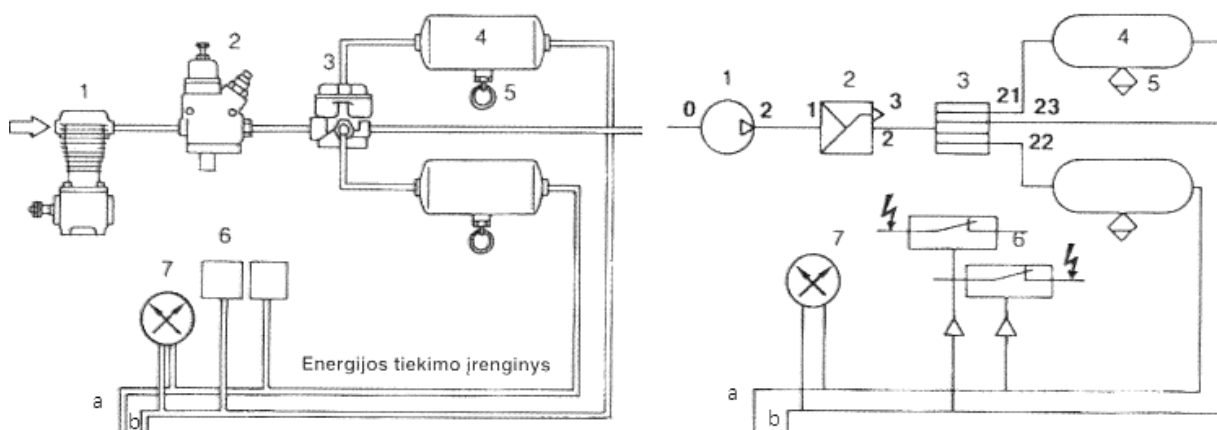
$$\Delta G = m * a * \chi \quad (1.11)$$

„Taigi ašių apkrovų persiskirstymas yra tiesiogiai proporcingas masės centro aukščio ir automobilio bazės santykiui. „[2]

1.6 Pneumatinė stabdžių sistema

Sunkvežimiams sustabdyti neužtenka vien žmogaus koja išgaunamos jėgos, todėl mechaninės arba hidraulinės stabdžių sistemos turi ją didinti. Ratų stabdžiams išstumti naudojamas suspaustas oras. Vairuotojas, nuspausdamas stabdžio pedalą, tik suteikia valdymo signalą, stabdymo jėga sukuriama pasitelkiant suspaustą orą. Suspaustą orą tiekia oro kompresorius sumontuotas prie automobilio variklio. Pneumatinė stabdžių sistema sudaro:[1]

- energijos tiekimo įrenginys;
- vykdymo įrenginiai;
- pagalbinis stabdys.



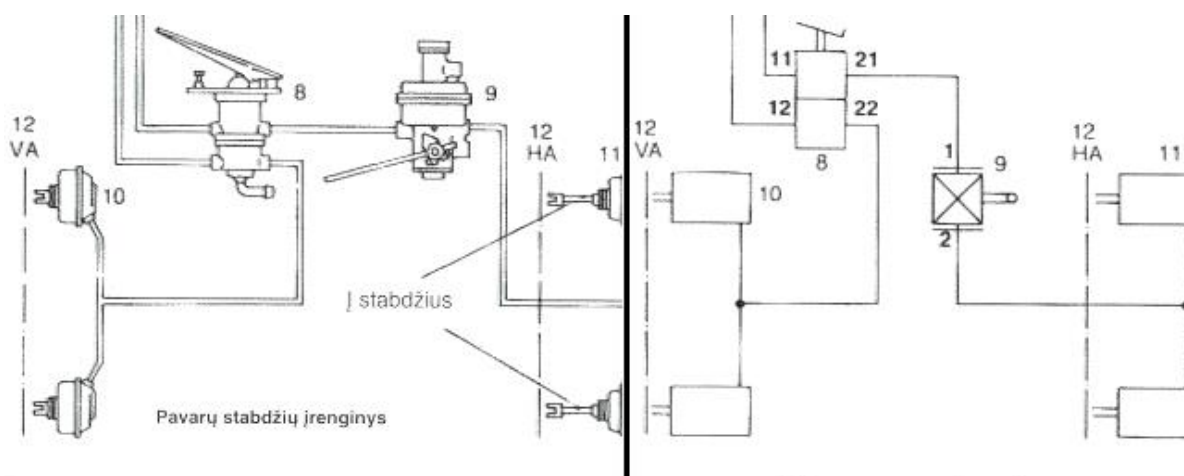
1.7 pav. Energijos tiekimo įrenginio grafinis vaizdavimas ir pneumatinė schema. [1]

Oras į kompresorių patenka iš aplinkos. Sistemą nuo dulkių ar šiukšlių saugo grubaus filtravimo filtras. Variklis oro kompresorių suka diržine pavara, kai kuriuose automobilių modifikacijose sukimo momentui perduoti naudojama ir krumplių pora. Sunkvežimiuose su dviem stabdžių kontūrais dažniausiai naudojami dviejų cilindru stūmokliniai siurbliai. Kompresoriaus viduje, dėl alkūninio veleno sukimo momentas pakeičiamas į slenkamąjį stūmoklio judesį. Leidžiantis stūmokliui žemyn, nuo susidariusio neigimo slėgio, kameros viršuje atsidaro vienkryptis vožtuvas. Stūmokliui kylant į viršų ir taip kuriant slėgio didėjimą, pasiekus nustatytą ribą atsidaro kitas vienkryptis vožtuvas, jis suspaustą orą praleidžia toliau į sistemą. Pneumatinėje stabdžių sistemoje naudojami kompresoriai gali sukelti 14-20 bar slėgį. Kadangi kompresoriai gali sukelti žymiai didesnę slėgį nei reikalingas stabdžių sistemai naudojamas slėgio reguliatorius. Šis prietaisas skirtas automatiškai reguliuoti slėgį sistemoje. Dėl standžios spyruoklės jis būna uždarytas iki tam tikro slėgio, pasiekus maksimalią leidžiamą reikšmę, suspausto oro kuriama jėga nugalė spyruoklės standumo jėgą, ir suspaustas oras išleidžiamas į aplinką. Vožtuvo atsidarymo ir užsidarymo slėgiai skiriasi iki vieno baro. Dėl spyruoklės savybės prarasti standumą, korpuse būna įmontuotas reguliavimo įtaisas: sraigtas kurį sukant, suteikiama didesnė spyruoklės įvarža.[1]

Kompresoriui didinant oro suspaudimą, šis įkaista iki 140-160 laipsnių. Slėgio reguliatorius ir drėgmės šalinimo vožtuvas statomi gerai vėdinamoje sunkvežimio vietoje, kad aplinkos oras vėsindamas jų korpusą, padėtų greičiau kondensuoti drėgmei sistemoje. Drėgmės šalinimo vožtuvo paskirtis yra į sistemą įpurkšti drėgmę sugeriantį skystį. Įpurškimas gali vykti automatiškai arba mechaniškai nuspaudžiant vožtuvą ranka. Apsauginio vožtuvo paskirtis yra izoliuoti pažeistą aukšto

slėgio liniją pažeidimu atveju, taip paliekant funkcionuoti sistemos kontūrą. Sistemoje tai pat įmontuojami manometrai, kuriais vairuotojas kelionės metu gali stebėti slėgį stabdžių sistemoje. Naujuose automobiliuose privaloma montuoti ir elektroninius slėgio jutiklius, kurie suaktyvinami slėgiui nukritus žemiau numatytos ribos, garsiniu signalu perspėja vairuotoją. Oro džiovintuvas skirtas visiškai iš suspausto oro sistemos pašalinti drėgmę, popieriniu filtru jis pakartotinai sausina orą. Kad filtras ir visas įrenginys neužšaltų, naudojamas šildymo elementas.[1]

Resiveris kaupia suspausto oro atsargą, taip užtikrinamas pastovus sistemos slėgis. Pagal Europos Sąjungos direktyvas sistemos talpa turi būti tokia, kad po 8 pilnų stabdžių paminos paspaudimų, dar veiktų papildomų stabdžių sistema. Žemiausioje resiverių vietoje įrengiami kondensato nuleidimo vožtuvai. Siekiant kad kuo daugiau kondensato patektų į resiverius, iki jų einančias linijas stengiamasi montuoti su tam tikru nuolydžiu.[3]



1.8 pav. Vykdyimo įrenginių grafinis vaizdavimas ir pneuminė schema[1]

Stabdymo valdymo vožtuvu, vairuotojo pedalo paspaudimo judesys, paverčiamas į oro tėkmę, kuri stabdžių cilindru pagalba sukuria mechaninę stabdymo jėgą. Šis vožtuvas tvirtinamas po kabinos grindimis arba po priekiniu sunkvežimio gaubtu. Stabdžių jėgos reguliatorius tvirtinamas galinėje vilkiko dalyje ant rėminės konstrukcijos. Šio vožtuvo svirtis tvirtinama prie galinio automobilio tilto. Keičiantis automobilio pakrovimo masei, reikalinga ir didesnė stabdymo jėga jo stabdymui.

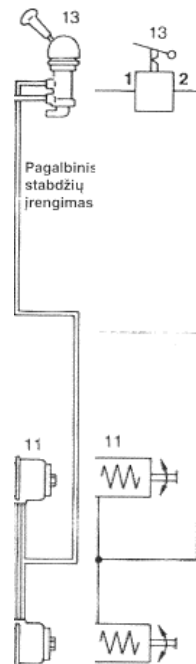
Atsižvelgiant į atstumo tarp rėmo ir galinės ašies kaitą, vožtuvas droseliuoja oro srautą. Jei atstumas yra minimalus, oro srauto slėgis yra nedroseliuojamas ir stabdžiai veikia visu efektyvumu.

Stabdžių cilindrai pagal darbą atliekantį objektą skirstomi į:[1]

Stūmoklinius. Suspaustas oras darbinėje kameroje sukuria slėgį, kuris stumia stūmoklį, o šis per stūmoklio kotą suaktyvina stabdžius

Membraniniai. Tarp membranos ir stabdžių cilindro sienelės tiekiamas suspaustas oras priverčia membraną deformuotis- išlinkti. Prie membranos pritvirtinta plieninė dalis, atliekanti savotiško stūmoklio vaidmenį, stumia stūmoklio kotą.

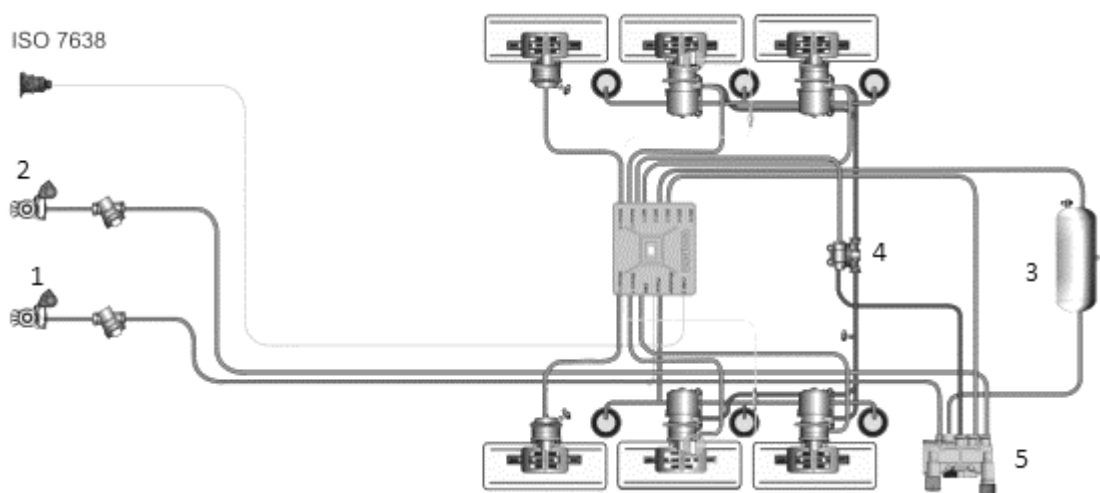
Stovėjimo stabdys veikia naudojant tik spyruoklių kuriamą mechaninę energiją. 13 numeriu pažymėtas vožtuvas valdomas ranka ir yra sumontuotas vairuotojui patogiai prieinamoje vietoje.



1.9 pav. Rankinio(atsarginio) stabdžio grafinė ir pneumatinė schemas[1]

Suaktyvinus šį vožtuvą iš stabdžių cilindų pažymėtų 11 numeriu išleidžiamas oras ir spyruoklių pagalba, stabdžiai pilnai užspaudžiami. Norint atleisti stabdžius, cilindrai vėl turi būti pripildyti suspaustu oru.[1]

Prie vilkiko prikabinus pilnai pakrautą puspriekabę, sąstato masė lyginant su vilkiko mase išauga daugiau nei tris kartus. Norint sustabdyti tokią transporto priemonę, reikalinga ir didesnė stabdymo jėga. Išgauti didesnę stabdymo jėga puspriekabėje sumontuojami stabdžiai.



1.10 pav. Puspriekabės pneumatinės stabdžių sistemos schema[9]

Puspriekabė su vilkiku sujungiama 1 ir 2 numeriu pažymėtomis lankščiomis žarnomis. Puspriekabės

stabdžių sistema yra kiek paprastesnė nei vilkiko. Jai nereikalingas suspausto oro paruošimo įrenginys. Iš vilkiko resiverio per 1 numeriu pažymėtą žarną visai sistemai tiekiamas suspaustas oras. Numeriu 2 pažymėta žarna perduodamas valdymo signalas, nurodantis kada aktyvuoti stabdžius. Kadangi padidėja suspausto oro linijų ilgis, stabdžių cilindrus skaičius, sumontuojamas papildomas resiveris. 4 numeriu pažymėtas stabdymo jėgos reguliatorius. Jis veikia taip pat kaip ir sumontuotas vilkike- pagal apkrovą reguliuoja stabdymo jėgą. Trečiuoju numeriu pažymėtas valdymo skydas. Valdymo skyde manometro pagalba galima matyti oro slėgį sistemoje, reguliuoji priekabos aukštį į oro pagalves tiekiant orą. Tai pat iš šio skydo suaktyvinamas stovėjimo stabdys. Šis stabdys gali būti suaktyvintas nepaisant to ar puspriekabė prijungta prie vilkiko ar ne. Nuspaudus stovėjimo stabdžio svirtį, iš antrinių stabdžių cilindrus išleidžiamas oras ir spyruoklių pagalba stabdžiai suaktyvinami.[9]

Transporto priemonių stabdžiai vertinami pagal:

- Stabdymo kelią(m);
- Stabilumas stabdant;
- Lėtėjimo pagreitis(m/s^2).

Projektuojant sunkiasvorių transporto priemonių stabdžius, būtina atsižvelgti į nuolat kintančią masę, t.y. automobilis be krovinių, su kroviniu, dalinai pakrautas, su priekaba ar puspriekabe. Visais atvejais stabdymo efektyvumas negali būti mažesnis, nei apibrėžtas minimalus tenkinantis saugumo reikalavimus.

2. EKSPERIMENTINĖ DALIS

Atliekant stabdymo bandymus, svarbu išlaikyti vienodas sąlygas visiems bandymams. Norint užtikrinti vienodą kelio dangą, buvo pasirinktas privatus kelias, Kauno rajone, Žemaitkiemio km. Kelias yra 2,8 kilometrų ilgio ir 13 metrų pločio.



2.1 pav. Palydovinė bandymų trasos nuotrauka, su vieno bandymo judėjimo trajektorija

Nuotraukoje matyti bandymo trajektorija, bandymo metu sunkvežimis judėjo iš kairės į dešinę.

Tyrimų metu keliu buvo neleidžiama važiuoti kitiems eismo dalyviams. Pasiruošiant tyrimui ant kelio dažais pažymima balta linija, nuo kurios bus stabdoma. Norint pasiekti didesnę tikslumą, prie linijos stovintis žmogus, sunkvežimiui priekiniais ratai palietus liniją, staiga nuleidžia iškeltą dešinę ranka, taip signalizuodamas vairuotojui stabdyti.

2.1 lentelė Bandymo sąlygos

Kintamasis	Reikšmė	Leidžiami nuokrypiai. +/-
Dangos temperatūra	24°C	2°C
Dangos drėgnumas	Sausa	-
Vėjo dydis	2 m/s	1 m/s
Vėjo kryptis	Pastovi	-
Stabdžių diskų temperatūra	60 °C	5 °C
Padangų temperatūra	25 °C	3 °C
Padangų slėgis	8,5 bar	0,1 bar
Oro slėgis darbinėje stabdžių sistemoje	7 bar	0,5 bar

Prieš kiekvieną važiavimą, matuojama kelio dangos temperatūra, vėjo greitis ir kryptis.

Užtikrinama vienoda stabdžių diskų temperatūra prieš stabdymus. Po kiekvieno bandymo apžiūrima kelio danga, įvertinama ar ji nepatyrė pažeidimų.

„Bandymo metu pagreičiams, greičiui, nuvažiuotam atstumui matuoti naudojamas Race Technology duomenų kaupiklis DL1.“[11]



2.2 pav. Race Technology DL1 duomenų kaupiklis[11]

„DL1 sudaro: Pastatytas 5Hz GPS imtuvas, skaitmeniniai 3-ašiai pagreičio matuokliai, Compact Flash atmintinės, 8 12bit analoginiai įėjimai, dvigubi RPM įėjimai, 4 ratų / veleno greičio

įėjimai, OBDII duomenys (su tinkamu adapteriu), vairuotojo skydo išėjimas, vaizdo perdangos sistema arba telemetrijos nuorodos. DL1 gali saugoti įvairius duomenis, įskaitant didelio tikslumo GPS ir pagreitį, ratų greitį, veleno greitį. Programinė įranga leidžia tiesiogiai palyginti iki 10 duomenų rinkinių (lenktynių) vienu metu su beveik neribotos ratų, pateikia duomenis patogia diagramų braižymo funkcija.“[11]

2.1 Krovinio masės ir pozicionavimo tarp ašių įtaka stabdymo keliui

Dalinių krovinų logistikoje svarbu tinkamai išnaudoti vietą kroviniams, atsižvelgiant į krovinų mases, išorinius gabaritus, galimybę juos tvirtinti. Tai pat teisingas krovinų išdėstymas turi didelę įtaką junginio saugumui. Atliekant bandymą naudojamas Renault Magnum vilkikas ir Krone XL puspriekabė. Puspriekabė turi tris darbines ašis, dvi iš jų visuomet turi tiesioginį ryšį su keliu, trečioji pneumatinių pagalvių dėka gali pakilti ar nusileisti, kuomet puspriekabė yra pakankamai pakrauta.

Puspriekabės pagrindiniai duomenys: ilgis: 13,62m., plotis: 2,48m., aukštis: 2,80m. Atsižvelgiant į šiuos matmenis, krovinio tvirtinimo galimybes, nuspręsta kaip krovinį naudoti medines paletes. Iš palečių, jas suneriant sudaromi blokai, kurie surišami krovinų tvirtinimo juostomis. Viename bloke 25 padėklai- svoris 400kg. Taip gaunami 1,2m.x1m. dydžio krovos elementai. Maksimalus blokų skaičius puspriekabėje- 26.

Bendras vilkiko ir puspriekabės vaizdas:

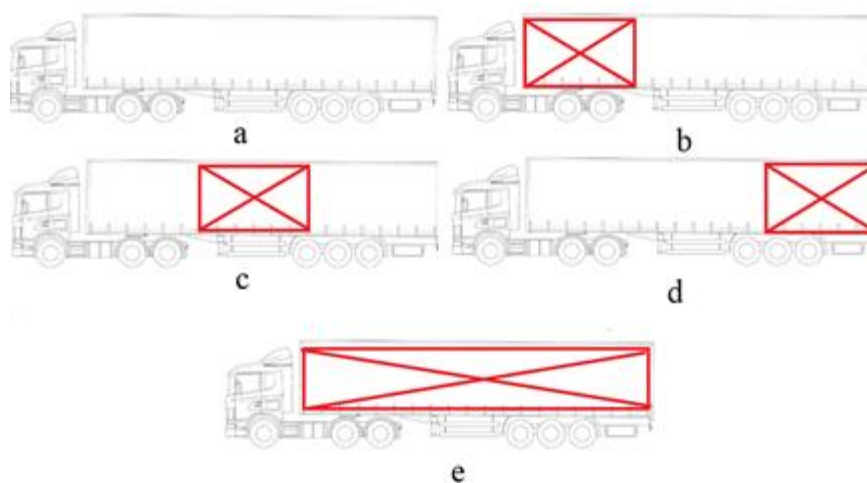


2.3 Pav. Renault Magnum vilkikas su krone XL puspriekabe

Kairėje nuotraukos dalyje matomi ankščiau aprašyti medinių padėklų blokai, kurie bus naudojami kaip krovinys.

Norint ištirti krovinio pozicionavimo tarp ašių įtaką stabdymo keliui, krovinys bus perkeliamas į tris skirtingas pozicijas, tai pat atliekami bandymai su visiškai tuščia puspriekabe, bei

su 12000kg kroviniumi tolygiai apkraunant visą puspriekabės dugną.



2.4 pav. Vilkiko ir puspriekabės apkrovos schemos

Paveikslėlyje pavaizduotos apkrovos schemos, raudoni stačiakampiai nurodo krovinio vietą puspriekabėje. Atsižvelgiant į tai, kad krovinį stabdymo metu veiks didelės inercijos jėgos, jis padedamas ant specialių, neslidžių kilimėlių, pritvirtinamas stipriai įveržtais krovinių tvirtinimo diržais.

Pateikiamos visų bandymų krovinų masės, krovinų masės centrų atstumai nuo junginio priekio ir bendros sąstato masės.

2.2 lentelė. Krovinio tvirtinimo puspriekabėje informacija

Krovumo konfigūracija	Krovinio masės centro atstumas nuo junginio priekio, m	Krovinio masė, kg	Bendra sąstato masė, kg
a	0	0	15800
b	4,950	4000	19800
c	10,40	4000	19800
d	13,50	4000	19800
e	10,20	12000	27800

Iš lentelės matyti, kad a bandymai bus atliekami su junginiu be krovinio, b, c, d konfigūracijose bus naudojamas 4000kg krovinys ir e konfigūracijos stabdymo bandymas bus atliekamas puspriekabėje pritvirtinus 12000kg krovinį.

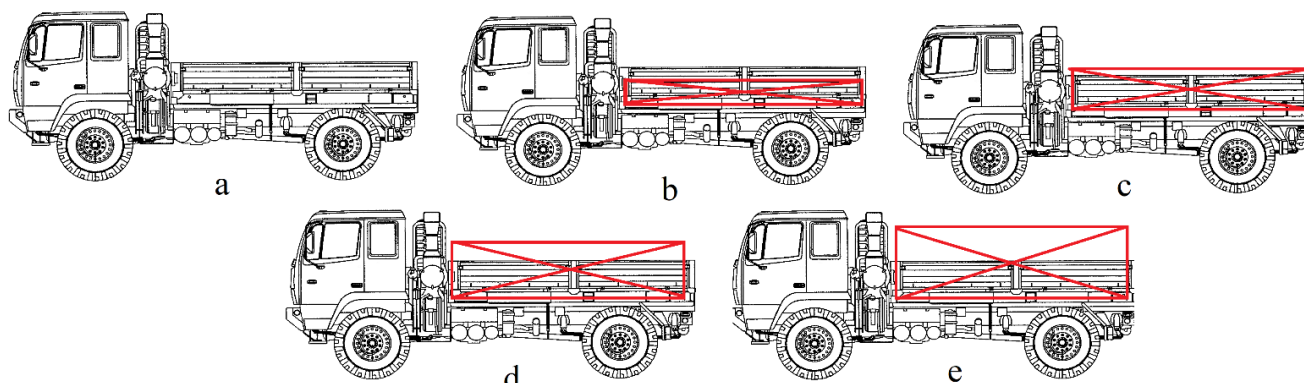
2.2 Krovinio masės ir jo masės centro aukščio įtaka stabdymo keliui

Bandyme naudojamas dviejų ašių Mercedes Benz 1717 sunkvežimis. Abi sunkvežimio ašys stabdomos diskinių stabdžiu, ant galinės ašies sumontuotos dvi poros padangų.



2.5 pav. Sunkvežimio Mercedes Benz 1717 bendras vaizdas

Iš nuotraukos matyti, kad krovininio kėbulo, kitaip dar vadinamo konteinerio vidurys, yra nuo galinės ašies į priekį pasislinkęs apie 0,65m. Sunkvežimio stabdymo jėgos pateikiamos pirmame priede. Galinės ašies stabdymo jėgą reguliuoja stabdymo jėgos reguliatorius, kuris fiksuodamas ašies priartėjimą prie sunkvežimio rėminės konstrukcijos, padidina stabdžių efektyvumą.



2.6 pav. Dviašio sunkvežimio apkrovos schemas

Paveikslėlyje pateiktos apkrovimo schemas. Bandymai atliekami naudojant smėlį. Pirmas bandymas atliekamas su pilnai sukomplektuotu darbui sunkvežimiu, tačiau visiškai tuščiu krovinio konteineriu. Antro bandymo schema pavaizduota paveikslėlio b dalyje. Į kėbulą pakraunama 1800kg smėlio, šis išlyginamas ir uždengiamas medžio drožlių plokšte. Plokštė prie konteinerio dugno priveržiama krovininių tvirtinimo diržais. Taip išvengiama galimo smėlio sučiuožimo į konteinerio priekinę dalį.

C,d,e bandymai atliekami ta pačia eiga. Naudojamų krovininių masės ir bendros sastato masės pavaizduotos lentelėje.

2.3 lentelė. Krovinio tvirtinimo duomenys sunkvežimio kėbule

Krovumo konfigūracija	Krovinio masės centro aukštis nuo kelio, m	Krovinio masė, kg	Bendra sąstato masė, kg
a	-	0	9280
b	1,69	1800	11000
c	1,84	3800	13000
d	1,99	5800	15000
e	2,14	7271	16471

Krovinio masės centras lyginant jo padėtį b ir e bandymų metu pakyla 0,45m, jo masė padidėja keturis kartus.

2.3 Ašių apkrovų persiskirstymas, kintant krovinio vietai ir masei

Norint užtikrinti eismo saugumą ir tausoti kelius, įstatymais ir kitai teisės aktais yra reglamentuotos leidžiamos ašių apkrovos. Dažniausiai jos išreiškiamos tonomis. Tai pat ašių apkrovų svarbu neviršinti, dėl padangų keliamosios jėgos apribojimų. Pasitaiko atveju, kuomet vežėjams taupant, sumontuojamos padangos, kurios atlaiko mažesnę slėgį ir apkrovas.

Praktikoje logistikos kompanijos naudoja begalę įvairių programų, kurios pagal krovinį matmenis padeda sudaryti racionaliausias sunkvežimių krovimo schemas. Į šias programas suvedami pradiniai, žinomi duomenys, toki kaip krovinio matmenys, masė, ar yra galimybė dėti kitą krovinį ant jo ir t.t.

Šiuo konkrečiu atveju naudosime EasyCargo programą. Programoje pasirenkame naudotą vilkiką ir puspriekabę. Kadangi ši programa yra naudojama visame pasaulyje ir jos biblioteka nuolatos atnaujinama, iš karto gauname visus duomenys apie mūsų transporto priemonę su galimybe juos keisti jeigu pastebime neatitikimų.

Pilnai sukomplektavę bandyme naudotą techniką, įvertiname tuščio junginio ašių apkrovas.

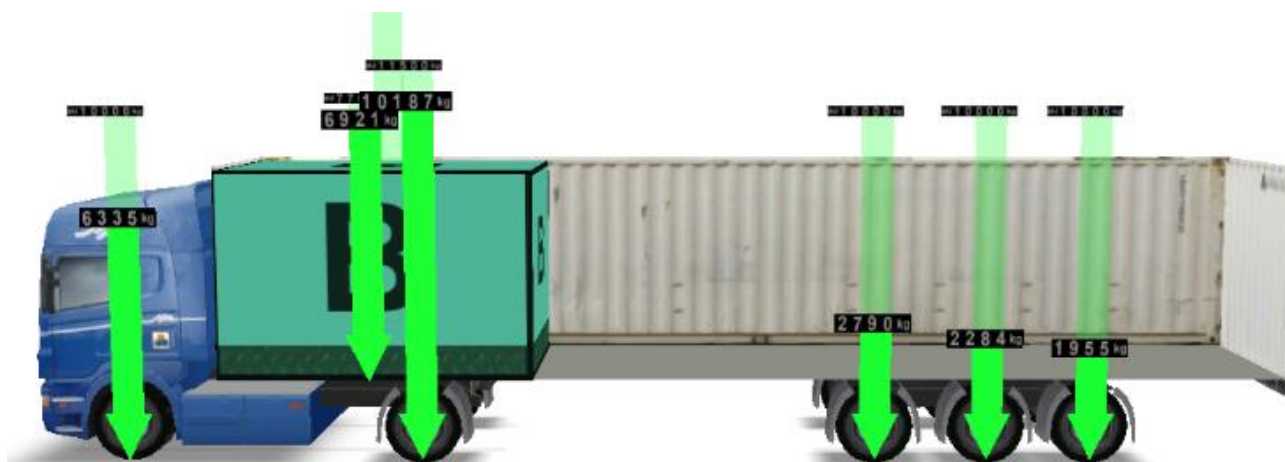


2.7 pav. Junginio be krovinio ašių apkrovos

Iš gautų rezultatų matome, kad varančiajai vilkiko ašiai tenka didžiausia junginio masės dalis, kuri

yra lygi 6925kg. Palyginimui galinė puspriekabės ašis yra apkrauta tik 1947kg. Ši programa patogi naudojimui, net tik dėl to kad skaitine išraiška pateikia tikslias ašių apkrovas, bet ir dėl to, kad tai pavaizduoja grafiškai. Blankiai žalios rodyklės su užrašyta leidžiama mase viršuje parodo maksimalų galimą vektoriaus ilgį, o ryškiai žalia spalva pažymėta rodyklė grafiškai atvaizduoja kokia dalis leidžiamos ašies apkrovos jau užimta. Esant tuščiai puspriekabei, ji vilkiką apkrauna 2951kg mase. Ši apkrova tam tikru santykiu pasiskirsto tarp vilkiko priekinės ir galinės ašių.

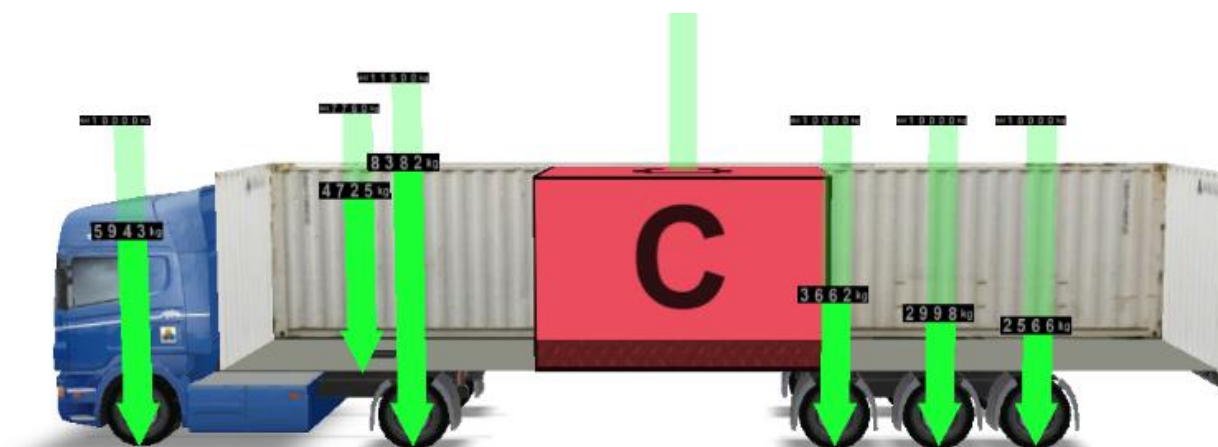
Suformuojame mums reikiamus krovo vienetus. Krovo vieneto plotis yra 2,4m, ilgis 4m, aukštis 2,65.



2.8. pav. Vilkiko ir puspriekabės ašių apkrovos krovinį tvirtinant pagal b schemą

Apkrovas puspriekabę 4000kg krovinium b pozicijoje, stipriai išaugo vilkiko galinės ašies apkrova. Ji padidėjo 3262kg, iš čia matome, kad beveik 82% visos krovinio masės teko būtent šiai ašiai. Likusieji 17,4% krovinio masės apkrovė vilkiko priekinę ašį ir tik 0,6% krovinio masės apkrovė puspriekabės ašis.

Kroviny s perstumiamas į puspriekabės vidurį, taip kad jo svorio centras būtų puspriekabės išilginės ašies viduryje.

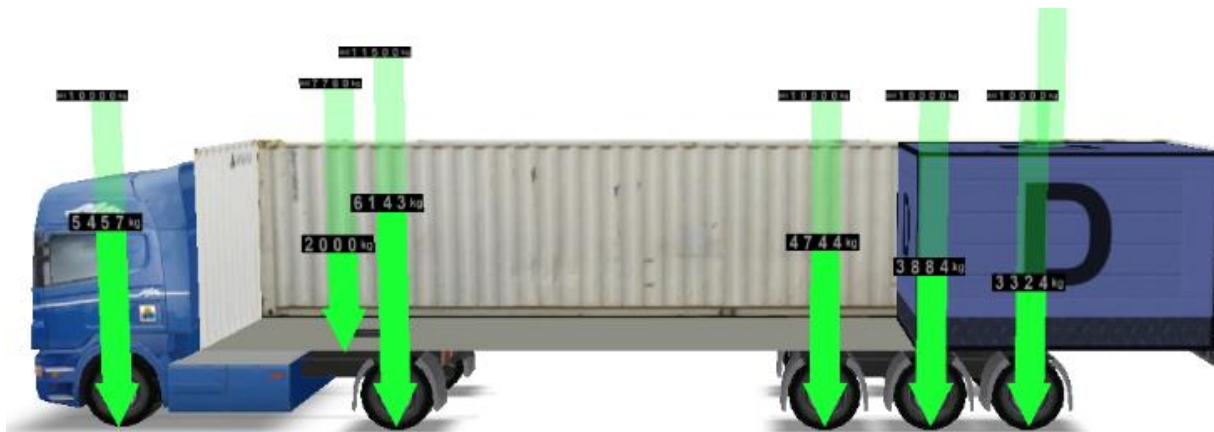


2.9 pav. Vilkiko ir puspriekabės ašių apkrovos krovinį tvirtinant pagal c schemą

Kroviniui artėjant prie puspriekabių ašių, jos apkraunamos vis didesne jėga. Priekinė puspriekabės ašis apkraunama 3663kg mase, lyginant su tuščia puspriekabe ir puspriekabe krauta pagal b schemą,

šios ašies apkrova padidėjo 850kg, tai yra 21,25% . Puspriekabės kitų ašių apkrova tai pat padidėjo 17,5% ir 14,3% lyginant su a ir b konfigūracijomis. Prieš tyrimą vyrauja nuomonė, kad taip tvirtinant krovinį, junginio stabilumas bus didžiausias.

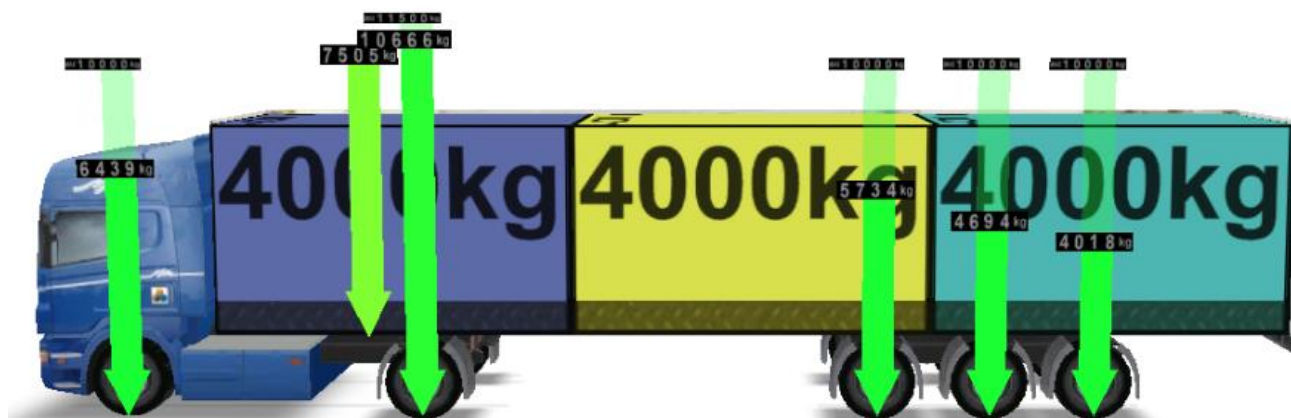
D pozicijoje krovins yra pačiame puspriekabės gale. Krovinio tvirtinimas šioje vietoje sukėlė daugiausiai keblumų, trūko tvirtinimo taškų, diržai veržiami ne 45 laipsnių kampu.



2.10 pav. Vilkiko ir puspriekabės ašių apkrovos krovinį tvirtinant pagal d schemą

Vertinant vilkiko galinės ašies apkrovą, pastebėta, kad su šia konfigūracija, ji yra mažesnė negu esant tuščiai puspriekabei. Krovinio masės centras yra už galinės vilkiko ašies, tai įtakoja svorto efekto atsiradimą. Esant tuščiai puspriekabei, ji vilkiką apkrovė 2951kg mase, su šia konfigūracija apkrova vilkikui sumažėjo 32% procentais. Toks krovinio pakrovimo būdas gali sumažinti junginio stabilumą.

Vilkiko ir puspriekabės junginys apkraunamas 12000kg masės kroviniu jį paskirstant vienodai po visą puspriekabę. Šį krovinį sudaro b, c, d konfigūracijose naudoti kroviniai, taip užpildoma visas puspriekabės tūris.



2.11. pav. Vilkiko ir puspriekabės ašių apkrovos su 12000kg kroviniu

Apkrovus visą puspriekabę tolygiai 12000kg kroviniu, labiausiai apkraunama vilkiko varančioji ašis, jos apkrova yra 10666kg. puspriekabė vilkiką apkrauna 7050kg mase. Iš to galima

daryti išvada, kad norint krauti didesnės masės krovinius, šie turi būti išsidėstę puspriekabės vidurinėje dalyje, taip daugiau apkrovos suteikiant puspriekabės ašims.

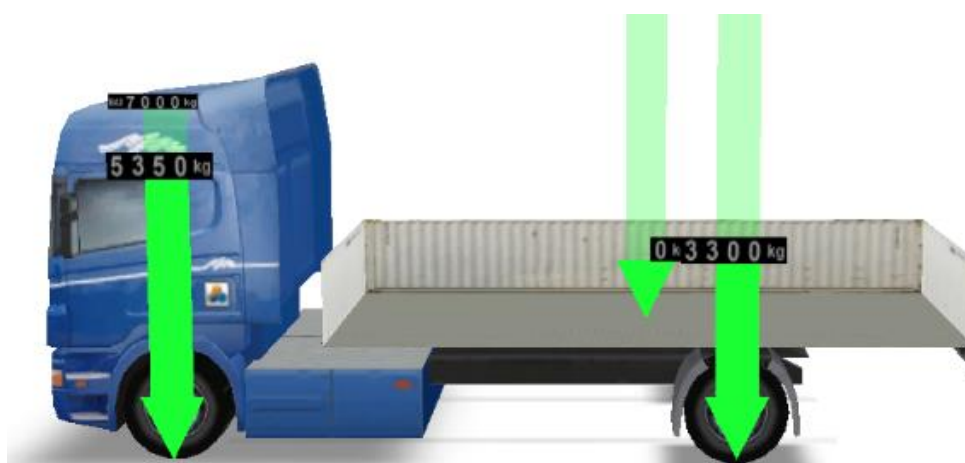
Gautos ašių apkrovos surašomos į lentelę.

2.4 lentelė. Vilkiko ir puspriekabės ašims tenkančios apkrovos

Konfigūracija	Apkrovos, kg				
	Vilkiko priekinės ašies	Vilkiko galinės ašies	Puspriekabės pirmos ašies	Puspriekabės antros ašies	Puspriekabės trečios ašies
a	5662	6925	2779	2275	1947
b	6335	10187	2790	2284	1955
c	5943	8382	3662	2998	2566
d	5457	6143	4744	3884	3324
e	6439	10666	5734	4994	4018

Kroviniui artėjant prie puspriekabės galo, vilkiko priekinė ir galinė ašys vis mažiau apkraunamos. Lyginant junginį be krovinio su konfigūracija d, kuomet krovinys yra puspriekabės gale, pastebėta, 950kg sumažėja puspriekabės kuriama apkrova vilkikui. Iš to galime spręsti, kad šiuo atveju krovinys įtakoja puspriekabės masės centro persitūmimą už puspriekabės pirmosios ašies.

Apžvelgiant dviašio sunkvežimio ašių apkrovą, naudojamos jau ankščiau aprašytos apkrovos schemos.

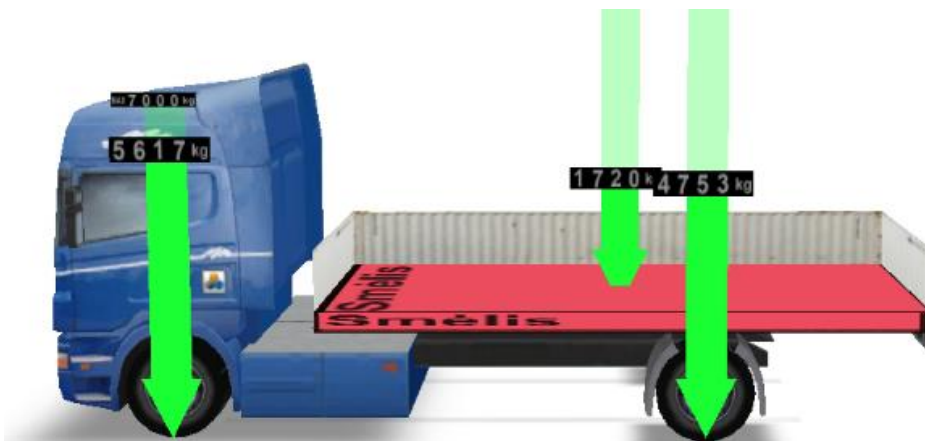


2.12 pav. Sunkvežimio Mercedes Benz 1717 ašių apkrovų pasiskirstymas

Programoje sumaketuojamas sunkvežimis su mūsų bandymuose naudoto automobilio pagrindiniais

duomenimis: masė, ašių apkrovomis, bazės ilgiu, krovinio kėbulo viena ir dydžiu. Palyginus sunkvežimio svėrimo metu gautas ašių apkrovas ir apkrovas apskaičiuotas EasyCargo programa, pastebėtas 2,4% ašių pasiskirstymo neatitikimas. Priimta, kad toks nuokrypis yra leistinas ir sumodeliuotas vilkikas atitinka realaus vilkiko Mercedes Benz 1717 charakteristikas.

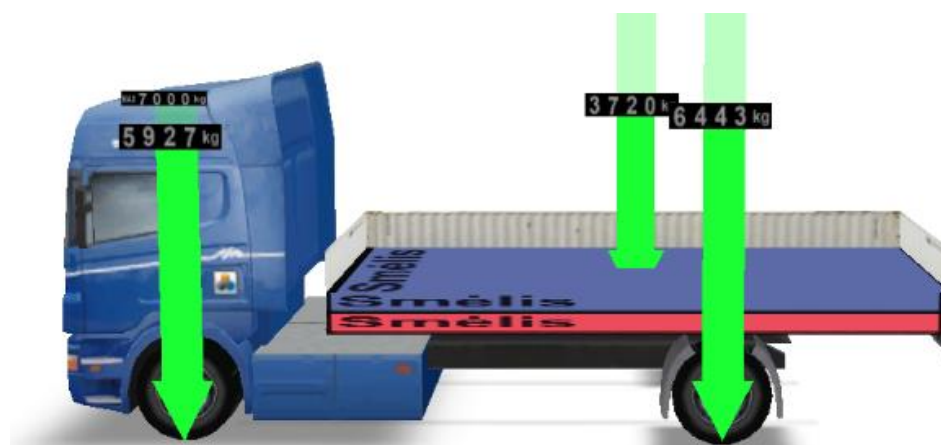
Sunkvežimis apkraunamas pagal b apkrovimo schemą, tai yra į jo krovinio kėbulą patalpinamas krovinys kurio masė yra 1720kg.



2.13 pav. Ašių apkrovos, kėbule esant 1720kg kroviniumi

Kaip matome priekinės ašies apkrova padidėjo tik 267 kilogramais, o galinės ašies apkrova išaugo 44%. Galinė ašis apkraunama labiau galimai dėl to, jog į kėbulą patalpinus krovinį, jo masės centras yra beveik virš galinės ašies. Iš to galime daryti prielaidai, kad būtent dėl to, jog krovinio masė paskirstant po visą konteinerio dugną tolygiai ir galinei ašiai tenka didžioji dalis krovinio masės, sunkvežimis ant antrosios ašies turi dvi poras ratų.

Krovinio svoris padidinamas papildomais 2000kg.

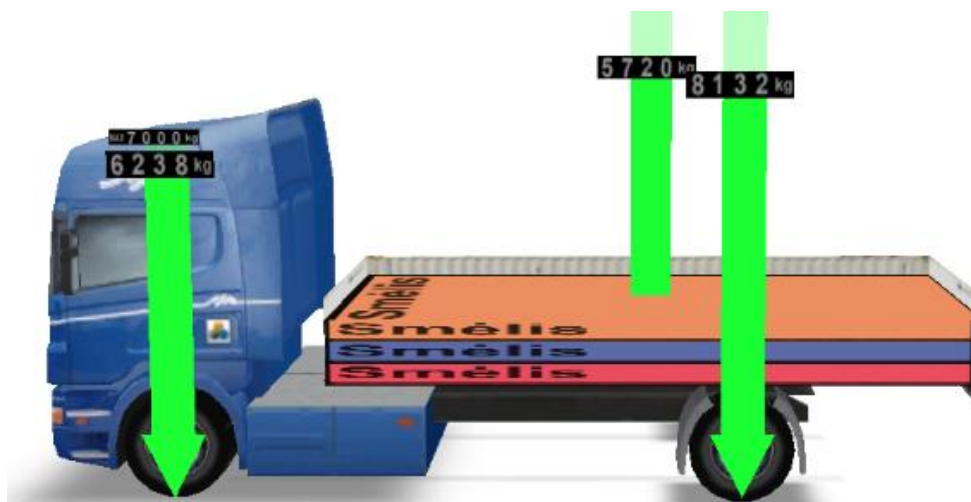


2.14 pav. Ašių apkrovos kėbule esant 3720kg kroviniumi

Padidinus krovinio masę 2000kg, priekinė sunkvežimio ašis apkraunama papildomais 290kg ir

išnaudojama 85% jos leidžiamos apkrovos. Galinė ašis apkrauta 6443kg svoriu. Pastebima, kad didinant krovinio masę apie 14% jos apkrauna priekinę ašį, likusi dalis tenka galinei.

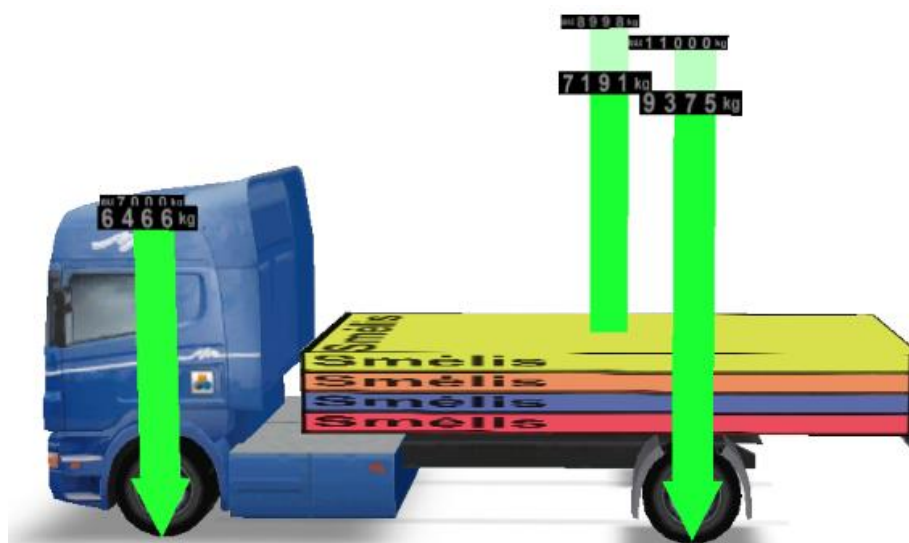
Į sunkvežimio kėbulą patalpinus 5720kg krovinį, bendra krovinio ir sunkvežimio masė yra 14370kg



2.15 pav. Ašių apkrovų pasiskirstymas su 5720kg masės krovinį

Paveikslėlyje matyti, kad priekinė ašis apkrauna 6238kg mase ir ji neviršija leidžiamos 7000kg apkrovos. Galinės ašies apkrova padidėjo iki 8132kg ir dar gali būti apkrauta 2868kg.

Į kėbulą patalpinamas didžiausios masės bandymuose naudotas krovinys.



2.16 pav. Ašių pasiskirstymas sunkvežimyje patalpinus 7191kg krovinį

Priekinę ašį apkrauna 6466kg. Su šiuo krovinium, priekinė ašis apkraunama 40,82% bendros sunkvežimio ir krovinio masės. Vertinant tik krovinio masę, priekiniai ašiai tenka tik 1116kg, likusi krovinio masės dalis tenka galinei sunkvežimio ašiai. Krovinio apkrovos ašims pasiskirstymas šioje konfigūracijoje yra 40,82%/59,18%.

Sudaroma lentelė, kurioje patiekiamos ašių apkrovos skirtingų bandymų metu:

2.5 lentelė. Mercedes Benz 1717 ašių apkrovos su skirtingais kroviniais

Konfigūracija	Priekinės ašies apkrova, kg	Galinės ašies apkrova, kg	Priekinės ašies apkrova, %	Galinės ašies apkrova, %
a	5360	3300	61,89	38,11
b	5617	4753	54,17	45,83
c	5927	6443	47,91	52,09
d	6238	8132	43,41	56,59
e	6466	9375	40,82	59,18

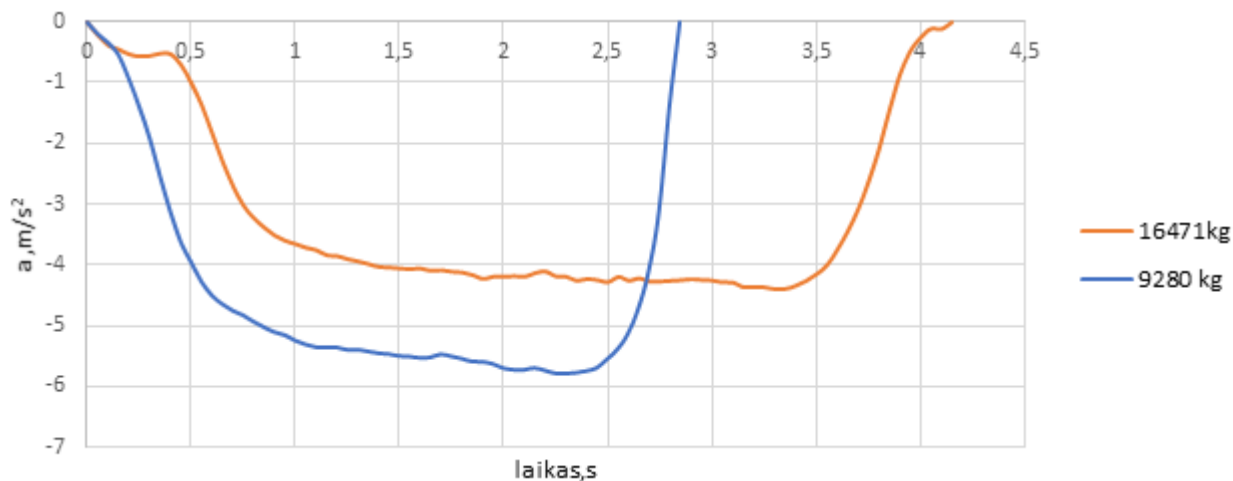
Atlikus ašių apkrovų skaičiavimus, nustatyta, kad sunkvežimio be krovinio priekinė ašis apkraunama 61,89% sunkvežimio masės. Į krovinio konteinerį patalpinus 1800kg krovinį, ašių apkrovų persiskirstymas ženkliai pasikeitė ir priekinės ašies apkrova tapo lygi 52,17% bendrosios masės. Tai įvyko dėl to, jog krovinio masės centras yra daugiau nei šešis kartus arčiau galinės ašies nei priekinės. Didinant krovinio svorį, ši tendencija išlieka ir didėjant bendrai masei, priekinės ašies apkrovos dalis mažėja. Apkrovus sunkvežimį didžiausia bandyme naudota krovinio mase, tai yra 7191kg, priekinei ašiai tenka 40,82% bendros masės, galinei 59,18%.

3. EKSPERIMENTINIS TYRIMAS

3.1 Stabdymo bandymai naudojant DL1 duomenų kaupiklį

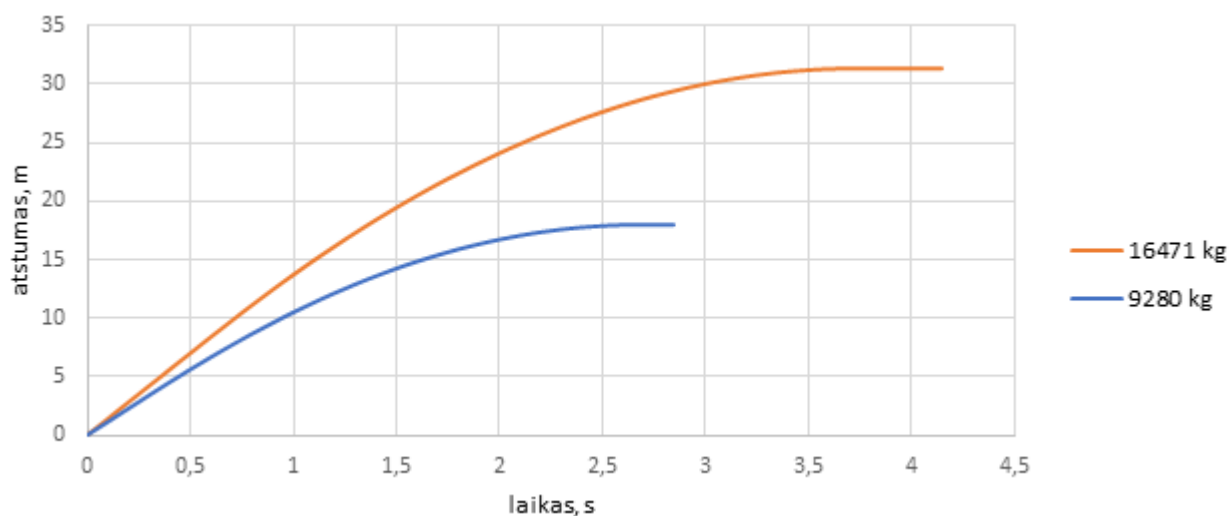
3.1.1 Mercedes Benz 1717 dviašis sunkvežimis

Atliekami 3 bandymai su kiekviena krovimo konfigūracija esant miesto ir užmiesčio greičiui. Susisteminius gautus duomenis sudaromi tyrimui reikalingi grafikai. Grafike pateikiami gauti rezultatai atlikus stabdymo bandymus miesto sąlygomis su a(9280kg) ir e(16471kg) konfigūracijomis



3.1 pav. Mercedes Benz 1717 lėtėjimo pagreičių priklausomybė nuo laiko

Iš paveikslėlio matyti, kad iki galo nuspaudus stabdžių pedalą tuščias sunkvežimis nuo pradinio greičio $v=13,3\text{m/s}$ sustoja po 2,75 sekundės išvystydamas maksimalų lėtėjimo pagreitį lygų $5,77\text{m/s}^2$. Atliekant tą patį bandymą su konfigūracija e(16471kg), sustojimo laikas lygus 4,15 sekundės ir pasiekiamas $4,39\text{m/s}^2$ lėtėjimo pagreitis. Pastebėta, kad automobilį apkrovus maksimaliu leidžiamu kroviniu, jo stabdžių suveikimo laikas pailgėja 2,3 karto, tai pat pastebimai sumažėjus išvystomam lėtėjimo pagreičiui, stabdymo laikas pailgėja 1,4 sekundės, tai yra stabdymo laikas pailgėja 65%.



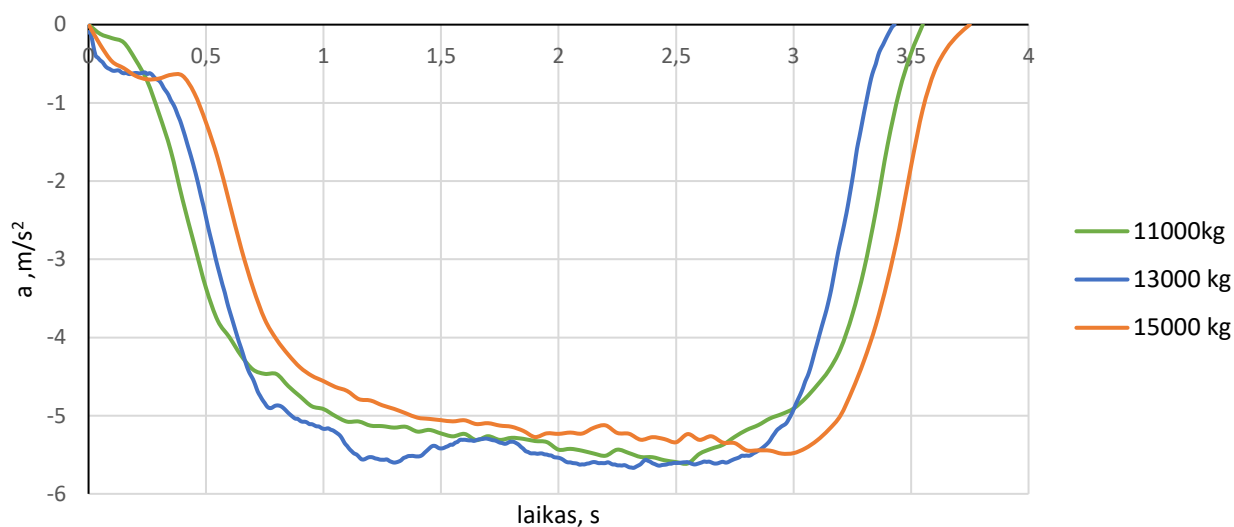
3.2 pav. Nuvažiuoto atstumo metrais priklausomybė nuo stabdymo laiko

Ženkliai pakitus sustojimo laikui ir išvystomiems lėtėjimo pagreičiams, padidėjo ir visiškai

sustojimui reikalingas atstumas.

Važiuojant su sunkvežimiu be krovinio ir stabdant nuo pradinio greičio $v=13,3\text{m/s}$, per 2,75 sekundės stabdymo laiką, sunkvežimis nuvažiuoja 17,99 metro. Stabdymo pradžioje, nuvažiuoto atstumo ir laiko priklausomybė yra praktiškai tiesinė, taip yra dėl stabdžių suveikimo laiko vėlavimo ir dar tik didėjančios stabdymo jėgos. Pilnai pakrauto sunkvežimio stabdymo laikas išauga iki 4,15 sekundės, per kurias jis nuvažiuoja 31,3 metrus. Užfiksuotas 13,4 metro stabdymo kelio prieaugis, tai yra stabdymo kelias padidėjo 73%.

Atliekami bandymai su b(11000kg), c(13000), d(15000), konfigūracijomis. Bandymams nustatomos tos pačios sąlygos.



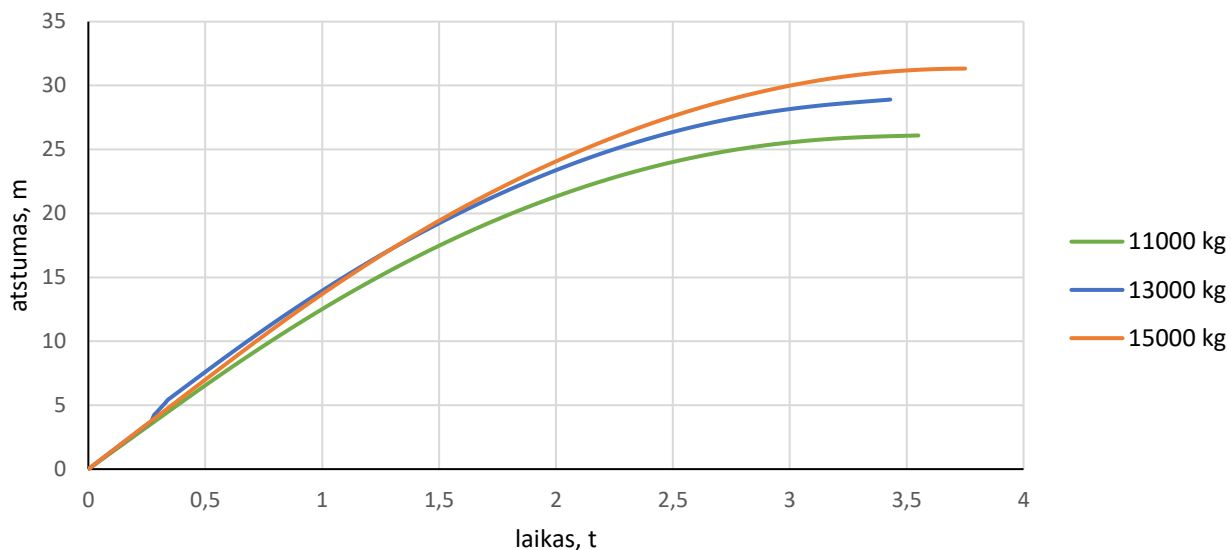
3.3 pav. Išvystomų lėtėjimo pagreičių ir sustojimo laiko palyginimas su skirtingos masės kroviniais

Iš paveikslėlio matyti, kad sunkvežimis greičiausiai sustojo c konfigūracijos stabdymo bandymo metu. Nuo stabdžių paminos paspaudimo iki visiško sustojimo praėjo 3,43 sekundės. Šio bandymo metu pasiektas didžiausias stabdymo pagreitis, lygus $5,62\text{ m/s}^2$, tai pat šio važiavimo metu išlaikytas didžiausias vidutinis stabdymo pagreitis.

Stabdant b konfigūracija, kuomet svorio centras yra žemiausiai ir krovinio masė mažiausia, sunkvežimis sustoja per 3,55 sekundės išvystydamas maksimalų lėtėjimo pagreitį lygų $5,61\text{ m/s}^2$. Padidinus bendrą sąstato masę iki 15000kg, stabdymo laikas padėja iki 3,75 sekundės, o vidutinis stabdymo pagreitis yra mažiausias.

Atlikus stabdymo bandymus pastebėta, kad greičiausiai sustojo sunkvežimis su c krovinio konfigūracija, lyginant su daugiausiai laiko pareikalavusiu sustojimu, e konfigūracija, sunkvežimis sustojo 8,75% greičiau. Sunkvežimis su didesne mase c konfigūracijoje sustojo greičiau, nei su mase b konfigūracijoje, manoma, kad taip įvyko dėl to, jog galinė ašis buvo labiau apkrauta, dėl to išaugo galinių dvigubų ratų prispaudimo jėga prie kelio dangos. Taip pat labiau apkrovus galinę ašį, buvo suaktyvintas stabdymo jėgos reguliatorius, kuris padidino galinės ašies stabdžių sistemos stabdymo jėgą.

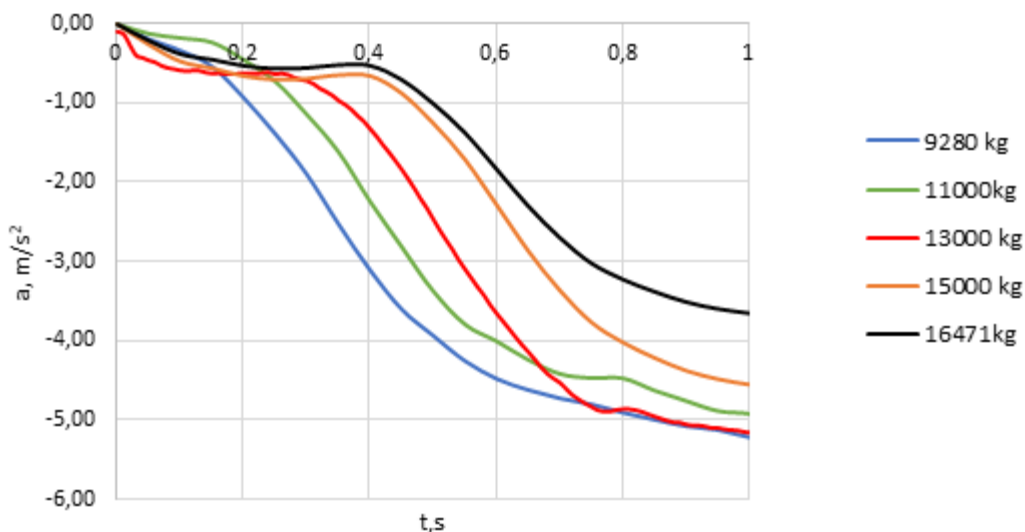
Pateikiama stabdymo kelio ilgio priklausomybė nuo laiko.



3.4 pav. Mercedes Benz 1717 nuvažiuotas atstumas stabdant su skirtingų masių kroviniais

Matome, kad greičiausiai sunkvežimis sustojo kuomet krovinys buvo c pozicijoje, tačiau nuvažiavo 2,8 metro didesnę atstumą, nei bandymo metu, kuomet buvo naudojama b konfiguracija. Tarp mažiausio ir didžiausio atstumo stabdant užfiksuotas 4,8 metrų skirtumas.

Pradėjus lyginti visų stabdymo bandymų lėtėjimo pagreičių priklausomybę, pastebėtas stabdžių sistemos suveikimo laiko skirtumas.



3.5 pav. Stabdžių suveikimo laiko pokytis

Grafike pavaizduota 9280kg, 11000kg, 13000kg, 15000kg ir 16471kg masių sunkvežimio lėtėjimo pagreičių priklausomybės nuo laiko. Pastebėta, kad kuo didesnė masė, tuo lėčiau stabdžių sistema didina lėtėjimo pagreitį ir vėliau pasiekiamas maksimalus stabdymo pagreitis.

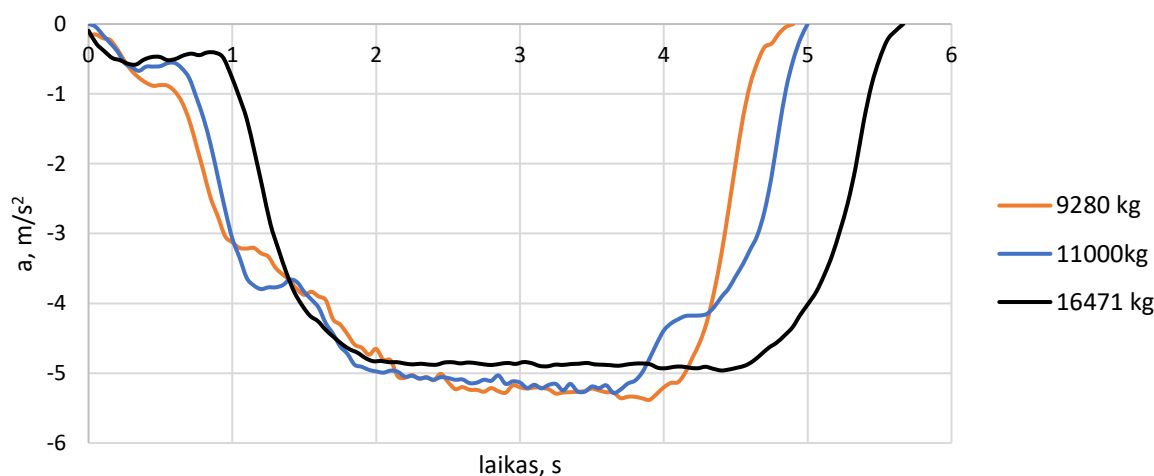
Palyginimui sudaroma lentelė.

3.1 lentelė. Sunkvežimio stabdžių suveikimo laiką apibūdinantys laikai

Konfigūracija (masė)	Laikas reikalingas pasiekti -1 m/s^2 , (s)	Laikas reikalingas pasiekti -3 m/s^2 , (s)
a (9280)	0,21	0,38
b (11000)	0,29	0,47
c (13000)	0,35	0,54
d (15000)	0,47	0,68
e (16471)	0,5	0,75

Lyginant laiką, reikalingą tuščiam ir pilnai krautam sunkvežimiui pasiekti -1m/s^2 , matoma, kad jis skiriasi 2,4 karto. Toks didelis skirtumas gali tiesiogiai įtakoti eismo saugumą, bei stipriai padidinti jau įvykusio autoįvykio pasekmes. Atlikus grafinę duomenų analizę, nustatyta, stabdžių suveikimo laikas, yra atvirkščiai proporcingas sunkvežimio ir krovinio bendrai masei.

Norint padidinti tyrimo tikslumą ir duomenų patikimumą, tai pat atlikti stabdymo bandymai su didesniu, užmiesčiuose vidutiniškai naudojamu greičiu. Bandymai atliekami su a(9280kg), b(11000kg), ir e(16000kg) konfigūracijomis.

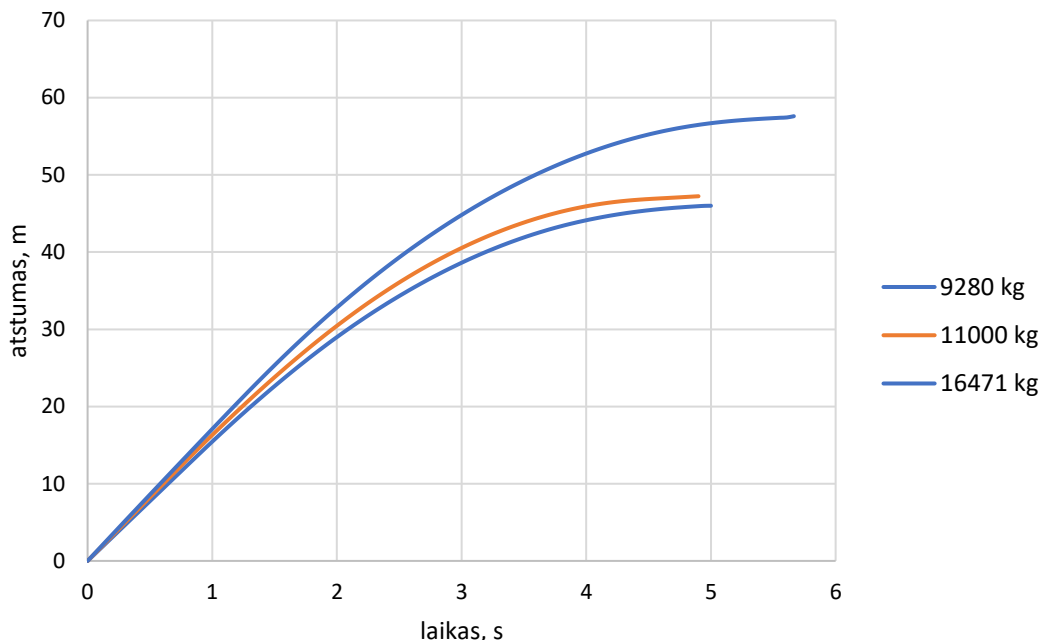


3.6 pav. Mercedes Benz 1717 ekstremalaus stabdymo metu atsirandantys pagreičiai užmiesčio sąlygomis

Kadangi važiuojant didesniu greičiu sunkvežimį veikia žymiai didesnės inercinės jėgos, stabdymo laikas ženkliai ilgesnis nei bandymuose, kuriuose buvo stabdoma nuo pradinio greičio $v=13,3\text{m/s}$. Stabdant nuo greičio $v= 18 \text{ m/s}$ nepakrautą sunkvežimį, jis pilnai sustojo per 4,9 sekundės, stabdymo metu išvystydamas maksimalų $5,38 \text{ m/s}^2$ lėtėjimo pagreitį. Pakrovus sunkvežimį 7191kg krovinium, kurio masės centras yra 2,14m aukštyje, automobilis sustojo per 5,75 sekundės ir stabdymo metu išvystė $4,96 \text{ m/s}^2$ pagreitį. Taigi, padidinus sunkiasvorio automobilio masę ir pakėlus jo masės centrą

aukščiau, pasiektas mažesnis vidutinis lėtėjimo pagreitis, todėl jam reikėjo 17% daugiau laiko iki pilno sustojimo.

Padidinus bandymo greitį, užfiksuotas ir žymus pilnam sustojimui reikalingos atkarpos ilgio padidėjimas.



3.7 pav. Nuvažiuotas atstumas stabdant užmiesčio sąlygomis

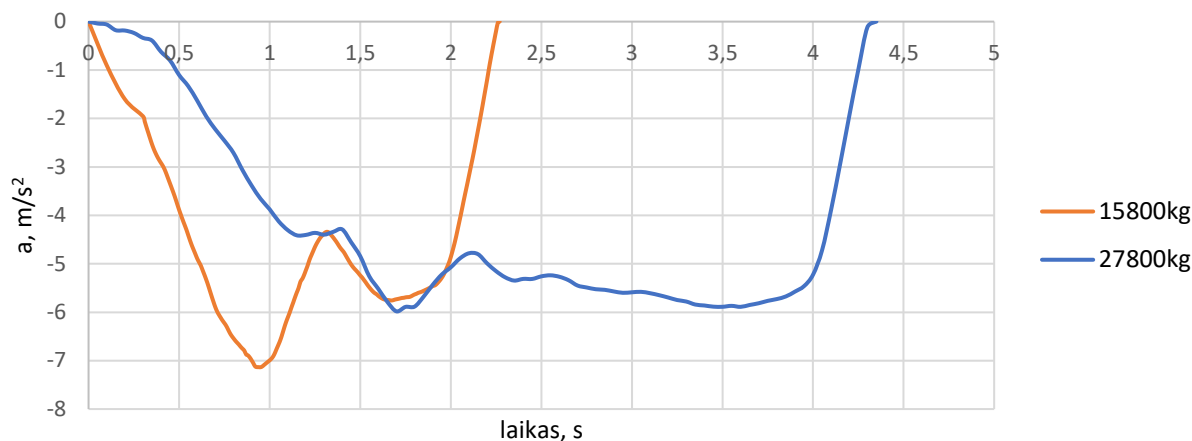
Paveikslėlyje pavaizduota nuvažiuoto atstumo stabdant ir laiko reikalingo visiškam sustojimui priklausomybė. Stabdant su tuščiu sunkvežimiu ir su sunkvežimiu kuriame yra 1720 kg krovinys, stabdymo kelias skiriasi tik 2,3 metro. Lyginant tuščio sunkvežimio, tai yra a konfigūracijos, ir pilnai krauto e konfigūracijos sustojimo atstumus, pastebėtas žymus atstumo prieaugis

Iš atliktų bandymų matyti, kad sunkvežimiui dalyvaujant eisme miesto ribose, jo stabdymas bus efektyvesnis gabenant 1800kg krovinį nei stabdant be krovinio. Tokios hipotezės patvirtinimui, didžiausią įtaką turėjo tai, kad sunkvežimiui vežant krovinį, jo galinė ašis prie kelio paviršiaus spaudžiama didesne jėga. Tai užtikrina geresnę padangų ir kelio paviršiaus sukibimą taip išsaugant stabdymo jėgai.

3.1.2 Renault Magnum vilkikas ir Krone XL puspriekabė

Perdėjus įrangą i Renault Magnu vilkiką pirmiausia atliekami bandymai nepakrauta puspriekabe, vėliau ji apkraunama pagal bandymo metodikoje nurodytas schemas. Visiems bandymams užtikrinamos tokios pat sąlygos. Po kiekvieno bandymo įvertina krovinio būklė ir ar saugu tęsti bandymus. Pirmieji stabdymo bandymai atliekami miesto sąlygomis.

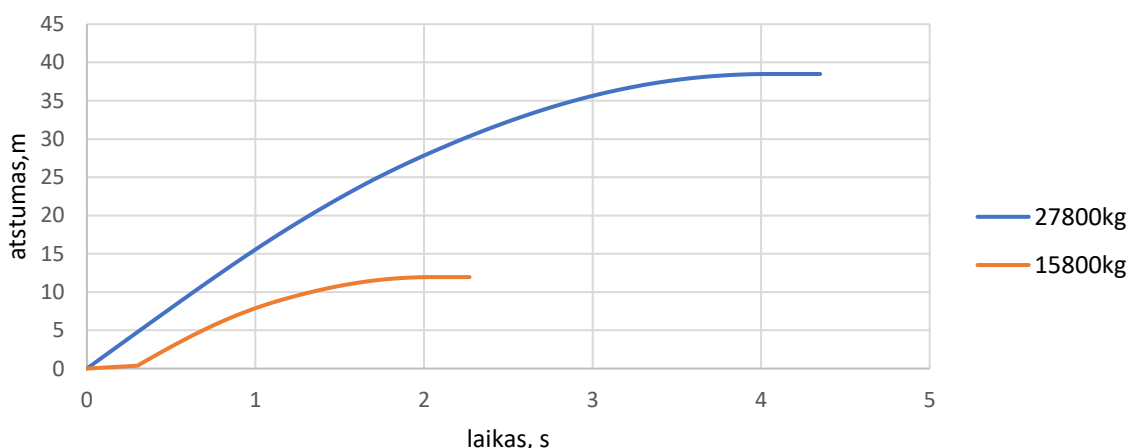
Stabdymo bandymo rezultatai su tuščia puspriekabe ir didžiausiu 12000kg masės kroviniu



3.8 pav. Renault Magnum vilkiko su Krone XI puspriekabe stabdymas miesto sąlygomis

Grafike matyti, kad junginiui, esant be kroviniu, prireikia 2,15 sekundės pilnai sustoti. Maksimalus lėtėjimo pagreitis, $7,13 \text{ m/s}^2$, pasiekiamas praėjus 0,95 sekundės po stabdymo pradžios. Užsiblokavus ir praslydus ratui ar keliems ratams, suveikia stabdžių antiblokavimo sistema. Kompiuteris vožtuvų pagalba stabdžių sistemoje sumažina slėgi, taip sumažindamas stabdymo jėgą ir leisdamas ratui vėl sukstis. Pasiekus reikiama rato apsisukimo dažnį, ratas vėl stabdomas. Dėl to lėtėjimo pagreičiai didėja ir mažėja, nors vairuotojas laiko tolygiai nuspaudęs stabdžių pedalą. Pakrovus puspriekabę 12000kg masės kroviniu, pilnam sustojimui reikalingas laikas išauga iki 4,35 sekundės. Kreivėje vėl matyti, kad buvo suveikus ratų antiblokavimo sistema. Šio bandymo didžiausias užfiksuotas lėtėjimo pagreitis yra $5,95 \text{ m/s}^2$.

Nustatyta, kad puspriekabėje įtvirtinus 12000kg masės krovinį, pilnas sustojimo laikas išauga 102%

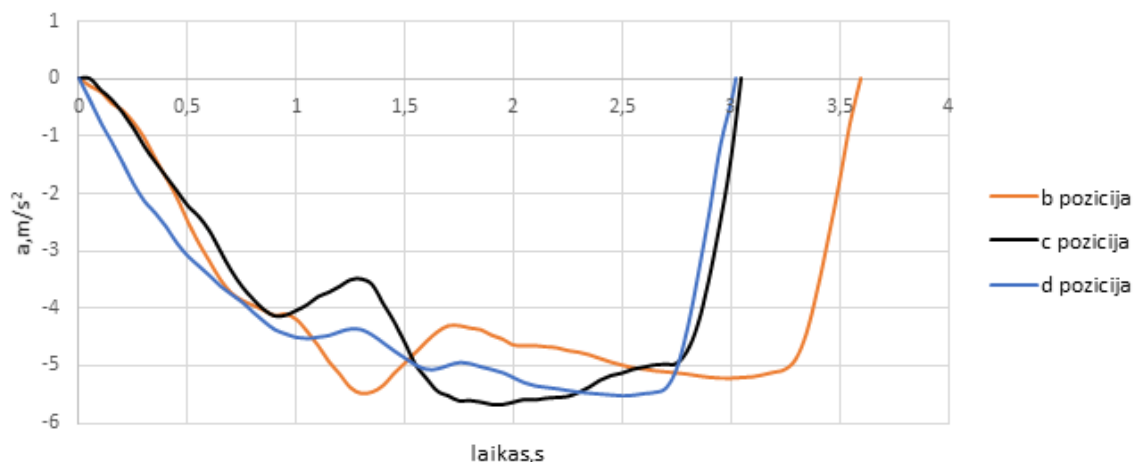


3.9 pav. Renault Magnum vilkiko su Krone XI puspriekabe nuvažiuotas atstumas stabdant miesto sąlygomis

Stabdant junginį su svoriu, lėtėjimo pagreitis didėja ženkliai lėčiau, nei stabdant junginį

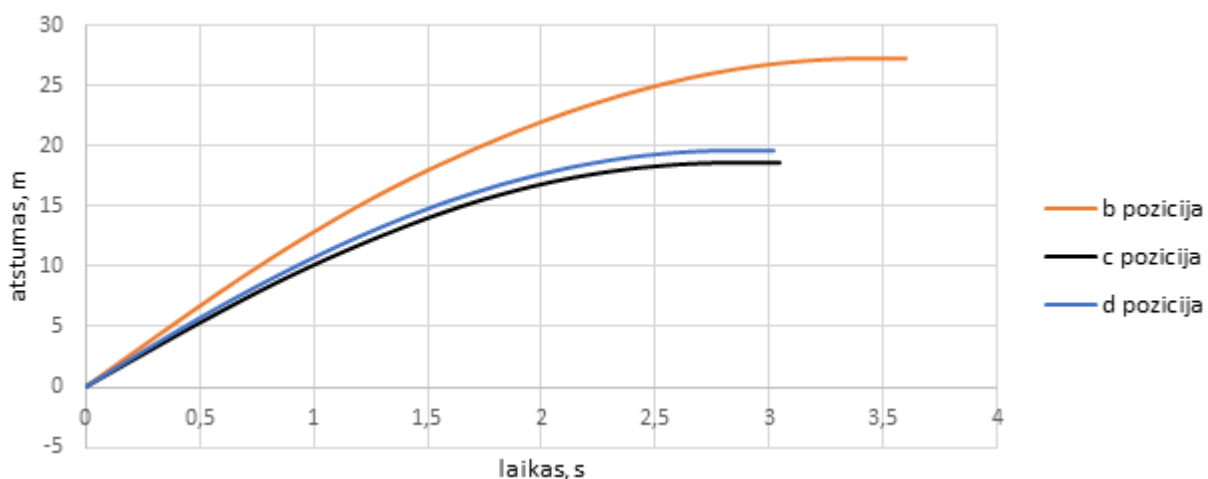
be svorio. Tai labai stipriai įtakoja stabdymo metu nuvažiuotą atstumą, nes didesnį laiko tarpą išlieką didesnis greitis. Apkrovus junginį 12000kg masės kroviniu, stabdymo kelias pailgėjo 2,3 karto.

Norint įvertinti krovinio pozicionavimo tarp junginio ašių įtaką stabdymui, krovinys tvirtinamas ankščiau apibrėžtose b, c, d pozicijose. Keičiant krovinio vietą išilgai junginio, gaunamos skirtingos ašių apkrovos bandymuose.



3.10 pav. Lėtėjimo pagreičio priklausomybė nuo laiko, stabdant junginį su 4000kg kroviniumi skirtingose pozicijose

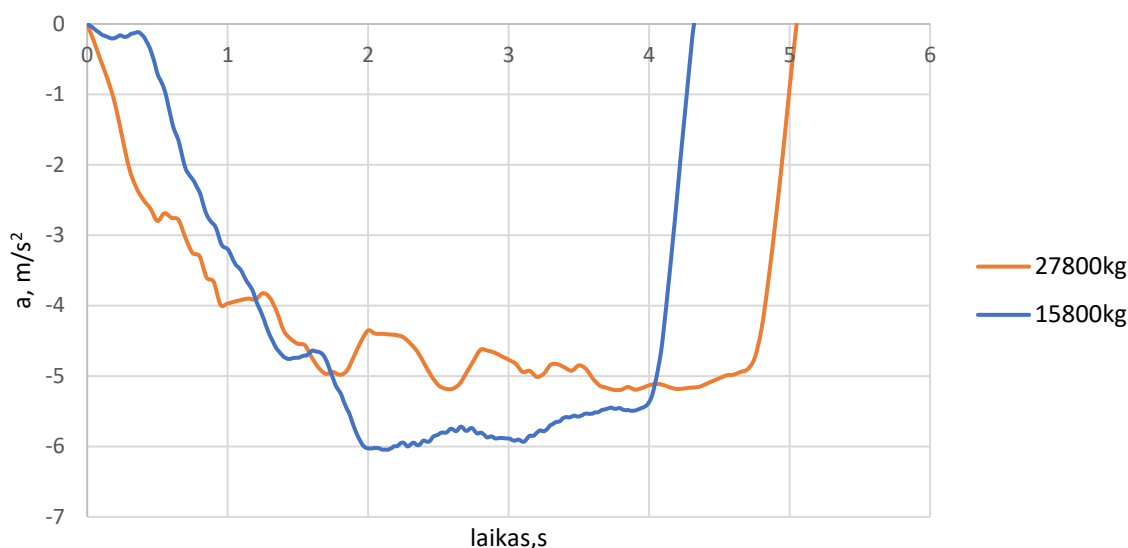
Atlikus bandymus, nustatyta per kiek laiko nuo stabdymo pradžios junginys pilnai sustoja. Krovinį tvirtinant pačiame puspriekabės priekyje, labiausiai apkraunama vilkiko galinė ašis, bet lyginant su bandymu be krovinio, puspriekabės galinių ašių apkrova praktiškai nepakinta. Kroviniai esant b pozicijoje, junginys sustoja per 3,6 sekundės. Iš grafiko matoma, kad kuo krovinys yra arčiau galinių ašių, tuo greičiau junginys sustoja. Krovinį perkėlus į c poziciją, vilkikas su puspriekabe sustoja per 3,15 sekundės. Pakeitus krovinio vietą, gaunamas 13% greitesnis sustojimas. Kroviniai esant d pozicijoje, sustojimo laikas yra lygus 3,05 sekundės, lyginant su bandymu c pozicijoje nepastebimas didelis sustojimo laiko skirtumas, tai pat ir pasiekiami vidutiniai lėtėjimo pagreičiai yra panašių reikšmių.



3.11 pav. Junginio nuvažiuotas atstumas nuo stabdymo pradžios iki visiško sustojimo

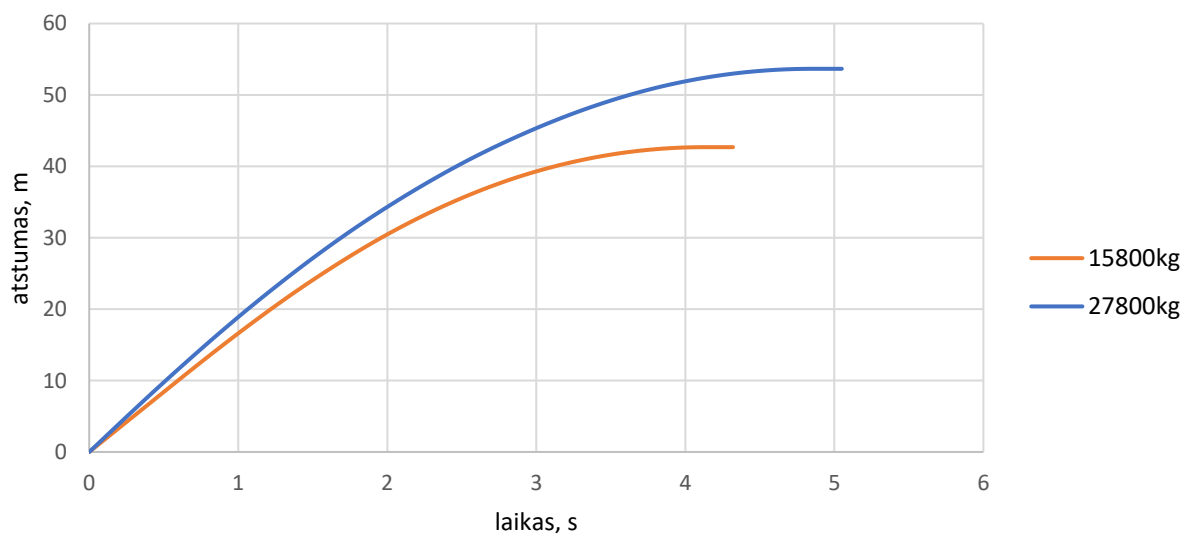
Kroviniai esant b pozicijoje, pasiekiami mažiausi lėtėjimo pagreičiai, todėl stabdymo kelias yra ilgiausias- 27,2 metro. Krovinį perstūmus į puspriekabės vidurį ir galą, stabdymo keliai beveik identiški, tai yra 18,2m ir 19,8m.

Padidinus pradinį greitį iki 19,3 m/s atliekami stabdymo bandymai su tuščia ir pilnai krauta puspriekabe.



3.12 pav. Junginio stabdymo pagreičio priklausomybė nuo laiko

Iš pilnai pakrautos puspriekabės stabdymo kreivės matyti, kad maksimalų 5,21 m/s² stabdymo pagreitį junginys pasiekia po 2,6 sekundės nuo stabdymo pradžios. Tolygiausiai lėtėjama paskutinę stabdymo sekundę. Stabdant be krovinio, pasiektas maksimalus lėtėjimo pagreitis yra 6,05m/s². Didžiąją laiko dalį, junginys su tuščia puspriekabe stoja didesniu pagreičiu, todėl šios konfigūracijos sustojimo laikas yra 4,25 sekundės ir yra 19% procentų mažesnis negu laikas, reikalingas sustabdyti junginį su 12000kg kroviniumi.



3.13 pav. Junginio sustojimo kelio priklausomybė nuo laiko

Ekstremaliai stabdant nuo pradinio greičio $v = 19,3$ m/s, vilkikui su prikabinta tuščia puspriekabe pilnam sustojimui reikalingas 30,3 metrų atstumas. Puspriekabėje esant 12000kg masės kroviniumi, šis atstumas išauga iki 43,6 metrų.

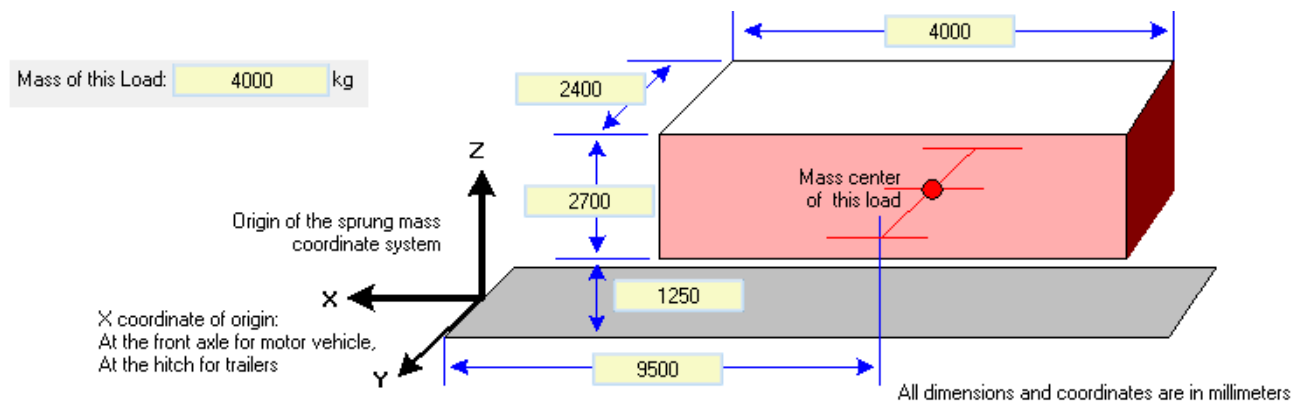
3.2 Stabdymo kelio ir laiko tyrimas TruckSim programa

Dažnai atliekant įvairius bandymus, praktiniais bandymais gauti rezultatai skiriasi nuo teoriškai apskaičiuotųjų. Visi atlikti bandymai pakartojami TruckSim virtualių simuliacijų aplinkoje.



3.14 pav. TruckSim simuliacijos programoje sumaketuotas vilkikas su puspriekabe

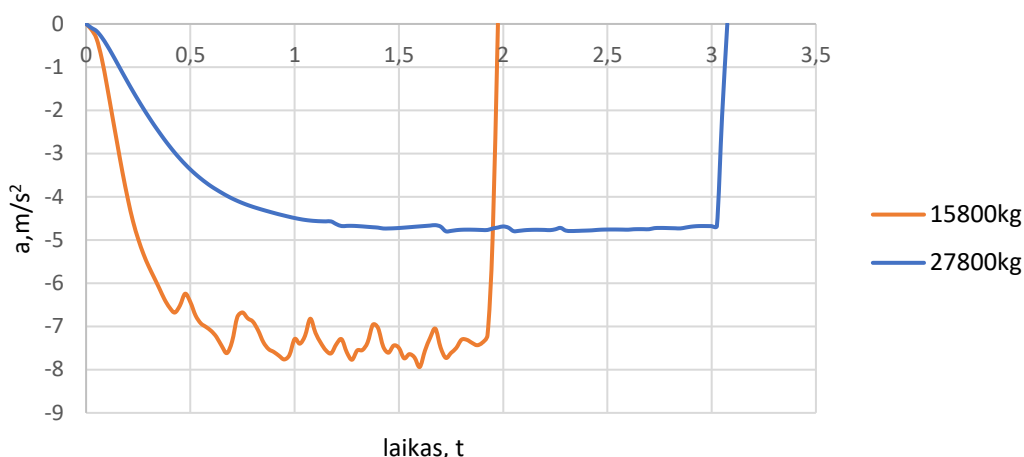
Pateikiamas bendras vilkiko ir puspriekabės vaizdas iš programos rezultatų pateikimo lango. Mėlyna spalva pažymėta krovinio vieta, atitinkant naudojama d konfigūracija. programoje pasirenkamas naudojamas vilkikas, nurodoma jo masė, naudojamos padangos, stabdžių sistemos slėgis ir kiti svarbių elementų parametrai. Pilnai sukonfigūravus vilkiką ta pačia procedūra apibūdinama ir puspriekabė.



3.15 pav. Programos aplinkoje apibūdinamas krovinys

Iš paveikslėlio matyti, kad parinktas krovinys yra 4 metrų ilgio, 2,4m pločio ir 2,7m Nurodoma krovinio masė- 4000kg. Apibrėžiama, kad krovinio masės svorio centras yra nuo puspriekabės prikabinimo mechanizmo nutolęs 9,5 metro. Pirmiems bandymui naudojama tuščia puspriekabė ir puspriekabė su trimis tokiais kroviniais, išsidėsčiusiai per visą puspriekabės ilgį. Bandymuose su apkrovos schemomis b, c, d naudojamas vienas krovinys, keičiamas tik masės centro atstumas nuo puspriekabės prikabinimo mechanizmo. Bandymo sąlygos paliekamos tokios pat visiems bandymams.

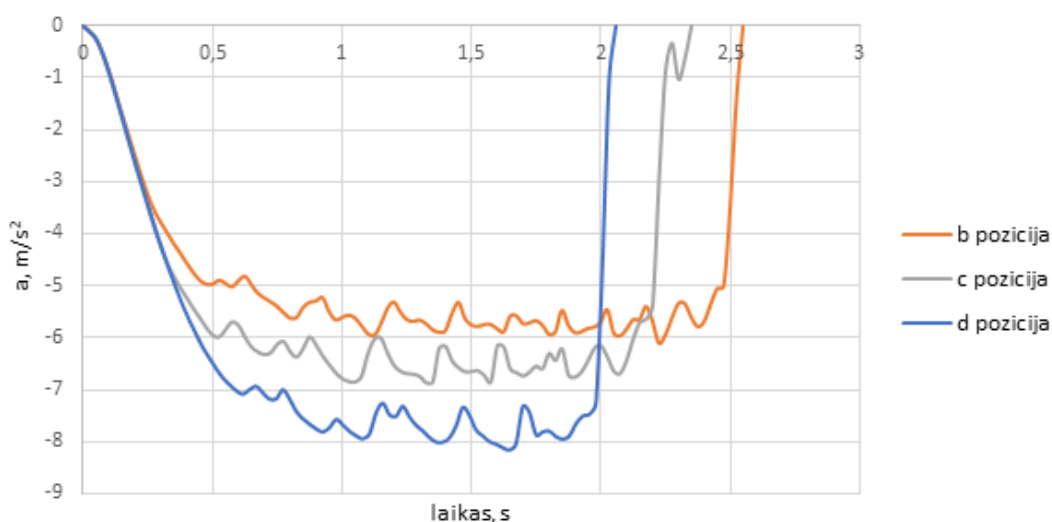
Atliekami pirmi du bandymai, identiški praktiškai atliktiems bandymams. Pirmame bandyme vilkikas su puspriekabe neapkraunami jokių kroviniais, antrame pakraunamas 12000kg krovinys.



3.16 pav. Vilkiko su puspriekabe stabdymo rezultatai gauti TruckSim programoje

Lyginant su praktiškai gautomis stabdymo kreivėmis, teoriškai gautos kreivės yra tiesesnės. Simuliacijos metu, vilkikui su puspriekabe prirėkė 1,9 sekundės pilnai sustoti, maksimalus lėtėjimo pagreitis pasiektas po 0,5 sekundės nuo stabdymo pradžios. Junginį apkrovus e schema, tai yra apkrovus puspriekabę 12000kg kroviniais, nuo stabdymo pradžios iki visiško junginio sustojimo praėjo 3,08 sekundės. Stabdymo kelias esant tuščiai puspriekabei- 10,8m, su kroviniais- 23,7m.

Puspriekabėje patalpinamas vienas krovinys, atliekamos trys simuliacijos, krovinį perstumiant vis į kitą poziciją.



3.17 pav. Renault Magnum vilkiko su Krone XI puspriekabe stabdymas kroviniai esant b, c ir d pozicijose

4000kg kroviniai esant b pozicijoje, tai yra pačiame puspriekabės priekyje, stabdymo laikas yra 2,58 sekundės. Iš kreivių matyti, kad šio bandymo metu pasiektas mažiausias vidutinis lėtėjimo pagreitis. Krovinį perstumus į c poziciją, stabdymo laikas sutrumpėja 0,34s. Kuomet krovinys yra d pozicijoje pasiekti didžiausi stabdymo pagreičiai, užfiksuotas maksimalus lėtėjimo pagreitis yra $8,11 m/s^2$. Dėl šios priežasties, šio bandymo sustojimo laikas yra trumpiausias- 2,06 sekundės ir yra 19,8% mažesnis

nei gautas b bandymo metu. Kroviniui esant b pozicijoje, junginys pilnai sustojo nuvažiavęs 2ą metrus, jį patraukus į c ir d pozicijas, atitinkamai stabdymo keliai buvo 16 ir 17.1 metro.

Pastebėjus, kad TruckSim programoje gauti pagreičių ir nuvažiuoto atstumo priklausomybių nuo laiko grafikai praktiškai vienodi, skiriasi tik jų skaitinės reikšmės, bandymų atliktų su 19m/s greičiu rezultatus pateikiame lentelėje:

3.2 lentelė. Junginio stabdymo užmiesčio sąlygomis pagrindiniai parametrai

Bendra junginio masė, kg	Greitis, m/s	Didžiausias išvystytas lėtėjimo pagreitis, m/s ²	Sustojimui reikalingas laikas, s	Sustojimui reikalingas atstumas, m
15800	19,3	6,3	4,1	26
27800	19,3	5,8	4,6	31

Matome, kad stabdant s kroviniu pasiekiamas mažesnis lėtėjimo pagreitis, todėl sustojimas užtrunka 0,5 sekundės ilgiau. Per šį laiko tarpą vilkikas nuvažiuoja papildomus 5 metrus.

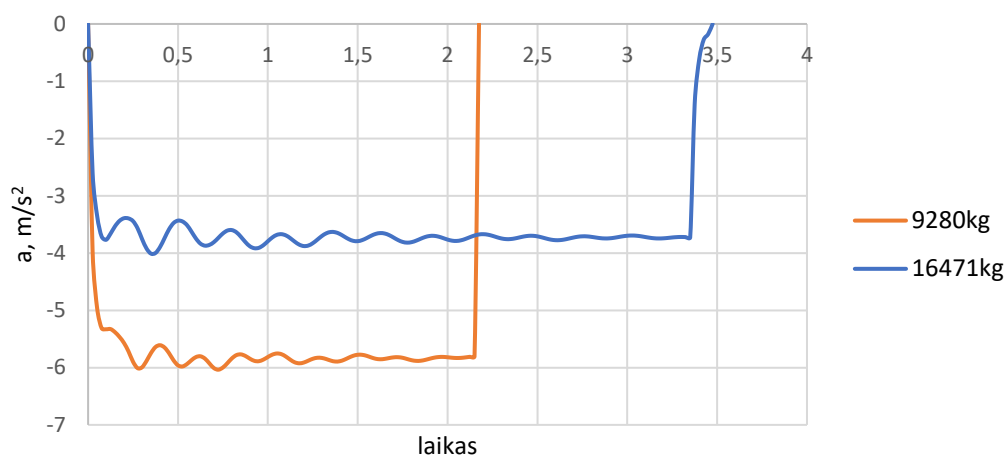
Programoje tai pat atliekami bandymai su dviašiu sunkvežimiu.



3.18 pav. Programoje sumodeliuoto sunkvežimio Mercedes Benz 1717 bendras vaizdas

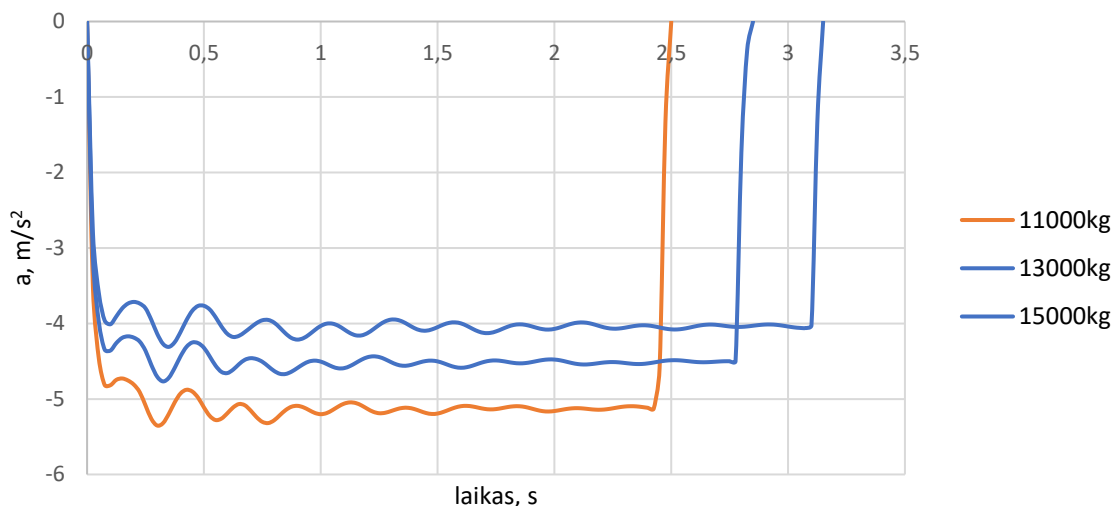
Simuliacijų metu bus naudojamos tos pačios apkrovimo schemas, kaip ir praktiniuose stabdymo bandymuose su Mercedes Benz 1717 sunkvežimiu. Programoje parenkamos sunkvežimio padangos, nurodomos jų sukibimo koeficientas. Nurodoma, jog automobilis neturi sumontuotos ABS sistemos. Sunkvežimio kėbulas suprojektuojamas tokių pat matmenų kaip ir praktiniuose bandymuose naudoto sunkvežimio.

Pirmų dviejų bandymų metu, tiriami tuščio ir pilnai pakrauto sunkvežimio stabdymo laikai ir pasiekti pagreičiai.



3.19 pav. Sunkvežimio Mercedes Benz 1717 stabdymo kreivės gautos su programa TruckSim

Maksimalų stabdymo pagreitį, tuščias sunkvežimis pasiekia per 0.1 sekundės. Pagreitis kinta sąlyginai mažose reikšmių ribose, svyruoja nuo $5,29\text{m/s}^2$ iki $6,02\text{ m/s}^2$. Automobiliui pilnai sustoti prireikia 2,21 sekundės. Stabdant pilnai pakrautą sunkvežimą lėtėjimo pagreičiai sumažėja ir stabdymas užtrunka 3,47 sekundės. Sunkvežimis su kroviniumi stoja 33% ilgesnį laiko tarpą. Atliekant šį tyrimą pastebėta, kad sunkvežimio be ABS lėtėjimo pagreičiai didėja iki trijų kartų greičiau, nei sunkvežimio su ABS sistema.



3.20 pav. Sunkvežimio Mercedes Benz 1717 stabdymo kreivės gautos naudojant TruckSim programą

Įvertinant masės pokyčio ir masės centro aukštėjimo įtaką stabdymo keliui, atliekami bandymai su schemomis b(11000kg), c(13000kg) ir d(15000kg). Iš paveikslėlio matyti, kad didžiausią lėtėjimo pagreitis pasiekiamas, kuomet bendroji sunkvežimio ir krovinio masė yra 11000kg. Šio bandymo metu sunkvežimis sustoja per 2,51 sekundės, išvystydamas vidutinį $5,05\text{ m/s}^2$ lėtėjimo pagreitį. Bendrą automobilio ir krovinio masę padidinus iki 13000kg, pasiekiamas 17% mažesnis vidutinis lėtėjimo pagreitis ir sunkvežimio sustojimui reikalingas laikas padidėja iki 2,81s. Trečio bandymo

metu nustatyta, kad padidinus bendrą masę dar 2000kg, stabdymo laikas lyginant su pirmuoju bandymu išaugo 26% ir yra lygus 3,17s.

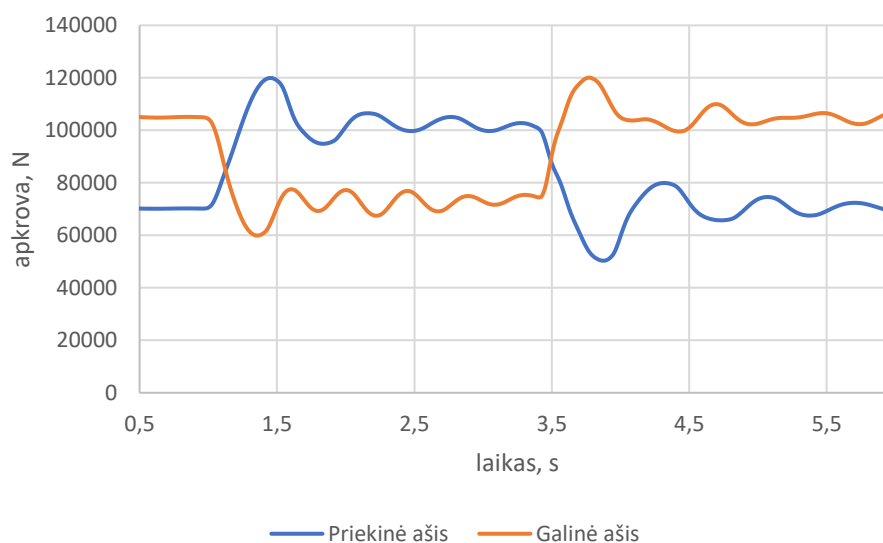
Stabdymo bandymų užmiesčio sąlygomis rezultatai surašomi į lentelę.

3.3 lentelė. Stabdymo bandymų užmiesčio sąlygomis rezultatai

Bendra junginio masė, kg	Greitis, m/s	Didžiausias išvystytas lėtėjimo pagreitis, m/s ²	Sustojimui reikalingas laikas, s	Sustojimui reikalingas atstumas, m
9280	19,3	6	4,1	41,3
11000	19,3	5,3	4,4	43,6
16471	19,3	4,3	5.1	48

Didėjant bendrai masei, ilgėjo sustojimo kelias. Bendrai masei padidėjus nuo 9280kg iki 16471kg, sustojimui reikalingas atstumas padidėjo 6,7 metro.

Naudojant tą pačią programą, ištiriamas dviašio sunkvežimio ašių apkrovų persiskirstymas staigiai stabdant.



3.21 pav. Ašių apkrovų persiskirstymas stabdant pilnai pakrautą sunkvežimį

Bandymuose naudojamos tos pat apkrovos schemas. Stabdoma nuo pradinio greičio $v_0 = 13,3 \text{ m/s}$. Ašių persiskirstymą stabdymo metu įtakoja masės centro aukštis, jo padėtis tarp automobilio ašių. Paveikslėlyje matyti, kad iki stabdymo pradžios, kai pagreitis lygus nuliui, priekinė ašis yra apkraunama 69310N jėga. Šiuo metu priekinei ašiai tenka 42% visos apkrovos. Pasiekus didžiausią stabdymo momentą, pastebimai pakinta ašis veikiančios jėgos. Esant didžiausiam šio bandymo metu

pasiektam lėtėjimo pagreičiui $a = 5,36 \text{ m/s}^2$, priekinės ašies apkrova padidėja iki 120000N, tai reiškia, kad ašis apkrauna 72,85% sunkvežimio ir krovinio bendros masės.

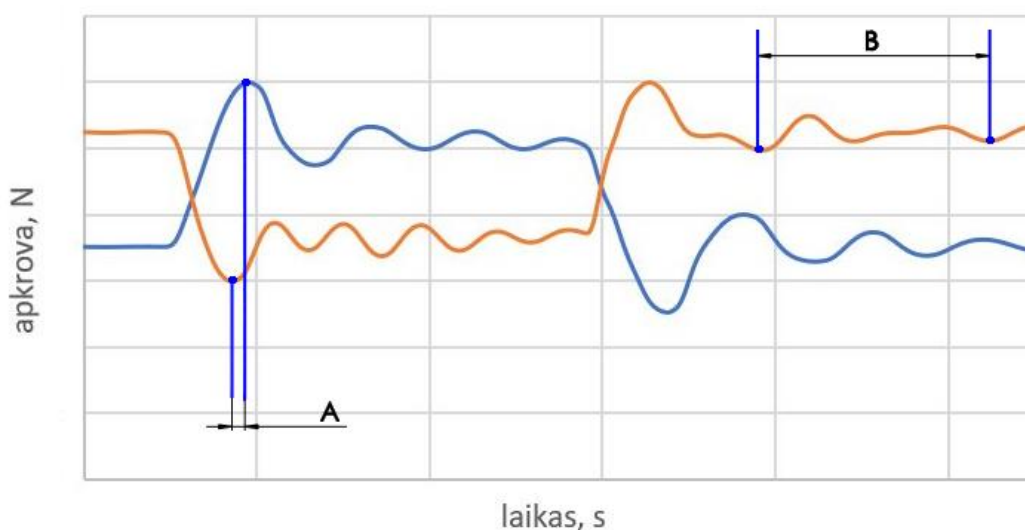
Visų stabdymo bandymų su dviašiu sunkvežimiu ašių apkrovų persiskirstymo rezultatų palyginimui sudaroma lentelė.

3.3 lentelė. Dviašio sunkvežimio ašių apkrovos nejudant ir stabdymo metu

Krovumo konfigūracija	Ašių apkrovos kai $a=0$ m/s^2 , N		Ašių apkrovų pasiskirstymas procentais, priekinė/galinė	Ašių apkrovos kai lėtėjimo pagreitis didžiausias, N		Ašių apkrovų pasiskirstymas procentais, priekinė/galinė
	Priekinė ašis	Galinė ašis		Priekinė ašis	Galinė ašis	
a	5360	3300	61,89/38,11	63180	24800	71,70/28,30
b	5617	4753	54,17/46,83	74020	32680	70,5/29,5
c	5927	6443	47,91/52,09	89066	41636	71,79/28,21
d	6238	8132	43,41/56,59	106472	48545	70,98/29,02
e	69310	95400	41,82/58,18	120000	59210	72,85/27,15

Iš lentelės duomenų matyti, kad didėjant masei ir jos aukščiui, sunkvežimio nejudant, sparčiai didėja galinės ašies apkrova. Pasiekus maksimalią bandymuose naudotą apkrovą, artėjama prie 50/50 apkrovų santykio. Staigiai stabdant, dėl to jog didėjant krovinio masei, didėja ir jo masės centro aukštis, dėl masių persiskirstymo didėja priekinės ašies apkrova. Didžiausia užfiksuota momentinė priekinės ašies apkrova siekia 120000N. Tokio dydžio apkrova priekinę ašį veikia labai trumpą laiką, po to ji nusistovi ir neženkiai kinta 95000-100000N ribose. Tokį priekinės apkrovos prieaugį stabdymo metu išsukia ne tik ašių persiskirstymas, bet ir dėl važiuoklės amortizacijos sistemos veikimo atsirandančios inercijos jėgos.

Sisteminant simuliacijos metu gautus duomenis, pastebėti visuose bandymuose pasikartojantys reiškiniai.



3.22 pav. Ašių apkrovų persiskirstymo stabdant ypatumai

Iš kart po stabdymo pradžios, priekinės ašies apkrova pradeda intensyviai didėti. Prieš simuliacijas buvo manoma, kad mažėjant vienos ašies apkrovai, kitos apkrova tolygiai didės. Tačiau pastebėta, kad atsiranda laiko tarpas, kuris parodo, kad priekinė ašis maksimaliai apsikrauna po laiko tarpo A, kai maksimaliai buvo nusikrovusi galinė ašis. Laiko tarpas A priklauso nuo automobilio greičio, lėtėjimo pagreičio ir automobilio pakabos savybių.

Sunkvežimiui pilnai sustojus, ašių apkrovos grįžta į pradines. Dėl važiuoklės amortizacijos sistemos, iš kart po sustojimo atsiranda sunkvežimio kėbulą veikiantis pagreitis, kuris yra nukreiptas priešinga lėtėjimo pagreičiui kryptimi. Tai iššaukia kėbulo svyravimus pavaizduotus B dalyje. Šie svyravimai gali tęstis iki kelių sekundžių, priklausomai nuo automobilio amortizacijos sistemos būklės.

IŠVADOS

1. Apžvelgti sunkiasvorio transporto eismo saugumo reikalavimai Lietuvos ir Europos įstatymuose. Nustatyta, kad pavienių, nevarančių ašių apkrova negali viršinti 10000kg, varančiųjų ašių- 11500kg. Dviašio vilkiko junginio su triaše puspriekabe masė negali viršinti 40000kg.
2. Stabdymo kelią įtakoja transporto priemonės ir krovinio masė ir jos masės centro aukštis, kelio sukibimo koeficientas, stabdymo jėga, ašių apkrovų persiskirstymas stabdant. Sunkvežimiuose sumontuoti stabdymo jėgos reguliatoriai, pagal ašies apkrovą gali padidinti ant ašies sumontuotų ratų stabdymo jėgą.
3. Ištyrus sunkvežimių stabdymo kelią su skirtingomis konfigūracijomis, nustatyta:
 - vilkikas su prikabinta tuščia puspriekabe nuo pradinio greičio $v=13\text{m/s}$ sustoja per 2,15 sekundės išvystydamas maksimalų lėtėjimo pagreitį lygų $7,13\text{ m/s}^2$. Šis pagreitis pasiekiamas praėjus 0,95 sekundės po stabdymo pradžios. Atlikus bandymus su krovinio vilkiko puspriekabės priekyje, viduryje ir gale, nustatyta kad junginys sustos greičiausiai, kai krovinys pritvirtintas puspriekabės viduryje, sustojimui prireikia 3,05 sekundės ir stabdymo metu nuvažiuojamas atstumas 18,2m.
 - Dviašis sunkvežimis Mercedes Benz 1717 be krovinio nuo pradinio greičio $v=13,3\text{ m/s}$ sustoja per 2,75 sekundės, išvystydamas maksimalų lėtėjimo pagreitį- $5,77\text{ m/s}^2$. Atlikus stabdymo bandymus su skirtingų masių kroviniais, nustatyta, kad stabdymo kelias proporcingai didėja iki tada, kai krovinio ir sunkvežimio bendra masė pasiekia 13000kg. esant šiai bendrai masei, sunkvežimis sustoja 6% greičiau, nei esant 11000kg. bendrai masei Šis laiko stabdymo laiko sumažėjimas atsiranda dėl padidėjusios galinės ašies apkrovos taip suaktyvinant stabdžių jėgos reguliatorių ir neleidžiant ratam pradėti slysti;
4. Skaitiniu metodu TruckSim programoje sumodeliavus tuos pačius bandymus, nustatyti lėtėjimo pagreičiai, sustojimui reikalingas kelias, ašių apkrovų persiskirstymai. Pastebėta, kad ašys apsikrauna/ nusikrauna ne tiesioginės priklausomybės principu.
5. TruckSim programoje sumodeliavus tuos pačius bandymus, nustatyta:
 - teoriniai rezultatai su praktinių bandymų metu gautais skiriasi nuo 2 iki 16 procentų;
 - stabdant atsirandančiame ašių apkrovų persiskirstyme atsiranda laiko tarpas, kai sunkvežimio ašys apkraunamos mase, mažesne nei yra bendroji sunkvežimio ir krovinio masė.
 - priekinės ašies apkrova ekstremaliai stabdant gali išaugti dvigubai.

LITERATŪRA

1. Kirka Aleksandras, Slavinskas Stasys. Automobiliai. Kaunas. Jotema. 2006m. 607p.
2. Robertas Pečeliūnas, Edgar Sokolovskij. AUTOMOBILIŲ DINAMIKA. Vilnius. Leidykla Technika. 141p.
3. EUROPOS PARLAMENTO IR TARYBOS DIREKTYVA 2007/46/EB. Nustatanti motorinių transporto priemonių ir jų priekabų bei tokioms transporto priemonėms skirtų sistemų, sudėtinių dalių ir atskirų techninių mazgų patvirtinimo pagrindus. žiūrėta [2018.06.19 11:30] prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A32007L0046>
4. . Lietuvos respublikos susisiekimo ministro įsakymas. Dėl maksimalių leidžiamų transporto priemonių matmenų, leidžiamų ašies(ašių) apkrovų, leidžiamos bendros masės patvirtinimo. 2002 m. vasario 18 d. Nr. 3-66. Vilnius. [žiūrėta 2018.06.19 10:00] Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.161448/AKOtuprTos>
5. Saulius Nagurnas. STABDOMŲ LENGVŲJŲ AUTOMOBILIŲ JUDĖJIMO PARAMETRŲ TYRIMAS. Daktaro disertacija. 2005m.
6. Race Technology.[žiūrėta 2019.03.20 17:02] Prieiga per internetą:<https://www.race-technology.com/us/racing/products/data-loggers>
7. Krone katalogas.[žiūrėta 2019.05.10 21:27] Prieiga per internetą: https://www.krone-trailer.com/fileadmin/media/downloads/pdf/brochures/KRONE_Curtainsiders_en.pdf
8. EPAL. [žiūrėta 2019.15.16 12:30] Prieiga per internetą: <http://www.directsupply1.com/pallets/euro-block/>
9. WABCO. Directive 71/320- Annex XIV ECE Regulation. Information document. [žiūrėta 2018.06.19 23:00]
10. Jackknifing and trailer swing [žiūrėta 2019.05.03 10:15] Prieiga per internetą: https://en.wikipedia.org/wiki/Jackknifing#/media/File:Jackknifing_and_Trailer_swing.jpg
11. T280B613 Kelių transporto priemonių teorija modulio laboratorinių darbų aprašai. 2016m. R. Makaras
12. Priedas kuriuo Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (ES) Nr. 167/2013 papildomas nuostatomis dėl žemės ir miškų ūkio transporto priemonių patvirtinimo stabdymo reikalavimų. [žiūrėta 2019.05.18 15:36] Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/3/2014/LT/3-2014-7410-LT-F1-1-ANNEX-2.PDF>

PRIEDAI

P-1 Mercedes Benz 1717 techninės apžiūros rezultatų kortelė



UAB "Skirlita" Alytaus techninės apžiūros įmonė,
Alytaus raj., Alytaus sen., Miklusėnų k., Kauno g. 3, LT-62461,
Tel. (8 315) 76198, Faks. (8 315) 20096, www.apziura.lt



LIEUVOS
NACIONALINIS
AKREDITACIJOS
BIURAS

Spaudė: 2018-09-15 12:44
Apieštinis: 112 Robertas Vitas
Sąrašas: 100_1_01
Spausdinto ketai: 1

KONTROLĖ
ISO/IEC 17020 Nr. 1.A. 06.007

TECHNINĖS APŽIŪROS REZULTATŲ KORTELĖ (ATASKAITA) NR. 100-0190352 (Išrašas iš Centrinės techninės apžiūros duomenų bazės)

(3) Techninės apžiūros (toliau- TA) Kasos dok.Nr.: **G48030** Paslauga, kaina: **DUMPTA 1.74 Eur**
atlikimo vieta/linija: **100/3** (3)TA atlikimo data, laikas: **2018-09-19 12:29** **PTA 10.72 Eur**
(9) TA atliko: **112**

TRANSPORTO PRIEMONĖS DUOMENYS

(2) Transporto priemonės (toliau- TP) Markė / modelis **MERCEDES-BENZ / 1717 AK-IV** Kilmės šalis **NYDERLANDAI**
valstybinis Nr. ir šalies kodas **JZL892 (LT)** (5) Kategorija ir klasė/kodas **N3-BA-07** Parengtos ekspl. TP masė (kg) **9280**
Registracijos liudijimo Nr. **H403407** TP paskirtis - Tech. didž. TP masė, (kg) **18200**
Pirmosios registracijos data **1993-03-09** (Energijos) degalų rūšis **DYZELINAS** Draudimo poliso Nr. **ACA8135921**
Pirmosios registracijos LR data **2017-10-04** ETPN/LEN - TA periodiškumas **12 mėn**
(1) TP identifikavimo Nr. **WDB65231615963958** (4) Rida (km) **315552, 312648(2017)** TP valdytojas **RIMAS ŠULIAUSKAS**
Mokesčiai **Tpm 304**
(10) Ypatingos žymės -

TECHINIŲ REIKALAVIMŲ ĮVERTINIMAS

Bandymų ir matavimų rezultatų lentelė

Stabdžių bandymo rezultatai, bandant stabdžių stendu (2018-09-18 13:17)					Stabdžiai - bandymas su stendu prijungiant manometra (2018-09-18 13:17)					Išmetamų teršalų kiekis					Žibintų šviesos matavimai						
Ašis	Stabdymo įgis (kN)		Nerūgštingumas (%)		Efektyvumas (%)		Stabdymo įgis (kN)		Efektyvumas (%)		Rodikliai	Matavimų rezultatai					Žibintai	Šviesos spindulio pokyčiai (%)			
	Kairysis ratas	Dešinysis ratas	Reikšmė	Riba	Reikšmė	Riba	Kairysis ratas	Dešinysis ratas	p2 (bar)	p3 (bar)		Reikšmė	Riba	1	2	3		Reikšmė	Riba	Kairysis	Dešinysis
1(B)	15.00	15.86	20	≤30			19.90	12.84	3.20	6.50											
2(B)	8.32	10.42	20	≤30	30	≥45	8.07	10.42	2.70	6.50											
2(S)	7.30	6.71	51			≥16															
(B)																					

(6) Nustatyti trūkumai ir jų pavojingumo lygis

(7) IŠVADA

TRANSPORTO PRIEMONĖ ATITINKA/ ~~NEATITINKA~~ TECHNINIUS REIKALAVIMUS*.

Pastabos: -

(8) Techninė apžiūra galioja iki: **2019-09-26**

B-08 Nr. 396761

(9) techninės apžiūros kontrolieriaus parašas ir spaudas

* Nereikalingus žodžius išbraukti.

PR09-2014. 7 priedas

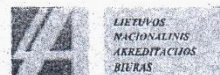
Susipažinau:

(transporto priemonės valdytojo parašas)

P-2 Renault Magnum 480.19T techninės apžiūros rezultatų kortelė



UAB "Kauno techninės apžiūros centras",
Raudondvario pl. 23A, Kaunas, LT-47158,
Tel. (8-37) 36-15-77, (8-37) 30-11-01, Faks...



Spausdinta: 2018-05-23 16:51
Atspausdinio: 235 Alpasas Valaida
Spausd. mažiausias: 200_1_05
Spausdinimo karta: 1

KONTROLĖ
ISO/IEC 17020 Nr. LA. 06814

TECHNINĖS APŽIŪROS REZULTATŲ KORTELĖ (ATASKAITA) NR. 200-0704802 (Išrašas iš Centrinės techninės apžiūros duomenų bazės)

(3) Techninės apžiūros (toliau- TP)
atlikimo vieta/linija: 200/2

Kasos dok.Nr.: K71475, K67752
(3) TA atlikimo data, laikas: 2018-05-23 15:48

Paslauga, kaina: KPTA 10.43 Eur
DUMTA 3.77 Eur
SPTA 11.01 Eur
TA 29.83 Eur

(9) TA atliko: 285

B-08 Nr. 240019

TRANSPORTO PRIEMONĖS DUOMENYS

(2) Transporto priemonės (toliau- TP)
valstybinis Nr. ir šalies kodas **JSK498 (LT)**
Registracijos liudijimo Nr. H257099
Pirmosios registracijos data 2011-11-18
Pirmosios registracijos LR data 2017-05-30
(1) TP identifikavimo Nr. VF617GKA000023586
(10) Ypatingos žymės Variklio nr. 309272

Markė / modelis RENAULT / MAGNUM 480.19T Kilmės šalis NYDERLANDAI
(5) Kategorija ir klasė/kodas N3-BC Parengtos ekspl. TP masė (kg) 7540
TP paskirtis Euro 5 Tech. didž. TP masė, (kg) 20000
(Energijos) degalų rūšis DYZELINAS Draudimo polis Nr. AEC8183807
ETPN/LEN - TA periodiškumas 12 mėn
(4) Rida (km) 683559, TP valdytojas Olgvita, UAB
683559(2018), 592551(2017) Mokesčiai 156,-

TECHNINIŲ REIKALAVIMŲ ĮVERTINIMAS

Bandytųjų ir matavimų rezultatų lentelė

Stabdžių bandymo rezultatai, bandant stabdžių stendu						Stabdžiai - bandymas su stendu prijungiant manometru						Išmetamųjų teršalų kiekis					Žibintų šviesos matavimai			
Stabdymo jėgos (kN)		Netolygumas (%)		Efektyvumas (%)		Stabdymo jėgos (kN)		Efektyvumas (%)		Išmetamųjų teršalų kiekis					Žibintai		Šviesos šaltinio pokrypis (%)			
Kairysis ratas	Dešinysis ratas	Reikšmė	Riba	Reikšmė	Riba	Kairysis ratas	Dešinysis ratas	p2 (bar)	p3 (bar)	Reikšmė	Riba	1	2	3	Reikšmė	Riba	Kairysis	Dešinysis	Riba	
1(B)	17,02	19,08	11	≤30	29	≥45	15,24	16,66	3,70	6,50							artimosios šviesos priekiniai rėkai	-0,8	-1,1	-1,5;-1,0
2(B)	12,04	10,36	14	≤30			11,40	9,81	3,20	6,50	53	≥45								
3(S)	10,81	9,61	11			≥16														
4(B)													Didžiausias (m ⁻¹)	2490						

(6) Nustatyti trūkumai ir jų pavojingumo lygis

NT - 4.1.3.a) Priekiniai žibintai (artimosios ir tolimosios šviesos). Įjungimas ir jungikliai. Jungiklio veikimas neatitinka nustatytų reikalavimų(a) (dėl vienu metu šviečiančių tolimosios šviesos žibintų skaičiaus).

(7) IŠVADA

TRANSPORTO PRIEMONĖ ATITINKA/ NEATITINKA TECHNINIUS REIKALAVIMUS*.

Pastabos: Visą atsakomybę už nustatytų nedidelių trūkumų pašalinimą ir transporto priemonės naudojimą nepašalinus trūkumų tenka transporto priemonės valdytojui. (4.1.3.a)

Atitinka saugių transporto priemonių reikalavimus

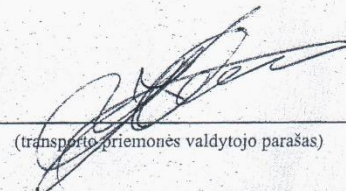
(8) Techninė apžiūra galioja iki: 2019-05-30

Išduotų sertifikatų numeriai:

LT/02/E V-016076



(9) techninės apžiūros kontrolieriaus parašas ir spaudas

Susipažinau:



(transporto priemonės valdytojo parašas)

* Nereikalingus žodžius išbraukti.

P-3 Renault Magnum 480.19T techninės apžiūros rezultatų kortelė



UAB "Kauno techninės apžiūros tarnyba",
Raudondvario pl. 234, Kaunas, LT-47138,
Tel. (8-37) 36-63-77, (8-37) 30-11-01, Faks -



KONTROLIŲ
MOKŲ TARYBA
Nr. LA 30013

Įrašymas: 2019-10-12 11:08
Pasirašė: UAB "Kauno Techninės Apžiūros Tarnyba"
Darys: Vaidas 20, 2-01
Sąskaitavilnis: 1

TECHININĖS APŽIŪROS REZULTATŲ KORTELĖ (ATASKAITA) NR. 200-0750417

(Išrašas iš Centrinės techninės apžiūros duomenų bazės)

(3) Techninės apžiūros (toliau - TA) atlikimo vieta/linija: **290/2**

Kasos dok. Nr.: **K05638**
(3) TA atlikimo data, laikas: **2019-10-25 11:08**

Pasirūg. kaina: **KPTA 7.82 Eur**
NTA 4.30 Eur
(9) TA atliko: **281**

TRANSPORTO PRIEMONĖS DUOMENYS

(2) Transporto priemonės (toliau - TP) vntystės Nr. ir šalies kodas: **LS041 (LT)**
Registracijos šalįjimo Nr. **1059838**
Firmosios registracijos data **2018-10-12**
Firmosios registracijos LR data **2018-10-12**
(1) TP identifikavimo Nr. **WKESD000000854649**

Markė / modelis **KRONE / -**
(5) Kategorija ir klasifikacija **O4**
TP paskirtis **Saugi**
(Energijos) degalų rūšis - **ETPN-LEN E1*2007/46*0232*14**
(4) Rida (km) -

Kilometrai šalis -
Parengtas ekvip. TP masė (kg) **6490**
Tech. didl. TP masė (kg) **17000**
Draudimo poliso Nr. **AEC9540303**
TA periodiškumas **12 mėn**
TP valdytojas **UAB KRONE SCANBALT**
Mokesčiai **243 eur.**

(10) Ypatingos žymės -

Bandytų ir matavimų rezultatų lentelė

TECHININIŲ REIKALAVIMŲ ĮVERTINIMAS

Stabilių bėgimų rezultatai, bendri stabilių bėgimų						
Ašis	Stabilumas (kg)		Nerūpinimas (%)		Drebinimas (%)	
	Pradinis	Galutinis	Reikšmė	Reikšmė	Reikšmė	Reikšmė
1						
2						
3						
4						
5						

(6) Nustatyti tikslumai ir jų poveikumo lygis


(7) IŠVADA


TRANSPORTO PRIEMONĖ ATITINKA/ NEATITINKA TECHNINIUS REIKALAVIMUS*.

Pastabos: Atitinka saugių transporto priemonių reikalavimus
Dokumentų išdavimas naujai transporto priemonėi

(8) Techninė apžiūra galioja iki: **2019-10-12**

Išduotų sertifikatų numeriai:
LT/02/S-020286


(9) Techninės apžiūros kontrolieriaus parašas ir spaūdas

Susipažinau: 
(transporto priemonės valdytojo parašas)

* Nereikalingus žodžius išbraukti.

B-08 Nr. 601845