



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

Mantas Čerkesas

**STAMBIAGABARIČIŲ IR SUNKIASVORIŲ KROVINIŲ
TRANSPORTAVIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS**

Magistro baigiamasis projektas

Vadovas
Prof. dr. Žilvinas Bazaras

PANEVĖŽYS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS

STAMBIAGABARIČIŲ IR SUNKIASVORIŲ KROVINIŲ
TRANSPORTAVIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS

Magistro baigiamasis projektas
Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Vadovas

Prof. dr. Žilvinas Bazaras
(Parašas)
(Data)

Recenzentas

Prof. Jonas Bareišis
(Parašas)
(Data)

Projektą atliko

Mantas Čerkesas
(Parašas)
(Data)

PANEVĖŽYS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS

(Fakultetas)

Mantas Čerkesas

(Studento vardas, pavardė)

Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Stambiagabaričių ir sunkiasvorių krovinių transportavimo galimybių tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. Birželio 06 d.
_____ Panevėžys _____

Patvirtinu, kad mano, **Manto Čerkeso**, baigiamasis projektas tema „Stambiagabaričių ir sunkiasvorių krovinių transportavimo galimybių 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)

2016 m. _____.

BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: Mantui Čerkesui Grupė PMT-4

1. Darbo tema:
Lietuvių kalba: Stambiagabaričių ir sunkiasvorių krovinių transportavimo galimybių tyrimas

Anglų kalba: Research of Oversized and Heavy Cargo Transportation Feasibility

Patvirtinta 2016 m. Kovo mėn. 17 d. dekanų potvarkiu Nr. V25-13-8

2. Darbo tikslas: Ištirti atraminio rėmo konstrukciją, kai krovinio svorio centrai ir jo masė skirtingi.

3. Reikalavimai ir sąlygos: Parinkti tris skirtingus svorio centrus ir tris skirtingas krovinio mases, kai krovinyms kraunamas ant specialiai suprojektuoto atraminio rėmo.

4. Projekto struktūra. Turinys konkretizuojamas kartu su vadovu, atsižvelgiant į BP pobūdį.

<p><i>Įvadas</i></p> <ul style="list-style-type: none"><i>1. Stambiagabaričių ir sunkiasvorių krovinių transportavimo galimybės</i><i>2. Skirtingų krovinių komplektacijų ir krovinio svorio centrų parinkimas krovinio atraminiam rėmui</i> <p><i>Išvados ir pasiūlymai</i></p> <p><i>Literatūros sąrašas</i></p> <p><i>Priedai</i></p>

5. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis.

6. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas

<p>Užduotį gavau: <u>Mantas Čerkesas</u> <i>(studento vardas, pavardė, parašas)</i></p>	<p>_____ <i>(data)</i> <u>2016-02-01</u> _____ <i>(data)</i></p>
<p>Vadovas: <u>Prof. dr. Žilvinas Bazaras</u> <i>(pareigos, vardas, pavardė, parašas)</i></p>	<p>_____ <i>(data)</i> <u>2016-02-01</u> _____ <i>(data)</i></p>

Skaitytų pranešimų ir publikacijų sąrašas:

Čerkesas M., Bazaras Ž. „Stambiagabaričių ir sunkiasvorių krovinių transportavimo galimybių tyrimas“. Technologijų ir verslo aktualijos – 2016, konferencija. Panevėžys, 2016.

Mantas Čerkesas. „Stambiagabaričių ir sunkiasvorių krovinių transportavimo galimybių tyrimas“. *Transporto priemonių inžinerijos magistro* baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Žilvinas Bazaras; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Sausumos transporto inžinerija/ Technologijos mokslai

Reikšminiai žodžiai: *sunkiuosius, stambiagabaričius, vagonas, svorio centras, patikrinamieji skaičiavimai, tvirtinimo mechanizmai.*

Panevėžys, 2016. 77 p.

SANTRAUKA

Transportuojant sunkiuosius ir stambiagabaričius krovinius privaloma išanalizuoti Lietuvos Respublikoje taikomas krovinių krovimo ir tvirtinimo taisykles, kurios nusako kaip ir kokio tipo krovinį privaloma tinkamai paruošti prieš transportavimą.

Darbe pateikiamas realaus krovinio pakrovimas ant platforminio vagono. Specialiai kroviniui, suprojektuotam atraminiam rėmui atliekami stipruminiai patikrinamieji skaičiavimai. Parenkami trys svorio centrai ir skirtingos krovinio svorio masės, kai jo svorio centras apkrauna atraminio rėmo konstrukciją.

Atliekami atraminio rėmo patikrinamieji skaičiavimai, kai konstrukcija tikrinama kiekviename iš trijų krovinio centrų, taip pat keičiant krovinio masę. Kiekviename krovinio svorio centre gaunami trys skaičiavimai su skirtinga krovinio komplektacija, kurios masė skiriasi.

Atlikus tyrimą, pavaizduojamos grafiškai veikiančios jėgos, kai rėmas apkraunamas skirtingais svoriais ir krovinio svorio centras yra skirtinguose taškuose. Atlikus patikrinamuosius skaičiavimus atraminiam rėmui, parenkami krovinio tvirtinimo mechanizmai.

Pagal gautus rezultatus pateikiamos išvados ir pasiūlymai, kurie leidžia tinkamai krovinį pritvirtinti prie atraminio rėmo.

Mantas Čerkesas. „Research of Oversized and Heavy Cargo Transportation Feasibility“. *Transport Engineering Master's Final Project* / supervisor prof. dr. Žilvinas Bazaras; Kaunas University of Technology. The Faculty of Panevėžio Technology and Business.

Research area and field: Land Transport Engineering / Technology Sciences

Key words: *heavy, large-size, wagon train, different weight center, verification calculations, fastening mechanism.*

Panevėžys, 2016. 77 p.

SUMMARY

When transporting heavy and large cargoes, loading and fastening rules of the Republic of Lithuania must be analyzed. It defines how and what type of loads must be properly prepared before shipment.

Real cargo loading on a platform wagon is presented on this paper. Seating frame has been designed specially for this load. Verification strength calculations had been done. Three different centers of gravity and different load weights were selected when the center of gravity of the load is on the support frame structure.

Verification performed calculations of supporting frame had been made when the construction is checked at each of the three load centers. Also by changing the load weight. Each load center receives three calculations with different loading equipment that also weights differently.

The study represents graphically acting forces when the frame is loaded with different weights and weight centers are at different points. When calculations for verification on the supporting frame are made, load securing equipment is chosen.

According to the results, findings and suggestions are shown, which allows properly secured loads to a supporting frame.

TURINYS

ĮVADAS	9
1. LITERATŪROS ANALIZĖ	10
1.1 Lietuvos geležinkelių vystimasis	10
1.1.1 AB „LIETUVOS GELEŽINKELIAI“ įmonės plėtra	11
1.1.2 AB „LIETUVOS GELEŽINKELIAI“ turimas įmonės riedmenų parkas ir infrastruktūra	12
1.2 Leistinių greičių nustatymas riedmenimis	14
1.3 Stambiagabaričių ir sunkiasvorių krovinių gabaratiškumas	19
1.3.1 Krovinių negabaritiškumo laipsnis	21
1.3.2 Krovinių pervežimo dokumentacija	23
1.3.3 Stambiagabaričių krovinių vežimo instrukcijos	23
1.3.4 Paraiškų pridavimas krovinio vežimui	24
1.4 Sunkiųjų krovinių pervežimo riedmenimis analizė	28
2. TYRIAMOJI DALIS	31
2.1 Transportuojamo krovinio ir platforminio vagono techninės charakteristikos	31
2.2 Krovinio tvirtinimo mechanizmų parinkimas ir analitiniai skaičiavimai	34
2.2.1 Krovinio atraminio rėmo, tvirtinant ant platformos veržlių užveržimo momentų skaičiavimas	35
2.2.2 Medžiaginių tvirtinimo diržų parinkimas	35
2.2.3 Tvirtinimo juostų parinkimas ir jas veikiančių jėgų skaičiavimas	36
2.3 Krovinio svorio centro nustatymas	38
2.4 Nustatoma krovinio vėjo pasipriešinimo jėga	40
2.5 Nustatoma krovinių veikianti trinties jėga išilgine ir skersine platformos kryptimi	40
2.6 Apskaičiuotų krovinio jėgų rezultatai	41
2.7 Atliekami rėmo stipruminiai skaičiavimai, kai svorio centras ir krovinio masė skirtinga	43
2.7.1 Atraminio rėmo patikrinamieji skaičiavimai pirmame svorio centro taške	44
2.7.2 Atraminio rėmo patikrinamieji skaičiavimai antrame svorio centro taške	52
2.7.3 Atraminio rėmo patikrinamieji skaičiavimai trečiame svorio centro taške	59
2.7.4 Stipruminių skaičiavimų palyginimas, kai svorio centras ir krovinio masė keičiama trimis variantais	66
2.8 Krovinio tvirtinimo juostų patikrinamieji stipruminiai skaičiavimai	68
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI	72
LITERATŪROS SĄRAŠAS	73
PRIEDAI	75

IVADAS

Stebint sparčiai besivystančios ekonomikos pakilimą, tiek Europoje, tiek visame pasaulyje yra sukliamas spartus įvairaus pobūdžio technologijų vystymasis, viename iš svarbiausių gamybos pramonės sektoriuje. Besivystant technologijoms gamyboje, tuo pačiu sudėtingėja įrangos gamyba. Norint taikyti didesnę gamybos apimtį, privaloma projektuoti įvairaus tipo pajėgumų ir gabaritų įrangą, kuri gali apdirbti didesnę kiekį ir spartesniu našumu gaminamą produkciją.

Šiuolaikinėje pramonėje galime pastebėti įvairaus tipo mechanizmus ir įrangą, kuri yra stambių gabaritų ir formų. Todėl norint ją sumontuoti tam tikroje vietoje, privaloma transportuoti tam tikru pasirinktu transportu. Stambiagabaričių krovinių transportavimas ypač sudėtingas ir atsakingas darbas, kuris susideda ne vien iš transporto priemonės parinkimo transportavimui. Norint transportuoti viršgabarinį krovinį reikia atlikti tokius darbus, kaip transporto priemonės parinkimas kroviniui transportuoti, maršruto iš taško A į tašką B išanalizavimas, dokumentacijos pridavimas ir krovinio transportavimo projekto pateikimas tam tikroms valdžios institucijoms. Toliau atliekamas krovinio tinkamas pakrovimas į tam tikrą rūšį transporto, tvirtinimo mechanizmų parinkimas, maksimalių apkrovų apskaičiavimas, jei krovinsys gali sukelti pavojų aplinkiniam transportui ar esamai infrastruktūrai.

Šio magistrantūros studijų baigiamojo darbo tikslas išanalizuoti pateikto realaus krovinio transportavimo galimybes: išnagrinėti literatūrą susijusę su tokio tipo krovinių transportavimu, tai transportavimo taisyklės ir raglamentai, pateikiant krovinio tris skirtingus svorio centrus ir krovinio svorius iširti atraminio rėmo stiptuminius skaičiavimus, pagal gautus rezultatus nustatyti kuriame svorio centre krovinsys bus transportuojamas ir su kokia mase sukomplektuotas, parenkami krovinio tvirtinimo mechanizmai kai nustaomas krovinio svorio centras ir komplektacijos masė.

Susiduriant su problema, kaip užtikrintai transportuoti tokio tipo krovinį, bus pateiktas būdas kaip saugiai išdėstyti krovinį ant atraminio rėmo. Pasinaudojus SolidWorks projektavimo programą nustatomas iš tryjų krovinio svorio centrų tinkamiausias rėmo apkrovimas ir nustatoma iš galimų tryjų krovinio komplektacijų masė, kaip sukomplektuotas krovinsys bus transportuojamas. Atlikus šiuos darbo tikslus bus parinktos krovinio tvirtinimui reikalingi mechanizmai.

Atsižvelgiant į tai, kad kiekvienas stambiagabaričio krovinio transportavimas yra unikalus ir reikalauja atidaus Lietuvos Respublikoje taikomų krovinių krovimo ir tvirtinimo taisyklių naudojimo. Šiame darbe pateiktos literatūros, negalima naudoti visų tipų stambiagabaričių krovinių transportavimui, dėl tos priežasties, kad skirtingam kroviniui nagrinėjamos skirtingos problemos, su kuriomis susiduriama transportuojant būtent tokio tipo stambiagabaričių krovinį. Analizuojant tokio tipo krovinio vežimo galimybe, būtina aptarti technines ir ekonomines sąlygas, kurios leidžia prieinamiau vežti stambiusius krovinius.

1. LITERATŪROS ANALIZĖ

1.1 Lietuvos geležinkelių vystymasis

Geležinkeliai kaip transporto šaka atsirado XVII amžiuje ir sparčiai vystėsi, tai lėmė spartus rūdos gavimas, metalurgijos pramonės vystymasis, naujų gamybos šakų steigimasis. Geležinkelių transportas pradėtas pritaikyti kroviniams vežti tokiose šalyse, kaip Anglija, Airija, Prancūzija. Būtent šiose šalyse pradėtos taikyti įvairios techninės galimybės transporto šakose dėl kylančios ekonomikos [1]. Toks šalių ekonominis vystymasis lėmė spartų geležinkelių transporto plėtojimą pasaulyje krovinių ir keleivių pervežimo sektoriuje.

Krovinių vežimas išsiplėtojo I ir II pasaulinių karų metais, tai leido greitai ir užtikrintai transportuoti karinę techniką. Dideliems kiekiams ir įvairiausio tipo kroviniams vežti buvo pritaikyti ir pradėti gaminti masinėje gamyboje įvairios modifikacijos lokomotyvai bei vagonai. Šie veiksniai atvėrė plačius kelius į tai, kokį transporto išvystymo lygį turime šiais laikais [1].

Nagrinėjant Lietuvos Respublikoje turimą geležinkelių sistemą, kuri yra tinkamai išplėtotą visame Lietuvos regione. Geografiškai, tranzitinė šalis nedidelė, bet yra pilnai išvystytos geležinkelių atkarpos tarp Rytų ir Vakarų. Naujus kelius į Pabaltijo, Skandinavijos ir Europos šalis atveria projektas „Rail Baltica“ (1.1 pav.), kuris pradėtas vykdyti 2011m [1].



1.1 pav. „Rail Baltic“ projekto preliminarus planas [12]

Tai tarptautiniai keliai, jungiantys su mūsų rusiška vėže 1 520 mm pločio ir europietiška, kurios plotis 1 435 mm. Pastaroji yra plačiausiai naudojama ir vadinama standartine vėže, pasaulyje tokio pločio vėžė sudaro 60 % visų bendro naudojimo geležinkelio linijų.

1.1.1 AB „LIETUVOS GELEŽINKELIAI“ įmonės plėtra

AB Lietuvos geležinkeliai, tai bendrovė kuri administruoja visą bendrą Lietuvos Respublikai priklausančią geležinkelių tinklų sistemą. Pagrindinė įmonės valdoma vėžė yra 1 520 mm pločio, o standartinės, europinės vėžės 1 435 mm pločio valdomas mažas procentas, kuris laikui bėgant didėja dėl vykdomo „Rail Baltica“ projekto. Tolimoje ateityje ši vėžė turėtų tapti pagrindine Lietuvoje naudojamą, tai lemtų pagrindinį susisiekimą riedmenimis su Europos šalimis.

Vienas svarbiausių veiksnių plataus geležinkelio transporto naudojimui turi įtaką tinkamai išdėstyta ir suprojektuota infrastruktūra, kuri leidžia vežti stambiagabaryčius krovinius. Infrastruktūrą sudaro statiniai ir įrenginiai, kurių dėka užtikrinamas saugus judėjimas riedmenimis [12].

Lietuvos geležinkelių sėkmingą vystymąsi ir augantį pervežimų skaičių kas metai, krovinių sektoriuje augina puikiai organizuota įmonės sistema, kuri leidžia be trukdžių pasiekti maksimalų darbo našumą įvairiuose Lietuvos geležinkelių įmonės padaliniuose, kurie vieningai siekia tikslo. Sugriuvus TSRS ir pasikeitus rinkos santykiams Lietuvos ūkyje, taip pat keitėsi įmonės politika su klientais. Ši pertvarka nekartą keitė įmonės valdymo stuktūrą, kuri pateikta **priede P1**, nuo pat 1990 m. – Lietuvos nepriklausomybės atgavimo. Po šio valstybės atkūrimo, Lietuvos geležinkelių sistema atsiskyrė ir tai lėmė AB „Lietuvos geležinkeliai“ įmonės įkūrimą, kuris įvyko 1991 m [12]. Atliktu tyrimu teigiama, kad Rytų ir Centrinėje Europoje, įskaitant ir Pabaltijos šalis, esančios riedmenų įmonės ir jų sistemos, AB „Lietuvos geležinkeliai“ yra viena moderniausių geležinkelio įmonių. Toks spartus vystymasis lėmė ženkliai padidėjęs investavimas pastaraisiais metais į naujų lokomotyvų įsigyjimą, taip mažinant eksploataavimo išlaidas ir papildomą senos technikos priežiūrą, kuri morališkai pasenusi. Didžiosiuose ir pagrindinėse geležinkelių linijose ir aptarnavimo stotyse, kaip keleivių, krovinių ir paskirstymo, įdiegtos pažangios technologijos, tai įspėjamieji signalizacijos įtaisai, kontrolės sistemos riedmenims perstatyti ir atnaujinti, įspėjamieji, nukreipiamieji ženklai, perstatyti šviesofortilčiai, renovuojamos aptarnavimo stotys ir atskirų regionų aptarnavimo ir administracijos pastatai.

Pastaraisiais metais įmonė šalies bendrą vidaus produktą didinę 1,4 procento, tai lemia Lietuvos Respublikos bendro biudžeto augimą. AB „Lietuvos geležinkeliai“ valdo 1 767 km bendro naudojimo geležinkelių linijų ilgio atkarpa, kur pateiktos **priede P2** bendras geležinkelio linijų žemėlapis Lietuvos Respublikoje, taip pat įmonė suteikia 10,6 tūkst., darbo vietų skaičių [7]. Darbuotojų vietų skaičius kas metai auga dėl besivystančios įmonės veiklos. Pastarieji skaičiai pateikti 2012 metų skaičiavimais [12].

Išnagrinėjus Lietuvos geležinkelių spartų vystymąsi, matome kad išlaidos didėja, kas lemia įmonės augimą įvairiuose sektoriuose. Tai įtakoja naudingas bendradarbiavimas su užsienio šalimis, kas lemia krovinių ir keleivių paslaugų teikimą. Toliau aptarinėjant sunkiasvorių krovinių transportavimą, pastebėsime, kad įvairaus tipo krovinių pervežimas yra ženkliai pelningesnis, lyginant su keleivių pervežimu, tiek šalies viduje ir užsienio šalyse. Tai įtakoja plačiau išvystytas sausumos transporto sektorius, būtent teikiamoms pervežimo paslaugoms [12].

1.1.2 AB „LIETUVOS GELEŽINKELIAI“ turimas įmonės riedmenų parkas ir infrastruktūra

Sparčiai besiplėtojant Lietuvos geležinkeliams, kartu atnaujinami ir įsigijami nauji riedmenys, tiek lokomotyvai ir vagonai. Lietuvoje naudojami šilumvežiai, taip vadinamas lokomotyvas varomas vidaus degimo varikliu ir kartu naudojama hidrauline arba elektrine pavara. Lietuvos geležinkeliai yra įsigiję 44 naujos kartos Siemens ER20CF prekinis šilumvežius, kurių keliamoji galia 2000 kW arba 2700 AG. Šių šilumvežių maksimalus greitis 120 km/h. Dėja dėl esamų didelio spindulio ir staigių kreivių geležinkelių linijų išdėstymo mūsų šalyje, maksimalūs greičiai negalimi. Tūrimi keliai netūri ilgų tiesiųjų, todėl ir greičių ribojimai yra itin griežti.

Visi naudojami ir tūrimi riedmenys Lietuvoje, pateikti 1.1 lentelėje yra paskirstyti pagal tam tikrą srautą krovinių ar keleivių pervežimui pagal rajonus [12].

1.1 Lentelė

AB „Lietuvos geležinkeliai“ valdomas traukos riedmenų parkas [7]

Nr.	Modelis	Paskirtis	Naudojamos vežės plotis, mm	Kiekis, vnt
1	Siemens ER20CF	prekinis šilumvežis	1520	44
2	2M62	prekinis šilumvežis	1520	17
3	2M62K	šilumvežis	1520	25
4	2M62M	šilumvežis	1520	29
5	M62	prekinis šilumvežis	1520	23
6	M62K	šilumvežis	1520	14
7	M62K	šilumvežis	1435	2
8	TEM TMH	manevrinis šilumvežis	1520	42
9	ČME3	manevrinis šilumvežis	1520	19
10	ČME3M	šilumvežis	1520	5
11	ČME3M ^E	šilumvežis	1520	17
12	TEM2	manevrinis šilumvežis	1520	15
13	TGK2	manevrinis šilumvežis	1520	1

Pagrindinis srautas yra Radviliškyje, ten ir yra laikoma didelė dalis turimų šilumvežių. Čia įkurtas pagrindinis remonto depas. Sekantis pagal turimą skaičių riedmenų yra Vilnius, o toliau mažesnis paskirstymas depams seka, Bugenių, Kauno, Klaipėdos ir Vaidotų. Pastarajame depe yra įsikūrusi didžiausia ir labiausiai Pabaltijo šalyse apkrauta krovinių paskirstymo stotis [12]. Tai vagonų sugrupavimo vieta pagal maršrutus ir jų tipą. Šioje vietoje suformuojamas sąstatas, tai įvairaus tipo vagonų junginys kuriuos varo vienas, o išskirtiniais atvejais ir du prekiniai šilumvežiai.

Lietuvoje eksploatuojami įvairaus tipo vagonai yra palikimas buvusios Sovietų Sąjungos. Šiuo metu eksploatuojamų krovinių vagonų parką, įvairios modifikacijos sudaro 9202 vagonai, iš kurių [7]:

- Dengtieji vagonai – 1729 vnt;
- Cisterniniai vagonai - 1894 vnt;
- Universalieji platforminiai vagonai – 219 vnt;
- Pusavagoniai – 1800 vnt;
- Įvairios modifikacijos vagonai – 3560 vnt;

Pastaraisiais metais įsigyta 390 prekinų vagonų, iš kurių 140 pusvagonių, 100 dengtųjų ir 150 cisterninių vagonų. Eksploatacinis vagonų techninis laikas pratęstas 1196 įvairaus tipo prekiniams vagonams [12].

Senieji vagonai yra rekonstruojami, modernizuojami, kad atitiktų šiuolaikinius riedmenų standartus. Metams bėgant įsigijami naujos modifikacijos, Europoje pagamintų vagonų. Senų vagonų būklė kasmet gerėja, pagrindiniai remonto ir modernizavimo darbai atliekami Radviliškio vagonų remonto depe (1.2 pav.).



1.2 pav. Radviliškio vagonų depas [7]

Čia vykdomi įvairaus tipo remonto darbai, tokie kaip kapitaliniai, depiniai, einamieji remontai, taip pat pratesiami eksploatacijos laiko galiojimai dengtiesiams, pusvagoniams, cisterniniams, platforminiams vagonams. Taip pat čia atliekami užbaigiamieji remonto darbai tokie kaip dažymo, elektros įrangos montavimai, atliekami hidrauliniai testiniai bandymai [12]. Depe atliekamas aširčių restauravimas ir visas einamas remontas vežimėlio – vagono važiuoklės.

Sparčiai augant apkrovimams, taip pat plečiasi Radviliškio vagonų ir lokomotyvų remontų depai. Statomi nauji remonto barai, tokie kaip prekinių vagonų įrangos mantavimo, dažymo ir džiovinimo kameros, valymo ir apdirbimo. Didelis dėmesys yra skiriamas technologinės įrangos įsigijimui ir atnaujinimui, infrastruktūros plėtimui, darbuotojų darbo sąlygų gerinimui, ekologijos užtikrinimui. Vidutiniškai per metus Radviliškio prekinių vagonų depe atliekami daugiau nei 9000 prekinių vagonų einamieji remontai, daugiau nei 5000 prekiniais vagonams smulkūs ir kapitaliniai remontai [14].

1.2 Leistųjų greičių nustatymas riedmenimis

Lietuvos Respublikoje yra reglamentuoti geležinkelių linijose leistinas darbinis ir maksimalus traukos riedmenų greitis. Kaip matome 1.2 lentelėje, greitis priklauso nuo kelio kategorijos tipo. Tai visi susiję objektai su kelių infrastruktūra ir šalia jų išdėstytais statiniais.

Kelio kategorijos skirstomos [12]:

I kategorija – visiems įrenginiams nustatomi standartai. Šie standartai nusako bendrą riedmenims skirtų kelių išdėstymą ir jų konstrukciją, tai privalo garantuoti saugų ir be nesklandumų naudojamą traukos riedmenų ir pačių vagonų eismą didžiausiu leistinu greičiu, nustatytu Lietuvos Respublikoje tam tikruose kelio ruožuose ir visose eksploatuojamose linijose [2]. Kelių ūkio įrenginių išdėstymas, tokių kaip kelių ruožų, remonto stočių ir jų technologinė įranga privalo sudaryti tinkamas sąlygas kruopščiam statinių, kelių, įrenginių remontui, bei pastoviai jų priežiūrai, kad būtų užtikrintas saugus eismas maksimaliais greičiais, traukinių eismui. Šiuos reikalvumus nustato geležinkelių valdytojas;

II kategorija – Kelio planas ir profilis yra svarbiausias rodiklis, kuris įtakoja traukinių greičius. Važiuojamosios dalies planą ir profilį sudaro geležinkelio kelių spinduliai, kreivės, tiesių ruožų ir kartu susikertančių kreivių sujungimai, tarp jų nuolydžių kampai ir kelio profilio, tai bėgių galvučių dalių sujungimas vertikaloje plokštumoje. Išanalizavus Lietuvos riedmenų eksploatuojamus kelius, pastebime, kad maksimaliais greičiais traukiniai judėti gali tik mažą procentą visų bendro naudojimų kelių, dėl didelių kelio kreivių spindulių ir pačių linijų išdėstymo prie turimų topografinių sąlygų. Kaip pavyzdį galime pateikti nuolydžių pavyzdžius stotyse, kuriose privalo būti horizontalios aikštelės. Tokius statinius leistina statyti kai kelio nuolydžio santykis ne didesnis kaip 0,0015 laipsnio, esant situacijai dėl sudėtingos geografinės zonos, leistinas ir didesnis nuolydis, bet neviršijant 0,0025 ribos.

III kategorija – Viena svarbiausia geležinkelio kelio konstrukcinė dalis yra sankasa, tai viršutinė kelio dalis, kartu su jai reikalingais kelio statiniais ir apsaugos sistemomis. Tiesiuose kelio ruožuose su vienkeliu keliu, sankasos plotis privalo būti ne siauresnis kaip 5,5 m. Dvikeliuose ruožuose plotis ne mažesnis kaip 9,6 m [2]. Vienkeliuose ruožuose su įrengta drenuojančia grunto sistema ne siauriau kaip 5,0 m., ir dvikeliuose ruožuose ne mažesnis plotis nei 9,1 m riba. Minimaliausias sankasos kelkraščio plotis iš abiejų jos pusių privalo būti ne mažesnis nei 0,4 m pločio. Jei kreivės spinduliui esant mažesniui nei 2000 m., sankasos privalomos platinti pagal nustatytus standartus. Formuojant sankasas ir montuojant bėgius, vėžės plotis tarp vidinių bėgių galvučių privalo būti 1520 mm. Maksimalus leistinas bėgių neplokštiškumas 6 mm, atsižvelgiant į tai ar tai yra kelio kreivė ar tiesi linija. Nuolatiniai priežiūrai atlikti infrastuktūriniais objektams, naudojami defektoskopiniai vežimėliai ir laboratorijos, bei kelmačiai [16].

IV kategorija – bėgių ir iešmų išdėstymas taip pat daro įtaką greičių nustatymui kelio ruože. Pagrindinėse stotyse ir keliuose bėgiai ir iešmai skirstomi pagal galią ir buklę, nustačius eismo intensyvumą, lokomotyvų greitį bei jų ašių apkrovimą [2].

V kategorija – geležinkelių važiuojamosios dalies, tai bėgių sankirtos, pervažos, kelių išsišakojimai, susikirtimai su automobilių keliais ir jiems eksploatuoti reikalinga infrastruktūra, visų šių objektų išdėstymą reglamentuoja Lietuvos Respublikoje priimtos statybos taisyklės. Šie reglamentai numato visų sausumos transporto sistemų infrastruktūrinį išdėstymą vienas kitų atžvilgiu, kas leidžia vykdyti pastoviai nenutrūkstamą saugų eismą. Paminėti infrastruktūriniai statiniai ir su jais susijusios taisyklės, įtakoja riedmenų eksploatavimo greitį ir greičio ribojimus tam tikrose ribose. Įvairios paskirties, tiek geležinkelių ir automobilių transportui reikalingų sistemų išdėstymas privalo būti techniškai pritaikytas stambiagabaričių ir sunkiasvorių krovinių transportavimui, kas lemtų augimą tokio tipo krovinių transportavimui mūsų šalyje.

Vietose kuriose vyksta geležinkelių eismas, griežtai draudžiama: kirsti automobiliams ar pėstiesiems, ypač tokiuose ruožuose kur yra stotys ar geležinkelių eismui vykstant tarpstočiuose [2].

Visose transporto rūšių šakose, svarbiausias dėmesys skiriamas saugos sistemoms. Kalbant apie geležinkelių transportą, saugumui skiriamas ypač didelis dėmesys. Kalbant apie pateiktas kelio kategorijas, kurios numato greičio apribojimus geležinkelių eismui, visos jos suskirstytos pagal joms būtinas apsaugos sistemas. Nuo I iki II kategorijos, privaloma traukinių eismo pervažose įrengti nenutrūkstamą apšvietimą tamsiu paros metu, o šviesiu tokias pervažas ženklinti įspejamaisiais ženklais. Nuo III iki IV kategorijos, privalomi šviečiantys įspejamieji ženklai ruožuose kuriuose sumontuoti nuolatiniai elektros tiekimo šaltiniai. Visoms reguliuojamoms ir įspėjamosioms pervažoms sistemų apšvietimų įtaisai privalo būti įrengti taip, kad joms nuolat būtų suteikiamas patogus techninis aptarnavimas [4].

Viena svarbiausių geležinkelių infrastruktūrinių statinių yra pervažos, tai vieno lygio kelių susikirtimo vieta su automobilių transportu. Jos yra reguliuojamos ir nereguliuojamos. Reguliuojamos

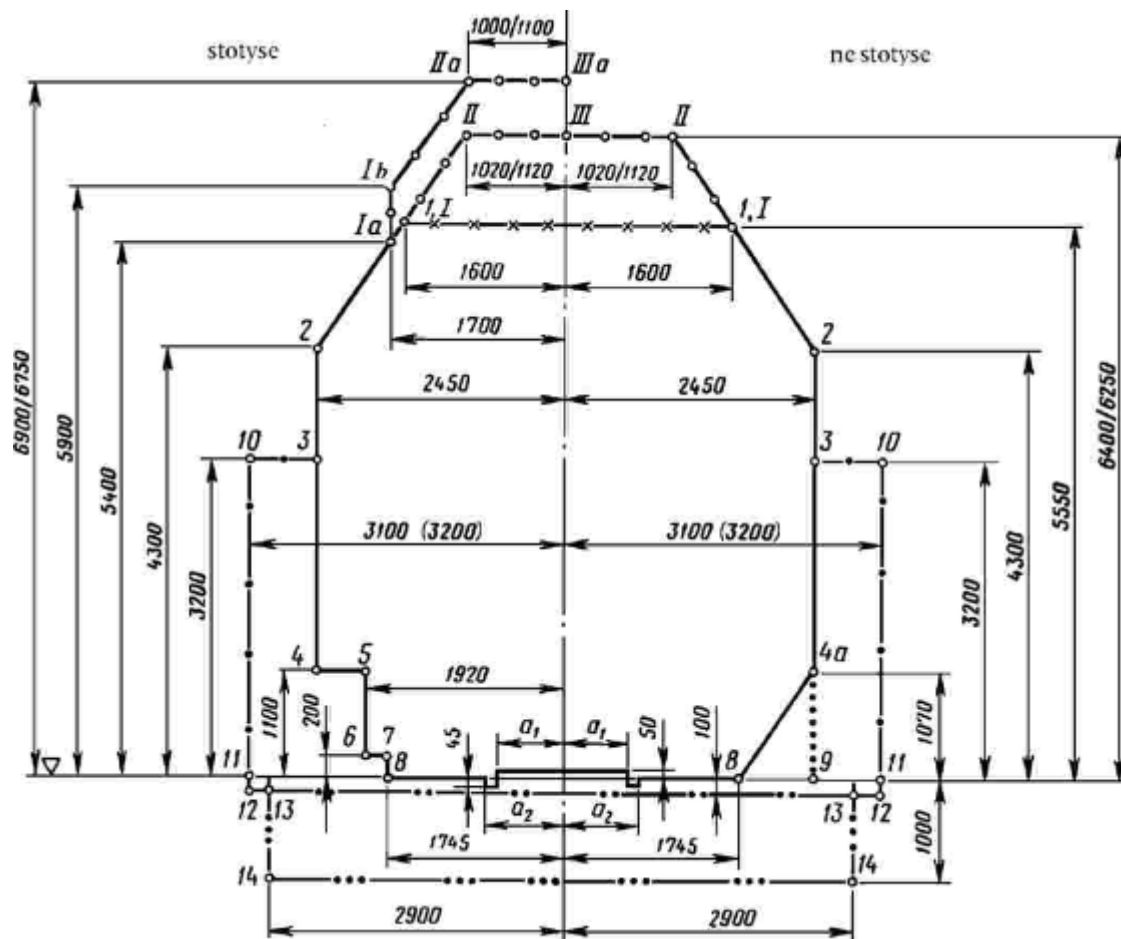
pervažos turi įspėjamąsias signalizacijos sistemas, kurių dėka pervažos tvarkdarys (budėtojas) perspėja apie atvykstantį traukinį arba tai signalizuoja automatinės sistemos automobilių transportui. Jei perspėjimo sistema automatinė, tai automobilių vairuotojams signalizuojamas šviesoforo baltos šviesos mirkčiojimas apie atvykstantį traukinį [4]. Nereguliuojamos pervažos neturi įspėjamųjų sistemų ar pervažos budėtojo, tik įrengtus įspėjamuosius ženklus. Tokio tipo nereguliuojamos pervažos įrengiamos tuose ruožuose, kur pagrindiniai transporto priemonių srautai susikertantys su geležinkelių linijomis, nėra apkrauti ir intensyvumas juose mažas [2]. Įrenginėjant naujo tipo įspėjamąsias sistemas atsižvelgiama į gabaritus, kad reikalingi infrastruktūros objektai nebūtų arti traukinių važiuojamosios dalies. Dėl tinkamo statinių išdėstymo, būtų galima didinti lokomotyvų važiavimo greičius ir taip atsiranda galimybė reikalui esant transportuoti stambiuosius krovinius, esant jų negabaritiškumui. Pervažos privalo būti su kietos struktūros grindiniu, kuris skirtas kirsti automobilių transportui ir pritaikytas pėsčiųjų eismui, kurios atitvertos stulpeliais arba turėklais [4]. Pervažų teritorijose turi stovėti įspėjamieji ženklai - iš geležinkelio pusės signalinis švilptelėjimo ženklas, pranešantis, kad lokomotyvo mašinistas duotų garso signalą, iš automobilių kelio pusės kelių eismo taisyklėse nustatyti ženklai.

VI kategorija – sunkiųjų ir stambiagabaričių krovinių transportavimui didelę įtaką sudaro infrastruktūros objektų išdėstymas šalia geležinkelių bėgių. Transportuojant geležinkelio transportu sunkiuosius krovinius, dažnai susiduriama su problema, kai tokio tipo kroviniui trukdo kelio statiniai, pervažose esančios įspėjamosios sistemos ir daugelis kitų inžinerinių objektų [2]. Tiesiant naujus ruožus ar rekonstruojant senuosius, signaliniai ženklai statomi dešinėje kelio pusėje eismo kryptimi, o kelio ženklai statomi dešinėje kelio pusėje, kilometrų didėjimo kryptimi, ne arčiau kaip 3 100 mm nuo kraštinio kelio ašies. Sankasose, tai kelio pagrindas, statomi kelio ženklai ne arčiau kaip 5 700 mm nuo kraštinės kelio ašies - sankasos. Tokiuose keliuose kaip esantys stotyse, kuriais nevažinėja riedmenys su stambiagabaričiais krovinių, kelio riboženkliai leidžiama statyti ten, kur atstumas tarp kelių lygus 3 810 mm. Geležinkelio keliuose kur atliekama pakrovos darbai, riboženkliai statomi ten kur kelio plotis siekia 3 600 mm. Kelio kreivėse šie atstumai nustatomi pagal statinių artumo gabaritų instrukciją.

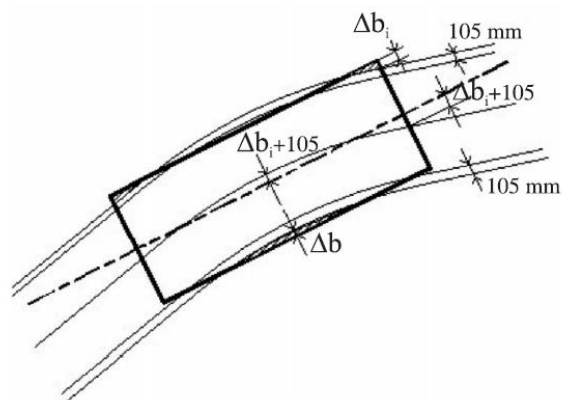
1.2 lentelė

Lietuvoje reglamentuojamas traukos riedmenų maksimalus eksploatuojamas greitis [15]

Kelio kategorija		I	II	III	IV	V	VI
Didžiausias greitis km/h	keleivinių traukinių	140	120	100	80	50	25
	prekinių traukinių	90	80	80	70	40	25



1.4 pav. Krovinio negabaritiškumas stotyse ir ne stotyse [7]



1.5 pav. Skaičiuotino vagono geometriniai išsikišimai ir jų skirtumai [7]

Transportuojant negabaritinius krovinis privaloma išanalizuoti jų gabaritus, kurių dėka galėtume įvertinti jų geometrinius išsikišimus pagal kreivę $R=350$ m be bėgio išorės paaukštinimo. Tokie platformų ir krovinių geometriniai išsikišimai laikomi išilginės ašies nukrypimais kelio ašies kreivėje, kai riedmenys atsistoja kreivėje pagal bėgio atskaitos tašką. 1.5 paveikslėlyje pavaizduoti geometriniai gabarito išsikišimai už bėgių kreivės ribų: krovinio ašies nukrypimas nuo kelio ašies atstumais Δb_{i+105} , Δb [3]. Vagonų riedmenų bazę skaičiuojama kaip ilgis tarp skersinių kreipiamųjų

ašių kurios eina per kėbulo kulnus. Jungiant platformas tarpusavyje, jų bazė skaičiuojama tarp tvirtinimo atramų, kurios yra visuose vagonuose iki jų vertikaliųjų ašių [7]. Viduriniu vadinamas toks vidinis pjūvis, kuris yra nutolęs vienodais atstumais nuo kreipiančiųjų esančių bazės viduryje, o išoriniai pjūviai kurie yra krovinio galuose, vadinami galiniais.

Skaičiuojamasis negabaritiškumas nustatomas krovinio vidiniams ir išoriniams pjūviams atskirai. Vidiniais vadinami visi krovinio skersiniai pjūviai, išsidėstę riedmenų arba junginių bazės ribose. Išoriniai arba konsoliniai pjūviai - skersiniai krovinio pjūviai, esantieji už riedmenų bazės arba junginio ribų [7]. Negabaritinės krovinių zonos skirstomos į negabaritiškumo laipsnius, kurie viršija pakrovos gabaritų dydžius kaip pavaizduota 1.3 pav.

Negabaritiškumo laipsniai [7]:

- Apačios negabaritiškumo zonoje – šeši laipsniai;
- Šono negabaritiškumo zonoje – šeši laipsniai;
- Viršaus negabaritiškumo zonoje – trys laipsniai.

1.3.1 Krovinių negabaritiškumo laipsnis

Žinome, kad nestandartiniai kroviniai turi negabaritiškumo zonas, kurių dėka yra lengviau apskaičiuoti jų geometrinius gabaritų nukrypimus. Krovinyje yra viršgabaritis tuo atveju jeigu negabaritiškumo laipsniai krovinio yra didesni nei: šeštas apačios, šeštas šono ir trečias viršaus. Kaip matome negabaritiškumo laipsniai yra šeši. Viršgabaritiškumas yra krovinio išėjimas iš platformos šono, viršaus ir apačios nustatytų ribų. Kroviniai, kurie pakrauti į platformą yra aukštesni nei 5300 mm nuo BGL (bėgių galvučių lygio) vadinamas vertikaliuoju viršgabaritiškumu. Visi negabaritiniai kroviniai turi būti priskiriami numatytam laipsniui ir zonai, lyginant labiausiai nutolusių nuo kelio ašies krovinio taškų koordinatas su negabaritiškumo laipsnių kontūro lūžio taškų koordinatėmis (horizontalūs atstumai x nuo kelio ašies ir vertikalūs atstumai y nuo bėgių galvučių lygio) [7]. Tokiems kroviniams pateikiamas 5 ženklų negabaritiškumo indeksas. Kiekvienas toks indekso ženklas, neskaitant pirmo, priskiriamas prie negabaritiškumo laipsnio tam atitinkamoje zonoje. Negabaritiškumas žymimas skaičiumi 8 bet kurioje zonoje.

Lentelėje pateikti negabaritiškumo indekso ženklų reikšmės [7]:

- 1-as ženklas – visada N raidė, tai negabaritiškumas;
- 2-as ženklas – apačios negabaritiškumo laipsnis, reikšmės gali būti nuo 1 iki 6;
- 3-ias ženklas – šono negabaritiškumo laipsnis, reikšmės gali būti nuo 1 iki 6;
- 4-as ženklas – viršaus negabaritiškumo laipsnis, reikšmės gali būti nuo 1 iki 3;
- 5-as ženklas – vertikalus viršnegabaritiškumas žymimas skaičiumi 8.

- Jei bet kurioje zonoje nėra negabaritiškumo, įskaitant ir vertikalų viršnegabaritiškumą, tai 0 žymimas atitinkamas negabaritiškumo indekso ženklas.

Baigiamajame darbe transportuojamas krovinys ant platformos.

Krovinio negabaritiškumo indeksas N2320. Pateikiami krovinio apačios, šono ir viršaus negabaritiškumo laipsniai [7]:

N – negabaritiškumas;

2 – apačios negabaritiškumo laipsnis;

3 – šono negabaritiškumo laipsnis;

2 – viršaus negabaritiškumo laipsnis;

0 – nėra negabaritiškumo, įskaitant ir vertikalų viršnegabaritiškumą.

Žinant krovinio negabaritiškumo indeksą ir pagal pateiktus ženklus nustačius laipsnį ir zonas, pagal 1.3 lentelėje pateiktus duomenis galima nustatyti taškų koordinates x ir y ašimis. Šiuos taškus privaloma pažymėti ant transportuojamo krovinio [7]. Remiantis tuo nustatomas krovinio svorio centras, kuris sumažina tikimybę pažeisti platformą ją pakraunant. Kartu užtikrinamas krovinio saugumas.

1.3 lentelė

Negabaritiškumo laipsnių kontūrų lūžių taškų koordinatės [7]

Negabaritiškumo		Negabaritiškumo laipsnių kontūrų lūžių taškų x ir y koordinatės, mm							
Zona	Laipsnis	Pirmo taško		Antro taško		Trečio taško		Ketvirto taško	
		x	y	x	y	x	y	x	y
Apatinis	1	1700	380	1700	1399	–	–	–	–
	2	1760	380	1760	1399	–	–	–	–
	3	1850	1230	1850	1399	–	–	–	–
	4	2000	1230	2000	1399	–	–	–	–
	5	2080	1230	2080	1399	–	–	–	–
	6	2240	1230	2240	1399	–	–	–	–
Šoninis	1	1700	1400	1700	4000	–	–	–	–
	2	1800	1400	1800	4000	–	–	–	–
	3	1850	1400	1850	4000	–	–	–	–
	4	2000	1400	2000	3700	1850	4000	–	–
	5	2080	1400	2080	3400	2000	3700	–	–
	6	2240	1400	2240	2800	2080	3400	–	–
Viršutinis	1	1700	4000	1415	4500	880	5300	–	–
	2	1800	4000	1700	4350	1480	4700	1020	5300
	3	1850	4000	1700	4500	1120	5300	–	–

Lentelėje svarbu išskirti šiuos negabaritiškumo laipsnius [7]:

- Taškas, kurio koordinatės $x = 1850$ mm, $y = 4000$ mm, priklauso 3-o laipsnio šono negabaritiškumui;
- Taškas, kurio koordinatės $x = 2000$ mm, $y = 3700$ mm, priklauso 4-o laipsnio šonino negabaritiškumui;

- Taškas, kurio koordinatės $x = 2080$ mm, $y = 3400$ mm, priklauso 5-o laipsnio šono negabaritiškumui.

1.3.2 Krovinių pervežimo dokumentacija

Transportuojant krovinius vienas svarbiausių dalykų yra suplanuoti ir suderinti pervežimo eigą. Visų krovinių vežimą Lietuvoje reglamentuoja Lietuvos Respublikos geležinkelio transporto kodeksas [7]. Siuntėjas norintis gabenti krovinį privalo sudaryti gabenimo ir organizacinę sutartį su geležinkelio įmone. Organizacinė sutartis, tai raštu pateikiamas susitarimas tarp geležinkelio įmonės ir siuntėjo dėl krovinio vežimo tvarkos, riedmenų, krovinių pateikimo ir jų pakrovimo [8]. Geležinkelio įmonė pasirašiusi krovinių gabenimo sutartį, privalo siuntėjo pateiktą krovinį transportavimui nugabenti į stotį kurią yra numatęs siuntėjas. Pristačius gavėjui krovinį, siuntėjas privalo sumokėti su geležinkelio įmone sutartą atlyginimą. Krovinių gabenimo įkainiai yra nustatyti Krovinių vežimo taisyklėse, kurias tvirtina Lietuvos Respublikos Susisiekimo ministerija. Remiantis šiomis taisyklėmis geležinkelio įmonė nustato atlygį už atliktas krovinių transportavimo paslaugas, taip pat skaičiuoja mokesčius už kitas suteiktas vežimų paslaugas [9].

Dėl krovinių krovimo į vagonus atsakingas siuntėjas arba geležinkelio įmonė, remiantis kaip išdėstytos organizacinės sutarties sąlygos. Krovinių krovimas pačių siuntėjų priklauso nuo to ar turi savo privažiuojamuosius kelius, ar turi reikalingą kroviniams krauti krovimo įrangą. Siuntėjas krovinius į vagonus kraunasi savo jėgomis vadovaudamasis tomis pačiomis Krovinių vežimo taisyklėmis kaip ir geležinkelių įmonės [6]. Reikalingus vagonų tipus ir jų skaičių siuntėjas privalo pateikti geležinkelio įmonei, kuri tuo pasirūpina. Tuo atveju, jeigu krovinio siuntėjas privažiuojamųjų geležinkelio kelių neturi, tai krovinytis pristatomas į krovinių krovimo skyrių geležinkelio stotyje kelių transportu. Naudojant bendro naudojimo kelius krovinius krauna į vagonus tik geležinkelio įmonės.

1.3.3 Stambiagabaričių krovinių vežimo instrukcijos

Stambiagabaritinių ir sunkiųjų krovinių vežimą reglamentuoja negabaritinių ir sunkiųjų krovinių vežimo taisyklės. Remiantis šiose taisyklėse esančiomis instrukcijomis, suderinama dokumentacija reikalinga stambiagabaričiam kroviniui gabenti. Pagal galiojančias krovinių vežimo taisykles egzistuoja trys derinimo etapai negabaritiniams ir sunkiesiems kroviniams vežti [3]:

- Pirmas derinimo etapas – pateikiamas raštiškas būdas, kuriame siuntėjas pateikia galimybes vežti krovinį tam tikromis sąlygomis, kartu pateikdamas paraišką apie krovinio techninę medžiagą.

- Antras derinimo etapas – geležinkelių administracijos techninės dokumentacijos pateikimas, kuriame pateikiamas krovinio išdėstymas parinktame vagone, jo tvirtinimas su visais reikalingais paskaičiavimais pavaizduojant brėžinyje.
- Trečias derinimo etapas – paskutinis krovinio vežimo derinimo etapas kuriame pateikiamos galutinės krovinio vežimo techninės dokumentacijos, kurios suderinamos su negabaritinių ir sunkiųjų krovinių pervežimo organizavimo departamentu.

Rengiant gabenimui stambiagabaritinį krovinį, būtina taikyti šiuos tris etapus, kurie pateikti negabaritinių ir sunkiųjų krovinių vežimo instrukcijose. Vežant stambiagabaritinį krovinį arba krovinį, kurio matmenys kraunant į universaliuosius riedmenis (grindų aukštis nuo bėgių galvučių lygio (BGL) 1300 mm aukščio) viršija nustatytus gabaratiškumo laipsnius. Vykdam tarptautinius pervežimus, sunkiesiems kroviniams priskiriami kroviniai kurių masė, ilgis ir apkrova tenkanti riedmenų platformai viršija numatytas sąlygas pateiktose instrukcijose [3]. Kaip teigiama pirmajame krovinio vežimo derinimo etape, reikalinga pateikti krovinio matmenų ir svorio charakteristikas suprojektuojant eskiziniame brėžinyje ir apskaičiuojant visas veikiančias ir atsirandančias šalutines jėgas kroviniui judant. Reikia nustatyti, kokie sutvirtinimo elementai bus naudojami, kokias konstrukcijas naudoti krovinio atremimui į platformą, jei kroviny yra nestandartinės formos ir nėra galimybės jį statyti horizontaliai ant riedmenų platformos.

1.3.4 Paraiškų pridavimas krovinio vežimui

Krovinio siuntėjas pervežimo paraišką negabaritinio ar sunkiasvorio krovinio pervežimui privalo pateikti valstybės administracijai per kurios teritoriją bus gabenamas kroviny. Taip pat paraiškoje turi būti pateikiama iš kurios valstybės kroviny bus siunčiamas ir kurioje geležinkelio įmonėje bus atliekami krovos darbai. Šiuos dokumentus privaloma pateikti geležinkelio pervežimų organizavimo departamentui [8].

Pateikiamoje paraiškoje dėl krovinio pervežimo privaloma išdėstyti duomenis apie krovinio gabaritus, svorio parametrus ir krovinio projektinį brėžinį. Pažymėti krovinio išsiuntimo ir atsiuntimo stotis, krovinių skaičių ir jo nutartą išsiuntimo laiką. Krovinio eskizas turi būti pateiktas aiškiai ir laikantis projektinių eskizų taisyklių, kuriose nurodomas svorio centras ne tik ant realaus krovinio, bet ir brėžinyje. Krovinio eskizas pateikiamas trijose projekcijose, kuriose iš galo arba išilginio krovinio pjūvio vaizde nurodomas aukštis nuo krovinio pagrindo ir atsumas nuo vertikalios ašies einančios per svorio centrą, visa tai parodant linijų lūžio taškų koordinatėse [5].

Pirmajame derinimo etape pateikiamos paraiškos dėl stambiagabaričio krovinio vežimo yra apsprendžiamos ekspertinių organizacijų, kurios pateikia sprendimus remdamosios išvadamis. Vežant stambiagabaritinius krovinius kaimyniniais pervežimais, kaimyninėse šalyse tokio pervežimo

derinimas vykdomas savarankiškai tarp tų šalių geležinkelių administracijų iš kurios kroviny s iunčiamas ir į kurią šalį gaunamas, netaisžvelgiant į krovinio negabaratiškumą, viršsvorį ir numatytą platformos ar kito vagono tipo ašių skaičių [5]. Jei kroviny s vežamas toje pačioje šalyje, nekertant kaimyninių šalių sienų, krovinio vežimo derinimo procedūras pakanka atlikti tos pačios šalies geležinkelių administracijoje.

Geležinkelių administracija, su kuria buvo derinama visa krovinio vežimo procedūra, turi pranešti, kad galima transportuoti pateiktą deklaruotą krovinį, tai pranešdami pačiam užsakovui ar jo paskirtam įgaliotiniam, kartu (jei būtina) pateikiamos papildomos sąlygos norimo gabenti krovinio vežimo paraiškoje [7].

Kaip ir prieš tai aptartoje temoje apie negabaritinių krovinių laipsnius, kroviniams kurių apatinis negabaritiškumas 3 – 6 laipsnis, šoninis 4 – 6 laipsnis, o ypač sunkiesiems kroviniams ir kroviniams, kurie neviršija leistino svorio ir gabarito, tačiau transportuojant tokius krovinius naudojamas 12 ir daugiau ašių transporterius, (išskyrus sukabintus transporterius, kurių keliamoji galia 120 t, turinčius tarpinę platformą), privaloma suderinti maršrutus su kaimyninių valstybių geležinkelių administracijomis.

Jei negabaritinis kroviny s yra gabenamas platformomis ar pusvagoniais, turinčiais 4 – 8 ašis, tai maršruto suderinimas leidžiamas vykdyti tarpusavyje tarp geležinkelių be raštiško kreipimosi [5]. Paraiškų pateikėjui pranešama kur ir kada privaloma pateikti svarstymui siunčiamo krovinio išdėstymo ir tvirtinimo riedmenyse brėžinius, kartu pateikiant skaičiavimus antrame pervežimo derinimo etape.

Jeigu pareiškama vienos ar kitos pusės (siuntėjo ar geležinkelio administracijos), kad reikia patikrinti kontrolinio rėmo – maketo (1.6 pav. - 1.7 pav.) maršrutą, tai to paties maketo pagalba yra pravažiuojama nuo maršruto pradžios iki galo, taip įsitikinant ar kroviny s saugiai galės pravažiuoti per maršrutą nepažeidžiant reglamentuotų vežimo taisyklių. Visos išlaidos susijusios su bandomuoju važiavimu ir kontrolinio rėmo gamyba atitenka krovinio siuntėjui.



1.6 pav. Negabaritinio krovinio maketo bandomasis važiavimas



1.7 pav. Negabaritinio krovinio maketo bandomasis važiavimas

Antrajame derinimo etape rengiama techninė dokumentacija stambiagabaritinio ir sunkiasvorio krovinio vežimui. Krovinio siuntėjas privalo pateikti pirmojo parengtinio etapo metu gautas rekomendacijas ir papildomas nurodomąsias sąlygas, kurioms esant krovinio vežimas yra leidžiamas [11].

Dokumentacijoje privaloma atlikti [9]:

- Skaičiavimus pagal nustatytas technines sąlygas ir instrukcijų reikalavimus, kartu pateikiant krovinių išdėstymo platformoje brėžinį.
- Pateikti kontrolinio rėmo brėžinius, kuriame transportuojamų krovinių gabaritai viršija standartinius gabaritus, įskaitant krovinius kurių apatinis ir šoninis negabaritiškumas 6 – laipsnis.
- Platformose ar kito tipo riedmenyse naudojamas papildomas transporto įrangas, prietaisų išdėstymą, bei tvirtinimus pateikti brėžinyje, jeigu su geležinkelio administracija yra suderinta dėl visos naudotos papildomos įrangos grąžinimo į pirminio siuntimo stotį. Jei daugkartinio naudojimo įrangos išdėstymas schemoje tuščiam vagonė ir su kroviniu toks pats, prie brėžinio pakanka pridėti tik jo aprašą su tvirtinimo rekvizito sąrašu, nepridedant jokių skaičiavimų [5].

Stambiagabaritinio krovinio brėžiniuose, projektuojant išdėstymą ir tvirtinimą riedmenyse, būtina nurodyti krovinio svorio centro koordinatas (bendro svorio centro) vaizduojant visose trijose projekcijose. Taip pat turi būti krovinio ar krovinių masė be ir su tvirtinimais, parinktų riedmenų tipas (pagal priimtą numeracijos tvarką), negabaritiškumo laipsnius, bėginę ir ašinę apkrovas, transporterius kurie turi 8 ar daugiau ašių. Tai pat atsižvelgti į paleidimo sąlygas judant riedmenims per skirstymo kalnelius.

Jei krovinių būtina talpinti į pritaikytą rėmą kuris tvirtinasi prie platformos ir yra veikiamas apkrovų transportavimo metu, tai kartu su negabaritiškumo ir skersinio nestabilumo skaičiavimais reikalinga pateikti stipruminius krovinių tvirtinimo prie rėmo skaičiavimus. Parengtos techninės dokumentacijos peržiūrą bei sprendimų priėmimą numato vadovybės geležinkelių stoties, kurioje vyksta krovinių ar krovinių pakrovimas [7].

Trečiajame derinimo etape galutinai patvirtinama negabaritinio ir sunkiasvorio krovinių techninė dokumentacija. Pateikiamas sprendimas valstybių geležinkelių eismo organizavimo departamentuose ar leidžiama pervežti tokio tipo krovinių. Suderinimo patvirtinimai laiškais, faksu ar kitu būdu siunčiami geležinkelio skyriaus stoties administracijai, kurioje bus atliekami krovinių krovimo darbai ir jo išsiuntimas, tai pat suderinimo patvirtinimai siunčiami ir siuntėjui [3].

Transportuojant stambiagabaritinį krovinių, kuris priskiriamas vienkartiniam vežimams ir ypatingai viršija gabaritiškumo laipsnius, papildomai pranešime privaloma nurodyti paskirties stotį ir suderintą pervežimo maršrutą. Esant mažesniai krovinių negabaritiškumo laipsniui, geležinkelių administracija nustato techninės dokumentacijos saugojimo laiką ir tvarką. Krovinių tvirtinimo bei išdėstymo riedmenyse (platformose ar pusvagoniuose), kai negabaritiškumo laipsniai yra: apatinis – 3, šoninis – 4, ir viršutinis – 3, brėžiniai su skaičiavimais suderinti ir patvirtinti su tarptautiniais pervežimais, techninės dokumentacijos geležinkelių administracijų yra saugomi iki normatyvinių dokumentacijų pakeitimo, kuriomis vadovaujantis jos buvo parengiamos [7].

Krovinių siuntėjui gavus galutinę techninės dokumentacijos suderinimo patvirtinimą, reikalingą stambiagabaričio krovinių gabenimui, siuntėjas gali pateikti paraišką riedmenų gavimui krovinių pakrovimo stotyje. Paraiška teikiama krovinių krovimo stoties viršininkui ir šalies, kurioje yra išsiuntimo stotis geležinkelių administracijai, tai pat paraišką siunčiant eismo organizavimo departamentui [3].

Negabaritinių ir sunkiasvorių krovinių pakrovimą ir tvirtinimą riedmenyse atitikimą, patvirtintai techninei dokumentacijai tikrinti, skiriama speciali komisija, kurios nariai yra:

- Aukštesniųjų klasių stotyse – viršininkas ar pavaduotojas, techninio aptarnavimo punkto atstovai, bei geležinkelių skyrių atstovai.
- Kitose stotyse – vyresnysis arba paskirtasis kelio ruožo viršininko komercinis revizorius ar kitas paskirtas atsakingas asmuo – pirmininkas, stoties viršininkas, atstovai techninio aptarnavimo punkto ar geležinkelio skyriaus.
- Kai panašių krovinių siuntos atliekamos sistemingai, komisijos pirmininku kelio ruožo viršininko įsakymu gali būti paskirtas stoties viršininkas.

1.4 Sunkiųjų krovinių pervežimo riedmenimis analizė

Stabilizavus ekonomikai, kurios smukimas ypač buvo matomas 2008 metais, sparčiai auga krovinių transportavimas. Tai galima pastebėti kiekvienais metais augantiems sunkiųjų krovinių vežimams, tai: tranzitas, eksportas, importas, vietiniai (1.8 pav.). Analizuojant kiek mln. t., krovinių per metus transportuota, pasirinkta nuo 2012 m., tam, kad ženkliai išaugo krovinių vežimas visuose sektoriuose. Procentais pateikti kiekiai, kiek augo ir krito krovinių pervežimai kas metais Lietuvos geležinkeliais. Visi pateikti duomenys yra surinkti iš atskirų krovinių vežimo sektorių bendrai ir pateikti 1.8 paveikslėlyje, išskirstyti pagal sektorius ir vežtas krovinių skaičius pateiktas - mln. t. (1.4 lentelė). Matome importuojamų krovinių skaičius ypač auga, tai lemia besivystanti šalies vidaus ekonomika, kas yra gerai tiek pramonės sektoriui ir kartu privatiems vartotojams [12].

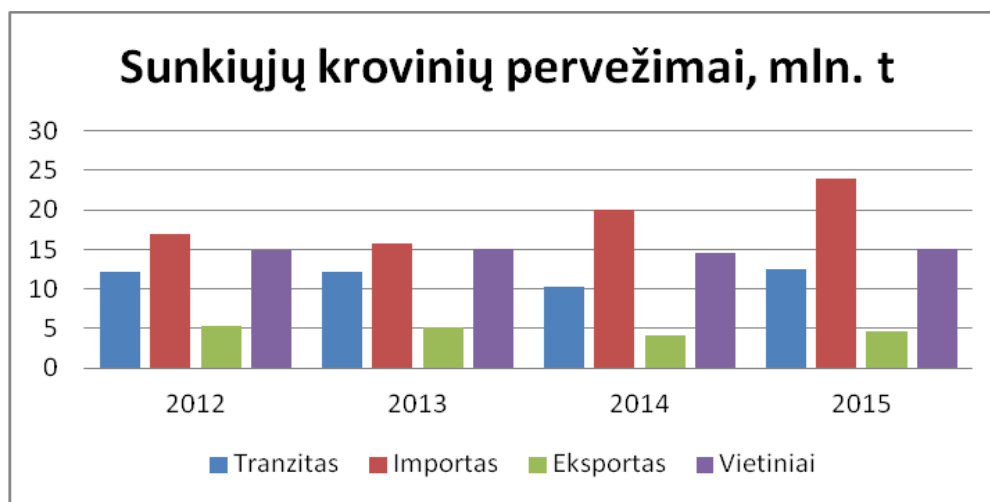
2012 m. didžiausią procentą vežamų krovinių sudarė naftos produktai, tais pačiais metais buvo naudojama daugiausiai nei bet kada cisterninių vagonų, kurių trūkumas buvo nomuojamas iš pabaltijo šalių. Tai pat didelį kiekį vietinių vežimų sudarė chemijos pramonei transportojami kroviniai, įvairios statybinės medžiagos, birūs kroviniai. Kalbant apie stambiagabaričius krovinius, šių krovinių buvo vežta ypač mažai geležinkelio transportu, dėl pigių kaštų sausumos transportui. Tokių krovinių transportavimas buvo pigesnis transportuojant sausumos transportu, nors tai toks transportavimas yra ypač sudėtingas dėl infrastruktūrinių statybių. Atvirkščiai nei stambiagabaričių – sunkiųjų krovinių, maisto pramonės sektoriuje krovinių pervežimas augo dėl augančio šalies vidaus produkto. Tranzitinių krovinių didžiąją dalį sudarė Rusijos kroviniai, gabenami Kaliningrado srities kryptimi [12]. 2012 m. skirtinguose sektoriuose vežta krovinių mln. t: tranzitas 12,2; importas 17; eksportas 5,3; vietiniai 14,9. Viso krovinių vežta bendrai visuose sektoriuose 49,4 mln. t.

2013 m. krovinių Lietuvos geležinkeliais visuose keturiuose sektoriuose buvo pervežta 48,0 mln. t, tai 1,4 mln. t mažiau nei 2012 m. Atskiruose sektoriuose vežtas krovinių skaičius mln. t: tranzitas 12,1; importas 15,7; eksportas 5,1; vietiniai 15,1. Kaip matome iš 2.2 lentelės Lietuvos teritorijoje vietiniai vežimai 2013 m. augo 1,5 %, nei 2012 m. Vietinių vežimų sektoriuje 2013 m. krovinių transportuota 15,1 mln. t, tai įtakojo palaipsniui gerėjanti ekonominė situacija mūsų šalyje ir augantis BVP – bendras vidaus produktas. Kaip ir 2012 m. pagrindinės transportuotos medžiagos, tai maisto pramonei skirti produktai, išaugo metalo konstrukcijų ir inžinerinių įrenginių transportavimas, dėl naujai besikūriamųjų pramonės įmonių ir jų centrų. Pagrindinė šaka – tranzitinių krovinių vežimas į Kaliningrado sritį ypač sumažėjo, tai naftos žaliava ir jos produktai [12]. Tai lėmė pasikeitusi muitų sistema su kaimynine šalimi ir sumažėjęs poreikis Baltarusiškos naftos produktų.

2014 m. bendras vežtų krovinių skaičius siekė 49 mln. t, 1 mln. t daugiau nei praėjusiais 2013 m., bet neviršytas 2012 m. pasiektas didžiausias transportuotų krovinių skaičius, tai 49,4 mln. t. Kaip ir 2013 m., taip ir 2014 m., tranzitinių krovinių vežimai sparčiai krito, net 1,8 mln. t, tai 4,2 %, kas toliau

darė įtaka, negerėjanti situacija naftos produktų transportavimo sektoriuje Kalinigrado kryptimi. Importo sektorius kilo, net 8,3 % ir šiame sektoriuje matome stabilumą ir krovinių vežimo nuosmukis šiame sektoriuje nepastebimas. Importo sektoriaus kilimą lemė mažasvorių siuntų vežimas, kas leidžia greitai ir užtikrintai vykdyti pakrovos ir iškrovos darbus [12]. Tai lėmė naujų siuntų vežimą mūsų šalies riedmenimis. Aptariant bendrą atskiruose sektoriuose vežtą krovinių skaičių mln. t matome: tranzitas 10,3; importas 20,1; eksportas 4,1; vietiniai 14,5.

2015 m. pastebime ženkliai padidėjusį bendrą krovinių vežimą - tai 56,1 mln. t, 7,1 mln, t daugiau nei 2014 m. Per pastaruosius metus skirtinguose krovinių vežimo sektoriuose, krovinių vežta mln. t: tranzitas 12,5; importas 24; eksportas 4,6; vietiniai 15. Importo sektorius kilo, net 3,9 mln. t nei pastaraisiais 2014 m. Matome 2.1 paveikslėlyje, kaip sparčiai auga importo sektorius. Tai įtakojo „Rail Baltic“ projektas. Dideliais mastais buvo vežamos statybinės medžiagos, geležinkelių linijos važiuojamoji dalis, tai bėgių ir pabėgių konstrukcijos ir jų elementai, kurie ypač sunkūs. Geležinkelių linijai tiesti, atvežta sudėtingos kelio klojimo mašinos. Transportuotas nemažas procentas stambiagabaričių ir sunkiųjų krovinių. Į Latvijos Respubliką transportuotos sudėtingų konstrukcijų ir sunkiasvorės hidroelektrinei skirtos dvi turbinos ir papildomi jų agregatai. Visi šie kroviniai sudarė importo ir eksporto augimą [12].



1.8 pav. Sunkiųjų krovinių pervežimų skaičius mln. t per pastaruosius ketverius metus [12]

Apibendrinant iš surinktų duomenų (1.4 lentelė), ženkliai augo ir išliko stabilus vietinių vežimų sektorius. Tranzitiniai vežimai išliko stabilūs, tik 2014 m. matome didesni deficitą, dėl sumažėjusio naftos produktų transportavimo [16]. Importo sektoriuje augimas yra akivaizdžiai matomas, tai liečia šalies pramonės vystimąsi, kas lemia tokį ženklų pakilimą.

Sunkiųjų krovinių pervežimai pateikti procentais [12]

Sunkiųjų krovinių pervežimai, %				
Sektorius	2012	2013	2014	2015
Tranzitas	25	25.2	21	22.2
Importas	34	32.7	41	42.6
Eksportas	11	10.6	8.4	8.2
Vietiniai	30	31.5	29.6	27

2. TYRIAMOJI DALIS

2.1 Transportuojamo krovinio ir platforminio vagono techninės charakteristikos

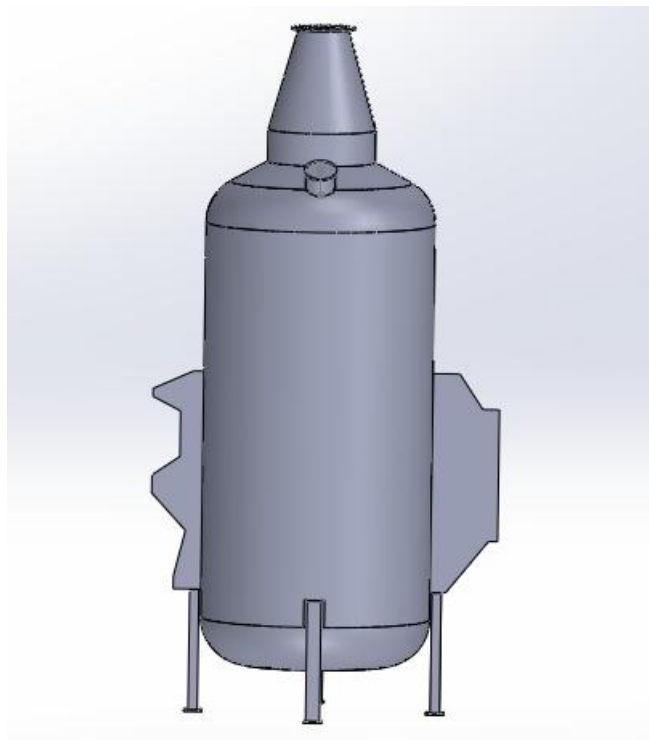
Transportuojamo krovinio techninės charakteristikos:

Transportuojamas kroviny yra skirtas šildymo sistemai ir bus statomas elektrinėje. Jo paskirtis sukaupti ir laikyti tam tikro tipo skysčius. Tai yra garų išsiplėtimo katilas, kuris statomas vertikaliai. Kaip matome (2.1 pav.) katilas nėra sudėtingos formos, bet turi šonuose montavimui skirtas atramas, kurios išlenda už platformos gabarito.

Krovinio negabaritiškumo laipsnis - N2320. Reikšmės pateiktos 1.3.1 punkte. Sumažinant krovinio gabaritus [10], kroviny kraunamas platformoje horizontaliai ir pasukamas taip, kad krovinio šoninės konstrukcijos neviršytų pateikto gabarito indekso.

Krovinio matmenys:

- Ilgis – 7502 mm;
- Plotis – 3517 mm;
- Aukštis – 3632 mm.

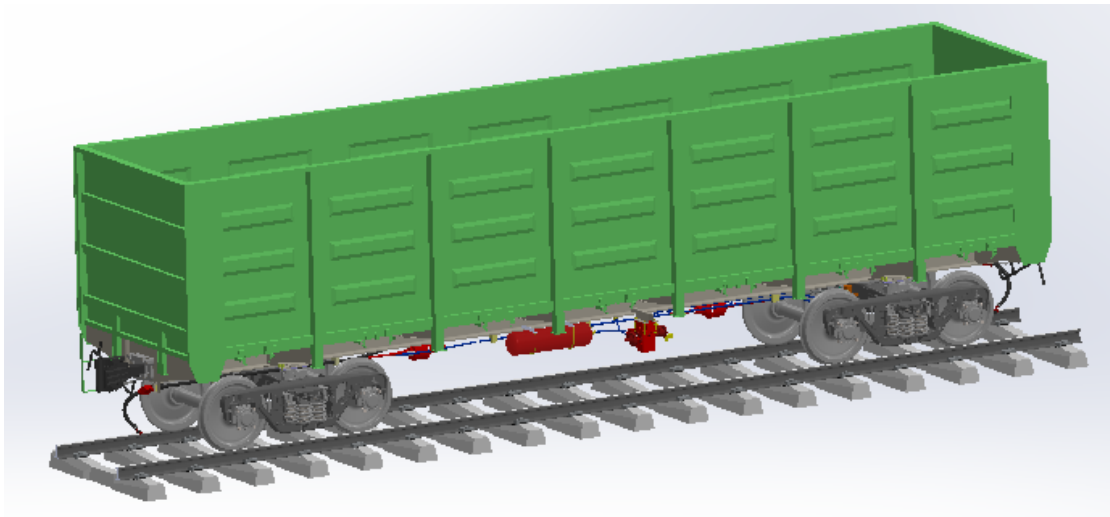


2.1 pav. Išsiplėtimo katilas

Krovinį pakrovus nustatomas svorio centras, būtent šio pasirinkto krovimo tipui ir išdėstymui platformoje: Gautas aukštis nuo platformos grindinio iki krovinio svorio centro – 1 792 mm, tai aukštis iki krovinio vidurio taško; bendras aukštis vagono su kroviu nuo bėgių galvutės paviršiaus – 3 102 mm; krovinio užimamas plotas platformoje, ilgis – 5 600 mm, plotas – 2 770 mm; krovinio masė yra 6 525 kg.

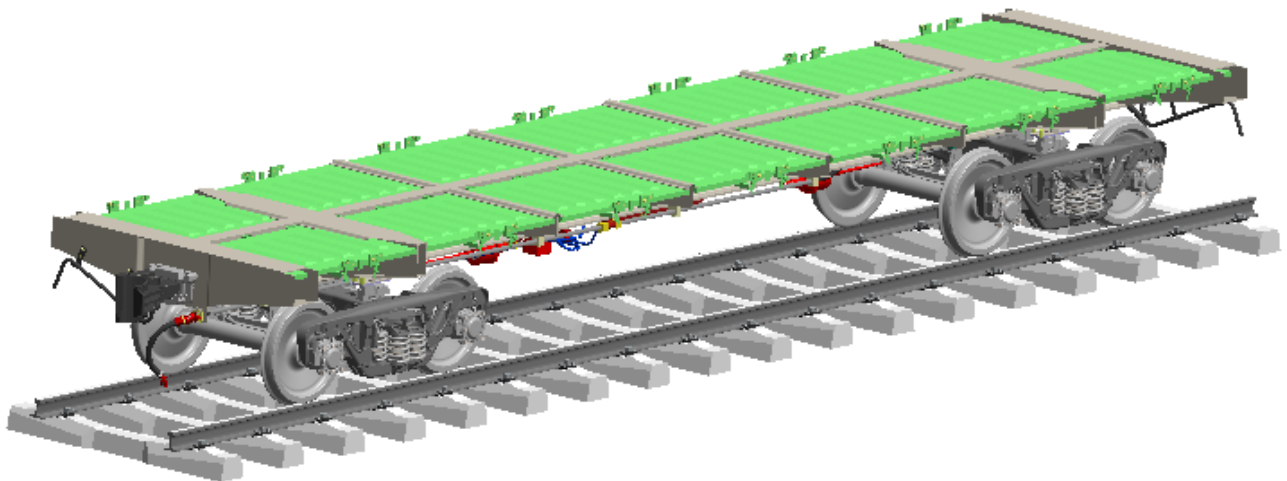
Platforminio vagono techninės charakteristikos:

Pasirinkto krovinio transportavimui, pritaikomas biriems kroviniams skirtas vagonas, modifikacija 13 – 401. Vagono (2.2 pav.) 3D modelis [13] pritaikomas vežamam kroviui. Platforminiame vagono (2.3 pav.) matomos pašalintos tokios konstrukcinės dalys: panaikintos biriems kroviniams skirtos atraminės sienos, kopėčios. Palikti atraminių sienų fiksavimo kabliai, kad esant reikalui krovinį būtų galima pritvirtinti su daugiau juostinių diržų. 2.5 paveikslėlyje nepavaizduoti juostų įtempimo mechanizmai, kurie neleidžia kroviui slisti atraminio rėmo paviršiumi ir atraminio rėmo varžų tvirtinimo skylės [5].



2.2 pav. Biriems kroviniais transportuoti, skirtas vagonas [13]

Tokio tipo platforminiai vagonai (2.3 pav.) yra skirti transportuoti sunkiesiems ir stambiagabaričiams kroviniais. Tai lengvai demontuojamos platformos konstrukcijos, kurios nereikalauja sudėtingų šaltkalviškų darbų. Platforminiai vagonai dažniausiai gaminami su medinėmis atraminėmis grindimis, šiuo atveju vagonas turi metalines grindis, tai krovinio stabilumui, trinčiai ir slidimui įtakos nesudaro. Eant platforminiam paviršiui be šoninių atramų ir papildomų mechanizmų, pakrovos metu yra patogų krovinius krauti su įvairaus tipo kranais, tokiais kaip, ožiniai ar automobiliniai kranai [5]. Atliekant tokio tipo darbus yra patogų, tiek kranistui, tiek ir pačiam stropuotojui – operatoriui, kuris atsakingas už tinkamai atliktą krovinio pakrovimą į riedmenis ar į kitą transporto rūšį.



2.3 pav. Modifikuotas platforminis vagonas [13]

Pagrindės pasirinkto platforminio vagono, kurio modelis 13 – 401, krovos ir techninės charakteristikos [5]:

- Platforminio vagono keliamoji masė – 70 000 kg;
- Platformos masė su esamais mechanizmais – 7 180 kg;

- svorio centro aukštis nuo viršutinės bėgių galvutės lygio iki vagono centro – 800 mm;
- krovimui skirtas plotas: plotis 2 770 mm; ilgis 13 400 mm;
- Šoninio vėjo apipučiamas platformos plotas – 7 m²;
- Vagono bazė – 9 720 mm;
- Vagonas turi 4 aširačius.

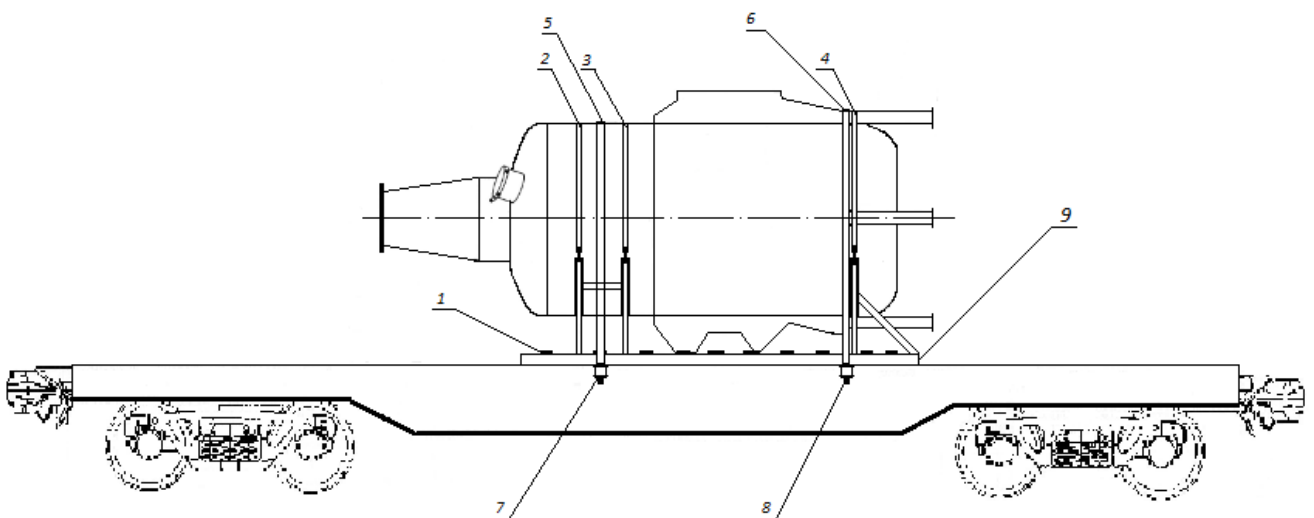
2.2 Krovinio tvirtinimo mechanizmų parinkimas ir analitiniai skaičiavimai

Atliekant pakrovos darbus nagrinėjamo krovinio ir atlikus literatūros analizavimą, bei pateikus krovinio pakrovimo ir dokumentų pridavimo etapus, parenkami tvirtinimo mechanizmai, kroviniumi pritvirtinti ir atliekami patikrinamieji skaičiavimai.

Krovins kraunamas ant platforminio vagono (2.4 pav.), kurio modelis pasirinktas 13 – 401. Vagono techninės charakteristikos ir krovinio gabaritai pateikiami 2.1 punkte. **Priede P3** pateikiamas 3D [8] vizualus krovinio išdėstymas platforminiame vagono.

Atsižvelgiant, kad krovinio masė be atraminio rėmo yra 6 525 kg, parenkame tvirtinimo elementus:

- 1 pozicija - varžtai M30x140 DIN 931 8.8 klasės ZN. Atitinkamai naudojamos tokios pat stiprumo klasės M30 veržlės ir spiruoklinės poveržlės;
- 2, 3, 4 pozicijos – standartiniai medžiaginiai tvirtinimo diržai;
- 5, 6 pozicijos – tvirtinimo juostos - plienas S355J2G3;
- 7, 8 pozicijos – metalinėms juostoms įtempti skirti įtempimo mechanizmai;
- 9 pozicija – atraminis rėmas skirtas kroviniumi atremti;



2.4 pav. Tvirtinimo elementų išdėstymas, krovinį [10] tvirtinant platformoje [13] ant atraminio rėmo: 1 pozicija - varžtai ir veržlės; 2, 3, 4 pozicijos – medžiaginiai krovinio tvirtinimo diržai; 5, 6 pozicijos – metalinės tvirtinimo juostos; 7, 8 pozicijos – juostų tempimo mechanizmai; 9 pozicija – krovinio atraminis rėmas

Visose pozicijose, tvirtinimo mechanizmams besiliečiant prie krovinio paviršiaus, naudojamos guminės juostelės, kurios neleidžia pažeisti krovinio paviršiaus ir kartu sumažinama trintis, veikiant tvirtinimo mechanizmų įtempimo jėgoms.

2.2.1 Krovinio atraminio rėmo, tvirtinant ant platformos veržlių užveržimo momentų skaičiavimas

Krovinio atraminį rėmą tvirtinant ant platformos plokštumos, naudojami varžtai M30x140 DIN 931 8.8 klasės ZN, taip pat atitinkamai veržlės M30 ir spiruoklinės poveržlės. Varžtai naudojami nepilno sriegio, nes jie persikiša per atraminį rėmą ir platformos grindis, kuriuose jau yra sumontuotos įvorės leidžiančios be vargo varžtus perkišti per platformos grindis. Iš apačios grindų priveržiamos veržlės, joms būtina apskaičiuoti reikalingą užveržimo jėgą [17]. Reikalingas varžtų, veržlių ir spiruoklinių poveržlių kiekis 20 komplektų. Vieno komplekto kaina yra 3,00 eur, bendra suma 60,00 eur.;

Skaičiuojamas veržlių užveržimo momentas, tvirtinant krovinio atraminį rėmą platformoje, pagal formulę [7]:

$$M = 0,20 \cdot F_{\text{veržlė}} \cdot d . \quad (1)$$

čia: 0,20 - veržlių užveržimo momento keficientas, kai jie cinkuoti, parenkamas iš 31 lentelės [7]; $F_{\text{veržlė}}$ - varžtų užveržimo jėga (kN), parenkama 321 kN iš lentelės 33 [7]; $d = 30$ - išorinis varžto diametras, parenkamas pagal pasirinktus varžtus M30.

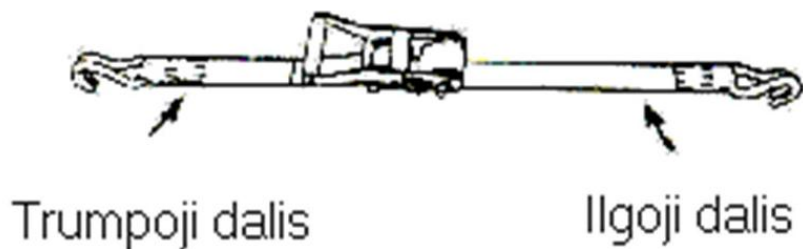
Veržlių užveržimo momentų skaičiavimas pagal 1 formulę:

$$M = 0,20 \cdot 321 \cdot 30 = 1926 \text{ kg} \cdot \text{cm} \approx 189 \text{ Nm}.$$

Atlikus skaičiavimus, gauname veržlių ir varžtų užveržimo momento jėgą, kuria reikalinga veržlė užveržinėjama kartu su varžtu, tai 189 Nm.

2.2.2 Medžiaginių tvirtinimo diržų parinkimas

Krovinyms apjuosiamas ir tvirtinamas diržais 2, 3 ir 4 pozicijose pagal 2.4 paveikslėlį. Medžiaginiai tvirtinimo diržai parenkami standartiniai, tam, kad jų maksimali įveržimo jėga yra nustatyta standartų. Parenkami EN 12951/2 standartą atitinkantys diržai. Diržai yra atsparūs ultravioletiniams spinduliams, drėgmei, krovimo metu atsparūs įbrėžimams, pagaminti iš poliesterio bei yra impregnuoti, kas apsaugo nuo pašalinių aplinkos veiksnių pažeidimo [18].



2.5 pav. Medžiaginiai tvirtinimo diržai [18]

Diržų maksimali įtempimo jėga yra 39 200 N. Parenkamas ilgis 10 000 mm., pagal krovinio didžiausią skersmenį, kuris yra 3 600 mm. Bendra kaina reikalingų trijų komplektų, tai trumpoji dalis tempiklis ir ilgoji dalis yra 57 eur.

2.2.3. Tvirtinimo juostų parinkimas ir jas veikiančių jėgų skaičiavimas

Parenkamos tvirtinimo juosto:

Krovinį pakrovus ant atraminio rėmo (2.4 pav. 9 pozicija), stabilumui užtikrinti parenkamos metalinės tvirtinimo juostos, tai 2.4 paveikslėlyje 5 ir 6 pozicija. Jos naudojamos apjuosiant krovinį dviejuose taškuose ir tvirtinamos prie platformos standartinių įtempimo mechanizmų (2.4 pav. 7 ir 8 pozicijos).

Krovinio tvirtinimo juostos 1 ir 2 pozicijose, ploto apskaičiavimas:

Tvirtinimo juostų ploto S_{juosta} mm^2 yra apskaičiuojamas pagal formulę:

$$S_{juosta} = \frac{R_{juosta}}{\sigma_{leist}} \quad (2)$$

čia: R_{juosta} - parenkama 13200 N juostos apkrova, kai sulenktą juostą veikia lenkimo ir tempimo jėgos, parenkama iš 31 lentelės [7]; $\sigma_{leist} = 4100$ N – parenkami leistinieji įtempiai, kurių reikšmės, atsižvelgiant į plieno rūšį, parenkamos iš 31 lentelės [7]. Juostoms naudojama medžiaga, tai plienas S355J2G3.

Apskaičiuojamas juostos storis pagal 2 formulę:

$$S_{juosta} = \frac{13200}{1650} = 0,8mm^2 .$$

Pasirinkus medžiagą ir apskaičiavus juostos plotą yra parenkami 8x75mm matmenys. Juostos apkrova ir leistinių įtempių jėga parenkama pagal krovinio masę [7]. Parinktas juostos storis yra pakankamas, kad būtų galima naudoti krovinio tvirtinimui prie platformos ir užtikrinti jo stabilumą išilginę platformos kryptimi. Analitiniai skaičiavimai tikrinami naudojantis SolidWorks projektavimo programa.

Tvirtinimo juostų išilginio įtempimo jėgos apskaičiavimas:

Pasirinkus krovinio tvirtinimo būdus platforminiame vagone, skaičiuojame krovinio tvirtinimo juostoms tenkančios išilginės įtempimo jėgos R_{att} . Įvertinama ir apskaičiuojama trinties jėga, kuri veikia krovinį apjuosiant tvirtinimo juostomis [7].

Apskaičiuojama tvirtinimo juostų (2.4 pav.) 5 ir 6 pozicijos įtempimo jėga, kuri atsiranda nuo išilginės apkrovos, pagal formulę;

$$R_{att} = \frac{\Delta F_{juosta}^{i\check{s}(sk)}}{2\mu \cdot (n_{juosta5} \cdot \sin \alpha_1 + n_{juosta6} \cdot \sin \alpha_2)}. \quad (3)$$

čia: $\Delta F_{juosta}^{i\check{s}(sk)}$ - išilginė apkrovų jėga tenkanti tvirtinimo juostoms parenkama pagal ISO standartus [7], tai išilgine kryptimi – 3900 N; skersine kryptimi – 1800 N; μ - trinties koeficientas tarp kontaktuojančių paviršių parenkamas 0,3 pagal standartus iš lentelės 33 [7]; $n_{juosta5}$, $n_{juosta6}$ - tvirtinimo juostų kiekis, pateiktas pozicijose 5 ir 6; α_5 , α_6 - kampas laipsniais, kai juosta apjuosia krovinį ir tvirtinama pie platformos, šiuo atveju krovinio juostų kampai gauti: $\alpha_5 = 84^\circ$, $\sin 84^\circ = 0,9945$ - 1 juostos kampas; $\alpha_6 = 88^\circ$, $\sin 88^\circ = 0,9994$ - 2 aprišalo kampas [10].

Apskaičiuojamas išilginis įtempimas veikiantis juostas, pagal 3 formulę:

$$R_{juosta} = \frac{3900}{2 \cdot 0,3 \cdot (1 \cdot 0,9945 + 1 \cdot 0,9994)} = 3260 N = 3,260 kN.$$

Gaunamos jėgos rodo kokios apkrovos tenka tvirtinimo juostoms išilgine kryptimi.

Nustatomi maksimalūs įtempimai kuriuos gali atlaikyti krovinų tvirtinimo juostos.

Apskaičiuojami maksimalūs juostų įtempimai 5 ir 6 pozicijose, pagal formulę:

$$\Delta F_{juosta}^{poz(5,6)} = 2 \cdot \mu \cdot S_{juosta} \cdot \sigma_{leist} \cdot n_{juosta5} \cdot \sin \alpha_5 + n_{juosta6} \cdot \sin \alpha_6. \quad (4)$$

Apskaičiuojami maksimalūs įtempimai, pagal 4 formulę:

$$\Delta F_{juosta}^{poz(5,6)} = 2 \cdot 0,3 \cdot 0,8 \cdot 4100 \cdot (1 \cdot 0,9945 + 1 \cdot 0,9994) = 3924 N = 3,924 kN.$$

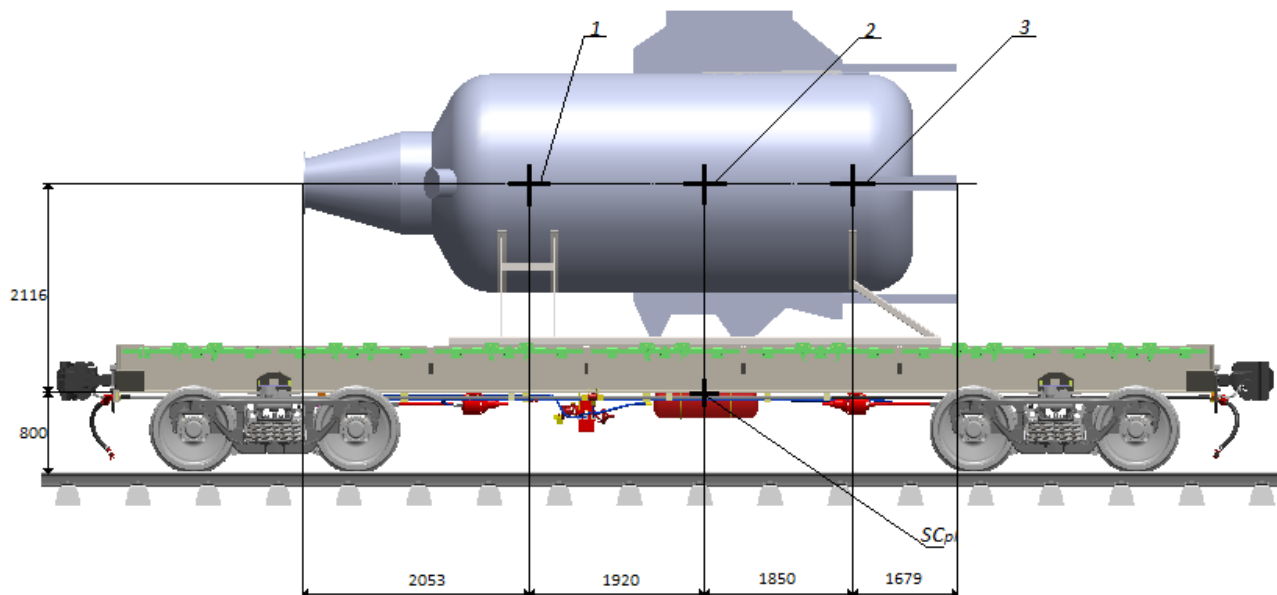
Atlikus skaičiavimus pastebėta, kad maksimalūs įtempimai gauti ganėtinai nedideli. Tai galėjo įtakoti juostos parinktas storis ir plotis, pasirinkta buvo 8x75mm juostos matmenys, tai 8 mm storis ir plotis 75 mm.

2.3 Krovinio svorio centro nustatymas

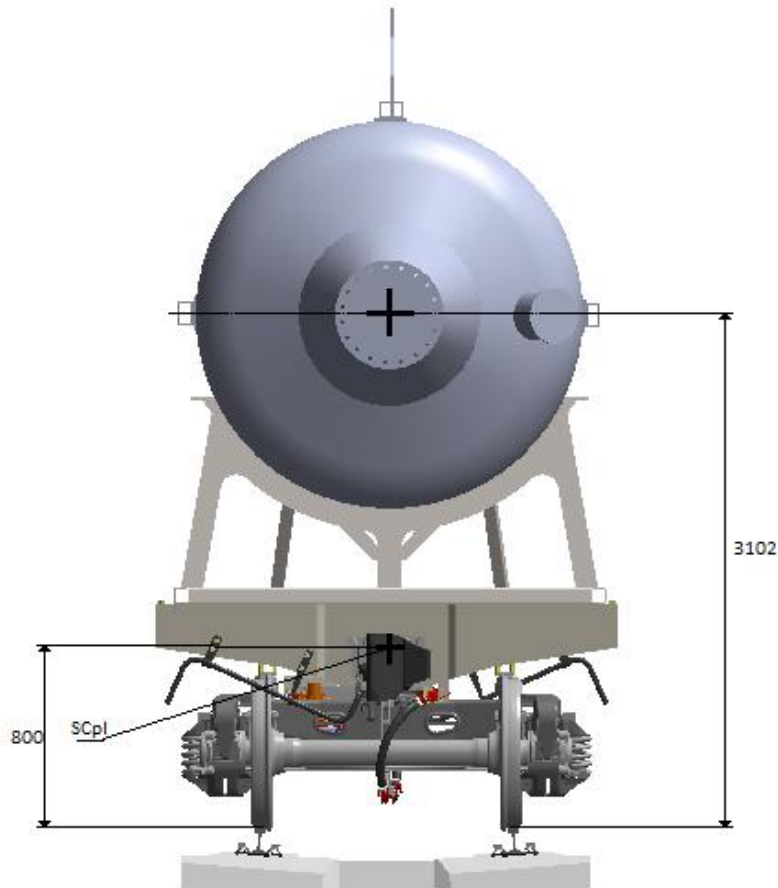
Transportuojant sunkiuosius – stambiagabaričius krovinius, didelis dėmesys skiriamas kaip tinkamai išdėstyti krovinį transporto priemonėje, parenkant tvirtinimo būdus ir saugiai nutransportuoti į galutinį tašką. Transportuojant tokio tipo krovinius privaloma nustatyti krovinio svorio centrus, tik tokiu būdu galime užtikrinti stabilumą krovinį transportuojant. Šiame darbe pasirinktas realus transportuojamas krovinys, kuriam atremti suprojektuotas specialus atraminis rėmas būtent šiam kroviniumi. Nustatomas krovinio svorio centras, kaip pateikiama 2.6 ir 2.7 paveikslėliuose.

Svorio centro analitiniai skaičiavimai atliekami viename taške, kaip pateikta 2.6 paveikslėlyje antrame svorio centre. Tai yra tinkamas krovinio svorio centras.

Svorio centrai perkeliama tam, kad būtų ištiriamas krovinio atraminio rėmo konstrukcijos stabilumas ir kaip jis reaguoja į veikiančias krovinio apkrovas. Pateikti matmenys yra reikalingi apskaičiuoti krovinio svorio centrus, trintis.



2.6 pav. Krovinio svorio centrai skirtinguose krovinio taškuose



2.7 pav. Krovinio svorio centras nuo bėgių galvučių lygio

Šiame punkte randamas bendras krovinio ir vagono svorio centras.

Vagono su kroviniais svorio centro aukštis H_{SC} apskaičiuojamas pagal formulę:

$$H_{SC} = \frac{m_{Kr} \cdot H_{SC} + m_N \cdot H_{SC_N}}{m_{Kr} + m_N} \quad (5)$$

čia: m_{Kr} - krovinio masė, tai 6525 kg; H_{SC} - krovinio svorio centro aukštis virš bėgių galvučių lygio yra 3102 mm, parenkamas iš 2.7 pav; m_N - platformos ir krovinio bendra masė 13 705 kg; H_{SC_N} - vagono svorio centro aukštis virš bėgių galvučių lygio 800 mm, parenkamas iš 2.7 pav.

Apskaičiuojamas platformos ir krovinio bendras svorio centro aukštis pagal 5 formulę:

$$H_{SC_B} = \frac{6525 \cdot 3102 + 13705 \cdot 800}{6525 + 13705} = 1543 \text{ mm.}$$

Krovinio svorio centras randasi išilginių ir skersinių ašių susikirtimo taške.

Nustatomas išilginis krovinio svorio centro poslinkis platformoje

Krovinių svorio centro poslinkis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$l_{cm} = 0,5L - \frac{m_{Kr} \cdot l}{m_{Kr}} \quad (6)$$

čia: L – platformos ilgis 13 400 mm; m_{Kr} - krovinio masė 6 525 kg; l - svorio centro atstumas iki platformos galinės briaunos yra 6 700 mm;

Skaičiuojamas krovinio svorio centrų poslinkis pagal 6 formulę:

$$l_{cm} = 0,5 \cdot 13400 - \frac{6525 \cdot 6700}{6525} = 0 \text{ mm.}$$

Apskaičiavus svorio centro poslinkį, gavome 0 reikšmę, tai reiškia, kad krovinio svorio centras neturi poslinkio. Tai įtakojo, kad krovinio svorio centras yra platformos centre.

2.4 Nustatoma krovinio vėjo pasipriešinimo jėga

Pakrovus tokio tipo sunkiasvorius – stambiagabaričius krovinius, reikalinga apskaičiuoti krovinio pasipriešinimo jėgą. Krovinių krovimo ir tvirtinimo taisyklėse teigiama, kad krovinius kraunant platformose, privaloma nustatyti vėjo pasipriešinimo jėgą ir pateikti rezultatą krovinio transportavimo projekte [7].

Vėjo pasipriešinimo jėga F_{vej} kroviniui nustatoma pagal formulę:

$$F_{vej} = \frac{50 \cdot S_{proj}}{1000}. \quad (7)$$

čia: S_{proj} - krovinio priešvėjinio šono paviršiaus projekcijos plotas m^2 į vertikalią plokštumą, einančią per vagono išilginę ašį yra 19,4 m^2 ;

Krovinio vėjo pasipriešinimo jėga apskaičiuojama pagal 7 formulę:

$$F_{vej} = \frac{50 \cdot S_{proj}}{1000} = \frac{50 \cdot 19,4}{1000} = 0,97 \text{ N.}$$

Krovinio vėjo pasipriešinimo jėga gauta 0,97 N, galima teigti, kad jėga krovinio stabilumai ir tvirtinimo elementams įtakos nedaro.

2.5 Nustatoma krovinių veikianti trinties jėga išilgine ir skersine platformos kryptimi

Nustatoma trinties jėga išilgine platformos kryptimi pagal formulę:

$$F_{is}^{tr} = m_{Kr} \cdot \mu. \quad (8)$$

čia: F_{is}^{tr} - trinties jėga N; m_{Kr} - krovinio masė kg; μ - trinties koeficiento reikšmė tarp krovinio atraminio rėmo ir platformos grindų, kurios privalo būti nuvalytos nuo šalutinių veiksnių, tai purvas, ledas ar sniegas. Atsižvelgiama į tai, kad platformos grindys apibarstytos smėlio sluoksniu, tai

koeficientas pagal besiliečiančių medžiagų paviršių parenkamas iš krovinių krovimo ir tvirtinimo taisyklių [7]:

- Medis su medžiu – 0,45;
- Plienas su medžiu – 0,40;
- Plienas su plieniu – 0,30;
- Gelžbetonis su medžiu 0,55.

Atsižvelgiant į tai, kad platformos grindų juostos yra plieninės, o krovinių atraminiai rėmai yra plieninių konstrukcijų, tai trinties koeficiento reikšmė parenkama $\mu = 0,30$.

Krovinio trinties jėgos skaičiavimas išilgine kryptimi pagal 8 formulę:

$$F_{is}^{tr} = m_{Kr} \cdot \mu = 6525 \cdot 0,30 = 1958 N = 1,958 kN.$$

čia: $m_{Kr} = 6525 kg$, transportuojamo krovinio masė.

Nustatoma trinties jėga skersine platformos kryptimi pagal formulę:

$$F_{sk}^{tr} = \frac{m_{Kr} \cdot \mu \cdot (1000 - \alpha^{vert})}{1000}. \quad (9)$$

čia: α^{vert} - santykinis vertikaliosios jėgos dydis N/kg , apskaičiuojamas pagal 10 formulę:

Santykinis vertikaliosios jėgos dydis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\alpha^{vert} = 250 + k \cdot l_{Kr} + \frac{2140}{m_{Kr}}. \quad (10)$$

čia: k - koeficientas, kurio reikšmė 5, kai kroviniai remiasi į vieną vagoną, šiuo atveju platformoje. Reikšmė parenkama iš Krovinių krovimo ir tvirtinimo taisyklių [7]; l_{Kr} - atstumas tarp skersinių plokštumų, kurios eina per krovinių svorio centrą SC ir platformos skersinę ašį $2\ 116 mm$, parenkamas iš 2.6 pav; m_{Kr} - krovinio masė $6525 kg$.

Skaičiuojamas santykinės vertikaliosios jėgos dydis pagal 10 formulę:

$$\alpha_1^{vert} = 250 + 5 \cdot 2,116 + \frac{2140}{6525} = 260 N/kg.$$

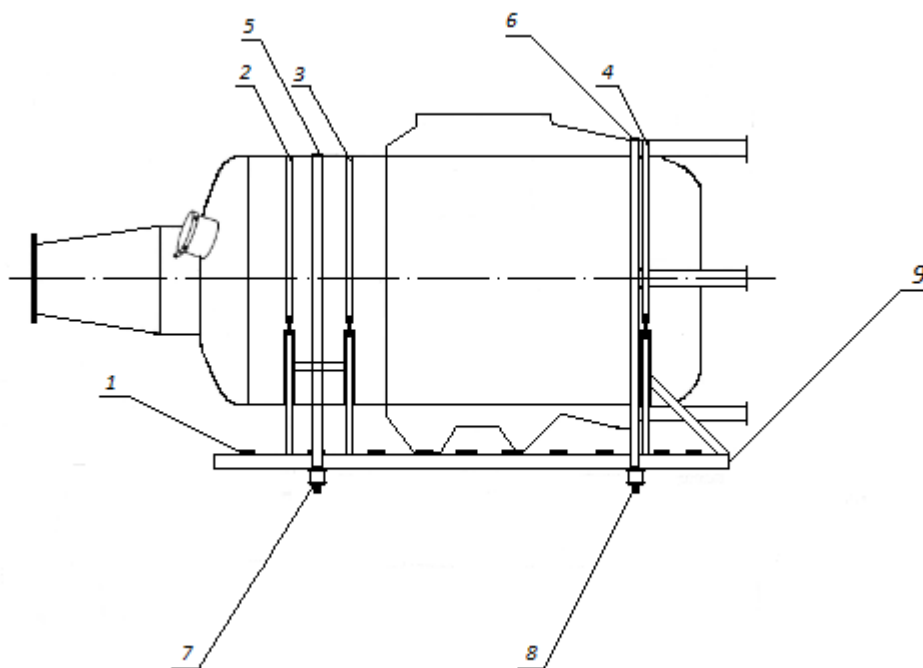
Krovinio trinties jėgos skaičiavimas skersine kryptimi pagal 9 formulę:

$$F_{sk}^{tr} = \frac{m_{Kr} \cdot \mu \cdot (1000 - \alpha_1^{vert})}{1000} = \frac{6525 \cdot 0,30 \cdot (1000 - 260)}{1000} = 1449 N = 1,449 kN;$$

čia: pagal krovimo būdą, parenkama santykinė vertikalioji jėga $1 t = 1000 kg$ masės;

2.6 Apskaičiuotų krovinio jėgų rezultatai.

Išnagrinėjus krovinio gabaritus pateikiama krovinio pakrovimo schema 2.8 paveikslėlyje. 2.1 lentelėje pateikiamos apskaičiuotos jėgos, kurios gautos tiriant krovinio technines charakteristikas, bei parenkant tvirtinimo mechanizmus.



2.8 pav. Krovinio pritvirtinimas prie atraminio rėmo ir platformos [10]

Apskaičiavus jėgas galime teigti, kad krovinys yra tinkamai paruoštas krovinio transportavimui, parinkti tvirtinimo mechanizmai pozicijose – 1,2,3,4,5,6. Pozicijos 7 ir 8 parenkamos standartinės, tai yra juostos įtempimo mechanizmai, kurie yra montuojami platformose ir skaičiuoti jų veržimo jėgą nėra būtina.

2.1 lentelė

Krovinio tvirtinimo mechanizmų ir jų veikiančių jėgų apskaičiuotos jėgos

Krovinio tvirtinimo mechanizmų ir išorinių jėgų gautos reikšmės	
M30 veržlių momentas	189 Nm
Standartinių, medžiaginių tvirtinimo diržų jėga	39 200 N
Krovinio tvirtinimo juostos įtempimo jėga išilgine kryptimi	3260 N
Maksimalūs įtempiai	3924 N
Krovinio vėjo pasipriešinimo jėga	0,97 N
Krovinio trintis:	
Išilgine kryptimi	1958 N
Skersine kryptimi	1449 N

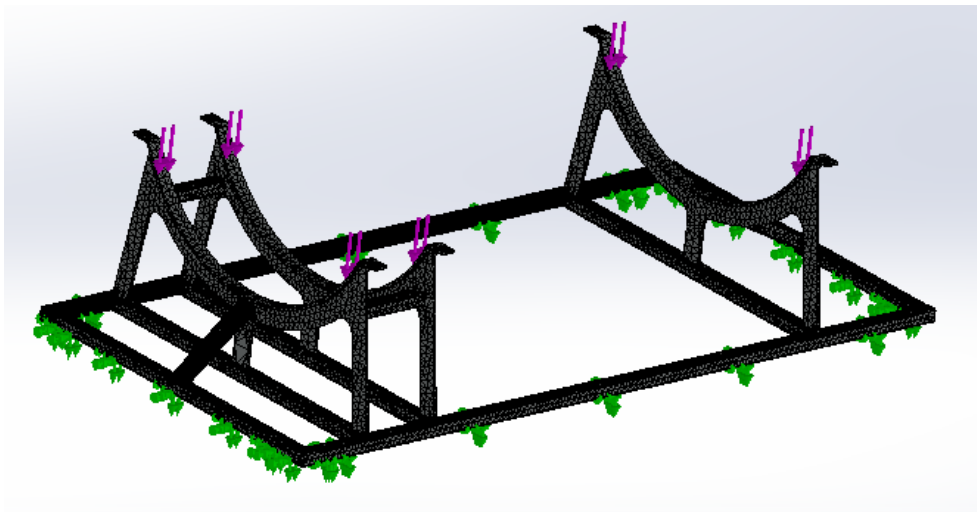
Gautos jėgos atitinka krovinių krovimo ir tvirtinimo tasyklėse leidžiamas jėgas.

2.7 Atliekami rėmo stipruminiai skaičiavimai, kai svorio centras ir krovinio masė skirtinga

Pasirenkami trys skirtingi krovinio centrai (2.6 pav.) atliekant atraminio rėmo skaičiavimus. Krovinys (2.8 pav.) bus transportuojamas pasirenkant iš trijų galimų variantų, kurių svoris yra skirtingas:

1. Krovinį transportuojant be atraminių kojų ir priekinės kūgio dalies su flanšu, krovinio masė tampa – 3 450 kg;
2. Krovinys transportuojamas be vidaus įsiurbimo mechanizmo ir specialaus generatoriaus, kaip pateiktas 2.8 paveikslėlyje, masė tampa – 6 525 kg;
3. Krovinys transportuojamas su pilnai surinktais mechanizmais, tai sumontuotas įsiurbimo mechanizmas ir specialus generatorius pritaikytas išsiplėtimo talpai, masė tampa – 8 720 kg.

Suformuojamas baigtinių elementų modelis (2.9 pav.).



2.9 pav. Baigtinių elementų modelio sudarymas

2.2 lentelėje pateikiamos tinkliuko charakteristikos.

2.2 lentelė

Tinkliuko charakteristikos

Tinkliuko struktūra:	Kietas kūnas
Naudotas tinkliukas:	Standartinis
Elemento dydis:	49 mm
Tolerancija tarp elementų:	2,48 mm
Kokybė:	Aukščiausia
Elementų skaičius:	7895
Mazgų skaičius:	109820

Rėmui gaminti pasirinkta medžiaga yra Plienas S355J2G3. Tai karštai valcuotas mažanglis konstrukcinis plienas. Jo takumo riba 355 MPa. J2 – smūginio tūsumo bandymo temperatūra – 20 °C. Mažai legiruotas plienas, anglies 0,03% C [19]. Pasirinktas plienas termiškai gerai apdorojamas ir kokybiškai virinamas. Plieno mechaninės savybės pateiktos 2.3 lentelėje.

2.3 lentelė

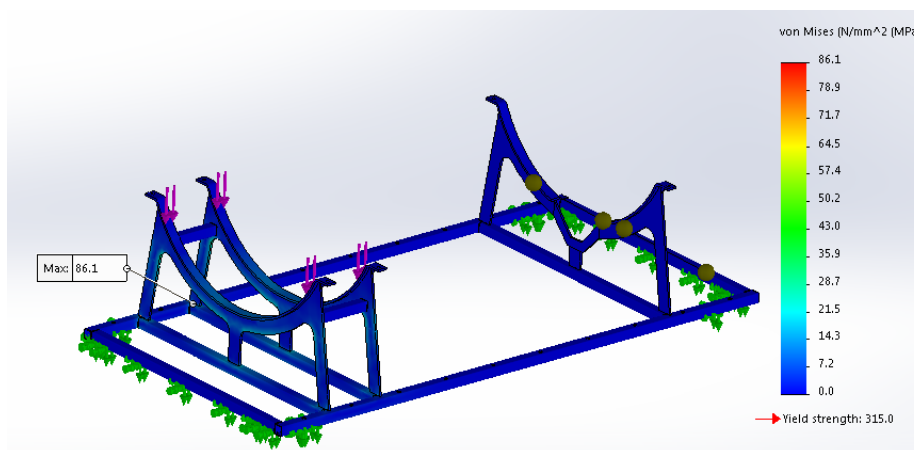
Pasirinkto Plieno S355 mechaninės savybės [19]

Lydinio storis (mm)	Takumo riba (MPa)	Stiprumo riba (MPa)	Pailgėjimas (%)
≥ 3 - ≥ 100	315 - 355	490 - 630	22

2.7.1 Atraminio rėmo patikrinamieji skaičiavimai pirmame svorio centro taške

Atraminis rėmas apkraunamas 34 500 N jėga, kai kroviny – talpa, transportuojamas be atraminių kojų ir priekinės kūgio dalies su flanšu:

Nustatoma, kad krovinio apkrovos jėga susitelkusi tame krovinio taške kur yra dvi laikančiosios konstrukcijos (3 pav.). Žinant, kad krovinio masė yra 3 450 kg, tai atraminio rėmo priekinė dalis, kuri suprojektuota su dviem laikančiosiomis atramomis yra apkraunama 34 500 N jėga, kuri dalinama iš 2. Tai reiškia, kad kiekviena laikančioji atrama apkraunama 17 250 N.

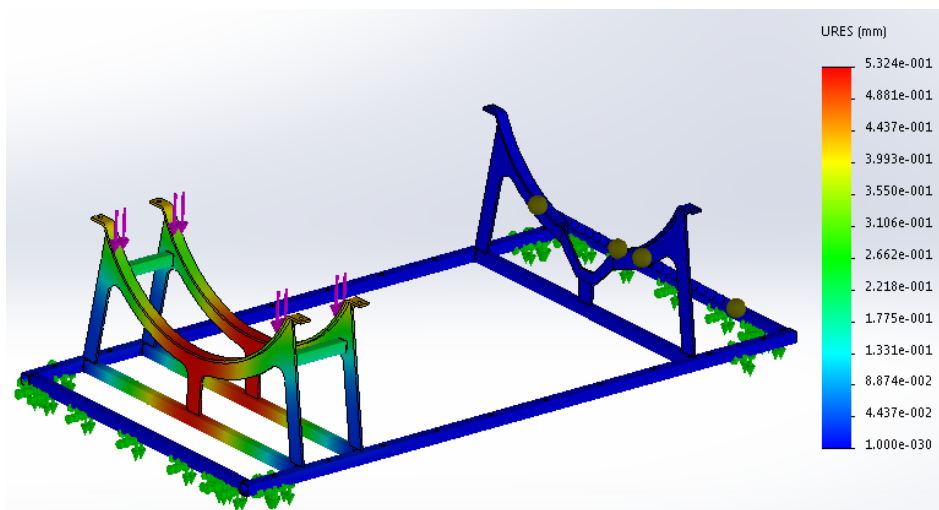


3 pav. Atraminio rėmo maksimalūs įtempiai, kai jo atraminės konstrukcijos apkraunamos po 17250 N

Apkrovus abi laikančiasias konstrukcijas, 34 500 N jėga ir ją padalinus pusiau matome, kad maksimalūs įtempiai 86,1 MPa, kurie neviršija takumo ribos 315 MPa. Takumo riba gaunama iš pasirinktos plieno mechaninių savybių (2.3 lentelė).

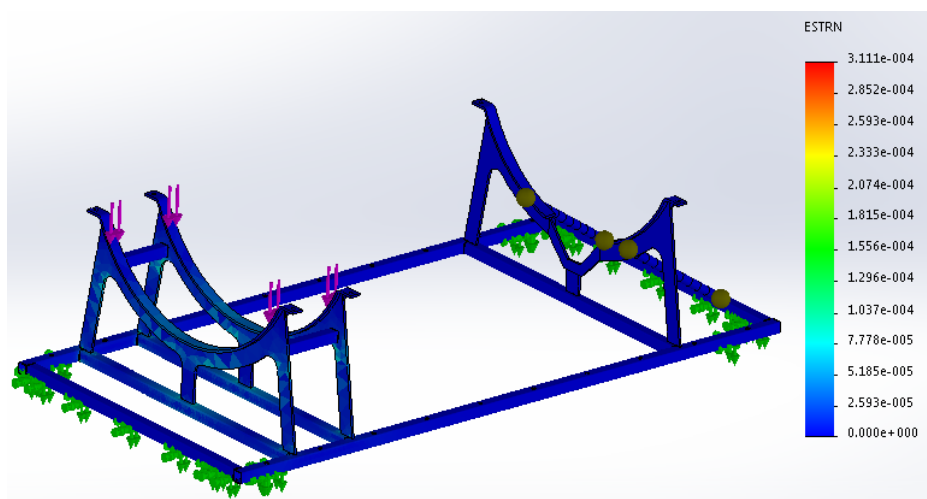
Gauti maksimalūs poslinkiai yra 5,3 mm (3.1 pav). Matome, kad poslinkiai yra nemaži, bet konstrukcijos negniuždo ir ji lieka stabili. Pagal susikongravusių poslinkių jėgą viduryje krovinio

atramų, galima teigti, kad tai įtakoja medžiaginių diržų įveržimo jėga, kuri yra 39 200 N ir sutelkta krovinio aprova horizontaliai krovinio centrui.



3.1 pav. Krovinio laikančiųjų maksimalių poslinkių diagrama

Nustačius atramų deformacijas (3.2 pav.), matome kad abi nagrinėjamos atramos nesideformuoja apkrovus transportuojamu kroviniumi.



3.2 pav. Atramų deformacijų diagrama

Krovinio laikančiasis apkrovus dviejuose taškuose 34 500 N, gautas atsargos koeficientas yra 3. Skaičiavimas yra tikslus ir gauta reikšmė nėra mažesnė už 1,5 reglamentuotą koeficiento ribą. Koeficiento reikšmė priklauso ar buvo pasirinkta tinkama metalo rūšis, kuri lemia visus atliktus stipruminius skaičiavimus.

Atsargos koeficientas palyginamas su programos ir analitiniu būdu gauta reikšme, pagal 11 formulę [6]:

$$n = \frac{y}{\sigma}. \quad (11)$$

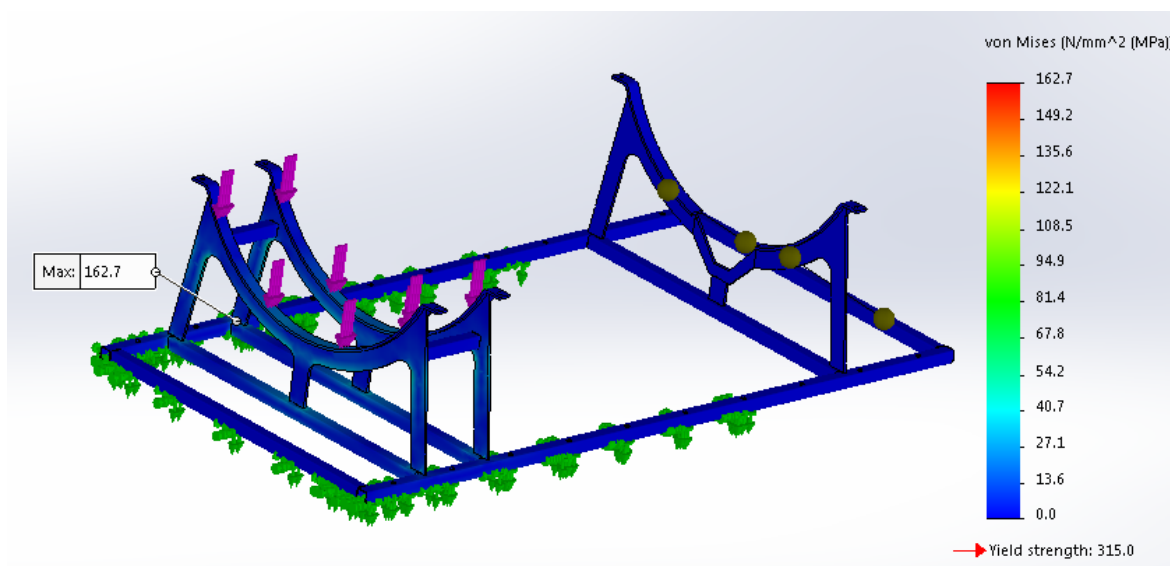
čia: n - atsargos koeficientas; y - naudojamo metalo takumo riba; σ - maksimalūs įtempiai.

$$n = \frac{y}{\sigma} = \frac{315}{86,1} = 3,65$$

Atsargos koeficiento reikšmė gauta 3,65 ir nėra žemesnė už 1,5 minimalią leidžiamą reikšmę. Pirmame krovinio svorio centre, atraminio rėmo konstrukcija išliks stabili ir nedeformuojama.

Atraminis rėmas apkraunamas 65 250 N jėga, kai krovinys – talpa, transportuojamas be vidaus įsiurbimo mechanizmo ir specialaus generatoriaus:

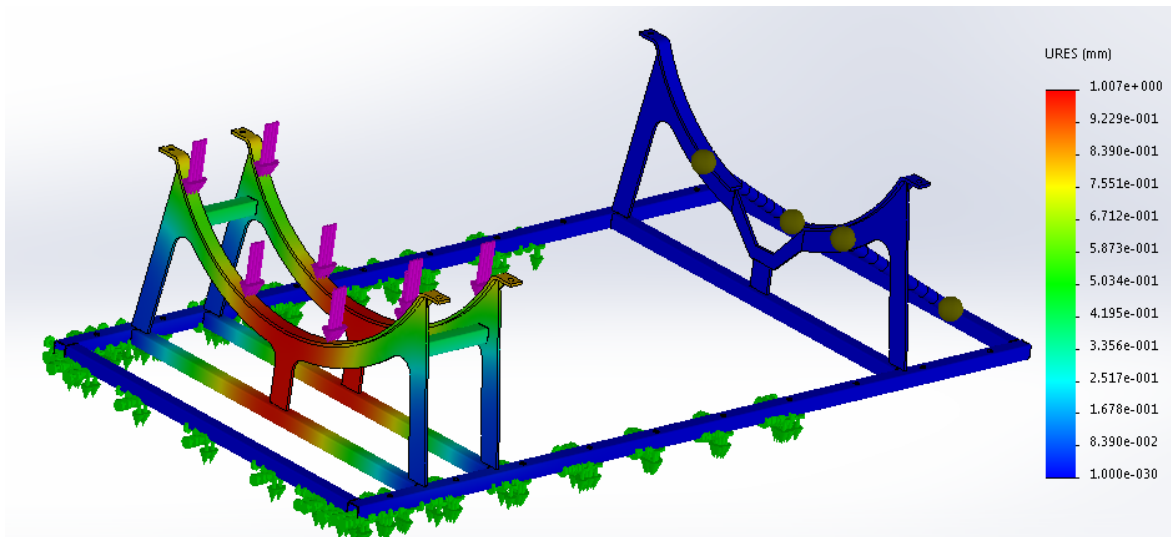
Krovinio apkrovos jėga susitelkusi tame krovinio taške kur yra dvi laikančiosios konstrukcijos (3.3 pav.). Krovinio masė yra 6 525 kg, tai atraminio rėmo priekinė dalis, su dviem laikančiosiomis atramomis yra apkraunama 65 250 N jėga, kuri dalinama iš 2. Tai reiškia, kad kiekviena laikančioji atrama apkraunama 32 620 N.



3.3 pav. Atraminio rėmo maksimalūs įtempiai, kai jo atraminės konstrukcijos apkraunamos po 32 620 N

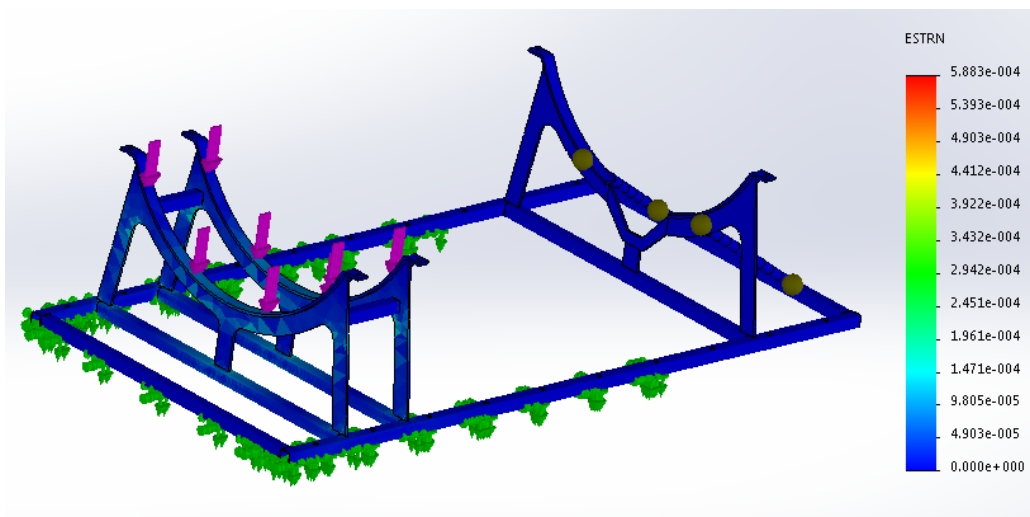
Apkrovus abi laikančiąsias konstrukcijas, 65250 N jėga ir ją padalinus pusiau matome, kad maksimalūs įtempiai 162,7 MPa, kurie neviršija takumo ribos 315 MPa. Gautas rezultatas yra teisingas, nes maksimalieji įtempiai neviršija medžiagos takumo ribos.

Gauti maksimalūs poslinkiai yra 1 mm (3.4 pav). Galima teigti, kad poslinkiai yra maži, kad krovinį laikančios konstrukcijos galėtų deformuotis. Poslinkiai susikoncentravę viduryje krovinio atramų, nes krovinio centro apkrova sutelkta horizontaliai.



3.4 pav. Krovinio laikančiųjų maksimalių poslinkių diagrama

Nustačius atramų deformacijas (3.5 pav.), matome kad abi nagrinėjamos atramos nesideformuoja apkrovus transportuojamu krovinium.



3.5 pav. Atramų deformacijų diagrama

Gautas atsargos koeficientas yra 3 ir nėra žemesnis nei 1,5 riba. Sulyginamos reikšmės gautos su programa ir suskaičiuotos analitiniu būdu.

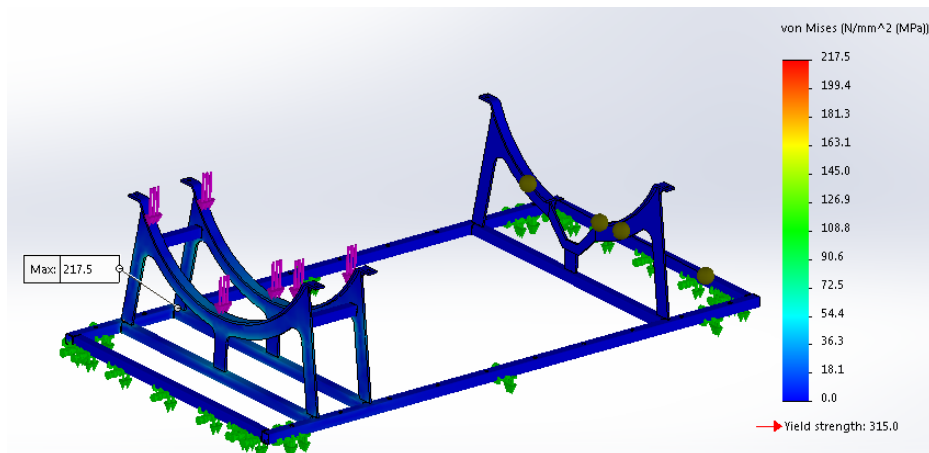
Atsargos koeficientas apskaičiuojamas pagal 11 formulę:

$$n = \frac{y}{\sigma} = \frac{315}{162,7} = 1,93$$

Atsargos koeficiento reikšmė gauta 1,93 ir nėra žemesnė už 1,5 minimalią leidžiamą reikšmę.

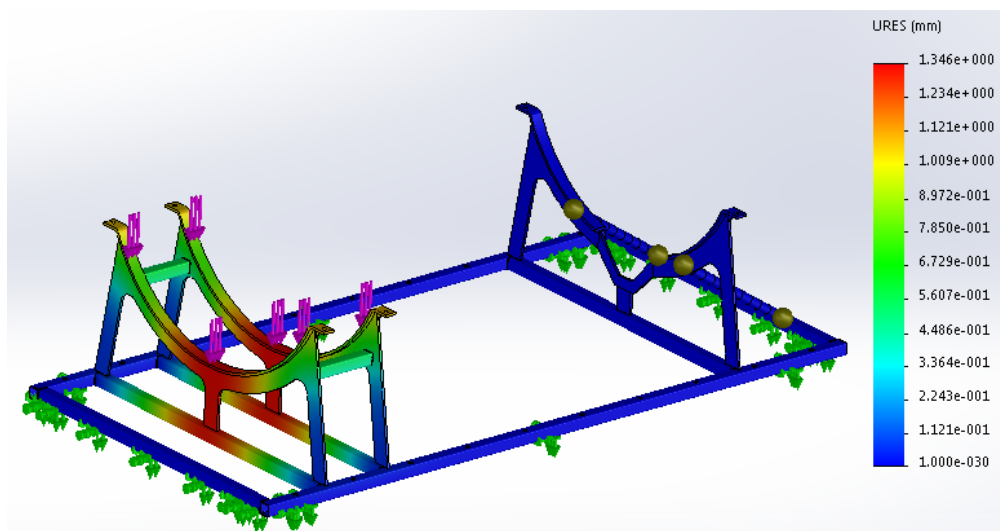
Atraminis rėmas apkraunamas $87\,200\text{ N}$ jėga, kai krovinys – talpa, transportuojamas su pilnai surinktais mechanizmais, tai sumontuotas įsiurbimo mechanizmas ir specialus generatorius pritaikytas išsiplėtimo talpai:

Atlikus patikrinamuosius skaičiavimus, gauti maksimalūs įtempiai (3.6 pav.) yra $217,5\text{ MPa}$, kurie neviršija takumo ribos 315 MPa .



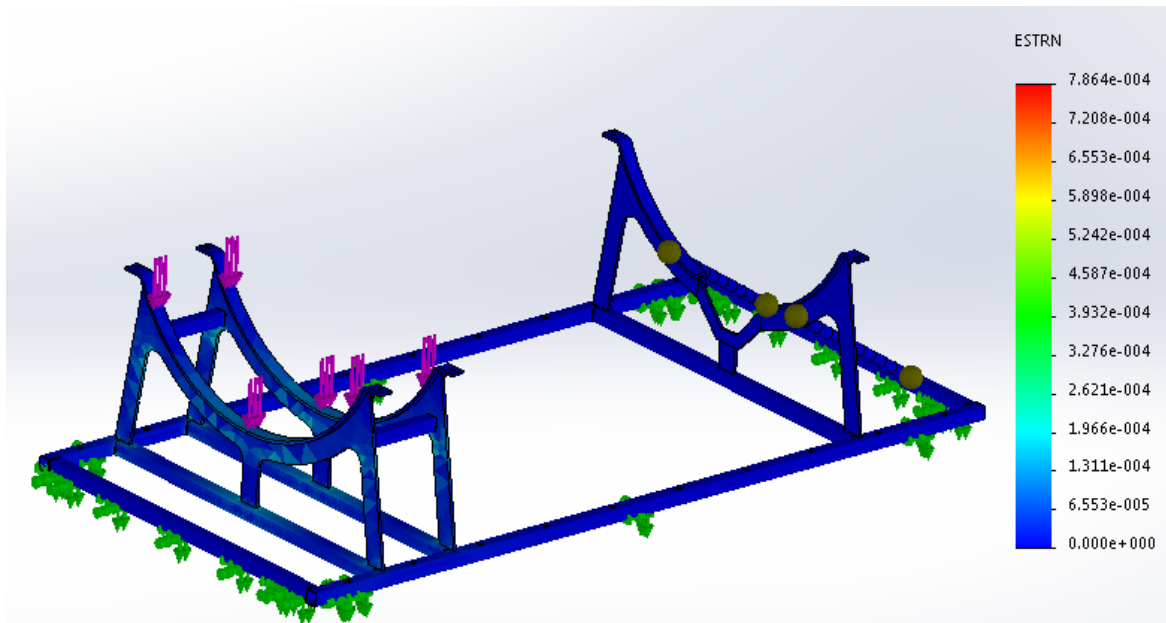
3.6 pav. Atraminio rėmo maksimalūs įtempiai, kai jo atraminės konstrukcijos apkraunamos po $43\,600\text{ N}$

Maksimalūs poslinkiai (3.7 pav.) yra $1,3\text{ mm}$. Poslinkiai yra nežymūs, rėmo konstrukcija nepažeidžiama.



3.7 pav. Maksimalių poslinkių diagrama

Atlikus stipruminius deformuojamų jėgų skaičiavimus (3.8 pav.), gauta reikšmė yra tenkinama ir atraminis rėmas išliks stabilios būsenos, neveiks deformacijos jėgos.



3.8 pav. Deformacijų diagrama

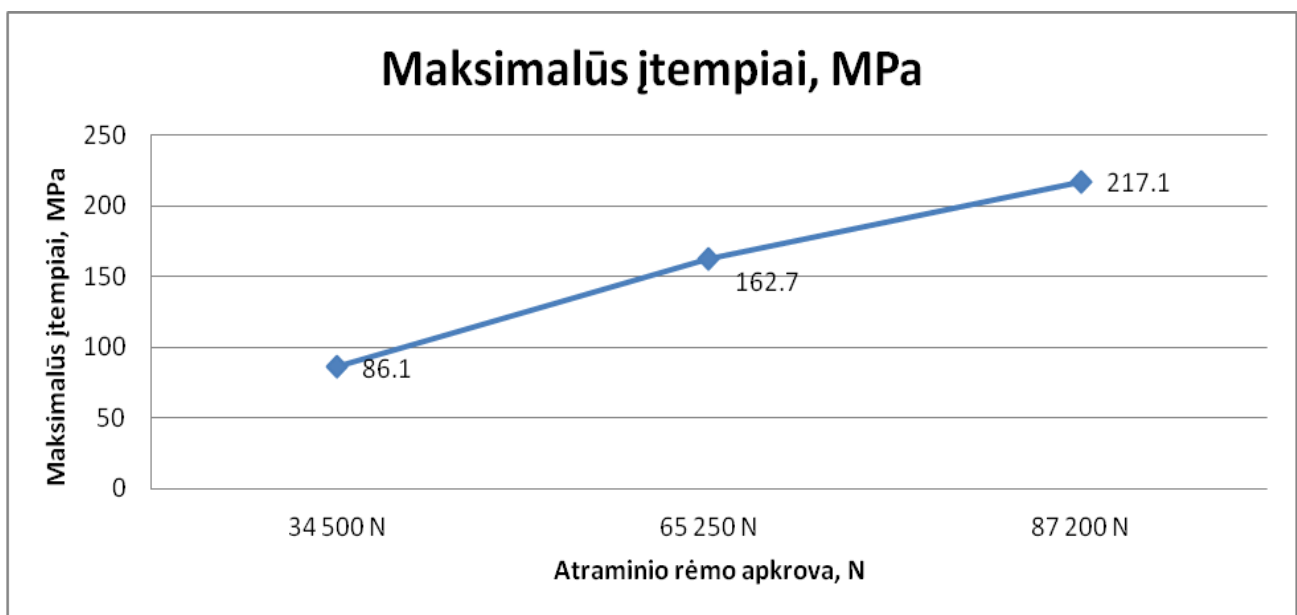
Gautas atsargos koeficientas 1,45 yra žemesnis nei 1,5 riba. Sulyginamos reikšmės gautos su programa ir suskaičiuotos analitiniu būdu.

Atsargos koeficientas apskaičiuojamas pagal 11 formulę:

$$n = \frac{y}{\sigma} = \frac{315}{217,5} = 1,44$$

Gauta atsargos koeficiento reikšmė yra mažesnė už leistiną 1,5. Tai galėjo įtakoti nevisuose taškuose veikiančios jėgos.

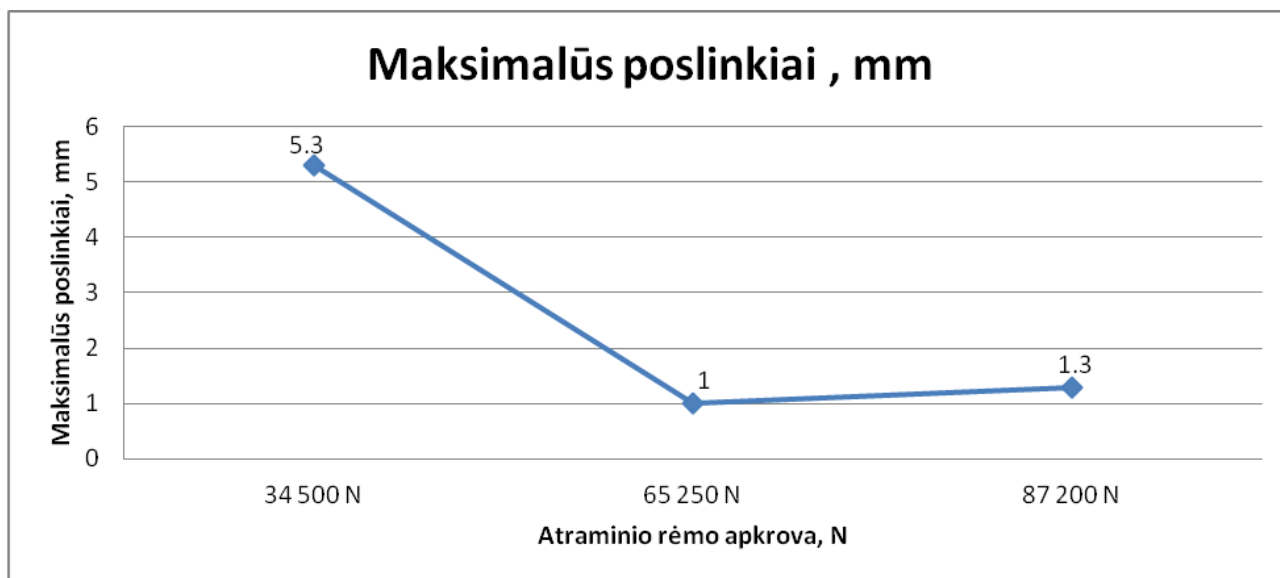
Atlikus patikrinamuosius stipruminius skaičiavimus atraminiui rėmui pirmame svorio centro taške, matome, kad gauti maksimalūs įtempiai (3.9 pav.) nėra didesni už medžiagos takumo ribą 315 MPa.



3.9 pav. Krovinio atraminio rėmo maksimalūs įtempiai, kai svorio centras nesikeičia, o apkrova keičiasi

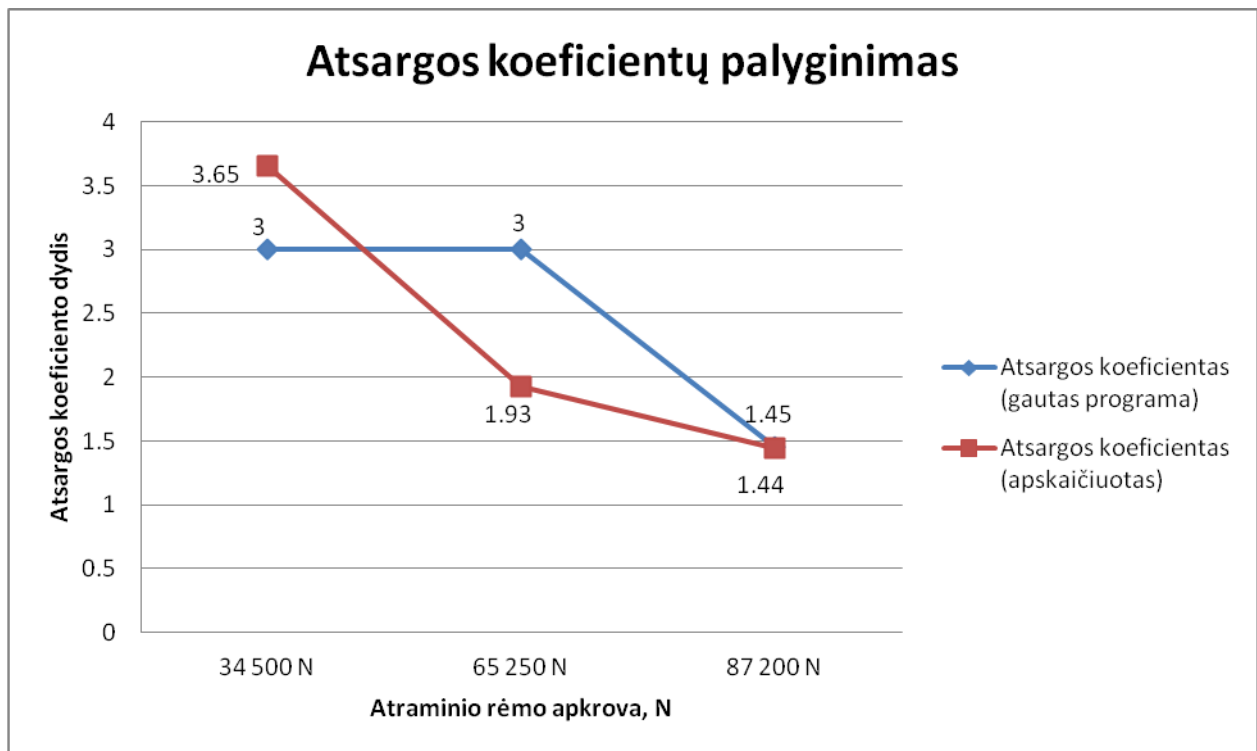
Grafiškai pavaizdavus rezultatus, matome, kad didėjant apkrovoms įtempiai auga. Tai įtakoja krovinio svorio centro jėga veikianti horizontaliai rėmo atramas, kai apkrovos yra didinamos trymis skirtingomis jėgomis. Rezultatai gauti teisingi, kai pasiekiami $217,1 \text{ MPa}$ ir atramas veikia $87\,200 \text{ N}$ jėga, konstrukcija išlieka stabili.

Didžiausi maksimalūs poslinkiai (3.10 pav.) gauti prie $34\,500 \text{ N}$ jėgos, kai gauta reikšmė siekia $5,3 \text{ mm}$. Toks rezultatas gautas dėl netobulos rėmo konstrukcijos ir visa svorio centro jėga susikoncentravusi į silpnas rėmos konstrukcijos dalis. Prie sekančių apkrovų, tai $65\,250 \text{ N}$ poslinkiai minimalūs ir siekia vos 1 mm , kaip ir prie $87\,200 \text{ N}$ apkrovos poslinkiai vos siekia $1,3 \text{ mm}$.



3.10 pav. Krovinio atraminio rėmo maksimalūs įlinkiai, kai svorio centras nesikeičia, o apkrova keičiasi

Gavus atsargos koeficiento reikšmes (3.11 pav.) su SolidWorks projektavimo programa ir apskaičiavus pagal formules, matome ženklų skirtumą, kai apkrova $65\,250 \text{ N}$, programai suskaičiavus rezultatas gaunamas 3, o pagal formulę gauname $1,93$ reikšmę. Tai lėmė netikslus programos apskaičiavimas, kai apkrova $65\,250 \text{ N}$. Konstrukcija tampa nestabili kai apkrova siekia $87\,200 \text{ N}$, gauti rezultatai mažesni nei leistina $1,5$ riba, tai atsargos koeficientas gautas programa yra $1,45$ o atlikus patikrinimą $1,44$.



3.11 pav. Atsargos koeficientų rezultatų palyginimas

Pagal gautus rezultatus (2.4 lentelė), galime teigti, kad gauti tinkamiausi stipruminių skaičiavimų rezultatai yra kai apkrova 65 250 N. Prie šios apkrovos gauti rezultatai nėra mažesni už leistinas konstrukcijos stabilumo normas.

2.4 lentelė

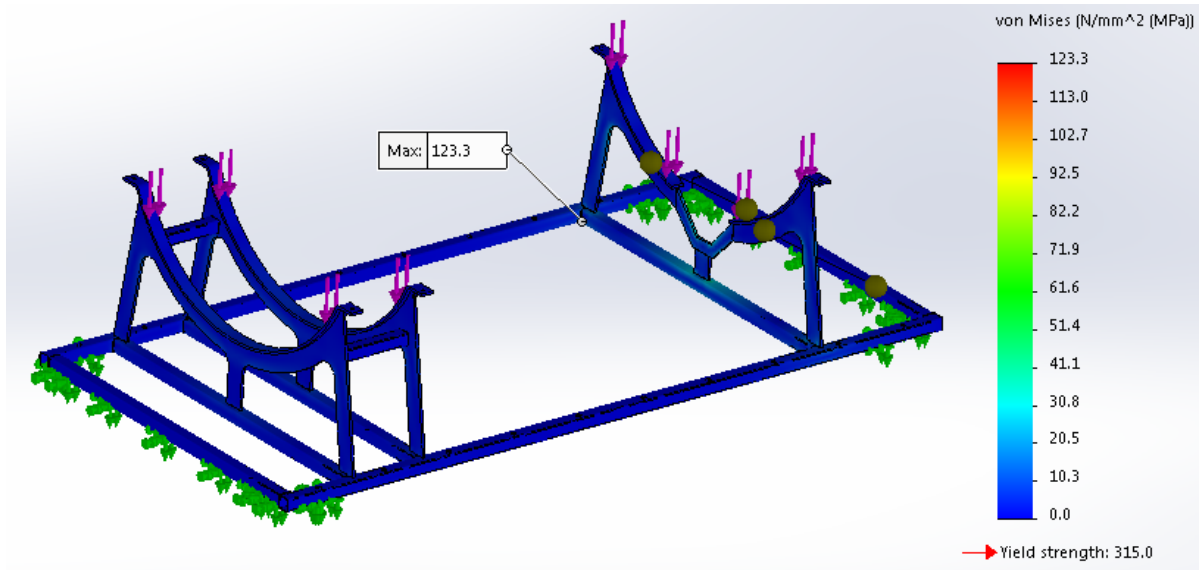
Bendrai gauti stipruminių skaičiavimų rezultatai, kai svorio centras pirmame taške

Atraminio rėmo apkrova, N	34 500 N	65 250 N	87 200 N
Maksimalūs įtempiai, MPa	86.1	162.7	217.1
Maksimalūs poslinkiai, mm	5.3	1	1.3
Deformacijos	3.111-004	5.883-004	7.864-004
Atsargos koeficientas (gautas programa)	3	3	1.45
Atsargos koeficientas (apskaičiuotas)	3.65	1.93	1.44

2.7.2 Atraminio rėmo patikrinamieji skaičiavimai antrame svorio centro taške

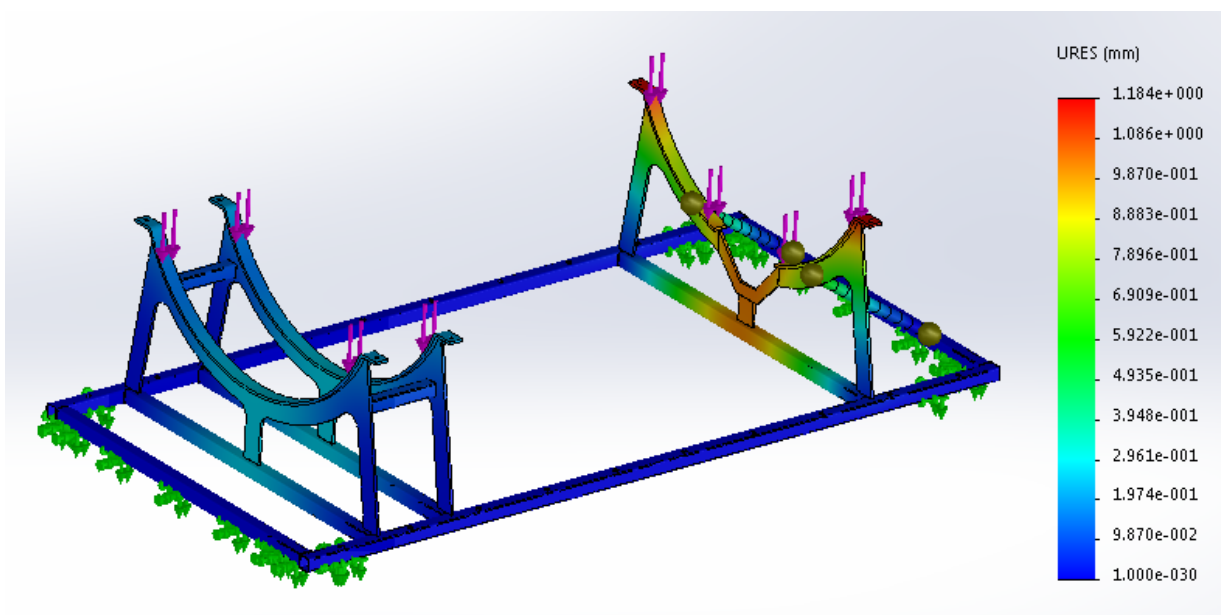
Atraminis rėmas apkraunamas 34 500 N jėga, kai krovinys – talpa, transportuojamas be atraminių kojų ir priekinės kūgio dalies su flanšu:

Krovinio apkrova 34 500 N paskirstoma ant trijų rėmo atramų. Gaunami maksimalūs įtempiai (3.12 pav.) 123,3 MPa, kurie neviršija takumo ribos.



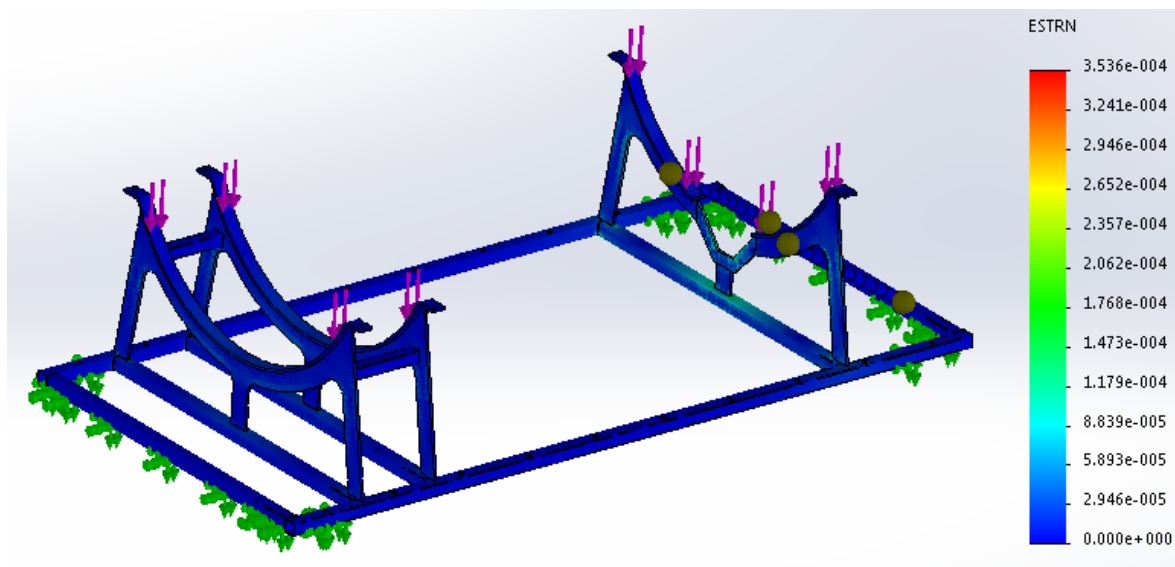
3.12 pav. Atraminio rėmo maksimalūs įtempiai, kai jo atraminės konstrukcijos apkraunamos 34 500 N

Gauti maksimalūs poslinkiai yra 1,1 mm (3.13 pav). Poslinkiai yra nežymūs, konstrukcija nedeformuojama. Poslinkiai susikoncentravę medžiaginių diržų tvirtinimui skirtose skylėse. Pritvirtinus diržus kurių tempimo jėga 39 200 N ir juos tvirtinant prie rėmo ausų, jos nebus atlenkiamos, nes sutvirtinimui yra privirtintos standumo plokštelės.



3.13 pav. Krovinio laikantiųjų maksimalių poslinkių diagrama

Nustačius atramų deformacijas (3.14 pav.), matome, kad nagrinėjamos atramos nesideformuoja apkrovus transportuojamu krovinio.



3.14 pav. Atramų deformacijų diagrama

Krovinio laikančiąsias apkrovus $34\,500\text{ N}$, gautas atsargos koeficientas yra 2,56. Skaičiavimas yra tikslus ir gauta reikšmė nėra mažesnė už 1,5 reglamentuotą koeficiento ribą. Koeficiento reikšmė priklauso ar buvo pasirinkta tinkama metalo rūšis, kuri lemia visus atliktus stipruminius skaičiavimus.

Atsargos koeficientas palyginamas su programos ir analitiniu būdu gauta reikšme, pagal 11 formulę:

$$n = \frac{y}{\sigma} = \frac{315}{123,3} = 2,55$$

Atsargos koeficiento reikšmė gauta 2,55. Antrame krovinio svorio centre, atraminio rėmo konstrukcija išliks stabili ir nedeformuojama.

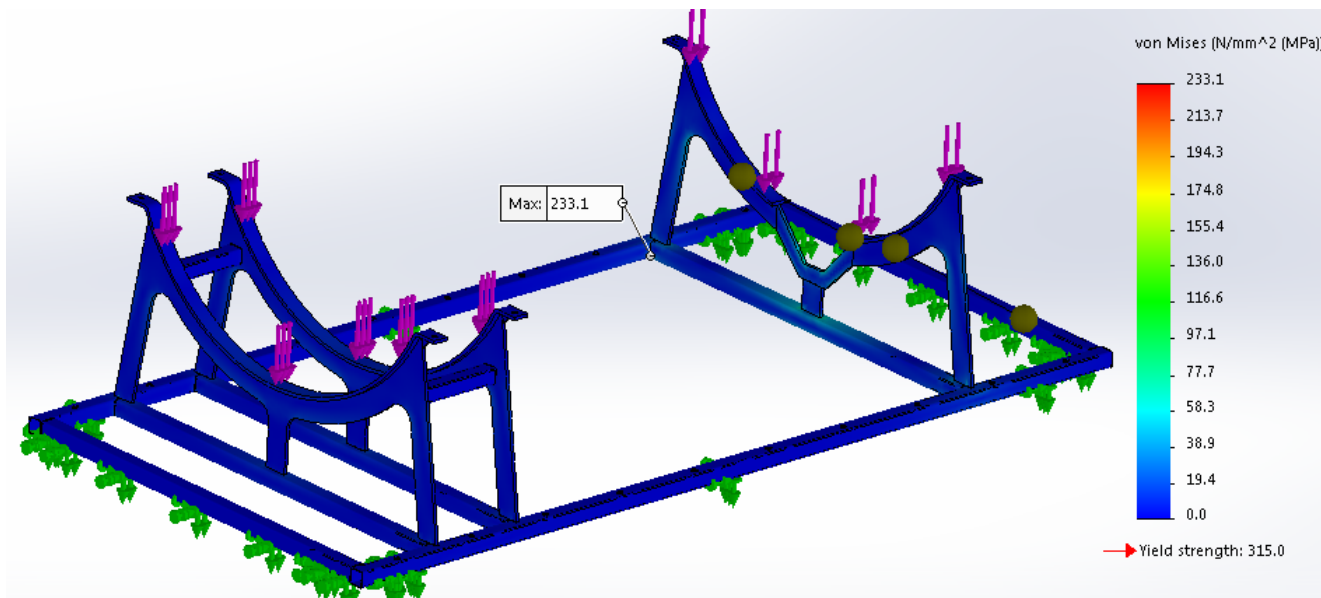
Atraminis rėmas apkraunamas $65\,250\text{ N}$ jėga, kai krovinys – talpa, transportuojamas be vidaus įsiurbimo mechanizmo ir specialaus generatoriaus:

Nagrinėjant antrajame taške svorio centrą, jėgos išdėstomos visose trijose atraminėse konstrukcijose, kaip pavaizduota 2.5 lentelėje.

2.5 lentelė

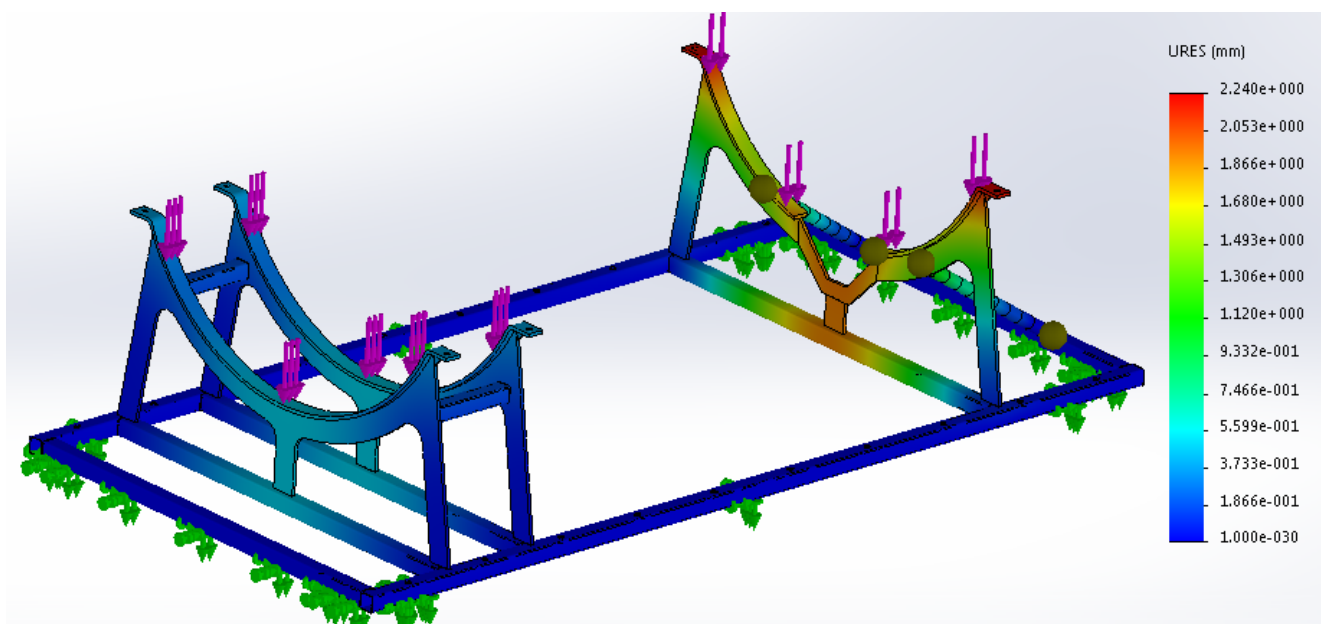
Apkrovų išdėstymas	
Apkrovų išdėstymas atramuose	
1 atrama	16 310 N
2 atrama	16 310 N
3 atrama	32 620 N

Atlikus patikrinamuosius skaičiavimus, gauti maksimalūs įtempiai (3.15 pav.) yra 233,1 MPa, kurie neviršija takumo ribos 315 MPa.



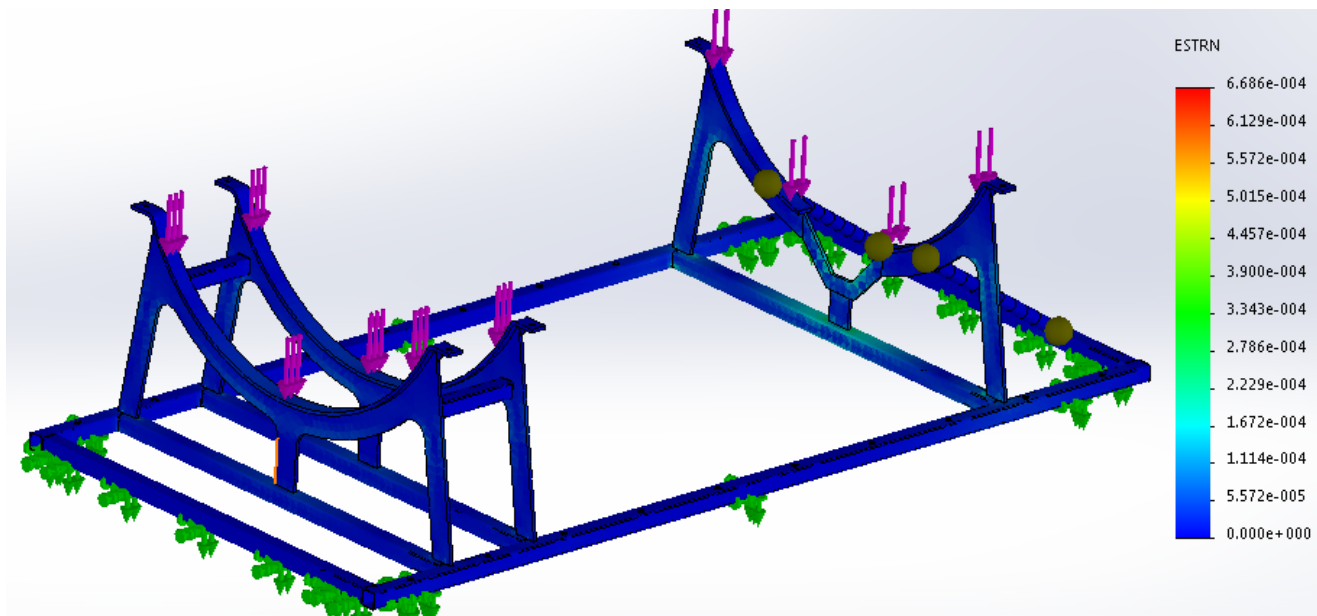
3.15 pav. Atraminio rėmo maksimalūs įtempiai, kai krovinio svorio centras 2 – amė taške

Maksimalūs poslinkiai (3.16 pav.) yra 2,2 mm. Poslinkiai yra nežymūs, rėmo konstrukcija nepažeidžiama. Didžiausi susikoncentravę poslinkiai yra 3 - ioje atramoje.



3.16 pav. Maksimalių poslinkių diagrama

Atlikus stipruminius deformuojamų jėgų skaičiavimus (3.17 pav.), gauta reikšmė yra tenkinama ir atraminis rėmas išliks stabilios būsenos, neveiks deformacijos jėgos.



3.17 pav. Deformacijų diagrama

Gautas atsargos koeficientas 1,35 ir yra žemesnis nei 1,5 riba. Sulyginamos reikšmės gautos su programa ir suskaičiuotus analitiniu būdu.

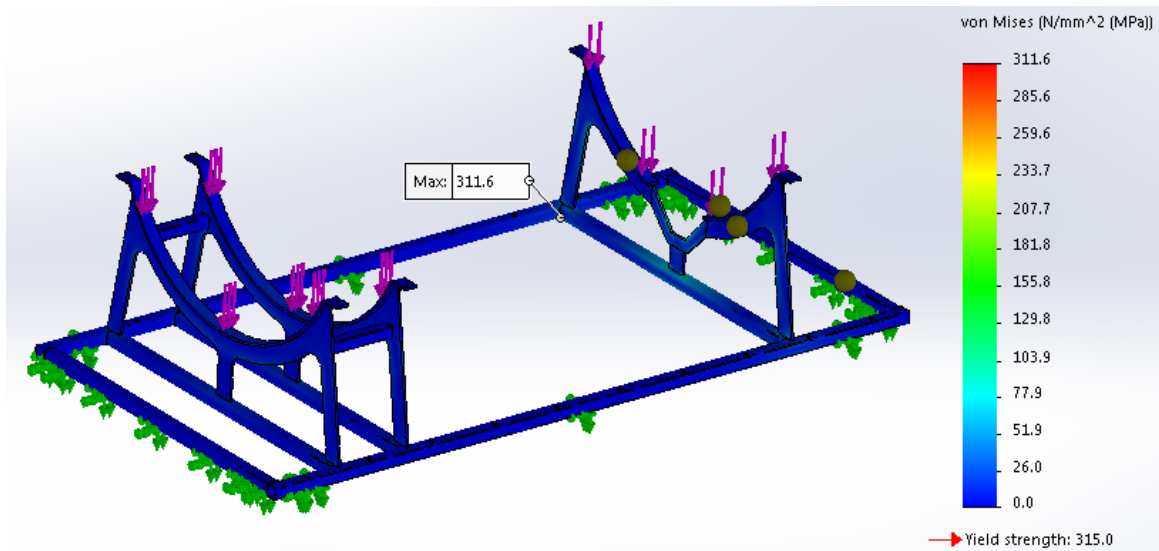
Atsargos koeficientas apskaičiuojamas pagal 11 formulę:

$$n = \frac{y}{\sigma} = \frac{315}{233,1} = 1,35$$

Gauta atsargos koeficiento reikšmė yra mažesnė už leistiną 1,5. Tai įtakojo jėgų pasiskirstymas ant rėmo atramų.

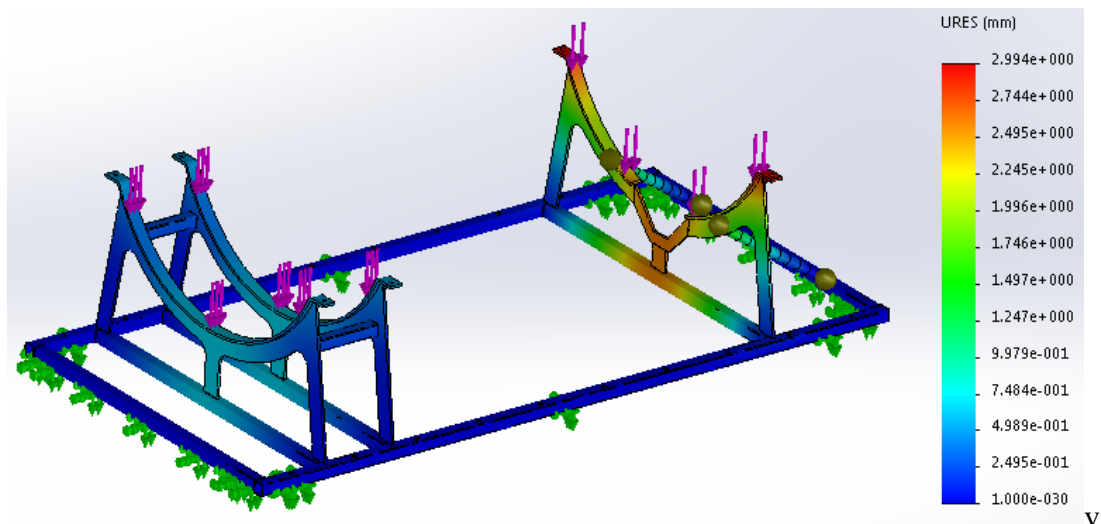
Atraminis rėmas apkraunamas 87 200 N jėga, kai krovinys – talpa, transportuojamas su pilnai surinktais mechanizmais, tai sumontuotas įsiurbimo mechanizmas ir specialus generatorius pritaikytas išsiplėtimo talpai:

Atlikus patikrinamuosius skaičiavimus, gauti maskimalūs įtempiai (3.18 pav.) yra 311,6 MPa, kurie neviršija takumo ribos 315 MPa.



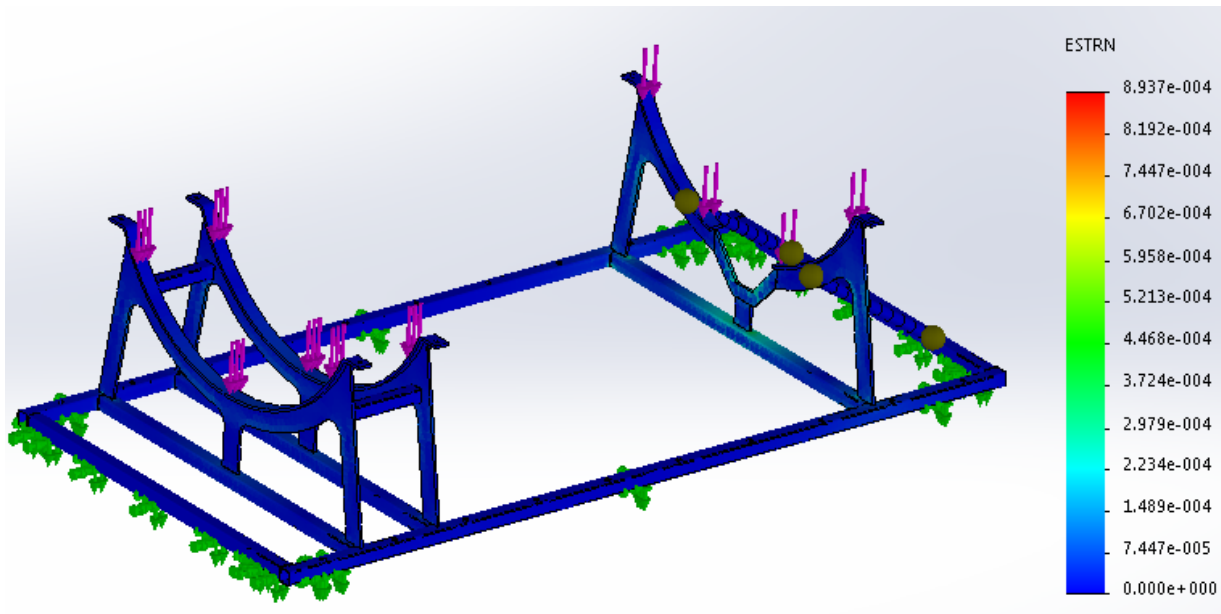
3.18 pav. Atraminio rėmo maksimalūs įtempiai, kai jo atraminės konstrukcijos apkraunamos 87 200 N

Maksimalūs poslinkiai (3.19 pav.) yra 2,9 mm. Poslinkiai šioje konstrukcijos dalyje neturės įtakos konstrukcijos tvirtumui.



3.19 pav. Maksimalių poslinkių diagrama

Atlikus stipruminius deformuojamų jėgų skaičiavimus (3.20 pav.), gauta reikšmė yra tenkinama ir rėmo konstrukcija nesideformuos, kai ji bus apkrauta 87 200 N.



3.20 pav. Deformacijų diagrama

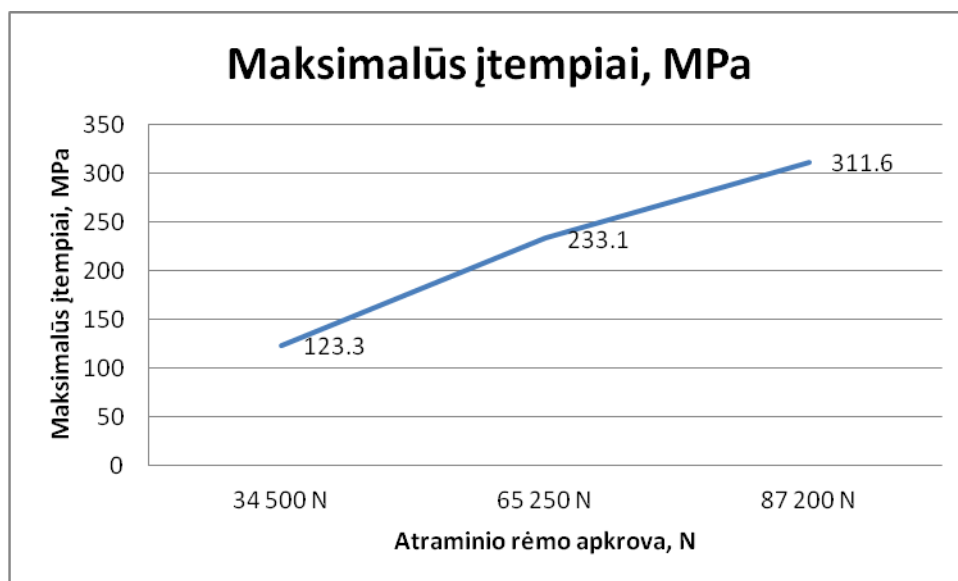
Gautas atsargos koeficientas 1,01 yra žemesnis nei 1,5 riba. Sulyginamos reikšmės gautos su programa ir suskaičiuotus analitiniu būdu.

Atsargos koeficientas apskaičiuojamas pagal 11 formulę:

$$n = \frac{y}{\sigma} = \frac{315}{311,6} = 1,01$$

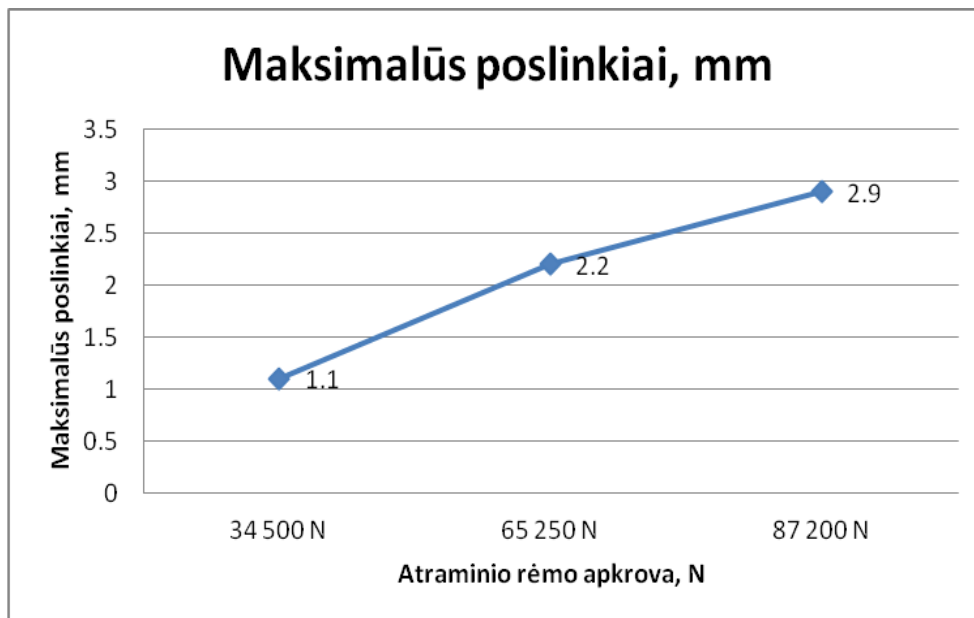
Gauta atsargos koeficiento reikšmė 1,01 yra nepakankama. Krovinį krauti yra pavojinga. Transportavimo metu krovinys gali būti pažeistas, atraminio rėmo konstrukcija tampa netvirta.

Iš gauto grafiko (3.21 pav.) matome tolygų įtempių didėjimą, kai krovinio apkrovos antrame svorio centre yra didinamos. Medžiagos takumo ribos maksimalieji įtempiai neviršija, didžiausi gauti prie 87 200 N apkrovos, tai gauti įtempiai 311,6 MPa.



3.21 pav. Krovinio atraminio rėmo maksimalūs įtempiai, kai svorio centras nesikeičia, o apkrova keičiasi

Maksimalūs poslinkiai (3.22 pav.) nėra pavojingai priartėję prie konstrukcijos deformacijos ribos. Pagal gautus rezultatus, matome tolygų poslinkių didėjimą, kai krovinio apkrovos didėja. Maksimalūs poslinkiai antrame krovinio centre gauti, kai apkrova 87 200 N ir maksimalūs poslinkiai siekia 2,9 mm.



3.22 pav. Krovinio atraminio rėmo maksimalūs poslinkiai, kai svorio centras nesikeičia, o apkrova keičiasi

Pagal pateiktus 2.6 lentelėje rezultatus, matome, kad programa gauti skaičiavimai ir atlikus patikrinamuosius skaičiavimus, reikšmės gautos vienodos. Atsargos koeficiento riba negali būti mažesnė už 1,5 reikšmę. Atsargos koeficientai gauti mažesni už leistina reikšmę, kai kroviniai apkraunami 65 250 N ir 87200 N jėgomis.

2.6 lentelė

Antrame krovinio svorio centre gauti atsargos koeficiento rezultatai

Atraminio rėmo apkrova N	34 500 N	65 250 N	87 200 N
Atsargos koeficientas (gautas programa)	2.56	1.35	1.01
Atsargos koeficientas (apskaičiuotas)	2.55	1.35	1.01

Iš gautų rezultatų (2.7 lentelė), galime teigti, kad gauti tinkamiausi stipruminių skaičiavimų rezultatai yra kai apkrova 34 500 N, nes apkrova mažiausiai veikia rėmo konstrukciją. Krovinį transportuoti, patogias būdas yra kai jis yra surinktas, bet be vidaus įsiurbimo mechanizmo ir specialaus generatoriaus.

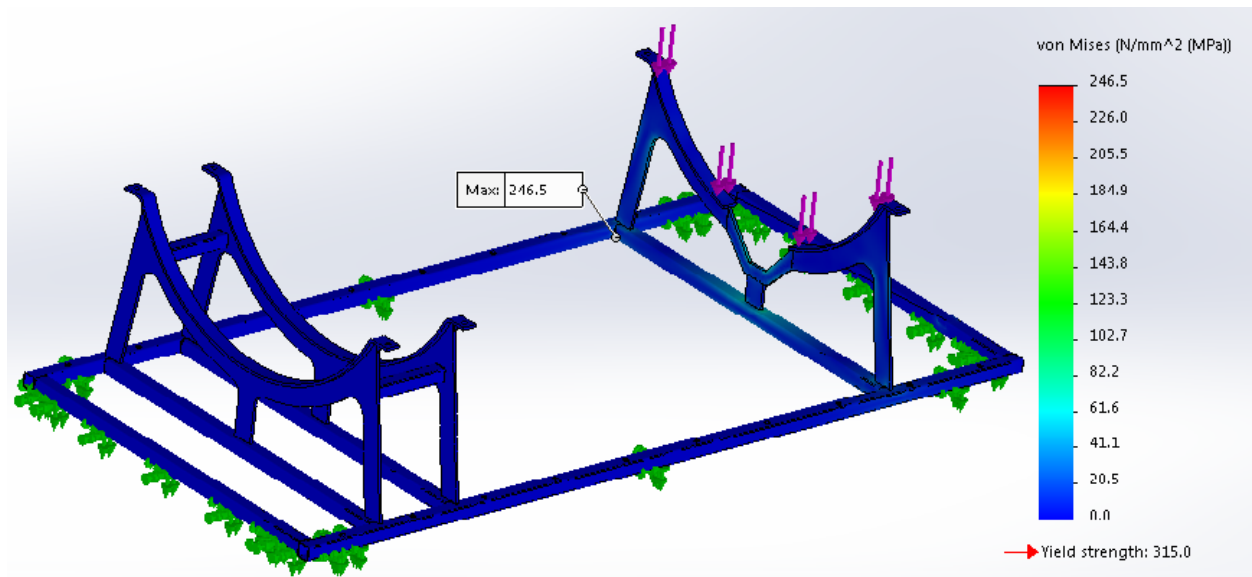
Bendrai gauti stipruminių skaičiavimų rezultatai, kai svorio centras antrame taške

Atraminio rėmo apkrova, N	34 500 N	65 250 N	87 200 N
Maksimalūs įtempiai, MPa	123.3	233.1	311.6
Maksimalūs poslinkiai, mm	1.1	2.2	2.9
Deformacijos	3.536-004	6.686-004	8.937-004
Atsargos koeficientas (gautas programa)	2.56	1.35	1.01
Atsargos koeficientas (apskaičiuotas)	2.55	1.35	1.01

2.7.3 Atraminio rėmo patikrinamieji skaičiavimai trečiame svorio centro taške

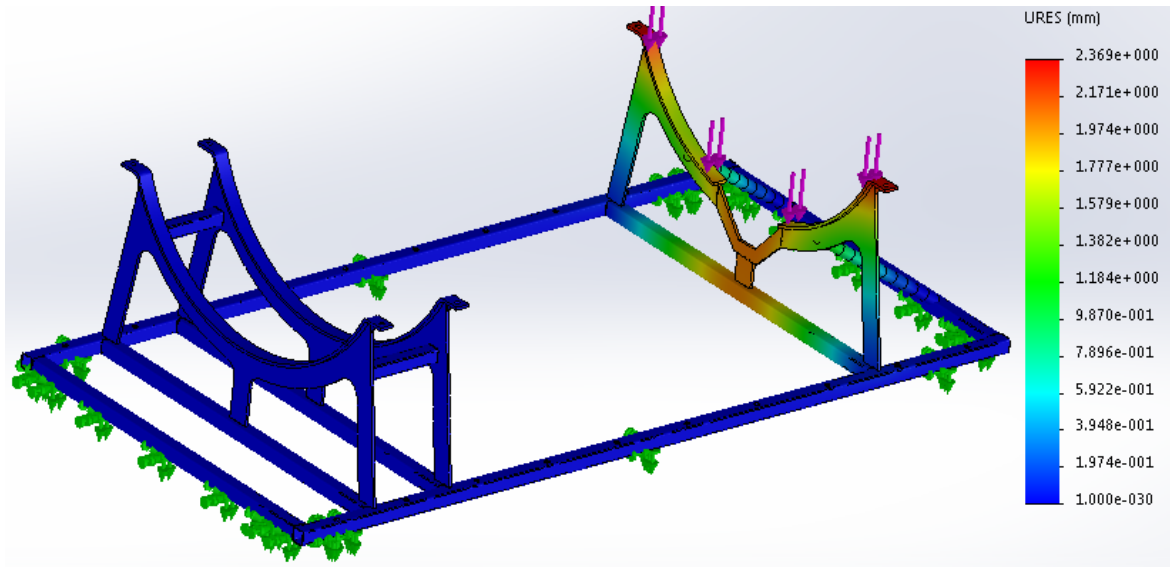
Atraminis rėmas apkraunamas 34 500 N jėga, kai krovinys – talpa, transportuojamas be atraminių kojų ir priekinės kūgio dalies su flanšu:

Gauti maksimalūs įtempiai (3.23 pav.) 246,5 MPa, kurie neviršija takumo ribos.



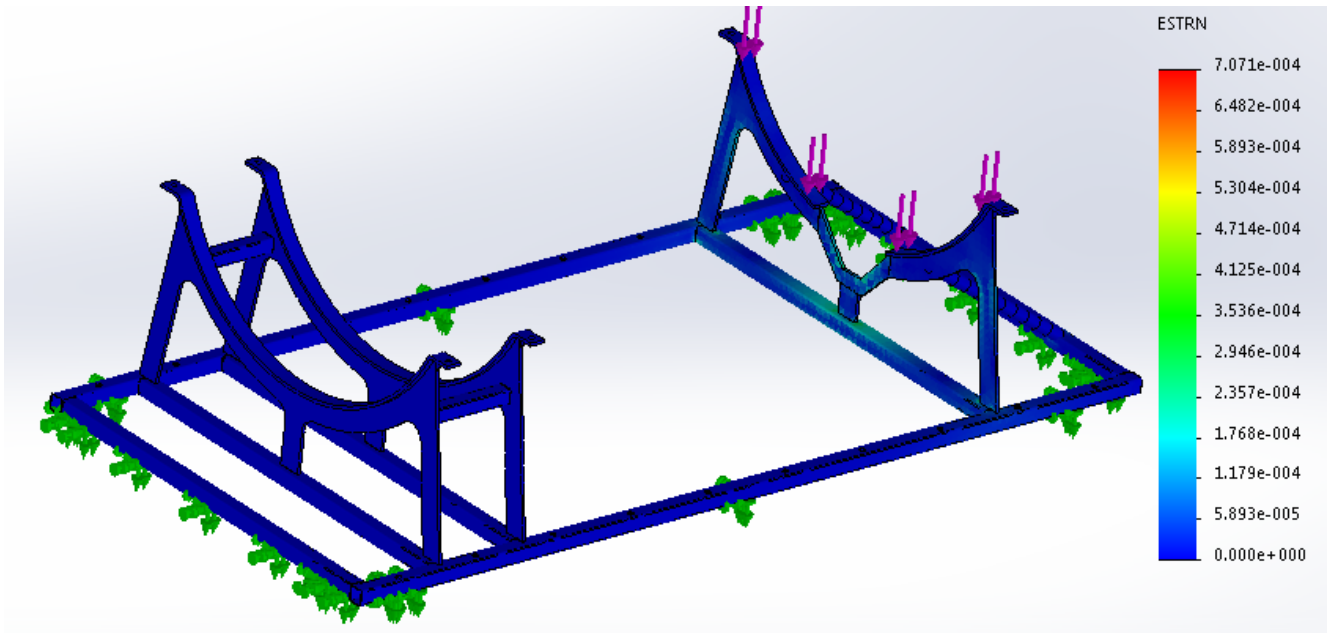
3.23 pav. Atraminio rėmo maksimalūs įtempiai, kai jo atraminės konstrukcijos apkraunamos 34 500 N

Gauti maksimalūs poslinkiai yra 2,3 mm (3.24 pav.). Poslinkiai yra nežymūs, konstrukcija nedeformuojama. Maksimalūs poslinkiai didžiausi tose konstrukcijos dalyse kur tvirtinami krovinio diržai prie atraminio rėmo.



3.24 pav. Krovinio laikančiųjų maksimalių poslinkių diagrama

Nustačius atramų deformacijas (3.25 pav.), matome nagrinėjamos atramos deformacijos yra gautos didesnės, bet krovinį apkrovus 34 500 N jėga jo atraminė konstrukcija išliks stabili.



3.25 pav. Atramų deformacijų diagrama

Krovinio laikančiąsias apkrovus 34 500 N, gautas atsargos koeficientas yra 1,28. Gauta reikšmė yra mažesnė už leistiną 1,5.

Atsargos koeficientas palyginamas su programos ir analitiniu būdu gauta reikšme, pagal 11 formulę:

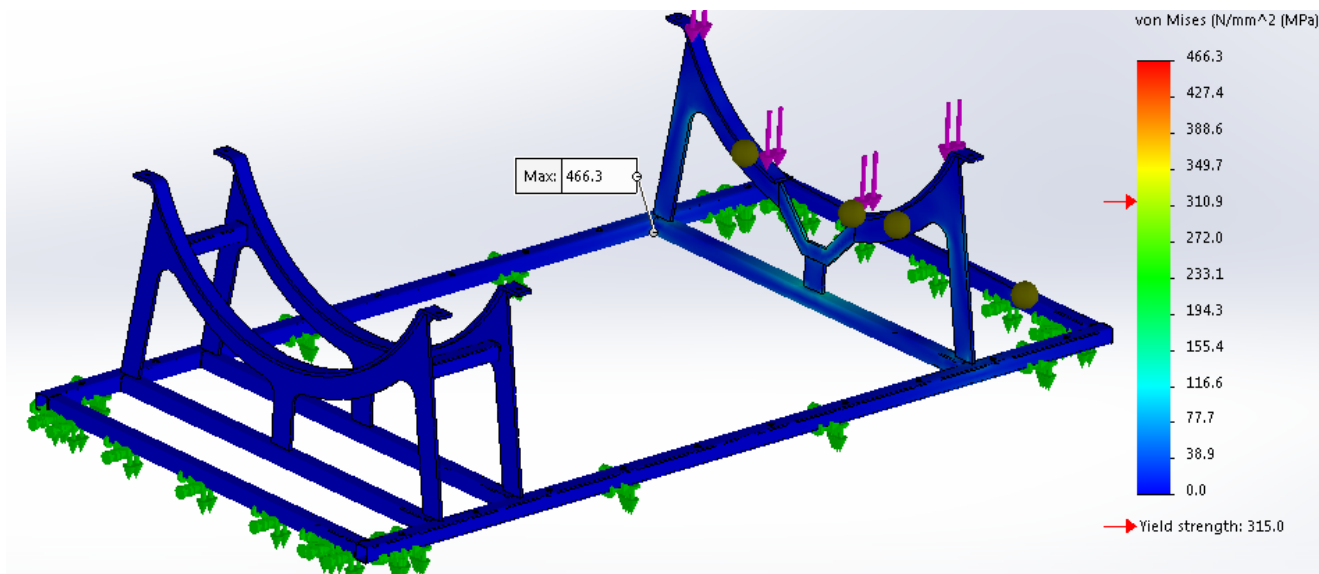
$$n = \frac{y}{\sigma} = \frac{315}{246,5} = 1,28$$

Atsargos koeficiento reikšmė gauta 1,28. Abu gauti rezultatai sutampa. Trečia krovinio atrama transportuojant gali judėti, todėl būtina naudoti ne kaip pateikta skaičiavimuose tik du tvirtinimo diržus, o keturis. Tris diržus tvirtinti per trečią krovinio svorio centrą.

Atraminis rėmas apkraunamas 65 250 N jėga, kai kroviny – talpa, transportuojamas be vidaus įsiurbimo mechanizmo ir specialaus generatoriaus:

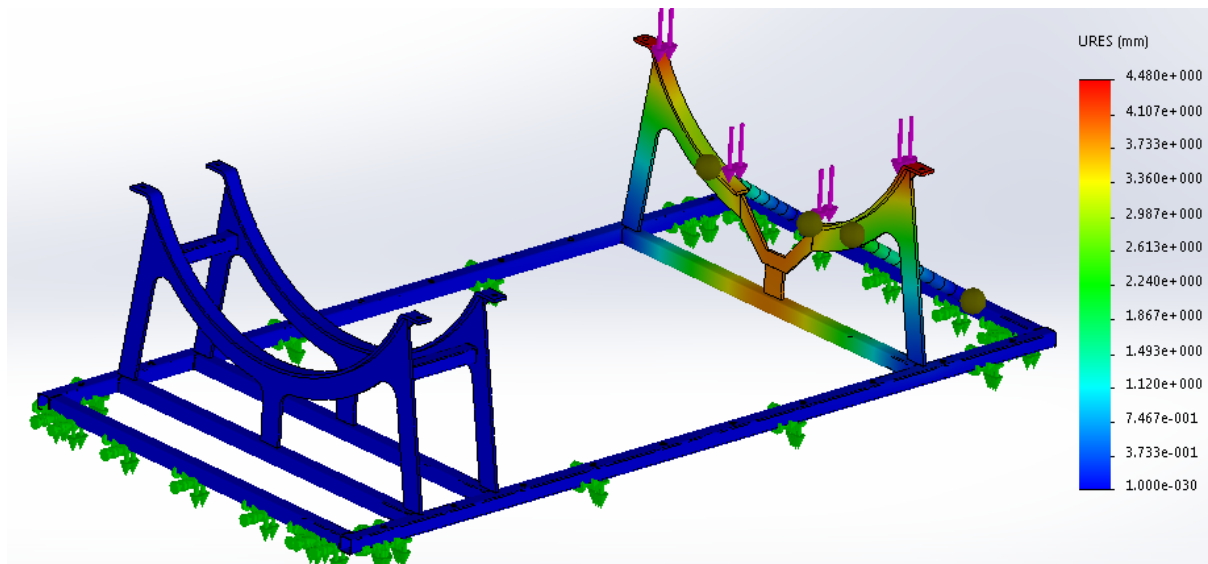
Krovinio svorio centras perkeliamas ant trečios atramos ir apkraunama tiek viena ir kita atramos puse išskirstyta krovinio apkrovos jėga, tai $65\ 250 : 2 = 32\ 625\ N$.

Atlikus patikrinamuosius skaičiavimus pastebėta, kad krovinio atraminio rėmo laikančiosios dalies įtempiai (3.26 pav.) gauti ženkliai didesni 466,3 MPa už takumo ribą 315 MPa. Konstrukcija netenkina leistynųjų įtempių sąlygos.



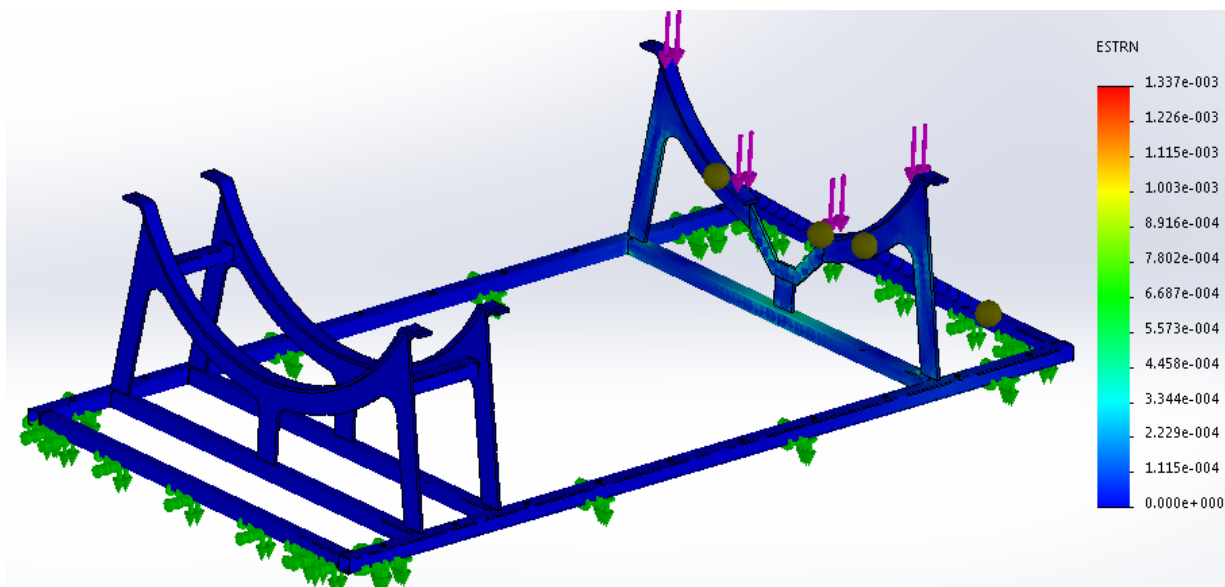
3.26 pav. Maksimalūs įtempiai, kai krovinio svorio centras 3 – amė taške

Maksimalūs poslinkiai (3.27 pav.) yra 4,4 mm. Poslinkiai yra žymūs. Gauta reikšmė neužtikrins krovinio stabilumo, transportavimo metu bus pažeidžiamas kroviny ir didelė tikimybė krovinio virtimui važiuojant kelio kreivėmis.



3.27 pav. Maksimalių poslinkių diagrama

Atlikus stipruminius deformuojamų jėgų skaičiavimus (3.28 pav.), gauta reikšmė yra netenkinama. Maksimalios konstrukcijos deformacijos nėra didelės, bet poslinkiai gali pažeisti rėmo suvirinimo siūles.



3.28 pav. Deformacijų diagrama

Gautas atsargos koeficientas yra 0,68 mm ir yra žemesnis už 1,5 riba. Konstrukcija nėra stabili. Krovinio svorio centras negali būti taikomas būtent ant šios rėmo atramos.

Atliekami atsargos koeficiento patikrinamieji skaičiavimai, gautą rezultatą su SolidWorks programa sulyginame su analitiniu metodu gauta reikšme.

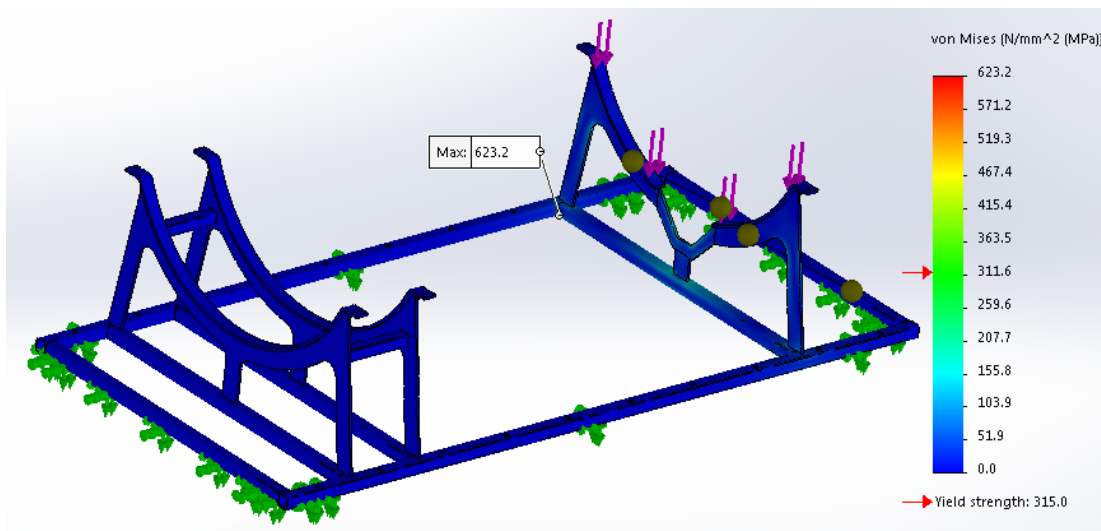
Atsargos koeficientas apskaičiuojamas pagal 11 formulę:

$$n = \frac{y}{\sigma} = \frac{315}{466,3} = 0,68$$

Gauti rezultatai sutampa. Galime daryti išvadą, kad krovinio trečias svorio centro taškas negali būti išdėstytas ant trečios rėmo laikančiosios dalies. Atsargos koeficientas yra žemesnis už minimalią leidžiamą reikšmę 1,5.

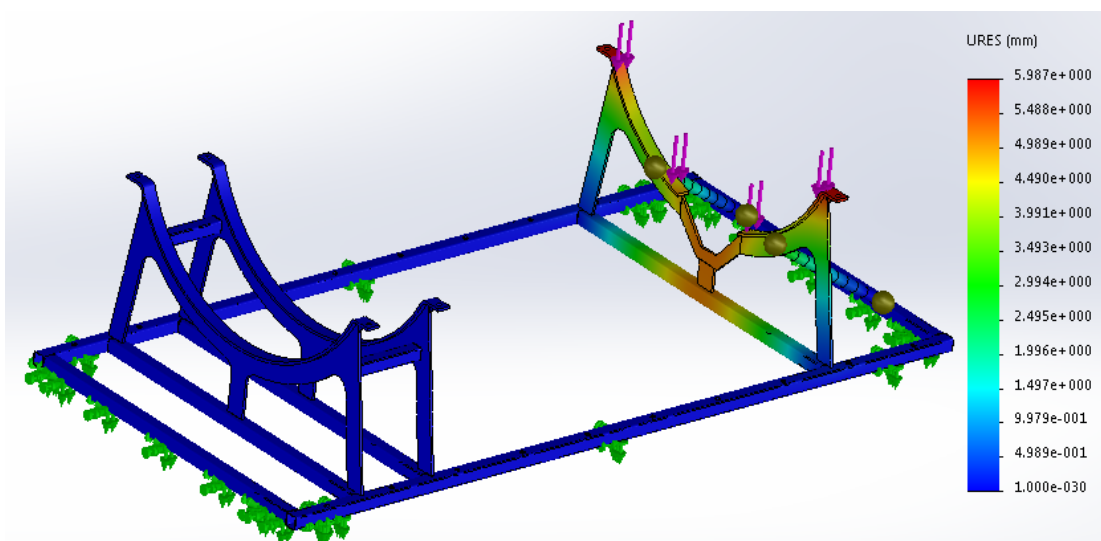
Atraminis rėmas apkraunamas 87 200 N jėga, kai krovinys – talpa, transportuojamas su pilnai surinktais mechanizmais, tai sumontuotas išsiurbimo mechanizmas ir specialus generatorius pritaikytas išsiplėtimo talpai:

Atlikus patikrinamuosius skaičiavimus, gauti maksimalūs įtempiai (3.29 pav.) yra 623,2 MPa, kurie viršija takumo ribą 315 MPa.



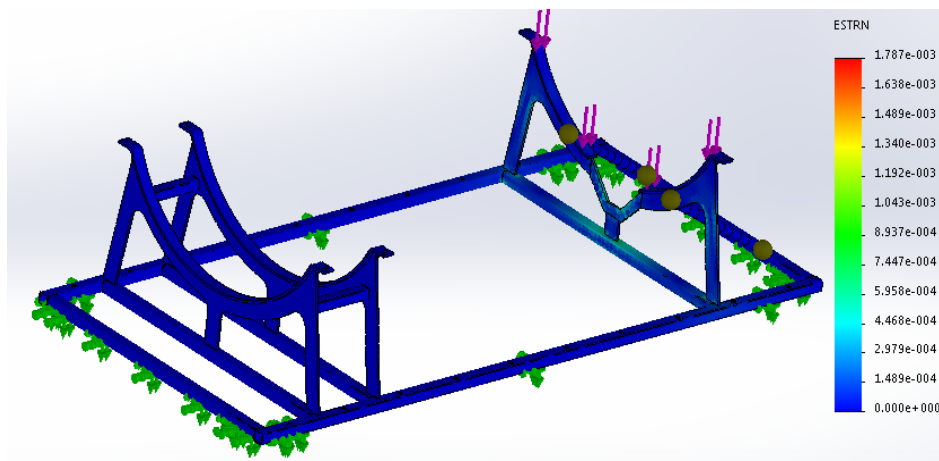
3.29 pav. Atraminio rėmo maksimalūs įtempiai, kai jo atraminė konstrukcija trečiame svorio centre apkraunama 87 200 N

Maksimalūs poslinkiai (3.30 pav.) yra 5,9 mm. Poslinkiai yra pernelyg dideli ir krovinį transportuoti, esant tokiai apkrovai yra neleistina. Atraminio rėmo konstrukcija neatlaikys krovinio, jei šio svorio centras bus ant rėmo trečios atramos, kaip pavaizduota 3.30 paveikslėlyje.



3.30 pav. Maksimalių poslinkių diagrama

Atlikus stipruminius deformuojamų jėgų skaičiavimus (3.31 pav.), gauta reikšmė yra tenkinama ir rėmo konstrukcija nesideformuos, kai ji bus apkrauta 87 200 N.



3.31 pav. Deformacijų diagrama

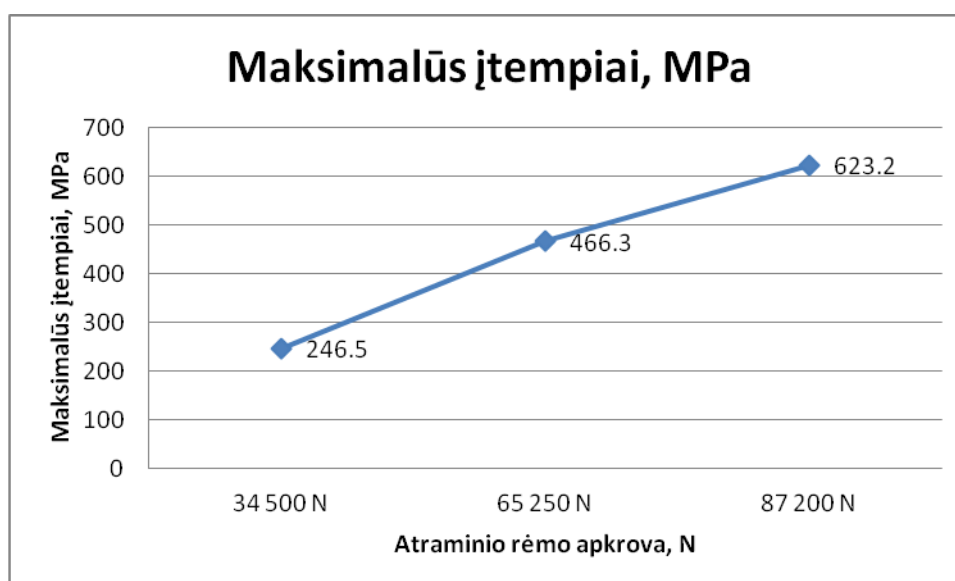
Gautas atsargos koeficientas 0,51 yra žemesnis nei 1,5 riba. Sulyginame reikšmes gautas su programa ir suskaičiuotas analitiniu būdu.

Atsargos koeficientas apskaičiuojamas pagal 11 formulę:

$$n = \frac{y}{\sigma} = \frac{315}{623,2} = 0,51$$

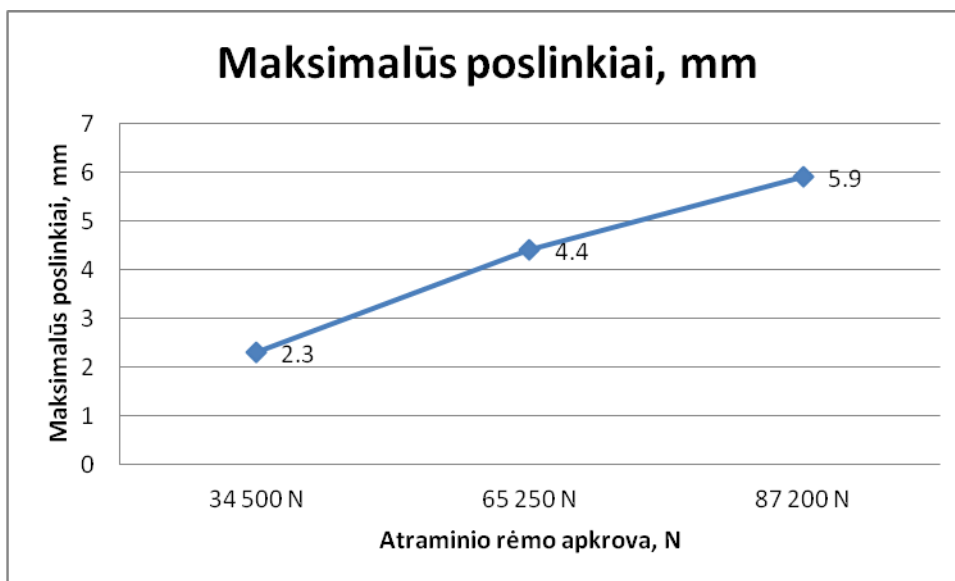
Gauta atsargos koeficiento reikšmė 0,51 yra nepakankama. Krovinį krauti yra pavojinga. Transportavimo metu krovinys gali būti pažeistas, atraminio rėmo konstrukcija tampa netvirta.

Iš gauto grafiko (3.32 pav.) matome tolygų įtempių didėjimą, kai krovinio apkrovos antrame svorio centre yra didinamos. Medžiagos takumo ribos maksimalieji įtempiai viršijami, kai apkrovos 65 250 N ir 87 200 N. Tai įtakoja netvirta konstrukcija, kai apkraunami pateikti svoriai. Galime daryti išvadą, kad trečiame svorio centre, krovinys su 2 ir 3 komplektacija, negali būti transportuojamas kai svorio centro taškas yra 3 pozicijoje.



3.32 pav. Krovinio atraminio rėmo maksimalūs įtempiai, kai svorio centras nesikeičia, o apkrova keičiasi

Gautos maksimalių poslinkių (3.33 pav.) reikšmės rodo, kad krovinys su 2 ir 3 komplektacijos svoriu negali būti transportuojamas kai svorio centras yra trečiame taške. Gauti atsargos koeficientai, kai apkrova 65 250 N, atsargos koeficientas 4,4, o kai apkrova 87 200 N, atsargos koeficientas 5,9 yra mažesni nei leidžia konstrukcijos atsargos koeficiento reikšmė 1,5.



3.33 pav. Krovinio atraminio rėmo maksimalūs poslinkiai, kai svorio centras nesikeičia, o apkrova keičiasi

Pagal pateiktus 2.8 lentelėje rezultatus, matome, kad programa gauti skaičiavimai ir atlikus patikrinamuosius skaičiavimus, reikšmės gautos vienodos. Atsargos koeficiento riba negali būti mažesnė už 1,5 reikšmę. Atsargos koeficientai gauti mažesni už leistiną reikšmę visuose trijose apkrovose, tai krovinio negalima transportuoti trijų skirtingų svorių.

2.8 lentelė

Trečiame krovinio svorio centre gauti atsargos koeficiento rezultatai

Atraminio rėmo apkrova, N	34 500 N	65 250 N	87 200 N
Atsargos koeficientas (gautas programa)	1.28	0.68	0.51
Atsargos koeficientas (apskaičiuotas)	1.28	0.68	0.51

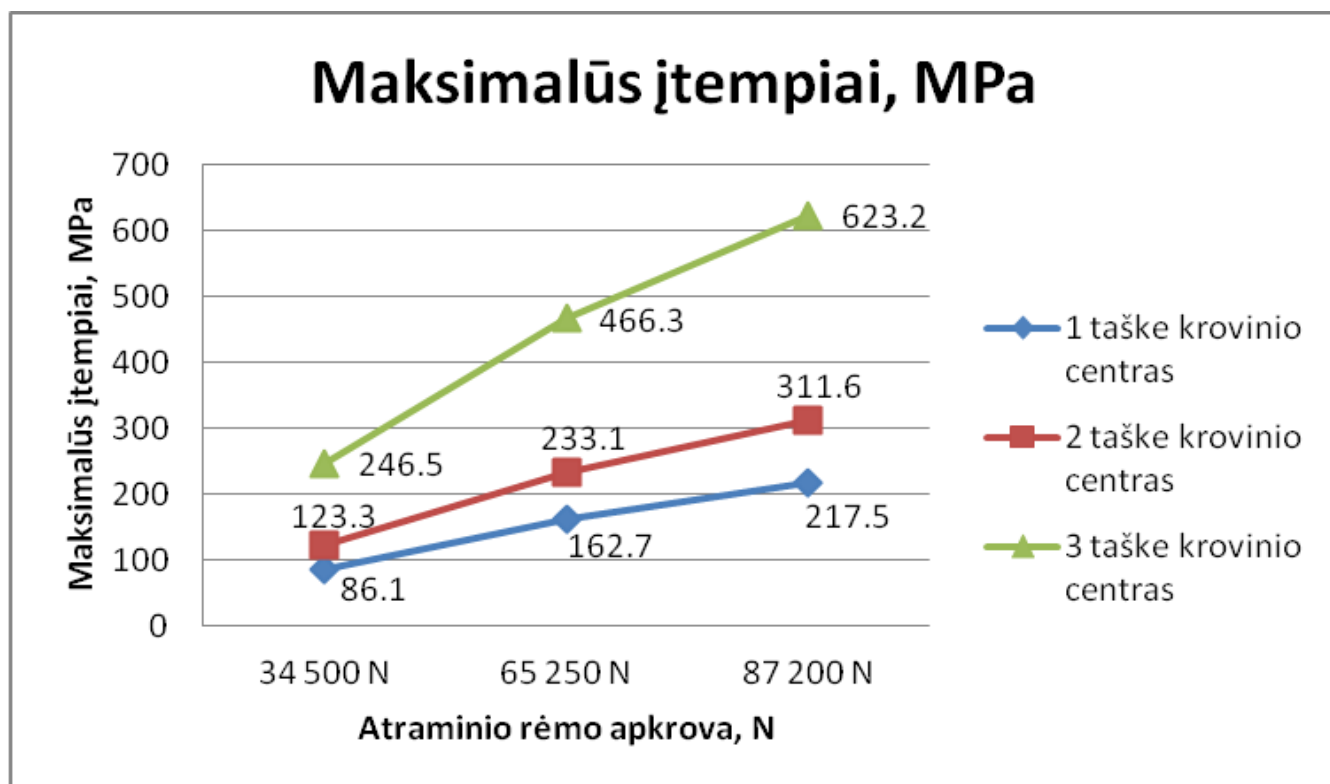
Iš gautų rezultatų (2.9 lentelė), matome, kad krovinį transportuoti esant jo svorio centrui trečiame taške, negalime. Konstrukcijos gauti stipruminiai rezultatai trimis skirtingomis apkrovomis yra nepakankami, rėmas gali būti pažeistas ir sulūžti. Trečiame krovinio svorio centre visos trys krovinio komplektacijos negali būti transportuojamos.

Bendrai gauti stipruminių skaičiavimų rezultatai, kai svorio centras pirmame taške

Atraminio rėmo apkrova, N	34 500 N	65 250 N	87 200 N
Maksimalūs įtempiai, MPa	246.5	466.3	623.2
Maksimalūs poslinkiai, mm	2.3	4.4	5.9
Deformacijos	7.071-004	1.337-003	1.787-003
Atsargos koeficientas (gautas programa)	1.28	0.68	0.51
Atsargos koeficientas (apskaičiuotas)	1.28	0.68	0.51

2.7.4 Stipruminių skaičiavimų palyginimas, kai svorio centras ir krovinio masė keičiama trimis variantais

Apibendrinant gautus skaičiavimus, pateikiami (3.34 pav.) bendri rezultatai.



3.34 pav. Maksimalūs įtempiai kai skirtingas krovinio svoris ir svorio centrai

Iš rezultatų matome (3 lentelė), maksimalūs įtempiai viršija takumo ribą 315 MPa, kai rėmas apkraunamas 65 250 N ir 87 200 N jėgomis, kai krovinio svorio centras yra trečiame taške. Galime daryti išvadą, kad krovinio transportuoti trečiame svorio centro taške negalima, kai krovinys

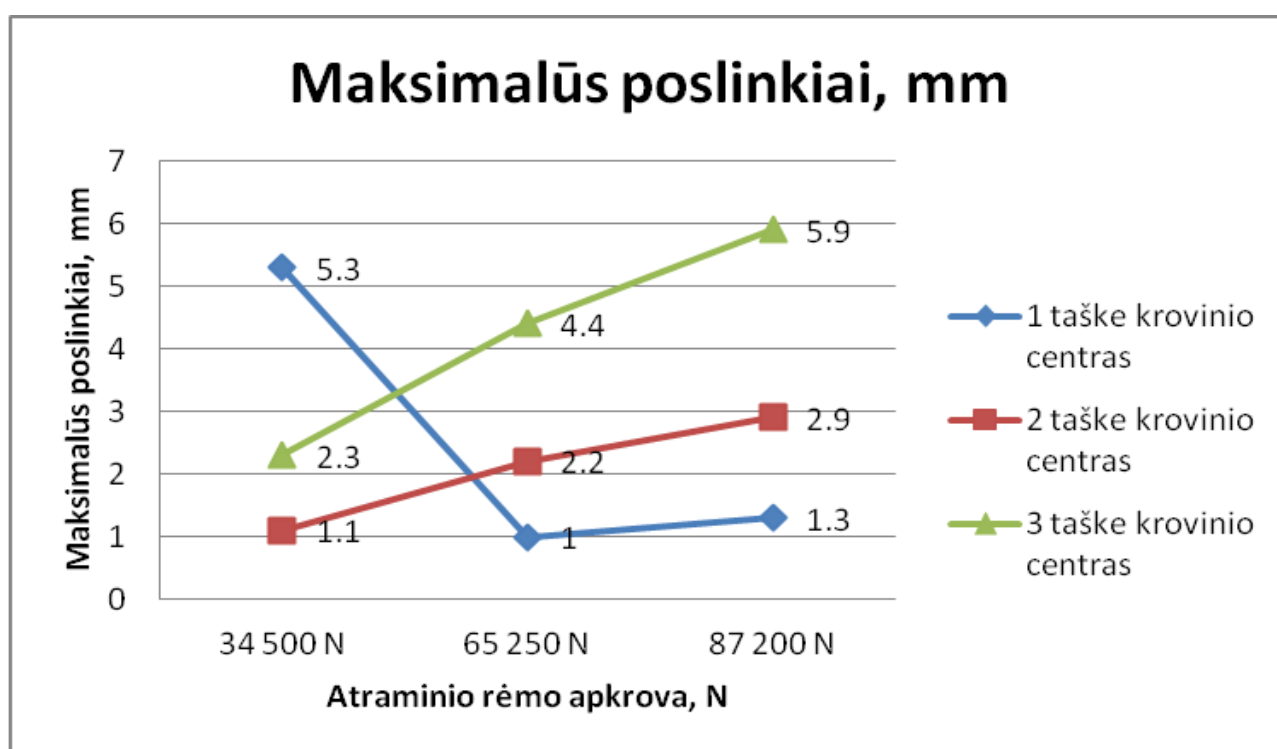
sukomplektuotas pagal antrą ir trečią punktus. Esant pirmam ir antram krovinio centrui, krovinys gali būti transportuotas su pirmą ir antrą komplektaciją, kai apkrovos komplektuotųjų siekia 34 500 N ir 65 250 N.

3 lentelė

Maksimalūs įtempiai, Mpa

Atraminio rėmo apkrova, N	34 500 N	65 250 N	87 200 N
1 taške krovinio centras	86.1	162.7	217.5
2 taške krovinio centras	123.3	233.1	311.6
3 taške krovinio centras	246.5	466.3	623.2

Maksimalūs poslinkiai (3.35 pav.) gauti pavojingi, kai krovinio svorio centras pirmame taške apkrautas 34 500 N jėga ir trečiame taške, kai apkrovos 65 250 N ir 87 200 N.



3.35 pav. Maksimalūs poslinkiai kai skirtingas krovinio svoris ir svorio centrai

Visų trijų krovinio komplektacijų svorių, gauti maksimalūs poslinkiai pateikti 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė

Maksimalūs poslinkiai, mm

Atraminio rėmo apkrova, N	34 500 N	65 250 N	87 200 N
1 taške krovinio centras	5.3	1	1.3
2 taške krovinio centras	1.1	2.2	2.9
3 taške krovinio centras	2.3	4.4	5.9

Palyginus programa gautus ir apskaičiuotus atsargos koeficientus (3.2 lentelė), galime daryti išvadas, kad krovinio transportavimui bus parinktas antras krovinio svorio centras antra komplektuotė, kurios apkrova atraminiam rėmui 65 250 N.

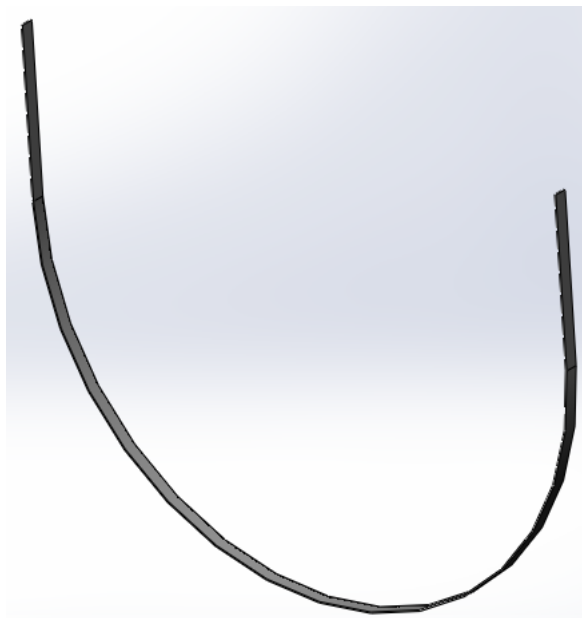
3.2 lentelė

Atsargos koeficientai			
Atraminio rėmo apkrova, N	34 500 N	65 250 N	87 200 N
1 taške krovinio centras			
Atsargos koeficientas (gautas programa)	3	3	1.45
Atsargos koeficientas (apskaičiuotas)	3.65	1.93	1.44
2 taške krovinio centras			
Atsargos koeficientas (gautas programa)	2.56	1.35	1.01
Atsargos koeficientas (apskaičiuotas)	2.55	1.35	1.01
3 taške krovinio centras			
Atsargos koeficientas (gautas programa)	1.28	0.68	0.51
Atsargos koeficientas (apskaičiuotas)	1.28	0.68	0.51

Antrame krovinio svorio centre atsargos koeficientas yra 1,35 mažesnis už 1,5 leidžiama ribą. Sprendžiant rėmo stabilumo problemą, po krovinio bus pakišami medžio profiliai 100x100x2500, kurie yra standartizuoti Lietuvos krovinų vežimo ir tvirtinimo taisyklėse. Vietoj parinktų dviejų tvirtinimo diržų bus naudojami keturi. Būtent su išoriškai surinktu, bet nesumontuotu įsiurbimo mechanizmu ir specialiu generatoriumi, kuris skirtas išsiplėtimo talpai. Kliento užsakymo pateikimu ir sąlygomis, krovinys bus transportuojamas.

2.8 Krovinio tvirtinimo juostų patikrinamieji stipruminiai skaičiavimai

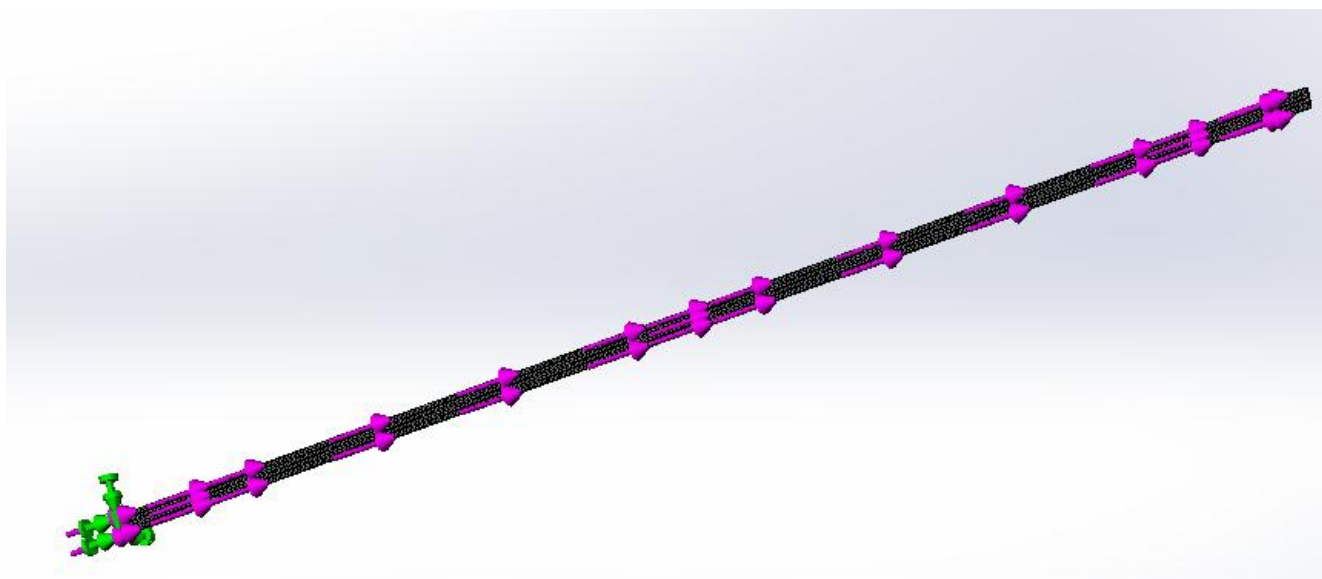
Analitiniais skaičiavimais gautos tvirtinimo juostų (2.4 pav.) pozicijos – 5, 6 jėgos. Atliekant patikrinamuosius stipruminius skaičiavimus (3.36 pav.), sumodeliuojama kroviniai skirta tvirtinimo juosta, kuri pagaminta iš Plieno S355J2G3. Medžiagos cheminė sudėtis ir mechaninės savybės pateiktos 2.5 lentelėje.



3.36 pav. Plieninė krovinio tvirtinimo juosta

Krovinio tvirtinimui prie platformos parenkama $8 \times 75 \text{ mm}$ juosta, kai storis 8 mm , o plotis 75 mm . Ilgis 5600 mm .

Baigtinių elementų metodu išdėstomas tinkliukas (3.37 pav.):



3.37 pav. Baigtinių elementų modelis

Suformavus baigtinių elementų tinkliuko modelį, 3.3 lentelėje pateikiama tinkliuko charakteristika.

Juostos tinkliuko charakteristikos

Tinkliuko struktūra:	Kietas kūnas
Naudotas tinkliukas:	Standartinis
Elemento dydis:	22 mm
Tolerancija tarp elementų:	1,12 mm
Kokybė:	Aukščiausia
Elementų skaičius:	6254
Mazgų skaičius:	14497

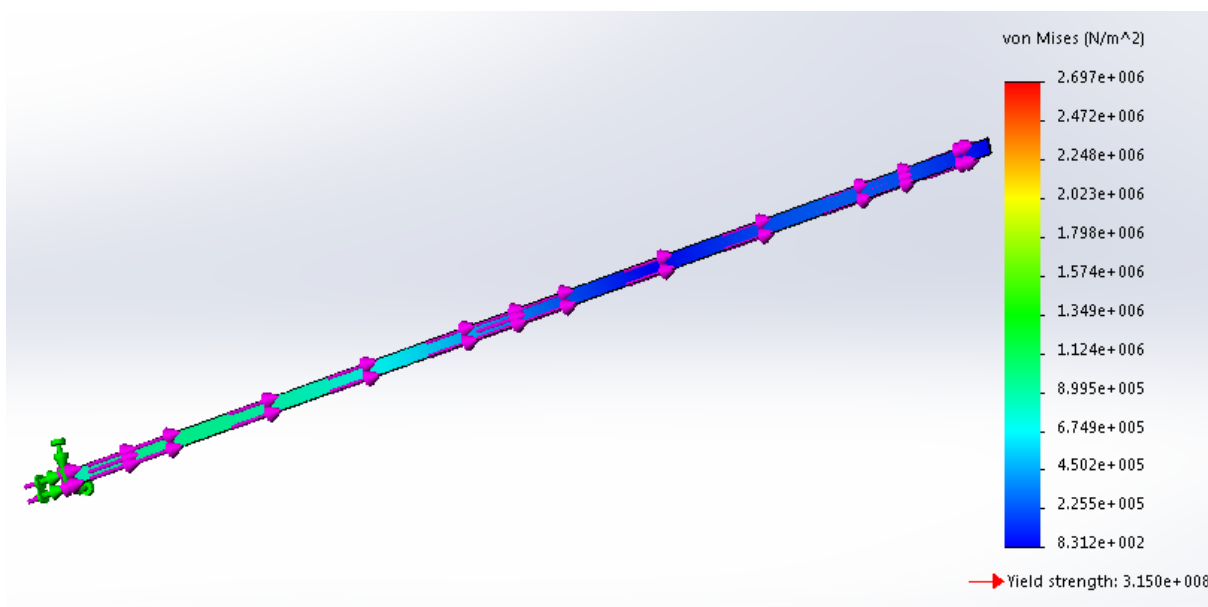
Apskaičiavus analitiniu būdu juostos įtempius išilgine kryptimi, gauta – 3260 N.

Atliekant stipruminius juostos skaičiavimus išilgai krypties, ji ištiesinama, kad būtų matomos juostą veikiančios jėgos.

Atliekant juostos patikrinamuosius skaičiavimus, ji apkraunama išilgine kryptimi.

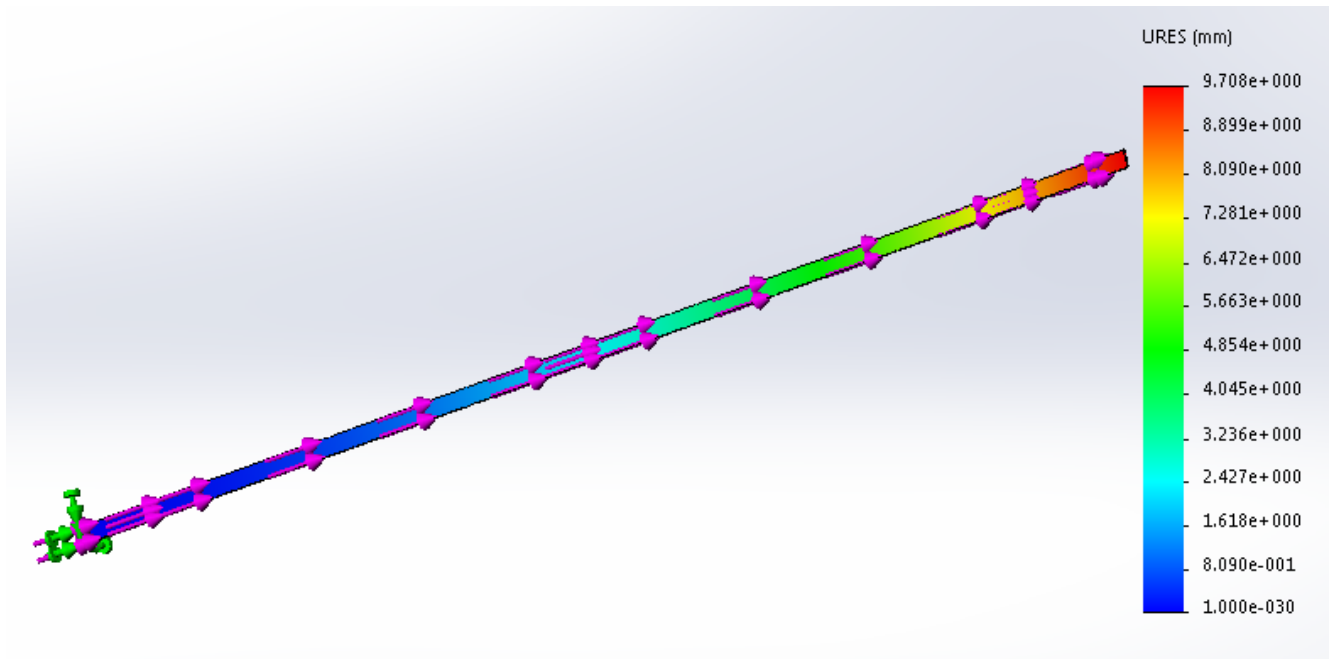
Juostos apkrova išilgine kryptimi, kai jėga 3260 N:

Nustatomi maksimalūs įtempiai (3.38 pav.). Gautas rezultatas – 269,7 MPa.



3.38 pav. Juostos maksimalūs įtempiai

Maksimalus juostos pailgėjimas (3.39 pav.), kai ją veikia 3260 N išilginė jėga. Juostos ilgis 5600 mm.



3.39 pav. Maksimalus juostos poslinkis

Pagal gautus rezultatus juosta pailgėja 9,7 mm. Juostos pailgėjimas gautas nemažas, tai įtakojo juostos įtvirtinimas viename gale, kai juosta tempiama vienos pusės įtempimo mechanizmu.

2.3 lentelė

Krovinio tvirtinimo juostos patikrinamieji skaičiavimai

Jėgos veikimo kryptis	Jėga, N	Maksimalūs įtempiai, MPa	Maksimalus pailgėjimas, mm
Išilgine kryptimi	3260	269,7	9,7

Pagal pateiktus 3.4 lentelėje stipruminius patikrinamuosius skaičiavimus juostai, suskaičiuotos jėgos analitiniu būdu yra tikslios. Atlikus apskaičiuotų jėgų patikrinamuosius skaičiavimus SolidWorks programa, jos neviršija konstrukcijos takumo ribos 315 MPa. Maksimalūs pailgėjimai išilgine ir skersine kryptimi nėra pernelyg dideli. Atsižvelgiant į tai, kad apkrovus juosta skersines jėgas dydžiu, gautas pailgėjimas yra 8 mm, tai įtakojo juostos ilgis, kuris yra 5600 mm. Kuo ilgesnė juosta, tuo jos pailgėjimas skersine kryptimi yra didesnis.

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Apibendrinant gautus rezultatus ir išanalizavus sunkiasvorių ir stambiagabaryčių krovinių transportavimo galimybes, darome išvadas:

1. Darbe išanalizuota galimybė transportuoti sunkiuosius ir sunkiasvorius krovinius, kokia derinimo eiga. Nustatyta, kad krovinio negabaritiškumo laipsnis N2320;
2. Kroviniui atremti platformoje, suprojektuotas atraminis rėmas, kuriam atliekami tiriamieji stipruminiai skaičiavimai, kai svorio centras skirtinguose taškuose, atsižvelgiama į tai, kad krovinio svoris parenkamas iš tryjų krovinio komplektacijų: 1.Krovinį transportuojant be atraminių kojų ir priekinės kūgio dalies su flanšu, masė – 3 450 kg; 2.Krovinys transportuojamas be vidaus įsiurbimo mechanizmo ir specialaus generatoriaus, masė – 6 525 kg; 3.Krovinys transportuojamas su pilnai surinktais mechanizmais, tai sumontuotas įsiurbimo mechanizmas ir specialus generatorius pritaikytas išsiplėtimo talpai, masė – 8 720 kg. Kiekviename krovinio svorio centre, rėmo patikrinamieji skaičiavimai atliekami trimis skirtingomis krovinio apkrovomis.. Rėmo masė yra 1 100 kg;
6. Nustatyta, kad silpniausia atraminio rėmo dalis yra galinė rėmo atrama. Maksimalūs įtempiai viršija takumo ribą 315 MPa, kai krovinys apkraunamas 65 250 N ir 87 200 N jėgomis, kai krovinio svorio centras yra trečiame taške. Tokiu atveju krovinio transportuoti trečiame svorio centro taške negalima, kai krovinys sukomplektuotas pagal antrą ir trečią punktus. Esant pirmam ir antram krovinio centrams, krovinys gali būti transportuotas su pirma ir antra komplektacija, kai apkrovos komplektuočių siekia 34 500 N ir 65 250 N;
8. Antrame krovinio svorio centre asargos koeficientas yra 1,35 mažesnis už 1,5 leidžiama ribą. Sprendžiant rėmo stabilumo problemą, po kroviniu bus pakišami medžio profiliai 100x100x2500. Vietoj parinktų dviejų tvirtinimo diržų bus naudojami keturi. Būtent su išoriškai surinktu, bet nesumontuotu įsiurbimo mechanizmu ir specialiu generatoriumi, kuris skirtas išsiplėtimo talpai. Kliento užsakymo pateikimu ir sąlygomis krovinys bus transportuojamas;
9. Atlikus stipruminius skaičiavimus atraminiui rėmui, nustatyta, kad krovinio masė bus 6 525 kg, svorio centras bus antrame taške. Krovinį tvirtinant parinkti ir apskaičiuoti tvirtinimo mechanizmai, bei atlikti stipruminiai skaičiavimai krovinio plieninei tvirtinimo juostai.

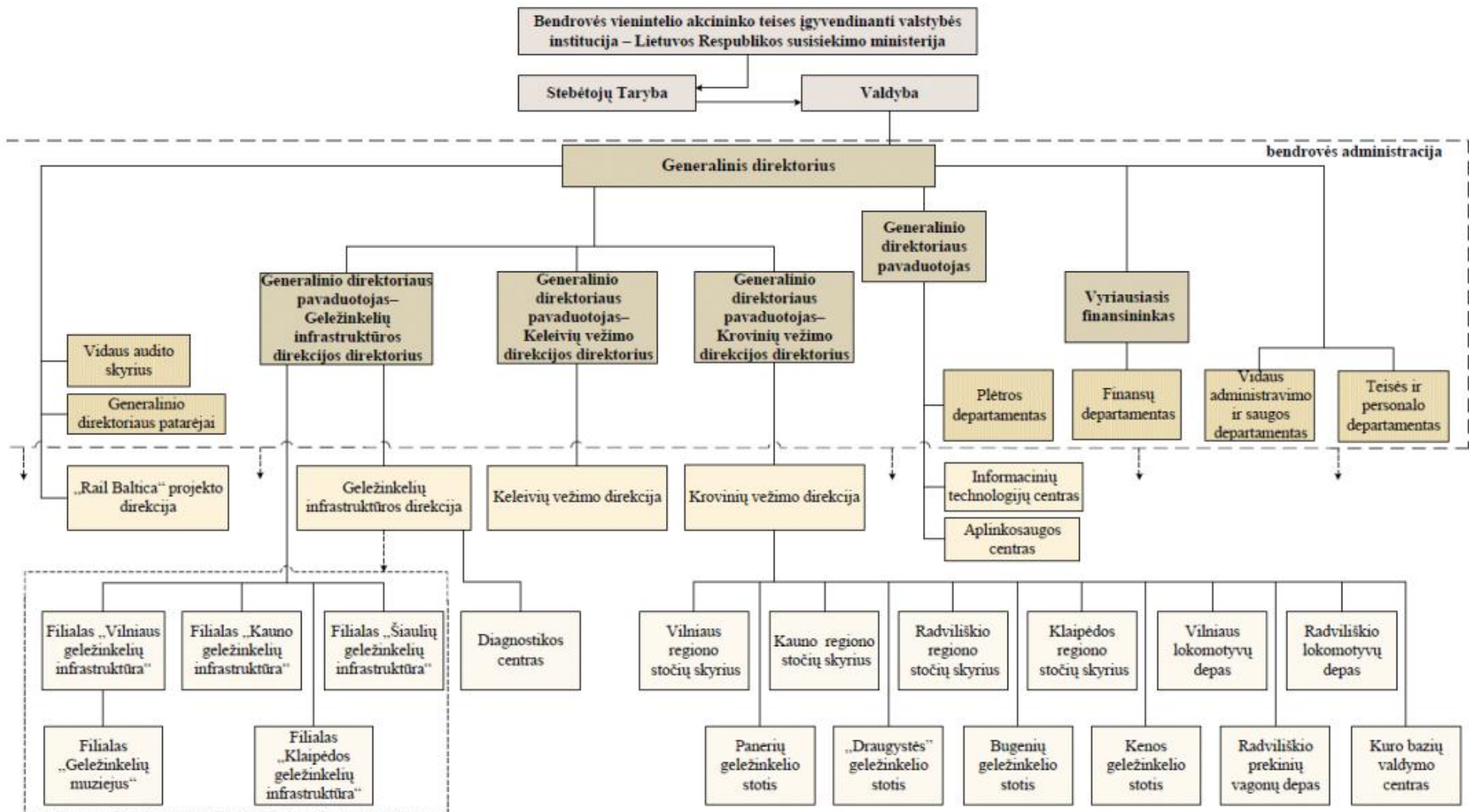
LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Jurkauskas A. Transporto raida. Kaunas: Technologija, 2002, 355psl.
2. Lingaitis L. P. Geležinkeliai. Bendrasis kursas. Vilnius: Technika, 2009, 278psl.
3. Baublys A. Krovinių vežimai. Vilnius: Technika, 1998, 357psl.
4. Minalga R. Krovinių transporto sistema. Mokomoji knyga. Kaunas: Kauno kolegijos leidybos centras, 2008, 213psl.
5. Vaičiūnas G. Lokomotyvai ir vagonai – 2. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2012, 87psl.
6. Žiliukas A. Medžiagų mechanika. Kaunas: Technologija, 2004, 595psl.
7. Sakalauskas K. Krovinių krovimo ir tvirtinimo taisyklės ADV/7. LIETUVOS RESPUBLIKOS SUSIEKIMO MINISTERIJA. Vilnius: Technika, 2004, 612psl.
8. Правила размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах. Приложение 14 к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении. 2012, 111psl.
9. ИНСТРУКЦИЯ по перевозке негабаритных и тяжеловесных грузов на железных дорогах государств-участников СНГ, латвийской республики, литовской республики, эстонской республики. Москва: Транспорт, 2007, 310 с.
10. Sunkiasvorio krovinių techninis brėžinys. Kaunas 2011, 1psl.
11. Lietuvos Respublikos geležinkelio transporto kodeksas. Vilnius: 2004, 24psl.
12. AB “LIETUVOS GELEŽINKELIAI”. Internetinis puslapis. [žiūrėta 2016 03 16]. Prieiga per internetą: <http://www.litrail.lt>
13. 3D modeliai. Internetinis puslapis. [žiūrėta 2016 03 16]. Prieiga per internetą: <http://www.grabcad.com>
14. Krovinių ir keleivių vežimo technologinio proceso organizavimo technologinių kompetencijų tobulinimo programos mokymo medžiaga. Internetinis puslapis. [žiūrėta 2016 04 21]. Prieiga per internetą: <http://www.pmdtkt.upc.smm.lt/dokumentai/Medziaga/transportas/mm5/transportas-5medziaga.pdf>
15. Geležinkelių linijų projektavimo normų raidos įtaka traukinių važiavimo greičiams. Internetinis puslapis. [žiūrėta 2016 04 21]. Prieiga per internetą: <http://elibrary.lt/resursai/Mokslai/VGTU/Transport/2001/5/5.pdf>
16. Europos Sąjungos įsakymai ir publikacijos. Internetinis puslapis [žiūrėta 2016 04 21]. Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/ALL/?uri=uriserv%3AOJ.L.2014.356.01.0001.01.LIT>
17. Varžtų užveržimo jėgų informacinis žinynas. Internetinis puslapis [žiūrėta 2016 05 10]. Prieiga per internetą: <http://www.de2.lt/naudinga-informacija/lentelės/1831-varžtų-užveržimo-jėga,-kn-ir-nm>

18. Tvirtinimo diržai kroviniams. AJ produktai. Elektroninė parduotuvė. Internetinis puslapis [žiūrėta 2016 05 10]. Prieiga per internetą:
<http://www.ajproduktai.lt/pervezimui-paklimui/tvirtinimo-dirzai/tvirtinimo-dirzai-kroviniams/4349036-3587830.wf>
19. Plieno mechaninės charakteristikos: [žiūrėta 2016 05 26]. Prieiga per internetą:
<http://www.metalurgija.lt/s355j2-plieno-marke-mechanines-charakteristikos-chemine-sudetis>

PRIEDAI

P – 1. AB „LIETUVOS GELEŽINKELIAI“ įmonės valdymo struktūra [12]



P – 3. Platforminiame vagone [13] vizualiai išdėstytas krovinys

