



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

Vaidas Stankevičius

**SUSKYSTINTOMS DUJOMS TRANSPORTUOTI SKIRTOS
AUTOCISTERNOS PAŽAIDŲ TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Prof. Artūras Keršys

KAUNAS, 2016

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

**SUSKYSTINTOMS DUJOMS TRANSPORTUOTI SKIRTOS
AUTOCISTERNOS PAŽAIDŲ TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Vadovas

Prof. Artūras Keršys

Recenzentas

Doc. dr. Kęstutis Pilkauskas

Projektą atliko

Vaidas Stankevičius

KAUNAS, 2016

Stankevičius, Vaidas. Suskystintoms Dujoms Transportuoti Skirtų Autocisternų Pažaidų tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas Prof. Artūras Keršys; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: *Autocisternos, judėjimas, bangolaužis, stabdymas.*

Kaunas, 2016. 81 p.

SANTRAUKA

Baigiamasis magistro darbas atliktas pagal pateiktą darbo užduotį. Darbe analizuojamos autocisternos, skirtos vežti suskystintoms dujoms, aprašomi cisternų tipai, jų savybės, pateikiamos cisternų nuotraukos ir konstrukcinės schemas.

Darbe nagrinėtas autocisternos judėjimas posūkyje ir stabdant, atlikti tokio judėjimo analitiniai skaičiavimai.

Ekonominėje dalyje atliktas dviejų tipų bangolaužių palyginimas. Pagal gautus rezultatus ir atsižvelgiant į konstrukcijos darbo sąlygas priimtas ekonomiškėnis konstrukcijos variantas.

Pagal pateiktą darbo užduotį atliktas skaitinis pažaidų tyrimas sudarant autocisternos geometrinį modelį ir nustatant bangolaužį veikiančias jėgas.

Stankevičius, Vaidas. Damage Research of Lorries for LNG Transportation: *Master's thesis* / supervisor prof. Artūras Keršys. The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

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

Key words: *Lorries, movement, baffles, braking.*

Kaunas, 2016. 81p.

SUMMARY

The master thesis was done according to the work task. The analysis of tankers meant for transporting liquefied gases was carried out, describing tanker types, their properties. Analysis also contains photos of tankers and their construction schemes.

The paper analyzed the braking and cornering dynamics of tanker trucks. Analytical calculations were performed to theoretically measure these dynamic movements.

The comparison of two main types of baffles was done. According to the results and also taking into account the designated working conditions, the more cost effective design option was chosen.

A study of tanker damages was carried out. In this study, a geometric model of a tanker was created and forces, affecting the baffles, were determined.



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Vaidas Stankevičius

(Studento vardas, pavardė)

Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Baigiamojo projekto pavadinimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 ____ . _____ .
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Vaido Stankevičiaus**, baigiamasis projektas tema „SUSKYSTINTOMS DUJOMS TRANSPORTUOTI SKIRTŲ AUTOCISTERNŲ PAŽAIDŲ 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)

TURINYS

Įvadas.....	8
1.Literatūros apžvalga	9
1.1 Skystų krovinių gabenimas	11
1.1.1 Maistiniai kroviniai	12
1.1.2 Naftos produktų kroviniai.....	13
1.1.3 Cheminiai kroviniai ir ADR kroviniai	15
1.2.1 Suskystintos dujos (LPG).....	17
1.2.2 CO2 - Anglies dioksidas.....	18
1.2 Birių krovinių gabenimas	19
1.3.1 Birių krovinių transportavimas geležinkeliu	21
1.3 KAS YRA ADR.....	22
1.3.1 Krovinių žymėjimas.....	23
3.2 Priešgaisrinės priemonės ir kita svarbi įranga	28
3.3 Specifinės klasių nuostatos.....	29
3.3.1 1 klasė -sprogstamosios medžiagos ir gaminiai.....	29
3.3.2 2 klasė -dujos	30
3.3.3 3 klasė-liepsnieji skysčiai	31
3.3.4 4.1 klasė- degios kietos medžiagos, autoreaktingos medžiagos ir kietos desensibilizuotos sprogstamosios medžiagos.....	32
3.3.5 4.2 klasė -savime užsidegančios medžiagos	34
3.3.6 4.3 klasė - medžiagos, liesdamosi su vandeniu išskiriančios liepsniasias dujas	34
3.3.7 5.1 klasės - oksiduojančios medžiagos	35
3.3.8 5.2 klasė - organiniai peroksidai	35
3.3.9 6.1 klasė- toksiškos medžiagos	35
3.3.10 6.2 klasė- infekcinės medžiagos.....	36
3.3.11 7 klasė- radioaktyvios medžiagos	36
3.3.12 8 klasė- ėdžios medžiagos.....	36
3.3.13 9 klasė- įvairios pavojingos medžiagos ir gaminiai	37
2. CISTERNŲ MEDŽIAGOS IR JŲ GAMYBA BEI KOMPLEKTAVIMAS.....	37
2.1 Plienas AISI 321.....	40
2.2 Plienas AISI 316 Ti.....	40
2.3 Aliuminis Xtral 728 arba 5754 lydinys	41
2.4 Plienas S480 arba AISI 304.....	42
3. AUTOCISTERNŲ KONSTRUKCIJOS IR JŲ PATIKIMUMAS	43
3.1 Konstrukcijų savybės (cisternų plovimas ir jų įtaka).....	43

Suskystintų dujų savybės.....	43
3.1.1 Tvarkymas ir sandėliavimas.....	44
3.1.2 Fizikinės ir cheminės savybės	45
3.2 Metalų parinkimo ir ilgaamžiškumo įtaka	46
3.2 Ekonominiai palyginimai ir skaičiavimai	47
4. ANALITINIS AUTOCISTERNOS JUDĖJIMO PARAMETRŲ TYRIMAS.....	51
4.1 Hidrauliniai bandymai ir patikros	51
4.1.1 Hidraulinio bandymo skaičiavimai.....	53
Autocisternos hidraulinio bandymo apkrovų skaičiavimas	53
4.2 Teoriniai judėjimo skaičiavimai	55
4.2.1 Masės centro radimas trim skirtingais atvejais	55
4.3 Vilkiko su puspriekabe judėjimas posūkyje ir stabdymas.....	61
4.3.1 Teorinis stabdymas.....	67
Solidworks modelis ir skaičiavimai	69
Darbo apibendrinimas	77
Išvados ir pasiūlymai.....	78
Literatūra ir šaltiniai	79
PRIEDAI	Error! Bookmark not defined.

Įvadas

Kelių transportas yra sudėtinė Lietuvos Respublikos ūkio ir socialinės infrastruktūros dalis, susijusi su keleivių ir krovinių vežimu keliais, todėl mūsų šalis yra viena didžiausių krovinių tranzito šalių. Mūsų keliais rieda ne tik paprasti kroviniai, tačiau vis dažniau pastebimi ir skystieji kroviniai. Skystų krovinių gabenimas- gana sudėtingas procesas, reikalaujantis gerų įgūdžių ir praktikos. Vežant skystus krovinius galima susidurti su daug įdomių inžinerinių klausimų. Vienas jų, kaip elgtis skystas krovinyse autocisternoje pervežimo metu judant posūkyje ar staigiai stabdant. Todėl šio darbo tikslas yra išnagrinėti literatūroje pateikiamą teoriją apie skystų krovinių pervežimus, jų vystymąsi ir formavimąsi; ADR subtilybes, taisykles bei techninę priežiūrą; Mechanines skysčio judėjimo savybes.

Atliekant darbą, buvo remtasi moksliniais straipsniais, jų nagrinėta medžiaga. Darbe buvo sumodeliuotas realus skysčio judėjimo modelis ir aprašyta teorinė judėjimo lygtis. Buvo apibendrinami teoriniai ir praktiniai rezultatai. [11]

DARBO TIKSLAS:

- Apžvelgti skystų, burių krovinių gabenimo cisternomis specifiką ir galimybes.
- ADR (*Europos šalių sutartis dėl Tarptautinio pavojingųjų krovinių vežimo kelių transportu*) specifiką, reikalavimai ir techninė specifiką.
- Apžvelgti skysčio judėjimą transportavimo metu, kai vežamas pilnas ir dalinis krovinyse.
- Panagrinėti kokias pajaudas ir jėgas gali sukelti cisternos konstrukcijoje judantis skystis esant daliniam kroviniui.
- Programa *Solidworks flow simulation* sumodeliuoti bandymų modelį, kuris imituotų skysčio judėjimą stabdant.

1.Literatūros apžvalga

Europoje ir visame pasaulyje gabenami įvairūs kroviniai. Įvairiems kroviniams reikalingos ir įvairiarūšės platformos. Kroviniai gali būti trijų pagrindinių agregatinių būsenų: dujos, skystis arba kieta medžiaga. Kaip pervežami įvairūs gabaritiniai ir negabaritiniai kietos būsenos kroviniai galima matyti kasdien. Tokiems kroviniams dažniausiai naudojamos tentinės, kietašonės, izoterminės puspriekabės¹ ir priekabos² ar įvairios platformos negabaritiniams kroviniams. Tačiau kietos agregatinės būsenos kroviniams, kurie turi itin smulkią frakciją (~0,2mm) ir vežami nesupakuoti reikalingos sandarios talpyklos. Tokio tipo kroviniams priskiriamos plastiko (PVC, LDPE,PPE, polietileno) granulės, grūdai, salyklos, soda, krakmolas, trąšos, kombinuoti pašarai, cukrus ir t.t. Todėl tokiems kroviniams reikalingos specialios paskirties cisternos bei iškrovimo sistema.

Kroviniai, kurių agregatinė būsena dujinė, turi sudėtingesnę pervežimo ir talpinimo procesą. Tokie kroviniai, dažniausiai gamtinės dujos (CH₄), gabenami specialiose talpyklose laikantis itin griežtų pervežimo reikalavimų.

Skystų krovinių gabenimas apima gana plačią informaciją, kuri bus perteikiama šiame darbe. Skystiems kroviniams pervežti naudojamos puspriekabinės cisternos³ arba vilkikai su cisterniniais anstatais ir priekabomis. Priklausomai nuo to kokios rūšies skystas krovinytis vežamas yra naudojamos ir tam tikros konstrukcijos ar išpildymo puspriekabės, kurios gali būti pagamintos vežti tik tam tikriems kroviniams. Pagrindiniai kroviniai Lietuvoje- degalai, maisto pramonės gamybai skirta žaliava ir cheminės medžiagos.

Lietuvoje skystų, dujinių ir birių krovinių gabenimu verčiasi nedidelė dalis firmų, kadangi tokių krovinių populiarumas Lietuvoje yra gana mažas, o Europos rinkoje tokių vežėjų yra gana daug. Tačiau Lietuvos įmonės sparčiai plečiasi skystų krovinių pervežimuose, cisternų remonte, įvairių agregatų (kompresorių, orapūčių), susijusių su cisternų pakrovimu ar iškrovimu, montavimu, priežiūra ir remontu.

Viena iš tokių Lietuvoje esančių ir sparčiai augančių firmų yra UAB „Autopaslauga“. Įmonė turi daugiau kaip 20 MAN markės vilkikų,



1.1 pav. Vilkikas su puspriekabine cisterna

kurių didesnė dalis atitinka *EURO 5* arba *EURO 6* taršos standartus, bei daugiau kaip 20 įvairių gamintojų (*LAG, EUROTANK FELDBINDER, MAGYAR*) puspriekabinių cisternų. Ši firma

specializuojasi skystų cheminių ir naftos produktų gabenime. UAB „Autopaslauga“ vilkikų ir autocisternų, skirtų naftos ir cheminių medžiagų pervežimui, transporto parkas yra didžiausias Lietuvoje, o tarp nacionalinio kapitalo įmonių – ir Pabaltijo šalyse. Ši firma nuo 2004m gauna teisę vertinti transporto priemones, pritaikytas Europos sutarties dėl pavojingų krovinių tarptautinio vežimo keliais (ADR) 9 dalies reikalavimams.

Taip pat, Lietuvoje yra ir daugiau firmų, kurios užsiima skystų krovinių gabenimu ne tik Lietuvoje, bet ir Europoje: UAB „Hefas“; UAB „Transkela“; UAB „Autex“; UAB „Orangetrans“; UAB „Gaisrė“; UAB „Margūnas“.

1.1 Skystų krovinių gabenimas

Skystų krovinių gabenimas apima labai plačią sąvoką. Šią sritį galima išskaidyti į kelis punktus:

- Skysti maistiniai kroviniai:
 - rapsų, saulėgrąžų, sojų, kokoso, palmių, linų sėmenų, kukurūzų, alyvuogių aliejus;
 - cukraus, gliukozės, fruktozės sirupas;
 - obuolių, vynuogių ir įvairių vaisių sultys;
 - pienas.
- Skysti nemaistiniai kroviniai:
 - įvairių rūšių nerafinuotas augalinis aliejus (techninis aliejus);
 - techniniai gyvulinės kilmės taukai;
 - biodyzelinas;
 - glicerinas;
 - melasa.
- Skysti cheminiai kroviniai:
 - parafinas;
 - vandenilio peroksidas;
 - alyva;
 - karbamido tirpalas (Adblue);
 - skystos trąšos.
- Maistiniai pavojingi ADR kroviniai:
 - įvairios koncentracijos etilo alkoholis (spiritas ir alkoholiniai gėrimai);
 - actas (acto rūgštis).
- ADR skysti nemaistiniai kroviniai:
 - naftos produktai (benzinas, dyzelinas, aviacinis kuras (JET));
 - acetonas;
 - langų plovikliai;
 - įvairūs tirpikliai;
 - bitumas;
 - rūgštys: (sieros, druskos);
 - dažai;
 - klėjai;
 - pesticidai;
 - įvairūs nuodingi cheminiai priedai.

1.1.1 Maistiniai kroviniai

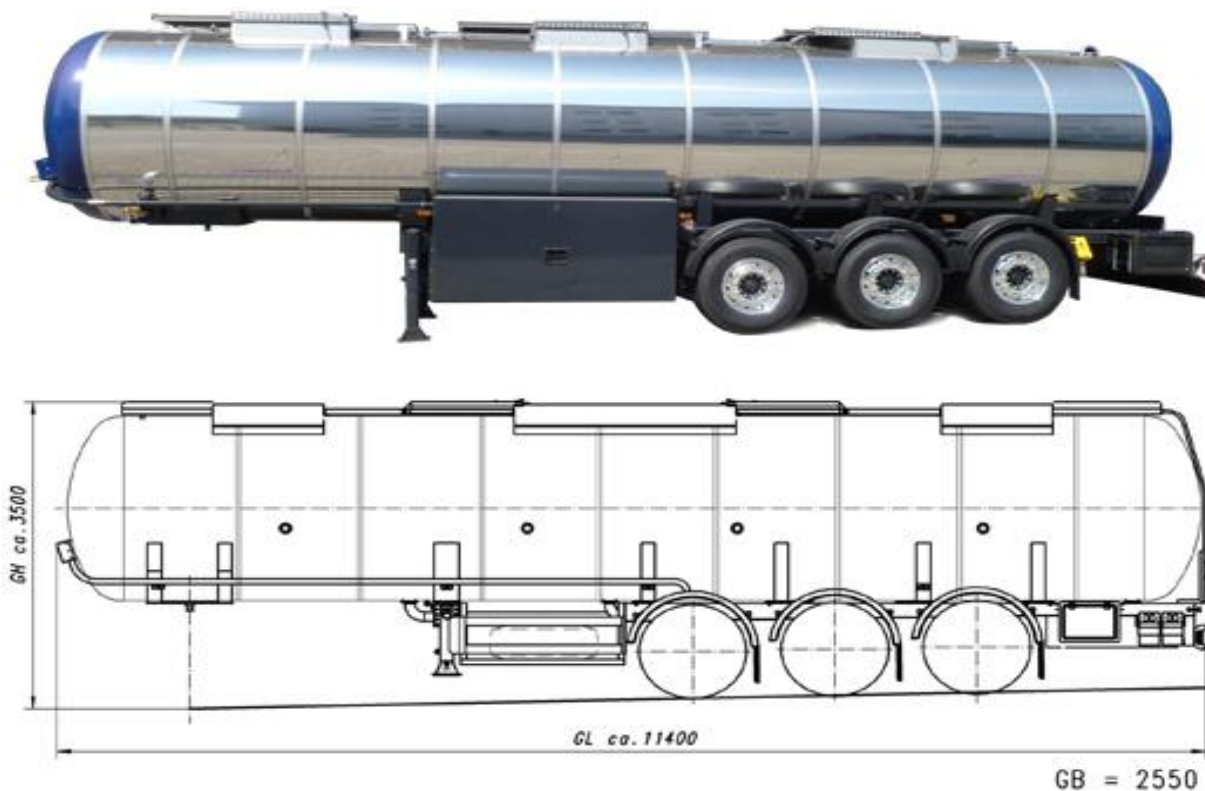
Skystų maisto produktų transportavimas yra krovinių gabenimo sritis, reikalaujanti ne tik specialaus transporto, bet ir specialaus pasiruošimo. Tai sritis, susijusi su vartotojų sveikata, todėl atitinkamai reglamentuojama ne tik vežėjams taikomų bendrų teisės aktų, bet ir higienos normų, papildomų nacionalinių bei tarptautinių dokumentų. Vienas svarbiausių yra 1971 m. Ženevoje pasirašytas Susitarimas dėl greitai gendančių maisto produktų tarptautinio gabenimo ir tokiam gabenimui naudojamų specialių transporto priemonių (ATP).

Skysti maisto produktai – žaliavinis pienas, aliejus, mineralinis vanduo ir kt. – transportuojami nerūdijančio plieno cisternomis. Sovietmečiu naudotos aliuminio lydinio cisternos neatitinka higienos reikalavimų: dėl sąlyčio su šiuo metalo lydiniu maisto produktai oksiduojasi. Šio trūkumo neturi nerūdijančio plieno talpyklos. Cisternos, kuriomis transportuojami maisto produktai, negali būti naudojamos kitokiems kroviniams. Jos privalo atitikti tam tikrus reikalavimus, todėl yra sertifikuojamos, atitinkamai ženklinamos lipdukais „Tik maisto produktams“. Prieš kiekvieną pakrovimą cisternos plaunamos bei dezinfekuojamos paisant griežtų reikalavimų. Specialių žinių reikia ir vairuotojams[13].



1.2 pav. Maistinė autocisterna pienui

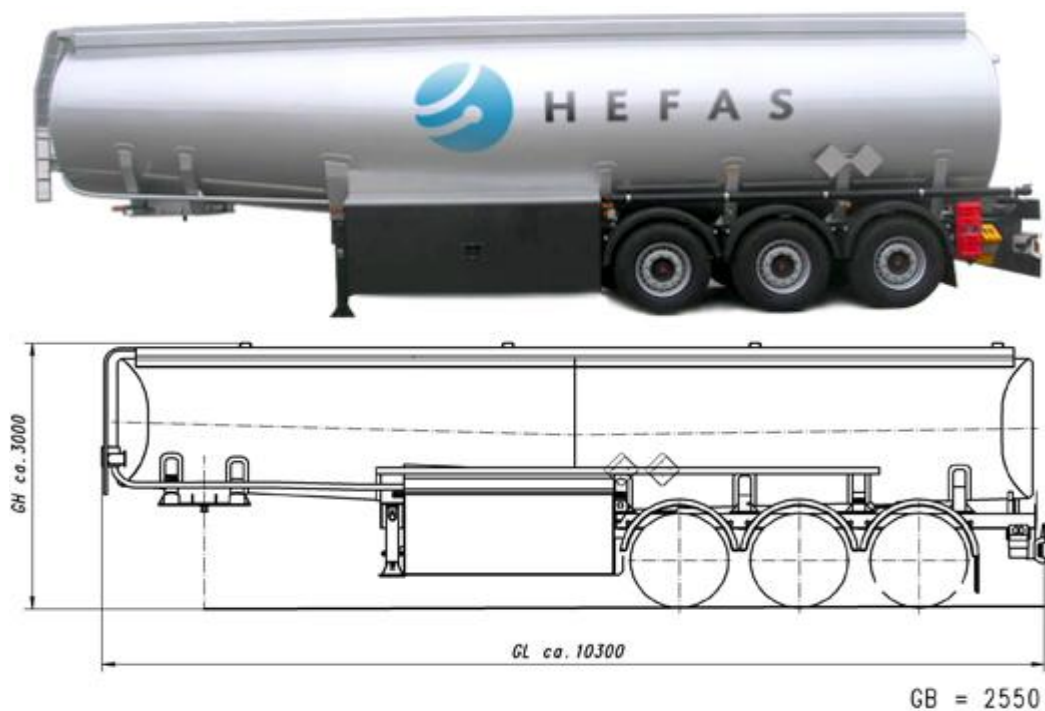
Skystų maisto produktų transportavimo kategorijoje neabejotinas lyderis yra žaliavinis pienas. Būtent jam pervežti gaminamos autocisternos – pienevežiai; jie sėkmingai pritaikomi ir kitiems skystiems maisto produktams transportuoti. Šiuolaikiniai pienevežiai taip termoizoliuoti, kad net 35 laipsnių karštyje atvėsintas pienas saugiai gali būti gabenamas dešimt valandų, išlieka nepakitusios kokybės. Lietuvos pieno perdirbimo įmonių pienevežiai pasiekia ne tik iš tolimiausius šalies kampelius, bet ir Latviją, Estiją. Pienevežis su priekaba gali pervežti 23 t. Siekiant išvengti teliūskavimo, kuris kenkia produkto kokybei ir kelia grėsmę transportavimo saugumui, cisternos yra padalytos sekcijomis. Pradžioje užpildoma viena sekcija, paskui kita, o galiausiai – trečioji. Šiuolaikinės cisternos užtikrina visais atžvilgiais saugų skystų maisto produktų transportavimą[13].



1.3 pav. Maistinė cisterna

1.1.2 Naftos produktų kroviniai

Rinkoje nuolatos didėja poreikis gabenti skystus krovinius autocisternomis. Auga paklausa chemijos ir naftos produktų pervežimui. Lietuvos įmonės orientuojasi į skystų krovinių, tokių kaip dyzelio ar benzino gabenimą į Lenkijos, Čekijos ar Vokietijos rinkas. Pastaruosius 7 metus Lenkijos rinka kiekvienais metais importuojasi apie 3 mln. tonų dyzelio. Lenkijos naftos pramonė nuolat modernizuoja savo įrengimus ir perdirbimo gamyklų pajėgumai didėja, tačiau didėja ir vartojimas. Ta pati tendencija išlikusi jau eilę metų. Taigi galima teigti, kad Lenkija yra dyzelio ir benzino importuotoja. Analogiška situacija yra ir su kitomis rinkomis, tokiomis kaip Čekija ar Vokietija. Pagrindiniai importuotojai į Lenkiją yra ES narės Vokietija, Lietuva ir Latvija, bei ne Europos sąjungos narė Baltarusija. Kadangi Baltarusija nėra Europos sąjungos narė, o importas iš Baltarusijos į Lenkiją yra komplikuoatas, todėl nemažą dyzelio ir benzino importo autocisternomis skirtomis skysčiams gabenti į Lenkijos rinka dalį užima Lietuva, kuri per metus autocisternomis importuoja apie 550.000 tonų dyzelio. Taigi per mėnesį vidutiniškai iš Lietuvos išvežama 45.000 tonų dyzelio autocisternomis skirtomis skystų produktų gabenimui. Visas importas į Lenkiją vyksta autocisternomis iš Lietuvos teritorijoje veikiančių naftos produktų akcizinių sandėlių. [14]



1.4 pav. Naftos produktams skirta cisterna.

Dyzelino ar benzino gabenimas cisternomis, kaip jau ir minėta, užima gana didelę dalį skystų krovinių rinkos. Tačiau naftos produktai gabenami netik į ES šalis, bet ir pačioje Lietuvoje. Naftos produktų gabenimas sparčiai vyksta ir mūsų šalyje degalus pristatant į degalines, šilumos punktus, kurie kūrenami dyzelinu ar žibalu, taip pat, žymėtas dyzelinis kuras- ūkininkams. Dar viena specifinė kuro rūšis naudojama Lietuvoje yra aviacinis kuras JET A-1. Tokiu kuru aprūpinami visi Lietuvos oro uostai (Vilnius, Kaunas, Šiauliai, Palanga).

Naftos produktų gabenimas skiriasi nuo paprastų cheminių ar maistinių krovinių gabenimo. Pati cisterna pagal joje esančią įrangą yra gana sudėtinga. Dažniausiai tokios cisternos turi pneumatinę arba hidraulinę pakrovimo ir iškrovimo sistemą. Kadangi vežamos akcizinės prekės ir jų apskaita yra gana griežta, todėl sumontuoti skaitikliai ir elektroniniai spausdintuvai, kurie fiksuoja visus išleidžiamus ir pakraunamus kiekius.



1.5 pav. 10 sekcijų pakrovimo-iškrovimo sistema

1.1.3 Cheminiai kroviniai ir ADR kroviniai

Chemijos produktų gabenimas cisternomis – sudėtingas ir gana pavojingas procesas, todėl pervežėjai turi būti itin aukštos kvalifikacijos. Cheminiai produktai pasižymi įvairiomis savybėmis kurios turi būti užtikrintos pervežant krovinį. ADR (*Europos šalių sutartis dėl Tarptautinio pavojingųjų krovinių vežimo kelių transportu.*) kroviniai dažnai gali būti labai pavojingi ne tik aplinkai, bet ir žmogui. Todėl labai svarbu tinkamai parinkti gabenimo sąlygas, tai yra autocisterną. Autocisternos, gabenančios chemijos produktus, turi turėti tam tinkamą ir pritaikytą įrangą. Dėl kai kurių pavojingų krovinių reagavimo su aliuminiu draudžiama naudoti aliuminius komponentus iškraunant ar pakraunant produktus.

Vilkikas su puspriekabine cisterna, su kuria bus gabenami pavojingi kroviniai, turi atitikti ADR sertifikatą ir papildomus techninius reikalavimus. ADR nuostatuose griežtai nurodoma kokias klases turi atitikti vilkikai ir puspriekabės. Nuo stabdžių sistemos ir apšvietimo.

„EX/II, EX/III, FL, OX ir AT yra vilkikų, gabenančių ADR krovinius, atitikimo žymėjimai:

- **EI/II** transporto priemonė: ar „**EX/III** transporto priemonė“: reiškia transporto priemonę, skirtą vežti sprogstamąsias medžiagas ir gaminius (1 ADR klasė);

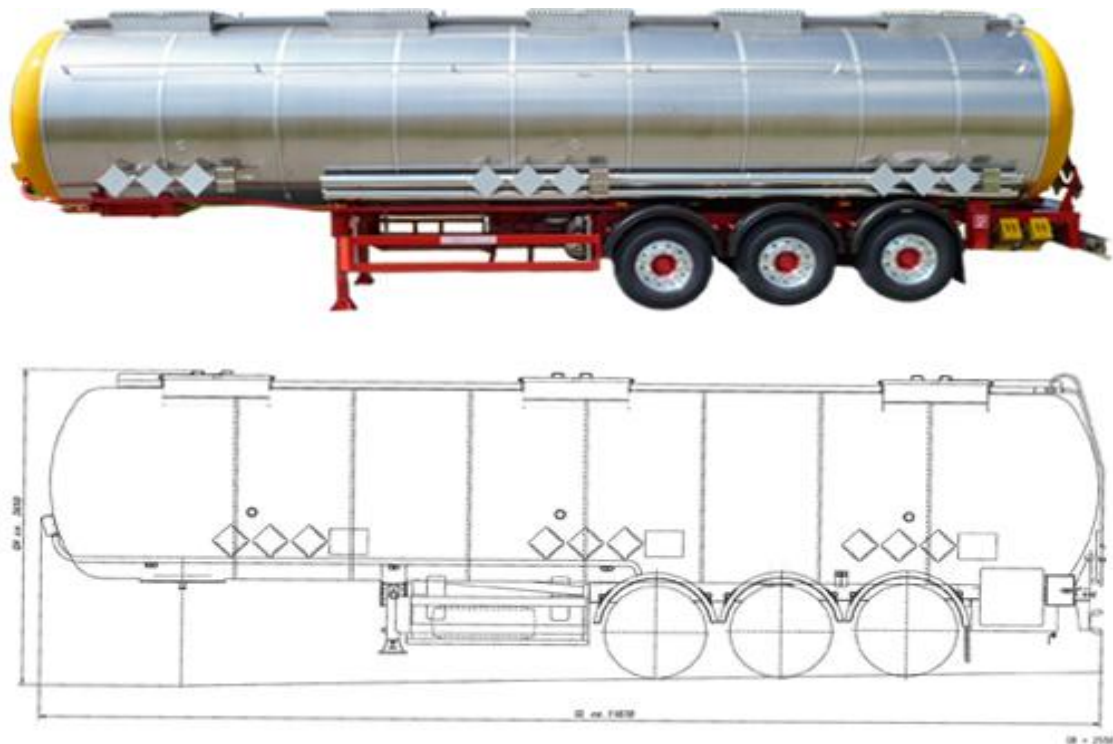
- **FL** transporto priemonė“: reiškia transporto priemonę, skirtą vežti skysčius, kurių pliūpsnio temperatūra ne didesnė kaip 61°C (išskyrus dyzeliną, atitinkantį EN 590:1993 standartą, gazolį ir krosnių kurą (lengvą)- JT Nr. 1202, kurių pliūpsnio temperatūra nurodyta EN 590:1993 standarte), arba skirtą vežti liepsniąsias dujas konteinerinėse cisternose, kilnojamose cisternose ar DDK, kurių talpa didesnė nei 3m³, stacionariose cisternose ar nuimamose cisternose, kurių talpa didesnė nei 1m³, arba reiškia transporto priemonę bateriją, kurios talpa didesnė nei 1m³, skirtą vežti liepsniąsias dujas;

- „**OX** transporto priemonė“: reiškia transporto priemonę, skirtą vežti vandenilio peroksida, stabilizuotą vandenilio peroksida, stabilizuotą vandeninį vandenilio peroksido tirpalą, turintį daugiau kaip 60 procentų vandenilio peroksido (5.1 ADR klasė JT Nr. 2015), konteinerinėse cisternose ar kilnojamose cisternose, kurių talpa didesnė nei 3m³, stacionariose cisternose ar nuimamose cisternose, kurių talpa didesnė nei 1m³.

- „**AT** transporto priemonė“: reiškia transporto priemonę, išskyrus FL ir OX, skirtą vežti pavojingus krovinius konteinerinėse cisternose, kilnojamose cisternose ar DDK, kurių talpa didesnė nei 3m³, stacionariose cisternose arba nuimamose cisternose, kurių talpa didesnė nei 1m³, arba reiškia transporto priemonę bateriją, kurios talpa didesnė nei 1m³, išskyrus FL transporto priemonę [1].

Pagrindinės autocisternų charakteristikos:

- leistinas bendras svoris 35000 kg;
- tuščios svoris +/- 5000 kg;
- keliamoji galia 30000 kg;
- talpa nuo 28-34 m³;
- darbinis slėgis ~2 bar;
- dažniausiai sudaryta iš vienos arba kelių (2-8) sekcijų;
- pripildymas gravitacinis per viršutinius liukus;
- iškrovimas Pneumatinis, hidraulinis arba gravitacinis;
- pakaba pneumatinė;
- gali turėti pakeliamą pirmąją ašį arba vairuojamą paskutinę ašį;
- automatinis stabdymo jėgos paskirstymas ir stabdžių laisvumo reguliavimas;
- pagaminta iš plieno (nerūdijančio) arba aliuminio.



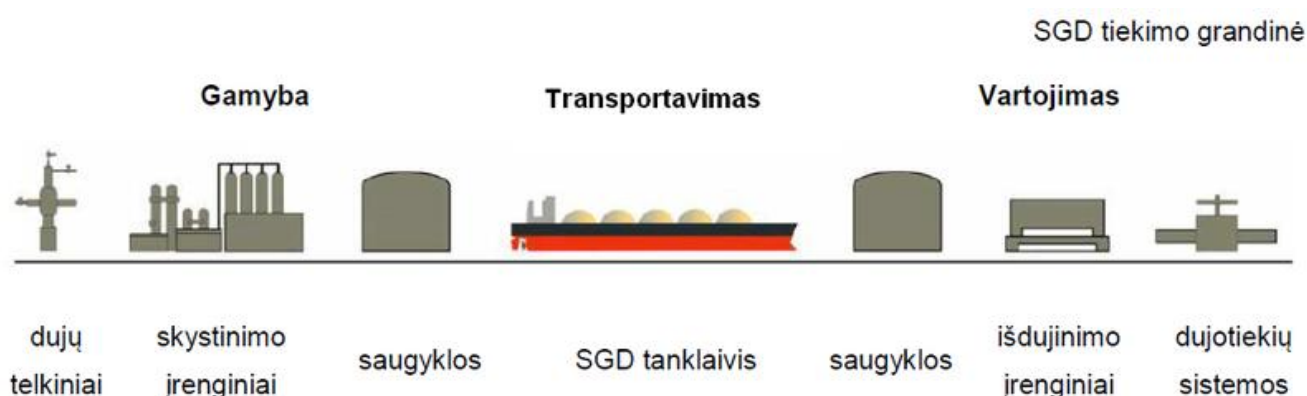
1.6 pav. Cheminė autocisterna

1.2.1 Suskystintos dujos (LPG)

Suskystintos gamtinės dujos arba SGD – tai gamtinės dujos skystame pavidale. Kai jos yra atšaldomos iki $-161,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ kondensuojasi į skystį ir užima 600 kartų mažiau vietos (nei dujiniame pavidale), o tai leidžia išspręsti dujų transportavimo dideliais atstumais problemą. Dujos yra švariausias pasaulyje iškastinis kuras: bekvapės, bespalvės, netoksiškos ir nekorozinės. Priklausomai nuo radimvietės gamtinės dujas sudaro daugiau nei 90 proc. metano, taip pat etanas, propanas, azotas, sieros junginiai bei vanduo.

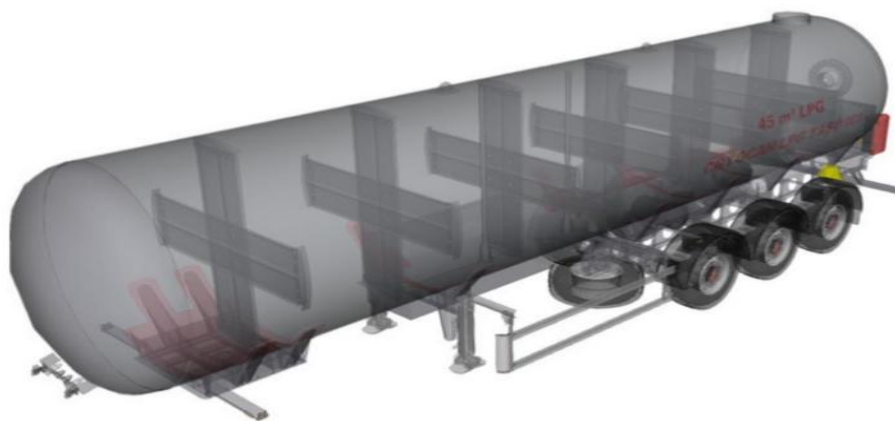
Dujų gabenimas Lietuvoje prasideda nuo SGD terminalo. Išgautos gamtinės dujos susideda iš metano, etano, propano ir sunkesnių angliavandenilių, taip pat nedidelio kiekio priemaišų (azoto, helio, anglies dioksido, sieros junginių, vandens ir kt.). Gamtinės dujos gryninamos šalinant nereikalingas priemaišas (kad šios neužšaltų vėlesniame technologijos etape dujas šaldant). Grynesnės dujos gaunamos pasinaudojant tuo, kad metano užšalimo temperatūra yra žemesnė už daugelio priemaišų, t.y. šaldant gamtinės dujas didžioji priemaišų dalis iškrenta nuosėdomis ir yra pašalinamos.

Dujos skystinamos šaldant, todėl slėgis SGD talpyklose yra artimas atmosferiniam. SGD tankis yra dvigubai mažesnis nei vandens – tai itin paranku transportuojant dujas laivais: dujomis užpildyti laivai yra „lengvi“, jų grimzlė – sąlyginai maža. Todėl ir dujų transportavimas cisternomis nėra sudėtingas procesas. Žemiau scheme pateikiamas pavyzdys kaip dujos keliauja nuo dujų išgavimo vietos iki vartotojų. Specialiais dujovežiais atgabenus suskystintas gamtinės dujas į terminalus vyksta išdujinimo procesas – suskystintos dujos yra verčiamos į natūralios būsenos gamtinės dujas ir vamzdžiais tiekiamos vartotojams. SGD naudojimo metodai yra patikimi ir saugūs. Abu procesai – atšaldymas iki skystos būsenos ir išdujinimas yra atliekami pagal šiuolaikines patikrintas technologijas.



1.7 pav. Dujų gabenimo schema

Suskystintoms dujoms skirtos cisternos per daug nesiskiria nuo skystiems kroviniams skirtų cisternų, tačiau turi ir kelis esminius skirtumus- cisternos forma vientisa, turi tik kelis vožtuvus produkto išleidimui ir pakrovimui, vieną angą per kurią galima patekti į cisternos vidų, tačiau ji atidaroma tik kraštutiniais atvejais (dažniausiai remontui). Dėl suskystintų dujų agregatinės būsenos cisternos viduje yra sumontuoti bangolaužiai, tačiau jie pagal įvairius gamintojus gali skirtis savo konstrukcija.



1.8 pav. Suskystintų dujų cisterna su septyniais specifiniais bangolaužiais

1.2.2 CO₂ - Anglies dioksidas

CO₂ tai dujos, susidedančios iš vieno anglies ir dviejų deguonies atomų. Tai vienas iš retesnių dujinių krovinių, tačiau užimantis tam tikrą rinkos dalį. Anglies dioksidas naudojamas ir pramonėje, todėl jo pervežimas dideliais kiekiais yra reikalingas.

Eurotank gamykla Suomijoje yra viena iš nedaugelio gamyklų, kurios gamina šiam produktui gabenti skirtas autocisternas. Tokiai autocisternai yra naudojamas dvipusis plienas, kuris sukuria dvigubo bako efektą, taip užtikrindamas produkto grynumą. Šiam produktui iškrauti ir pakrauti montuojami elektriniai arba hidrauliniai siurbliai. Kadangi anglies dioksidas naudojamas ir maisto pramonėje, todėl turi būti užtikrinta specialios priemonės produktui pakrauti ar iškrauti. Dėl ypatingos anglies dioksido agregatinės būsenos ir jo temperatūros autocisternos turi būti prižiūrimos itin griežtai.



1.9 pav. CO₂ autocisterna

1.2 Birių krovinių gabenimas

BIRIŲ KROVINIŲ TIPAI:

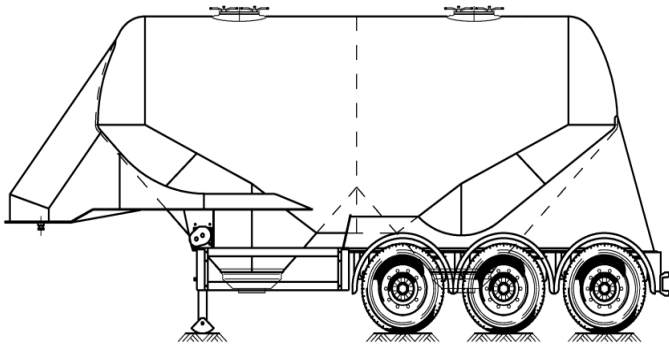
- Birūs maistiniai kroviniai:
 - miltai;
 - cukrus;
 - grūdai;
 - maistiniai priedai (granulės).
- Birūs nemaistiniai kroviniai:
 - polietileno granulės;
 - trąšos;
 - cementas;
 - įvairūs cheminiai priedai (granuliuoti);
 - pašarai;

Nefasuotų ir birių krovinių gabenimas cisternomis, konteineriais ar silo-cisternomis yra gana specifinė krovinių pervežimo sritis, kuri dažniausiai reikalauja iš darbuotojų specialių teorinių ir praktinių žinių. Tokiame darbe svarbus atsakomybės ir tikslumo, didelės patirties, bei įgūdžių suderinamumas. Darbuotojas turi išmanyti birių ir skystų krovinių rūšis, jų technologines ir fizikines savybes, transportavimo, pakrovimo, iškrovimo ir kitokius specifinius reikalavimus cisternų konstrukcijose ir plovimo darbuose.

Birių krovinių cisternos gali būti gana įvairios. Tai priklauso nuo krovinio tipo. Jeigu krovinyje yra labai smulkios frakcijos, pavyzdžiui cementas, dažniausiai naudojama pneumatinė suverstinių krovinių autocisterna. Tokią cisterną beveik visada velka vilkikas, kuris turi papildomai sumontuotą oro pripūtimo sistemą ant rėmo, kuri padeda iškrauti krovinius paduodant suslėgtą orą į cisternos vidų. Dažniausiai naudojami sraigtiniai kompresoriai, kurie gali sugeneruoti $750 \text{ m}^3/\text{h}$ oro srautą. Tokie kompresoriai puikiai tinka iškrauti birius krovinius iš autocisternų, tačiau galimi atvejai kai tokios autocisternos turi ant savo rėmo sumontuotus atskirus vidaus degimo variklius, kurie suka savo kompresorius ir taip perduodamas oro srautas. Tokiu atveju nereikalingas specialus vilkikas. [12]



1.10 pav. Sraigtinis kompresorius
Mouvex Mistral



a)



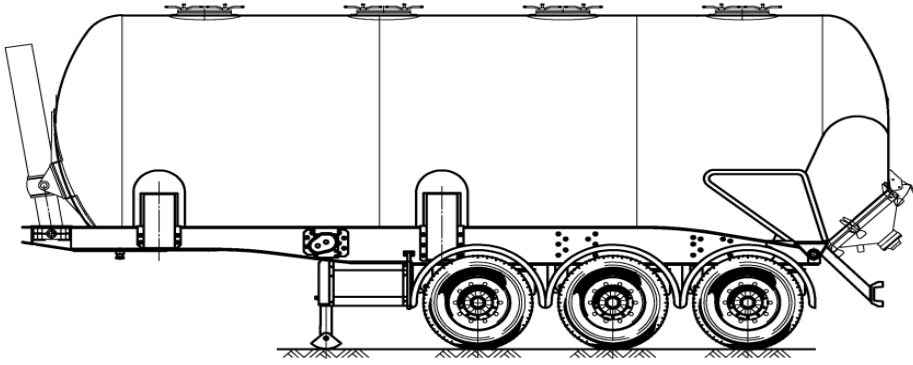
b)

1.11 pav. Birių krovinių autocisternos: a) schema b) reali cisterna

Stambesnės frakcijos kroviniai, tačiau tokie, kurie gali prilipti prie cisternos sienelių, pavyzdžiui cukrus, vežami silo-cisternomis. Tokios silo-cisternos turi galimybę būti pakeltos nuo rėmo apie 60° . Išskrovimas vyksta per gale (apačioje) esantį liuką paduodant oro spaudimą į silo-cisternos vidų. Tokiems kroviniams, taip pat, naudojami specialūs kompresoriai, tačiau truputį galingesni. Nuo $600\text{m}^3/\text{h}$ iki $1550\text{m}^3/\text{h}$ oro našumo. Esant tokiems dideliems oro našumams turi būti specialūs oro aušintuvai. Tačiau tokioms silo-cisternoms nepakanka tik galingos orapūtės. Beveik visais atvejais priekyje stovi galingas 3-5 pakopų hidraulinis cilindras, kuris iškelia silo-cisterną reikiamu kampu, todėl ant vilkiko būtina sumontuoti hidraulinį variklį ir hidraulinį baką .



1.12 pav. *Blackmer* kompresorius su *hydrive* hidrauliniiais elementais



1.13 pav. Silo-cisternos. Schema ir darbo režimas

1.3.1 Birių krovinių transportavimas geležinkeliu

Galimi du transportavimo atvejai:

- *Pusvagoniuose* – dažniausiai naudojami masiniams biriems kroviniams- akmens anglis, metalų rūda, durpės. Atviras pusvagonio kėbulas yra patogus pakrauti arba iškrauti. Paprasta konstrukcija. Nereikalauji specialių priemonių iškrovimui ar pakrovimui.
- *Hoperiai* – specialios paskirties vagonai skirti biriems ir stipriai dulkantiems kroviniams pervežti. Tai automatiškai iškraunamas vagonas su bunkeriu ir kėbulu. Dažniausiai vežami grūdai, cementas ir mineralinės trąšos.



1.14 pav. *Hoperis*

1.3 KAS YRA ADR

Pavojingų krovinių tarptautinį vežimą automobilių transportu reglamentuoja Europos sutartis dėl tarptautinio pavojingų krovinių vežimo keliais (ADR), pasirašyta 1957 m. Ženevoje ir šiuo metu vienijanti 40 šalių. 1995 m. sutarties susitariančiąja šalimi tapo ir Lietuvos Respublika.

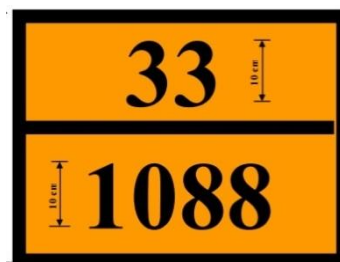
Įgyvendinant Europos Sąjungos teisės aktų, reglamentuojančių pavojingų krovinių vežimą ES valstybių narių teritorijoje, nuostatas, buvo priimti atitinkami Lietuvos Respublikos įstatymai, Vyriausybės nutarimai, atskirų sričių ministrų įsakymai bei kiti teisės aktai. Pagrindiniai iš jų – Lietuvos Respublikos pavojingų krovinių vežimo automobilių, geležinkelių ir vidaus vandens transportu įstatymas ir Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2000 m. kovo 23 d. nutarimas Nr. 337 „Dėl pavojingų krovinių vežimo kelių transportu Lietuvos Respublikoje“, nustatantis, kad pavojingi kroviniai Lietuvos Respublikos teritorijoje vežami vadovaujantis jau minėtos ADR sutarties nuostatomis. Kiti svarbesni šią sritį reglamentuojantys teisės aktai nurodyti Valstybinės kelių transporto inspekcijos prie Susisiekimo ministerijos viršininko 2003 m. sausio 8 d. įsakyme Nr. 2B-5 „Dėl Pagrindinių teisės aktų, reglamentuojančių pavojingų krovinių vežimą automobilių transportu, sąrašo patvirtinimo“ (Žin., 2003, Nr. 4-169).

Pavojingų krovinių bendrąja prasme vadinamos pavojingomis savybėmis pasižyminčios medžiagos ir gaminiai, galintys pakenkti žmonėms, aplinkai ar turtui. Neteisingai vežamas ar saugomas toks krovinytis gali tapti žmonių ar gyvūnų susirgimų, apsinuodijimų, nudegimų priežastimi, taip pat sukelti sprogimą, gaisrą, kitų krovinių, riedmenų, statinių ir įrenginių pažeidimus, užteršti aplinką ir vandenį. Pagal ADR pavojingi kroviniai skirstomi į draudžiamus vežti automobilių transportu ir leidžiamus vežti laikantis nustatytų sąlygų.

Pagal ADR ir nacionalinę teisę sąvoka „vežimas“ apima pavojingo krovinio parengimą išsiųsti (identifikavimą, klasifikavimą, pakavimą, dokumentų paketo parengimą), visas krovos operacijas (krovimą, iškrovimą, perkrovimą), gabenimą transporto priemone bei laikiną sandėliavimą. Todėl visi vežimo dalyviai (siuntėjas, krovėjai, vežėjas, gavėjas ir kt.) privalo išmanyti ADR reikalavimus[1].

1.3.1 Krovinių žymėjimas

ADR susitarimuose griežtai nurodoma cisternų ir autocisternų ženklavimo tvarka. Visi ADR kroviniai privalo būti ženklavami tam tikra tvarka pagal savo klases ir poklasius. Už tokių ženklų nebūvimą ar neatitikimą taikomos didžiulės baudos. Taip pat, ant vilkikų bei puspriekabių, vežančių ADR krovinius, visada pamatysite oranžinius krovinio identifikavimo lenteles su numeriais, kurie nurodo koks krovinys vežamas ir kokia jo pavojingumo klasė.



3.1 pav. Identifikavimo lentelė

Medžiagos pavojaus identifikacinis numeris susideda iš dviejų ar trijų skaitmenų, kuriais nurodomi šie pavojai:

- 2 – dujų išsiskyrimas dėl slėgio ar cheminės reakcijos;
- 3 – skysčių (garų) ir dujų ar savaimė įkaistančio skysčio liepsnumas;
- 4 – kietų medžiagų arba savaimė įkaistančios medžiagos liepsnumas;
- 5 – oksiduojantis (degimo intensyvumo) efektas;
- 6 – toksiškumas ir infekcijos pavojus;
- 7 – radioaktyvumas;
- 8 – ėdumas;
- 9 – spontaniškos intensyvios reakcijos pavojus (apima galimą sprogo, skilimo ir polimerizacijos riziką, kurią lemia medžiagos savybės, lydimą didelio šilumos ir liepsniųjų ir (ar) toksiškų dujų kiekio išsiskyrimo;

Du vienodi skaičiai nurodo atitinkamo pavojaus sustiprėjimą. Jei medžiagai būdingam pavojui nurodyti pakanka vieno skaičiaus, po jo rašomas nulys. Jei prieš pavojaus identifikacinį numerį nurodyta raidė „X“, tai reiškia, kad medžiaga pavojingai reaguoja su vandeniu. Šiuo atveju vanduo naudojamas tik ekspertams leidus.

Kai kurios pavojaus identifikacinių numerių reikšmės:

- 22 – atšaldytos suskystintos dujos, troškinančios;
- 323 – liepsnus skystis, reaguodamas su vandeniu išskiria liepsnias dujas;
- 333 – piroforinis skystis;
- 382 – liepsnus skystis, ėdus, reaguodamas su vandeniu išskiria liepsnias dujas;
- 44 – degi kieta medžiaga, išlydyto būvio, paaukštintoje temperatūroje;
- 446 – degi kieta medžiaga, toksiška, išlydyto būvio, paaukštintoje temperatūroje;
- 482 – ėdi kieta medžiaga, reaguodama su vandeniu išskiria liepsnias dujas;
- 539 – degus organinis peroksidas;
- 606 – infekcinė medžiaga;
- 623 – toksiškas skystis, reaguodamas su vandeniu išskiria liepsnias dujas;

642 – toksiška kieta medžiaga, reaguodama su vandeniu išskiria liepsnias dujas;

823 – ėdus skystis, reaguodamas su vandeniu išskiria liepsnias dujas;

842 – ėdi kieta medžiaga, reaguodama su vandeniu išskiria liepsnias dujas;

90 – aplinkai pavojinga medžiaga; kitos pavojingos medžiagos;

99 – kitos pavojingos medžiagos, vežamos paaukštintoje temperatūroje [2].

Kroviniai skirstomi į šias klases:

- **1 klasės pavojus:**

- Sprogstamosios medžiagos ir gaminiai



- **2 klasės pavojus-dujos:**

- Liepsnios dujos



- Neliepsnios, netoksiškos dujos



- Toksiškos dujos



- 3 klasės pavojus-liepsnieji skysčiai:



- 4 klasės pavojus:

- Degios kietos medžiagos, autoreaktingos medžiagos ir desensibilizuotos sprogstamosios medžiagos



- Savaimė užsidegančios medžiagos



- Medžiagos, kurios sąlytyje su vandeniu išskiria liepsniasias dujas



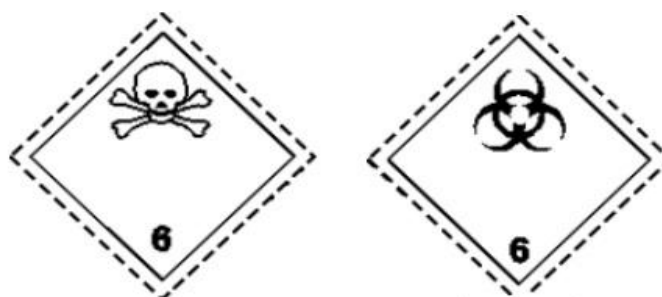
- 5 klasės pavojus:

- Oksiduojančios medžiagos ir organiniai peroksidai



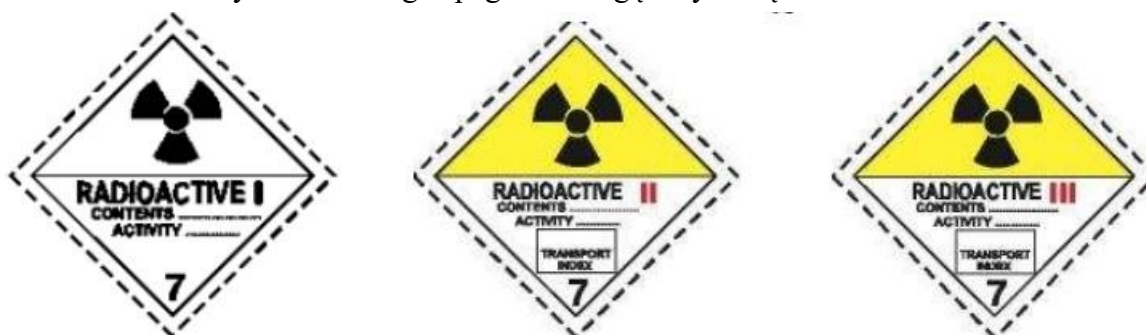
- 6 klasės pavojus:

- Toksiškos ir Infekcinės medžiagos



- 7 klasės pavojus:

- Radioaktyvios medžiagos pagal skirtingą aktyvumą



- **8 klasės pavojus:**

- Ėdžios medžiagos



- **9 klasės pavojus:**

- Kitos pavojingos medžiagos ir gaminiai













3.2 Priešgaisrinės priemonės ir kita svarbi įranga

Kadangi vežami kroviniai gali būti netik nuodingi, bet ir degūs, todėl būtina užtikrinti priešgaisrinę saugą, kuri yra labai svarbi. Gesintuvų patikra ir priežiūra vykdoma nuolatos. Pagrindinė priešgaisrinė priemonė yra tinkamas kiekis gesintuvų. Gesintuvų patikra atliekama gana griežtai-tikrinama gesintuvų slėgis, išpurškimo mechanizmas, išorinis vaizdas, bei pritvirtinimas ir eksploatacinė vieta.

Transporto vienetu, vežančiame pavojingus krovinius, turi būti šios priešgaisrinės priemonės:

lentelė 1.8

Transporto vieneto leistina maksimali masė	Kabinoje privalo būti	Papildomai	Bendra minimali talpa
Mažiau arba lygu 3,5t	2Kg. 	2kg. 	4kg.
Daugiau nei 3,5t bet mažiau nei 7,5t	2Kg. 	6kg. 	8kg.
Daugiau nei 3,5t bet mažiau nei 7,5t	2Kg. 	6Kg. 	8kg.
Daugiau kaip 7,5t	2Kg. 	10kg 	14kg.
Daugiau kaip 7,5t	2Kg. 	10kg 	14kg.

3.2 pav. Priešgaisrinės saugos priemonės

Transporto priemonės vežančios ADR krovinius privalo turėti specialią ekipuotę automobiliuose ir cisternose. Dažniausiai žemiau pateiktame sąraše esantys daiktai sudaro specialų ADR krepšį, kuris yra kiekviename vilkike, tačiau dažniausiai atitinka tik 3 klasės komplektaciją. Tokiame krepšyje privalo būti: puskaukė su filtru, atšvaitinė liemenė, nerasojantys akiniai, pirštinės PVC, guminiai batai, skystis akims 500 ml, PVC prijuostė, prožektorius. Vežant 6 klasės krovinius reikalaujama papildomai: pilnos veido kaukės su filtrais, pilno kūno apsauginio kostiumo, šalmo su skydeliu, specialių pirštinių, atsparių cheminiams produktams.[2]

Transporto vienete, vežančiame pavojingus krovinius, turi būti:

	bent po vieną ratų atsparą kiekvienai transporto priemonei, kurios dydis turi atitikti transporto priemonės svorį ir ratų skersmenį
	du išspėjamieji ženklai su atrama
	tinkama išspėjamosios spalvos liemenė ar išspėjamosios spalvos drabužiai kiekvienam transporto priemonės ekipažo nariui
	vienas kišeninis prožektorius kiekvienam transporto priemonės ekipažo nariui
	kvėpavimo saugos įtaisai (jei jų reikalaujama)
	individualios saugos priemonės ir įranga, būtina raštiškose instrukcijose numatytiems papildomiems ir specialiesiems veiksams atlikti

3.3 pav. Būtinų priemonių sąrašas

3.3 Specifinės klasių nuostatos

3.3.1 1 klasė -sprogstamosios medžiagos ir gaminiai

1 klasės pavadinimas apima:

a) Sprogstamąsias medžiagas: kietas ar skystas medžiagas (medžiagų mišinius), kurios, vykstant cheminei reakcijai, tam tikru greičiu išskiria tokios temperatūros ir tokio slėgio dujas, kad jos gali padaryti žalą aplinkai. Pirotechnines medžiaga: medžiagas ar medžiagų mišinius, skirtus išsaugoti šilumos, šviesos, garso, dujų ar dūmų efektą arba jų derinių efektą, kuris yra nedetonuojančių savaimė palaikomų egzoterminių cheminių reakcijų rezultatas.

1 PASTABA. Medžiagos, kurios pačios nėra sprogios, bet gali sudaryti sprogius dujų, garų ar dulkių mišinius, nepriskiriamas 1 klasės medžiagoms.

2 PASTABA. 1 klasės medžiagoms taip pat nepriskiriamos vandeniui ar alkoholiu sudrėkintos sprogstamosios medžiagos, kai vandens ar alkoholio kiekis viršija nurodytas ribas, ir medžiagos, turinčios plastifikatorių,- šios sprogstamosios medžiagos priskirtos 3 arba 4.1 klasei, taip pat sprogstamosios medžiagos, kurios, atsižvelgiant į dominuojantį pavojų, priskiriamos 5.2 klasei.

b) Sprogstamuosius gaminius: gaminius, turinčius vieną ar daugiau sprogstamųjų ar pirotechninių medžiagų.

1 PASTABA. 1 klasės reikalavimai netaikomi gaminiams, turintiems sprogstamųjų ar pirotechninių medžiagų, kurių kiekis toks nežymus ar savybės tokios, kad atsitiktinis ar savaiminis jų užsidegimas ar inicijavimas vežimo metu nesąlygos jokių išorinių reiškinių už gaminio ribų, tokių kaip elementų išsvaidymas, ugnis, dūmai, šiluma ar stiprus triukšmas.

c) Aukščiau išvardintas medžiagas ir gaminius, pagamintus praktiniam sprogimo efektui ar pirotechniniam efektui sukurti.[1]

Poklasių apibrėžimai:

1.1 poklasė – Medžiagos ir gaminiai, keliantys masinio sprogimo pavojų (masinis sprogimas – tai toks sprogimas, kuris akimirksniu išplinta po visą krovinį).

1.2 poklasė – Medžiagos ir gaminiai, keliantys išsvaidymo pavojų, bet nekeliantys masinio sprogimo pavojaus.

1.3 poklasė – Medžiagos ir gaminiai, keliantys gaisro pavojų ir nedidelį sprogimo pavojų arba nedidelį išsvaidymo pavojų, arba abu šiuos pavojus kartu, bet nekeliantys masinio sprogimo pavojaus.

1.4 poklasė – Medžiagos ir gaminiai, keliantys tik nedidelį sprogimo pavojų, sąlygotą užsidegimo ar inicijavimo vežimo metu. Šie reiškiniai didžiąja dalimi vyksta pakuotės viduje, todėl nebūdingas didelių skeveldrų išsvaidymo ar išsvaidymo dideliais atstumais pavojus. Išorinis gaisras negali būti priežastimi to, kad visas pakuotės turinys susprogtų akimirksniu.

1.5 poklasė – Labai mažo jautrumo medžiagos, keliančios masinio sprogimo pavojų, bet pasižyminčios tokiu mažu jautrumu, kad jų inicijavimo ar perėjimo nuo degimo iki detonavimo tikimybė normaliomis vežimo sąlygomis, labai maža. Mažiausia kas reikalaujama šioms medžiagoms – jos neturi sprogti atliekant išorinį bandymą ugnimi.

1.6 Poklasė – Itin mažo jautrumo gaminiai, nekeliantys masinio sprogimo pavojaus. Šie gaminiai savo sudėtyje turi tik itin nejautrių detonacijai medžiagų ir charakterizuojami nereikšminga atsitiktinio inicijavimo ar sprogimo išplitimo tikimybe[1].

3.3.2 2 klasė -dujos

2 klasės pavadinimas apima grynąsias dujas, dujų mišinius, sudarytus iš vienos ar keleto rūšių dujų su viena ar keliomis kitomis medžiagomis bei šių dujų turinčius gaminius.

Dujos-tai medžiaga:

- a) kurios garų slėgis 50°C temperatūroje didesnėje kaip 300 kPa (3 barai); ar
- b) kuri 20°C temperatūroje esant normaliam 101,3 kPa slėgiui yra visiškai dujos.

1PASTABA. Nepaisant to, JT Nr. 1052 FLUORO VANDENILIS klasifikuojamas kaip 8 klasės medžiaga.

2 PASTABA. Gryniosios dujos gali turėti kitų komponentų- pašalinių gamybos produktų arba priedų stabilumui užtikrinti, su sąlyga, kad šių komponentų koncentracijos laipsnis nepakeičia dujų klasifikacijos ar vežimo sąlygų, tokių kaip užpildymo koeficientas, užpildymo slėgis, bandomasis slėgis.

3PASTABA. Pozicijos K.N., nurodytos 2.2.2.3, gali apimti grynąsias dujas ir dujų mišinius.

4 PASTABA. ADR nuostatos netaikomos CO₂ prisotintiems gėrimams.

2 klasės medžiagos ir gaminiai skirstomi taip:

1. Suslėgtos dujos: dujos, kurios vežimo tikslu supakuotos naudojant slėgį, yra visiškai dujinio būvio esant -50°C temperatūrai; ši kategorija apima visas dujas, kurių kritinė temperatūra lygi ar žemesnė kaip -50°C.
2. Suskystintos dujos: dujos, kurios, vežimo tikslu supakuotos naudojant slėgį, yra iš dalies skystos esant aukštesnei nei -50°C temperatūrai. Skirtumas daromas tarp:
aukšto slėgio suskystintos dujos: dujos, kurių kritinė temperatūra didesnė nei -50°C ir lygi ar mažesnė nei +65°C; ir žemo slėgio suskystintos dujos: dujos, kurių kritinė temperatūra didesnė nei +65°.
3. Atšaldytos suskystintos dujos: dujos, kurios, vežimo tikslu supakuotos naudojant slėgį, dėl žemos temperatūros yra iš dalies skystos.
4. Ištirpintos dujos: dujos, kurios, vežimo tikslu supakuotos naudojant slėgį, yra ištirpintos skystame tirpiklyje;
5. Aerosoliniai purkštuvai ir mažos dujų talpyklos (dujų balionėliai);
6. Kiti gaminiai, turintys suslėgtų dujų;
7. Nesuslėgtos dujos, kurios vežamos pagal specialiuosius reikalavimus (dujų bandiniai). [1]

3.3.3 3 klasė-liepsnieji skysčiai

Kriterijai:

3 klasės pavadinimas apima medžiagas ir gaminius, turinčius šios klasės medžiagų:

- kurie skysčiai yra pagal 1.2.1 a) papunktyje nurodytą „skysčio“ apibrėžimą;
- kurių garų slėgis esant 50°C temperatūrai ne didesnis kaip 300kPa (3 barai) ir kurie esant 20°C temperatūrai ir normaliam 101,3 kPa slėgiui nėra visiškai dujiniai; ir
- kurių pliūpsnio temperatūra ne didesnė kaip 61°C.

3 klasės pavadinimas taip pat apima skystas medžiagas ir išlydytas kietas medžiagas, kurių pliūpsnio temperatūra didesnė kaip 61°C, kurios vežamos ar pateikiamos vežti įkaitintos iki

temperatūros, lygios jų pliūpsnio temperatūrai ar aukštesnės. Šios medžiagos priskiriamos JT Nr.3256.3 klasės pavadinimas taip pat apima skystas desensibilizuotas sprogstamąsias medžiagas. Skystos desensibilizuotos sprogstamosios medžiagos-tai sprogstamosios medžiagos, ištirpintos ar suspenduotos vandenyje ar kitose skystose medžiagose iki vientiso skysto mišinio, jų sprogstamosioms savybėms nuslopinti. 3.2 skyriaus A lentelėje tokios pozicijos yra JT Nr. 1204, 2059, 3064,3343 ir 3357.

1 PASTABA. Netoksiškos ir neėdžios medžiagos, kurių pliūpsnio temperatūra aukštesnė kaip 35°C, kurios pagal Bandymų ir kriterijų vadovo III dalies 32.5.2 skirsnio kriterijus nepalaiko degimo, nepriskiriamos 3 klasės medžiagos; tačiau jei šios medžiagos pateikiamos vežti ar vežamos įkaitintos iki temperatūros, lygios jų pliūpsnio temperatūrai ar aukštesnės, jos laikomos 3 klasės medžiagoms.

2 PASTABA. Kaip išimtis iš anksčiau pateikto 2.2.3.1.1. papunkčio, dyzelinas, gazolis ir (lengvas) krosnių kuras, kurių pliūpsnio temperatūra aukštesnė kaip 61°C, bet neviršija 100°C, laikomos 3 klasės medžiagomis, JT Nr. 1202.

3 PASTABA. Skysčiai, labai toksiški įkvėpus, kurių pliūpsnio temperatūra žemesnė kaip 23°C, ir toksiškos medžiagos, kurių pliūpsnio temperatūra 23°C ar aukštesnė, laikomos 6.1 klasės medžiagomis.

4 PASTABA. Liepsniosios skystos medžiagos ir preparatai, naudojami kaip pesticidai, labai toksiški, toksiški ar mažai toksiški, kurių pliūpsnio temperatūra 23°C ar aukštesnė, laikomos 6.1 klasės medžiagomis.

5 PASTABA. Ėdūs skysčiai, kurių pliūpsnio temperatūra 23°C ar aukštesnė, laikomos 8 klasės medžiagomis.

6 PASTABA. JT Nr. 2734 aminorai, skysti, ėdūs, liepsnūs, liepsnieji K.N., JT Nr. 2734 poliaminai, skysti, ėdūs, liepsnūs, K.N. ir JT Nr. 2920 ėdus skystis, liepsnus, K.N. laikomi 8 klasės medžiagomis.

7 PASTABA. ADR nuostatos netaikomos pagamintiems farmacijos produktams, pvz., kosmetikai ir vaistams, kurie pagaminti ir supakuoti taroje, skirtoje mažmeniniai prekybai ir naudojami asmeniškai arba buityje[1].

3.3.4 4.1 klasė- degios kietos medžiagos, autoreaktingos medžiagos ir kietos desensibilizuotos sprogstamosios medžiagos.

Kriterijai

4.1 klasės pavadinimas apima degias medžiagas ir gaminius, desensibilizuotas sprogstamąsias medžiagas, kurios yra kietos atitinkamai pagal 1.2.1 (a) papunkčio sąvoką „kieta medžiaga“, ir autoreaktingus skysčius arba kietas medžiagas.

4.1 klasė apima:

- degias kietas medžiagas ir gaminius;
- autoreaktingas kietas medžiagas ar skysčius;
- kietas desensibilizuotas sprogstamąsias medžiagas;
- medžiagas giminingas autoreaktingoms.

Degios kietos medžiagos-tai lengvai užsidegančios kietos medžiagos ir kietos medžiagos, kurios dėl trinties gali sukelti gaisrą.

Lengvai užsidegančios kietos medžiagos-tai miltelinės, granuluotos ar pastos pavidalo medžiagos, kurios yra pavojingos, jei jos gali užsidegti nuo trumpalaikio kontakto su užsidegimo šaltiniu, tokiu kaip degantis degtukas, ir jei liepsna greitai sklinda. Pavojus gali kilti ne tik dėl liepsnos, bet taip pat ir dėl toksiškų degio produktų. Ypač šiuo atžvilgiu pavojingi metalo milteliai. Šiuo atveju užgesinti liepsną sunku, nes įprastos gesinančios medžiagos, tokios kaip anglies dioksidas arba vanduo, gali padidinti pavojų.

Pagal ADR autoreaktingomis medžiagomis laikomos isoteriškai nepatvarios medžiagos, linkusios smarkiai egzotermiškai skilti kai nėra deguonies (oro). Medžiagos, nelaikomos 4.1 klasės autoreaktingomis medžiagomis, jei:

- a) jos pagal 1 klasės kriterijus yra sprogstamosios medžiagos.
- b) jos pagal priskyrimo 5.1 klasei procedūras yra oksiduojančios medžiagos;
- c) jos pagal 5.2 klasės kriterijus yra organiniai peroksidai.
- d) jų skilimo šiluma mažesnė kaip 300J/g
- e) jų savaime greitėjančio skilimo temperatūra (SGST) 50kg pakuotėms aukštesnė kaip 75°C.

Desensibilizacija. Tam, kad užtikrinti saugą vežant, daugeliu atvejų autoreaktingos medžiagos desensibilizuojamos naudojant skiediklį. Jei nurodomas medžiagos kiekis procentais, tai nurodomas procentinis kiekis pagal masę, suapvalintas iki artimiausio sveiko skaičiaus. Jei naudojamas skiediklis, autoreaktinga medžiaga turi būti bandoma atskiedus iki tokios koncentracijos ir tokio būvio, kurie bus naudojami vežant. Neturi būti naudojami tokie skiedikliai, kurie ištekėję iš pakuotės gali iššaukti pavojingą autoreaktingos medžiagos koncentraciją. Bet koks skiediklis turi būti suderinamas su autoreaktinga medžiaga. Šiuo atžvilgiu, suderinamais skiedikliais laikomos tokios kietos arba skystos medžiagos, kurios neigiamai neveikia autoreaktingos medžiagos terminio stabilumo ir pavojaus tipo. Mišiniuose, kuriems reikia kontroliuoti temperatūrą, skystų skiediklių žemiausia virimo temperatūra turi būti 60°C ir pliūpsnio temperatūra ne žemesnė kaip 5°C. Skysčio virimo temperatūra turi būti mažiausiai 50°C aukštesnė už autoreaktingos medžiagos kontrolinę temperatūrą [1].

3.3.5 4.2 klasė -savaiame užsidegančios medžiagos

Kriterijai

- Piroforines medžiagas – medžiagas, įskaitant mišinius ir tirpalus (skystus ar kietus), kurios netgi mažais kiekiais liesdamosios su oru užsidega ne vėliau kaip po penkių minučių. Šios 4.2 klasės medžiagos labiausiai linkusios savaiame užsidegti

- Savaiame įkaistančios medžiagas ir gaminius – medžiagas ir gaminius, įskaitant mišinius ir tirpalus, kurie liesdamiesi su oru be išorinio energijos šaltinio, gali savaiame įkaisti. Šios medžiagos gali užsidegti tik dideliais kiekiais (kilogramais) ir tik praėjus ilgam lako tarpui (valandoms ar dienoms).

Savybės

Šių medžiagų savaiminio įkaitimo, lemiančio savaiminį užsidegimą, priežastis yra medžiagos ir deguonies (esančio ore) reakcija, kurios metu išsiskirianti šiluma nepakankamai greitai išsisklaido aplinkoje. Savaiminis užsidegimas įvyksta tada, kai šilumos išsiskyrimo greitis viršija šilumos išsisklaidymo greitį ir pasiekama savaiminio užsidegimo temperatūra [1].

3.3.6 4.3 klasė - medžiagos, liesdamosi su vandeniu išskiriančios liepsniasias dujas

Kriterijai

- 4.3 klasės pavadinimas apima medžiagas, kurios reaguodamos su vandeniu, išskiria liepsniasias dujas, galinčias sudaryti sprogstamuosius mišinius su oru, taip pat tokių medžiagų turinčius gaminius.

Savybės

Kai kurios medžiagos liesdamosios su vandeniu išskiria liepsniasias dujas, kurios gali sudaryti sprogstamuosius mišinius su oru. Šie mišiniai lengvai užsiliepsnoja nuo kontakto su uždegimo šaltiniu, pavyzdžiui, nuo atviros ugnies, šaltkalvio instrumentų žiežirbų ar neizoliuotos elektros lempų. Dėl šios priežasties susidariusi sprogimo banga ir liepsna gali būti pavojinga žmonėms bei aplinkai. Siekiant nustatyti, ar medžiaga, reaguodama su vandeniu, gali išskirti tokį liepsniųjų dujų kiekį, kuris gali užsiliepsnoti, reikia taikyti specialius metodus.[1]

3.3.7 5.1 klasės - oksiduojančios medžiagos

Kriterijai

5.1 Klasės medžiagos pavadinimas apima medžiagas, kurios pačios gali ir nebūti degios, tačiau išskirdamos deguonį, gali sukelti ar palaikyti kitų medžiagų degimą, taip pat tokių medžiagų turintys gaminiai.

3.3.8 5.2 klasė - organiniai peroksidai

Kriterijai

5.2 Klasės pavadinimas apima organinius peroksidus ir sudėtinius organinių peroksidų mišinius. Organiniai peroksidai – tai organinės medžiagos, turinčios divalentę –O-O- struktūrą, ir dėl to gali būti traktuojamos kaip vandenilio peroksido, kuriame vienas ar abu vandenilio atomai pakeisti organiniais radikalais, dariniai.

Savybės:

Organiniai peroksidai, esant normaliai ar aukštesnei už normalią temperatūrai, yra linkę egzotermiškai skilti. Skilimas gali būti inicijuotas šilumos, kontakto su priemaisomis (pvz., rūgštimis, sunkiųjų metalų junginiais, aminais), trinties arba smūgio. Skilimo greitis didėja kylant temperatūrai ir priklauso nuo organinio peroksido sudėties. Skilimo metu gali susidaryti kenksmingos ar liepsnios dujos arba garai. Kai kuriuos organinius peroksidus reikia vežti kontroliuojant temperatūrą. Kai kurie organiniai peroksidai skildami gali sukelti sprogingą, ypač uždaroje erdvėje. Ši savybė gali būti pakeista pridėjus tirpiklių ar naudojant tinkamą tarą. Dauguma organinių peroksidų intensyviai dega. Reikia vengti organinių peroksidų patekimo į akis. Kai kurie organiniai peroksidai, net ir po trumpo kontakto, stipriai sužaloja akies rageną arba pažeidžia odą.[1]

3.3.9 6.1 klasė- toksiškos medžiagos

Kriterijai

6.1 klasės pavadinimas apima medžiagas, apie kurias iš patirties žinoma arba atsižvelgiant į bandymų, atliktų su gyvūnais, rezultatus, numanoma, kad jos gali dėl vienkartinio arba pasikartojančios poveikio mažais kiekiais sukelti pavojų žmogaus sveikatai arba būti mirties priežastimi jų įkvėpus, prasiskverbus per odą ar jų nurijus.[1]

3.3.10 6.2 klasė- infekcinės medžiagos

Kriterijai

6.2 klasės pavadinimas apima infekcines medžiagas. Infekcinės medžiagos – tai tokios medžiagos, apie kurias žinoma arba yra pagrindo manyti, kad jos gali turėti patogeninių organizmų. Patogeniniai organizmai apibrėžiami kaip mikroorganizmai (įskaitant bakterijas, virusus, parazitus, grybelius) arba rekombinacinius mikroorganizmus (hibridai arba mutantai), apie kuriuos žinoma ar yra pagrindo manyti kad jie yra žmonių ir gyvūnų ligų sukėlėjai.

Infekcinės medžiagos skirstomos į rizikos grupes. Atsižvelgiant į rizikos laipsnį, kiekvienai rizikos grupei taikomi šie kriterijai:

4 rizikos grupė: patogeninis organizmas, paprastai sukeliantis sunkias žmonių ar gyvūnų ligas, tiesiogiai arba netiesiogiai lengvai vieno individo perduodamas kitam, prieš kurį paprastai nėra nei efektyvių gydymo metodų, nei efektyvių profilaktikos priemonių (t.y. organizmas, keliantis didelį pavojų individui ar jų grupei).

3 rizikos grupė: patogeninius organizmus, paprastai, sukeliantis sunkias žmonių ar gyvūnų ligas, bet įprastu būdu vieno individo kitam neperduodamas, ir prieš kurį yra efektyvių gydymo metodų ir profilaktikos priemonių.

2 rizikos grupė: patogeninis organizmas, galintis sukelti žmonių ar gyvūnų ligas, tačiau nėra labai pavojingas, ir prieš kurį, nors jis gali sukelti ūmią infekciją, yra efektyvių gydymo metodų ir profilaktikos priemonių, mažinančių infekcijos plitimo riziką.[1]

3.3.11 7 klasė- radioaktyvios medžiagos

Radioaktyvioji medžiaga – tai bet kokia medžiaga, turinti radionuklidų, kurios savitasis aktyvumas ir bendrasis krovinio aktyvumas viršija leistinas nurodytas reikšmes.[1]

3.3.12 8 klasė- ėdžios medžiagos

Kriterijai

8 klasei priskiriamos medžiagos ir gaminiai, turintys šios klasės medžiagų, kurie dėl savo cheminių savybių veikia epitelinį audinį – odą ar gleivinę – su kuriuo susiliečia taip pat medžiagos, kurios nutekėjimo atveju gali pažeisti ar sunaikinti kitus krovinius ar transporto priemones, ir taip pat kelti kitokį pavojų. Šiais klasei priskiriamos ir kitos medžiagos, kurios su vandeniu sudaro ėdžius skysčius arba esant natūraliai oro drėgmei sudaro įdžius garus ar rūką.[1]

3.3.13 9 klasė- įvairios pavojingos medžiagos ir gaminiai

9 Klasei priskiriamos medžiagos ir gaminiai, kurie vežimo metu kelia kitose klasėse nenurodytą pavojų.

Medžiagos, kurių smulkios dulkės įkvėpus gali kelti pavojų sveikatai, apima asbestus ir asbestų turinčius mišinius. Medžiagos ir aparatai, kurie gaisro atveju gali išskirti dioksidus. Medžiagos ir aparatai kurie gaisro atveju gali išskirti dioksidus apima: polichloruotus difenilus (PCD), polichloruotus terfenilus (PCT), polihalogenizuotus bifenilus, polihalogenizuotus terfinilus bei mišinius, turinčius šių medžiagų, o taip pat aparatus, pavyzdžiui, transformatorius, kondensatorius, bei įrengimus turinčius tokių medžiagų ar mišinių [1].

2. CISTERNŲ MEDŽIAGOS IR JŲ GAMYBA BEI KOMPLEKTAVIMAS

Autocisternos dažniausiai gaminamos iš nerūdijančio plieno lakštų arba aliuminio, kurie tarpusavyje yra suvirinami ir taip sudaro vientisą talpą. Suvirintos siūlės tikrinamos rentgenografiniu prietaisu. Papildomi patikrinimai atliekami naudojant prasiskverbiantį spalvotą skysčių, šie prasiskverbiantys spalvoti skysčiai naudojami: liukų, apsauginių įrengimų apkalų suvirinimams, vidiniai klojiniai ir klojinių išorės. Atlikus visų vidinių cisternos siūlių patikrinimą, atliekami sekantys darbai: cisternos padengimas termoizoliacine medžiaga poliuretanu arba akmens vata.



2.1 pav. Cisternos padengimas izoliacinėmis medžiagomis

Padengus cisterną termoizoliacine medžiaga dedamas antras išorinis sluoksnis iš plonos nerūdijančio plieno lakšto ir apgaubiamą visa cisterna. Norint sutvirtinti autocisternos siūles dedami papildomi žiedai ant išorinio nerūdijančio plieno sluoksnio suvirinimo siūlių.

Naudojant termoizoliacinę medžiagą poliuretaną galima pasiekti šiluminę varžą naudojant du kartus plonesnius termoizoliacinius sluoksnius nei naudojant kitas termoizoliacines medžiagas. Vientisas užpildas, tai galima pasiekti tik gaminant nepertraukiamu būdu su putų poliuretano užpildu, leidžiama išvengti šalčio tiltelių, kas būdinga naudojant kitus užpildus, gaminant atskirais blokais. Poliuretaną atsparus cheminių junginių poveikiui, biologiniai korozijai, jo neardo graužikai ir kiti kenkėjai. [9]

Europoje yra gana daug gamintojų, kurie specializuojasi visų tipų cisternų gamyboje, kiekvienas jų taiko naujausias technologijas ir pažangius metodus gamyboje. Tačiau vis didesnis dėmesys atkreipiamas į cisternų saugumą ir praktiškumą. Europoje vyrauja šie gamintojai: *Feldbinder*, *Stokota*, *Eurotank*, *L.A.G*, *Gmagyar*, *Vanhool*, *Parcisa* ir kiti smulkesnis gamintojai.



2.2 pav. Cisternos gamyba

Cisternas sudaro daugybė komponuočių, bei gausybė įrangos. Žemiau pateikiama maistinės *Feldbinder* cisternos *TSA 26.3 - 1 LM* komponuotė. Tokia cisterna gali būti komplektuojama su mechaniniais šildytuvais, skirtais kai kurių produktų šildymui, tam, kad lengviau juos būtų galima iškrauti.

1.1 lentelė

Rezervuaras	Cilindrinis slėginis indas pagamintas iš V2A nerūdijančio plieno.
Kameros	Viena kamera su dviem bangolaužiais.
Liukai	1x DN 500. 2x valymo angos DN 300.
Iškrovimas	Nerūdijančio plieno vožtuvas DN100 sumontuotas rezervuaro dugne, perdavimo linija jungianti priekį ir galą iš nerūdijančio plieno, diskinis vožtuvas DN100 su „milk“ antgaliu bei dangteliu.
Šildymas	2 bar slėgio šildymo sistema su keturiomis nerūdijančio plieno kaitinimo ritėmis ir šildymo jungtys karštam vandeniui ar garams.
Izoliacija	100mm, izoliacijos kuri susideda iš 50mm mineralinės vatos ir 50mm PU kietųjų putų.
Išorinis apvalkalas	Gerau poliruoto nerūdijančio plieno ir plastikinių detalių aplink visą rezervuarą.
Viršutinė	Viršutinė platforma iš 400mm pločio aliuminio, turėklai ir laiptai pagaminti iš

platforma	nerūdijančio plieno.
Važiuklė	3x 9 tonų diskinės stabdžių sistema su visais ašių agregatais, pneumatinė važiuklė sumontuota prie pagrindinio rėmo.
Padangos	6x 385/65 R22,5 su aliumininiais ratlankiais (<i>Alcoa</i>).
Stabdžiai	ABS ir EBS stabdžių sistema pagal ES reglamentus. Dviejuose ašyse veikiantis stovėjimo stabdis.
Bendra informacija	Dvi nerūdijančio plieno žarnos vežėjams, viena įrankių daiktadėžė, analoginiai termometrai, šoniniai atitvarai nuo palindinimo pagal ES reglamentus.
Svoris	Bendras svoris: 34.000 kg Cisternos svoris apytikslis: 5.850 kg Naudingas svoris apytikslis: 28.150 kg

Maistinių ir cheminių cisternų bendra komponuotė per daug nesiskiria, jos turi panašias iškrovimo ir pakrovimo sistemas, važiukles bei bendrą išvaizdą. Tačiau cisternos skirtos pervežti naftos produktus dėl savo produktų ir dažnesnio pakrovimo ir iškrovimo turi sudėtingas pneumatinės arba pneumo- hidraulinės pakrovimo ir iškrovimo sistemas.



2.3 pav. Nauja, katik iš *Stokota* gamyklos išriedėjusi, 5 sekcijų naftos produktams skirta autocisterna

2.1 Plienas AISI 321

Maisto pramonei ir neutraliems cheminiams produktams gaminamos cisternos dažniausiai naudojamas nerūdijantis plienas, kurio markė V2A arba AISI 321. Toks plienas pasižymi dideliu atsparumu vibracijai ir nuovarginiams procesams, puikiai saugo savo savybes aukštesnėje temperatūroje.

Naudojamas cheminėje pramonėje, maisto pramonėje, statyboje, reaktyvinių variklio dalių gamyboje, suvirinimo įrangoje, orlaivių išmetimo vamzdžiams gaminti.[]

AISI 321 cheminė sudėtis:

1.2 lentelė

Elementas	C,%	Fe,%	Cr,%	Ni,%	Mn,%	P,%	S,%	Si,%	Ti,%
Kiekis	0.08	68	18	11	2	0.045	0.03	1	0.15

AISI 321 mechaninės savybės

1.3 lentelė

Tempio jėga (MPa)	Takumas (MPa)	Pailgėjimas, %	Sumažėjimas, srityje %	Kietumas, HB	Elastingumo modulis, GPa	Šilumos laidumas W/m·K	Lydimosi temperatūra °C
585	240	45	55	150	193-200	16,1	1400-1425

2.2 Plienas AISI 316 Ti

Pavojingiems cheminiams produktams gaminamos cisternos dažniausiai naudojamas nerūdijantis plienas kurio markė V4A arba AISI 316 Ti. Toks plienas pasižymi dideliu valkšnumu, geresne temperatūros izoliacija. Ypatingai tinkamas procesuose kur naudojamos įvairiarūšės cheminės medžiagos dėl savo savybės nesugerti cheminių produktų.

Naudojamas cheminėje pramonėje, maisto pramonėje, statyboje, naudojamas netgi chirurgijoje.

AISI 316 Ti cheminė sudėtis:

1.4 lentelė

Elementas	C,%	Fe,%	Cr,%	Ni,%	Mn,%	Mo,%	Ti,%	P,%	S,%	Si, %
Kiekis	0.08	62	18	14	2	3	0.4	0,045	0.05	1

AISI 316 Ti mechaninės savybės

1.5 lentelė

Tempio jėga (MPa)	Takumas (MPa)	Pailgėjimas, %	Sumažėjimas, srityje %	Kietumas, HB	Elastingumo modulis, GPa	Šilumos laidumas W/m·K	Lydimosi temperatūra °C
580	290	50	55	79	193	16,3	1370-1400



2.4 pav. Autocisternos talpos ruošinys

2.3 Aliuminis Xtral 728 arba 5754 lydinys

Xtral 728 tai naujos kartos aukštos kokybės aliuminio lydinys, skirtas automobilinių cisternų gamybai, kurios perveža degalus ir naftos produktus. Tai specialus lydinys skirtas ADR kroviniams vežti (išskirtinai dyzelinui, benzinui, aviaciniam kurui ir kitiems skystiems kurams pervežti). Pasižymi didesniu stiprumu, ypatingai geru lankstumu bei suvirinimu, taipogi dideliu atsparumu korozijai ir aukšta paviršiaus kokybe. Pagrindinė jo savybė- labai aukšto grynumo aliuminio lydinys.

Xtral 728 arba 5754 cheminė sudėtis:

lentelė 1.6

Elementas	Si,%	Fe,%	Cu,%	Mu,%	Mg,%	Cr,%	Zn,%
Kiekis	0,4	0,4	0,1	0,5	2,6-3,6	0,3	0,2

Xtral 728 arba 5754 mechaninės savybės

lentelė 1.7

Tankis g/cm ³	Termin ė plėtra, μm/m- K.	Elektrin is laiduma s, %	Didžiaus ias įtempis, MPa	Kietumas, HB	Elastingumo modulis, GPa	Šilumos laidumas W/ m · K	Lydimosi temperatūra °C
2,67	23,7	33	330	79	69	130	660

2.4 Plienas S480 arba AISI 304

BS- EN 10025-4:2004 tai termochemiškai valcuotas suvirinamas smulkiagrūdis konstrukcinis plienas. ML - mechaninės charakteristikos (kritinė riba, apkrovai veikiant išilgai) kai temperatūra ne žemesnė kaip -50°C.

S460ML cheminė sudėtis:

1.8 lentelė

Elementas	C,%	Cr,%	Ni,%	Mn,%	Mo,%	Ti,%	Cu,%	P,%	S,%	Nb,%	Si, %
Kiekis	0.18	0,30	0,8	1,7	0,02	0,05	0.55	0,025	0.02	0,05	0,6

S460ML mechaninės savybės

1.9 lentelė

Tempi mo jėga (Mpa)	Takum as, (Mpa)	Pailgėji mas, %	Kietumas, HB	Elastingumo modulis, GPa	Šilumos laidumas W/ m · K	Lydimosi temperatūra °C
550	460	17	82	193	16,3	1370-1400

3. AUTOCISTERNŲ KONSTRUKCIJOS IR JŲ PATIKIMUMAS

3.1 Konstrukcijų savybės (cisternų plovimas ir jų įtaka)

Pagal konstrukcinį požiūrį visos cisternos yra labai panašios, tačiau kiekvienas krovinys reikalauja specifinių žinių ir gabenimo sąlygų. Viena iš būtinausių sąlygų yra cisternų švara talpyklos viduje. Kiekvieną kartą kraunantis vis kitą produktą reikalaujama plovimo sertifikato, kuris turi užtikrinti, kad prieš tai vežtas krovinys yra išplautas ir talpykla yra nepriekaištingai švari ir nesugadins sekančio krovinio. Tačiau kartais plovimo metu buvo blogai pašalintas senas produktas ir užpildyta talpykla kitu produktu. Neišvengiama cheminių reakcijų transportuojant cisterną, neatlikus plovimo ilgą laikotarpį, ypač karštuoju laikotarpiu, kai vežami tiršti ir kietėti galimybę turintys produktai. Nors cisternos gaminamos iš aukštos kokybės nerūdijančio plieno

Suskystintų dujų savybės

Suskystintos gamtinės dujos arba SGD – tai gamtinės dujos skystame pavidale. Kai jos yra atšaldomos iki $-161,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, kondensuojasi į skystį ir užima 600 kartų mažiau vietos (nei dujiniame pavidale), o tai leidžia išspręsti dujų transportavimo dideliais atstumais problemą. Dujos yra švariausias pasaulyje iškastinis kuras, bekvapės, bespalvės, netoksiškos ir nekorozinės. Priklausomai nuo radimvietės gamtinės dujas sudaro daugiau nei 90 % metano, taip pat etanas, propanas, azotas, sieros junginiai bei vanduo.

SND yra ypač degus suskystintų angliavandenilių mišinys, kuris aplinkos temperatūroje gali suformuoti sprogius oro ir angliavandenilinių mišinius. Įkvėpti SND angliavandeniliai žmogaus organizmą veikia kaip narkotikai, sukeldami nervų sistemos ir širdies veiklos sutrikimus, sudirgina kvėpavimo takus ir akis. Įkvėpus didelės koncentracijos dujų, dėl deguonies trūkumo, net per trumpą laikotarpį galima netekti sąmonės ar uždusti. Suskystintos dujos, patekusios ant odos ar į akis, dėl intensyvaus garavimo gali sukelti nušalimą. Aplinkos temperatūroje SND neturi savybių sudaryti toksiškų junginių su kitomis medžiagomis vandenyje ir ore. Avariniai nuotėkiai gali trumpam laikotarpiui užteršti dirvą, vandenį ir atmosferą bei ženkliai sumažinti deguonies koncentraciją aplinkos ore, ypač uždaroje erdvėje.

Degumas: Suskystintos naftos dujos yra ypač lengvai užsiliepsnojantis produktas, galintis sudaryti sprogius mišinius su oru. SND transportuojamos, sandėliuojamos ir naudojamos temperatūrose aukštesnėse už jų pliūpsnio temperatūrą. Būtina vengti visų atvirų ir potencialių liepsnos šaltinių. **Bendroji informacija:** Dujų nuotėkio atveju, jei saugu ir įmanoma tai padaryti, sustabdyti dujų nuotėkį. Dujų nuotėkio ir užsidegimo atveju, jei dujų nuotėkio sustabdyti neįmanoma, leisti joms išdegti, tuo pačiu metu vandens pusrū srove vėsinant tarą, įrangą ir aplinką. **Tinkamos**

gaisro gesinimo priemonės: Dideli gaisrai: Vandens pūslai, vandens rūkas, vandens garai arba putos. Maži gaisrai: Sausi milteliai arba anglies dioksido (CO₂) gesintuvas, sausas smėlis arba priešgaisrinės putos. Netinkamos gaisro gesinimo priemonės Nenaudoti vandens čiurkšlės. Negesinti putomis ir vandeniū to paties paviršiaus vienu metu, nes vanduo suardo putas. **Degimo produktai:** Anglies monoksidas, anglies dioksidas ir nesudegę angliavandeniliai (dūmai).

Specifiniai pavojai: SND dujinėje fazėje yra sunkesnės už orą, todėl žemose nevedinamose vietose gali susikaupti sprogios koncentracijos dujų ir oro mišiniai. Garai gali toli skliti ir sprogti. Degimo metu gali išsiskirti didelis kiekis toksiškų dujų - CO, CO₂. Balionai bei kiti indai, kuriuose gali būti laikoma medžiaga, gali sprogti veikiami gaisro, todėl vandens pūslais būtina vėsinti uždara tarą. Neleisti gaisro gesinimo metu susidariusioms nuotekoms patekti į drenažą bei vandentakius – nuotekos drenažinėse sistemose gali sprogti bei vėl užsidegti.

3.1.1 Tvarkymas ir sandėliavimas

Bendroji informacija: Būtina laikytis visų sprogiai aplinkai, degių produktų tvarkymui ir sandėliavimui taikomų reikalavimų. Suskystintoms naftos dujoms transportuoti turi būti naudojamos tam tinkamos specialios paskirties mobilios cisternos. Tvarkant ir sandėliuojant produktą, būtina imtis priemonių, siekiant išvengti jo išsiliejimo į kanalizaciją ar vandens telkinius. Užtikrinti saugius darbo metodus ir atitinkamą tvarką rizikai suvaldyti. Poveikio vietose turi būti uždrausta rūkyti, valgyti ir gerti. Medžiagos garai sunkesni už orą, todėl saugotis nuo jos kaupimosi žemesnėse ir uždaroose vietose. Siekiant išvengti nušalimų, neliesi plikomis rankomis šaltos armatūros, įrangos, balionų ir saugyklų su suskystintomis dujomis.



5.1 pav. Vilkikas su puspriekabe vežti suskystintoms dujoms

Rekomendacijos dėl saugaus tvarkymo: Užpildant mobilias cisternas ir jas išpilant, gali susidaryti elektrostatinis krūvis, todėl būtina imtis priemonių, apsaugančių nuo elektrosstatinės iškvovos, įrangą būtina įžeminti ir pritvirtinti. Krovos darbų vykdymo vietoje neturi būti potencialių užsidegimo šaltinių. Apsvarstyti, kokios techninės priemonės ir proceso modernizavimas (įskaitant automatiką) gali būti naudojami galimiems nuotėkams pašalinti. Siekiant sumažinti galimą poveikį, naudoti tokias priemones, kaip uždaros sistemos, tam skirta įranga ir tinkama bendroji, ištraukiamoji ventiliacija. Prieš imantis priemonių plitimui sustabdyti, nudrenuoti sistemas ir išvalyti perpumpavimo vamzdinius. Jei įmanoma, išvalyti, praplauti įrangą prieš jos remontą. Reguliariai tikrinti, išbandyti ir

prižiūrėti visas technines kontrolės priemones. Medžiagą naudoti tik gerai vėdinamose vietose. Vengti visų uždegimo šaltinių, oksiduojančių medžiagų, chloro ir vandenilio chlorido bei vandenilio fluoro. Vamzdynai bei įranga turi būti atspari galimam slėgiui. Naudoti atgalinius vožtuvus ar kitus apsauginius įtaisus atgaliniam srautui sustabdyti. Saugyklų, talpyklų vidaus įrangos valymo, apžiūros ir remonto darbus gali atlikti tik kvalifikuotas ir tinkamą įrangą turintis personalas, kaip nurodyta šalies, vietinės valdžios ar kompanijos nustatytose taisyklėse. Su tuščia tara elgtis atsargiai, nes joje likę dujos, garai gali būti degūs. Tara draudžiama slėgti, pjauti, virinti, lituoti, gręžti, šlifuoti. Taros praplovimo metu susidariusias nuotekas naikinti vadovaujantis vietiniais ir nacionaliniais reikalavimais.

Sandėliavimas: SND laikyti ir saugoti naudojamos specialios paskirties saugyklos, esančios saugiame atstume nuo potencialių užsidegimo šaltinių. Išfasuotas SND laikyti tik aprobuotuose induose, tam skirtose vėsiose ir gerai vėdinamose vietose. Priežiūros arba konservavimo darbams atlikti, tuščią tarą reikia prapūsti ir apsaugoti inertinėmis (pvz., azoto) dujomis. Saugyklas ir cisternas su SND reikia tinkamai pažymėti bei ant jų iškabinti įspėjamuosius plakatus, kaip nuorodas apie aparatų saugų eksploatavimą ir produkto sandėliavimą.

3.1.2 Fizikinės ir cheminės savybės

Bespalvis skystis - esant sandėliavimo sąlygų slėgiui. Bespalvės dujos - esant aplinkos slėgiui. SND turi nemalonią specifinę (merkaptanų) kvapą dėl produkte esančių junginių.

Svarbi informacija apie saugą:

pH - Informacija nereikšminga.

Distiliacijos temperatūrų intervalas - nuo -45 °C iki 0 °C.

Pliūpsnio temperatūra - žemesnė kaip minus 60 °C.

Sprogumo koncentracija ore (esant 20 °C) - 1,6 ÷ 9,5 % tūrio.

Tankis, esant 15 °C ir sandėliavimo slėgiui - 520 ÷ 580 kg/m³.

Garų tankis, lyginant su oru - 1,4 ÷ 2,0.

Garų slėgis manometrinis, esant 40 °C - 400 ÷ 1500 kPa.

Tirpumas- vandenyje netirpsta, tirpsta šviesiuose naftos produktuose.

3.2 Metalų parinkimo ir ilgiamžiškumo įtaka

Nuovargis:

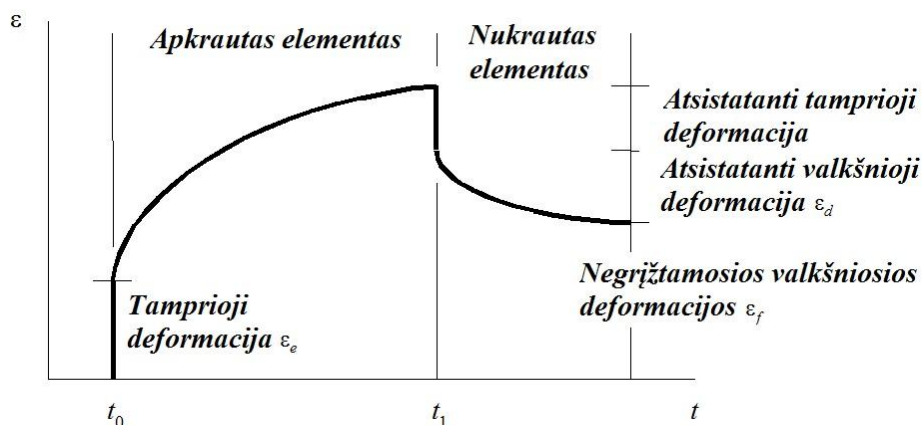
Eksploatuojant konstrukcijas išryškėjo, kad medžiagose ilgainiui atsiranda pažeidimų, kurie sukelia konstrukcijos irimą. Šie pažeidimai kaupiasi palaipsniui ir priklauso nuo medžiagų savybių, įtempių kitimo laikui bėgant dydžio, pobūdžio, deformavimo ir aplinkos sąlygų. Šie pažeidimai pirmiausiai prasideda mikrotūriniuose kristaluose ir tarp kristalų, tik vėliau virsta makropažeidimais – dideliais plyšiais, kurie galutinai suardo kūnus.

Mechaninių eksploatacijos metu pastebima, kad 75 % konstrukcijų suyra dėl medžiagų nuovargio. Tai ypač pavojinga konstrukcijoms, kuriose gausu įtempių koncentracijos židinių – staigių skerspjuvių pasikeitimų, nuožulnų, skylių, įpjovų ir kt.

Laikui bėgant kintantys įtempiai bendruoju atveju nėra dėsningi, tačiau tiriant nuovargį pirmiausiai nagrinėjami cikliški įtempiai. Įtempių parametrai, su kuriais susiduriame esant kintamam apkrovimui, yra šie: įtempių ciklas – apkrovimo trukmė, per kurią apkrova savo dydžiu grįžta į pradinę padėtį ir dažnai vadinama periodu. [5]

Valkšnumas:

Daugelis inžinerinių konstrukcijų dirba normalių temperatūrų sąlygomis ir medžiagos nepatiria temperatūros poveikio, todėl jų mechaninės savybės bėgant laikui kinta mažai. Tačiau konstrukcijų, kurios yra veikiamos aukštų temperatūrų, pavyzdžiui, elektrinių garo generatorių, vamzdynų sistemų, viršgarsinių lėktuvų konstrukcijų, chemijos pramonės įrenginių, mechaninės savybės ilgainiui kinta. Ryškiai keičiasi tasių (polimerinių) medžiagų savybės ne tik pakėlus temperatūrą, bet ir normaliomis darbo sąlygomis. Taigi tas procesas, kai, esant pastovioms apkrovoms, deformacijos ilgainiui kinta, yra vadinamos valkšnumu. Paprastai metalų valkšnumas ima reikštis aukštų temperatūrų srityje, o tasiai tamprųjų polimerų (kompozitų) medžiagų tamprumas – net ir kambario temperatūroje. Metalų valkšnumas pradeda ryškėti, esant $0,3T_m$ (T_m lydimosi temperatūra), o tampa labai ryškus esant $0,5 T_m$. [6]



4.1 pav. Valkšnumo kreivė

Kaip matyti iš kreivės valkšnumo deformacijos didėjimas laikui bėgant priklauso nuo įtempimų dydžio. Pradinė stadija, esant įvairiems įtempimų dydžiams, yra greito deformacijų didėjimo stadija. Vėliau valkšnumas išlieka pastovus ir ši stadija ilgiau trunka, esant mažiems įtempimams, o trumpiau dideliems. Trečioji pakopa vėl yra spartaus valkšnumo didėjimo stadija. Valkšnumo kreivės labai panašios į nuovargio irimo kreives. Esant įvairioms temperatūroms, gaunamos skirtingos kreivių šeimos.

Žemiau pateikiamos *Eurotank* gamybos 1996 metų gamybos cisterna, vežiojanti aviacinį kūrą (JET A-1) Lietuvoje. Eilinio patikrinimo metu buvo aptiktas įtrūkimas ant autocisternos rėmo. Atliekant detalesnę apžiūrą rasta žymiai daugiau įtrūkimų. Visas autocisternos rėmas yra pagamintas iš aliuminio lydinio ir turi daug suvirinimo siūlių. Įtrūkimai atsirado tose vietose, kuriose cisternos konstrukcija yra prisukta varžtai prie puspriekabės konstrukcijos. Galime daryti preliminarią išvadą, kad toki pažeidimai atsirado dėl ilgo eksploatavimo (20 metų). Per tokį ilgą laiką kaip ir daugumai



4.2 pav. Autocisternos rėmo pažeidimai dėl nuovarginio proceso

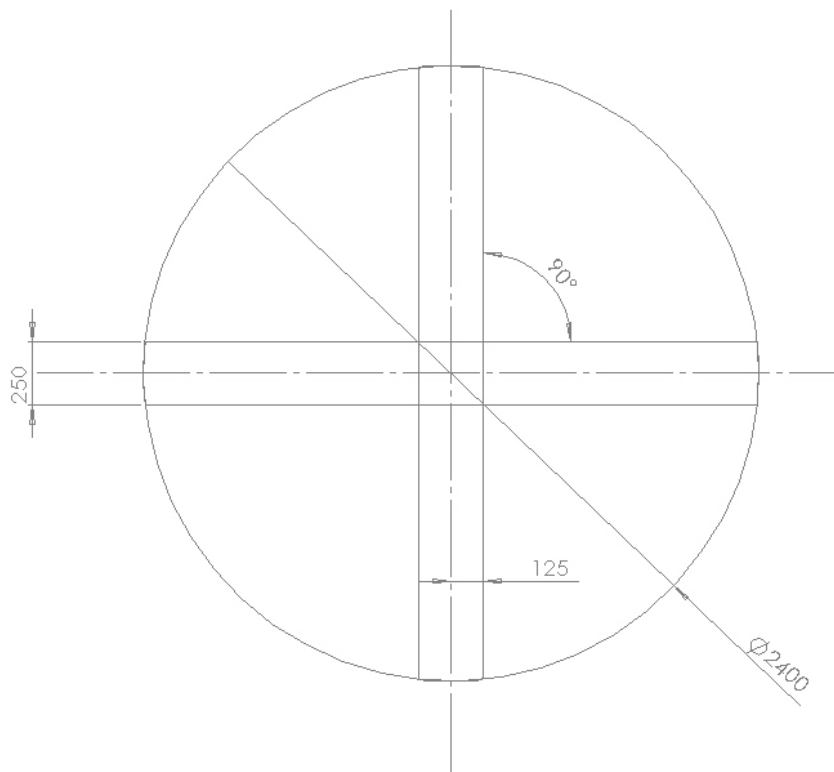
konstrukcijų pasireiškė nuovarginis efektas.

3.2 Ekonominiai palyginimai ir skaičiavimai

Kadangi visame darbe atsispindi autocisternų bangolaužių tipai, jiems keliami reikalavimai, jų konstrukcijos ir kita svarbi informacija, todėl ekonominėje dalyje pateikiami preliminarūs skaičiavimai, kiek gali kainuoti ir kokios savybės turės viena ar kita bangolaužių konstrukcija.

Pirmasis bangolaužis tai gana paprastos konstrukcijos- sudarytas iš dviejų elementų tarpusavyje sujungtų suvirinimo siūlėmis. Prie sienelių, taip pat, sujungtas suvirinimo siūlėmis. Visoje

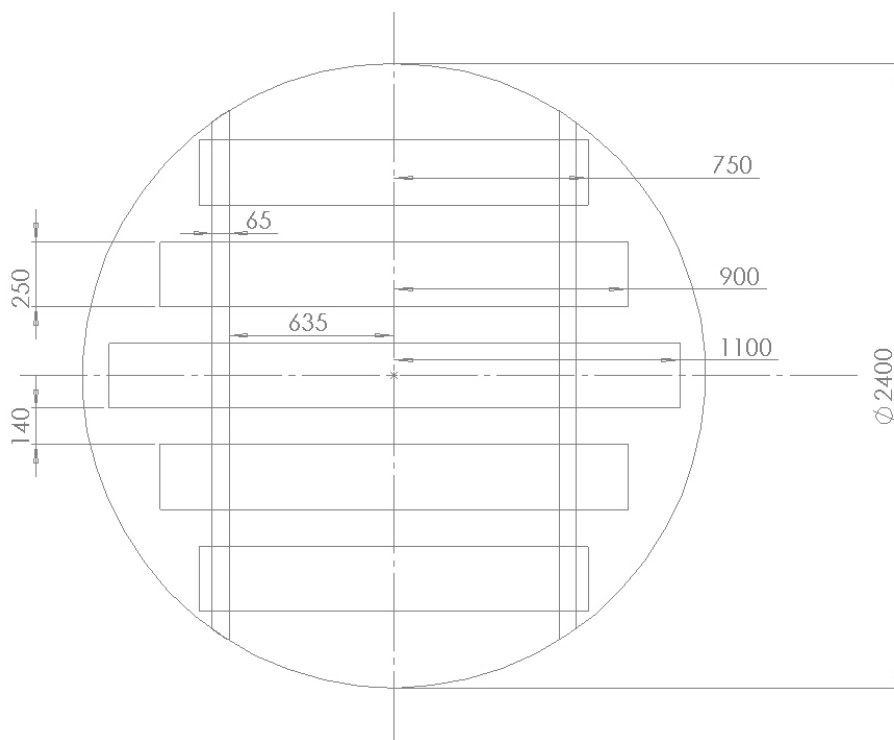
cisternoje yra penki toki bangolaužiai. Žemiau pateikiama principinė bangolaužio schema su išmatavimais ir lentelė su charakteristikomis.



4.3 pav. Bangolaužio Nr. 1 principinė schema

Kiekvienas bangolaužis pagamintas iš aukštos kokybės 2400x250x10 aliuminio. Vieną bangolaužį sudaro ~1,14 m², jo svoris ~3,35 kg. Viso penkiems bangolaužiams reikės ~5,7 m² ir jo svoris bus ~156 Kg. Mažmeninė aukštos kokybės aliuminio, tinkamo tokiai eksploatacijai, kaina yra ~6,25 eur/kg . Darant prielaidą, kad gaminant bangolaužius bus daromi pjūviai ir panašiai pridedama 5% atsarga aliuminio kiekiui. Viso bus reikalinga- 6m², 165 kg ir jo kaina bus 1031.25 eur.

Antrasis bangolaužis- sudėtingos konstrukcijos, sudarytas iš penkių skirtingų elementų, prisuktų varžtais prie cisternoje jau esančios konstrukcijos. Žemiau pateikiama principinė bangolaužio schema su išmatavimais ir lentelė su charakteristikomis.

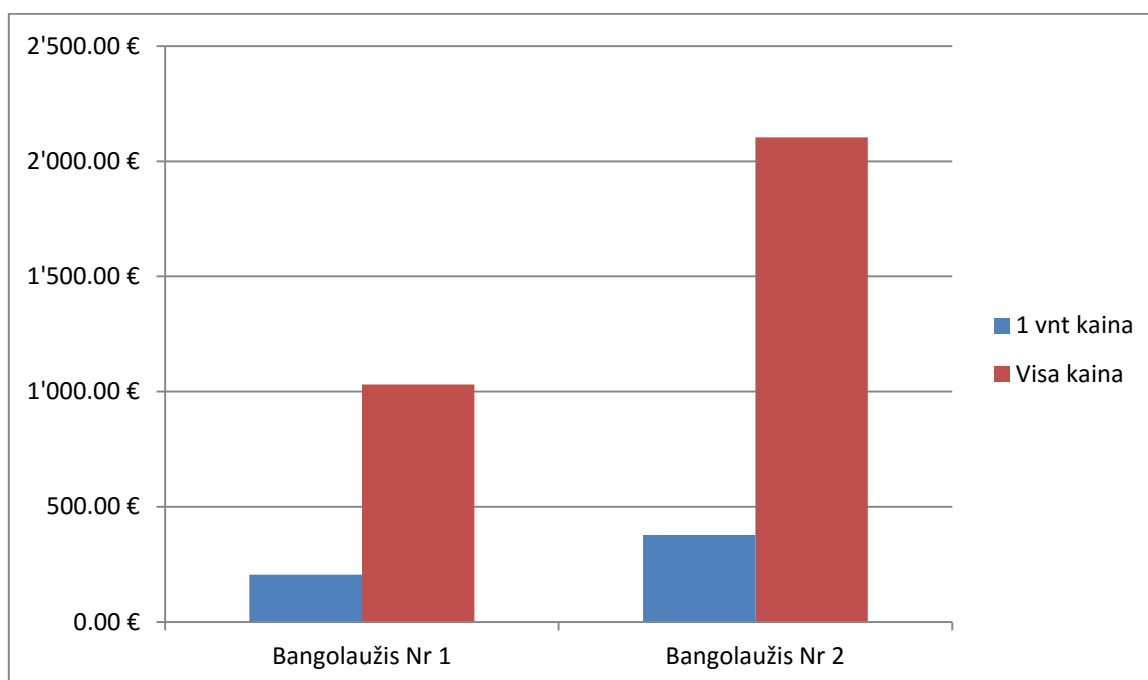


4.4 pav. bangolaužio Nr. 2 principinė schema

Kiekvienas bangolaužis pagamintas iš aukštos kokybės 2400x250x10 aliuminio. Vieną bangolaužį sudaro $\sim 2,2 \text{ m}^2$, jo svoris $\sim 60,5 \text{ kg}$. Viso penkiems bangolaužiams reikės $\sim 11 \text{ m}^2$ ir jo svoris bus $\sim 302 \text{ Kg}$. Mažmeninė aukštos kokybės aliuminio, tinkamo tokiai eksploatacijai, kaina yra $\sim 6,25 \text{ eur/kg}$. Darant prielaidą, kad gaminant bangolaužius bus daromi pjūviai ir panašiai pridedama 5% atsarga aliuminio kiekiui. Iš viso bus reikalinga $11,55 \text{ m}^2$, 317 kg ir jo kaina bus $1981,25 \text{ eur}$. Tvirtinimui bus reikalingi M12x40 10.9 klasės varžtai, M12 veržlės ir M12 poveržlės. Vienam bangolaužiui reikalinga 30 vienetų varžtų, 30 vienetų veržlių ir 60 vienetų poveržlių. Varžto kaina 0,53 euro už vienetą; Veržlės kaina 0,21 eur; poveržlės 0,02 eur. Viso tvirtinimo detalės vienam bangolaužiui kainuos: 23,4 eur (varžtai 15,9 eur, veržlės 6,3eur, poveržlės 1,2 eur).

Žemiau pateikiama lentelė 1.6 ir diagrama. Lentelėje nurodomi kiek kainuos medžiagos bei komplektuojančios detalės. Išskiriama vieno bangolaužio kaina ir visų bangolaužių kaina. Vienoje cisternoje turime penkis bangolaužius, todėl esant reikalui ar būtinybei galima keisti bangolaužių skaičių pagal konstrukciją.

Medžiagos	Bangolaužis Nr. 1			Bangolaužis Nr. 2		
	Kiekis visas	Vieno bangolaužio kaina	Penkių bangolaužių kaina	Kiekis visas	Vieno bangolaužio kaina	Penkių bangolaužių kaina
Metalas (Al)	165 kg	206,25 Eur	1031,25 Eur	317 kg	378,13 Eur	1981,25 Eur
Varžtai	-	0Eur	0Eur	150 vnt	15,9 Eur	79,5 Eur
Veržlės	-	0Eur	0Eur	150 vnt	6,3 Eur	31,5 Eur
Poveržlės	-	0Eur	0Eur	300 vnt	1,2 Eur	6,0 Eur
VISO			1031,25 Eur			2104,25 Eur



4.5 pav. Kainų palyginimo grafikas

Išvados:

Iš grafiko ir pateiktos lentelės matyti, kad antro numerio bangolaužis yra 2,05 karto brangesnis. Brangesnė kaina šiuo atveju nulemia geresnius eksploataavimo ir tarnavimo laikus. Šiam bangolaužiui reikia daugiau metalo, bei jo tvirtinimą sudaro varžtiniai sujungimai kurie apima 5,5% bendros sumos tai yra 117 eur. Ekonominiu atžvilgiu labiau apsimoka naudoti pirmąjį variantą, tačiau antrasis variantas yra gerokai ilgaamžiškesnis ir patvaresnis. Todėl šiuo atveju kokybė nugalė kaina.

4. ANALITINIS AUTOCISTERNOS JUDĖJIMO PARAMETRŲ TYRIMAS

4.1 Hidrauliniai bandymai ir patikros

Visus slėginius indus privaloma prižiūrėti nustatyta tvarka. Tokią tvarką nustato Lietuvos respublikos ūkio ministerija. Pagrindinis dokumentas SLĖGINIŲ INDŲ NAUDOJIMO TAISYKLĖS DT 12-02. Šios taisyklės apibrėžia visų slėginių indų priežiūrą, sandėliavimą ir periodinę patikrą ir taisykles.

Techninės būklės tikrinimas- Indų savininkas privalo pasirūpinti, kad laiku būtų atliekami šiose taisyklėse nurodytų indų techninės būklės tikrinimai:

- veikiančio indo patikrinimas;
- vidaus bei išorinė apžiūra;
- hidraulinis bandymas.

Indų techninės būklės tikrinimų apimtis, metodai ir periodiškumas nustatomi pagal gamintojų nurodymus arba indų techniniai patikrinimai atliekami vadovaujantis šiomis taisyklėmis ir atsižvelgiant į indų naudojimo patirtį. Registruojamų indų techninė būklė vertinama pagal įgaliotos įstaigos parengtą indų techninės būklės vertinimo metodiką.

Mobiliųjų (cisternų, konteinerių, pakuočių ir pan.) slėginių indų techninė būklė tikrinama atsižvelgiant į pavojingų krovinių vežimo daugiašalių tarptautinių susitarimų (Europos sutartis dėl pavojingų krovinių tarptautinių vežimų keliais (ADR), Pavojingų krovinių pervežimo tarptautiniu geležinkeliu taisyklės (RID)) nuostatas. [3]

Indų techninė būklė tikrinama:

Prieš pradėdant sumontuotą indą naudoti – vidaus bei išorinė apžiūra, hidraulinis bandymas, po to veikiančio indo patikrinimas.

Naujai sumontuotų indų techninė būklė tikrinama prieš juos įregistruojant Potencialiai pavojingų įrenginių valstybės registro tvarkymo įstaigoje. Tais atvejais, kai gamintojas atliko reikiamas atitikties įvertinimo procedūras, deklaravo indo atitiktį, paženklino CE ženklu ir iš pateiktų techninių dokumentų galima spręsti, kad indas atitinka jam taikomo Slėginių įrenginių techninio reglamento reikalavimus, indo vidaus bei išorinė apžiūra, hidraulinis bandymas prieš leidžiant jį dirbti neatliekamas, jeigu nepažeista jo konstrukcija, izoliacija bei dangos sluoksniai, taip pat nėra gamintojo reglamentuotų jo saugojimo terminų ir sąlygų pažeidimų. Šiuo atveju įgaliotos įstaigos ekspertas, išnagrinėjęs indo sumontavimo projektą, techninius dokumentus (pasą) ir patikrinęs veikiančią indą, nustato kitą techninio patikrinimo datą;

Registruojamų indų periodinius techninės būklės tikrinimus įgaliotos įstaigos ekspertas atlieka indų gamintojo nustatytais terminais arba periodiniai patikrinimai atliekami 1 lentelėje nurodytais terminais. [3]

Mobiliųjų registruojamų indų (cisternų, konteinerių, pakuočių ir pan.) periodiniai techninės būklės tikrinimai atliekami terminais, nurodytais Europos sutartyje dėl pavojingų krovinių tarptautinių vežimų keliais (ADR) ar Pavojingų krovinių pervežimo tarptautiniu geležinkeliu taisyklėse (RID).

1.7 lentelė

Indų klasė	Didžiausia leidžiamojo slėgio ir tūrio sandauga, bar x l	Talpa, l	Periodinis indų techninės būklės tikrinimas	
			veikiančio indo patikrinimas	vidaus ir išorinė apžiūra
Pirmoji	$P_s \times V > 500$	$V > 25$	kas 2 metai	kas 4 metai
Antroji	$P_s \times V > 10000$	$V > 1000$	kas 2 metai	kas 8 metai

Remiantis indų naudojimo patirtimi, atlikus tyrimus ar kitaip įrodžius, kad neįmanoma sukelti indų korozijos, erozijos arba mechaninio nusidėvėjimo, vidaus ir išorinių apžiūrų periodas gali būti nustatytas pagal likusį skaičiuotiną indo naudojimo resursą. Skaičiuotinis indo naudojimo resursas nustatomas pagal atliktus indo elementų storio matavimus, įvertinant korozijos greitį ir atsižvelgiant į indo stiprio skaičiavimo rezultatus. Nustatant atskirų indų, kuriuos eksploatuojant veikia cikliškos apkrovos, aukšta temperatūra, vandenilio terpė ir pan., darbo resursą turi būti atsižvelgiama į ciklų skaičių, atidirbtą laiką bei terpės poveikį. Techninės būklės tikrinimų periodiškumas neturi būti didesnis už pusę skaičiuotinio indo naudojimo resurso, bet ne retesnis kaip kas 10 metų. Tai turi būti įforminta atitinkamu bendru įgaliotos įstaigos ir indo savininko dokumentu.

Indų, kuriems pasibaigė gamintojo nustatytas darbo ciklų skaičius arba jų naudojimo resursas, taip pat tų, kuriuose buvo nustatyti gamybos normų neleidžiami arba naudojimo metu atsiradę defektai, kurių padarinius be papildomų tyrimų sunku įvertinti, tolesnio naudojimo pratęsimo klausimą sprendžia įgaliota įstaiga kartu su indo savininku, remdamiesi atliktais tyrimais, skaičiavimais ir bandymais. Jeigu naudojimo metu nustatomi anksčiau nepastebėti gamybos ir montavimo defektai, naudojimo instrukcijose nurodytų indų darbo režimų (temperatūros, slėgio) pažeidimai, gaunama informacijos apie kitų savininkų panašaus tipo įrenginių avarijas, defektus, indo savininkas kartu su įgaliota įstaiga sprendžia klausimą apie tolesnę indo naudojimo galimybę ir sąlygas.

Veikiančio indo patikrinimo metu turi būti įsitikinama:

- ar indus prižiūri pakankamos kvalifikacijos asmenys, kaip vykdomos indų naudojimo instrukcijos;
- ar pašalinti ankstesnių patikrinimų metu nustatyti trūkumai;
- ar reikiamai įforminti remonto dokumentai (jei remontai buvo atliekami);
- ar patikimai veikia slėgio ribojimo ar reguliavimo ir saugos įtaisai;

- ar tinkama flanšinių sujungimų, tvirtinimo detalių ir atramų būklė;
- ar tinkama armatūros, signalinių įtaisų, kontrolės ir matavimo prietaisų būklė;
- ar tinkama izoliacijos, dangų ir bendra indų būklė.

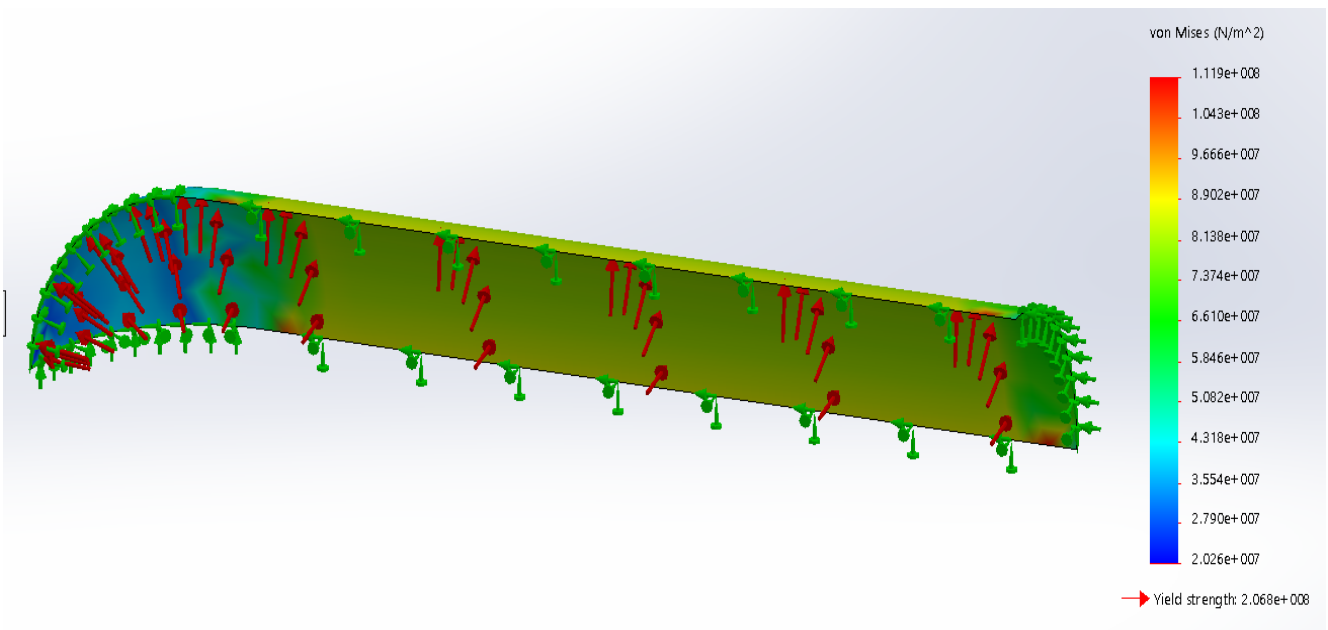
Indų vidaus ir išorinės apžiūros atliekamos indus paruošus apžiūroms, atjungus juos aklėmis nuo veikiančių vamzdynų ir ant aklių iškabinus plakatus „Aklė“. Indų paviršiai turi būti nuvalomi metaliniu šepėčiu, smėlio srove, nušlifuojami arba kitaip paruošiami [3].

4.1.1 Hidraulinio bandymo skaičiavimai

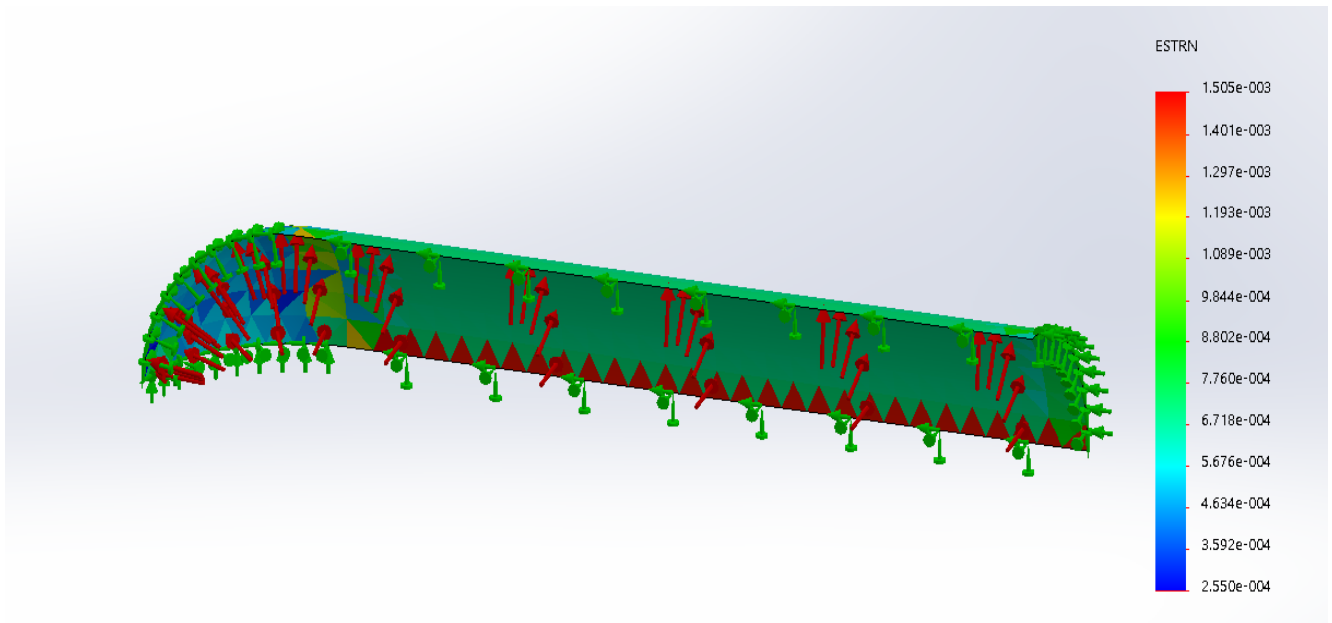
Autocisternos hidraulinio bandymo apkrovų skaičiavimas

Solidworks aplinkoje sumodeliuojama tūrinės cisternos talpa kurios ilgis 13,5m, skersmuo-2,4m, storis 0,01m. *Solidworks simulation* aplinkoje paimamas tik 1/4 visos cisternos sienelės dėl paprastesnio skaičiavimo ir su „*symmetry fixture*“ įtvirtinimo komanda sumaketuojamas bandymas. Jo metu į visas sienes iš vidaus užduodamas darbinis 2,0 MPa slėgis.[4]

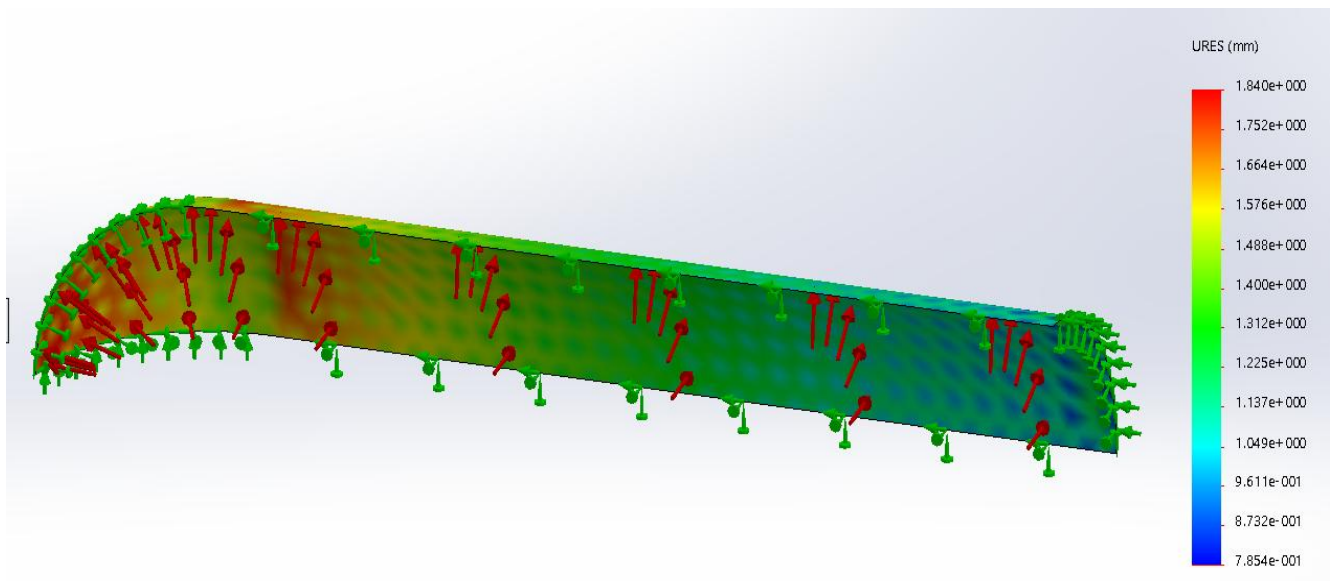
Solidworks simulation rezultatai:



5.2 pav. Stiprumo rezultatai



5.3 pav. Įtempių rezultatai



5.4 pav. Poslinkių rezultatai

Gavus rezultatus galime teigti, kad darbinis slėgis pilnai tenkina mūsų suprojektuotos cisternos stiprumą, poslinkiai yra minimalūs, o įtempiai nedideli.

4.2 Teoriniai judėjimo skaičiavimai

4.2.1 Masės centro radimas trim skirtingais atvejais

Mūsų nagrinėjamo transporto svorio centras bus skaičiuojamas trimis etapais- esant pilnai cisternai suskystintų dujų 100 % tūrio, esant daliniam kroviniui 75 % tūrio ir esant 50 % tūrio kroviniui. Tokie cisternos užpildymo modeliai pasirinkti neatsitiktinai, kadangi esant 100 % užpildymui produktas praktiškai neturi galimybės judėti cisternoje, todėl viduje esantys bangolaužiai nebūna apkrauti didelėmis apkrovomis, bei cisterna ir vilkikas gali važiuoti tolygiau. Esant 50 % teoriškai judantis skystis turėtų sukelti didžiausią poveikį, kadangi mažiau nei 50 % užpildyto tūrio skysčio sukuriama jėga turėtų mažėti. Įdomumo dėlei bus nagrinėjamas ir 75 % tūrio užpildymo atvejis. Skaičiavimams naudojamas supaprastintas standartinis modelis atsižvelgiant į tai, kad gali skirtis cisternų bei automobilių svoriai, bei dydžiai parenkami optimalūs matmenys ir svoriai. Su programa *MASI* atliekami preliminarūs skaičiavimai. [7]

Teoriškai priimame, kad nuosavas vilkiko svoris yra 8300 kg, cisternos svoris 10000 kg, o maksimalus krovinio svoris yra 29000 kg. Todėl bendras svoris tenkantis vilkui ir cisternos ašims yra 39000 kg. Jis pasiskirsto taip: 27000 kg ant trijų cisternos ašių ir 12000 kg ant vilkiko balno.

Žemiau pateikiami 3 variantų schematiniai modeliai su masės centro skaičiuotėmis ir jų apytiksle vieta schemeje.

- 100 % užpildyta cisterna.

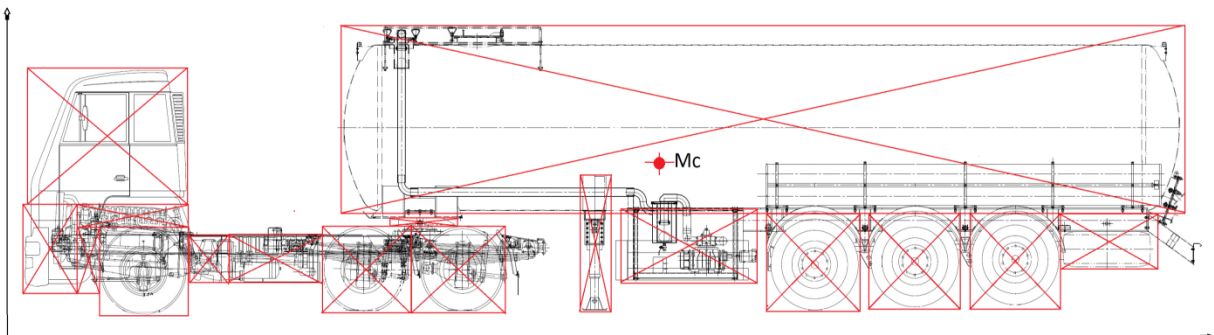
MAS1 rezultatai:

Bazė, mm	Masė kg	Atstumas nuo buferio iki priekinės ašies, mm
1939	47400	1500

Rezultatai		
Masė, kg	47400	
Xc, mm	8252,3	
Zc, mm	1588,5	
a, mm	6752,3	
b, mm	-4813,3	
bazė l, mm	1939	
hc, mm	1588,5	
R1, N %	-1154278,3	-248,2
R2, N %	1619272,3	348,2

Nr.	Agregatas			
	Pavadinimas	masė, kg	x, koordinatė, mm	z, koordinatė, mm
1	Vairuotojas	100	1350	1880
2	Radiatorius	100	300	640
3	Variklis	800	850	650
4	Greičių dėžė	600	2650	500
5	Kėbulas I	1100	1360	1850
6	Rėmas sunkvežimio	2300	2900	314
7	Galinė ašis ir ratai	2200	4400	610
8	Priekinė ašis ir ratai	900	1500	610
9	Balnas	300	4300	1100
10	Puspriekabės kojos	150	6700	650
11	Daiktadėžės	940	6900	610
12	I ašis	700	10400	629
13	II ašis	700	11720	629
14	III ašis	700	13040	629
15	Cisterna su krovinium	35750	9400	1880
16	atsarginis ratas	60	1400	700
17				

5.5 pav. MAS1 aplinka kai užpildyta 100 % tūrio



5.6 pav. Masės centro schema kai užpildyta 100 % tūrio

- 75 % užpildyta cisterna.

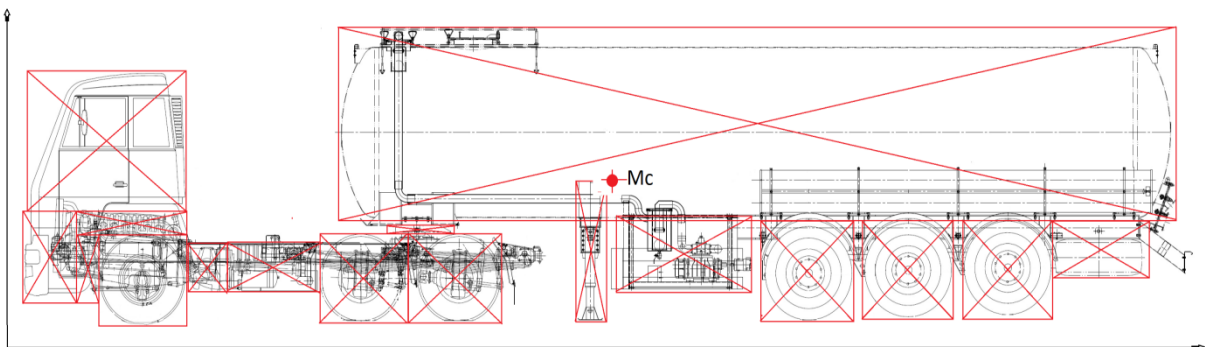
MAS1 rezultatai:

Bazė, mm	Masė, kg	Atstumas nuo buferio iki priekinės ašies, mm
1939	40150	1500

Rezultatai		
Masė, kg	40150	
Xc, mm	8045,0	
Zc, mm	1535,8	
a, mm	6545,0	
b, mm	-4606,0	
bazė l, mm	1939	
hc, mm	1535,8	
R1, N %	-935628,9	-237,5
R2, N %	1329500,4	337,5

Nr.	Agregatas			
	Pavadinimas	masė, kg	x, koordinatė, mm	z, koordinatė, mm
1	Vairuotojas	100	1350	1880
2	Radiatorius	100	300	640
3	Variklis	800	850	650
4	Greičių dėžė	600	2650	500
5	Kėbulas I	1100	1360	1850
6	Rėmas sunkvežimio	2300	2900	314
7	Galinė ašis ir ratai	2200	4400	610
8	Priekinė ašis ir ratai	900	1500	610
9	Balnas	300	4300	1100
10	Puspriekabės kojos	150	6700	650
11	Daiktadėžės	940	6900	610
12	I ašis	700	10400	629
13	II ašis	700	11720	629
14	III ašis	700	13040	629
15	Cisterna su krovinium	28500	9400	1880
16	atsarginis ratas	60	1400	700
17				

5.7 pav. MAS1 aplinka kai užpildyta 75 % tūrio



5.8 pav. Masės centro schema kai užpildyta 75 % tūrio

- 50 % užpildyta cisterna.

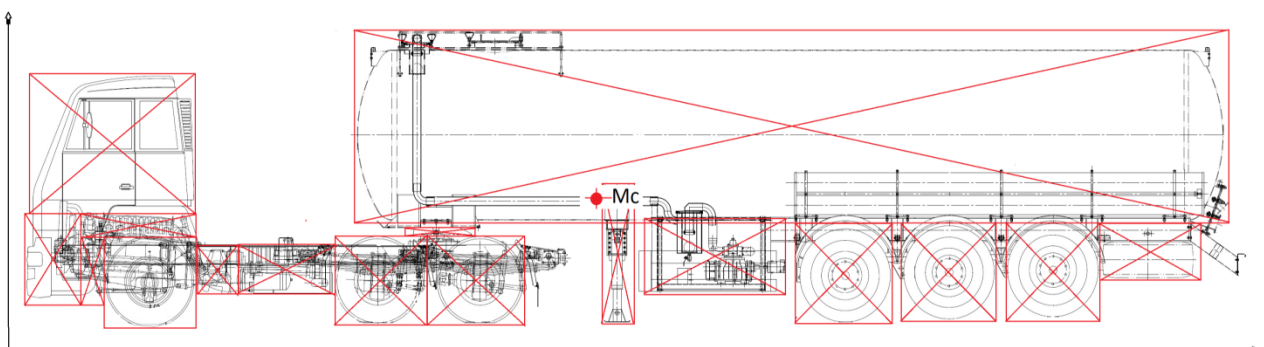
MAS1 rezultatai:

Bazė, mm	Masė kg	Atstumas nuo buferio iki priekinės ašies, mm
1939	32900	1500

Rezultatai		
Masė, kg	32900	
Xc, mm	7746,4	
Zc, mm	1460,0	
a, mm	6246,4	
b, mm	-4307,4	
bazė l, mm	1939	
hc, mm	1460,0	
R1, N %	-716979,5	-222,1
R2, N %	1039728,5	322,1

Nr.	Agregatas			
	Pavadinimas	masė, kg	x, koordinatė, mm	z, koordinatė, mm
1	Vairuotojas	100	1350	1880
2	Radiatorius	100	300	640
3	Variklis	800	850	650
4	Greičių dėžė	600	2650	500
5	Kėbulas I	1100	1360	1850
6	Rėmas sunkvežimio	2300	2900	314
7	Galinė ašis ir ratai	2200	4400	610
8	Priekinė ašis ir ratai	900	1500	610
9	Balnas	300	4300	1100
10	Puspriekabės kojos	150	6700	650
11	Daiktadėžės	940	6900	610
12	I ašis	700	10400	629
13	II ašis	700	11720	629
14	III ašis	700	13040	629
15	Cisterna su kroviniu	21250	9400	1880
16	atsarginis ratas	60	1400	700
17				

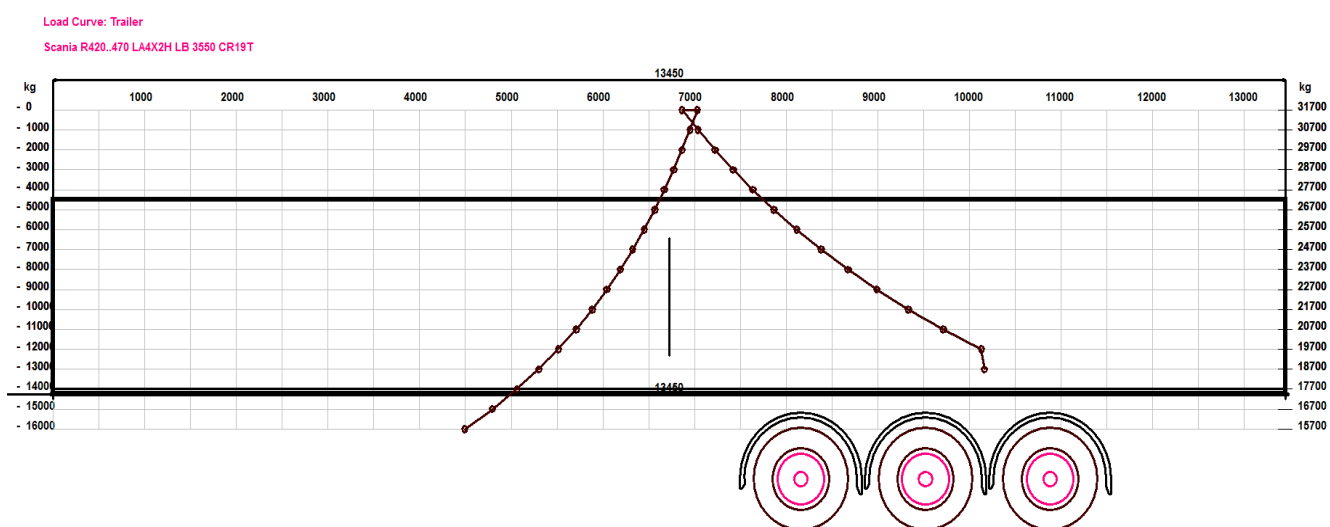
5.9 pav. MAS1 aplinka kai užpildyta 50 % tūrio



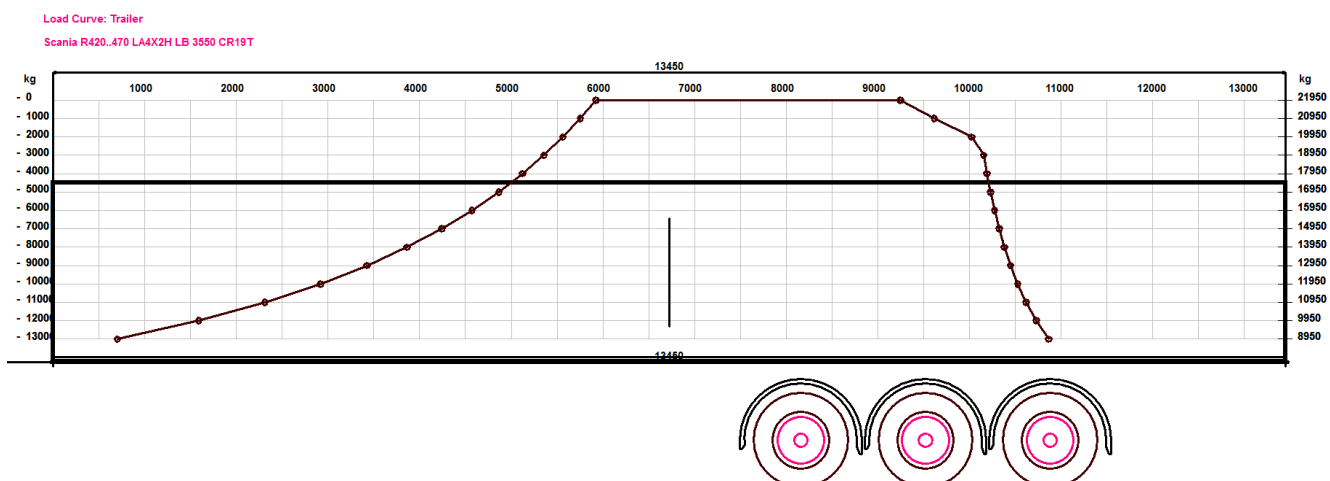
5.10 pav. Masės centro schema kai užpildyta 50 % tūrio

Užpildymas, %	X_c , mm	Z_c , mm
100	8252	1588
75	8045	1535
50	7746	1460

Su *TrailerWin* programa imituojamas viliko ir autocisternos su krovinio apkrova, tris variantus.

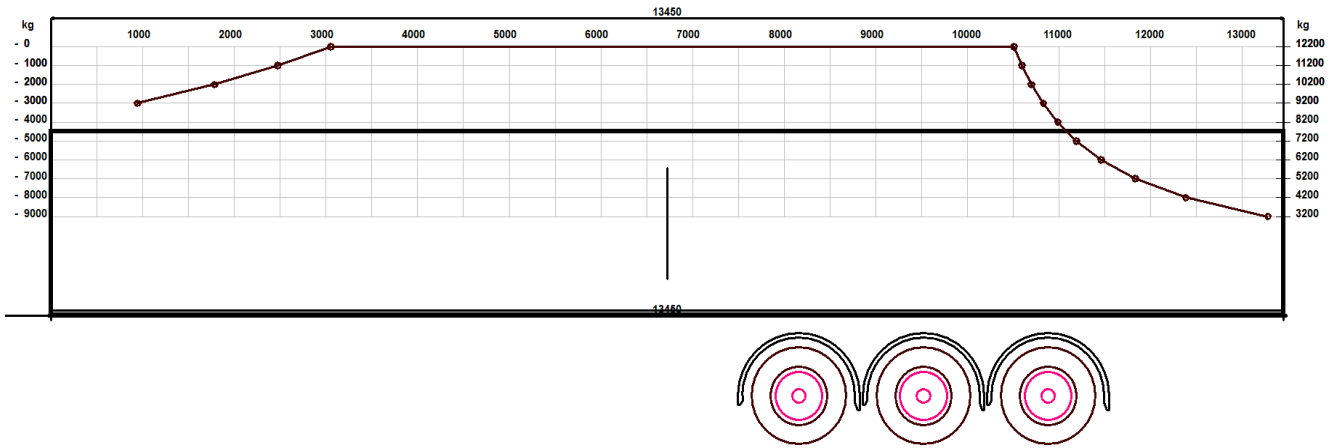


5.11 pav. Cisternos svorio apkrova kai pakrauta 100 %



5.12 pav. Cisternos svorio apkrova kai pakrauta 75 %

Load Curve: Trailer
Scania R420..470 LA4X2H LB 3550 CR19T



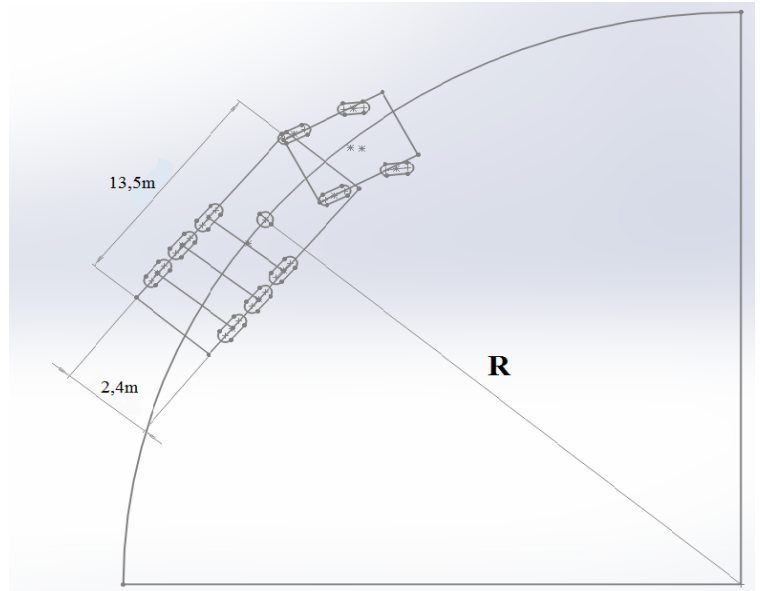
5.13 pav. Cisternos svorio apkrova kai pakrauta 50 %

4.3 Vilkiko su puspriekabe judėjimas posūkyje ir stabdymas

Sunkiems automobiliams stabdyti neužtenka vien vairuotojo kojos išvystomos jėgos, todėl mechaninės perdavimo sistemos ją turi padidinti. Taigi, ratų stabdžių sistemoms naudojama papildoma pneumatinė sistema su suslėgto oro rezervuarais. Vairuotojas tikrai valdo stabdymo procesą, reikalinga stabdymo jėga gaunama panaudojant suslėgtą orą, kuris tiekiamas iš kompresoriaus, sukamo vidaus degimo variklio. Dažniausiai naudojama dviejų kontūrų stabdžių sistema. Puspriekabės stabdymo jėgą priklauso nuo to kokio svorio yra vežamas kroviny.

Šiame skyrelyje nagrinėjama kaip juda puspriekabėje esantis kroviny stabdymo metu ir posūkyje važiuojant vienodu greičiu.

Praeitame skyriuje buvo nustatyti svorio centrai esant pilnam 100% cisternos užpildymui, 75% užpildymui ir 50%. Priklausomai nuo užpildymo keičiasi ir svoris. [10]



5.14 pav. Principinė posūkio schema

Automobilį posūkyje veikia išcentrinė jėga:

$$P_{is} = m_a \frac{v(i)^2}{R_i}$$

čia:

m_a – automobilio masė (šiuo atveju vilkiko ir puspriekabės su kroviniu);

$v(i)$ – automobilio judėjimo greitis (m/s);

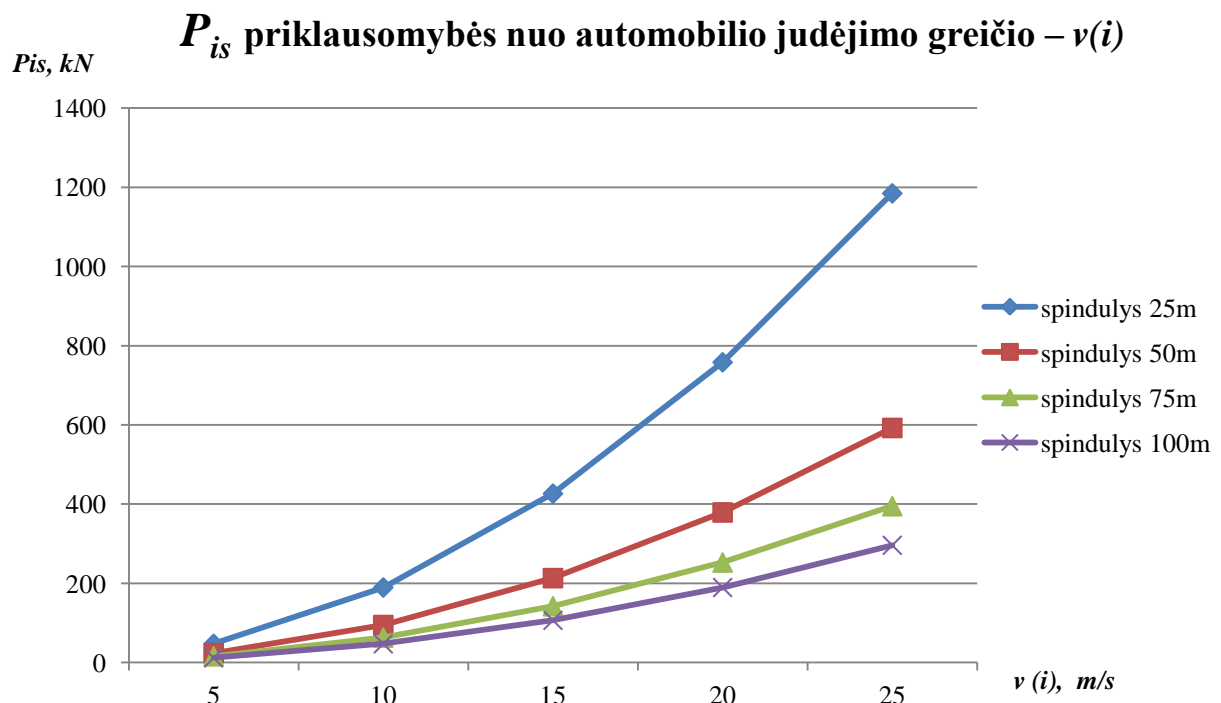
R – posūkio spindulys (m).

Automobilį posūkyje veikianti išcentrinė jėga – P_{is} skaičiuojama esant skirtingiems automobilio judėjimo greičiams ir posūkio spinduliams.

- Kai cisterna pakrauta 100 % ir jos bendras svoris yra: 47400 kg.

1.9 lentelė

$v(i), m/s$ (km/h)	Išcentrinė jėga, kN			
	25	50	75	100
5 (18)	47	24	16	12
10 (36)	190	95	63	47
15 (54)	427	213	142	107
20 (72)	758	379	253	190
25 (90)	1185	593	395	296

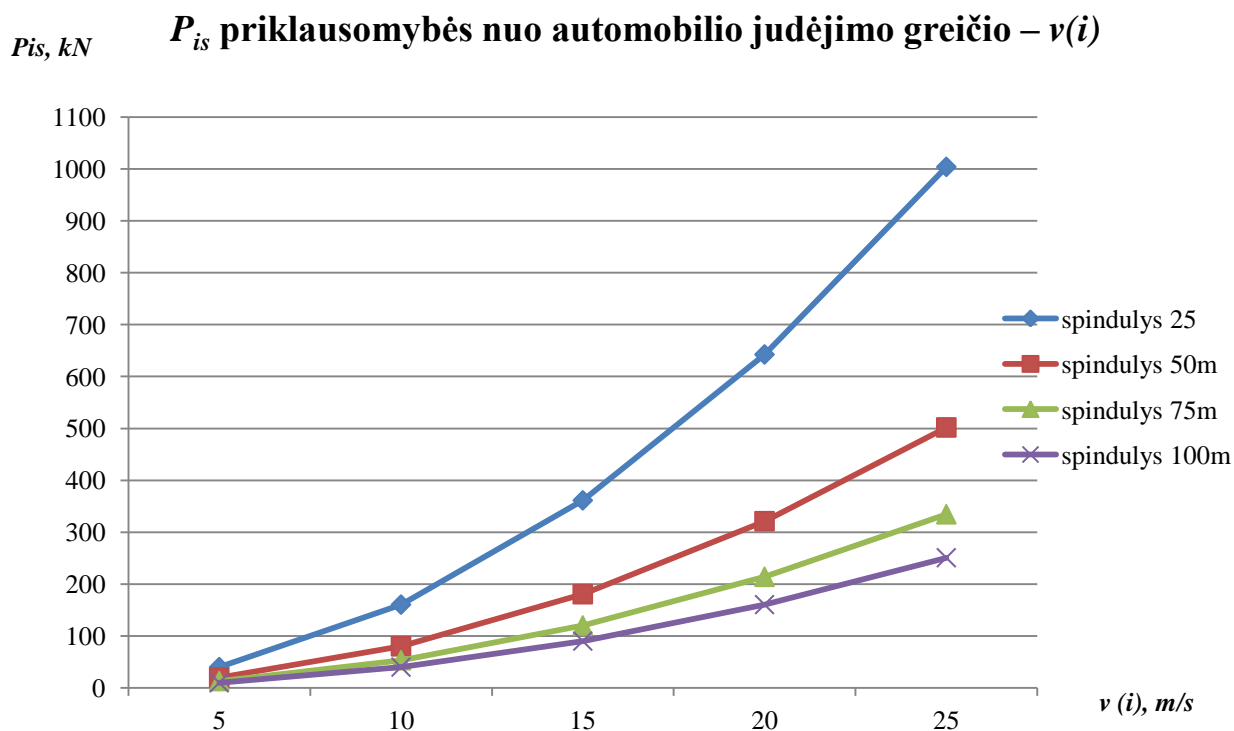


5.15 pav. Išcentrinės jėgos priklausomybė nuo greičio esant 47400 kg svoriui

- Kai cisterna pakrauta 75 % ir jos bendras svoris yra: 40150 kg.

1.10 lentelė

$v(i), m/s$ (km/h)	Išcentrinė jėga P_{is} , kN			
	25	50	75	100
5 (18)	40	20	13	10
10 (36)	161	80	54	40
15 (54)	361	181	120	90
20 (72)	642	321	214	161
25 (90)	1004	502	335	251

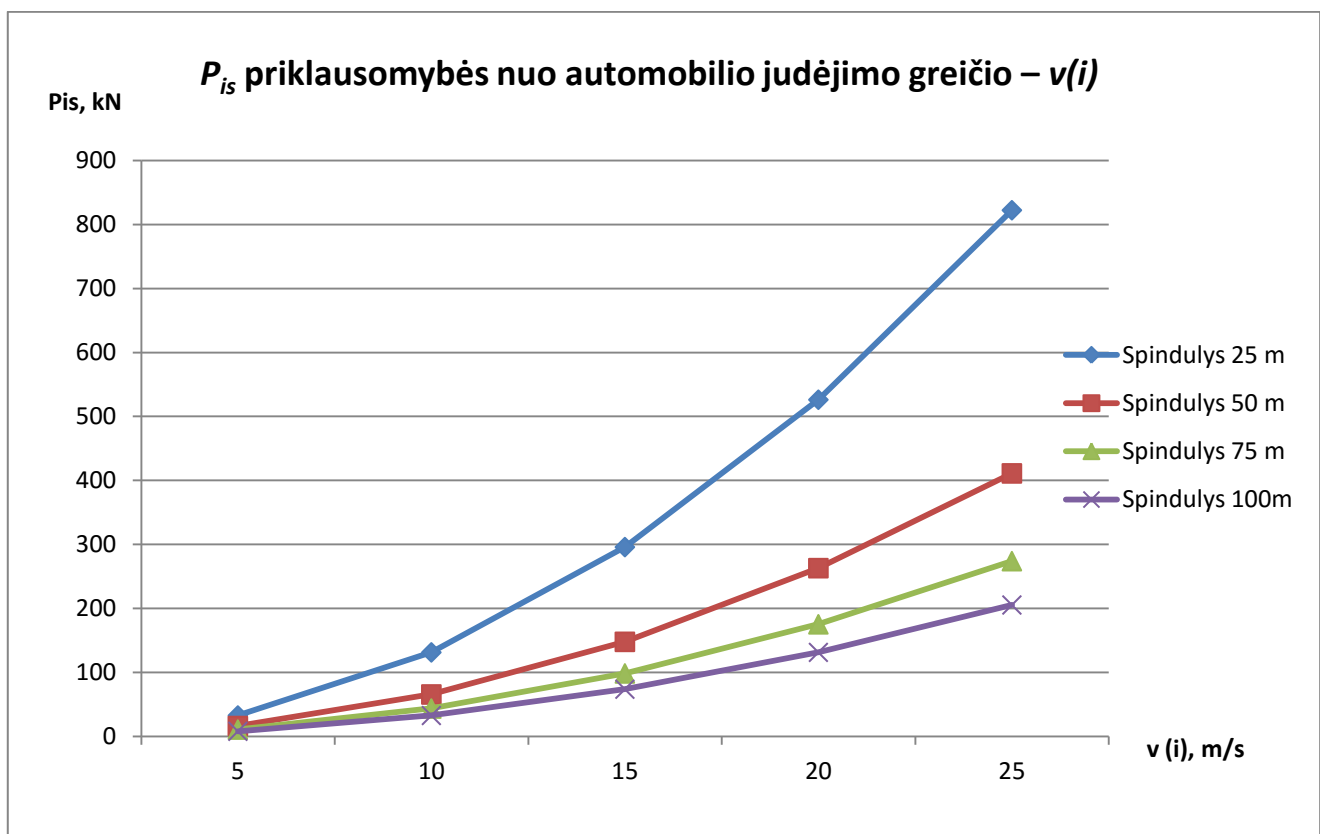


5.16 pav. Išcentrinės jėgos priklausomybė nuo greičio esant 40150 kg svoriui

- Kai cisterna pakrauta 50 % ir jos bendras svoris yra: 32900 kg.

1.11 lentelė

$v(i), m/s$ (km/h)	Išcentrinė jėga, kN			
	25	50	75	100
5 (18)	33	16	11	8
10 (36)	132	66	44	33
15 (54)	296	148	99	74
20 (72)	526	263	175	132
25 (90)	823	411	274	206



5.17 pav. Išcentrinės jėgos priklausomybė nuo greičio esant 32900 kg svoriui

Iš lentelių ir grafikų matoma, kad didžiausias išcentrinės jėgas gauname esant mažiausiam posūkio spinduliui ir didžiausiam greičiui, kai automobilis pakrautas pilnai, tai yra jo masė su kroviniu yra 47400kg. Jo išcentrinė jėga siekia net 1185 kN, esant 20 m/s greičiui. Esant pilnai pakrautai cisternai jos masės centras yra pačioje aukščiausioje vietoje, ko pasekoje ir gauname tokias dideles išcentrinės jėgas.

Kadangi judant mažame posūkyje dideliu greičiu atsiranda galimybė apversti automobilį, nes sunkvežimio masės centras yra gana aukštai. Galime panagrinėti koks gali būti didžiausias saugus greitis įveikiant jau minėtus posūkius. Atliekami stovumo posūkyje skaičiavimai. [8]

Didžiausias saugus greitis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$V_{max} = S * g * R$$

čia:

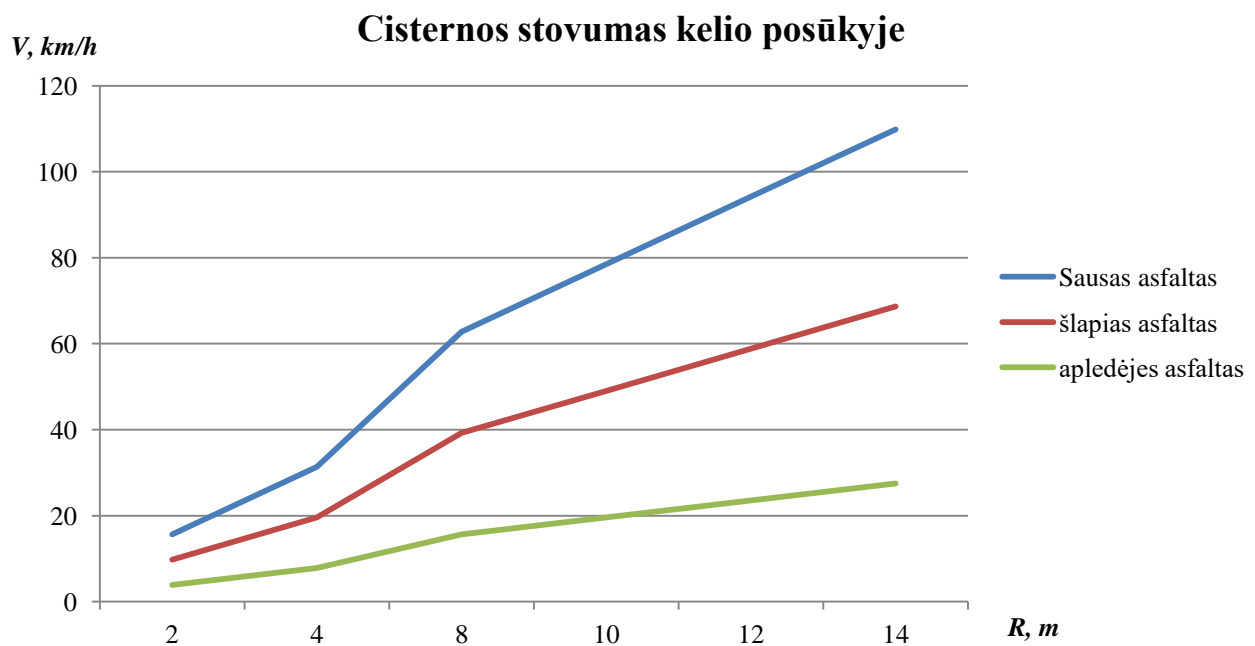
$S = \varphi$ - kelio dangos būklė;

R – posūkio spindulys;

g - laisvo kritimo pagreitis.

Tokie stovumo skaičiavimai yra daugiau teoriniai, nes stovumas turi būti vertinamas tik žinant kelio dangos būklę. Kintant kelio dangos būklei, maksimalus saugus važiavimo greitis gali būti apskaičiuotas pagal pirmąją ir antrąją sąlygą, priklausomai nuo φ . Sausam asfaltui $\varphi = 0.8$, šlapiam $\varphi = 0,5$, apledėjusiam $\varphi = 0,2$. Judėjimas posūkiuose esant masės centrui aukštai sukelia daug problemų, kadangi cisterna gali būti pakrauta pilnai arba dalinai, todėl ir masės centro aukštis gali keistis. Keičiantis masės centro aukščiui kinta ir didžiausias greitis, kuriuo galima įveikti posūkius. Galime teigti, jog aukščiau nagrinėtą pavyzdį, kai posūkio spindulys siekia 100m, teoriškai galima įveikti didžiuliu greičiu, nes posūkis labai ilgas ir nestaigus, tačiau atliekant tokį posūkį veikia ilgalaikės jėgos į cisternos sienelės slėgiančio produkto. Tačiau žemiau pateikiami duomenys, kai posūkio spindulys svyruoja nuo 2 m iki 14 m. Tai staigus posūkių kurių spindulys yra labai mažas, todėl itin svarbus greitis kuriuo sunkvežimis įveiks tą posūkį.[]

posūkio spindulys R, m	Didžiausias saugus greitis v , km/h		
	Danga - sausas asfaltas	Danga - šlapias asfaltas	Danga - apledėjęs asfaltas
2	15,696	9,81	3,924
4	31,392	19,62	7,848
8	62,784	39,24	15,696
10	78,48	49,05	19,62
12	94,176	58,86	23,544
14	109,872	68,67	27,468



5.18 pav. Greičio priklausomybė nuo posūkio

4.3.1 Teorinis stabdymas

Pačiu paprasčiausiu metodu galime panagrinėti kaip pakrautas sunkvežimis su autocisterna sustoja, tai yra, koks jo stabdymo kelias, laikas ir lėtėjimo pagreitis. Naudosime pagrindinius duomenis.

Priimkime, kad sunkvežimis juda 90 km/h (25 m/s) ir 50 (13,8 m/s) km/h greičiu, jo bendra masė yra 47400kg . Sunkvežimis atlieka neekstremalų stabdymą, taip pat, sukibimo koeficientas yra 0,6 sausam asfaltui.

Pagrindiniams dydžiams naudojame šias formules:

$$N = m \times g$$

čia:

N - sunkio jėga, N ;

m - masė, Kg ;

g - laisvo kritimo pagreitis m/s^2 (9,81).

$$F_{tr} = \mu \times N$$

čia:

F_{tr} - trinties jėga veikianti stabdymo metu;

μ - sukibimo koeficientas .

$$S_{st} = \frac{m \times v^2}{2 \times F_{tr}}$$

čia:

S_{st} – Stabdymo kelias, m ;

v - greitis, m/s .

$$t_{st} = \frac{m \times v}{F_{tr}}$$

čia:

t_{st} – stabdymo laikas.

$$a_{l\acute{e}t} = \frac{v_{gal} - v_{prad}}{\Delta t}$$

čia:

$a_{l\acute{e}t}$ – lėtėjimo pagreitis, m/s^2 ;

v_{gal} – galinis greitis, m/s;

v_{prad} – pradinis greitis, m/s;

Δt – praėjes laiko tarpas.

- Automobilis juda 90 km/h greičiu ir stabdo

$$F_{tr} = \mu \times m \times g = 0.6 \times 47400 \times 9.81 = 278996N$$

$$S_{st} = \frac{m \times v^2}{2 \times F_{tr}} = \frac{47400 \times 25^2}{2 \times 278996} = \frac{29625000}{557992} = 53.09m$$

$$t_{st} = \frac{m \times v}{F_{tr}} = \frac{47400 \times 25}{278996} = 4.3s$$

$$a_{lėt} = \frac{v_{gal} - v_{prad}}{\Delta t} = \frac{0 - 25}{4.3} = 5.8m/s^2$$

- Automobilis juda 50 km/h greičiu ir stabdo

$$F_{tr} = \mu \times m \times g = 0.6 \times 47400 \times 9.81 = 278996N$$

$$S_{st} = \frac{m \times v^2}{2 \times F_{tr}} = \frac{47400 \times 13.8^2}{2 \times 278996} = \frac{9026856}{557992} = 16.2m$$

$$t_{st} = \frac{m \times v}{F_{tr}} = \frac{47400 \times 13.8}{278996} = 2.4s$$

$$a_{lėt} = \frac{v_{gal} - v_{prad}}{\Delta t} = \frac{0 - 13.8}{2.4} = 5.75m/s^2$$

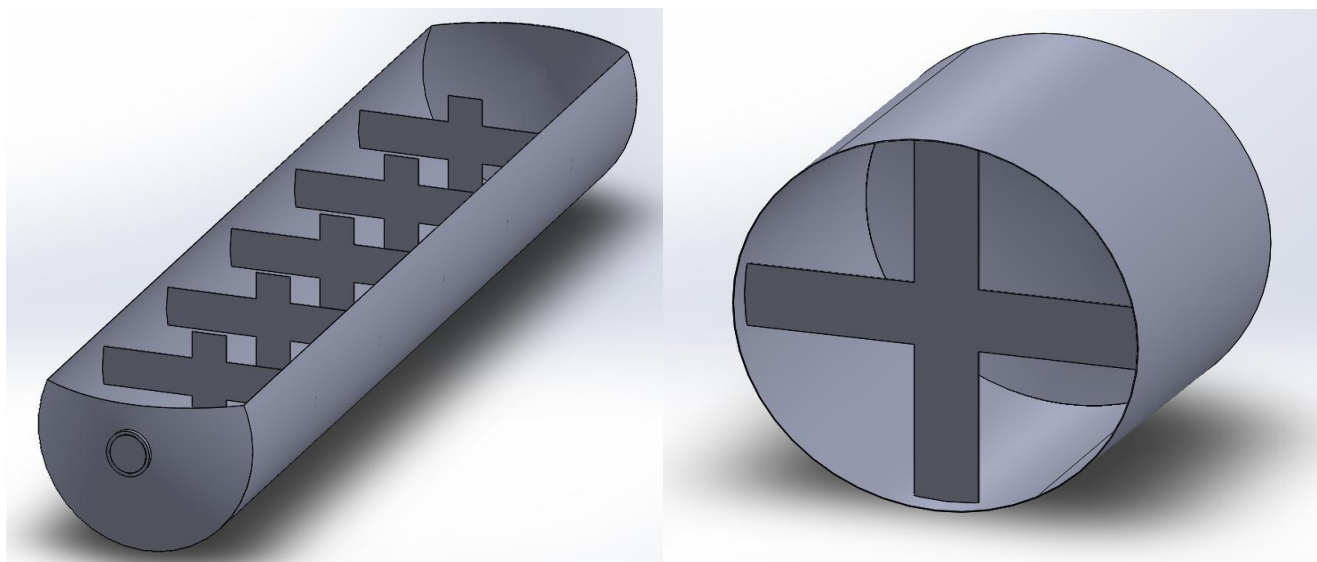
Stabdymo kelias vertinamas nuo tada kai paspaudžiamas pedalas. Į šį laiko tarpą nėra vertinamas laiko tarpas kol vairuotojas sureguoja, todėl stabdymo laikas gali pailgėti apie 20-30%. Važiuojant 90 km/h greičiu stabdymo kelias yra 53,09 m, o laikas 4,3 s. Važiuojant 50 km/h greičiu stabdymo kelias 16,2 m, o laikas 2,4s.

Solidworks modelis ir skaičiavimai

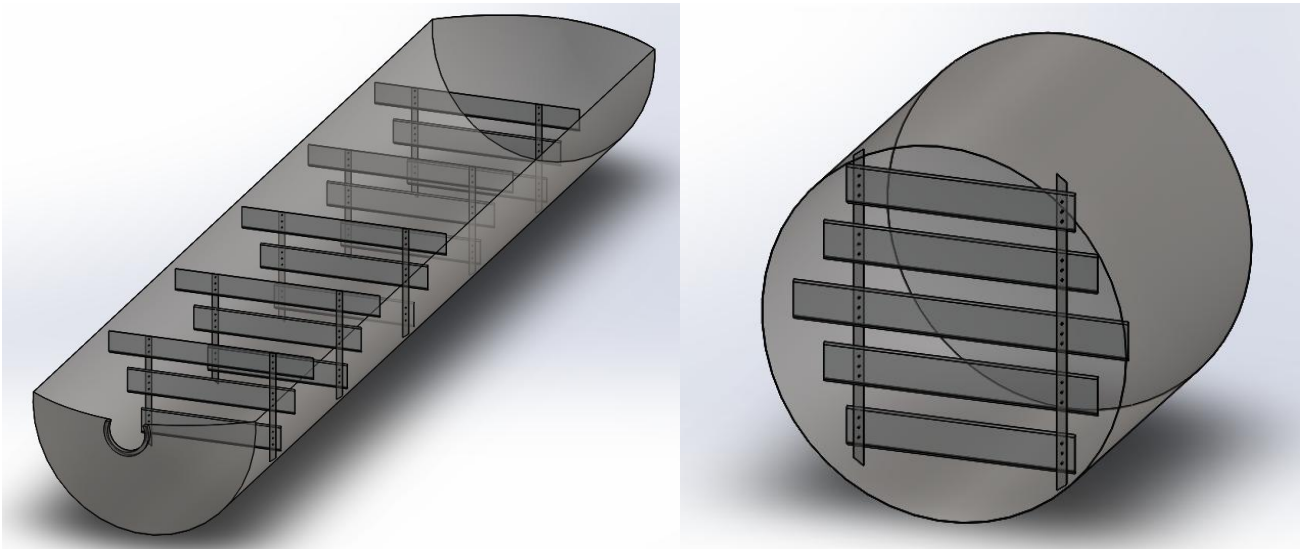
Solidworks aplinkoje sumodeliuojami dviejų cisternų, su skirtingais bangolaužių tipais, modeliai. Žemiau pateikiamos principinės bangolaužių ir cisternų schemas. Su šiais modeliais atliekami simuliacijos, bandoma išsiaiškinti kokiais greičiais ir kokiomis jėgomis stabdant skystas krovins smogia į bangolaužius ir cisternos sieneles.

Bangolaužis nr. 1 (1.41 pav.) gana paprastos konstrukcijos sudarytas iš dviejų elementų tarpusavyje sujungtų suvirinimo siūlėmis. Ir prie sienelių taip pat sujungtas suvirinimo siūlėmis. Visoje cisternoje yra penki toki bangolaužiai. Žemiau pateikiama principinė bangolaužio schema su išmatavimais ir lentelė su charakteristikomis. Bangolaužio medžiaga plienas S460ML.

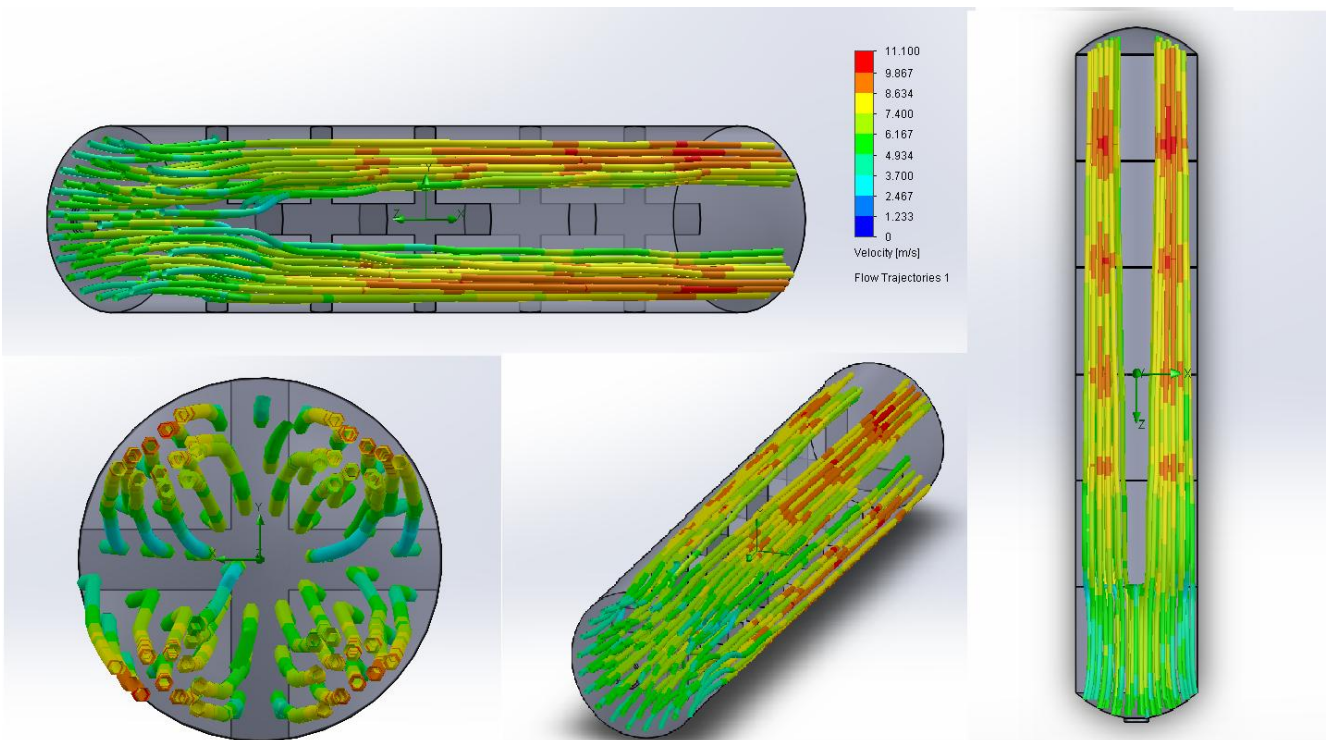
Bangolaužis nr. 2 (1.42 pav.) truputį sudėtingesnės konstrukcijos vieną bagolaužio konstrukciją sudaro penkios skersinės tam tikro profilio aliuminės lentos kurios pritvirtintos prie cisternoje esančių metalinių statramsčių varžtais. Toks bangolaužio išdėstymas žymiai sudėtingesnis ir reikalaujantis daugiau medžiagų, tačiau liekantys mažesni tarpai sudaro mažesnes skysčio pralaidumo funkcijas.



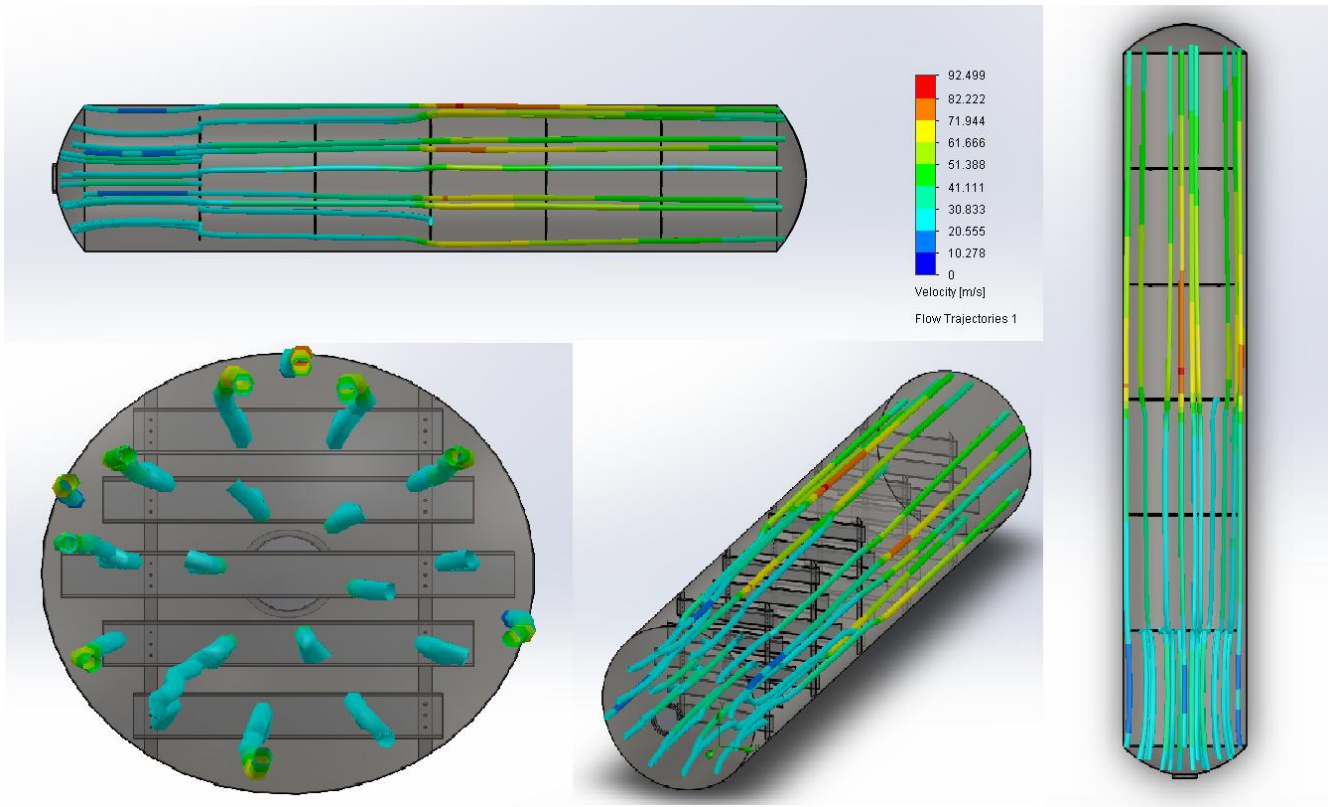
5.20 pav. Cisternos modelis su 1nr. bangolaužiu



5.21 pav. Cisternos modelis su 2nr. bangolaužiu



5.22 pav. Skysčio tekėjimo greičio modelis esant 1 nr. bangolaužiui



5.23 pav. Skysčio tekėjimo greičio modelis esant 2 nr. bangolaužiui

Solidworks aplinkoje sumodeliuotas skysčiu judėjimas esant tokioms sąlygoms: Cisterna užpldyta pilnai, krovinio masė 29000 kg automobilis važiuojantis 90 km/h greičiu stabdo tam tikra jėga, ir sustoja per 5,8 s. Kaip matyti iš „*flow simulation*“ greitis tam tikrose vietose esant bangolaužiui nr. 1 siekia 11 m/s, o bangolaužio nr. 2 greitis siekia net iki 92 m/s, tačiau toks greitis gaunamas tik labai mažose atkakarpose, todėl galime priimti, kad vidutinis skysčio greitis stabdant yra apie 30 m/s.

Pagal toliau atliktus skaičiavimus galima rasti kokia jėga tenka vienam bangolaužiui stabdymo metu, ir jas užduoti „*solidworks simulation*“ programoje.

Darbo pradžioje buvo iškeltas klausimas ar esant daliniam kroviniai jėgos gali būti tiek didelės, kad būtų gniuždomos bangolaužio konstrukcijos. Tačiau atliekant teorinius skaičiavimus gautos reikšmės, kurios pateiktos žemiau, įrodo, kad mažėjant krovinio masei mažėja ir apkrovos jėgos bangolaužiams.

- 100 % pakrauta cisterna.

Primame, kad:

m – krovinio masė yra 29000kg;

v_{prad} – pradinis greitis 11,1m/s;

v_{gal} - galinis greitis 0 m/s;

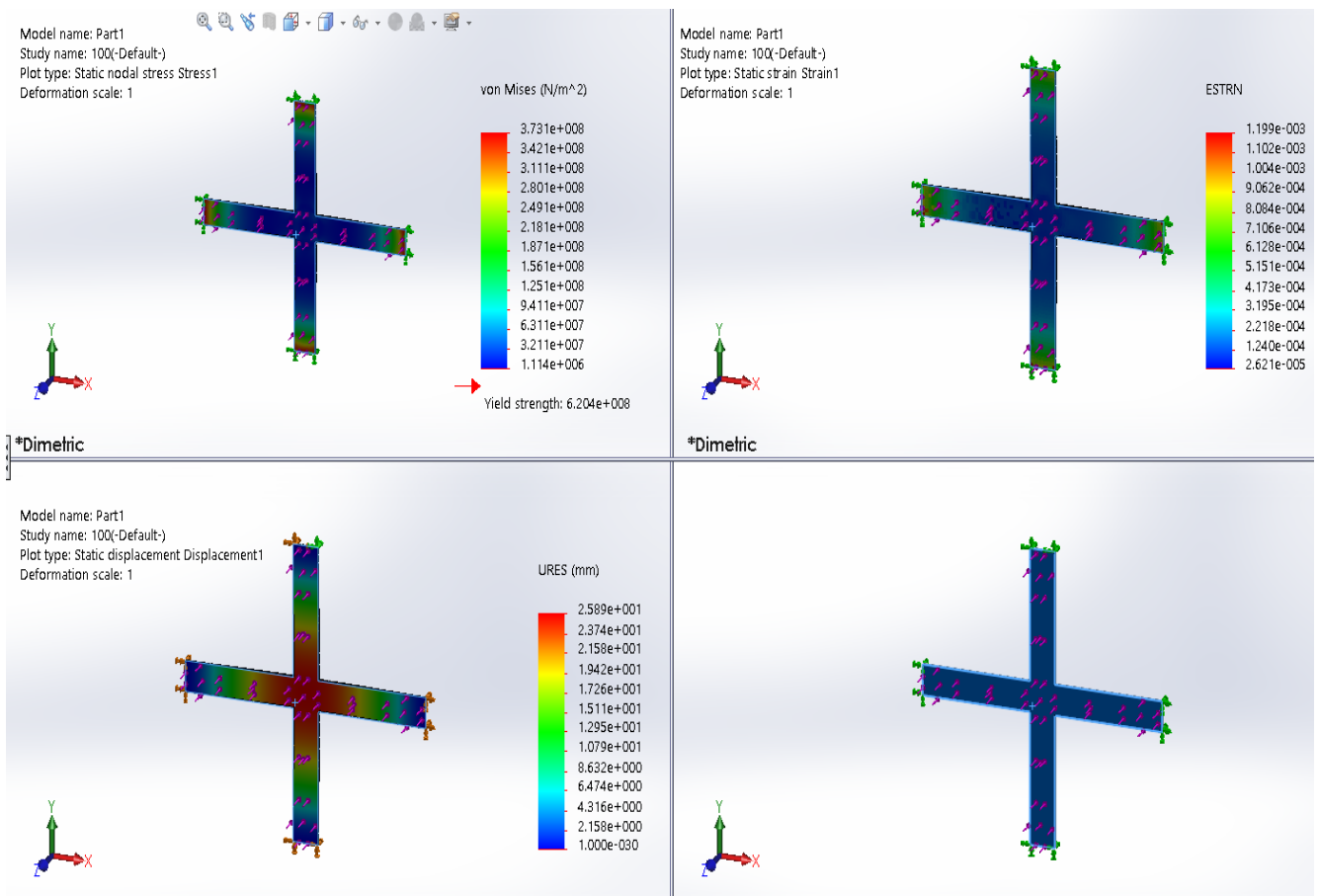
t_{st} – stabdymo laikas yra 5.8s;

$$a_{lēt1} = \frac{v_{gal} - v_{prad}}{\Delta t} = \frac{0 - 11,1}{5,8} = 1,92m/s^2$$

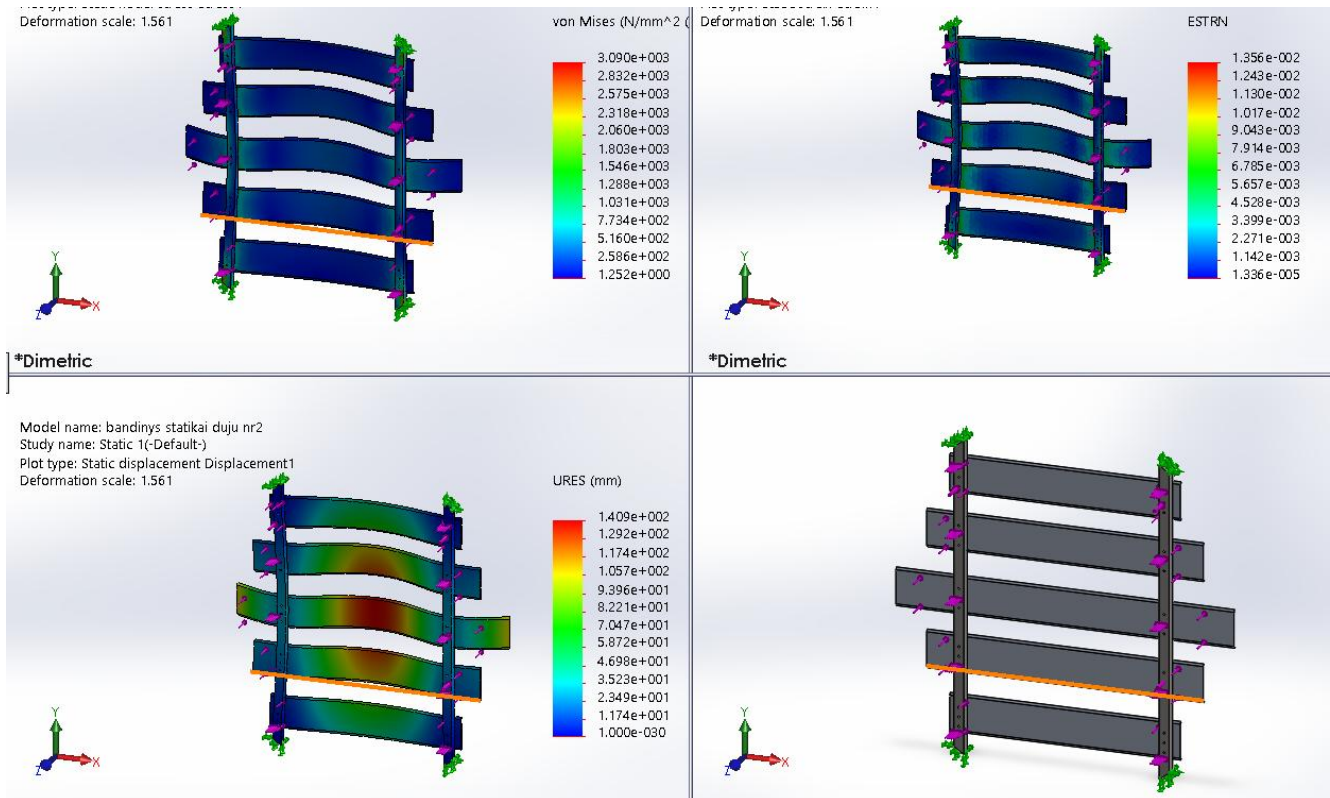
$$a_{lēt2} = \frac{v_{gal} - v_{prad}}{\Delta t} = \frac{0 - 30}{5,8} = 5,17m/s^2$$

$$F = m \times a_{lēt1} = 29000 \times 1,92 = 55680N$$

$$F = m \times a_{lēt2} = 29000 \times 5,17 = 149930N$$



5.24 pav. Simulation programos gauti duomenys



5.25 pav. Simulation programos gauti duomenys

- 75 % pakrauta cisterna.

Priimame, kad:

m – krovinio masė yra 21750kg;

v_{prad} – pradinis greitis 11,1m/s;

v_{gal} - galinis greitis 0 m/s;

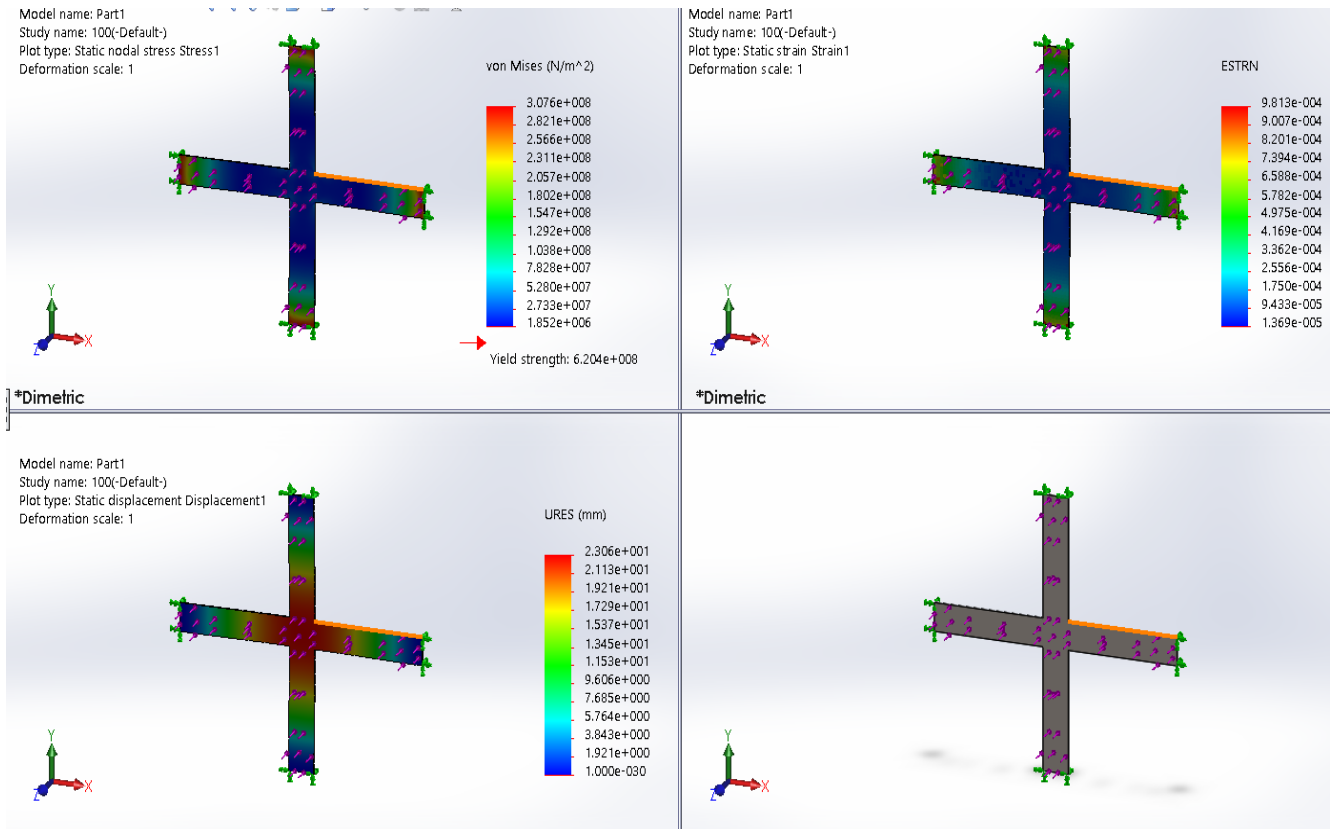
t_{st} – stabdymo laikas yra 5.8s;

$$a_{lēt1} = \frac{v_{gal} - v_{prad}}{\Delta t} = \frac{0 - 11,1}{5,8} = 1,92m/s^2$$

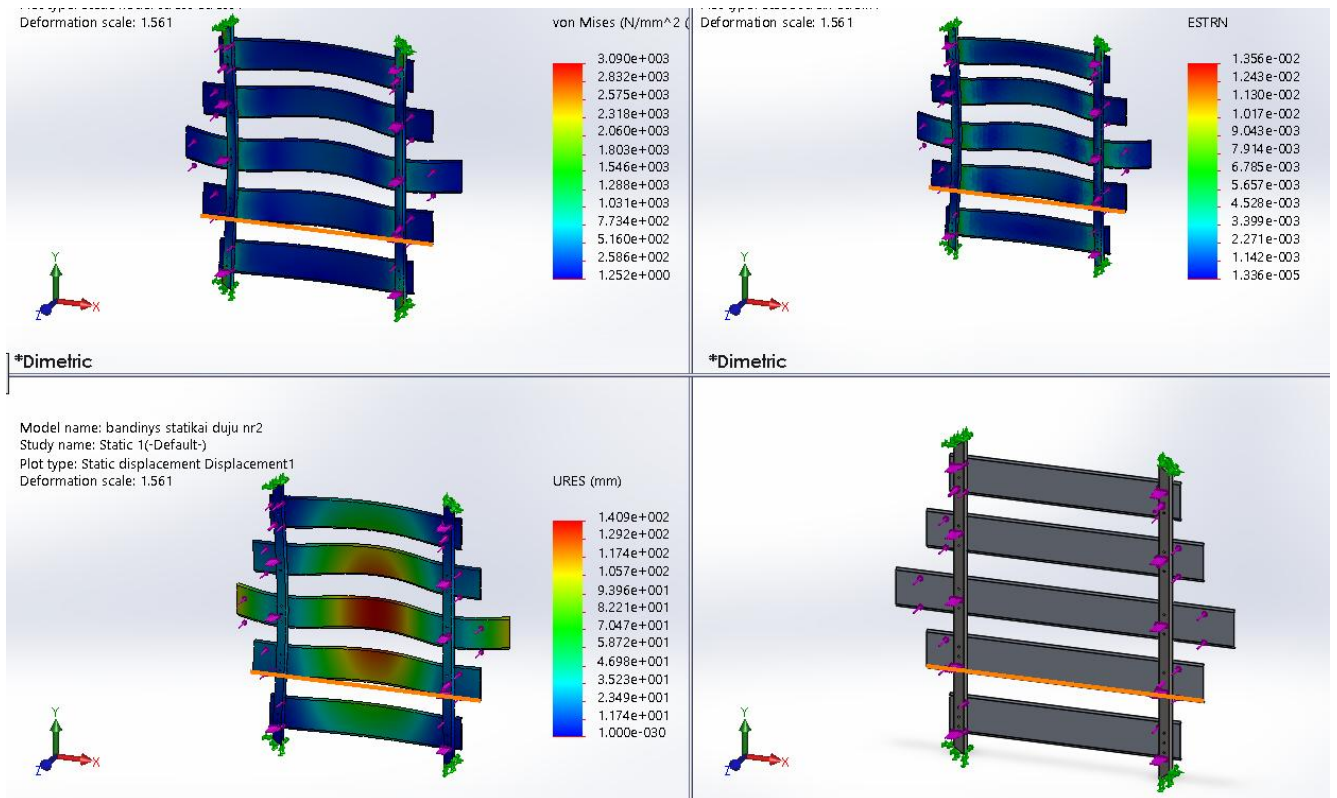
$$a_{lēt2} = \frac{v_{gal} - v_{prad}}{\Delta t} = \frac{0 - 30}{5,8} = 5,17m/s^2$$

$$F = m \times a_{lēt1} = 21750 \times 1,92 = 41760N$$

$$F = m \times a_{lēt2} = 21750 \times 5,17 = 112447N$$



5.26 pav. Simulation programos gauti duomenys



5.27 pav. Simulation programos gauti duomenys

- 50 % pakrauta cisterna

Priimame, kad:

m – krovinio masė yra 14500kg;

v_{prad} – pradinis greitis 11,1m/s;

v_{gal} - galinis greitis 0 m/s;

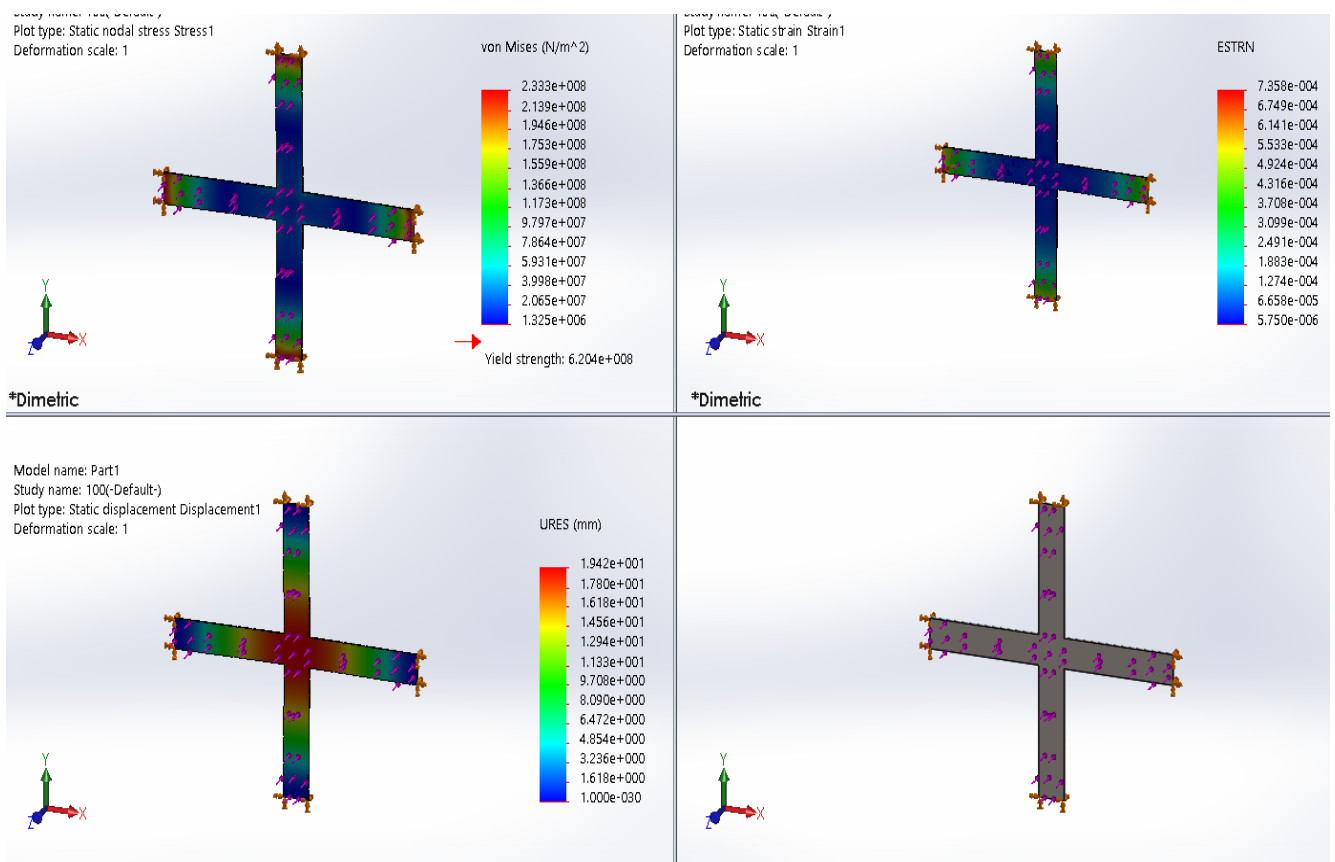
t_{st} – stabdymo laikas yra 5.8s;

$$a_{lēt1} = \frac{v_{gal} - v_{prad}}{\Delta t} = \frac{0 - 11,1}{5,8} = 1,92m/s^2$$

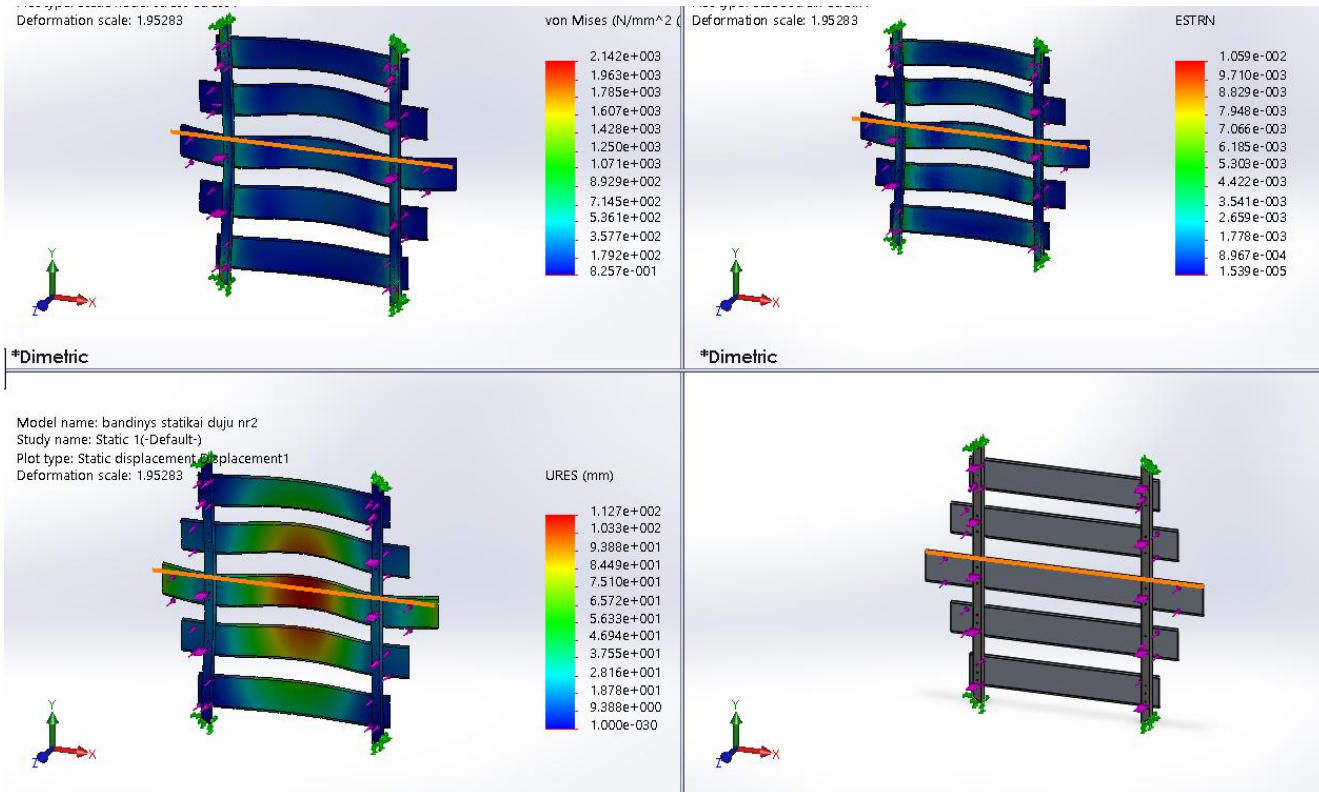
$$a_{lēt2} = \frac{v_{gal} - v_{prad}}{\Delta t} = \frac{0 - 30}{5,8} = 5,17m/s^2$$

$$F = m \times a_{lēt1} = 14500 \times 1,92 = 27840N$$

$$F = m \times a_{lēt2} = 14500 \times 5,17 = 74965N$$



5.28 pav. Simulation programos gauti duomenys



5.29 pav. Simulation programos gauti duomenys

Darbo apibendrinimas

Pirmojoje darbo dalyje aprašomos cisternos ir jų taikymas, trumpai pristatomi skystieji ir birūs kroviniai, bei jų pagrindinės savybės, turinčios įtakos cisternų parinkimui. Darbe pristatomos visų tipų cisternos, pateikiamos cisternų nuotraukos ir konstrukcinės schemos, bei smulkiai išnagrinėjamos kiekvienos cisternos gerosios ir blogosios savybės.

Darbe taip pat dėmesys skirtas cisternų gamybai naudojamų medžiagų aprašymui. Aprašomi cisternų gamybai naudojami plienai, pagrindinės jų charakteristikos pateikiamos lentelėse.

Teorinėje dalyje, be anksčiau minėtų temų, aprašomi ADR reikalavimai tokiems kroviniams: priešgaisriniai reikalavimai ir specialus krovinių ženklinimas. Pristatomas specifinis krovinių klasifikavimas.

Praktinėje darbo dalyje tirti dviejų tipų bangolaužiai, esantys cisternų viduje. Skaičiavimo programa sudaryti dvejų skirtų bangolaužių modeliai ir apkrauti vienodoms apkrovoms. Pagal programą gautus rezultatus buvo parinkti bangolaužiui reikalingi konstrukciniai elementai ir medžiagos. Suskaičiavimus medžiagų kiekius, reikalingus kiekvienam bangolaužio tipui įrengti, buvo nustatytas ekonomiškėnis bangolaužio variantas.

Be ekonominių skaičiavimų, darbe nagrinėtas ir vilkiko su puspriekabe judėjimas posūkyje bei stabdymas.

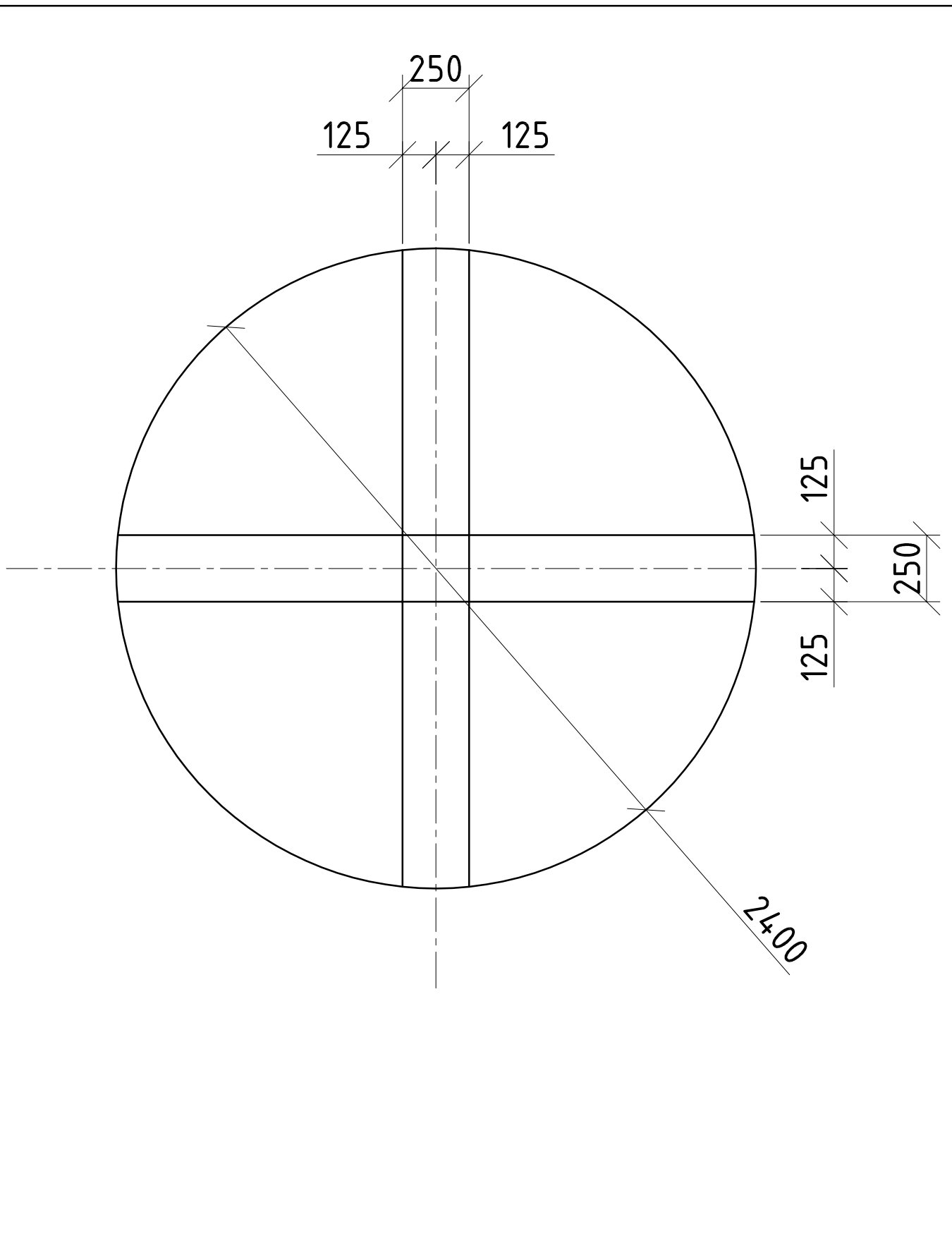
Solidworks simulations ir *Solidworks flow* programose buvo sumodeliuoti modeliai. Jų pagalba buvo skaičiuojami bandomieji skysčio judėjimo parametrai, hidraulinių bandymų imitacijos, bei bangolaužių apkrovų schemos.

Išvados ir pasiūlymai

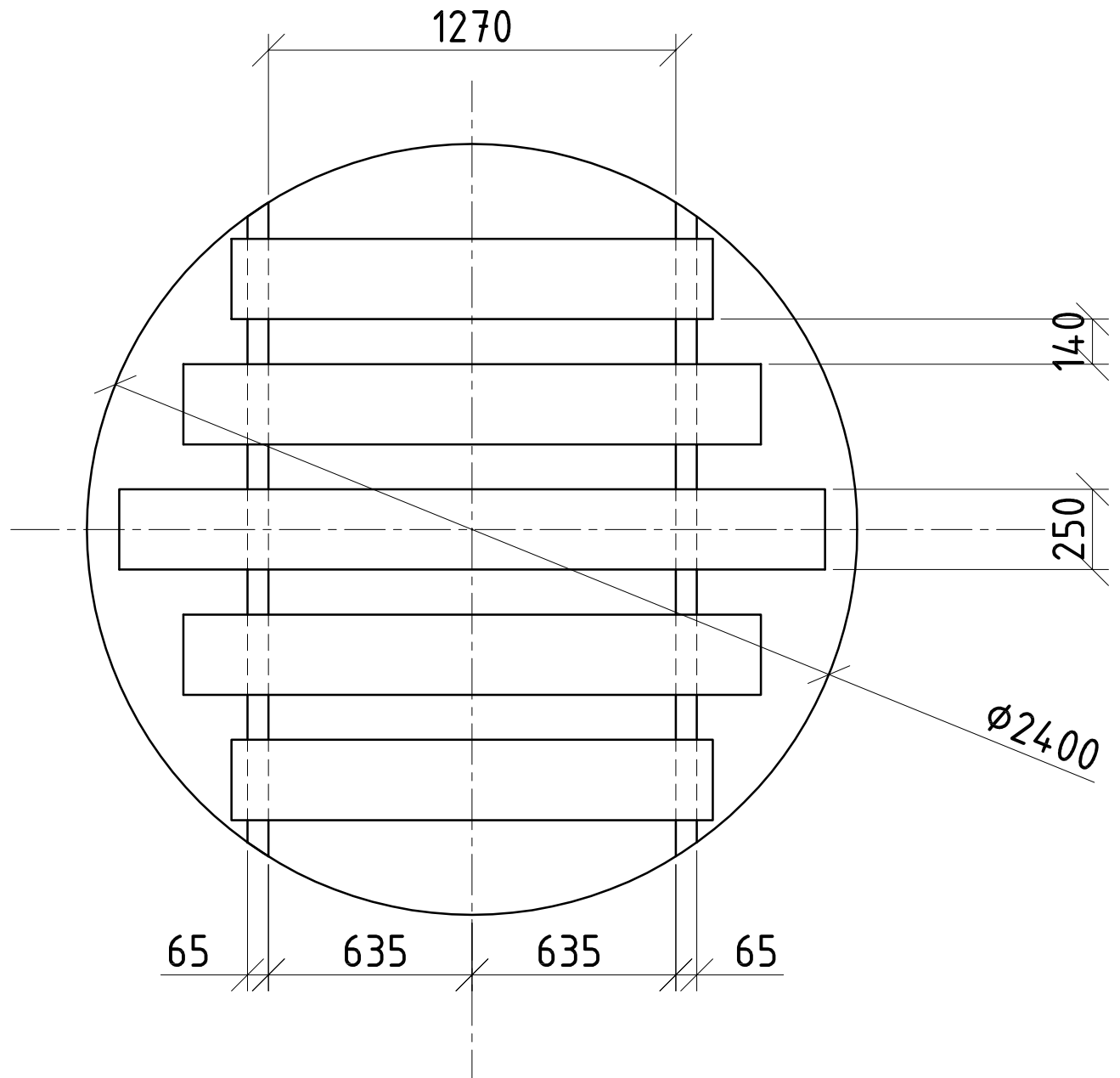
- Pirmoje darbo dalyje apžvelgėme teorinę medžiagą, kuri apima skystų krovinių pervežimą ir jų pakrovimą, bei iškrovimą, taip pat, gamybos technologijas ir medžiagas, iš kurių gaminamos cisternos. Buvo pateiktos nuotraukos iliustruojančios kaip ilga eksploatacija dėl valkšnumo ir nuo vargio gali paveikti cisternos rėmo konstrukcijas.
- Šio darbo tikslas buvo išsiaiškinti ar gali dalinai užpildytoje suskystintų dujų cisternoje esantis kroviny s žalingai paveikti ten esančius bangolaužius, kadangi praktikoje atsitinka tokių įvykių - kai per ilgą laikotarpį bangolaužiai pažeidžiami mechaniškai.
- Atliekant skaičiavimus ir remiantis praktine patirtimi buvo pastebėta, kad vežant dalinius krovinius, ypač pervežant daug skirtingų krovinių ir atliekant prastą cisternų dezinfekciją ir plovimą. Dalinai užpildytoje cisternoje nuolat stabdant ir greitėjant kroviny s pradeda teliūskuotis taip kiekvieną kartą su tam tikra jėga smogdamas į sieneles ar bangolaužius. Tokio poveikio rezultatas įsisenėję produkto lieknos kurios labai blogai šalinasi.
- Skaičiuojant ekonominį naudingumą gauti rezultatai parodo, kad pigesnis variantas yra bangolaužis nr.1, nes yra paprastesnės konstrukcijos, nereikalingi specialūs tvirtinimo elementai. Bangolaužių nr.1 kaina siekia 1031,25 eur, o bangolaužių nr.2 kaina siekia 2104,25 eur, todėl bangolaužis nr. 2 yra 2,05 karto brangesnis.
- Modeliuojant modelį „Solidworks simulation“ ir „Solidworks Flow simulation“ aplinkoje buvo gauti rezultatai, kurie parodė, kad dalinai užpildytos cisternos skysčio judėjimas nesudaro įtakos bangolaužio pažeidimams, nes mažėjant kroviny s svoriui mažėja bangolaužiams tenkanti jėga. Nors stabdant skystis juda ir banguoja labiau, tačiau jo masė esant užpildytai tik pusei galimo tūrio tampa ganėtinai maža.
- Atliekant analitinius skaičiavimus nustatyti kritiniai parametrai, kuriems esant galimi negrįžtami bangolaužių pažeidimai. Ir kokių atveju jiems daroma pažeida didžiausia.
- Atlikus modelio analizę randame, kad didžiausi pažeidimai atsiranda priekiniuose bangolaužiuose, dėl to kad skysčio judėjimo trajektorija baigiasi autocisternos priekyje.
- Viso darbo rekomendacija dėl autocisternų ir jų sudedamųjų dalių didesnio ilgaamžiškumo būtų dažnesnė visų agregatų inspekcija, nuolatiniai vizualiniai patikrinimai. Nes tik nustatant gedimus prieš jiems atsitinkant galima išvengti pdarinių. Surastos veikiančios apkrovos iš sukurtų modelių nėra tokios didelės, kad galėtų per trumpą laiką padaryti žalos, tačiau tai yra vienas iš nuovarginio procesų kurie prisideda prie visos autocisternos nusidėvėjimo kuris vyksta ilgą laiko tarpą. Rekomenduojama įvykus tokiems pažeidimams autocisternos viduje, gedimus šalinti tik autorizuotose gamyklose.

Literatūra ir šaltiniai

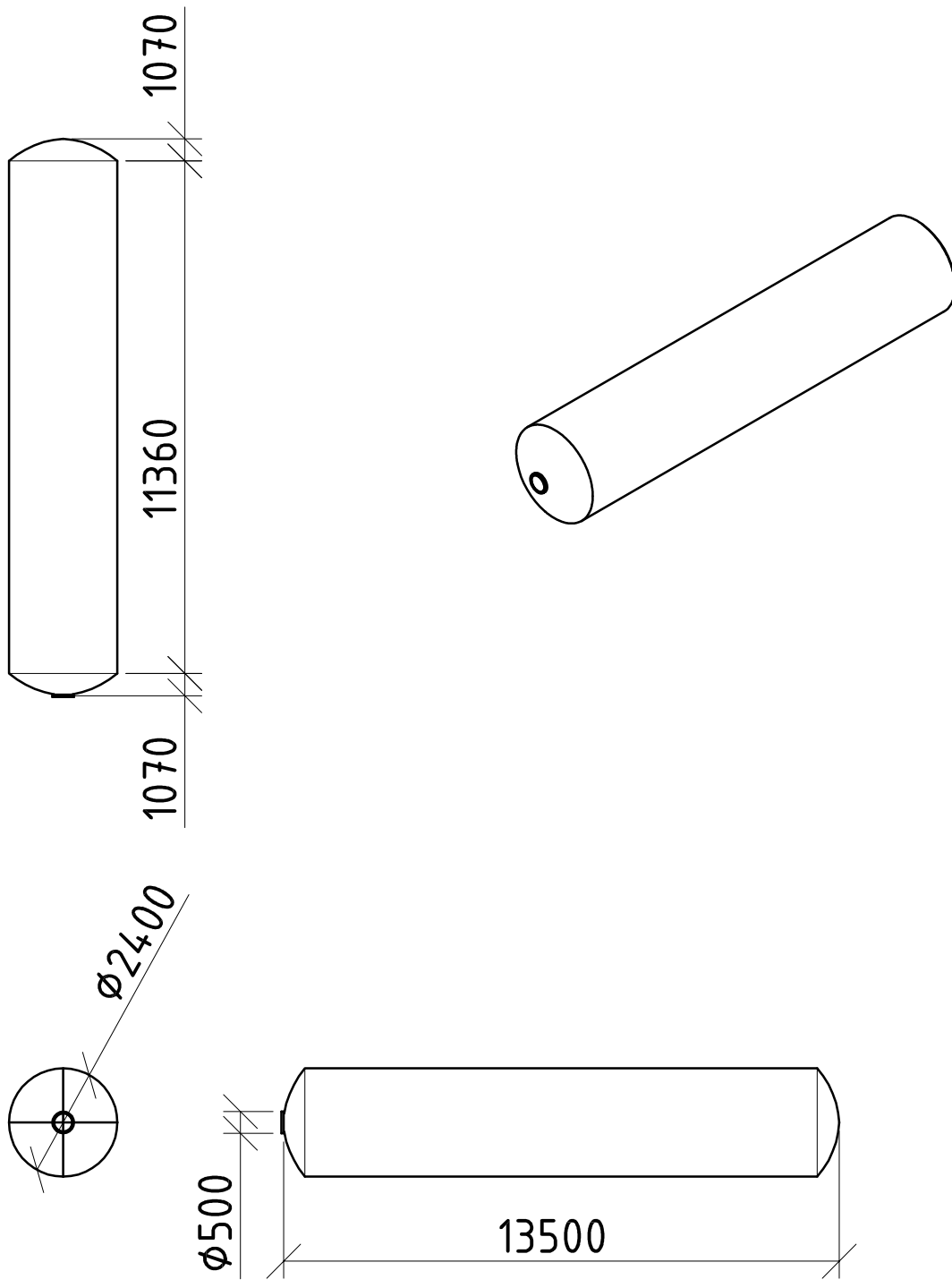
1. I ADR tomas, Europos sutartis dėl pavojingų krovinių tarptautinių vežimų keliais. 2015m sausio 1 d. redakcija. Rotas, Vilnius 2014m. ISBN
2. II ADR tomas, Europos sutartis dėl pavojingų krovinių tarptautinių vežimų keliais. 2015m sausio 1 d. redakcija. Rotas, Vilnius 2014m. ISBN
3. LIETUVOS RESPUBLIKOS ŪKIO MINISTERIJA. Slėginių indų naudojimo taisyklės DT 12-02: 2002m. [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-22]. Prieiga per <http://www3.lrs.lt/pls/inter3/oldsearch.preps2?Condition1=196494&Condition2=>
4. ŽIEDELIS, Stanislovas, Hidraulinės ir pneumatinės sistemos: mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2009m. ISBN 978-9955-25-624-3
5. ŽILIUKAS, Antanas. Medžiagų mechanika: vadovėlis aukštųjų mokyklų studentams. Kaunas: Technologija, 2004m. ISBN 9955-09-729-9
6. ŽILIUKAS, Pranas. Mašinų elementai konstravimo metodologija ir praktika: vadovėlis. Kaunas: Technologija, 2002m. ISBN 9955-09-140-1
7. SPRUOGIS, Bronislavas. Hidraulinės mašinos ir pavaros: vadovėlis. Vilnius: Mokslas, 1991m. ISBN 5-420-00819-X
8. TARGAS, Semionas. Trumpas teorinės mechanikos kursas: vadovėlis. 1970m.
9. VASILIAUSKAS, Vasilis, Aidas. Krovinių vežimo technologijos: vadovėlis. Klaipėda, 2013m. ISBN 978-9986-31-427-1
10. PEČELIŪNAS, Robertas ir Edgar SOKOLOVSKIJ. Automobilių dinamika: vadovėlis. Vilnius: Technika, 2012m. ISBN978-609-457-184-8
11. GOURUNG Yan ir Subhash RAKHEJA. Fluid Structure Interaction Induced by Liquid Slosh in Partly Filled Road Tankers. [interaktyvus]. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical, Aerospace Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, Vol:4, No:10, 2010. [žiūrėta: 2016-04-05] Prieiga per: <http://waset.org/publications/5911/fluid-structure-interaction-induced-by-liquid-slosh-in-partly-filled-road-tankers>
12. ADR krovinių transportavimas ir logistika [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016 03 05] , prieiga per: www.hefas.lt
13. Krovinių specifiška ir pervežimų informacija [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016 03 05] , prieiga per: <http://www.licatrans.lt/>
14. Krovinių specifiška [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016 02 05] , prieiga per: <https://www.transportavimo-paslaugos.lt/skystu-maisto-produktu-transportavimo-ypatumai>



Grupė	KTU Mechanikos ir Dizaino fakultetas			MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS	
MDM4/11	Student.	V.Stankevičius		Bangolaužis Nr.1. Mastelis 1:20	Laida
	Vadovas	A.Keršys			0
Pr.etapas	Transporto inžinerijos katedra			2016-MBD	Lapas
MBD	LT-51367 Studentų 56, Kaunas				Lapų
					1 3



Grupė	KTU Mechanikos ir Dizaino fakultetas			MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS	
MDM4/11	Student.	V.Stankevičius		Bangolaužis Nr.2. Mastelis 1:20	Laida
	Vadovas	A.Keršys			0
Pr.etapas	Transporto inžinerijos katedra			2016-MBD	Lapas
MBD	LT-51367 Studentų 56, Kaunas				Lapų
					2 3



Grupė	KTU Mechanikos ir Dizaino fakultetas			MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS	
MDM4/11	Student.	V.Stankevičius		Autocisterna. Mastelis 1:20	Laida
	Vadovas	A.Keršys			0
Pr.etapas	Transporto inžinerijos katedra			2016-MBD	Lapas
MBD	LT-51367 Studentų 56, Kaunas				3
					3