



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Masinaehituse instituut
Tootearenduse õppetool

MES70LT

Karl-Erik Seegel

O2-kategooria sadulhaagise projekteerimine

Autor taotleb
tehnikateaduse magistri
akadeemilist kraadi

Tallinn
2015

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis prof Martin Eerme juhendamisel

“25” mai. 2015.a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

“.....”2015a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... eriala/õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”2015a.

..... allkiri

TTÜ masinaehituse instituut
Tootearenduse õppetool

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

2015 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Karl-Erik Seegel, 093231MATM
Õppekava: Tootearendus ja tootmistehnika MATM02/09
Eriala: tootearendus
Juhendaja: Martin Eerme, professor

MAGISTRITÖÖ TEEMA:

O2-kategooria sadulhaagise projekteerimine
O2 class semi-trailer design.

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	Süsteemiseerida nõuded, määrused ja direktiivid, mis kohaldatakse väikesari tootmises valmistatavale haagisele.	Veebruar 2015
2.	Kinnitada haagise üldkonstruktsioon ja gabariidid lähtuvalt sellele esitatavatest nõuetest.	Märts 2015
3.	Välja töötada konstruktiivsed detailid ja sõlmed. Konstruktsiooni tugevusanalüüs, esitada lõplik lahendus.	Aprill 2015
4.	Valida vajalikud lisaseadmed (valgustid, pidurid, haakesead), Hinnata haagise valmistamise majanduslikku maksumus	Aprill 2015
5.	Töö vormistamine ja koostamine, jooniste vormistamine	Mai 2015

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

- Konstruktsiooni massi optimeerimine, kandejõu maksimeerimine

Täiendavad märkused ja nõuded:

- Vormistada keeviskonstruktsioonide koostejoonised
- Vormistada detailide tööjoonised valmistamiseks

Töö keel: eesti keel

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt 11.05 2015

Töö esitamise tähtaeg: 25.05.15

Üliõpilane: Karl Seegel, 56608242, seegel@gmail.com

kuupäev 02.02.15

Juhendaja: Martin Eerme

kuupäev 02.02.15

SISUKORD

Sisukord	3
Sissejuhatus.....	7
Veduk	8
1 Nõuded väikesari tootmises olevale O2-haagisele	10
1.1 Massid ja mõõtmed	12
1.2 Nõuded haakeseadmele	13
1.3 Mõõtmed	14
1.4 Laternad ja helkurid	15
1.4.1 Laternad	16
1.4.2 Helkurid	19
1.5 Pidurid	21
1.5.1 Erinõuded elekterpidurisüsteemiga O kategooria sõidukile	22
1.6 Muud nõuded.....	23
1.6.1 Tõkiskingad.....	23
1.6.2 Andmesilt.....	23
1.6.3 Allasõidutõke	24
1.6.4 Ühendusjuhtmed ja -voolikud.....	25
2 Haagise konstruktsioon.....	29

2.1	Raami projekteerimine	30
2.1.1	Alusraam	30
2.1.2	Kastraam	32
2.1.3	FEM-analüüs	33
2.2	Haakeseaded	42
2.3	Sillad	43
2.4	Tugijalad ja allasõidutõke	45
2.5	Projekteeritud haagise gabariidid	47
2.5.1	Gabariidid	47
2.5.2	Mass ja teljekoormused	48
3	Haagise elektrisüsteem	50
4	Lisaseadmed	52
4.1	Pidurid	52
4.1.1	Hüdroajamiga pidurisüsteem	53
4.1.2	Elektrijamitega pidurisüsteem	54
4.2	Valgustid	56
4.3	Rehvid ja veljed	56
5	Tootmistehnoloogia	57
5.1	Detailide valmistamine	57
5.1.1	Raami talad	57
5.2	Koostu koostamine	59
5.3	Majanduslik osa	60

Kokkuvõte.....	63
Resümees.....	Error! Bookmark not defined.
6 Kasutatud materjalid.....	69
Lisad.....	73
6.1 Lisa 1 – Majandus- ja kommunikatsiooniministri 3. juuni 2011. a määruse nr 37 „Auto, mootorratta, mopeedi ja nende haagiste tüübikinnituse, üksiksõiduki kinnituse ja ümberehituse tingimused, nõuded ja kord” lisa 6	74
6.2 LISA 2 – Elektriliste piduritega haagise tüübikinnituse vastavuskatsete katseprotokoll.....	77
6.3 Lisa 3 – Graafiline osa	88
6.3.1 SH.01.00.00 Koos sadulhaagis 3500 kg	89
6.3.2 SH.01.00.01 Astme katteplekk	91
6.3.3 SH.01.00.02 SH Poritiib	92
6.3.4 SH.01.00.03 SH poritiiva ühendusplekk.....	93
6.3.5 SH.01.00.04 Vineeri servaplekk otsmine	94
6.3.6 SH.01.00.05 Servaplekk alum. platvormile tagum. vasak.....	95
6.3.7 SH.01.00.07 Servaplekk alum. platvormile keskmine.....	96
6.3.8 SH.01.00.08 Servaplekk alum. platvormile eesmine.....	97
6.3.9 SH.01.00.09 Servaplekk ülem. platvormile vasak.....	98
6.3.10 SH.01.01.00 Sadulhaagise kastiraam.....	99
6.3.11 SH.01.01.01 KR pikitala tagumine	100
6.3.12 SH.01.01.02 KR pikitala esimene.....	101
6.3.13 SH.01.01.03 KR risttala	102

6.3.14	SH.01.01.04 KR risttala tagumine	103
6.3.15	SH.01.01.05 KR risttala pikendus vasak	104
6.3.16	SH.01.01.06 KR välimine nurkraud	105
6.3.17	SH.01.01.07 KR tulealus vasak	106
6.3.18	SH.01.01.09 KR rihma-aasa alusplaat	107
6.3.19	SH.01.02.00 Sadulhaagise alusraam.....	108
6.3.20	SH.01.02.01 AR pikitala tagumine vasak.....	110
6.3.21	SH.01.02.03 AR pikitala keskmine.....	111
6.3.22	SH.01.02.04 AR risttala	112
6.3.23	SH.01.02.05 AR vahetala pikem.....	113
6.3.24	SH.01.02.06 AR pikitala ühenduslapp.....	114
6.3.25	SH.01.02.07 AR püsttala välimine vasak	115
6.3.26	SH.01.02.09 AR püsttala sisemine	116
6.3.27	SH.01.02.10 AR tugijala plaat	117
6.3.28	SH.01.02.11 AR pikitala esimene vasak.....	118
6.3.29	SH.01.02.13 AR Vahetala nurgas	119
6.3.30	SH.01.02.14 AR vahetala esimene	120
6.3.31	SH.01.02.15 AR välimine nurkraud	121
6.3.32	SH.01.03.00 Sadulhaagise allasõidutõke	122
6.3.33	SH.01.03.01 SH allasõidutõkke toru.....	123

SISSEJUHATUS

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on projekteerida väike-sari tootmise nõuetele vastav O2 kategooria haagis. Projekteeritava haagise tüübiks on sadulhaagis, ehk haagis toetub osaliselt vedukautole. Kategooria massipiirangutest lähtuvalt on haagise registrimass 3500 kg jättes kasulikuks kandejõuks hinnanguliselt 2300 kg¹.

Selline haagis sobib suurepäraselt kergete kuid suuremahuliste materjalide transportimiseks sh näiteks soojustusmaterjalid, kerged puistematerjalid jms. Gabariitide ja kandevoime poolest mahutab haagis näiteks kuni kaks sõiduautot.

Töö koosneb viiest põhiosast:

- Nõuded väikesari tootmises olevale O2-haagisele
- Haagise projekteerimine ja konstruktsioon
- Haagise elektrisüsteem
- Lisaseadmed ja nende valik
- Tootmistehnoloogia

Esimene peatükk esitab ülevaatlikult kõik projekteerimise alusnõuded. Põhiosa projekteerimistingimustest tulenevad Eesti Vabariigi seadusandlusest ja Euroopa ühenduse direktiividest.

Teine peatükk „Haagise konstruktsioon ja projekteerimine“ annab ülevaate projekteerimisprotsessist, põhjendab valitud tehnilisi lahendusi ja esitab projekteerimise tulemusena välja töötatud konstruktsiooni. Haagise konstruktsiooniosadeks on raam, haakesead, sillad, tugijalad ja allasõidutõke.

¹ Lähtetingimusena sai haagise tühimagi eesmärgiks seatud 1000 – 1200 kg.

Kolmas peatükk esitab haagise elektrisüsteemi – kasutatud on kahe ühenduspistikuga süsteemi, mis peab tagama elektritoite kõikidele haagisel olevatele elektriseadmetele sh valgustitele, piduritele ja ka haagise lisaakule.

Neljas lisaseadmete peatükk annab ülevaate kõikidest põhikonstruktsioonile lisatavatest seadmetest. Lisaseadmeteks on valgustid, helkurid, pidurid, koorma kinnitusvahendid jms.

Viimane peatükk kajastab haagise tootmisprotsessi, mille aluseks on kohalike tööstusettevõtete võimalused. Haagis on projekteeritud sääraselt, et kõik tootmiseks vajalikud operatsioonid (laser lõikus, painutamine, keevitamine, tsinkimine) on võimalikud teostada kohapealsetes ettevõtetes. Peatükis on antud ülevaade ka haagise eeldatavast maksumusest.

Lisaks, kuna tegu on konstruktiivse tööga, on töö lisana toodud kogu graafiline materjal sh kõik koostejoonised ja detailide tööjoonised. Digitaalselt on ette valmistatud kõikide laserlõigatavete detailide pinnalatused laserlõikuseks.

Veduk

Käesolevas töös on projekteeritav haagis projekteeritud lähtudes konkreetsest vedukautost Iveco Daily 35C (Joonis 1). Iveco on valitud aluseks, kuna nende tarbesõidukid on saadaval väga erinevates konfiguratsioonides. Näiteks on nende topeltkabiiniga raamauto kohe tehast saadaval erineva kandejõuga, registrimassiga kuni 7t (Joonis 2).

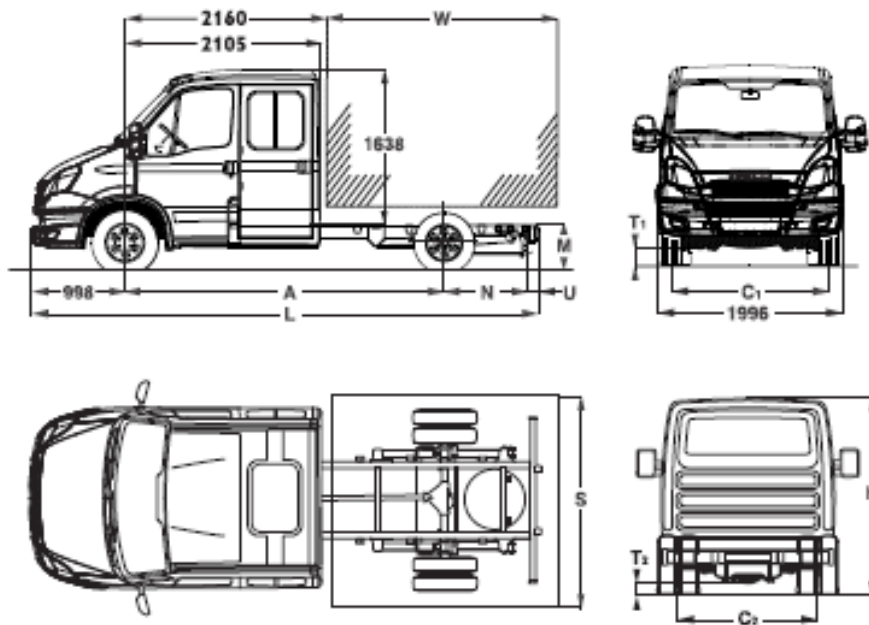
Veduki täpsemad gabariidid on valitud topeltkabiiniga mudeli alusel. Selle arvelt väheneb küll haakepoldist ettepoole ulatuv haagise pikkus, aga topeltkabiini lisaistmed suurendavad veduki funktsionaalsust.



Joonis 1. Iveco Daily 35c15 3.0 raamauto [1]

Iveco Daily 35C tehnilised näitajad:

- tühimag: 1900 kg
- täismass: 3500 kg
- kandevõime: 1600 kg



Joonis 2. Veduki gabariidid

1 NÕUDED VÄIKESARI TOOTMISES OLEVALE O2-HAAGISELE

Käesolevas töös projekteeritud haagise tehnonõuded tulenevad reast määrustest ja direktiividest. Neist põhilisemad allikad on:

- Majandus- ja kommunikatsiooniministri 13.06.2011. a määrus nr 42 „Mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele” ning selle lisad:
 - Lisa 1 – nõuded alates 1. jaanuarist 1997. a liiklusregistrisse kantud või kantavale sõidukile, välja arvatud enne 1. jaanuari 1984. a valmistatud või esmaregistreeritud sõidukid ning 30-aastased ja vanemad sõidukid.
 - Lisa 2 – sõidukite jaotus kategooriatesse ja klassidesse
 - Lisa 6 – E-reeglite nimekiri
 - Lisa 7 – Direktiivide ja määruste nimekiri
- Majandus- ja kommunikatsiooniministri 21.03.2014. a määruse nr 37 „Auto, mootorratta, mopeedi ja nende haagiste tüübikinnituse, üksiksõiduki kinnituse ja ümberehituse tingimused, nõuded ja kord” ja selle lisad:
 - Lisa 6 – Määruste ja direktiivide loetelu, millistes toodud nõuded peavad olema täidetud väikeseeriatena toodetud M, N ja O kategooria sõidukite riiklikul tüübikinnitusel.

Määruse 37 lisas 6 olev määruste ja direktiivide loetelu nimetab kõik aladokumendid ehk määrused ja direktiivid, millele väikeseeriana toodetav haagis peab vastama. Määruses on esitatud 63 nõuet, milledest projekteeritavale O2-kategooria haagisele on kohaldatud 23. Nõuded on jagatud nelja alagruppi vastavalt nende olulisusele [2]:

- X: Tuleb väljastada EÜ tüübikinnitustunnistus; tuleb tagada toodangu nõuetelevastavus. X rühma kuuluvatelt detailidelt või elementidelt on nõutud Euroopa ühenduse tüübikinnitustunnistus. Kui see puudub tuleb detailile tellida

tüübikinnituse saamiseks vajalikud katsetamised. Enamik X-rühma detaile on soovitatav leida juba kehtiva tüübikinnitustunnistusega.

- A: Lubatud on ainult õigustloovas aktis määratletud erandid. Tüübikinnitustunnistust ja tüübikinnitusmärki ei nõuta. Katsearuande vormi kehtestab teavitatud tehniline teenistus.
- B: Tuleb täita õigustloova akti tehnilisi eeskirju. Õigustloova aktiga ettenähtud katsed tuleb läbi viia täies ulatuses; tüübikinnitusasutuse nõusolekul võib neid teostada tootja ise; tootjal võidakse lubada väljastada tehniline aruanne; tüübikinnitustunnistust ei ole vaja väljastada ja tüübikinnitust ei nõuta.
- C: Tootja peab tüübikinnitusasutusele tõendama, et õigustloova akti olulised nõuded on täidetud. Seda õigustloovat akti ei kohaldata (nõudeid ei ole kehtestatud).

Neist rangeimaile nõudele X (ehk omama EÜ tüübikinnitust) peavad vastama kõik haagisel kasutatavad tuled, helkurid ning lisaks haakesead. Projekteerimisel tuleb jälgida, et nimetatud seadmetel oleks Euroopas kehtiv tüübikinnitustunnistus.

Gruppi A kuuluvad haagisel kasutatavad pidurid – seadmetelt nõutakse katsetamist, mille vormi kehtestab katsetust läbi viiv tehniline teenistus.

Ülejäänud elemendid peavad vastama nõuetele B või C.

Majandus ja kommunikatsiooniministri (edaspidi MKM-i) määrus nr 37 Lisa 2 kui käesoleva töö projekteerimistingimuste alusdokument, mis viitab kõikidele asjassepuutuvatele määrustele ja direktiividele, on toodud töö lisa 6.1 lk 74.

Sõiduk tuleb kehtivatele tehnonõuetele vastavuse kontrollimiseks esitada Maanteeameti poolt määratud tehnilisele teenistusele või eksperdile [3]. Katsetuste läbimise korral omistab Maanteeamet sõidukile üksiksõiduki kinnituse, mis on aluseks sõiduki registreerimiseks. Haagise projekteerimisel on konsulteerivaks tehniliseks eksperdikis olnud Maanteeameti tunnustatud ekspertteenistuse Tallinna Tehnikakõrgkooli autonduse õppetooli hoidja, volitatud autoinsener Sven Andresen. [4] [5]

Üksikkorras valmistatud O1 ja O2 kategooria sõidukid registreeritakse elavas järjekorras registreerimiseelse ülevaatuse käigus liiklusregistri büroodes.

1.1 Massid ja mõõtmed

Järgnevalt on selgitatud liikluseaduses kehtestatud massipiiranguid vedukile, haagisele. Samuti juhtimisõiguse kategooriate jagunemist.

- B-kategooria sõiduk – auto, mille lubatud täismass ei ületa 3500 kilogrammi ja millel peale juhikoha ei ole rohkem kui kaheksa istekohta; sama auto koos kerghaagisega; sama auto koos haagisega, mis ei ole kerghaagis, kusjuures autorongi lubatud täismass ei ületa 3500 kilogrammi; sama auto koos haagisega, mille lubatud täismass ületab 750 kilogrammi, kusjuures autorongi lubatud täismass ületab 3500 kilogrammi, kuid ei ületa 4250 kilogrammi, tingimusel et sellise auto ja haagise ühendi juhtimisõigus on saadud pärast vastava sõidueksami sooritamist;
- BE – autorong, mis koosneb B-kategooria autost ning haagisest või poolhaagisest, kui haagise või poolhaagise lubatud täismass ei ületa 3500 kilogrammi;

Antud haagis on mõeldud kasutamiseks B-kategooria juhilubadega kuid täiendavalt on vajalik BE-kategooria juhtimisõigus. Kasuliku kandjõu suurendamiseks ja vähendamaks haagise tühimassi on kõnealune haagis projekteeritud sadul- ehk poolhaagisena. Poolhaagis on haagis, mis on ette nähtud haakimiseks sadulvedukiga või eelikuga ja mis kannab sadulvedukile või eelikule üle olulist vertikaalkoormust [6].

MKM määruses 42 on määratletud poolhaagise täismassi kohta kehtiv erireegel:

- O2 kategooriasse kuuluvad haagised, mille täismass on üle 750 kg, kuid ei ületa 3500kg. Kusjuures erandina on poolhaagise või kesktelghaagise kategooria määramisel nende täismassiks mass, mis vastab poolhaagise või kesktelghaagise telje või telgede kaudu maapinnale ülekantavale staatilisele vertikaalkoormusele, kui haagis on ühendatud vedukiga ja maksimaalselt koormatud. [7]

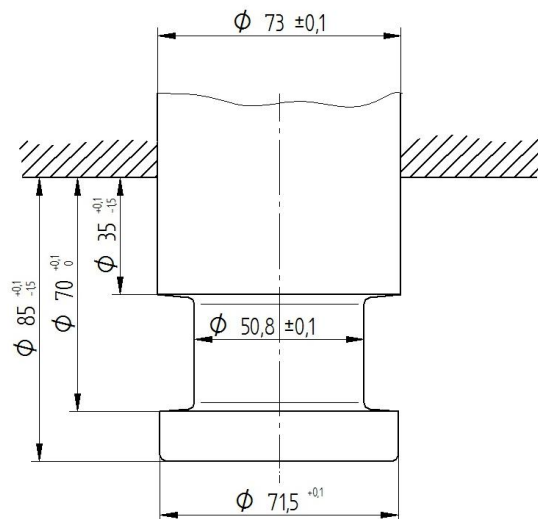
Eelnimetatust saab järeldada, et sadulhaagise tegelik mass ehk tühimassi ja koorma massi summa võib ületada kategooria massipiiri 3500 kg kui on tagatud, et tegelik telje või telgede kaudu maapinnale üle kantav staatiline vertikaalkoormus jääb lubatud registrimassi (3500 kg) piiresse.

Projekteeritud haagise mass, lubatud kandejõud ja teljekoormused on täpsemalt arvatud peatükis 2.5 „Projekteeritud haagise gabariidid“ lk 47.

1.2 Nõuded haakeseadmele

Nõuded haakeseadete sätestab euroopa parlamendi ja nõukogu direktiiv 94/20/EÜ, 30. mai 1994, mootorsõidukite ja nende haagiste mehaaniliste haakeseadiste ning nende kinnitamise kohta kõnesolevatele sõidukitele. Haakeseadete vastab klassile X ehk temalt nõutakse tootjapoolset kehtivat EÜ tüübikinnitust [8].

- Poolhaagisel peab olema $\varnothing 50,8 \pm 0,1$ mm veopolt (Joonis 3). Sadulakoormusega üle 20 000 kg peab haakeseadme veopolt olema $\varnothing 89 \pm 0,1$ mm
- $\varnothing 50$ mm ja $\varnothing 90$ mm veopoldile mõeldud sadulseadme kinnitamiseks mootorsõiduki vaheraamile, montaažiplaadile või raami kronsteinidele peab sadulseadmel olema 12 ava $\varnothing 17$ mm. $\varnothing 50$ mm veopoldiga sadulseade peab olema kinnitatud vedukile vähemalt kaheksa poldiga M16.



Joonis 3 Poolhaagise veopolt

Ø 50 mm veopoldiga ja sadula haakeseadmega autorongi ühendusmõõtmed peavad vastama järgmistele nõuetele:

- koormata veduki sadula plaadi suurim lubatud kõrgus teepinnast 1400 mm;
- koormatud veduki sadula plaadi suurim lubatud kõrgus teepinnast on 1150 mm kuni 1300 mm;
- lõtk haakeseadme ja veopoldi vahel ei tohi ületada 4,0 mm;
- veopoldi ja sadula haardeseadme tööpindade kulumine ei tohi ületada 1,5 mm



Joonis 4. 50 mm veopolt keevitatava adapterplaadiga. [9]

Haakeseadme vastavust nõuetele kontrollitakse vaatluse ja mõõtevahenditega.

1.3 Mõõtmed

Poolhaagise üldpikkust peab mõõtma tema pikiteljega risti olevate mõtteliste tasapindade vahel, kusjuures need tasapinnad on puutujateks äärmistele kereosadele poolhaagise ees ja taga. Mõõde veopoldi teljest kuni haagise tagumise äärmise osani antakse sulgudes haagise kogupikkuse mõõde järel, nt 10800 (7500 mm) [10] [11];

Sõiduki laiust peab mõõtma sõiduki pikiteljega rööbiti olevate külgede puutetasapindade vahelise kaugusena. Arvesse tuleb võtta kõik väljaulatuvad jäigalt kinnitatud osad, välja arvatud:

- tolli plommimisseadmed ja plommide kaitsevahendid;
- tendi ohutus- ja kaitsevahendid;

- rehvi vigastuse signaalseadmed;
 - elastne poripõll;
 - valgustus- ja valgussignalisatsiooniseadmed;
 - rehvi siserõhunäitur;
 - teepinnaga kokkupuutes oleva rehvi väljakummunud külg;
 - teisaldatav poritiiva laiend;
-
- O1 ja O2 kategooria haagiste lubatud suurimad gabariidid:
 - laius 2,55 m;
 - kõrgus 4 m.
 - Poolhaagise sadula käändmikupoldi telje ja poolhaagise tagumise otsa suurim vahemaa 12 m;
 - veduk koos haakes poolhaagisega 16,50 m;

Poolhaagis võib olla vedavast sadulvedukist (esitelje kohalt mõõdetud gabariitmõõdust) laiem kuni 0,35 m;

Poolhaagise sadula käänmikupoldi telje ja poolhaagise eesmise otsa mis tahes punkti horisontaalsuunas mõõdetav vahemaa ei tohi olla üle 2,04 m

Kõik mootorsõidukid ja autorongid peavad suutma liikuda ringteel, mille välisraadius on 12,50 m ja siseraadius on 5,30 m. Kui seisva sõiduki esirattad on pööratud välja 12,5 m raadiusega ringis liikumisele, siis ei tohi sellest asendist liikuma hakkamisel sõiduki ükski punkt väljuda kaugemale kui 0,8 m (liigendbussil 1,2 m) kujutletavast vertikaalpinnast, mis ühtis seisva sõiduki küljega (edaspidi väljaulatus).

Haagise mõõtude vastavust nõuetele kontrollitakse vaatluse ja mõõtmisega.

1.4 Laternad ja helkurid

Valgustid ja helkurid on osad, mis üksikkorras valmistatud O1 ja O2 kategooria sõidukil peavad olema EÜ- või E-tüübikinnitatud. Eeldusel, et haagisele paigaldatavad laternad ja

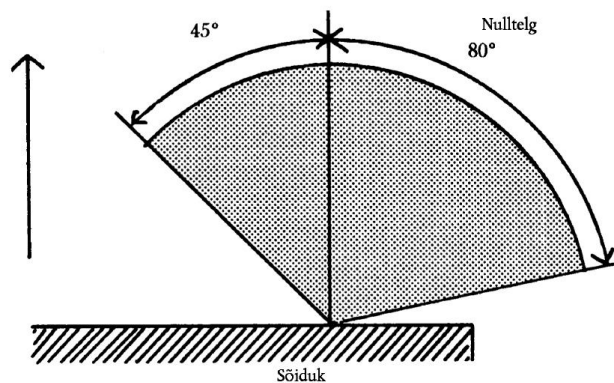
helkurid omavad euroopa tüübikinnituse tähist, ei pöörata järgnevalt tähelepanu laternate ja helkurite valgustugevuse, geomeetrilise nähtavuse (horisontaal- ja vertikaalnurkadele) ning veduki elektrisüsteemist tulenevatele tingimustele. Tähelepanu pööratakse eelkõige laternate ja helkurite nõutud arvule ning nende nõuetekohasele paigutamisele haagisele. Samuti nende ühendamistingimustele veduki elektrisüsteemiga.

1.4.1 Laternad

Nõuded laternatele on esitatud nõukogu direktiivis, 27. juuli 1976, mootorsõidukite ja nende haagiste ülemisi ääretulelaternaid, eesmisi ääretulelaternaid, tagumisi ääretulelaternaid ja piduritulelaternaid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta. Valgus- ja valgussignaalseadmete paigaldamist sõidukile reguleerib nõukogu direktiiv, 27. juuli 1976, mootorsõidukitele ja nende haagistele valgustus- ja valgussignaalseadmete paigaldamist käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta. [12] [13]

Haagisel olevate põhilaternate paigaldamisel ja ühendamisel peab järgima järgmisi nõudeid:

Eesmine ääretulelatern – latern, mida kasutatakse sõiduki kohaloleku ja laiuse märkimiseks sõiduki ees asuvale vaatlejale. On kohustuslik haagistel laiusega üle 1600 mm. Haagise puhul ei tohi keskmisest pikitasapinnast kõige kaugemal asuv valgusava punkt olla sõiduki külgserva äärmisest punktist kaugemal kui 150 mm. Kõrgus maapinnast vähemalt 350 mm kuni 1500 mm. Hulk: kaks. Märgulamp kohustuslik. Ääretulede märgulamp ei ole vilkuv ning selle olemasolu ei ole vajalik juhul, kui armatuurlaual valgustuse saab sisse lülitada ainult samaaegselt eesmistele ääretulelaternatega.



Joonis 5. Eesmise ääretulelaterna valguse jaotumine horisontaaltasapinnas.

Tagumine ääretulelatern – latern, mida kasutatakse sõiduki kohaloleku ja laiuse märkimiseks sõiduki taga asuvale vaatlejale. On kohustuslik kõigil sõidukitel. Sõiduki keskmisest pikitasapinnast kõige kaugemal asuv valgusava punkt ei tohi olla sõiduki külgserva äärmisest punktist kaugemal kui 400 mm. Kõrgus maapinnast vähemalt 350 mm kuni 1500 mm või kuni 2100 mm, kui kere kuju ei võimalda piirväärtust 1500 mm. Hulk: kaks. Tagant nähtava laterna ja eest nähtava laterna, mis asuvad sõiduki ühel ja samal küljel võib kombineerida üheks seadmeks.

Küljeääretulelaternad – laternad, mis on paigaldatud külgserva äärmisse punkti nii kõrgele kui võimalik ning mõeldud sõiduki kogulaiuse selgeks märgistamiseks. See signaal on teatavate sõidukite ja haagiste puhul mõeldud sõiduki eesmistest ja tagumistest ääretulelaternate täiendamiseks ning tähelepanu juhtimiseks eelkõige sõiduki suurusele. Kohustuslik sõidukite puhul laiusega üle 2,10 m. Hulk: kaks eest nähtavat ja kaks tagant nähtavat laternat. Paigutus võimalikult lähedal sõiduki külgserva äärmisele punktile.

Seisutulelatern – latern, mida kasutatakse tähelepanu juhtimiseks pargitud sõidukile asulas. Sellisel juhul asendab see eesmist ja tagumist ääretulelaternaid. Mittekohustuslik mootorsõidukitel pikkusega mitte üle kuue meetri ning laiusega mitte üle kahe meetri. Kõigi muude sõidukite puhul: keelatud. Sõiduki keskmisest pikitasapinnast kõige kaugemal asuv valgusava punkt ei tohi olla sõiduki külgserva äärmisest punktist kaugemal kui 400 mm. Kõrgus maapinnast: vähemalt 350 mm kuni 1500 mm või 2100 mm juhul, kui sõiduki kere kuju ei võimalda piirväärtust 1500 mm. Hulk: kaks ees, kaks taga. Elektriühendused peavad võimaldama sõiduki samal küljel asuva(te) seisutulelaterna(te) sisselülitamist sõltumata ühestki muust laternast.

Piduritulelatern – latern, mille abil antakse sõiduki taga asuvatele liiklejatele märku, et sõidukijuht kasutab sõidupidurit. Kohustuslik kõigile sõidukitele. Laternatevaheline kaugus vähemalt 600 mm. Kõrgus maapinnast: vähemalt 350 mm, kuni 1 500. Märkulamp ei ole kohustuslik. Selle olemasolu korral peab see olema mittevilkuv ohutuli, mis süttib piduritulelaternate talitlushäire puhul. Muu nõudena peab piduritulelaternate valgustugevus olema märkimisväärselt suurem tagumiste ääretulelaternate valgustugevusest. Hulk: 2, asukoht: sõiduki taga.

Numbritulelatern – seade, mida kasutatakse tagumise registreerimismärgi jaoks ettenähtud ala valgustamiseks ja see võib koosneda eri optilistest osadest. Kohustuslik kõigile sõidukitele. Elektriühendused: seade lülitub sisse ainult samaaegselt tagumiste ääretulelaternatega. [14]

Tagumine udutulelatern – latern, mille abil tehakse sõiduk tiheda udu korral tagantpoolt paremini märgatavaks. Kohustuslik kõigile sõidukitele. Hulk: üks, teine ei ole kohustuslik. Kui on ainult üks udutulelatern, siis peab see asuma sõiduki keskmise pikitasapinna suhtes sellel sõiduki küljel, mis on vastassuunaline sõiduki registreerimisriigis ettenähtud liiklusuunale. Kõikidel juhtudel peab kaugus tagumise udutulelaterna ja piduritulelaterna vahel olema üle 100 mm. Kõrgus maapinnast 250–1000mm. Elektriühendused peavad olema sellised, et tagumist udutulelaternat saab sisse lülitada ainult juhul, kui lähitulelaternad või eesmised udutulelaternad on sisse lülitatud. Kohustuslik sisselülitatuse märkulamp – sõltumatu, konstantse valgustugevusega ohutuli. [15]

Suunatulelatern – latern, mida kasutatakse teiste liiklejate informeerimiseks sõidukijuhi kavatsusest muuta suunda kas paremale või vasakule. Haagistele on kohustuslik kaks tagumist suunatulelaternat. Sõiduki keskpikitasapinnast kaugeim valgusava punkt ei tohi olla sõiduki äärmisest külgserva punktist kaugemal kui 400 mm. Kõrgus maapinnast vähemalt 350mm. Elektriühendused peavad võimaldama suunatulelaternate lülituvust muudest laternatest sõltumatult. Kõik sõiduki ühel küljel asuvad suunatulelaternad lülitatakse sisse ja välja ühe lülitusseadise abil ning peavad vilkuma ühe ja sama intervalliga. Kohustuslik on töökorras oleku märkulamp kõigi suunatulelaternate puhul, mis ei ole otseselt sõidukijuhi vaateväljas. [16]

Kui mootorsõiduk on varustatud haagisega, siis peab haagisel olema eraldi optiline töökorrasoleku märgulamp haagise suunatulelaternate jaoks juhul, kui haagist vedava sõiduki märgulamp ei võimalda näha sõiduki suunatulelaternate kombinatsiooni ükskõik millise laterna tõrget.

Kui mootorsõidukil on haagise vedamise luba, siis kasutatakse haagist vedava sõiduki suunatulelaternate lülitusseadist ka haagise suunatulelaternate puhul.

Ühe suunatulelaterna tõrke puhul, v.a lühise korral, peavad teised edasi vilkuma, kuid sellisel juhul võib vilkumissagedus ettenähtust erineda.

Tagurdustulelatern – latern, mida kasutatakse tee valgustamiseks sõiduki taga ja teiste liiklejate hoiatamiseks, et sõiduk tagurdab või hakkab tagurdama. Kohustuslik kõigil mootorsõidukitel. Võib olla grupeeritud mis tahes muude laternatega st olla eraldi klaaside ja eraldi valgusallikatega, kuid ühise korpusega. Ei tohi olla kombineeritud muude laternatega st süttida koos ühegi teise valgusallikaga. [17]

Ohutuli – sõiduki kõigi suunatulelaternate samaaegse toimimise funktsioon tähelepanu juhtimiseks asjaolule, et sõiduk kujutab ajutiselt teistele liiklejatele erilist ohtu. Kohustuslik kõigile sõidukitele. Elektriühendused – signaal lülitatakse sisse ja välja eraldiseisva lülitusseadise abil, millega pannakse kõik suunatulelaternad sama intervalliga vilkuma. Kui mootorsõiduki varustuses on haagis, siis peab ohutule lülitusseadise abil saama sisse lülitada ka haagise suunatulelaternaid. Ohutuli peab toimima ka juhul, kui mootorit käivitav või seiskav seade on asendis, mis ei võimalda mootorit käivitada.

1.4.2 Helkurid

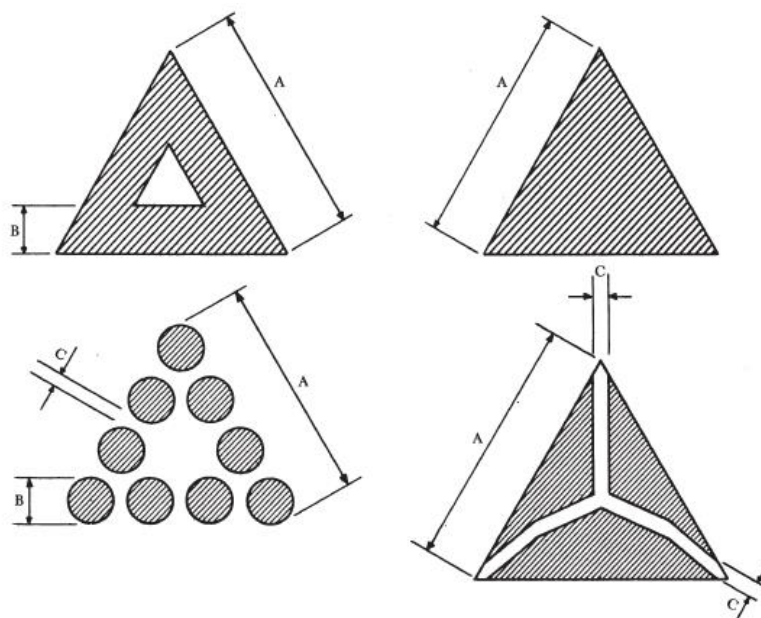
Nõuded helkuritele on esitatud nõukogu direktiiv, 27. juuli 1976, mootorsõidukite ja nende haagiste helkureid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta. Helkurite paigaldamist sõidukile reguleerib nõukogu direktiiv, 27. juuli 1976, mootorsõidukitele ja nende haagistele valgustus- ja valgussignaalseadmete paigaldamist käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta [18].

Haagisel on nõutud järgmised helkurid:

Tagumine kolmnurkne helkur (Joonis 6). Kohustuslik haagistel (mootorsõidukitel keelatud). Sõiduki keskmisest pikitasapinnast kõige kaugemal asuv valgusava punkt ei tohi olla sõiduki külgserva äärmisest punktist kaugemal kui 400 mm. Kõrgus maapinnast 350 mm kuni 900 mm. Hulk: kaks ülespoole suunatud tipuga kolmnurka. Erinõuded: ei tohi olla grupeeritud ühegi muu laternaga. Kolmnurga sisse ei tohi asetada laternat.

Eesmine mittekolmnurkne helkur. Kohustuslik haagistel. Haagise puhul ei tohi keskmisest pikitasapinnast kõige kaugemal asuv valgusava punkt olla sõiduki külgserva äärmisest punktist kaugemal kui 150 mm. Kõrgus maapinnast vähemalt 350 mm ning kuni 900 mm (kuni 1500 mm, kui sõiduki ehitus ei võimalda jääda 900 mm piiridesse). Erinõuded: võib olla grupeeritud eesmise ääretulelaternaga. Helkuri valgusaval võib olla ühiseid osi eesmise ääretulelaterna valgusavaga.

Külgmine mittekolmnurkne helkur. Kohustuslik kõigil haagistel. Kõrgus maapinnast 350 mm kuni 900 mm. Vähemalt üks helkur peab olema kinnitatud sõiduki keskmisele kolmandikule nii, et kõige eesmise helkuri kaugus sõiduki esiosast ei ole üle kolme meetri, kaasa arvatud haakeseadis haagiste puhul. Kaugus kahe järjestikuse helkuri vahel ei tohi olla üle kolme meetri. Kaugus kõige tagapoolsema helkuri ja sõiduki tagaosast ei tohi olla üle ühe meetri. Võivad olla “grupeeritud” muude laternatega.



Joonis 6. Haagiste kolmnurksed helkurid

Eelnevast võib välja tuua mõned põhilised eksimuskohad helkurite kasutamisel:

- Tagumise mittekolmnurkse helkuri kasutamine on haagistel keelatud.
- Tagumise kolmnurkse helkuri asetamisel haagise porikummidel peab jälgima, et helkuri kõrgus maapinnast oleks vähemalt 350 mm.
- Eesmine mittekolmnurkne helkur võib olla grupeeritud eesmise äärelaternaga – tihti on äärelaternate klaasid ühtlasi ka helkurite reflektorid.

1.5 Pidurid

Lisaks MKM määrusele nr 42 sätestab pidurite valiku aluseks olevad nõuded euroopa parlamendi ja nõukogu direktiiv 71/320/EMÜ, 26. juuli 1971, teatavate kategooriate mootorsõidukite ja nende haagiste piduriseadmeid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta [19]. Käesoleva projekti raames on olulisemad järgmised nõuded:

- igal O2-kategooria haagisel peab olema kas ahelpidurduse või osapidurduse või pealejooksupidurduse tüüpi sõidupiduriseade. Kusjuures viimane ehk pealejooksupidurduse tüüpi pidurid on poolhaagistel keelatud [10, p. 35];
- sõidupiduriseade peab toimima haagise kõikidele ratastele;
- sõidupiduriseadme toime peab telgede vahel jaotuma võrdselt;
- pidurite toime peab olema jaotatud ühe telje rataste ja haagise pikitelje tasandi suhtes sümmeetriliselt;
- pidurid peavad toimima ratastele piduriseadme kokkupuutuvate hõõrdpindade kaudu ja nende kulumine peab olema kompenseeritav automaatse või käsitsi reguleerimisega;
- pidurisüsteemirikke korral peavad haagise pidurid rakenduma automaatselt;
- autorongi katkemise korral peab piduriseade tagama haagise automaatse pidurdamise;
- masinarongi pidurite ühendusjuhtmete purunemisel või pihkumisel peab vedukmasin olema võimeline peatama ka rikkis piduritega haagist [20];

- igal haagisel, mille puhul nõutakse sõidupiduriseadet, peab olema tagatud seisupidurdus isegi juhul, kui haagis ei ole vedukiga ühendatud. Sõiduki kõrval seisev isik peab saama käivitada seisupiduriseadme. Mõiste “käivitama” hõlmab ka piduri vabastamist;
- õhkpiduriga haagise ühendamisel vedukiga peavad selle pidurid automaatselt lülituma töörežiimi.

1.5.1 Erinõuded elekterpidurisüsteemiga O kategooria sõidukile

Arvestades, et sadulhaagise korral ei ole võimalik ja seadusega lubatud kasutada levinud inertspidureid, on arvestatavaks alternatiiviks elektrilise ajamiga või elektrohüdraulilised pidurid. Nende projekteerimisel tuleb arvestada järgmisi erinõudeid:

- Elektripidurisüsteemiga haagise pidurid peavad elektrilise toite saama vedukilt.
 - Haagisele on lubatud asetada lisaaku, mis saab laadimisvoolu vedukilt.
 - Lisaaku laadimispinge reguleerimine peab toimuma haagisel;
 - Nimitoitepinge peab olema 12 V, voolutugevus ei tohi ületada 15 A;
- armatuurlaul peab olema märgulamp, mis süttib piduripedaalile vajutamisel ja signaliseerib süsteemi korrasolekust.

Kuna süsteemi rikke (sh ka autorongi katkemise) korral on nõutud pidurite automaatset rakendumist, tuleb kindlasti arvestada haagisele aku paigaldamisega.

Pidurite piirväärtuste täitmist tõendav dokument peab olema direktiivi, E-reegli või muu normdokumendi kohane sertifikaat, katsekoja katseprotokoll, kinnitus või valmistaja tunnistus [21].

Piduriseadmete tõhusust ja vastavust määrustele kontrollitakse vaatluse ja mõõtmisega.

1.6 Muud nõuded

1.6.1 Tõkiskingad

M, N, ja O kategooria sõidukil peab olema kaks kasutamiskõlblikku tõkiskinga. Tõkiskingade mõõdud sõltuvad haagise rataste gabariitidest. Üle 750 kg massiga haagisel (ja üle 3,5 t täismassiga mootorsõidukil) peab tõkisking vastama tabelis Tabel 1 toodud nõuetele [10, p. 6].

Tabel 1. Tõkiskingade gabariidid vastavalt rehvi suuruselt

Rehvi välisraadiuse nimimõõde (mm)	Tõkiskinga pikkus (mm)	Tõkiskinga laius (mm)	Tõkiskinga kõrgus (mm)	Tõkiskinga toetuspinna raadius (mm)	Tõkiskingale lubatav suurim koormus (kg)
380	260	120	150	360	1500
480	320	160	190	460	3500
600	400	200	230	560	6500
800	600	250	330	700	10 000

Tõkiskingade olekut kontrollitakse vaatluse ja mõõtmisega.

1.6.2 Andmesilt

Kõik sõidukid peavad olema varustatud vastavalt nõukogu direktiivile 18. detsember 1975, mootorsõidukite ja nende haagiste andmesilte ning kirjeid, nende asukohta ja kinnitusviisi käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta lisa punktides kirjeldatud andmesildi ja kirjetega. Andmesildi ja kirjed kinnitab tootja või tootja volitatud esindaja [22].

Direktiivi lisas esitatud näidise kohaselt kujundatud valmistajasilt peab olema tugevasti kinnitatud nähtavale ja kergesti juurdepääsetavale kohale sellise osa pinnal, mida kasutamise käigus ei vahetata. Sellel peavad olema loetletud selgelt ja kustumatult järgmised andmed esitatud järjekorras:

1. Tootja nimi.
2. EMÜ tüübikinnitus number.

3. Valmistajatehase tähis.
4. Sõiduki suurim lubatud täismass.
5. Autorongi suurim lubatud täismass, kui sõidukit kasutatakse vedukina.
6. Suurim lubatud koormus igale teljele (telgede järjekorras eest taha).
7. Suurim lubatud koormus poolhaagise veopoldile.

1.6.3 Allasõidutõke

Tagumise allasõidutõkke projekteerimise nõuded tulenevad euroopa nõukogu direktiivist, 20. märts 1970, mootorsõidukite ja nende haagiste vedelkütusepaake ja tagumisi allasõidutõkkeid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta. Direktiivis toodud nõuded kehtivad teedel kasutamiseks mõeldud, kerega või kereta, vähemalt neljarattalistele mootorsõidukitele, mille valmistajakiirus ületab 25 kilomeetri tunnis, ja nende haagistele [23].

Allasõidutõke ei ole nõutud kui šassii tagumise osa kogulaiuse või kere põhiosade kliirens ei ole suurem kui 70 cm, kui kõige tagumise telje ja sõiduki kõige tagumise punkti vahemaa ei ületa 1 m.

Antud haagise kohta võib juba proportsioonis joonestatud eeskiisidelt hinnata, et vahemaa haagise tagumisest teljest kõige tagumise punktini on kindlasti üle 1 m.

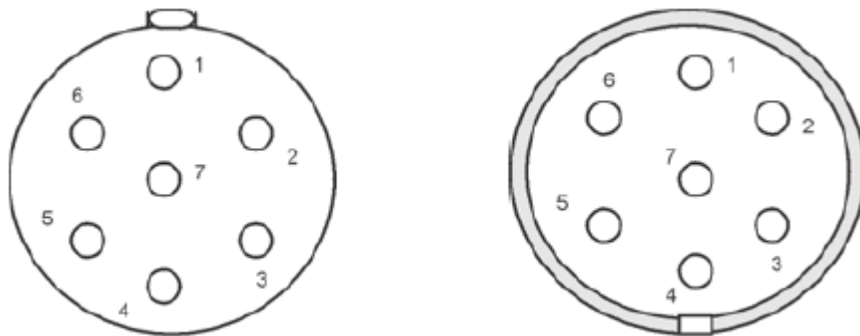
Kui see nõue ei ole täidetud, tuleb sõiduk varustada tagumise allasõidutõkkega, mis on paigaldatud vastavalt allpool järgnevale spetsifikatsioonile:

- Tagumise allasõidutõkke alaosa peab koormata sõiduki puhul olema vähem kui 70 cm kõrgusel maapinnast.
- Tagumise allasõidutõkke paigalduskohas ei tohi sõiduki kummalgi pool selle laius ületada sõiduki laiust või olla väiksem sõiduki laiusest rohkem kui 10 cm.
- Tagumine allasõidutõke tuleb asetada võimalikult lähedale sõiduki tagaosale ning mingil juhul ei tohi see olla kaugemal kui 60 cm sõiduki kõige tagumisest punktist.

- Tagumise allasõidutõkke otsi ei tohi väänata tahapoole.
- Tagumine allasõidutõkke peab olema kindlalt kinnitatud šassii peentalade külge või mis tahes seadme külge, mis neid asendab.
- Tagumise allasõidutõkke paindetugevus peab võrduma vähemalt sellise terastala paindetugevusega, mille ristlõike paindetugevusmoodul on 20 cm^3 .

1.6.4 Ühendusjuhtmed ja -voolikud

Vedukit ja haagist ühendavate juhtmete pistikud ja pistikupesad peavad olema 6 V ja 12 V nimipingega elektrisüsteemide puhul 12N tüüpi (normaalne). Pistikutüüp 12N (vt Joonis 7) on ette nähtud haagise valgussignalisatsiooni ja pidurite juhtimise seadmete (kui need on sõiduki ehituses ette nähtud) ühendamiseks veduki elektrisüsteemiga. Lisaseadmete ühendamiseks peab täiendavalt kasutama 6 V ja 12 V elektrisüsteemiga autorongidel 12S tüüpi pistikuid ja pistikupesasi [20].



Joonis 7 Pistikupesad 12N (A) ja 12S (B)

Vältimaks pistiku vigastamist peab pistikupesast väljatõmmatud pistikut olema võimalik kinnitada selleks ette nähtud hoidikusse. Pistikupesa ümber peab olema vaba ruumi vähemalt 55 mm ulatuses. Eri tüüpi pistikud ja pistikupesad ei ole omavahel vahetatavad, nad erinevad mõõtmete ja juhtmete isolatsiooni värvi poolest. Juhtmed peavad olema pistikus ühendatud vastavalt tabelitele Tabel 2 ja Tabel 3:

Tabel 2. 12N tüüpi pistiku ühendamisskeem

Pistiku jala nr	Juhtme värvus	Vooluring
1	Kollane	Vasak suunatuli
2	Sinine	Tagumine udulatern
3	Valge	Kere („mass“)
4	Roheline	Parem suunatuli
5	Pruun	Parem taga- ja küljeääretuled ning numbrituli
6	Punane	Pidurdustuli
7	Must	Vasak taga- ja küljeääretuled ning numbrituli

Tabel 3. 12S tüüpi pistiku ühendamisskeem

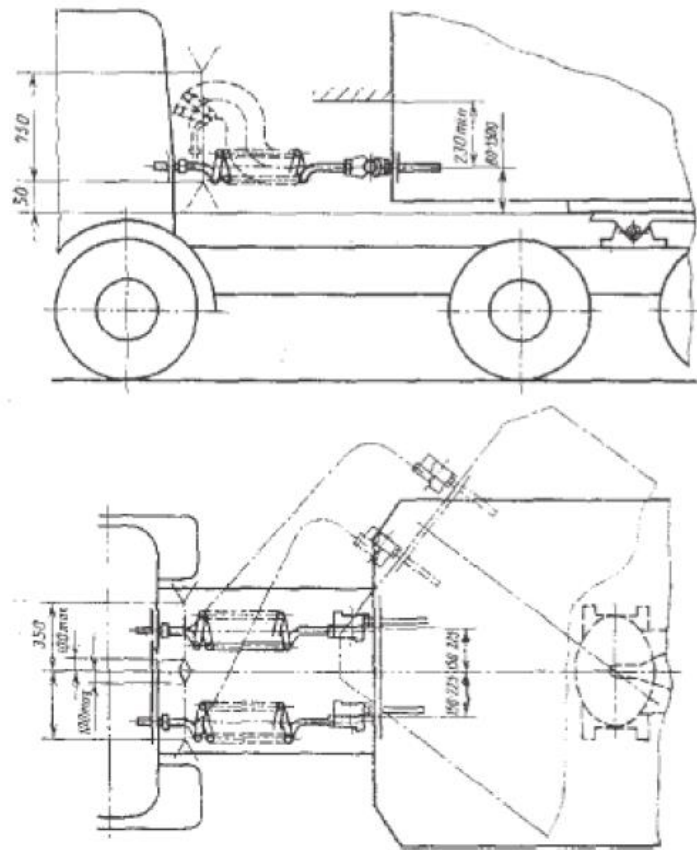
Pistiku jala nr	Juhtme värvus	Vooluring
1	Kollane	Tagurdustuli ja inertspidurite väljalülitus
2	Sinine	vaba
13	Valge	Kere („mass“)
4	Roheline	lisatoide
5	Pruun	Kereühenduse kontrolliks
6	Punane	Võimsa tarviti toide
7	Must	vaba



Joonis 8 Pistikud 12N ja 12S

Õhkpidurite kasutamisel tuleb ühendusvoolikute ühendamisel jälgida, et:

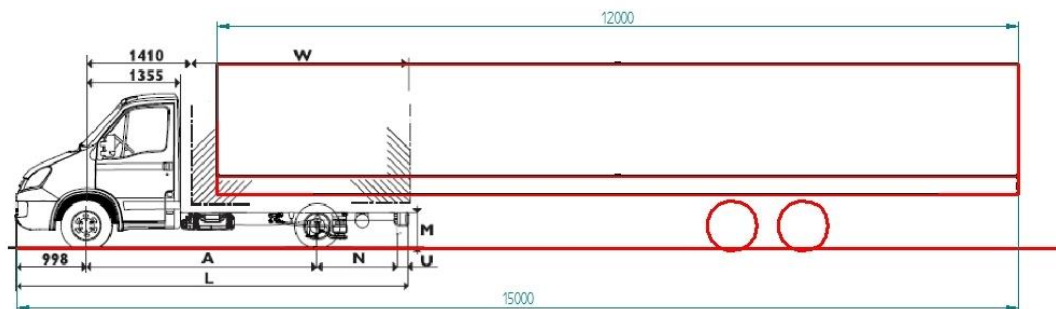
- ühendusvoolikud ei tohi pihkuda;
- ühendusvooliku pind ei tohi olla ohtlikult pragunenud, hõõrdunud, sööbinud või murenenud;
- ühendusvoolikute kinnitus peab tagama nende säilivuse autorongi sõidul ja manööverdamisel;
- analoogselt elektrijuhtmete ühendamisele peavad ühendusvoolikute otsakud olema märgistatud ja valmistatud nii, et oleks välditud vale ühendamise võimalus;
- ühendusvoolikud või nende otsakud peavad olema värvitud või märgistatud järgmiselt:
 - a) toiteharu – punane;
 - b) juhtharu – kollane.
- sadulveduki ühendusvoolikud peavad olema kinnitatud kabiini tagaseina külge püst- või rõhtasendis. Juhtharu peab asuma mootorsõiduki sümmeetriateljest vasaku ja toiteharu paremal, sõidusuunas vaadatuna. Ühendusvoolikute asetus peab vastama Joonis 9 toodud nõuetele.



Joonis 9. Pidurivoolikute ühendamine poolhaagisautorongil.

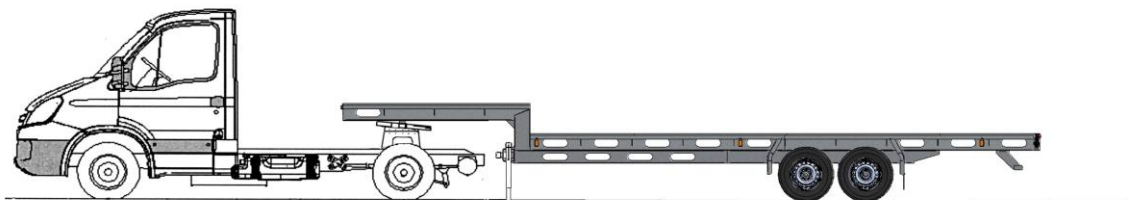
2 HAAGISE KONSTRUKTSIOON

Haagise projekteerimine sai alguse proportsioonide ja üldgabariitide määramisest.



Joonis 10. Haagise proportsioonid maksimaalsete haagise gabariitide korral.

Esialgsest eskiisilt on näha, et arvestades veduki proportsioone, jääb sirge põhjaga haagis maapinnast ülemäära kõrgeks. Seetõttu on haagisele kavandatud 350 mm aste.



Joonis 11. Töö käigus projekteeritud haagis

Lähtuvalt topeltkabiini lisafunktsionaalsusest on töös haagise kogupikkust vähendatud 12 meetrini ning lühendati veopoldist ettepoole ulatuvat osa.

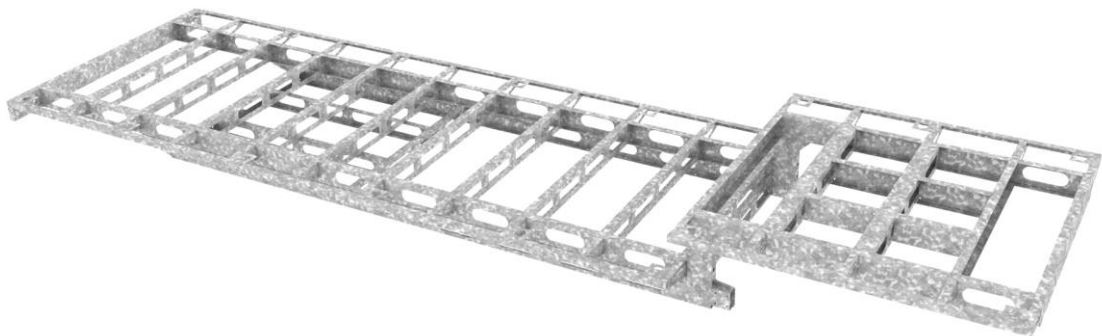
2.1 Raami projekteerimine

Haagise raam on projekteeritud painutatud profiiltaladele. Valikutes olid mitmed valikud, nt standard UPN-tala, kuid see lahendus tuli kõrvale jätta liigse massi tõttu (UPN 160 mass 18kg/jm) [24]. Parimaks lahenduseks osutus 3mm paksusest teraslehest valmistatud painutatud C-profiilid. Profiilid on valmistatud plaatmaterjalist – kontuur ja vajalikud avad on eellõigatud laserlõikuses ning seejärel painutatud painutuspressidel.

Arvestades piirangutega detailide pikkusele kuumtsinkimisel on haagise raam jagatud kaheks eelkoostatavaks keeviskonstruktsiooniks:

- alusraam,
- kastiraam.

Raamid koostatakse poltliite teel – selleks on mõlema raami pikitalades eellõigatud avad ühenduspoltidele.

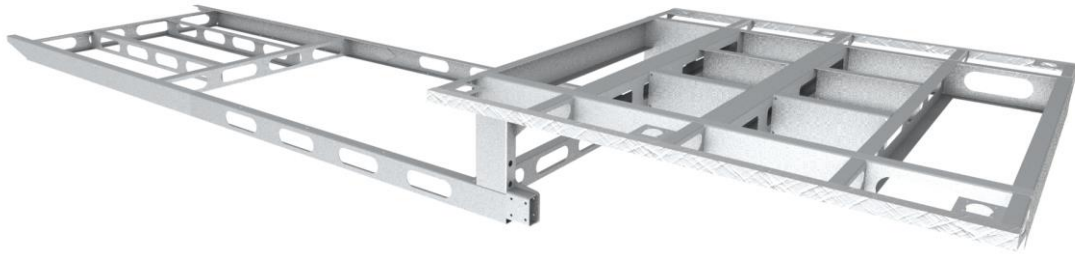


Joonis 12. Koostatud alusraam ja kastroam

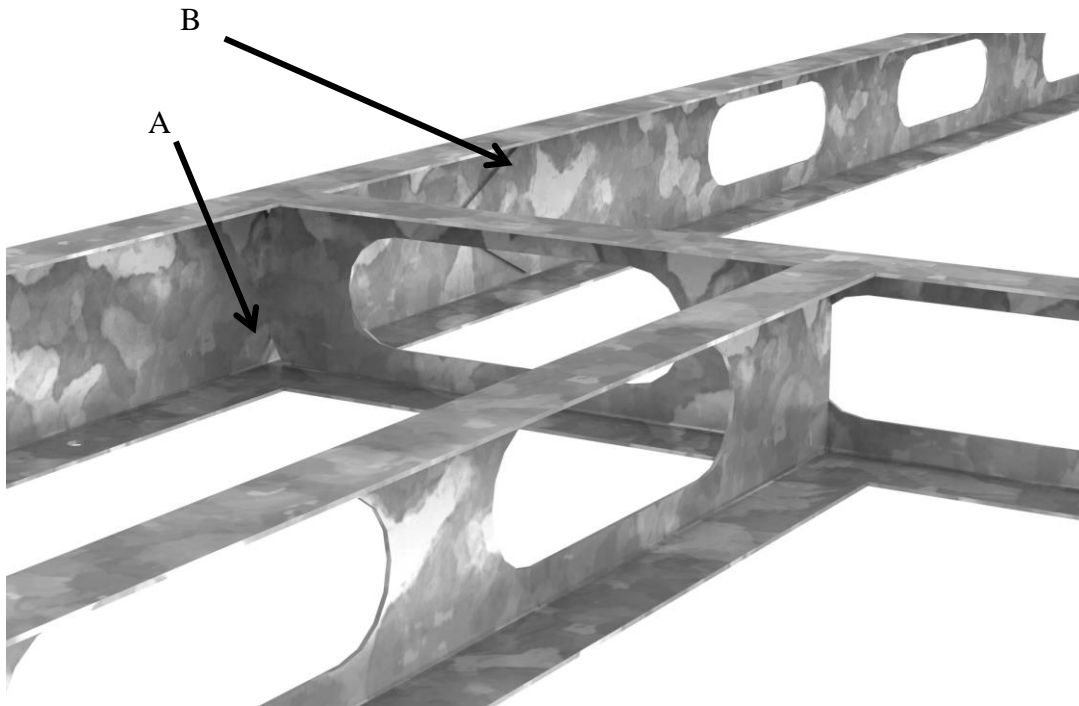
2.1.1 Alusraam

Alusraam on haagise põhiline kandev element, mis ühendab haakepoldi ja sillad üheks tervikuks. Redel-tüüpi raami talade vahemaaks on valitud kasutatavate sildade kinnituspunktide vahe (peatükk 2.3 Sillad lk 43). Raami (haagise) esi osas on 2200 mm pikkune kõrgendus. Alternatiiv oli ka ühes tasandis raami valmistamine (Joonis 10. lk 9), aga see ei osutunud otstarbekaks kuna haakeseadmest lisanduva kõrguse arvelt suureneks

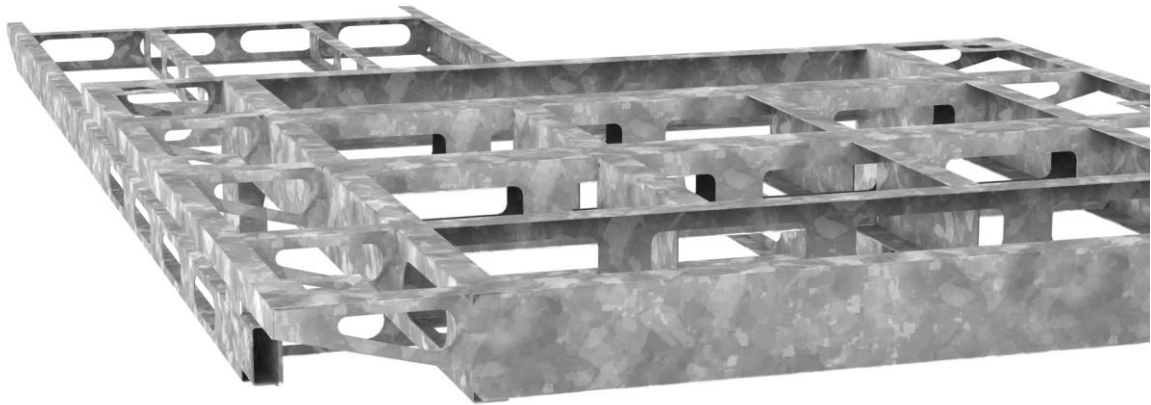
haagise kõrgus liigselt. Alusraami koostejoonis on toodud lisas 6.3.19 SH.01.02.00 Sadulhaagise alusraam lk 108.



Joonis 13. Alusraam eraldi



Joonis 14. Fragment alusraamist. a) tehnoloogilised avad tsinkimiseks, b) tugevduslapp talade jätkamiseks.



Joonis 15. Alusraam (vaade eest)

Tuginedes FEM-analüüsile on haakeseadme kohale konstruktsiooni tugevdamiseks lisatud põiktalaseid ühendavad tugitalad. Lisaks on 3. ja 4. põiktala topelttala

2.1.2 Kastram

Kastram on sarnaselt alusraamile redel-tüüpi keeviskonstruktsioon (Joonis 16), mis tekitab alusraami alumisele osale kauba vedamiseks sobiva platformi. Tehnoloogiliselt on kastram sarnane alusraamiga.



Joonis 16. Kastram



Joonis 17. Kastrami detailid

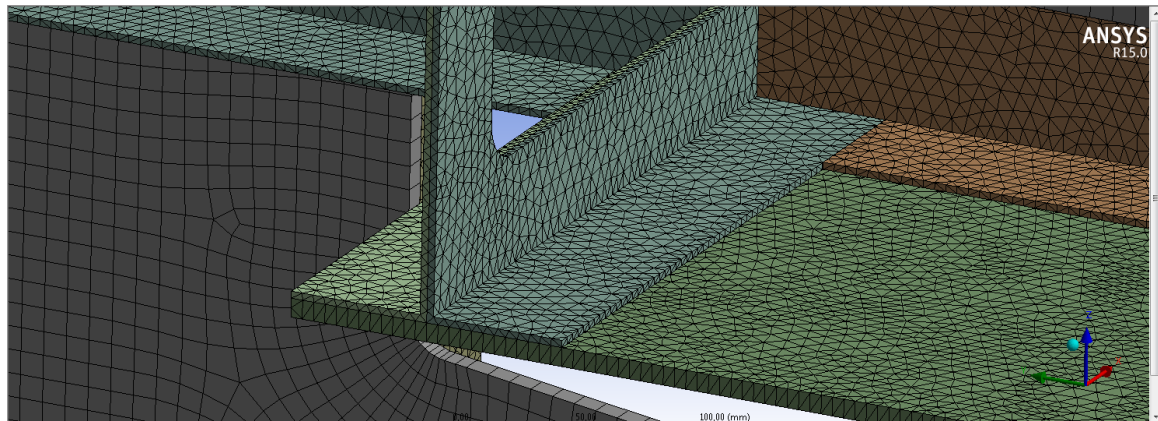
Kastram lõppeb karbiga, mis mahutab tagatuled ja numbri koos numbrituledega. Lisaks on haagise põrandasse süvistavate kinnitusaasade jaoks raamidele projekteeritud vastavatesse kohtadesse tugiplaadid (Joonis 17)

2.1.3 FEM-analüüs

Kandraami tugevusanalüüsiks on kasutatud tarkvarapaketti ANSYS 15, milles koormati lihtsustatud haagise mudelit erinevatel koormusskeemidel. Lihtsustatud mudelilt on eemaldatud kõik üleliigsed detailid – rattad, sillad, allasõidutõke, valgustid jms. Lisaks on eemaldatud üleliigsed geometriaelemendid – avad, painderaadiused, ümardused jms. Struktuur on jagatud elementideks – põhiliselt tetraheedrilised ja seda võimaldavatel detailidel kuubilised (kõrgemat järku elemendid *Tet10* ja *Hex20*) (Joonis 18). Täpsuse tagamiseks on elementide suurust on vähendatud suurimate pingetega detailides/piirkondades. Detailide ühendamiseks mudelis on kasutatud seotud kontakti (*Bonded Contact*).

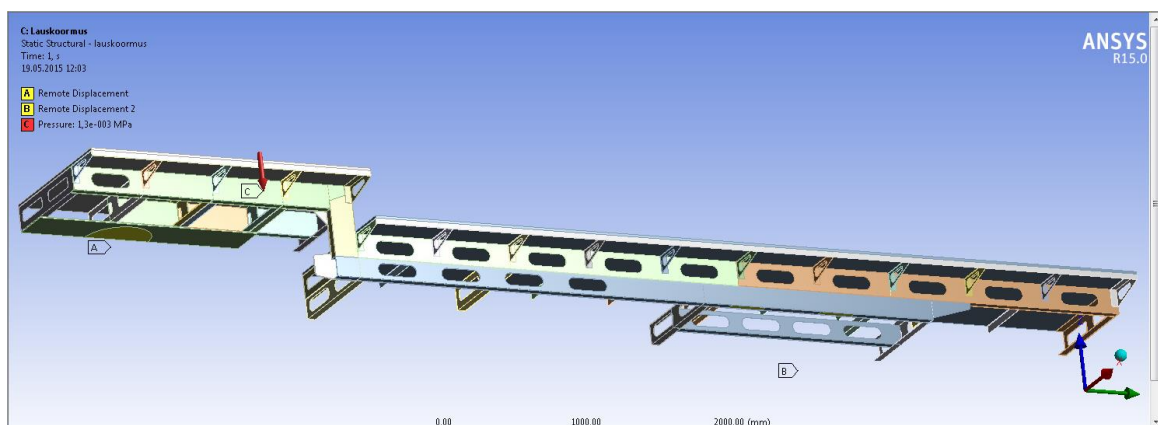
Tugevusanalüüsides on teostatud:

- Staatiline koormuskatse maksimaalse lubatud koormusega
- Koormuskatse haakepoldile pidurdamisel



Joonis 18. Fragment struktuuri jaotamisest elementideks

2.1.3.1 Staatiline koormuskatse

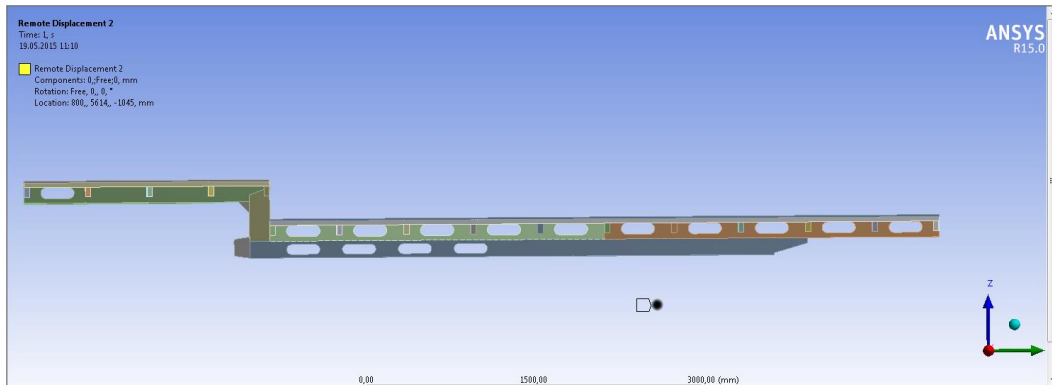


Joonis 19. Koormuskatse ülesseade

Staatilise koormuskatse simulatsioonil on aluseks võetud järgmised rajatingimused:

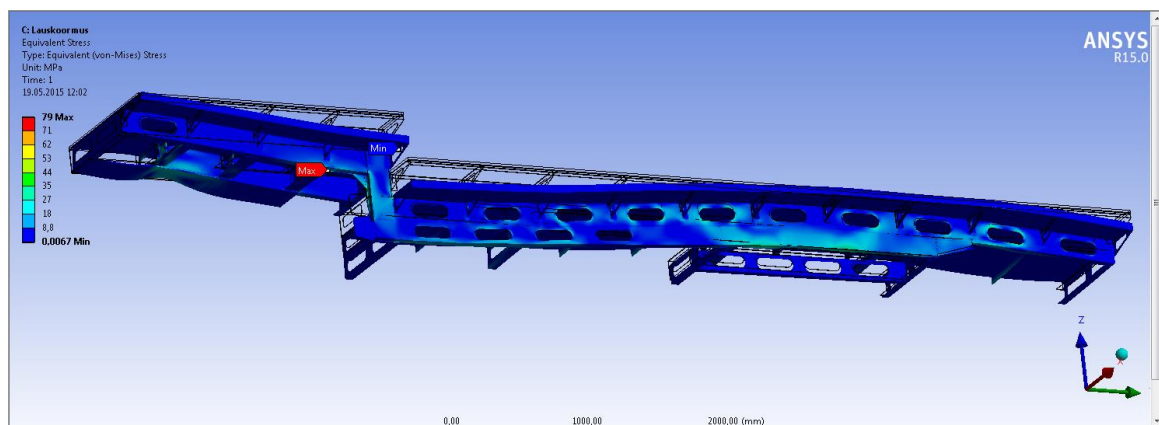
- Haagis toetub sildade kaudu maapinnale – tugi on vaba liikumisega haagise pikisihis ja vaba pöörlemisega ümber rataste toetuspunkti (Joonis 19 B, Joonis 20)

- Haagis on haagitud (toetub) vedukile – toetuspind sadula pinnale, vaba pöörlemine x-telje ümber (Joonis 19 A).
- Haagise platformil on ühtlane koormus 1300 Pa (2500 kg jaotatud pinnale 8,2 x 2,3 m) (Joonis 19 B)



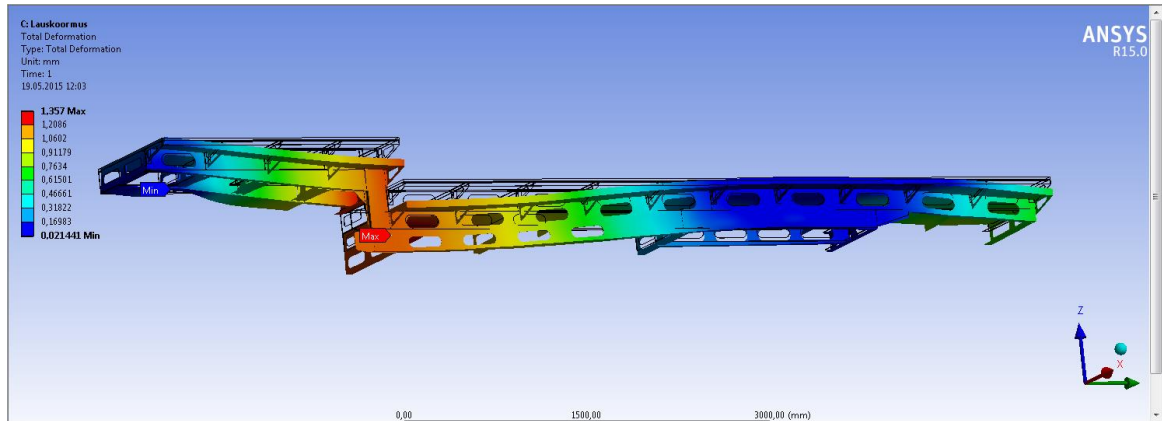
Joonis 20. Haagise sildade toetuskoht (*Remote Displacement*)

Simulatsiooni tulemusena tekivad konstruktsioonis maksimaalsed pinged 79MPa, mis jäävad alla materjali voolavuspiiri (355MPa) (Joonis 21).



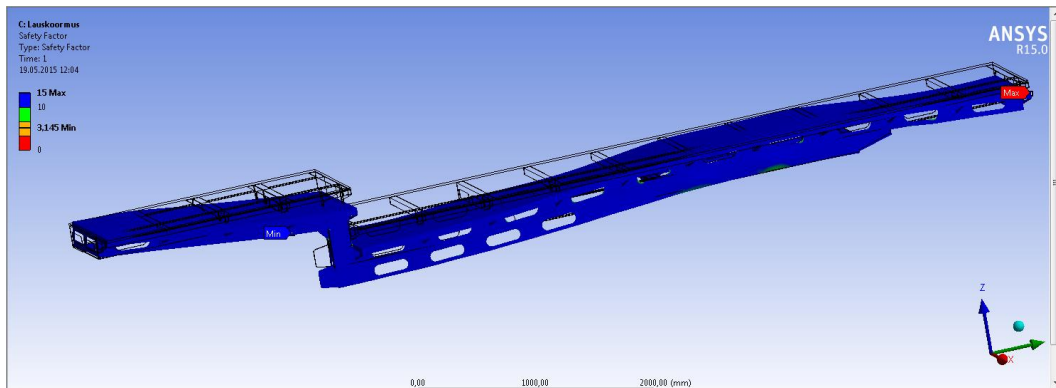
Joonis 21. Lauskoormaga koormamisel tekkivad pinged

Haagise maksimaalne deformatsioon eelnimetatud koormusel 1.3 mm (Joonis 22).

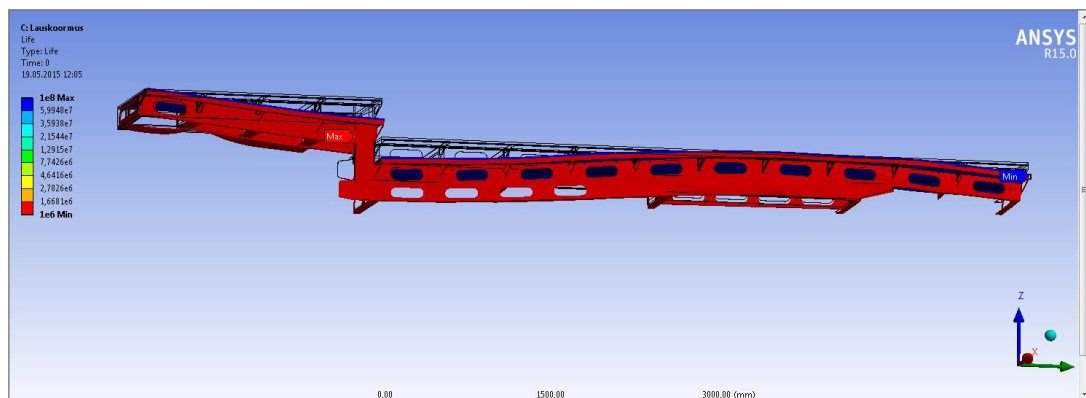


Joonis 22. Konstruktsiooni deformatsioon koormamisel

Lisaks on kontrollitud konstruktsiooni varutegurit ja eluiga, mis on vastavalt minimaalselt 3 ja 10^6 koormustsüklit (Joonis 23, Joonis 24)



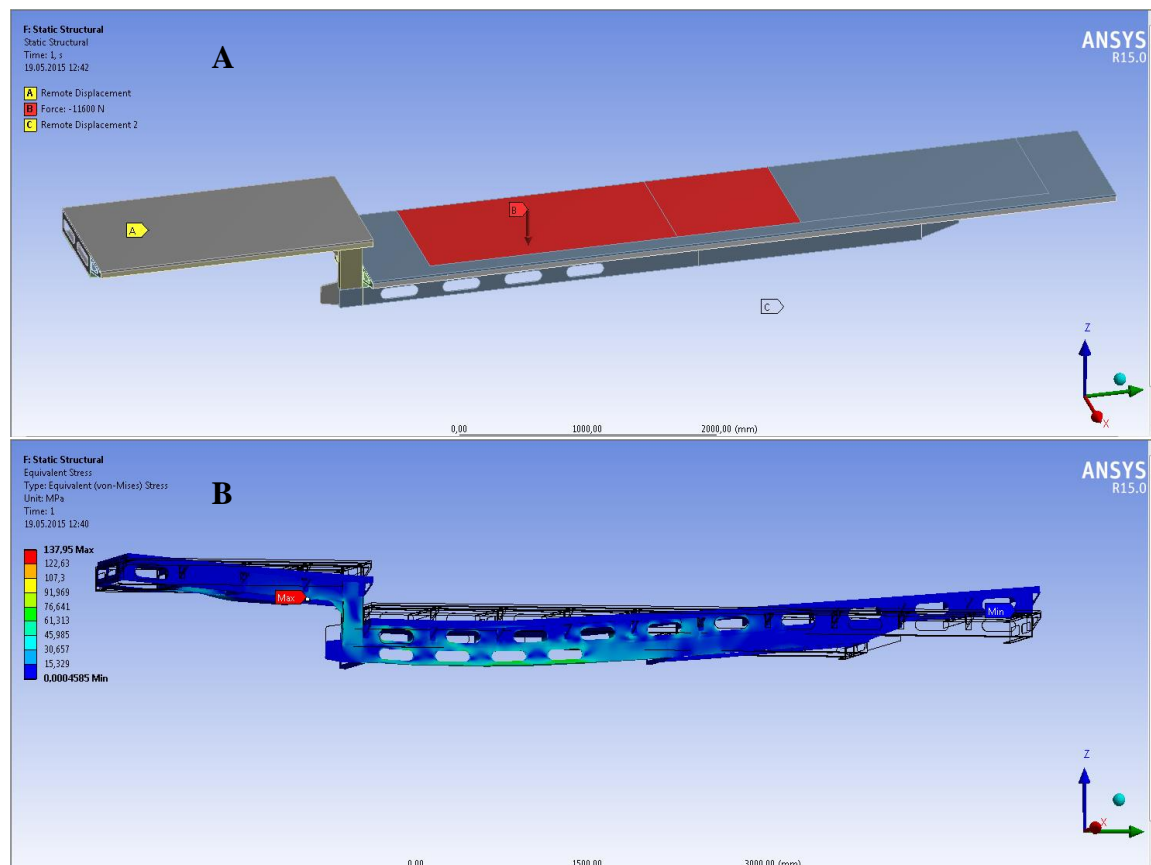
Joonis 23. Konstruktsiooni varutegur



Joonis 24. Konstruktsiooni eluiga

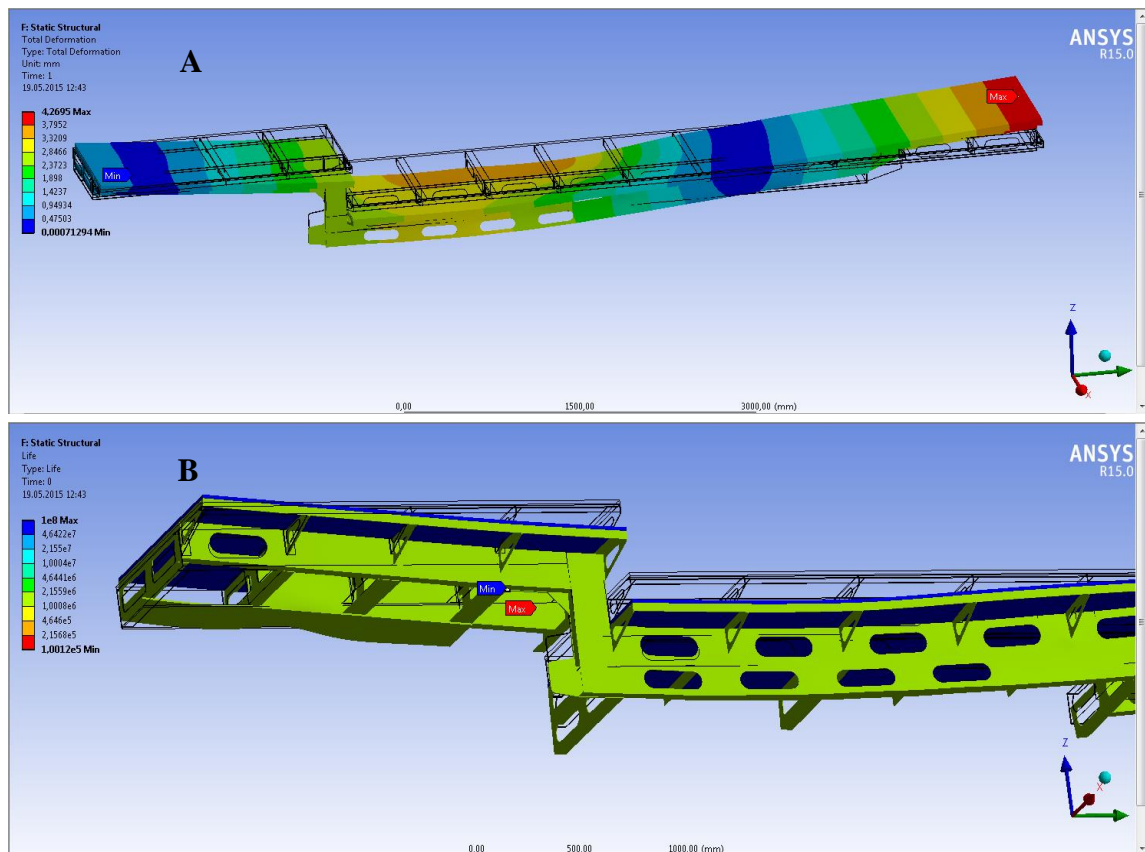
Konstruktsioonile halvima variandina on juht kui kogu haagisele lubatav koormus (2350 kg) on rakendatud haagise põhiosale toetuspindade vahelisele alale (Joonis 25 A). Sel juhul tekivad konstruktsiooni pinged 138 MPa (Joonis 25 B), mis jäävad küll materjalile

voolavuspiirile alla, kuid lühendavad tsüklilisel koormamisel konstruktsiooni eluiga (vastavalt 10^5 tsüklit) (Joonis 26 B). Sellist koormamisviisi tuleks vältida ning asetada väikesele pinnale mõjuv koormus võimalikult haagise sildade kohale.



Joonis 25. Koormusskeem (A) ja vastavalt tekkivad pinged konstruktsioonis (B)

Analüüsi järeldusena saab öelda, et konstruktsiooni vastupidavus staatilisele koormusele on piisav, kui olukorra teevad keeruliseks koorma iseloomust ja selle paigutusest tulenevad erijuhud. Olukorda soodustab koormuse ühtlane jagunemine kogu haagise kandepinnale. Kõiki kasutajast tulenevaid erijuhte ei saa läbi analüüsida – seetõttu tuleb optimaalsed koorma paigutamise juhised anda kasutajale haagise kasutusjuhendis.



Joonis 26. Haagise deformatsioon (A) ja eluiga koormamisel tuge vahelt (B)

2.1.3.2 Horisontaalkoormused haakepoldile.

Horisontaalkoormused tekivad haakepoldile veduki kiirendusest, seda nii liikuma hakkamisel kui ka pidurdamisel. Eeldusel, et haagis asub kõvakattega teel ning rehvirõhud on vastavalt etteantud vahemikes on liikumise algatamiseks vajalikud tõmbejõud suhteliselt väikesed (1).

Arvutuslikult on 3500kg massi veeretakistuse ületamiseks vaja rakendada tõmbejõudu:

$$F = \mu_v * N = 0,030 * 3500 * 9,81 = 1030N , \text{ kus} \quad (1)$$

- μ_v – rehvi veeretakistus asfaldil [25] [26]

Suuremad jõud tekivad haakepoldis pidurdamisel. Halvimaks stsenaariumiks on täismassiga haagisega sõiduki hädapidurdus kiiruselt 100km/h piduriteta haagisega (haagise mass jookseb pidurdavale vedukile peale). Arvestades nimetatud kiirusel liikuva veduki pidurdusmaaks täieliku peatumiseni 40 m (massi suurenemine suurendab pidurdamiseks vajalikku energiat võrdeliselt). Lugesdes täismassiga haagisega autorongi pidurdusmaaks hinnanguliselt 60 m, saab leida sõidukile mõjuva kiirenduse (aeglustuse):

$$v_1 = v_0 + 2as \quad (2)$$

$$a = -\frac{v_0^2}{2s} = -\frac{27,8^2}{2 \cdot 60} = -6,44 \frac{m}{s^2}, \text{ kus}$$

v_0 – sõiduki algkiirus, 100 km/h (27,8m/s)

v_1 – sõiduki lõppkiirus, 0 km/h

s – pidurdusmaa, 60m [27]

Ning pidurduseks vajaliku summaarse jõu:

$$F = m * a = 3500 * 6,44 = 22,54\text{kN} \quad (3)$$

Pidurdamisel haakepoldile mõjuva jõu saab lahutada kaheks komponendiks:

Haagise massist tulenev komponent:

$$F = m * a = 1150 * 6,44 = 7,4 \text{ kN} \quad (4)$$

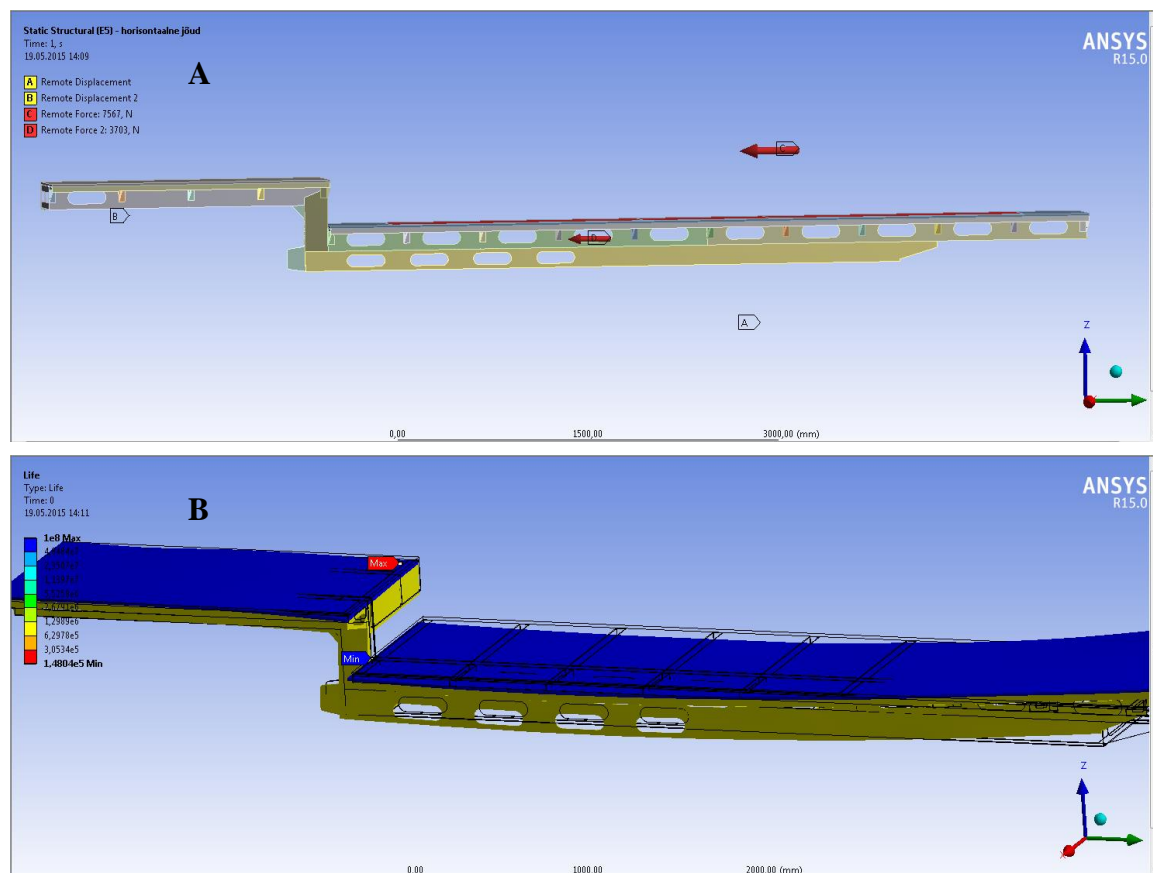
Koorma massist tulenev komponent:

$$F = m * a = 2350 * 6,44 = 15,134\text{kN} \quad (5)$$

Komponentideks lahutamine on vajalik, kuna jõudude rakenduspunkt on erinev – haagise massist tuleneva jõu rakenduspunkt on haagise raskuskese (horisontaalsihis haakepoldist

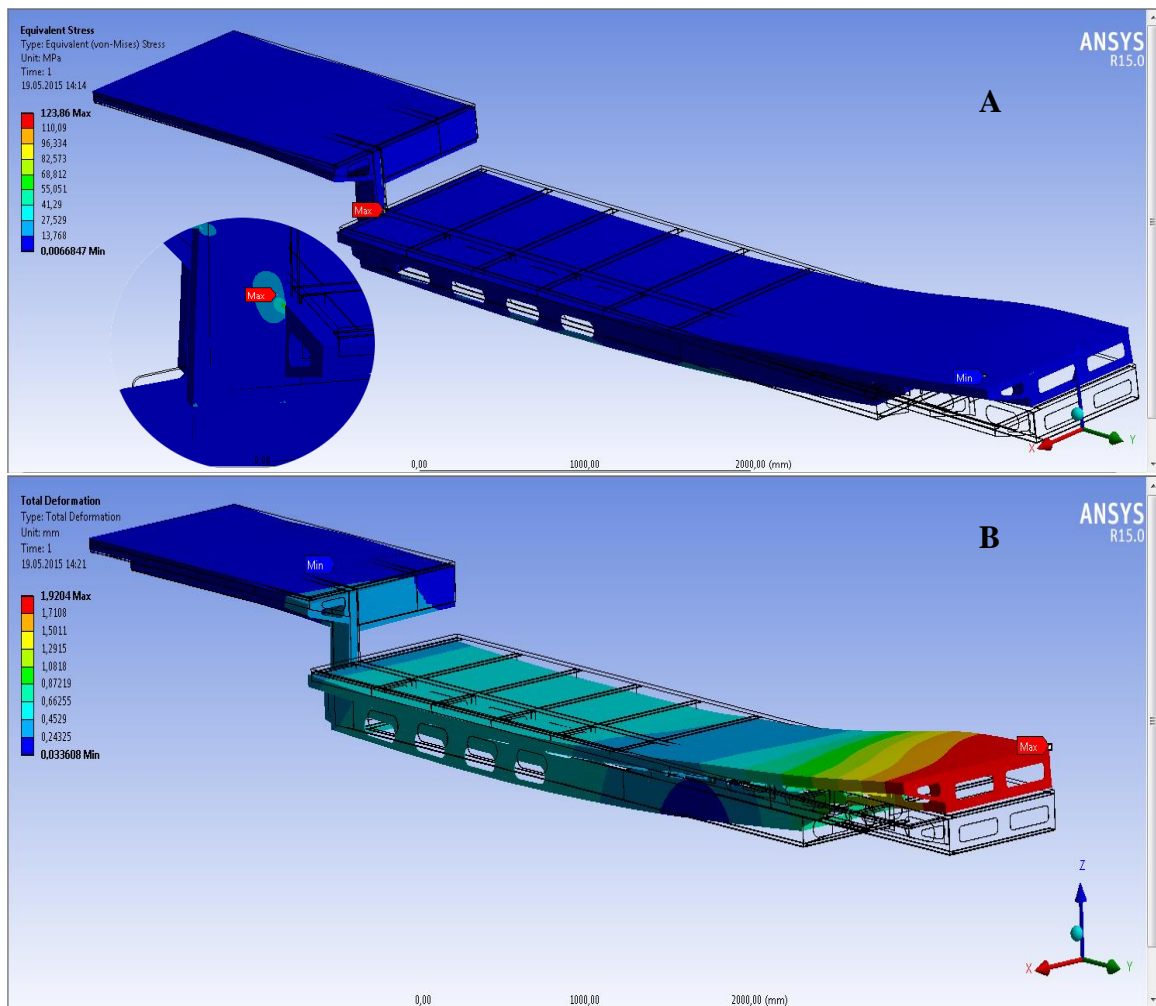
allpool, koormast tulenev rakenduspunkt (*remote force*) valitud haagise põranda kohale (haakepoldist horisontaalsihis kõrgemale).

Koormusskeem, pinged, deformatsioon ja konstruktsiooni eluiga on esitatud järgnevalt illustatsioonidel Joonis 27 ja Joonis 28



Joonis 27. Koormusskeem (A) ja konstruktsiooni eluiga (B) horisontaalse jõu korral

Kuigi realselt võib eeldada, et haagise massi arvelt on pidurdusmaa hinnanguliselt pikem ning seeläbi väheneb sõiduki kiirendus (sh ka haakepoldile mõjuv jõud). Lisaks pidurdavad ka haagise rattad ning veduk ja haagis pidurdavad sünkroonis vähendades nii haakepoldile mõjuvat jõudu veelgi.



Joonis 28. Pidurdusjõu tulemusena tekkivad pinged (A) ja deformatsioon (B)

Pidurdusjõul tekib konstruktsiooni pinge 124MPa, mis mõjub lokaalselt astme vertikaaltalale. Tegemist on pealisraami poolt tekitatud kontaktpingega, mida saab tehnoloogiliste võtetega vähendada – näiteks jättes vertikaaltala ja pealisraami vahele deformeerimiseks vahe.

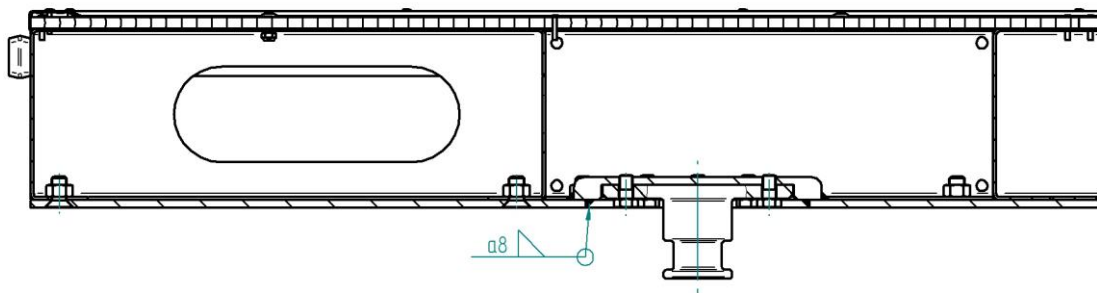
Kokkuvõttes saab öelda, et eelnev koormusskeem on väga ebareaalne ning realiseerub mitme negatiivse faktori kokkulangemisel:

- Haagis on maksimaalselt koormatud
- Sooritatakse hädapidurdus maksimaalse pidurdusjõuga kuni täieliku peatumiseni
- Haagise pidurid ei toimi

2.2 Haakesead

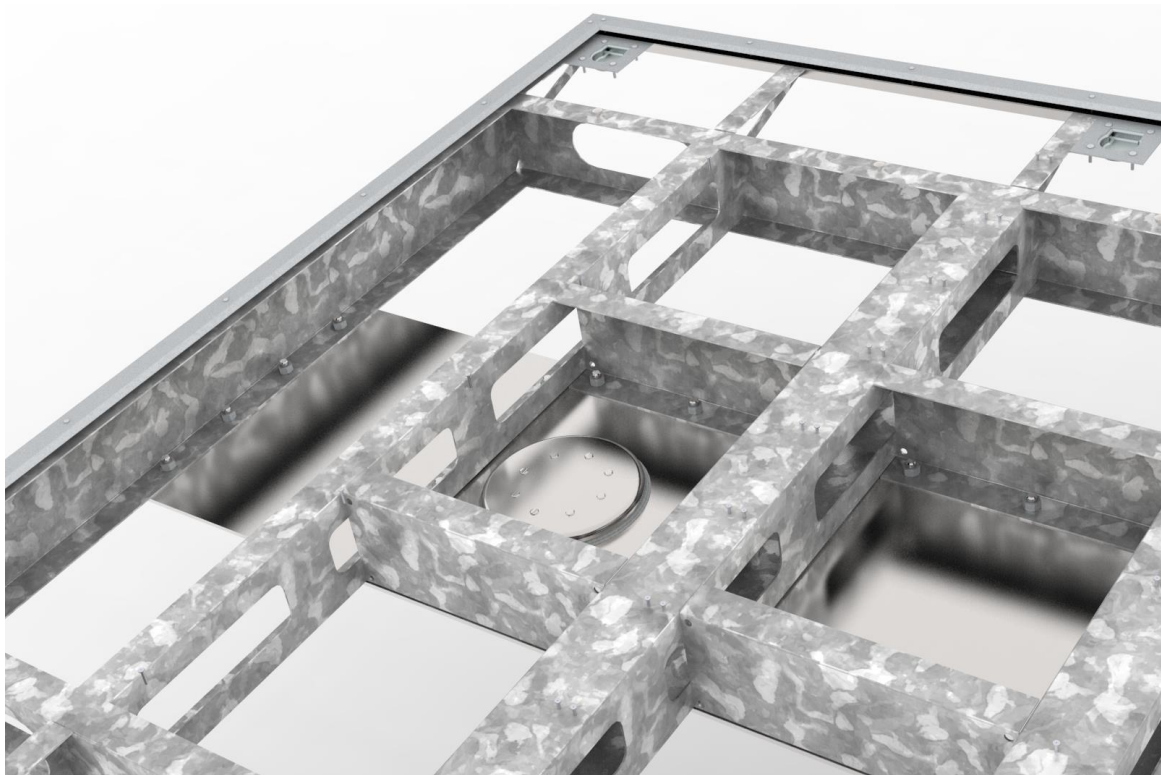
Haakeseadme valikult tuleb lähtuda peatükis 1.2 „Nõuded haakeseadmele“ lk 13 esitatud nõuetest. Haakesead on rangeimate nõuetega rühma X detail ehk peab omama kehtivat EÜ tüübikinnitust.

Lähtuvalt haagise registrimassist paigaldatakse haagisele väiksem Ø 50 mm haakepolt. Haakepolt tarnitakse komplektis eelpuuritud avadega keevisadapteriga (Joonis 4), mis keevitatakse 8mm terasest S355 montaažiplaadi külge. 8mm terasplaat on M16 sisekuuskant peitpeapoltidega (DIN 7991) kinnitatud haagise raami külge (Joonis 29).



Joonis 29. Haakepoldi kinnitamine haagise raamile.

Avad montaažiplaadi kinnituspoltidele on haagise raami taladesse eellõigatud.



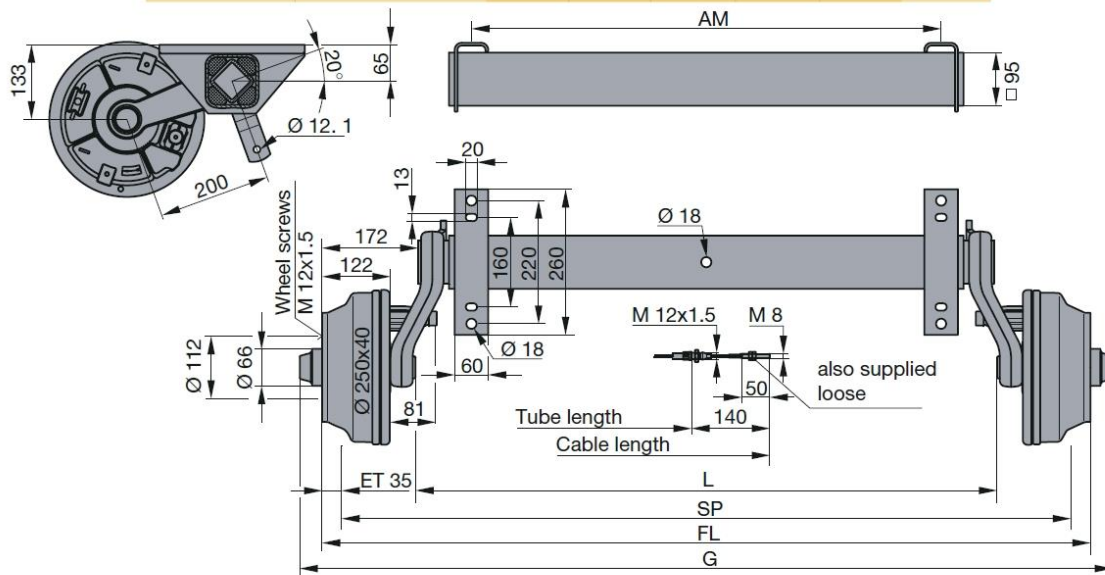
Joonis 30. Haakepoldi kinnitamine haagise raamile.

2.3 Sillad

Sobivate sildade valiku aluseks on haagise registrimass ja seeläbi sillale mõjuv koormus. Valitud Saksa tootja BPW trummelpiduritega torsioonsild on mõeldud teljekoormusele kuni 1800 kg. Tandemina kasutades on lubatud maksimaalne summaarne koormus sildadele 3600 kg. Kõikide trummelpiduritega enamlevinud sildade korral saab kasutada elektripidurite paigalduskomplekte [28].

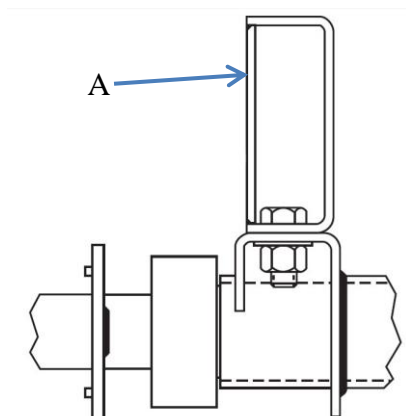
Asendusena võib kasutada teiste tootjate analoogsete mõõtmete ja koormusindeksiga sildasid. Näitkes tootjad Dexter [29] või Knott [30] tarnivad haagistele sildasid ka juba tehases paigaldatud elektriliste trummelpiduritega. Haagised nende tootjate sildadega koos elektriliste piduritega on euroopa ühenduses läbinud edukalt tüübikinnituse katsetused vastavalt eelmainitud määrusele 71/320/EMÜ [31].

Axle incl. brake cables loose Order no.		Second axle for tandem incl. counter bearing welded (without brake cables)* Order no.		Dimensions [mm]					Weight [kg]
CB 1805	5/e112/R12	CB 1805		FL	SP	AM	L	G	
46.32.368.412		46.32.368.432		2135	2065	1600	1800	2220	84.0



Joonis 31 Haagisele valitud sild BPW SWING 1800 kg gabariitidega

Sillad kinnitatakse vastavalt tootja poolt ettenähtud nõutele. Tugevdusena lisatakse sildade kohale tala avatud küljele lisasein.



Joonis 32. sildade ühendamise haagise raamiga. Lisatud tugevdusplaat (A)

2.4 Tugijalad ja allasõidutõke

Tugijalad on valitud kohalike edasimüüjate valikust vastavalt kandevõimele, funktsionaalsusele ning maksumusele. Sobivaimaks tugijalaks osutus lihtsalt haagise raami külge polditav SL 0159 Side Winding Leg 560x60 [32]. Tugijalad kinnitatakse haagisele lisavarustusena müüdava polditava adapterplaadi abil. Tugijalad on omavahel ühendatavad võimaldades mõlema tugijalaga opereerida haagise ühelt küljelt samaaegselt.



Joonis 33. Tugijalg tööasendis

Tagumise allasõidutõkke asukoha ja nõuded sellele määrab üheselt Nõukogu direktiiv 20/221/EMÜ 20.Märts 1970, mootorsõidukite ja nende haagiste vedelkütusepaake ja tagumisi allasõidutõkkeid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta, mis määrab, et: šassii tagumise osa kogulaiuse või kere põhiosade kliirens ei tohi olla suurem kui 70cm kõrgusel, kui kõige tagumise telje ja sõiduki kõige tagumise punkti vahemaa on üle 1m.



Joonis 34. Toimiv (üleval) ja mittetoimiv (all) allasõidutõke [33]

Et antud haagise raami kliirens ei ületa 70cm, ei ole direktiivi järgi ei ole antud sõidukile tagumine allasõidutõke nõutud. Et aga liiklusohutuse seisukohalt on haagise tagaosa kliirens piisavalt kõrge (~60cm), et madala ninaosaga sõiduautoga on võimalik sinna alla kiiluda, on haagisele siiski paigaldatud tagumine allasõidutõke vastavalt direktiivis toodud nõuetele:

1. Tagumise allasõidutõkke alaosa peab koormata sõiduki puhul olema vähem kui 70cm kõrgusel maapinnast.
2. Tagumise allasõidutõkke paigalduskohas ei tohi sõiduki kummalgi pool selle laius ületada sõiduki laiust või olla väiksem sõiduki laiusest rohkem kui 10 cm.
3. Tagumine allasõidutõke tuleb asetada võimalikult lähedale sõiduki tagaosale ning mingil juhul ei tohi see olla kaugemal kui 60 cm sõiduki kõige tagumisest punktist.
4. Tagumise allasõidutõkke otsi ei tohi väänata tahapoole.
5. Tagumine allasõidutõke peab olema kindlalt kinnitatud šassii pikitalade külge või mis tahes seadme külge, mis neid asendab.
6. Tagumise allasõidutõkke paindetugevus peab võrduma vähemalt sellise terastala paindetugevusega, mille ristlõike paindetugevusmoodul on 20cm³.

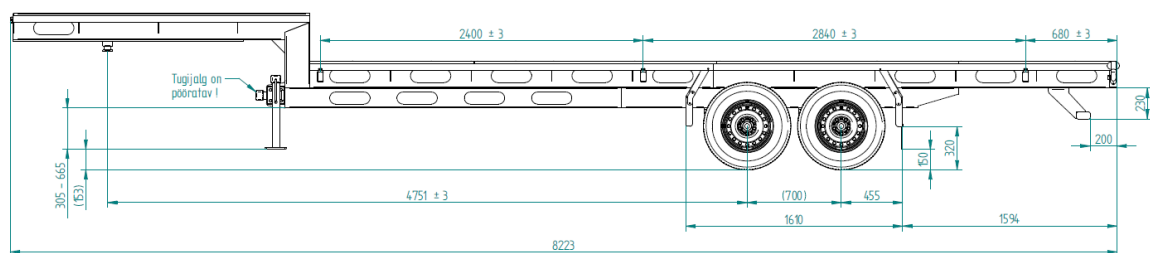


Joonis 35. Paigaldatud allasõidutõke

Punkti 6 põhjal on allasõidutõkke talaks valitud 100x50x3mm S235 nelikanttala tugevusmomendiga $21,3\text{cm}^3$ Ruukki terastoodete valikust [34].

2.5 Projekteeritud haagise gabariidid

2.5.1 Gabariidid



Joonis 36. Haagise gabariidid

Projekteeritud haagise lõplikud põhigabariidid on järgnevad:

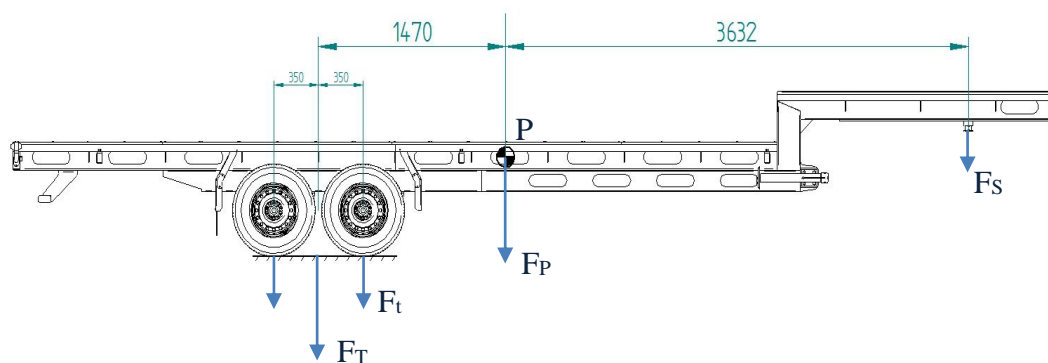
- haagise kogupikkus: 8223 (7500) mm,
- laius: 2300 mm,
- sildade vahe: 700 mm,
- kaugus haakepoldist kuni eesmise sillani: 4750 mm,

- kõrgus maapinnast: 1160 mm.

Täpsemalt on haagise mõõdud toodud koostejoonisel graafilises lisas 6.3.1 SH.01.00.00
Koos sadulhaagis 3500 kg lk 89.

2.5.2 Mass ja teljekoormused

Projekteeritud haagise tühimagiks kujunes 1150 kg, mis vastab püstitatud eesmärgile (1000...1200 kg).



Joonis 37. Haagise raskuskese ja tühimagi jagunemine

Joonis 37 on toodud haagise tühimagi jagunemine. Haagise toetuspindade vaheline kogupikkus on 5102 mm ning raskuskese (P) asub haakepoldist 3632 mm kaugusel, mis jaotab massi neile vastavalt suhtes $\frac{3632}{5102}$ (0,712) tagatelgedele ning $\frac{1470}{5102}$ (0,288) haakepoldile ehk vedukautole.

Arvestades tühimagiks 1150 kg, saame koormamata haagise korral:

- Koormus sadulale (vedukile): $F_S = 0,288 \times 1150 = 330$ kg,
- Koormus telgedele : $F_T = 0,712 \times 1150 = 820$ kg
 - sh teljekoormus F_t vastavalt 410 kg

Võttes arvesse, et poolhaagise täismagiks on mass, mis vastab poolhaagise telgede kaudu maapinnale ülekantavale staatilisele vertikaalkoormusele, kui haagis on ühendatud

vedukiga ja maksimaalselt koormatud, saame telgedele lubatava maksimaalse koormuse summaarseks massiks $3500 - 820 = 2680$ kg. Ka see ei ole veel kogu haagise lubatud maksimaalne kandejõud, kuna arvutus põhines eeldusel, et kogu koormus paikneb täielikult haagise sildadel – nihutades koormust haagisel ettepoole väheneb proportsioonis vastavalt sildadele mõjub koormus.

Kasutades ära sadulhaagise kasulikku omadust, et osa haagise koormast toetub vedukile ning haagise täismassiks arvestatakse ainult läbi haagise sildade maapinnale mõjuvat vertikaalkoormust, saab haagisele lubatud koorma massi veelgi suurendada.

Nihutades koorma raskuskeskme (rakenduspunkti) haagise toetuspunktide (sildade ja haakepoldi) vahemaa keskele jaguneb see nende vahel vastavalt suhtes $\frac{1}{2}$ ja $\frac{1}{2}$.

Seega oleks antud haagisele lubatud maksimaalne koormus vastavalt:

- Maksimaalse koorma mass 5360 kg
- Koormus tagatelgedele: $F_{T,max} = \frac{1}{2} \times 5360$ (koorem) + 820 (tühimass) = 3500 kg
 - sh maksimaalne teljekoormus: $F_{t,max} = 1750$ kg
- Koormus sadulale (vedukile): $F_{S,max} = \frac{1}{2} \times 5360 + 330 = 3010$ kg

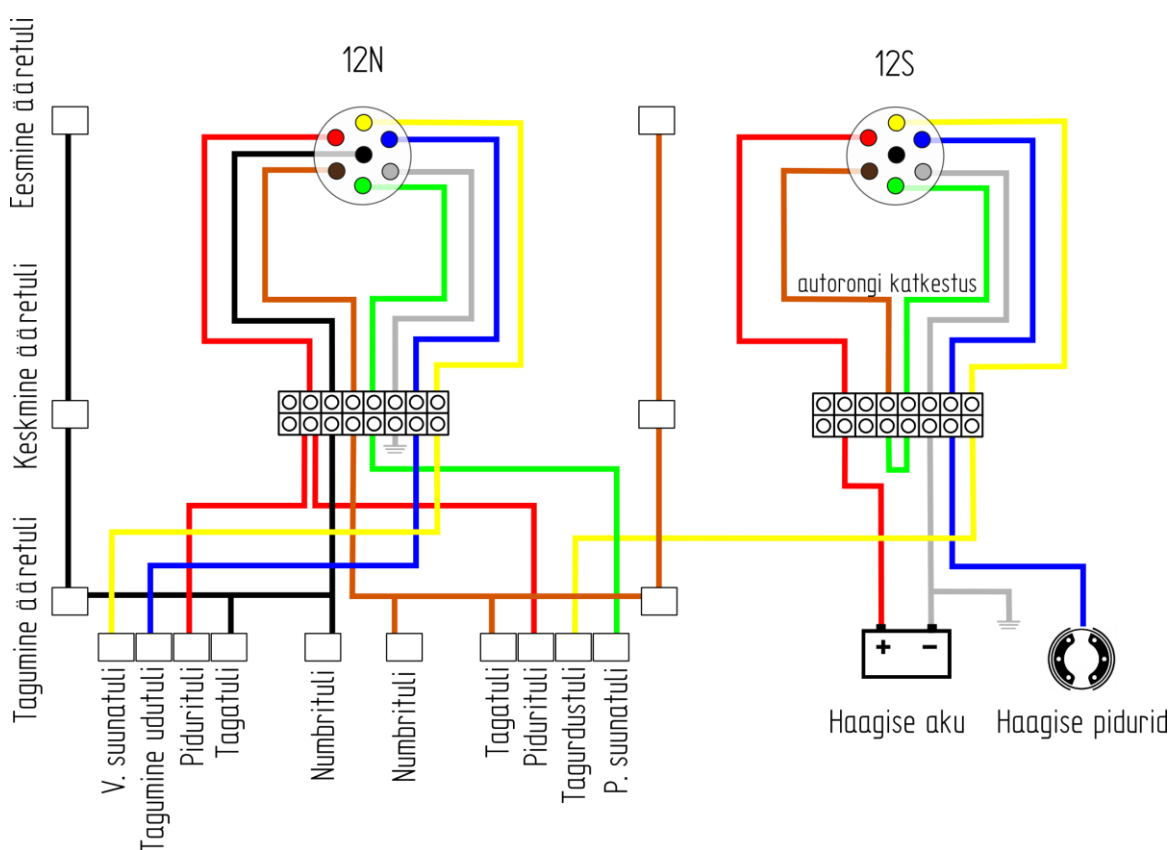
Antud arvutuskäigu eeldus on, et koormuse raskuskese jääb haagise toetuspunktide keskele ehk 2500mm haakepoldist tahapoole (ja eesmisest sillast ettepoole).

Lisaks tuleb jälgida, et läbi haakeseadme vedukile toetav koormus ei ületaks vedukile lubatud kategooriapiire. Koorma paigutusest tulenevad massipiiride ületamised jäävad juhi vastutusalasse.

Kokkuvõttes ei saa arvestada koorma paigutusest tulenevate erijuhtudega – seetõttu tuleb tootjapoolseks maksimaalseks kandevõimeks seada 2350 kg, millega on tehtud ka raami tugevusanalüüs peatükis 2.1.3 „FEM-analüüs“ lk 33.

3 HAAGISE ELEKTRISÜSTEEM

Haagisel kasutatakse kahepistikulist elektrisüsteemi, mis peab tagama elektritoite kõigile tarbijatele haagisel sh valgustid, pidurid ja lisaaku laadimise (Joonis 38). Ühendusskeem ja juhtmete värvid on valitud vastavalt peatükis 1.6.4 „Ühendusjuhtmed ja -voolikud“ toodud nõuetele.



Joonis 38 Haagise elektrisüsteem

Lähtuvalt elektriliste pidurite lisanõudest (1.5.1 Erinõuded elekterpidurisüsteemiga O kategooria sõidukile lk 22), on autorongi katkemisel automaatse hädapidurduse teostamiseks haagisele ette nähtud lisaaku, mille laadimispinge reguleerimine peab toimuma haagisel. Seetõttu peab veenduma, et lisapistiku 12S klemm (klemm 6, punane, võimsa tarviti toide) tuleb reguleerimata laadimispinge veduki generaatorilt.

Lisaks akule peab haagisel olema ka süsteemi sobiv pingeregulaator.



Joonis 39. 12V pingeregulaator [35]

4 LISASEADMED

Lisaseadmeteks on loetud kõik haagise põhikonstruktsioonile lisatavad seadmed. Need on:

- Pidurid
- Valgustid ja helkurid
- Rehvid

Lisaseadmete valikul on lähtutud neile peatükis 1 esitatud nõuetest. Lisaks on arvestatud valitud seadmete kättesaadavust

4.1 Pidurid

Pidurisüsteemi võib lugeda sõiduki kõige tähtsamaks osaks, mille toimimine mõjutab otseselt sõiduki liiklusohutust. Süsteemi toimist kontrollitakse regulaarselt sõiduki tehnöülevaatusel ning halvasti või üldse mittetoimiva pidurisüsteemiga sõiduk on liikluses ohtlik ja lubamatu.

Tulenevalt peatükis 1.5 „Pidurid“ esitatud nõuetest, peavad pidurid omama EÜ tüübikinnituse tähist. Üksikkorras valmistatud sõiduki tüübikinnituse saamist lihtsustab kui kasutada juba katsetatud ja EÜ-s lubatud komponente.

Seadusest tulenevalt on haagise piduriteks valikus elektrilise- või hüdroelektrilise ajamiga pidurid.

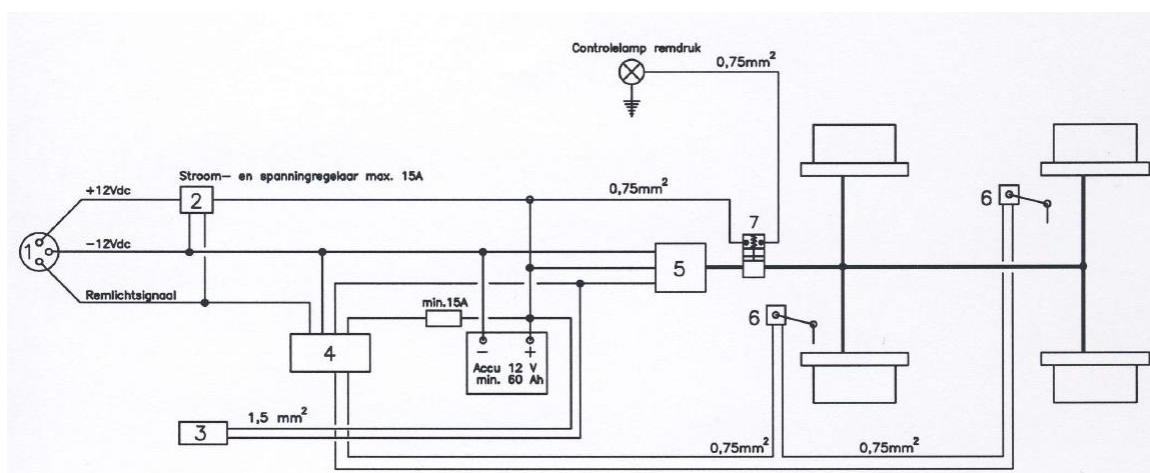
4.1.1 Hüdroajamiga pidurisüsteem

Hüdroajamiga elektrilised pidurid on oma olemuselt sarnased levinud hüdrauliliste ajamitega trummelpiduritega, kus kolb-silinder tüüpi surveelement teeb hüdraulilise rõhu tõustes tööliikumise, millega statsionaarsed piduriklotsid surutakse vastu pöörlevat piduritrumlit (Joonis 40).



Joonis 40. Hüdraulilise ajamiga trummelpidurid [36]

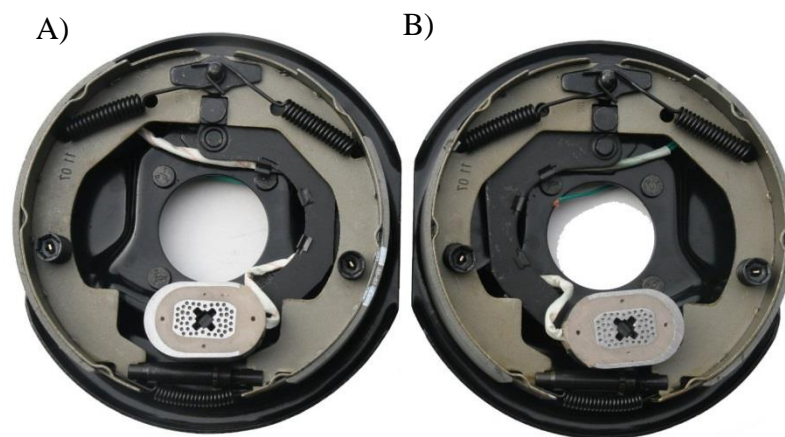
Hüdrauliline surve tekitatakse haagisel asuva elektrimootoriga (5 Joonis 41), mis rakendatakse tööle vedukilt tuleva elektrilise signaali korral. Piduritele rakendatavat rõhku reguleerib rõhuregulaator 7.



Joonis 41 Pidurisüsteem iseseisva hüdro süsteemi ja seda kätava elektrimootoriga.

4.1.2 Elektriajamitega pidurisüsteem

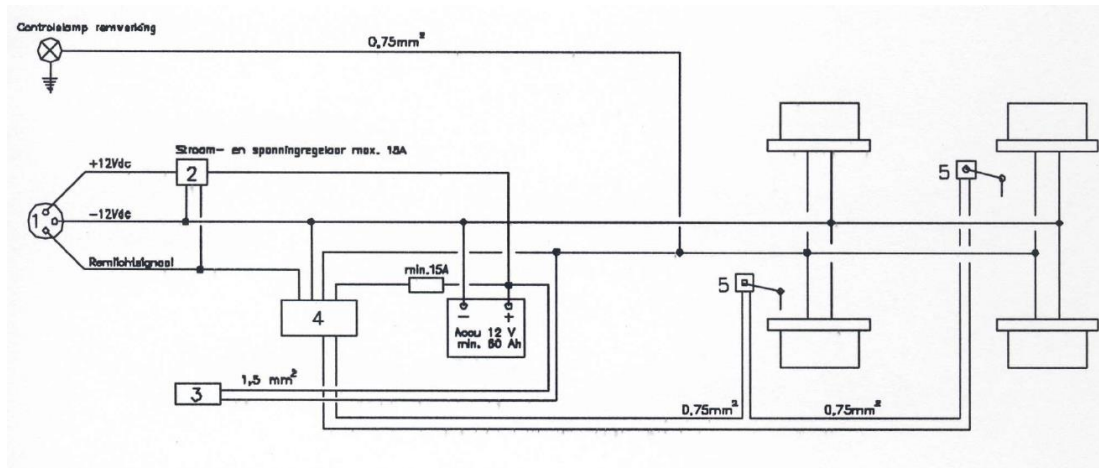
Elektrilise ajamiga trummelpidurid on oma olemuselt klassikaliste trummelpidurite edasiarendus, hüdrauliliste aktuaatorite asemel on elektromagnetid. Pidurite tööpõhimõte on hüdraulilistele sarnane – magnetjõudude tõttu tõmmatakse magnetit trumli poole, mis tekitab nukkmuhvile piduriklotse laiali lükkava pöördliikumise.



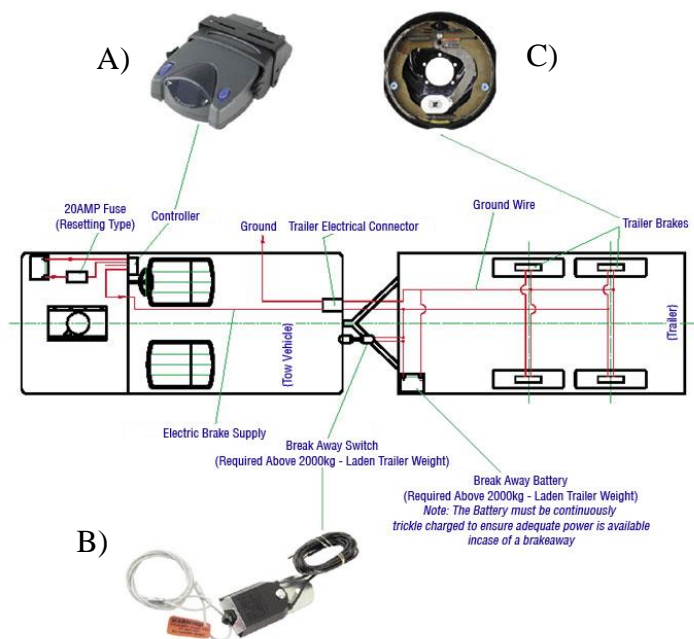
Joonis 42. Elektromagnet-ajamiga trummelpidurid. Rakendamata olek (A), rakendatud olek (B)

Süsteem saab signaali vedukilt, kus asub juhtkontroller (Joonis 43, Joonis 44). Hädapidurduseks autorongi katkemise korral on süsteemis katkestuslülit, mis vooluringi (autorongi) katkemisel rakendab haagise pidurid automaatselt haagise lisaakult.

Süsteemi integreerimine elektrisüsteemi on täpsemalt toodud peatükis 3 „Haagise elektrisüsteem“ lk 50.



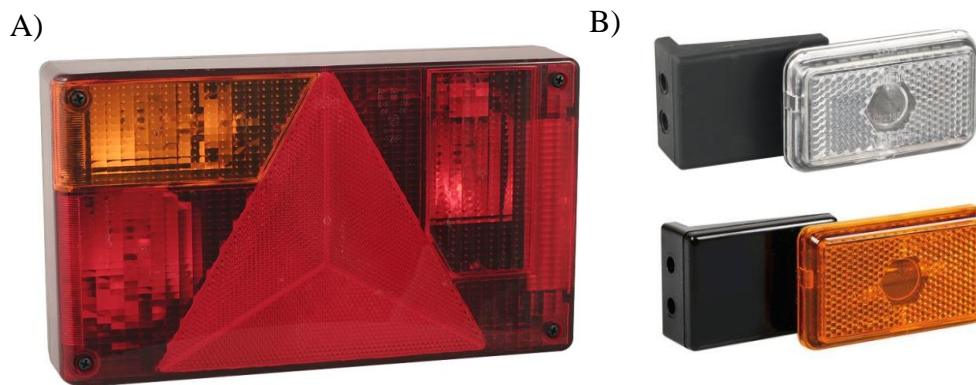
Joonis 43. Pidurisüsteem elektriliste piduritega ja haagise lisaakuga. Kontrolleri (4) võib asuda ka vedukil.



Joonis 44. Elekterpidurite osad: kontrolleri (A), autorongi katkestuslüli (B) ja elektriline ajam (C). [37]

4.2 Valgustid

Valgustid ja helkurid on valitud vastavalt punktis 1.4 Laternad ja helkurid toodud nõuetele. Konkreetset valgustid on valitud kohalikust kaubandusvõrgust [38].



Joonis 45. Haagise tagatuled (A) ja gabariitvalgustid (B)

Joonis 45 toodud tagatuled (A) omavad küll tüübikinnitustähist, kuid valgustiga grupeeritud tagumine kolmnurkne helkur läheb vastuollu kehtivate määrustega. Euroopa Nõukogu direktiiv 76/756/EMÜ ütleb, et tagumine kolmnurkne helkur Ei tohi olla “grupeeritud” ühegi muu laternaga. [13, p. 22]

4.3 Rehvid ja veljed

Haagisele on paigaldatud Euroopa tüübikinnitustähist omavad veljed ja rehvid. Rehvidele esitatavad nõuded sätestab direktiiv 92/23/EMÜ mootorsõidukite ja nende haagiste rehvide ja nende paigaldamise kohta. [39]

- Veljed: 6Jx15 H2; 4x100x56,5; ET 49;
- Rehvid: 205/65/15C

5 TOOTMISTEHNOLLOOGIA

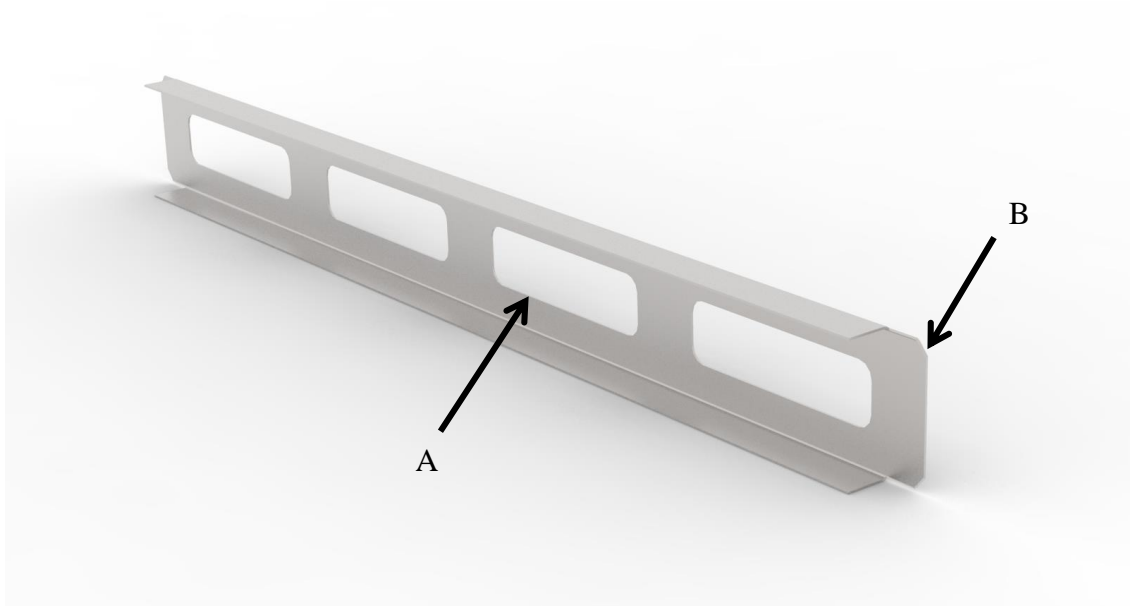
Detailide projekteerimisel on arvestatud siseriiklike tootmisvõimalustega. Tootmisettevõtete eripära seab üldjuhul piirangud detailide mõõtmetele – painutuspresside maksimaalsed gabariidid, tsinkimisvannide gabariidid jms. Vajalikud CNC painutuspresside võimalused on piisavad võimaldades painutada üle 6m pikkuseid detaile (nt Kopar Baltik AS [40], Bestnet AS [41]). Kuumtsinkimine teostatakse ettevõttes AS Paldiski Tsingipada. Kastmismeetodil kuumtsinkimisel tuleb arvestada, et on detailide maksimaalsed mõõdud 7 x 1,5 x 2,8 m. Kuumtsinkimise arvestatavaks eeliseks võib pidada, et kuumtsingitud teraskonstruktsioonid ei vaja tavakeskkonnas hooldust hinnanguliselt ~50 aasta jooksul. Puudusena peab arvestama tsingivannide gabariitidega ning tsingikihi tõttu raskendatud konstruktsiooni keevitamine [42].

5.1 Detailide valmistamine

5.1.1 Raami talad

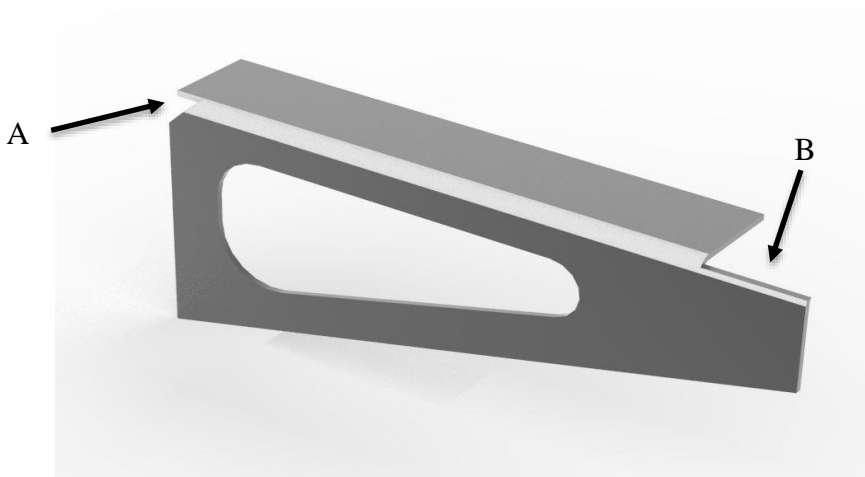
Haagise põhikonstruktsiooni moodustavad lehtmaterjalist painutatud 3 mm C-profiiliga talad. Kõik lehtmaterjalist detailid lõigatakse laser- või plasmalõikuses vastavalt ettevalmistatud lõikejoonistele.

Haagise massi minimeerimiseks on taladest sobilikest kohtadest kaalu vähendamiseks eemaldatud materjali sisselõigete teel.



Joonis 46. Põiktala. Tehnoloogilised avad (A) ja lõigatud nurgad (B).

Põiktalade otste profiil on lõigatud sel viisil, et need sobiksid otstega pikitalade sisse. Lisaks on tsingi volamise hõlbustamiseks põiktalade otste nurgad maha lõigatud – nii pääseb tsink voolama kogu pikitalade ulatuses.



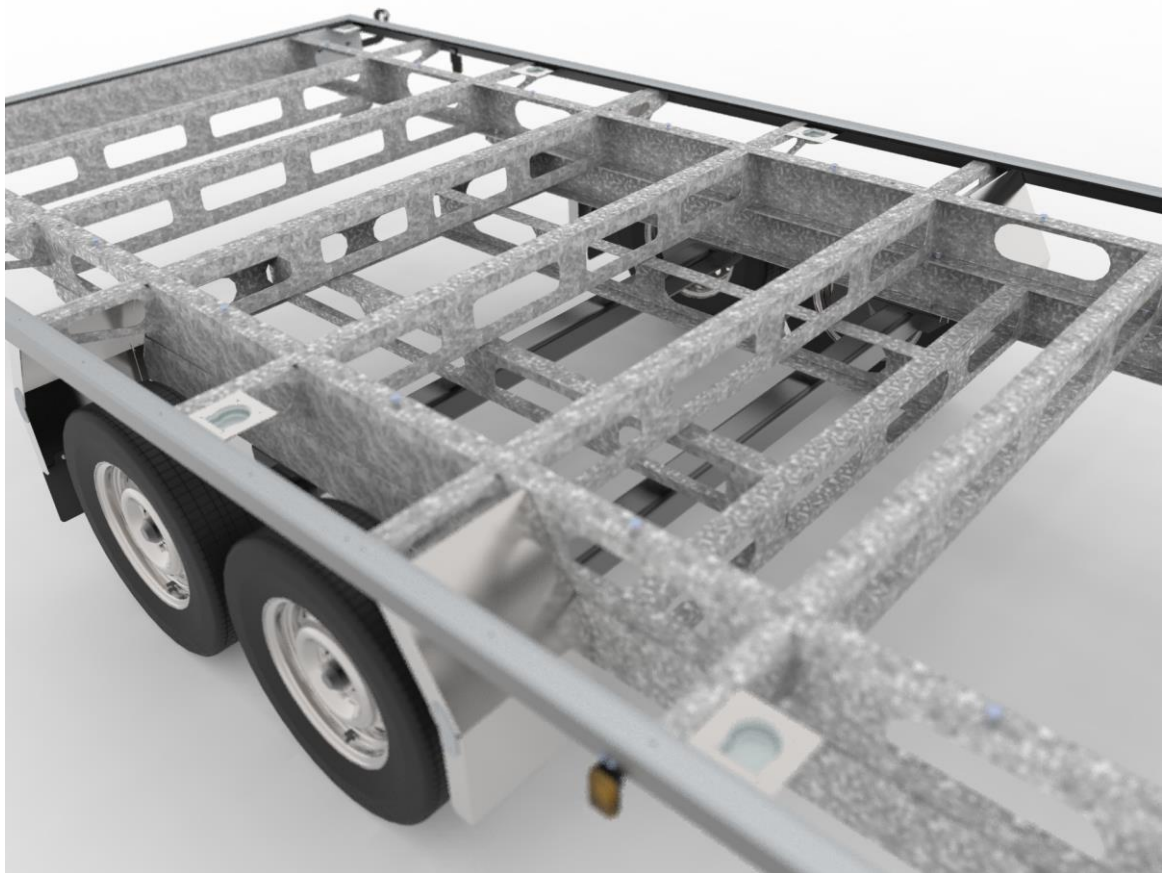
Joonis 47. Külgtala. Tehnoloogiline ava tsinkimiseks (A) ja lõigatud nurk nurkprofiili toetamiseks (B)

5.2 Koostu koostamine

Haagis on jaotatud kaheks sarnaseks põhikoostuks:

- Alusraam (koostejoonis SH.01.02.00 Sadulhaagise alusraam, lk 108)
- Kastiraam (koostejoonis SH.01.01.00 Sadulhaagise kastiraam, lk 99)

Kõik haagise painutatud talad on valmistatud terasest S355. Keeviskoostud on koostatud kasutades MIG keevitusmeetodit.



Joonis 48. Koostatud alusraam ja kastiraam.

5.3 Majanduslik osa

Haagise lõpp-hind kujuneb neljast komponendist:

- valmistatavad detailid,
- ostutoodete hind,
- koostamise maksumus,
- lisakulutused.

Kuna kõikides osades on sees

Täpselt määramatuteks lisakulutusteks on pärast haagise valmimist lisanduvad kulud. Sh näiteks eksperthinnang, tüübikinnituse katsetused, registreerimine ja esmane tehno-ülevaatus. Samas paljud neist seotud esmamudeliga ning on väike-sari tootmise seisukohast ühekordsed kulutused.

Esmase osa haagise hinnast moodustab valmistatavate detailide maksumus. Maksumuse hindamiseks on tööjooniste alusel võetud hinnapakumine tüüpdetailidele:

- Pikitala SH.01.01.02_KR 28 €/tk
- Risttala SH.01.01.03_KR 13 €/tk
- Talade pikendus SH.01.01.05_KR 1 €/tk.

Pakkumisest tulenev ligikaudne hinnang detailide maksumuseks on **~1200€**. [40]

Tsinkimise hinnaks pakuti konstruktsioonidele 0,45€/kg + KM. Arvestades, et tsinkimisse lähevad järgmised konstruktsioonid:

- alusraam, 259 kg;
- kastiraam, 218 kg;
- allasõidutõke 18 kg;

kogumassiga 495 kg, kujuneb tsinkimise eeldatavaks brutohinnaks **280€**. [42]

Kõik ostutooted ja nende hinnad on toodud Tabel 4. Detailide maksumus on toodud vastavalt erinevate edasimüüjate (Baltic Bolt, Respo Haagised, Automaailm jt.) hinnakirjale seisuga 19.05 2015.

Tabel 4. Ostutoodete hinnad

Osa:	Nimetus:	Materjal/Märkused:	Arv:	Hind	KOKKU
1	Gabariittuled (Jokon) koll/valg	LED	8	6,50	52,00
2	Haakepolt	Mark: KZ 1012	1	60,00	60,00
3	Mutter M10	Würth'i kood: 0368-10	4	0,08	0,33
4	Mutter M12	Würth'i kood: 0368-12	43	0,11	4,65
5	Mutter M6	Würth'i kood: 0368-6	22	0,06	1,21
6	Mutter M8	Würth'i kood: 0368-8	28	0,06	1,54
7	Neet 4,8x12 teras	Würth'i kood: 0935 5 12	14	0,05	0,70
8	Neet 4,8x24 teras	Würth'i kood: 0935 48 24	241	0,05	12,05
9	Neet 4,8x8 teras	Würth'i kood: 0935 5 8	24	0,08	1,92
10	Neet 6,4x30 teras	Würth'i kood: 0935 64 30	72	0,25	18,00
11	Numbrituli	LED	2	3,50	7,00
12	Polt M10x25 täiskeere	Würth'i kood: 1057 10 25	4	0,20	0,80
13	Polt M12x25 täiskeere	Würth'i kood: 1057 12 25	35	0,30	10,50
14	Polt M12x90 osakeere	Würth'i kood: 1053-12 90	8	0,65	5,20
15	Polt M6x16 ristpea	Würth'i kood: 0046 6 16	22	0,80	17,60
16	Polt M8x25 puidu	Würth'i kood: 2223-8 25	28	0,13	3,64
17	Porikumm	Materjal - kummi	2	4,00	8,00
18	Ratas 15 " (velg + rehv)		4	90,00	360,00
19	Rattapolt sillale 1350 kg ja üle	Ümarfaasiga, M12x1,25	20	1,50	30,00
20	Rihma-aas süvistatud		18	6,00	108,00
21	Sarvtuli pun/valge	LED	2	15,00	30,00
22	Seib M10x20	Würth'i kood: 0411-10 20	8	0,02	0,16
23	Seib M12x30	Würth'i kood: 0411-12 30	74	0,05	3,70
24	Seib M6x15	Würth'i kood: 0411-6 15	36	0,02	0,72
25	Seib M8x20	Würth'i kood: 0411-8 20	28	0,04	1,12
26	Sild BPW - 1800kg	A-1600, C-2135	2	500,00	1000,00
27	Tagatuli, p/v		2	18,00	36,00
28	Torukork 100x50	Värvus: hall	2	1,00	2,00
29	Tugijalg 1300 kg, pööratav		2	80,00	160,00
30	Vineer alum. Platvormile tagumine	Lõigata mõõtu: 2300x1175	1	51,38	51,38
31	Vineer alum. platvormile eesmine	Lõigata mõõtu: 2300x1222	1	56,12	56,12
32	Vineer alum. platvormile keskmine	Lõigata mõõtu: 2300x1200	3	55,20	165,60
33	Vineer ülemisele platvormile	Lõigata mõõtu: 2300x1100	2	50,60	101,20

KOKKU 2350 €

Kindlasti ei ole nimetatud hind lõplik vaid annab ülevaate detailide maksumuse suurusjärgust. Haagisele saab valida baastasemest kallimaid komponente, samas teisalt on ka hulgihinnad jaehindadest reeglina soodsamad.

Koostamise hind tuleneb otseselt sellele kulunud ajast. Hinnanguliselt kulub osade komplekteerimiseks ja haagise koostamiseks 2 – 3 tööpäeva.

Haagise valmimise ja registreerimisega on ette näha järgnevat lisakulutusi:

- tehnilise teenistuse vastavusekspertiis²: 1000€;
- üksiksõiduki kinnituse omistamine 205€;
- esmane registreerimine: 130€;
- haagise registreerimismärk: 30€;
- tehnoülevaatus: 12€.

Hinnanguliselt on registreerimisega seotud lisakulutusi summaarselt ~**1400 €**. [43] [44]

Kokkuvõtteks saab öelda, et kõik eelpakutud maksumused ja hinnad, mis ei ole täpsed hinnakirjapõhised numbrid (nt maanteeameti riigilõivud), on arvestatud teatava varuga. Nimetatud summadest ei saa tuletada täpset haagise lõpphinda, kuid saab aimu vähemalt prototüübi hinnaklassist.

² Tallinna Tehnikakõrgkooli autonduse õppetooli töörühm

KOKKUVÕTE

Kokkuvõtteks saab öelda, et magistritöö ülesanne sai täidetud – töö käigus projekteeriti nõuetele vastav O2-kategooria sadulhaagis gabariitidega:

- pikkus 8223 (7500) mm,
- laius 2300 mm,
- kõrgus 1160 mm.

Haagis on tasapinnaline madel tüüpi, koorma kinnitamiseks on haagise põrandasse süvistatud 18 kinnitusaasa.



Joonis 49. Projekteeritud haagis (vaade eest)

Haagise lõplikud tühimag ja kandejõud vastavad lähteülesandes planeeritule, vastavalt:

- tühimag 1150 kg,
- maksimaalne kandejõud: 2350 kg,
- registrimass: 3500 kg.

Kindlasti tasub arvestada, et erinevalt tavapärasest haagisest on sadulhaagise täismass (registrimass) tugevas sõltuvuses koorma paigutusest haagisel.



Joonis 50. Projekteeritud haagis (vaade tagant).

Magistritöö koosneb viiest põhiosast:

- nõuded väikesari tootmises olevale O2-haagisele,
- haagise projekteerimine ja konstruktsioon,
- haagise elektrisüsteem,
- lisaseadmed ja nende valik,
- tootmistehnoloogia.

Esimene peatükk esitab ülevaatlikult kõik projekteerimise alusnõuded. Põhiline aeg kuluski erinevate nõuete, määruste ja direktiivide läbitöötamisele ning süstematiseerimisele.

Teine peatükk „Haagise konstruktsioon“ annab ülevaate projekteerimisprotsessist. Projekteerimisel valiti parimaks lahenduseks painutatud lehtterasest elementidega redelraam, mille külge kinnituvad kõik ülejäänud elemendid – sillad, haakeseaded, tugijalad jms. Projekteerimise käigus teostati arenevale konstruktsioonile regulaarselt tugevusanalüüsi selgitamiseks parimate tugevusomadustega lahendusi.

Kolmas peatükk esitab haagise elektrisüsteemi – kõikide haagisel olevate elektriseadmete integreerimiseks ühtsesse süsteemi on kasutusele võetud kahepistikuline süsteem, mis tagab vajaliku elektritoite nii haagise valgustitele, piduritele kui ka laadimise haagisel olevale lisaakule.

Neljas lisaseadmete peatükk annab ülevaate kõikidest põhikonstruktsioonile lisatavatest seadmetest. Lisaseadmeteks on antud projektis valgustid, helkurid, pidurid, koorma kinnitusvahendid jms. Peatükis tuuakse välja valitud seadmed ja lahendused, põhjendades ja analüüsides nende valikut.

Viimane peatükk kajastab haagise tootmisprotsessi, mille aluseks on kohalike tööstusettevõtete võimalused. Haagis on projekteeritud sääraselt, et kõik tootmiseks vajalikud operatsioonid (laser lõikus, painutamine, keevitamine, tsinkimine) on võimalikud teostada kohapealsetes ettevõtetes. Peatükis on antud ülevaade ka haagise eeldatavast maksumusest.

Töö läbivaks ideeks on eesmärk lahendada komplekselt kõik projekteeritava haagise valmistamist puudutavad küsimused ja probleemid alustades haagisele esitatavatest nõuetest kuni haagise valmistamise ja registreerimiseni. Nõuetest on lähtunud väikesari tootmisena valmistatava sõidukile esitatavatest nõuetest, mis on mõnevõrra rangemad üksikkorras valmistatud sõidukile esitatavatest. Lisaks seletuskirjale on töö lisadena esitatud kogu graafiline materjal – nii kooste- kui ka detailide tööjoonised. Samuti on ettevalmistatud ka kõikide laserlõigatavate detailide lõikefailid ehk pinnalaotused.

Kokkuvõtteks saab tööd lugeda edukaks – projekteeritud haagis vastab kõikidele püstitatud nõuetele ning projekt on saanud positiivse hinnangu Maanteeameti tunnustatud eksperdi poolt, mis annab kindluse liikuda edasi prototüübi valmistamise etappi.

SUMMARY

The aim of this Master's thesis is to design a small O2-class trailer that meets the requirements on small series production. The type of the designed trailer is a semi-trailer, i.e. the trailer is partially supported on the towing vehicle. Based on the category's restrictions on mass, the maximum authorised weight of the trailer is 3500 kg.

Such a trailer is excellent for transporting light, but large volume materials such as insulation materials, light bulk materials etc. As for size and load bearing capacity, the trailer can fit, for example, up to two passenger vehicles.

The thesis consists of five main sections:

- Requirements on a O2-class trailer in small series production
- The design and construction of the trailer
- The electrical system of the trailer
- Additional devices and their selection
- Production technology

The first chapter gives an overview of all the basic requirements on designing. Most of the design requirements arise from the legislation of the Republic of Estonia and the directives of the European Community.

The second chapter on the design and construction of the trailer gives an overview of the design process, justifies the chosen technical solutions and presents the construction developed as a result of the design process. The constructional parts of the trailer are the coupling, axles, stand and underrun protection.

The third chapter presents the electrical system of the trailer – a system with two connection plugs has been used, which has to ensure a power supply for all electrical devices of the trailer, including lights, brakes and also the alternative battery of the trailer.

The fourth chapter on the additional devices gives an overview of all the devices added to the main construction. The additional devices are lights, reflectors, brakes, load securing equipment etc.

The last chapter covers the production process of the trailer, which is based on the possibilities available at local industrial companies. The trailer has been designed in a way so that all the operations necessary for production (laser cutting, bending, welding, galvanisation) could be done at local companies. The chapter also gives an overview of the estimated cost of the trailer.

In addition, as this is a constructive thesis, all graphic materials, including all exploded views and construction drawings of the details have been brought out as an annex to the thesis. The developed areas of all details cut with a laser have been prepared digitally.

In conclusion, it can be said that the objective set for the Master's thesis was achieved – in the course of the thesis, an O2-class semi-trailer compliant to the requirements was designed with the following measurements:

- length 8223 (7500) mm,
- width 2300 mm,
- height 1160 mm.

The trailer is of the flatbed type, 18 lashings have been sunk into the floor of the trailer for securing the load.

The final unladen mass and load capacity of the trailer comply with the objectives set in the initial task, respectively:

- unladen mass 1150 kg,
- maximum load capacity: 2350 kg,
- maximum authorised mass: 3500 kg.

It should certainly be taken into consideration that, differently from ordinary trailers, the laden mass (maximum authorised mass) of a semi-trailer depends strongly on the placement of the load on the trailer.

The central idea of the thesis is to solve all issues and problems related to the designed trailer in a complete manner, starting with the requirements set on the trailer to the production and registration of the trailer. The requirements chosen as the basis are the requirements on a vehicle produced in small series production, which are somewhat stricter than the requirements on vehicles constructed on an individual basis. In addition to an explanatory report, the annexes to the thesis include all graphic materials – both the exploded views and construction drawings of the details.

In summary, the thesis can be considered successful - the designed trailer meets all the set requirements and the project has received a positive evaluation from an expert recognised by the Estonian Road Administration, which gives the confidence to move on to the prototype production stage.

6 KASUTATUD MATERJALID

- [1] „IVECO DAILY 35C15 3.0 RAAMAUTO,“ Iv Plus AS, [Võrgumaterjal]. Available: <http://ivpluss.ee/laoautod/iveco-daily-35c15-30-raamauto>. [Kasutatud 15 01 2015].
- [2] Auto, mootorratta, mopeedi ja nende haagiste tüübikinnituse, üksiksõiduki kinnituse ja ümberehituse tingimused, nõuded ja kord, Majandus ja kommunikatsiooniminister, RT I, 08.06.2011, 2.
- [3] „Sõiduk,“ Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.mnt.ee/index.php?id=10623>. [Kasutatud 02 08 2014].
- [4] „Maanteeameti tehnosakonna poolt tunnustatud eksperdid,“ Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.mnt.ee/index.php?id=24435>. [Kasutatud 07 05 2015].
- [5] „Sven Andresen,“ Eesti Teadusportaal ETIS, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.etis.ee/portaal/isikuCV.aspx?PersonVID=76888>. [Kasutatud 22 12 2014].
- [6] Liiklusseadus, Riigiteataja 17.03.2011, 21.
- [7] MKM määrus 42 „Mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele” lisa 5 Sõidukite jaotus kategooriatesse ja klassidesse, Majandus ja kommunikatsiooniminister. 2011.
- [8] Direktiiv 94/20/EÜ, mootorsõidukite ja nende haagiste mehaaniliste haakeseadiste ning nende kinnitamise kohta kõnesolevatele sõidukitele, Euroopa Liidu Teataja L 195 , 29/07/1994 Lk 0001 - 0060.
- [9] „OEM Jost And Holland Trailer King Pin With Plate For Fifth Wheel,“ HUALIN STEEL GROUP, [Võrgumaterjal]. Available: <http://structuralsteelfabrication.sale.tjskl.org.cn/pz5389b68-oem-jost-and-holland-trailer-king-pin-with-plate-for-fifth-wheel-semi-trailer-parts.html>. [Kasutatud 23 03 2014].
- [10] MKM 42Lisa 1 Nõuded alates 1. jaanuarist 1997. a liiklusregistrisse kantud või kantavale sõidukile, välja arvatud enne 1. jaanuari 1984. a valmistatud või esmakordselt kasutusele võetud sõidukid ning 30-aastased ja vanemad sõidukid, Majandus- ja kommunikatsiooniminister, RT I, 24.07.2012, 16.
- [11] Direktiiv 97/27/EÜ, mis on seotud teatavate kategooriate mootorsõidukite ja nende haagiste

masside ning mõõtmetega ning millega muudetakse direktiivi 70/156/EMÜ, Official Journal L 233 , 25/08/1997 P. 0001 - 0031.

- [12] Direktiiv 76/758/EEC mootorsõidukite ja nende haagiste ülemisi ääretulelaternaid, eesmisi ääretulelaternaid, tagumisi ääretulelaternaid ja piduritulelaternaid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta, Euroopa Liidu Teataja L 265 , 12/09/1989 Lk 0001 - 0014.
- [13] Direktiiv 76/756/EMÜ mootorsõidukitele ja nende haagistele valgustus- ja valgussignaalseadmete paigaldamist käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta, Euroopa Liidu Teataja L 262 , 27/09/1976 Lk 0001 - 0031.
- [14] Direktiiv 76/760/EMÜ mootorsõidukite ja nende haagiste tagumisi numbritulelaternaid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta, Euroopa Liidu Teataja L 262 , 27/09/1976 Lk 0085 - 0095.
- [15] Direktiiv 77/538/EMÜ, mootorsõidukite ja nende haagiste tagumisi udulaternaid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta, Euroopa Liidu Teataja L 220 , 29/08/1977 Lk 0060 - 0071.
- [16] Direktiiv 76/759/EMÜ, mootorsõidukite ja nende haagiste suunatulelaternaid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta, Euroopa Liidu Teataja L 262 , 27/09/1976 Lk 0071 - 0084.
- [17] Direktiiv 77/539/EMÜ mootorsõidukite ja nende haagiste tagurdustulelaternaid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta, Euroopa Liidu Teataja L 220 , 29/08/1977 Lk 0072 - 0082.
- [18] Direktiiv 76/757/EEC mootorsõidukite ja nende haagiste helkureid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta, Euroopa Liidu Teataja L 262 , 27/09/1976 Lk 0032 - 0053.
- [19] Direktiiv 71/320/EMÜ teatavate kategooriate mootorsõidukite ja nende haagiste piduriseadmeid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta, Euroopa Liidu Teataja L 202 , 06/09/1971 Lk 0037 - 0074.
- [20] Ratastraktori, liikurmasina ja nende haagiste tehnoseisundi kontrollimise eeskiri ning nende tehnoseisundile ja varustusele esitatavad nõuded¹, Teede- ja Sideminister, RTL 2001, 46, 657.
- [21] „Üksiksõiduki kinnitus,“ Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.mnt.ee/index.php?id=10681>. [Kasutatud 05 01 2015].
- [22] Direktiiv 76/114/EMÜ, mootorsõidukite ja nende haagiste andmesilte ning kirjeid, nende asukohta ja kinnitusviisi käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta, Euroopa Liidu Teataja L 024 , 30/01/1976 Lk 0001 - 0005.
- [23] Direktiiv 70/221/EMÜ mootorsõidukite ja nende haagiste vedelkütusepaake ja tagumisi allasõidutõkkeid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta, Euroopa Liidu Teataja L 125 , 16/05/1997 Lk 0001 - 0020.

- [24] „UPN160,“ StaticsTools, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.staticstools.eu/profil_UPN.php?profil=UPN+160&act=zobraz&lang=EN. [Kasutatud 22 03 2015].
- [25] „Rolling resistance,“ Wikipedia, [Võrgumaterjal]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Rolling_resistance. [Kasutatud 13 12 2014].
- [26] „Rolling friction and rolling resistance,“ The Engineering Toolbox, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.engineeringtoolbox.com/rolling-friction-resistance-d_1303.html. [Kasutatud 13 12 2014].
- [27] „Safety and respect for the environment,“ IVECO, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.iveco.com/uk/press-room/kit/Pages/safety_and_respect_for_the_environment.aspx. [Kasutatud 02 12 2014].
- [28] „Axles,“ BPW Limited, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.bpw.co.uk/axles.htm>. [Kasutatud 05 03 2015].
- [29] „Dexter Axles,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.dexteraxle.com/>. [Kasutatud 19 02 2015].
- [30] „Braked axles - braked trailer axles,“ KNOTT, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.knott-trailer-shop.com/index.php/cPath/35_6/category/braked_axles.htm. [Kasutatud 19 02 2015].
- [31] „Concenting the braking system of certain categories of motor vehicles corresponding the Directive of the Council 71/320/EEC,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.boopark.nl/documentation/02/rdw02.pdf>. [Kasutatud 16 03 2015].
- [32] „SL 0159 Side Winding Leg 560x60,“ Banbury Trailers, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.banburytrailers.co.uk/index.php?route=product/product&path=63_90&product_id=854 [Kasutatud 15 10 2014].
- [33] „Insurance Institute Pushes For Stronger Semi Truck Underride Guards; NHTSA Waits,“ Kansas City Personal Injury Lawyer, 10 05 2012. [Võrgumaterjal]. Available: <http://kansascity.legalexaminer.com/tractor-trailer-accidents/insurance-institute-pushes-for-stronger-semi-truck-underride-guards-nhtsa-and-trucking-companies-wait/>. [Kasutatud 05 01 2015].
- [34] Rautaruukki Steel produkts. Designer's guide, Rautaruukki OY, 1991.
- [35] „PLA750 SERIES 14V 1000W VOLTAGE REGULATOR,“ Sidecar Pro, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.sidecarpro.com/Electrical_Lighting-voltage-regulator-12V-PLA750-series.html. [Kasutatud 16 11 2014].
- [36] „Titan BrakeRite I Plug and Play Electric-Hydraulic Actuator Kit,“ etrailer.com, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.etrailer.com/Trailer-Brakes/Titan/T4813102.html>. [Kasutatud 23 04 2015].
- [37] „Electric Drum Brake Wiring Diagram,“ AL-KO, [Võrgumaterjal]. Available:

<http://www.alko.com.au/vehicle-technology/product-catalogue/drum-brakes/electric/wiring-diagram/>. [Kasutatud 02 01 2015].

- [38] „Haagise tarvikud,“ Automaailm, [Võrgumaterjal]. Available: <http://pood.automaailm.ee/est/autokaubad/haagis/haagisetarvik>. [Kasutatud 28 04 2015].
- [39] Direktiiv 92/23/EMÜ mootorsõidukite ja nende haagiste rehvide ja nende paigaldamise kohta, Official Journal L 129 , 14/05/1992 P. 0095 - 0153.
- [40] „KOPAR BALTIC AS,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.koparbaltik.ee/>.
- [41] „Tikitreiler,“ Bestnet AS, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.tikitreiler.com/>. [Kasutatud 18 04 2015].
- [42] „Teenused - Kuumtsinkimine,“ AS Paldiski Tsingipada, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.zincpot.ee/index.php?page=186>. [Kasutatud 06 04 2015].
- [43] „Sõidukite riigilõivud,“ Maanteeamet, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.mnt.ee/index.php?id=10776>. [Kasutatud 21 05 2015].
- [44] „Tehnoulevaatus hinnakiri,“ Profidiagnostika OÜ, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.tehnoulevaatus.ee/et_EE/hinnakiri. [Kasutatud 21 05 2015].
- [45] Mehaanikainseneri käsiraamat, Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2012.
- [46] Mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele, Majandus- ja kommunikatsiooniminister, 2014.

LISAD

LISA 1 – määruste ja direktiivide loetelu, millistes toodud nõuded peavad olema täidetud väikeseeriatena toodetud m, n ja o kategooria sõidukite riiklikul tüübikinnitusel

LISA 2 – Elektriliste piduritega haagise tüübikinnituse vastavuskatsete katseprotokoll

LISA 3. Graafiline osa

6.1 Lisa 1 – Majandus- ja kommunikatsiooniministri 3. juuni 2011. a määruse nr 37 „Auto, mootorratta, mopeedi ja nende haagiste tüübikinnituse, üksiksõiduki kinnituse ja ümberehituse tingimused, nõuded ja kord” lisa 6

6.2 LISA 2 – Elektriliste piduritega haagise tüübikinnituse vastavuskatsete katseprotokoll

6.3 Lisa 3 – Graafiline osa