



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

Pesuhaagis kahveltõstukitele

Washing trailer for forklifts

Magistritöö

Üliõpilane: Henri Viul

Üliõpilaskood: 152818

Juhendaja: Martin Eerme

Tallinn, 2018.a.

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”.....201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

TTÜ Mehaanika ja tööstustehnika instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Henri Viul 152818

Õppekava, peeriala: Mehhanotehnika

Juhendaja: Prof. Martin Eerme

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Pehuhaagis kahvelstõstukitele

(inglise keeles) Washing trailer for forklifts

Lõputöö põhieesmärgid:

Olemasolevate pesuvee korduvakasutusse suunamise lahenduste analüüs

Haagise projekteerimine

Maksumuse hinnang

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Olemasolevate lahenduste analüüs ja põhikontseptsiooni määramine	02.2017
2.	Esmaste tugevuarvutuste tegemine	05.2017
3.	3D mudeli loomine	12.2017
4.	Tootmismaksumuse hinnang	01.2018
5.	Seletuskirja vormistamine ja esitamine.	01.2018

Täiendav info ja nõuded:

Töö keel: Eesti

Üliõpilane: "....."201....a
/allkiri/

Juhendaja: "....."201....a
/allkiri/

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud tingimused formuleeritakse pöördel

Sisukord

EESSÕNA.....	6
1. SISSEJUHATUS	7
2. PROJEKTEERIMINE.....	9
2.1. Eelprojekteerimine.....	9
2.1.1. Üldtingimuste lähtekohad ja sõnastamine	9
2.1.2. Pesuruumi esmaste mõõtmete määramine.....	12
2.1.3. Raami esmased tugevusarvutused.....	12
2.1.4. Tugijalgade paigutus ja nõuded	15
2.1.5. Pesuruumi muudetava suuruse nõue	15
2.1.6. Sildade ja rataste valik.....	16
2.1.7. Pesutasapinna kujundamine	19
2.1.8. Rambi maksimaalse nurga määramine	20
2.2. Mudeli loomine	22
2.2.1. Alusraami modelleerimine	22
2.2.2. Tugijalad	24
2.2.3. Pesuvee kogumise lahendamine	28
2.2.4. Pealisehitus	29
2.2.5. Pesuruumi laiendused.....	29
2.2.6. Lisatoed laiendustele.....	31
2.2.7. Esipaneel	33
2.2.8. Vaheraam	34
2.2.9. Restide aluspinna tugevadamine ja restide valik	36
2.2.10. Veotiisli projekteerimine	38
2.2.11. Pidurid	43
2.2.12. Tugiratas.....	45
2.3. Täiendav nõuete täitmise kontroll üksiksõiduki tüübikinnituse taotlemisel	46
2.3.1. Valgustus- ja valgussignalisatsiooniseadmed.....	47
2.3.2. Tulede ja helkurite valik	48
2.3.3. Elektriskeemi koostamine	51
2.3.4. Tulede paigutus haagisel.....	53
2.3.5. Täiendavate lisade valik	55

2.4. Koostamine ja pinnatöötused	56
3. PESU JA VEE TAASKASUTAMISE SEADMED	58
4. KOGUMAKSUMUSE LIGIKAUDNE HINNANG	60
KOKKUVÕTE	63
SUMMARY	65
KASUTATUD ALLIKAD	66
GRAAFILINE MATERJAL.....	69
Üldine koostejoonis	
Raami koostejoonis	

EESSÕNA

Käesoleva töö teemaks on Pesuhaagis kahveltõstukitele. Töö on valminud mõeldes Pesupidu OÜ tegevuse laiendamisele, mille rajaja töö autor on. Pesupidu OÜ on täna keskendunud mobiilse saunateenuse pakkumisele, kuid tellimuste hooajalise iseloomu tõttu otsib võimalusi tegevuse laiendamiseks. Kahveltõstukite pesemise võimekus tagaks ettevõttele stabiilse töö ka suveperioodiks. Seetõttu on magistritöö peamiseks eesmärgiks välja töötada võimalikult täpne tehniline kontseptsioon, mille alusel oleks võimalik hinnata tegevuse laiendamiseks vajaliku investeeingu suurust. Alternatiivina kaalub autor toote valmis ehitamist edasimüügi eesmärgil. Töö autor on hetkel palgal kahveltõstukite müügi, remondi ja hooldusega tegelevas ettevõttes, millega koostöös oleks võimalik tõstukite pesemis teenuse pakkumisega algust teha. Kuna käesoleva töö valmimise ajaks ei ole viimati mainitud ettevõtte esindajatega edasise koostöö võimaluste osas kokkuleppeid sõlmitud, siis ei teostata tööd ka otseselt seostatult selle ettevõttega. Töö autor soovib tänada kõiki, kes on toetanud ja julgustanud selle töö valmimist.

Märksõnad: Pesuhaagis, Haagise projekteerimine, Modelleerimine, Magistritöö

1. SISSEJUHATUS

Seoses kõikvõimaliku tehnika kasutamise laienemisega kasvab ka koormus keskkonnale, seda eriti rikete korral, kui maha voolab näiteks õli või muu loodust saastav aine. Vahel ei avaldu võimalik leke kohe ja õli voolab masina mootoriruumi pikema aja vältel, sidudes endaga tolmu, mis omakorda absorbeerib täiendavalt õli ja lekke maapinnale, nähtavale, ilmumine viibib veelgi. Tihti on sellisel puhul lekke leidmine ja kõrvaldamine, masinat pesemata, keerukas. Samas toob selliselt lekkiva masina pesemine kaasa märgatava koguse tolmu ja õli segu eraldumise, mis on tarvis ohutult utiliseerida. Kuna masina pesemise korral pesuvee kokku korjamine asfaltilt on keeruline, kui mitte võimatu, siis on vajadus toote järele, mille abil oleks võimalik pesuvett kokku korjata ja ohutustamisele suunata.

Töö raames läbiviidud otsingutega ei leitud sobilikku valmistoodet, ega projekti, mis antud probleemi lahendamiseks sobiks. Google otsingumootoris saadi tulemuseks palju erinevaid statsionaarseid pesemise platse, mis ei olnud antud juhul otsitava lahendusena kuidagi kasutatavad. Mobiilsetest lahendustest leidis enim sõidukeid, millele oli paigaldatud pesuks vajalik tehnika, kuid pesuvee uuesti kasutamisele suunamise lahendused olid algelised. Kõige lähedasema tulemusena leiti tänavalt teekatte märgistuse eemaldamiseks projekteeritud haagis [1], mis suunas vee läbi filtrite taaskasutusse tolmuimeja põhimõttel. Siiski ei ole seal kasutatud koguja lahendus kasutatav tõstukite pesemisel, küll aga võib ülejäänud vee imemise ja puhastamise süsteemi põhimõtte olla lõpplahenduses ka projekteeritava haagise juures kasutatav. Seetõttu otsustati projekteerida mobiilne pesuplats, mida oleks lihtne teisaldada ja kasutusvalmis seada, ning mis võimaldaks pesemisel tekkivad jäägid täies ulatuses ohutult utiliseerida, olenemata kohapealsetest kanalisatsiooni tingimustest. Kuna toote potentsiaalses kasutuskohas ei ole alati tagatud ligipääsu puhtale veele, siis nähti ette, et vesi peaks olema seadmega kaasas ning vee, vähemalt osaline, puhastamine taaskasutamiseks tagaks väiksema kaasas kantava vee koguse.

Eesmärgi kohaselt lihtsustab projekteeritav toode pesuvee suunamist ohutustamisele ja taaskasutamisele, mis lisaks keskkonna säästmisele tagab ka rahalise kokkuhoiu. Samuti langeb ära vajadus transportida suure massiga rasketehnikat sobivasse pesukohta, mis asub tihti kümneid kilomeetreid eemal ja toob kaasa täiendava aja- ja transpordikulu. Toote peamiseks eesmärgiks on võimaldada remondi eelset või ka järgset pesu, aga ka lihtsalt hoolduspesu kliendi juures masinat ära transportimata.

Autori kogemus on näidanud, et vajadus projekteeritava toote järele on pidevalt suurenev ja seda just karmistuvate keskkonna nõuete aga ka klientide keskkonnateadlikkuse kasvu tõttu. Haagist nähakse tee rajajana keskkonnasõbralike mobiilsete pesemislahenduste valdkonnas Eestis.

2. PROJEKTEERIMINE

2.1. Eelprojekteerimine

2.1.1. Üldtingimuste lähtekohad ja sõnastamine

Mobiilse pesula projekteerimise peamine inspiratsioon saadi autode iseteeninduspesulast, kus piisavalt suur pesuplats on varustatud piiretega, et vesi ülemäära laiali ei paiskuks ja aluspind paraja kaldega äravoolu suunas, et uhuda ka autolt eraldunud liiv äravoolu. Sarnased omadused sooviti tagada ka liikuvale tõstukite pesulale. Võrreldes autode pesemisega tuli arvestada, et pestavad masinad on oluliselt massiivsemad ja pesemise peamine eesmärk ei ole kosmeetiline välimuse eest hoolitsemine vaid tolmu segunenud määrdeainete eemaldamine masina mootoriruumist ja välistelt liigenditelt, et tagada piisav puhtus masina tõrgeteta tööks. Seega lisaks nähtavale sarnasusele pidi mobiilne pesula tagama ka liiva ja määrdeainete jõudmist puhastus seadmesse, seetõttu pidid pinna kalded olema piisavad ja äravoolu avad küllalt suure läbimõõduga ummistumise vältimiseks. Teisalt võimaldas mitte liigse kosmeetilise puhtuse nõudmine pestavalt masinalt teha järeleandmisi taaskasutatava pesuvee kvaliteedi osas. Suuremast mustusest ja määrdeainetest vee puhastamine taaskasutamiseks tehnika pesemisel on märksa hõlpsam, kui väga puhast pesuvett vajava auto läiget taastava pesu jaoks. Erinevalt iseteeninduspesulast ei arvestatud mobiilse pesula puhul iseteenindusega ja seadmeid pidi transportima ja tõstukite pesemisega tegelema tehnika vallas pädev operaator. Operaatori ülesandeks oli ka pesuseadmete kasutusvalmis seadmine ja tõstukite pesualusele ning sealt maha sõitmine. Operaatori kaasamise nõue lihtsustas oluliselt kontseptsiooni, kuna ei olnud vaja tagada liigset lihtsust seadmete kasutamisel, siiski tuli arvestada piisava ohutuse ja kasutusmugavusega.

Kontseptsiooni loomist alustati nõuete ja vastavate märksõnade leidmisest ning lahtimõtestamisest. Saadud tulemustest koostati Tabel 2.1, milles ka hinnati üldsõnaliselt seatud eesmärke, nende teostatavuse reaalist ja võimalusi. Tabel võimaldas teha algsed otsused edasise suuna valikul ning aitas ühtlasi soovitud omadusi kontsentreerida ja nendest vähemolulisi kohe välistada liigse keerukuse tõttu. Teisalt oli tabel kogu projekteerimis protsessi vältel hea koht, kuhu tagasi pöörduda, kui seatud eesmärgid ununema kippusid.

Tabel 2.1 Nõuete ja valikute sõnastamine

Nõue	Valik, lisatingimus	Selgitus, põhjendatud otsus, tegutsemine
Mobiilne	Veoauto	Liiga kõrge + kõrge maksumus
	Haagis	Optimaalne
	Teisaldatav alus	Kohmakas, vajab ikka transportimiseks veeremit
Kerge	Sõiduautoga teisaldatav	~1500 kg Ei ole reaalne, kuna lubatav mass on väike
	Kaubikuga teisaldatav	Optimaalne ~2000 kg + on koht kus vee töötlemise ja pesutehnikat mahutada
	Maasturiga teisaldatav	~3500 kg, pigem liiga raske, kuid on võimalik
	Võimalusel kerge materjal	Mittekandvate konstruktsioonide valmistamisel alumiinium vms.
Lihtsasti valmistatav	Kohaldatav olemasolevast	Piisava pinna ja kandejõuga haagise puudumine
	Standard materjalid	Standard profiilid, ostutooted, meetriga/massiga
	Kättesaadavad materjalid	Kohalikud tarnijad v.a. Hinna või muul kaalutlusel.
	Ei vaja eritehnikat	Koostatav ilma liiga keerulise tehnilise võimekuseta
	Moodulitest koosnev	Jah, tagab projekti jälgitavuse
	Maksimaalselt ostutooteid	Hinna ja kvaliteedi kaalutlusel
Piisav kandevõime	Raami piisav tugevus	Jah, vaja arvutada
	Tugijalgade olemasolu	Vajalik, kuna sillad ilmselt ei kannu piisavalt + stabiilsus
	Platvormi piisav tugevus	Jah, vaja arvutada
Hõlpsasti peale sõidetav	Madal konstruktsioon	Jah, võimalikult
	Ramp	Jah, vaja jälgida massi, kliirensit ja nurka ning rambi massi
	Piisav tööruum	Jah, tõstuk + operaator, leida mõõdud.
Vee kogumist võimaldav	Vett pidav	Pesuvesi peab saama kogutud
	Valgumist soodustav	Vajalik kalle äravoolu suunas
	Piisavad läbimõõdud	Avad ei tohi ummistuda
Liikluses osalemise nõuetele vastav	Mõõdud	Laius 2550 + manööverdamise lihtsus
	Mass	Sõltuvalt veduk autost, aga võimalikult väike.
	Tuled	Ostutooted, võimalusel LED, nõuetele vastav paigutus
	Standard detailid	Teljed, veopea, pidurid, tõkiskingad.

Keskseks eesmärgiks seati kontseptsiooni lihtsus ja otsustati rajada liikuv pesula haagisele. Haagise kasutamine alusena tagab võimaluse transportida pesulat erinevate sõidukitega ja samas säilib võimalus vedava sõidukiga ka autonoomselt ringi liikuda, et näiteks tööd sama kliendi juures järgmisel päeval jätkata, seejuures pesulat asjatult transportimata. Arvestades Eesti heitlike ilmastikuolusid on oluline kaitsta pesutehnikat külmumise eest. Haagise kontseptsiooni korral hoiustatakse pesutehnikat vedavas sõidukis, mida on hõlpsam hoiustada siseruumides kui suurt pesukompleksi.

Haagise mõõtmete määramist ja kontseptsiooni loomist alustati tehnika sihtgrupi määratlemisega, mille pesemine haagisel peab olema võimalik. Kuna töö autor on tuttav Linde kaubamärgi kahveltõstukitega, siis lähtuti projekteerimisel just nende mõõtmetest ja massidest. Linde Material Handling kodulehel [2] tutvuti erinevate sisepõlemismootoriga tõstukite andmelehtedega ja vajalikud andmed koondati Tabel 2.2. Kuna tootjate lõikes kahveltõstukite mõõdud ja massid vastavalt tõstevõimele suuresti ühtivad, siis sobib projekteeritud haagis võrdväärselt ka teist marki kahveltõstukite pesemiseks. Tabeli koostamisel on võetud aluseks kõige ekstreemsemad mõõdud, et tagada nendest lähtuvalt täielik funktsionaalsus kõikide tõstukimarkide pesemiseks.

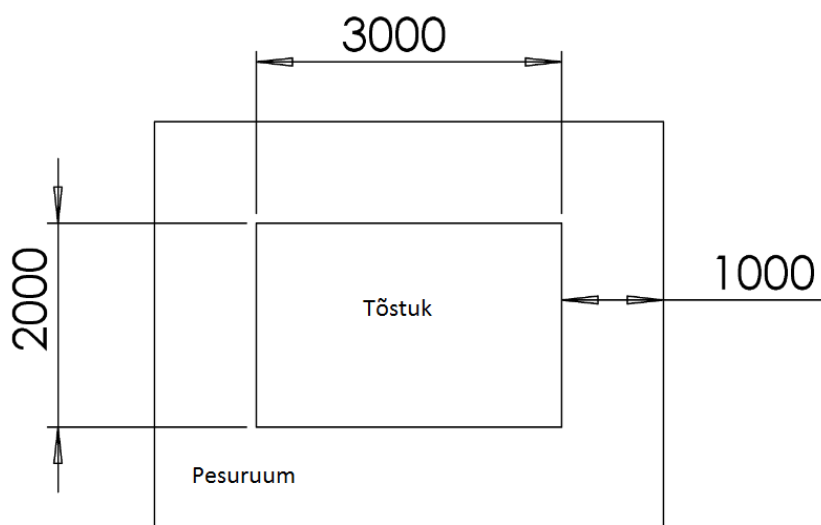
Tabel 2.2 Linde tõstukite gabariidid ja maksimaalsed massid [2]

Masina tõstejõu tähis	Masina seeria	Mass (kg)	Maksimum laius (m)	Rööbe (m)	Rehvide vaheline mõõt (m)	Sassii pikkus (m)
H20	391	3200	1,2	1	0,8	2,2
H25	392	4000	1,3	1,3	1	2,5
H35	393	4500	1,7	1,3	1	2,5
H50	394	7000	2	1,4	1,1	3
H80	396	13000	2,5	2	1,3	4
H160	1401	20000	2,6	-	-	6

Projekteerimise algandmete määramisel arvestati, et pesuhaagis peab vastu pidama tehnika massile ent olema ise võimalikult väikese massiga ja mõõtmetega hõlpsaks transportimiseks, seetõttu tuli leida kompromiss haagise massi, mõõtmete ja tugevuse vahel. Tabel 2.1 alusel, jõuti järeldusele, et otstarbekas on projekteerida pargitud pesuhaagise kandevõimeks koos varuga kuni 8000 kg. Kitsenduse tingis asjaolu, et suurema kandejõu korral haagise mass ja gabariidid kasvavad hüppeliselt kuid samas on vajadus suurema haagise järele väiksem, sest suuremate masinate osakaal klientidel on oluliselt väiksem. Moodulitest koosneva projekti eesmärk oli lahutada alusraam, pesuruum ja väiksemad moodulid eraldiseisvateks tervikuteks, mis võimaldas keskenduda konkreetse mooduli nõutavatele omadustele.

2.1.2. Pesuruumi esmaste mõõtmete määramine

Haagise pesuruumi esmaste mõõtmete määramisel võeti aluseks 394 seeria masin, massiga kuni 7 t ja laiussega, topelt rataste korral, 2 m ning sassii pikkusega 3 m. Lähtudes nendest mõõtmetest ja arvestades masina ümer täiendava meetri liikumisruumi operaatori jaoks Sele 2.1 saadi pesuruumi vajalikeks mõõtmeteks 5 m pikkust ja 4 m laiust. Pesuruumi kõrgus ei olnud esmase mõõtmena oluline ja arvestati, et see peab aitama kaasa veepritsmete juhtimisele kogurisse.



Sele 2.1 Pesuruumi mõõtmete lähteskeem

2.1.3. Raami esmased tugevusarvutused

Haagise alusraami mõõtmete määramist alustati tõstukite rööpme laiuste võrdlemisest ja Tabel 2.1 koostamisest. Kuna koormata tõstuki massist suurem osa langeb tagumisele sillale, millele langeb vastukaalu mass, siis peab haagise alusraam tagama vastupidavuse peamiselt kitsama rööpmega tagumisele sillale. See asjaolu lihtsustas alusraami projekteerimist, kuna erinevate tõstukite tagumiste sildade rööpmete erinevus on väiksem. Maksimum laiust tuli aga siiski arvesse võtta pealesõidu laiuse määramisel, kuigi laiema esisislla mass jaotub topelt rataste korral suuremale pinnale ja surve pinnaühikule on seeläbi väiksem. Ennekõike on alusraami piisav laius oluline haagise stabiilsuse tagamisel kuna tõstukiga haagisele sõitmisel nihkub haagise raskuskese kõrgemale ja paiknemise ebasümmeetria korral on haagise ümbermineku oht. Kuna leitud haagise standard telgede kandevõimed, tootja: Knott andmelehel [3], on piiratud, siis vajab haagis

tööolukorras täiendavat toetamist tugijalgadega. Maksimaalse stabiilsuse tagamiseks ja ümbermineku vältimiseks otsustati toed paigutada võimalikult selle pesuruumi äärte lähedale. Kuna haagis peab külgsuunaliselt olema muudetavate mõõtmetega, mida ei olnud veel määratud, siis alustati tugevate paigutuse määramist pikkisuunast. Seega määras pesuruumi pikkusmõõtmeks valitud 5000 mm ka tugijalgade vaheliseks kauguseks 5000 mm ning ühtlasi määras see ära ka pikkitalade tugevusarvutusteks vajaliku pikkuse.

Tabel 2.3 Massi jagunemine sildade vahel [2]

Masina seeria	Maksimaalne Mass (kg)	rööbe (m)	Esisilla mass (kg)	Tagasilla mass (kg)
391	3200	1	1400	1800
392	4000	1,3	1700	2300
393	4500	1,3	2100	2400
394	7000	1,4	3300	3700

Raami pikkitalade vajaliku tugevuse leidmisel lähtuti valemist (2.1),(2.2) ja (2.3) mille alusel arvutati raami talade vajaliku telgvastupanumomendi väärtus. Koormuse tüübi määramisel eeldati, et raami keskele mõjub koondatud koormus.

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W} [4] \quad (2.1)$$

kus σ_b - lubatav paindepinge, N/mm²

M_b - on paindemoment, Nmm

W - ristlõike telgvastupanumoment, mm³

$$M_b = \frac{F \cdot l}{4} [4] \quad (2.2)$$

Kus, F - talale mõjuv jõud, N

l on tala toetuspunktide vaheline kaugus, mm

Kuna suurimaks kantavaks massiks võeti 8000 kg, mis eelduse kohaselt jaguneb võrdselt kahe pikkitala vahel, siis jääb ühele talale mõjuvaks jõuks $F = m \cdot g = 4000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 40\,000 \text{ N} = 40 \text{ kN}$. Tugijalgade paigutusest lähtuvalt valiti talade kandepunktide vaheliseks kauguseks 5000 mm.

$$W = \frac{B \cdot H^3 - w \cdot h^3}{6 \cdot H} [4] \quad (2.3)$$

Kus W - telgvastupanumoment, mm^2

B - nelikant toru ristlõike, painde suunaga risti oleva külje välisläbimõõt (laius), mm

H - painde suunaga paralleelse külje välisläbimõõt (kõrgus), mm

w - painde suunaga risti oleva külje siseläbimõõt (sisemine laius), mm

h - painde suunaga paralleelse külje siseläbimõõt (sisemine kõrgus) . mm

Arvestades, et konstruktsiooniterase S355J2H, mis on enamlevinud teras sobilike talade valmistamiseks, korral on voolepiir $R_e = 355 \frac{N}{\text{mm}^2}$

Arvestades ka ohutustegurit $\nu = 1,2$ [4] Saadi suurim lubatud pingega valemiga (2.4)

$$\sigma_{\text{lubatud}} = \frac{R_e}{\nu} = \frac{355 \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,2} = 295 \frac{N}{\text{mm}^2} [4] \quad (2.4)$$

Valemist (2.2) leiti tekkiv paindemoment.

$$M_b = \frac{F \cdot l}{4} = \frac{40 \text{ kN} \cdot 5 \text{ m}}{4} = 50 \text{ kNm} = 50000 \text{ Nm} = 50000000 \text{ Nmm} = 5 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

Valemist (2.1) avaldati W ja asendati leitud suurused.

$$W = \frac{M_b}{\sigma_{\text{lubatud}}} = \frac{5 \cdot 10^7 \text{ Nmm}}{295 \frac{N}{\text{mm}^2}} = 169491,5 \text{ mm}^3 = 169,5 \text{ cm}^3$$

Mille tulemusena saadi, et sobiva tala telgvastupanumoment peab olema vähemalt $169,5 \text{ cm}^3$

Valemite (2.3) ja (2.1) põhjal koostati Tabel 2.4 erineva ristlõikega sobilike standardsete nelikant torude vastupanumomentidest koos 1 meetri ligikaudse massiga.

Tabel 2.4 Nelikant torude mõõdud, telgvastupanumomendid ja mass [5]

Tala kõrgus	Tala laius	Tala sisemine kõrgus	Tala sisemine laius	Telgvastupanumoment	Tekkiv paindepinge	Meetri ligikaudne mass
H (mm)	B (mm)	h (mm)	w (mm)	W (cm ³)	σ_b N/mm ²	M (kg)
150	150	134	134	204,3	244,8	34
180	180	170	170	198,7	251,7	26
200	200	192	192	200,9	248,9	24
200	160	192	152	170,1	293,9	21
200	100	184	84	230,6	216,8	34

Esmase raami talade valiku juures lähtuti AS Kanemetall tootekataloogis [5] olevate nelikant torude mõõtmetest, millest esmase lahendusena oleksid sobilikud 200 x 160 mm ristlõikega talad. Kuna, aga tõstukiga haagisele sõites on oluline, et haagise töötasapind oleks võimalikult madal, siis valiti tugevusvaru suurendamise ja tasapinna alandamise eesmärgil 180 x 180 mm ristlõikega talad.

Kuna sama profiili tugevus oli piisav ka oluliselt lühemate raami otste valmistamiseks, siis valiti erinevate profiilide vältimise kaalutlusel sama profiil ka raami risti talade valmistamiseks.

Raami laiuse määramisel lähtuti standardsetest haagise sildade kinnituste vahe mõõtudest, mida on tootja Knott poolt [3] saadaval 100 mm sammuga alates 1000 mm kuni 1900 mm. Teine oluline faktor oli tõstuki rööbe, Tabel 2.3 on näidistõstuki rööbe vahemikus 1000 mm kuni 1400 mm, kusjuures viimasel on suurem mass. Stabiilsuse seisukohast oli eelistatum laiem raam, seda nii transportimisel kui ka tööasendis. Haagise raami pikkitalade välispindade vaheks valiti lähtuvalt silla mõõtmetest 1760 mm, mis tagas sildade kinnitamiseks ja toetamiseks piisava pinna.

2.1.4. Tugijalgade paigutus ja nõuded

Raami laiuse määramisest järgmine samm oli tugijalgade paiknemine. Kui tugijalgade paigutus haagise pikkisuunas vahega 5000 mm oli määratud eesmärgiga tagada maksimaalne stabiilsus tööasendis, siis samal eesmärgil otsustati ka laiuses paigutada jalad võimalikult kaugele pikkiteljest. Arvestades, et raami alusraami välismõõdust, 1760 mm, jäävad väljapoole veel haagise rattad, siis otsustati paigutada haagise tugijalad samuti raami gabariidist väljapoole.

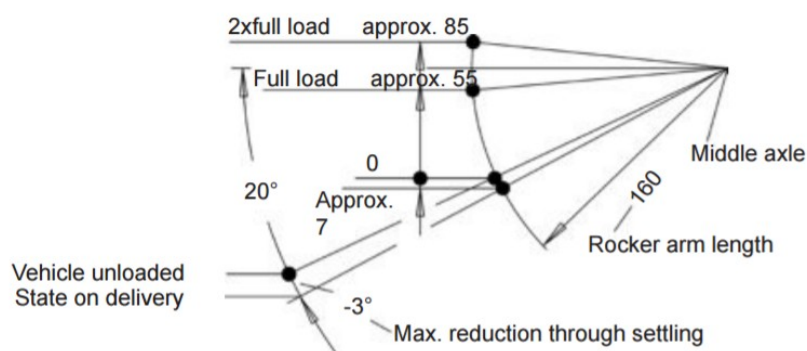
2.1.5. Pesuruumi muudetava suuruse nõue

Lähtudes Majandus- ja kommunikatsiooniministri 13.06.2011. a määruse nr 42 „Mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele” lisa 1 koodis 1103 [6] sätestatud maksimaalsest lubatavast laiusel teeliikluses kasutatavale sõidukile 2550 mm. Otsustati, et haagis peab olema projekteeritud külgsuunaliselt muudetavate mõõtmetega, et oleks võimalik osaleda teeliikluses. Täiendavalt arvestati laiuse määramisel ka vedava sõiduki gabariitidega, et haagise vedamisel transpordiasendis oleks hõlbus peeglite abil manööverdada ja ei vajataks

lisapeegleid. Selleks arvestati teeliikuses lubatvast maksimaalsest laiuselt maha veel 225 mm mõlemalt haagise küljelt, seega ei saa haagise läbipaistmatu ülaosa transpordi asendis olla laiem kui 2100 mm. Pesuruumi soovitud pikkusmõõtmele määrusest tulenevaid kitsendusi ei leitud.

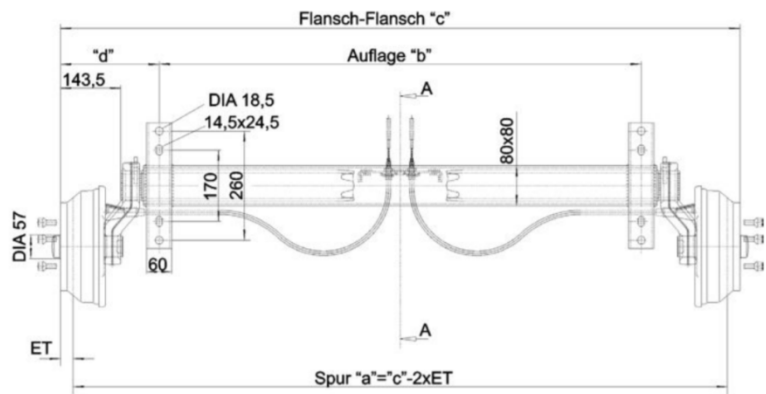
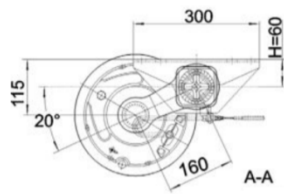
2.1.6. Sildade ja rataste valik

Enne töötasapinna kavandamist vajas alusraam sildasid ja rattaid, et oleks võimalik hinnata ja vajadusel muuta haagise kõrgust. Selleks otsiti erinevate haagise osade tootjate kodulehtedelt vajalikku infot erinevate silla tüüpide ja nende andmete kohta. Enamuse edasimüüjate kodulehtedel olev info piirdus silla kandevõime ja laiusel, millest ei selgunud ratta liikumise ulatust ja tihti isegi mitte kaugust raamist. Siiski leidis otsingus tuntud Saksa valmistaja Knott toodangu detailne kataloog [3], kus lisaks üldisele infole leidis sobiliku torsioon silla kantavale koormusele vastava deformatsiooni väärtus Sele 2.2. Torsioon silda otsustati kasutada, kuna see on oma konstruktsioonilt kõige lihtsam ja ei vaja täiendavaid vedrusid ega amorti. Kuna teiste tootjate tooteinfo oli puudulik, siis valiti kasutamiseks Knott VGB18-MV kummileevendusega torsioonsild.



Sele 2.2 Kummileevendusega torsioonsilla Knott VGB18-MV koormusgraafik [3]

Lähtudes Sele 2.2 arvestati, et haagise ratta maksimaalne liikumise amplituud koormamisel on haagise suhtes 85 mm. Arvestades ka Sele 2.3 olevaid mõõtmeid asub ratta keskpunkt normaalkoormuse piirides raami alumisest tasapinnast kaugusel 115 mm kuni täiskoormusel 115-55=60 mm.



Sele 2.3 Silla mõõtmed ja asend[3]

Type	Axle load kg	"b"	"c"	"d"	Part no.	Wheel connection	Weight kg
VGB18-MV	1800	1000	1470	235	25 to 35	112x5	77,00
VGB18-MV	1800	1100	1570	235	25 to 35	112x5	78,00
VGB18-MV	1800	1200	1670	235	25 to 35	112x5	79,00
VGB18-MV	1800	1300	1770	235	25 to 35	112x5	80,00
VGB18-MV	1800	1400	1870	235	25 to 35	112x5	81,00
VGB18-MV	1800	1500	1970	235	25 to 35	112x5	82,00
VGB18-MV	1800	1600	2070	235	25 to 35	112x5	83,00
VGB18-MV	1800	1700	2170	235	25 to 35	112x5	84,00
VGB18-MV	1800	1800	2270	235	25 to 35	112x5	85,00
VGB18-MV	1800	1900	2370	235	25 to 35	112x5	86,00

Sele 2.4 Haagise silla VGB18-MV võimalikud mõõdud [3]

Lähtudes eesmärgist hoida haagise tasapind võimalikult madalal ja valitud silla rummude poldivalemist 5x112 mm valiti haagise rataste mõõduks 10 tolli. Valitud mõõdu juures pakutavate rehvide madalaim mudel, diameetriga 455 mm Sele 2.5, on saadaval vaid ilma m+s märgistusega, kuna otstarbekam on haagist kasutada aastaringset ühtede rehvidega, siis valiti m+s märgistusega rehvid diameetriga 469 mm, tellimisnumbriga 401457.001. Valitud rehvi laius on 192 mm.

Tyre size, 10"	Load Index	Outer diameter mm	Tyre width mm	Load capacity at 120 km/h kg	Wheel dimension	Connection	Centre hole in mm	Part no.	Weight kg
4,50-10	76m	513	117	400/100 km/h	3,50x10	100x4	60	0	9,9
5,00-10 6PR	78N	510	138	437	3,50x10	100x4	60	0	8,1
5,00-10 4PR	79m8	510	138	425	3,50x10	100x4	60	0	8,1
145R10 *	74N	501	148	375	3,50x10	100x4	60	0	8,0
145/80B10	74N	501	148	375	3,50x10	100x4	60	0	8,0
195/50-10	98N	455	190	500	6,00x10	100x4	60	-4	12,1
195/50-10	98N	455	190	750	6,00x10	112x5	67	-4	12,6
195/50-10	98N	455	190	750	6,00x10	140x5	94	-4	12,1
195/55R10 *	98P	469	192	500	6,00x10	100x4	60	-4	14,5
195/55R10 *	98P	469	192	750	6,00x10	112x5	67	-4	13,6
195/55R10 *	98P	469	192	750	6,00x10	140x5	94	-4	13,3
20.5x8.00-10	98P	500	203	750	6,00x10	112x5	67	-4	13,7
20.5x10.00-10	98m	500	255	750	8,50x10	112x5	67	-4	13,0

* = with M+S symbol

Sele 2.5 10" rataste andmed [3]

Edasiste arvutuste tarbeks leiti rehvi raadius $469 \text{ mm} / 2 = 235 \text{ mm}$ ja positsioneeriti erinevate komponentide vahekaugused. Sillast ja rehvidest lähtuvalt on haagise alusraami alumise pinna kõrgus maapinnast vähemalt $235 \text{ mm} + 60 \text{ mm} = 295 \text{ mm}$ ja maksimaalselt $235 \text{ mm} + 115 \text{ mm} = 350 \text{ mm}$. Raami ülemise pinna maksimaalne kõrgus vastavalt 180 mm suurem ehk 530 mm.

Arvestati ka ratta liikumise võimalust raami pinnast kõrgemale koormusolukorras. Selleks lähtuti Sele 2.3 maksimaalsest amplituudist 85 mm ülekoormuse korral. Rummu keskpunkti kaugusest raami alumisest pinnast 115 mm lahutati $85 \text{ mm} - 115 \text{ mm} = -30 \text{ mm}$ ja liideti raami tala kõrgus $180 \text{ mm} + 30 = 210 \text{ mm}$. Kuna rehvi raadius on 235 mm, siis võib silla kahekordse ülekoormuse korral ratta pind tõusta alusraami pinnast 25 mm kõrgemale. Arvestades aga silla kandevõimet 1800 kg ja asjaolu, et haagisele on planeeritud vähemalt 2 silda, siis esialgu välistati sellise olukorra tekkimine transpordiasendis.

Sobiliku silla laiuse määras Sele 2.3 mõõde „b“ tabelis Sele 2.4 (1700 mm), millega oli arvestatud ka haagise alusraami laiuse määramisel. Raam muudeti 60 mm võrra laiemaks, et oleks tagatud piisav toetuspind ja tagatud kinnitamise võimalikkus.

Vastavalt valitud 1700 mm kinnituste vahega sillale, tellimiskoodiga B308289997, leiti maksimaalne laius koos ratastega. Selleks liideti (Sele 2.3) mõõtmele „c“ = 2170 mm ratta laiuse 192 mm, eeldusel, et ratta kinnitus baaspind paikneb ratta keskel. Silla laius koos ratastega oli seega $2170 \text{ mm} + 192 \text{ mm} = 2362 \text{ mm}$. Samadel alustel leiti ka rehvide vahele jääv minimaalne kaugus, $2170 \text{ mm} - 192 \text{ mm} = 1978 \text{ mm}$. Arvestades autori kogemust erinevate velgede mõõtudega, arvestati ka võimalusega, et veljebaaspinna nihe on jäänud tabelisse märkimata ja on sarnaselt enamiku velgedega vahemikus 20 mm kuni 50 mm, seetõttu otsustati jätta projekteerimisel piisav varu rehvi sisekülje ja haagise konstruktsiooni vahele, vältimaks hilisemat ümberehitamise vajadust. Seega arvestati haagise rehvide vaheliseks kauguseks $1978 \text{ mm} - 2 * 50 \text{ mm} = 1878 \text{ mm}$.

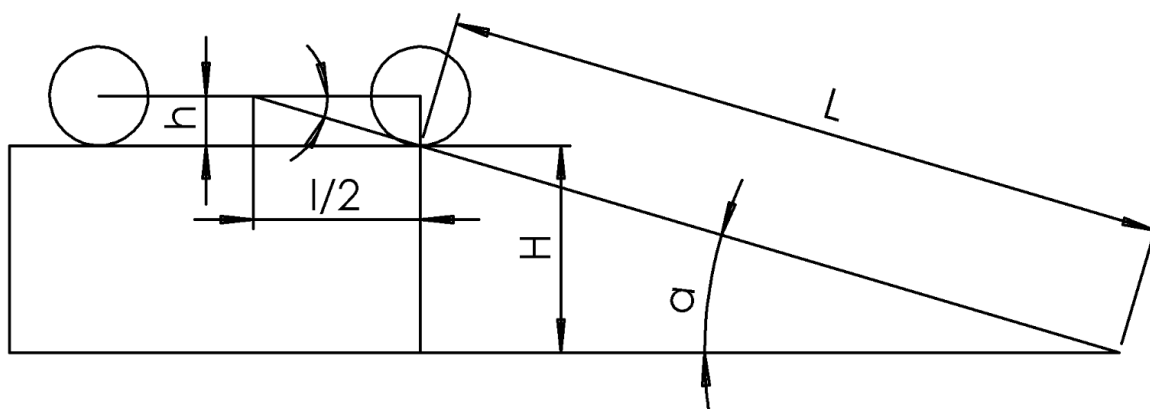
2.1.7. Pesutasapinna kujundamine

Arvestades, et haagisele rajatava pesuruumi kandva osa, ehk ala millel paikneb pestav tõstuk nõutav laius on 2000 mm ja pakitud haagise ülaosa maksimaalne laius 2100 mm, siis peab pesutasapinna laius olema samuti vähemalt 2000 mm. Samas haagise rataste sisemine vahe on 1878 mm ehk vähem, kui minimaalne raami laius, seega peavad rattad jääma vähemalt osliselt kandva vaheraami alla. Täiendavalt arvestades, et rataste välimine laius on 2362 mm ja haagise gabariitide jälgimine manööverdamisel on hõlpsam, kui ei ole raamist väljaulatuvaid osi, valiti vaheraami laiuseks 2400 mm.

Laiusest olulisem oli edasise juures vaheraami kõrgus, sest vaheraami kõrgusest sõltus pealesõidu rampide nurk ja seeläbi ka pikkus. Esmaseks vaheraami kõrguseks võeti hinnanguliselt 5 cm. Seega oli vaheraami pealispinna maksimaalne kõrgus maapinnast $530+50=580 \text{ mm}$ ja projekteerimist oli võimalik jätkata.

2.1.8. Rambi maksimaalse nurga määramine

Vajalike rampide mõõtmete määramist alustati tõstuki kliirensi ja telgede vahe alusel maksimaalse lubatava nurga arvutamisest rambi ja haagise pinna vahel. Rambi nurga ja kliirensi vaheline põhimõtteskeem on toodud Sele 2.6, kus $l/2$ on pool tõstuki telgede vahest ja h on kliirens, H on pesuhaagise kõrgus ja L pealesõidu rambi pikkus, ning α on rambi nurk, mis tuleb määrata tõstuki kliirensi ja telgede vahe abil.



Sele 2.6 Rambi nurga määramise põhimõtteskeem

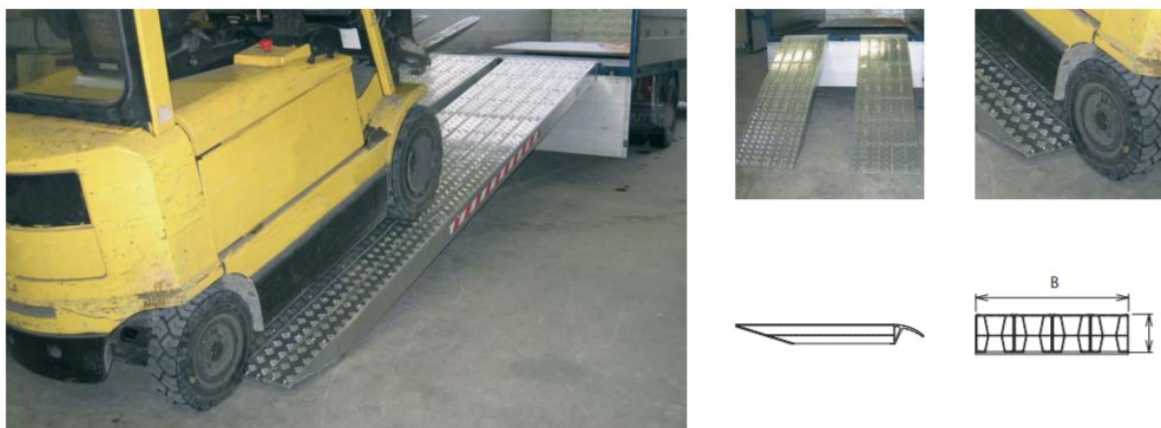
Rambi nurga määramiseks kasutati koosinus funktsiooni täisnurkses kolmnurgas, millest saadi lubatav maksimaalne nurk ja seejärel siinus funktsiooni, millega leiti vajalik rambi minimaalne pikkus. Kuna haagise vaheraami hinnanguline kõrgus oli 580 mm, millele lisandus veel võimalik mõõtmete muutus, siis võeti arvutuste aluseks haagise pealispinna kõrgus 600 mm.

Tabel 2.5 Rambi maksimaalne lubatav nurk

seeria	kliirens m	telgede vahe m	Pool telgede vahet m	maksimaalne nurk kraadides	Sin alfa	haagise kõrgus m	Rambi pikkus m
391	0,12	1,5	0,75	9,09	0,157991	0,6	3,798
392	0,129	1,905	0,9525	7,71	0,134208	0,6	4,471
393	0,173	1,965	0,9825	9,99	0,173414	0,6	3,460
394	0,235	2,078	1,039	12,74	0,220607	0,6	2,720

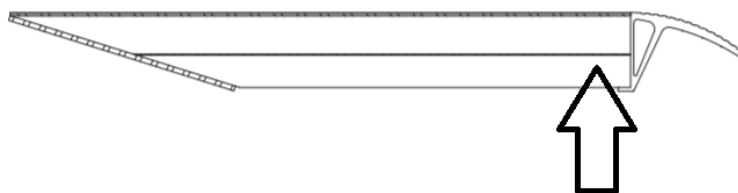
Lähtudes Tabel 2.5 on kõige madalama kliirensi korral vajatav rambi pikkus vähemalt 4,47 m, sellest lähtuvalt otsiti sobivaid valmislahendusi, mis peaksid vastu 7 t massiga tõstuki korral. Interneti otsing andis tulemusks palju rampide edasimüüjaid Eestis, aga vaid ühe edasimüüja, kes pakkus sobiliku kandevõimega rampe. [7] Müüja A24 Grupp OÜ kodulehel olevast Itaalia tootja Metalmecc kataloogist [8] sobisid 4,5 m pikkuse ja 7650 kg kandevõimega M120S/5/45 G AL tüüpi

rambid, mille paari mass on 261 kg, rambi profiili kõrgus 130 mm ja laius 600 mm Sele 2.7. Otsustati, et sobilike rampide projekteerimine ja valmistamine ei ole otstarbekas, kuna pakutav valmistoodete on sobiv ja kõik vajalikud nõuded on täidetud.



Sele 2.7 Sobilikud rambid [8]

Täiendavalt nähti ette, et vajadusel tuleb haagisele lisada rampide jaoks sobilikud kinnitused ja sõltuvalt kinnituste püsivusest rambid töösendis täiendavalt fikseerida rihmade või kettidega, et vältida rampide libisemist haagisest eemale. Kuna rambi mass on rohkem, kui 130 kg, siis paigaldatakse vajadusel rampidele alla rattad, mis lihtsustavad rampide transpordiasendisse liigutamist. Rataste paigaldamise täpsem kontseptsioon luuakse rampide ja haagise ühildamise käigus, siiski on paigaldamise koha põhimõtteline asukoht näidatud Sele 2.8.



Sele 2.8 Rambi liigutamise lihtsustamiseks paigaldatavate rataste tsentri asukoht.

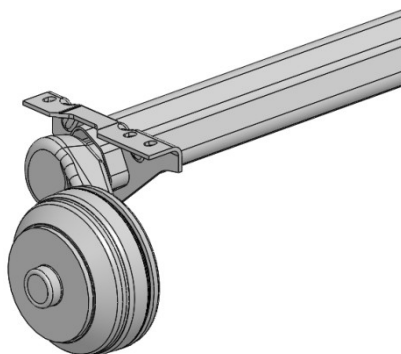
2.2. Mudeli loomine

Sarnaselt eelnevaga järgiti moodulite põhimõtet ka mudeli loomisel. Seetõttu loodi esmalt eraldi alusraami ja pealisraami mudelid ning teised väiksemad koostud, mis hiljem järgemööda üheks mudeliks liideti. Sellise lähenemisega oli hõlpsam erinevaid pisidetaile muuta ja samuti oli ülesande lahendamine arvutile jõukohasem. Cad mudeli loomiseks kasutati programmi SolidWorks 2015

2.2.1. Alusraami modelleerimine

Esmase kontseptsiooni ja mõningate baaskomponentide nagu sillad ning rehvid valimise järel alustati CAD mudeli loomisega. Mudeli esmane eesmärk oli paremini visualiseerida projekteeritavat haagist ja aidata lõpuni analüüsida selle funktsionaalsust. Mudeli loomine võimaldas hinnata erinevate detailide ja kogu haagise massi, sobitada vajalikke standard komponente ning neid ka hõlpsasti asendada.

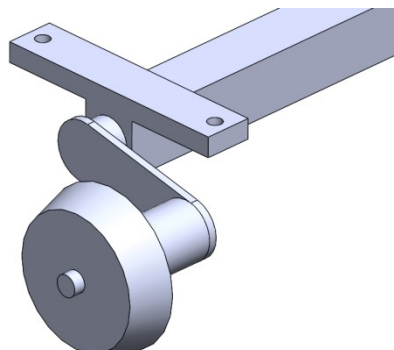
Alusraami mudeli loomist alustati silla paigutamisest. Kuna tegemist oli standard tootega, siis ei olnud põhjust aega kulutada sellest detailse mudeli loomisele ja esmalt kasutati GrabCad keskkonda, kus leidis kasutamiseks esmapilgul sobilik mudel [9], siiski selgus mudeli Sele 2.9 rakendamisel, et leitud mudeli mõõtmeid ja eelkõige haagise rehvi asendi visualiseerimiseks ja haagise kõrguse hindamiseks vajalikku hoova nurka ei ole võimalik valmis mudelil muuta.



Sele 2.9 GrabCad keskkonnast alla laetud sild [9]

Seega otsustati modelleerida uus sild Sele 2.10. Uus lihtsustatud sild võimaldas seada parameetrid täpselt Sele 2.3 kujutatule vastavaks. Samuti modelleeriti uus sobilik ratas, mis vastas valitud

mõõtmetele. Kuna modelleerimise lõpptulemuse alusel sooviti hinnata ka haagise kogumassi, siis defineeriti standard komponentide massid mudeli loomisel, vastavalt tootja andmetele.



Sele 2.10 Lihtsustatud sild, muudetavate mõõtmetega

Kuna haagise maksimaalne tühimag planeeriti optimaalselt kuni 2000 kg ja valitud rehvi kandevõime oli 750 kg, siis oleks piisanud ka kahest sillast, arvestades aga rataste väikest diameetrit ja haagise pikkust, siis otsustati lisada kolmas sild, et muuta haagis löökaukudele vähemtundlikuks. Teise aspektina nähti ette võimalust, et osa pestava tõstuki massist võib mingil põhjusel kanduda haagise ratastele ja sel juhul sildade konstruktsioon ei purune ka pisut suurema koormuse korral.

Sildadele vastava raami loomisel lähtuti eelnevalt leitud vajalikust vastupanumomendist ja esimese lahendusena Tabel 2.4 välja valitud 180 x 180 mm nelikant toru kasutamisest raami elementidena. Raami modelleerimisel ilmnes, et nelikant toru kinnitamine sillale on koostamisel tülikas ülesanne ja võimalusel peaks raami valmistamiseks kasutama avatud profiili. Esmane raami modelleerimine visualiseeris ka võimaluse, et haagise esimesed toed on otstarbekas liigutada 1000 mm tagumistele ligemale ja see omakorda vähendab raamile avaldatavat paindemomenti. Jalgade paigutuse muutmisel arvestati tõstuki raskuskeskme võimalikke asukohti haagisel. Lähtuvalt tõstuki tagumise osa suuremast massist ja haagisele liikumisest üle haagise tagumise osa, ei satu tõstuki raskuse kunagi pesuruumi eesmisele seinale ligemale kui 1 m. Lähtuvalt muutunud tingimustest arvutati uutele koormustele vastavad telgvastupanumomendid ja valiti sobilike mõõtmetega avatud profiil. Arvutustes võeti raami tala pikkuseks nüüd 4 m, maksimaalset tõstuki massi ei muudetud ja eeldati, et ka koormuse tüüp ei muutu. Valemist (2.2) leiti talale mõjuv moment.

$$M_b = \frac{F \cdot l}{4} = \frac{40 \cdot 4}{4} = 40 \text{ kNm} = 40000 \text{ Nm} = 40000000 \text{ Nmm} = 4 * 10^7 \text{ Nmm}$$

Valemist (2.1) $\sigma_{b,lubata\text{v}} = \frac{M_b}{W}$ avaldati W ja asendati saadud moment ja lubatav pinge.

$$W = \frac{M_b}{\sigma_b} = \frac{4 \cdot 10^7 \text{ Nmm}}{295 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 135592,2 \text{ mm}^3 = 135,6 \text{ cm}^3$$

Seega uute tingimuste alusel on sobiva tala telgvastupanumoment vähemalt $135,6 \text{ cm}^3$

Lähtuvalt AS Frelok tootekataloogist [10] on sobiv UPE-180 karpraud, mille telgvastupanumoment on $150,4 \text{ cm}^3$ ja meetri mass $19,7 \text{ kg}$. Sama kataloogi alusel on sobilikud ka I-talad HEB-120 ja HEA-140, mille kõrgus oleks väiksem, kuid mass suurem, seetõttu valiti UPE-180. Ühtlasi jäi tala üldkõrgus samaks ja ei olnud vaja raami kõrguse paigutuse kontseptsioonis muudatusi teha. Samast profiilist valmistatakse ka raami ristitalad.

2.2.2. Tugijalad

Alusraami tugijalgade nõue tulenes tõstuki suurest massist ja oli vajalik, et haagise sillad koormuse all ei puruneks. Jalgade paigutamisel ja vajaliku tugevuse arvutamisel lähtuti tõstuki massi liikumisest haagisele ja sealt maha. Suurem koormus langes haagise tagumistele jalgadele tõstukiga rambilt haagisele sõitmise punktis. Tagumistel tugeudel lasus kogu tõstuki mass, samas lisandus pool rampide massist ja pool haagise massi. Seega saadi ligikaudne haagise ühele tagumisele jalale langev mass jörgnevalt. $8000 \text{ kg} / 2 = 4000 \text{ kg}$, $261 \text{ kg} / 4 = 65 \text{ kg}$, $2000 \text{ kg} / 4 = 500 \text{ kg}$.

$$m = 4000 \text{ kg} + 65 \text{ kg} + 500 \text{ kg} = 4565 \text{ kg}, F = m \cdot g = 4565 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = \sim 45650 \text{ N}.$$

Järgnevalt viidi läbi otsing, leidmaks piisava kandevõimega sobivat tugijalga. Otsingu tulemusena leiti vaid haagise raamist kõrgemaid, veoauto haagistele mõeldud, tugijalgasid ja sobiliku pikkusega, kuid mitte piisava kandevõimega tugijalgasid, seetõttu otsustati uue projekteerimise kasuks. Kuna haagis on ette nähtud tõstetehnika pesemiseks, siis otsustati loobuda sujuvreguleeritavate jalgade projekteerimisest, kuna jala pikkuse muutmiseks on võimalik haagist tõstukiga toetada. Tugijala projekteerimisel seati tingimuseks, et see peab olema lihtsasti kasutatav, piisava tugevusega ja lihtsasti valmistatav, kindlasti pidi olema jalg ka muudetava pikkusega. Nendele tingimustele vastas Sele 2.11 kujutatud jalg, mis kinnitub haagise raami küljele. Jalal on kaks sõrmega lukustatavat liigendit, millest esimene võimaldab pöörata jalga raami suunaliseks tagades haagise maksimaalse kliirensi transpordiasendis ja teine võimaldab muuta pikkust tööasendis, vastavalt maapinnale töökohas.



Sele 2.11 haagise tugijala lahendus

Jala kontseptsioon näeb ette kahte erineva mõõduga toru, millest ühe siseläbimõõt on piisav teise välisläbimõõdu mahutamiseks ja seda piisava varuga, et välistada liigendite kinnikiilumine pinnakatte või mustuse tõttu. Jala vajaliku tugevuse arvutamist alustati survepinge leidmise valemist (2.5), millest avaldati otsitav ristlõike pindala S ja asendades, tekkiva pinge lubatavaga, saadi valem (2.7)

$$\sigma_c = \frac{F}{S} \quad [4] \quad (2.5)$$

$$S = \frac{F}{\sigma_{c, lubatav}} \quad (2.6)$$

Kuna jala valmistamiseks sobilike mõõtudega torude terase mark vastavalt AS Frellok kataloogile on S235JR. Leiti esmalt materjalile lubatav survepinge $\sigma_{cF} = 235 \frac{N}{mm^2}$ [4], arvestades varutegurit $v = 1,2$ valemiga (2.7) ja seejärel valemi (2.6) alusel minimaalne lubatav ristlõike pindala.

$$\sigma_{c, lubatav} = \frac{\sigma_{cF}}{v} = \frac{235 \frac{N}{mm^2}}{1,2} = 195,8 \frac{N}{mm^2} \quad [4] \quad (2.7)$$

$$S = \frac{F}{\sigma_{c, lubatav}} = \frac{45650 N}{195,8 \frac{N}{mm^2}} = 233,1 mm^2 = 2,33 cm^2$$

Lähtuvalt jala konstruktsioonist Sele 2.11 tekib jala kinnituse ja raami liitumispunktis nihkepinge, mis lähtuvalt nihkepinge valemist , seab pinge piirtingimuseks jõu ja ristlõike jagatise, millest pindala avaldamise ja tekkiva pinge asendamisel lubatavaga saadakse vajalik minimaalne ristlõike pindala, valem (2.10). Lubatav pinge leiti S235 terasele lubatava tangentsiaalpinge $\tau_{SB} = 290 \frac{N}{mm^2}$ [4] ja varuteguri $v = 1,2$ alusel valemiga (2.8)

$$\tau_{S,lubata\text{v}} = \frac{\tau_{sB}}{v} [4] \quad (2.8)$$

$$\tau_{S,lubata\text{v}} = \frac{290 \frac{N}{mm^2}}{1,2} = 241,7 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_S = \frac{F}{S} [4] \quad (2.9)$$

$$S = \frac{F}{\tau_{S,lubata\text{v}}} \quad (2.10)$$

$$S = \frac{45650 \text{ N}}{241,7 \frac{N}{mm^2}} = 188,8 \text{ mm}^2 = 1,89 \text{ cm}^2$$

Kuna jala tšenter asub raamist 100 mm eemal, siis kontrolliti valemi (2.11) ja (2.1) alusel ka toe kinnitusõla ristlõike vajalikku telgvastupanumomenti. Kuna $\sigma_{b,F} = 330 \frac{N}{mm^2} [4]$ ja varutegur $v = 1,2$,

siis avaldub lubatav paindepinge, $\sigma_{b,lubata\text{v}} = \frac{\sigma_{b,F}}{v} = \frac{330 \frac{N}{mm^2}}{1,2} = 275 \frac{N}{mm^2}$

$$M_b = F \cdot l [4] \quad (2.11)$$

$$M_b = 45650 \text{ N} \cdot 100 \text{ mm} = 4565000 \text{ Nmm} = 4565 \text{ Nm} = 4,57 \text{ kNm}$$

$$W = \frac{M_b}{\sigma_{b,lubata\text{v}}} = \frac{4565000 \text{ Nmm}}{195 \frac{N}{mm^2}} = 16600 \text{ mm}^3 = 16,6 \text{ cm}^3$$

Leitud telgvastupanumomendi alusel valiti As Frelok kataloogist jala valmistamiseks sobilikud torud välisläbimõõdudega 101,6 mm ja 88,9 mm, seinapaksustega 5 mm.

Jala muudetava pikkuse fikseerimiseks otsustati kasutada sõrme, mille vajaliku ristlõike leidmiseks lähtuti valemist (2.6), kuna sõrm läbib jalga kahes kohas, siis mõjub sõrme ristlõikele pool jalale mõjuvast jõust.

$$S = \frac{\frac{F}{2}}{\sigma_{c, lubata\text{v}}} = \frac{\frac{45650 \text{ N}}{2}}{195,8 \frac{N}{mm^2}} = \frac{22825 \text{ N}}{195,8 \frac{N}{mm^2}} = 116,57 \text{ mm}^2 = 1,17 \text{ cm}^2$$

Sõrme minimaalse läbimõõd saadi ringi pindala valemist (2.12) ringi diameetri d avaldamisel ja saadud valemisse leitud ristlõike pindala asendamisel.

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2.12)$$

$$d = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{1,17 \cdot 4}{\pi}} = 1,22 \text{ cm}$$

Seega on sõrme vähim läbimõõt terase S235 lubatud pinge $195,8 \frac{N}{mm^2}$ korral 1,22 cm.

Kuna sõrme kasutamisel tuleb kontrollida ka jala materjalis tekkivat pindsurvet, siis otsustati kontrollida jala materjalis tekkivast lubatavast muljumispingest lähtuvalt vajaliku sõrme läbimõõtu. Selleks leiti 5 mm seinapaksusega toru korral minimaalne kontaktala pindala ja sellest lähtuv minimaalne sõrme läbimõõt. Valemist (2.13) avaldati pindala ja saadud valemis asendati pindsurve, leitud maksimaalse lubatud pindsurvega. Kuna koormus jaguneb kahe pinna vahel, siis mõjub pinnale pool jalale mõjuvast jõust. Valemist (2.14) avaldati sõrme läbimõõt ja asendati pindala ning toru seina paksus. Lähtutud on lihtsustusest, et toru raadius ei ole ristlõike pindsurve määramisel oluline.

$$p = \frac{F}{A} \quad [4] \quad (2.13)$$

Kus p - pindsurve, $\frac{N}{mm^2}$

A - kontaktala pindala, mm^2

$$A = \frac{F}{\sigma_{c, \text{ lubatav}}} = \frac{\frac{45650}{2} N}{195,8 \frac{N}{mm^2}} = \frac{22825 N}{195,8 \frac{N}{mm^2}} = 116,57 \text{ mm}^2$$

$$A = l \cdot c \quad [4] \quad (2.14)$$

Kus, l - toru seina paksus, mm

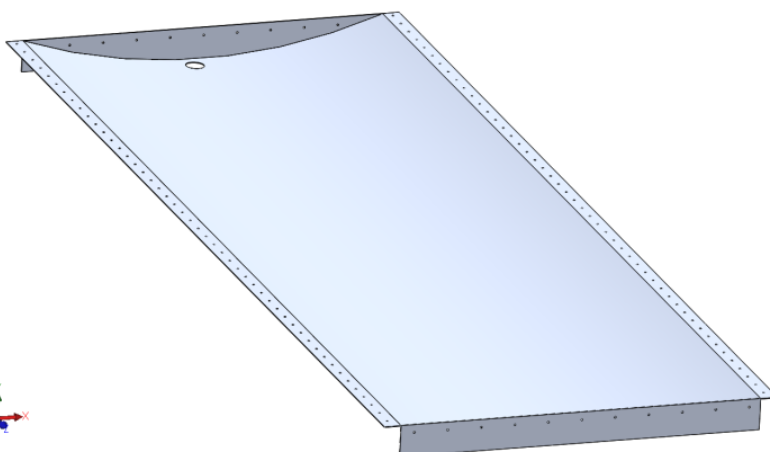
c - sõrme läbimõõt, mm

$$c = \frac{A}{l} = \frac{116,57 \text{ mm}^2}{5 \text{ mm}} = 23,3 \text{ mm}$$

Kuna sõrme lähim järgmine standardne mõõt on 24 mm, siis valiti kasutamiseks 24 mm läbimõõduga sõrmed. Pikkuseks valiti toru läbimõõdust ja sõrme fikseerimiseks vajaliku tihvti ava mõõdust ja kaugusest otspinnast [4] lähtuvalt 120 mm. Sõrme avade põhjustatud toru ristlõike pindala vähenemise kompenseerimiseks lisati raami külge keevitatava detaili sõrmeavade vahele jäikusribid, mis samas jaotavad jala poolt raamile mõjuvat jõudu suuremale pinnale.

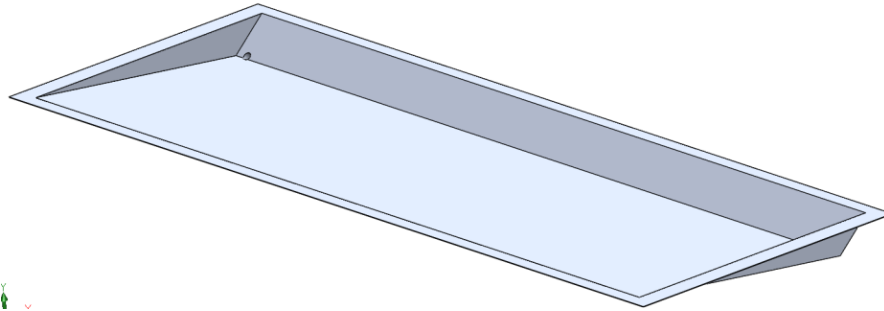
2.2.3. Pesuvee kogumise lahendamine

Haagise peamise vajaduse, pesuvee ja -jäädide kokku kogumine, täitmiseks oli vajalik projekteerida haagise raami alla vett koondav ja äravoolu juhtiv pind. Kuna sellele peavad koonduma nii lahti pakitavatelt külgedelt, kui ka haagise keskrestilt langev vesi, siis on otstarbekas paigutada vee koguja võimalikult madalale. Samas kinnituvad haagise raami alla juba sillad ja sinna on vaja kinnitada ka veotiisel. Seetõttu otsustati veekoguja paigutada alusraami pikkitalade vahele. Veekoguja peab koondama vee äravoolu juurde, kust see vastavate pumpade abil edasi puhastamisele juhitakse. Esimese koguja lahendusena kaaluti kaarjat alumiiniumist vanni (Sele 2.12), mis kinnitatakse painutatud servadest haagise raami pikkitalade külge ja keevitatud otstest alusraami risttalade külge. Lahenduse äravool asuks haagise ees osas keskel. Arvestades haagise raami pikkust ja sellest tulenevaid võimalikke ebatäpsusi ning paindeid koostamisel, transportimisel ja kasutamisel, leiti, et suure pindalaga kaarja keevitatud otstega vanni lahendus ei ole hea. Hilisemal haagise pidurite projekteerimisel jäänuks äravool ka pidurite rakendushoova paigutusel ette.



Sele 2.12 Vee koguja esmane lahendus

Seetõttu otsustati äravool nihutada haagise paremasse esimesse nurka ja vanni kaarja sümmeetrilise kuju asemel kasutada lamedaid pindasid Sele 2.13. Sellise veekoguja valmistamine on hõlpsam kuna pinnalaotust ei ole vaja kumeralt painutada ja laiemad ääred kompenseerivad painutuste ebatäpsused. Suure pindala tõttu tuleb kogujale kindlasti paigaldada täiendavad toed.



Sele 2.13 Muudetud veekoguja

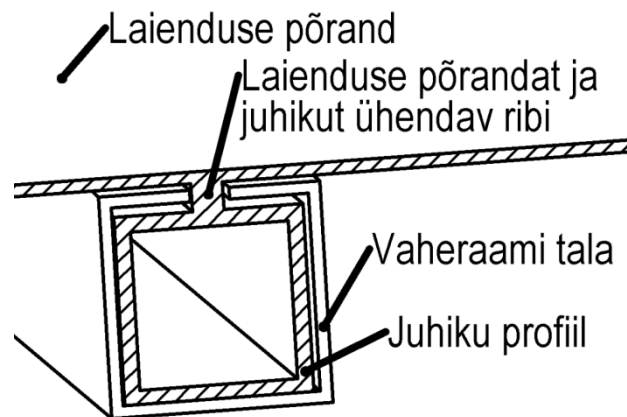
Projekteeritud veekoguja valmistatakse 3 mm paksusega alumiiniumist ja kinnitatakse pealisraami monteerimise käigus pealisraami ja alusraami vahele. Koguja täiendav toestamine viiakse läbi vastavalt vajadusele koostamise käigus. Koguja pinnalaotuse suurus mudelilt hinnatuna on ~10 m².

2.2.4. Pealisehitus

Vaheraami välismõõtmed määrati suurel osal juba eelprojekteerimise faasis. Raami laiuseks 2400 mm ja kõrguseks hinnanguliselt 50 mm, pikkus määrati pesuruumi pikkusega 5000 mm. Samuti käsitleti eelprojekteerimisel haagise pealisehituse laiust transportasendis 2100 mm, mis pidi tagama hea nähtavuse vedava sõiduki peeglitest. Kuna vaheraam koos pealispinnaga ja pesuruumi laiendused pidid moodustama ühtse terviku, siis ei saanud esmalt projekteerida vaheraami vaid tuli alustada laiendus-lahenduse väljatöötamisest.

2.2.5. Pesuruumi laiendused

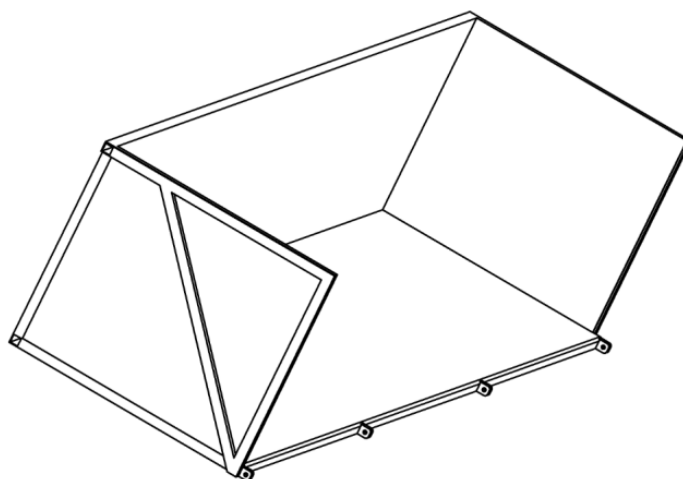
Tagamaks pesuruumi suuruse hõlpsat muudetavust oli valikus mitu erinevat lahendusvarianti. Esimesena kaaluti sahtli laadset ruumi laiendust, kus juhikutel liiguksid pesuruumi külgeinad haagise keskteljest eemale. Lahenduse eelisena ei vaja sahtli liigutamine operaatorilt suurt jõudu, kuid puuduseks oleks laienduse põrandaosa toetamine laienduse alustaladele, kuna pesuruumi keskosa põrand peab olema tugev, ning ühtlasi eraldub tõstukilt pesemisel liiva ja muud juhikuid takistvat materjali, siis sellesse külgpõranda tugede jaoks vahede projekteerimine sarnaselt Sele 2.14 kujutatule ei olnud parim lahendus.



Sele 2.14 Sahtlina laiendatava külje põhimõtte selgitus

Alternatiivne valik oli säilitada juhikud ja raam, kuid kaotada ühendused laienduse pörand ja juhikute vahel. Sel juhul oleks jäänud pörand juhikutele, kas lahtiselt või hingedega välimises servas kuid pörand tulnuks kasutamiseks alati eraldi paigaldada. Samuti ei oleks sel juhul olnud tagatud pesuvee juhtimine haagise keskosasse, kuhu oli planeeritud pesuvee tagastus ja ei oleks olnud piisavat toetust pörandale.

Kolmanda lahendusena valiti välja hingedega keskpöranda kohale pööratav külgraami lahendus Sele 2.15, mis tagas kasutuslihtsuse ja võimaldas luua sisselõigeteta keskpöranda. Kuna küljeraamile oli võimalik pörand püsivalt kinnitada, kindlustas see vee juhtimise haagise keskosasse. Raami laiuse määras soovitava laienduse mõõt 1000 mm, raami pikkus tulenes pesuruumi pikkusest 5000 mm ja raami kõrguseks valiti 1000 mm, mis võimaldas mõlemad küljeraamid keskpöranda kohale kõrvuti pöörata.



Sele 2.15 hingedel külg

Lähtuvalt eesmärgist, kanda vaid operaatorit ja olla hõlpsasti manipuleeritav, otsustati küljeraam, massi vähendamise eesmärgil, valmistada alumiiniumist. Külje modelleerimist alustati saadaval olevate standard profiilide ja lehtede mõõtmetega tutvumisest ettevõtte Proplastik kodulehel [11]. Raam otsustati valmistada standardsetest nelikant torudest ja vett suunava külje kattena kasutada merevee kindlat plekki 2 mm paksusega ning operaatori töö ala katta rihveldatud plekiga paksusega 3 mm, vähendamaks libisemise ohtu. Raami torude ristlõike määramisel lähtuti Proplastiku tootesortimendist ja valiti riskiliku toru mõõduga 30 x 50 x 2,5 mm, mis tagas konstruktsioonile hea koostatavuse, vaid väliskülje pikkade taladena kasutati 50 x 50 x 4 mm materjali. Konstruktsioonile jäikuse lisamiseks paigutati raami otstesse diagonaalid ja põrandale täiendavad vahetalad, et põrand operaatori jalge all läbi ei vajuks.

2.2.6. Lisatoed laiendustele

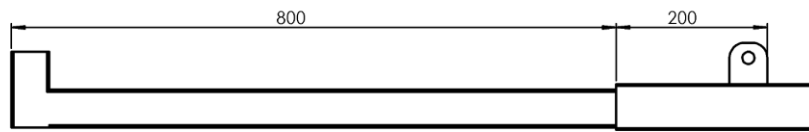
Et kindlustada vee voolamiseks vajalik kalle otsustati lisada küljeraamile täiendavad toed, mis ühtlasi vähendasid koormust küljeraami hingedele. Toe dimensioneerimisel lähtuti küljemudeli massist, mis leiti materjali koguse alusel vastavalt tarnija poolsetele massi andmetele (Tabel 2.6). Massi oleks olnud põhimõtteliselt olnud võimalik hinnata ka SolidWorks abil, kuid lihtsam oli seda antud juhul teha tootja poolset kaalutabelit kasutades.

Tabel 2.6 Külje valmistamise ligikaudne materjali kogus ja mass [11].

materjal	Ligikaudne kogus mudeli aliusel	ühiku mass (kg)	mass (kg)
30x50x2,5	31 m	1,01	31,31
50x50x4	10 m	1,99	19,9
rihvel 3 mm	5 m ²	9	45
mereveekindel	7 m ²	5,4	37,8
		kokku	134,01

Toe kontseptsiooni loomisel seati nõuded, et tugi peab olema hõlpsasti kasutatav ja tema kandejõud peab olema piisav küljeraami toetamiseks. Hõlpsa kasutamise tingimusest lähtuvalt otsustati, et toed peavad transpordi asendis asuma vaheraami sees. Sellest lähtuvalt valiti toe ristlõikeks nelikant toru, mis paigutus vaheraami sisse. Kuna planeeritavaid tugesid oli neli, aga samas ei olnud teada, kuidas jaguneb küljeraami ja operaatori mass tugede vahel kasutuse vältel täpselt, siis otsustati tugevusvaru garanteerimise eesmärgil lihtsustatult võtta jala koormuseks ¼ kogu külje massist, millele arvestati juurde operaatori oletuslik mass 100 kg. $134 \text{ kg} / 4 + 100 \text{ kg} = 133,5 \text{ kg}$, $133,5 \text{ kg} * 9,8 \text{ m/s}^2 \sim 1355 \text{ N}$. Õla pikkuse moodustab vaheraamist välja ulatuv osa Sele

2.16, mille pikkus on lähtuvalt pesuruumi laiuusest ja alusraami laiuusest, $(4000 \text{ mm} - 2400 \text{ mm})/2 = 800 \text{ mm}$. Järgnevalt leiti valemi (2.11)alusel tekkiv moment.



Sele 2.16 Küljeraami toe kontseptsioon

$$M_b = F \cdot l = 1355 \text{ N} \cdot 800 \text{ mm} = 1084000 \text{ Nmm} = 1084 \text{ Nm}$$

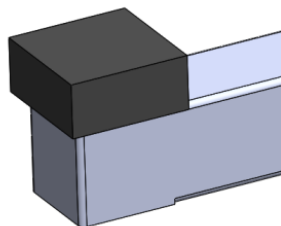
Momendist lähtuvalt avaldati valemi (2.1) alusel toe vajalik telgvastupanumoment terase S355 korral.

$$W = \frac{M_b}{\sigma_b} = \frac{1084000 \text{ Nmm}}{295 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 3674,6 \text{ mm}^3 = 3,67 \text{ cm}^3$$

Järelikult on küljetoeks sobiliku nelikant toru vajalik telgvastupanumoment vähemalt $3,67 \text{ cm}^3$

Leitud suuruse tugevusvaru aitab kompenseerida haagise külje tööasendisse seadmisel tekkida võivat ülekoormust ja on seega õigustatud. Täpsem materjali valik toimub koos vaheraami projekteerimisega.

Küljeraami tugelele asetamise ühtlustamiseks paigaldatakse tugele otsa täiendavad kummist leevendid. Esimese leevenduslahendusena nähti eritellimusel valmistatavat kummidetalli, mis kinnitatakse toe vertikaalse osa ülemise otsa külge Sele 2.17.



Sele 2.17 Küljeraami toe kate

Hilisema detailide otsingu käigus leiti parem lahendus ostutootena ja erilahendus asendati auto vedrustuse läbilöögiüksiga Sele 2.18. Valiku põhjustas suur hinna erinevus ja paigalduslihtsus. Samuti on detaili kadumisel või purunemisel oluliselt lihtsam leida asendus. Puksi paigaldamiseks

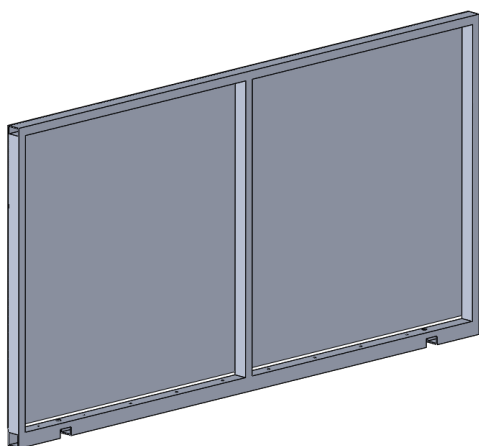
puuritakse sobiva mõõduga ava toe vertikaalтору ülemisse kattesse millest pressitakse läbi puksi vastav kinnitusosa.



Sele 2.18 sõiduauto vedrustuse läbilöögipuks [12]

2.2.7. Esipaneel

Külje laienduste projekteerimise ja toestamise järel vajas pesuruum veel ühte seina, mis paikneb haagise esimeses servas ja suunab veekogujasse tagasi selleni jõudvad pritsmed. Sarnaselt küljeraamidele otsustati esipaneel valmistada alumiiniumist. Kuna esipaneelile väliseid koormuseid ei lange, siis valiti raami valmistamiseks Proplastiku kataloogist 30x50x2,5 mm ristlõikega nelikant toru ja katteks kasutati sarnaselt külje paneelisele 2 mm paksust mereveekindlat alumiinium plekki. Paneeli alumise, raamile kinnituva, talana kasutati 50x50x4 mm ristlõikega profiili. Projekteeritud sipaneel on kujutatud Sele 2.19.

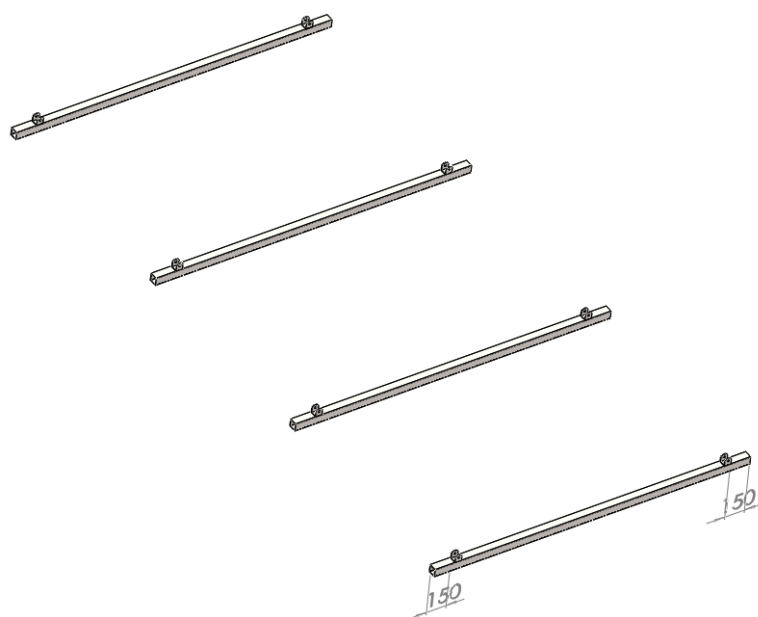


Sele 2.19 Pesuruumi esipaneel

Mudelilt hinnatud materjali ligikaudne kulu: 2 m² plekki ja 3 jm 30x50x2,5 mm ristlõikega profiili ja 2,2 jm 50x50x4 mm ristlõikega profiili.

2.2.8. Vaheraam

Seoses küljeraamide ja haagise keskosasse projekteeritava vett läbi laskva pinna täiendava toestamise vajadusega projekteeriti alusraami peale vaheraam, mille külge kinnituvad, küljeraamid, esipaneel ja samuti keskosa kattev rest. Vaheraami projekteerimisel arvestati, et haagisega risti olevad talad oleksid kasutatavad küljeraami tugevdamiseks majutamiseks transpordi asendis, seetõttu projekteeriti raam nii, et risttalad on täies pikkuses läbitavad ja pikki talad keeviatakse risttalade vahele osadest Sele 2.20.



Sele 2.20 Vaheraami talad

Vaheraami dimensioneerimisel arvestati, et risttalade sisemine mõõt võimaldaks küljetugede paigaldamist, selleks valiti küljeraami toed ja risttalad standard profiilide hulgast paarina. Vastavalt eelnevalt leitud tugevustingimusele peab küljetoe telgvastupanumoment olema vähemalt $3,67 \text{ cm}^3$, selle alusel valiti AS Frelok tootekataloogist sobiv nelikant torude paar. 50x50x2 mm ja 60x60x4 mm profiilide kasutamine tagas, et küljetugi mahub piisava varuga risttala sisse.

Lisaks küljetugede majutamisele peab raami keskosa ehk ala millel pargib tõstuk pesemise ajal tagama piisava vastupidavuse kandmaks tõstuki massi, samas peab see võimaldama pesuveel jõuda kogujasse, mis asub vaheraami all. Lahenduse leidmiseks tutvuti erinevate metallreste valmistavate firmade tootekataloogidega, kus vastavalt profiili omadustele olid toodud profiilide kandevõimed. Ettevõtte Metal disain OÜ kodulehelt leitud tootekataloogi [13] alusel oli võimalik leida sobiv rest, kui teada 400 cm² alale langevat raskusjõudu ja resti alustugede vahet ehk sillet.

Kuna eelnevalt Tabel 2.3 on toodud tõstuki tagumise silla maksimaalne mass, mis jaguneb kahele rattale, mis kumbki ongi ligikaudu 400 cm² kandepinnaga, siis massi alusel arvutati maksimaalseks ratta poolt avaldatavaks koormuseks.

$$F = \frac{m}{2} \cdot g = \frac{3700 \text{ kg}}{2} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 18130 \text{ N} = 18 \text{ kN}$$

Enne restide valimist veenduti, et reste kandev vaheraam on piisavalt vastupidav. Vaheraami tugevuse määramisel lähtuti, et ta peab igas võimalikus ratta toetuspunktis olema piisavalt tugev 18 kN koormuse vastu võtmiseks ja ülekandmiseks alusraamile. Lisaks arvutatud koormusele oli teada, et vaheraamil küljetugedest tulenevate risttalade vahe Sele 2.20 on 1560 mm. Mõõt saadi vaheraami kogupikkuse jaotamisel nelja 60 mm välismõõduga ristitalaga kolmeks võrdseks osaks. Seega kontrolliti esmalt kahte risttala ühendavat pikkitala. Ohutusteguri $\nu = 1,2$ ja konstruktsiooniterase S355J2H korral on suurim lubatud pinge $295 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Asendades valemisse (2.2) valemis leitud jõu 18 kN, saame pikkitalale mõjuva paindemomendi.

$$M_b = \frac{F \cdot l}{4} = \frac{18 \text{ kN} \cdot 1,56 \text{ m}}{4} = 7,02 \text{ kNm} = 7,02 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Asendades paindemomendi valemist (2.1) $\sigma_{lubatud} = \frac{M_b}{W}$ avaldatud telgvastupanumomendi, valemisse,

$$W = \frac{M_b}{\sigma_{lubatud}} = \frac{7,02 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{295 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 23796,6 \text{ mm}^3 = 23,8 \text{ cm}^3,$$

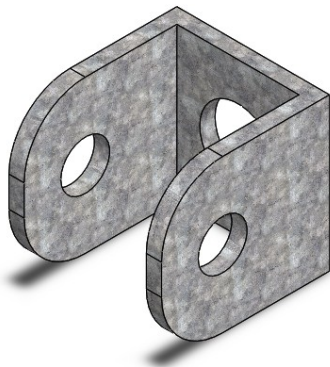
saadi vajalik telgvastupanumoment 1,56 m pikkusele pikkitalale. Lähtudes AS Frelok tootekataloogist peab sellist vastupanumomenti omava toru ristlõike kõrgus olema vähemalt 80 mm. Lähtudes asjaolust, et valitud rampide korral lubatav haagise maksimaalne kõrgus on 0,6 m, siis tuli hoida vaheraami kõrgus minimaalne, seega otsustati lisada olemasoleva 4 pikkitala vahele veel täiendavad 3. Sellega saavutatati risttalade vahe 766 mm. Lühendatud risttalade vahega viidi läbi uus kontroll valemi (2.2) alusel ja seejärel avaldades valemist (2.1) telgvastupanumomendi W .

$$M_b = \frac{18 \text{ kN} \cdot 0,77 \text{ m}}{4} = 3,47 \text{ kNm} = 3,47 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$W = \frac{3,47 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{295 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 11762,7 \text{ mm}^3 = 11,8 \text{ cm}^3$$

Millest järeldati, et sammu vähendamise tulemusena vähenes pikkitalale mõjuv momenti piisavalt, et kasutada kogu vaheraami sõrestiku valmistamisel 60 mm kõrgusega profiili. Lähtuvalt AS Frelok kataloogist on leitud telgvastupanumomendi alusel pikkitaladeks sobiv materjal ristlõikega 60x60x3 mm.

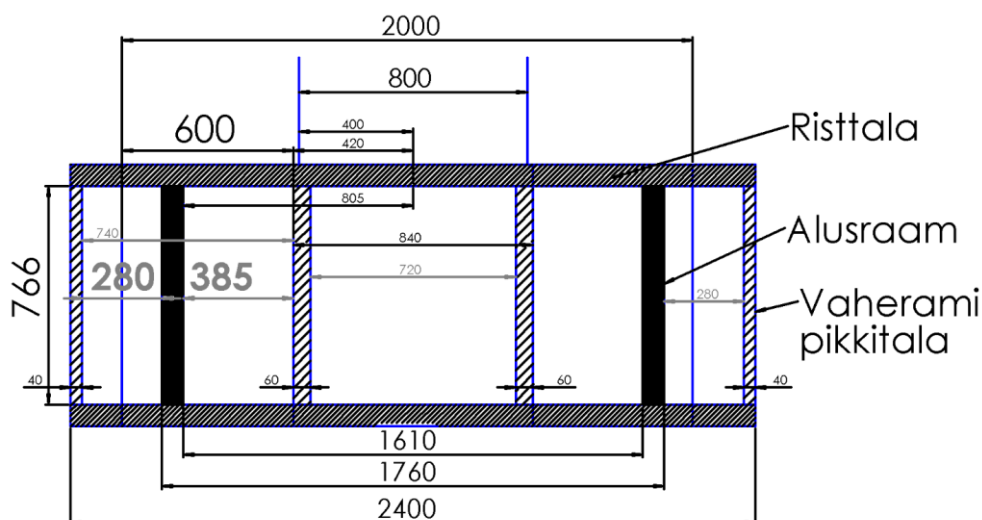
Alusraami risttalade külge projekteeriti ka küljeraami kinnitused Sele 2.21, mis keevitatakse nelja alusraami tala pinnale mõlemasse otsa. Ühe poole kinnitused paiknevad ühel joonel ja neid läbib toru läbimõõduga 21,3 mm seinapaksusega 2 mm, mis moodustab küljeraami transpordi asendisse viimiseks pööratava liigendi. Vajalik toru valiti samuti AS Frellok kataloogist.



Sele 2.21 Küljeraami kinnitus vaheraami pinnale

2.2.9. Restide aluspinna tugevadamine ja restide valik

Vaheraamile resti valimist ja resti jaoks lisatugede paigutamise vajaduse selgitamist alustati olemasolevate mõõtmete alusel skeemi Sele 2.22 tegemisest. Skeemile kanti vaheraami üldlaius 2400 mm, suurimate gabariitidega tõstuki rataste välimine laius 2000 mm, väikseima tõstuki rehvide vaheline mõõt 800 mm ning alusraami talad, koos nende vahelise mõõduga 1610 mm ja raami välimise laiusega 1760 mm koos skeemi koostamiseks vajalike abisuurustega. Lisaks kujutati skeemil ka risttalasid ja nende vahelist kaugust. Skeemist lähtuvalt on otstarbekas toestada 600 mm laiune ala, millele erinevate tõstukite rattad toetuvad. Toestamine on vajalik tagamaks restide koormustabelis antud vajalikku sillet.



Sele 2.22 Vaherami- ja alusraamitalade paiknemise skeem ühe risttalde vahe ulatuses

Restide koormustabelis on lubatavad koormused antud 100 mm sammuga erinevate sillete korral. Minimaalse kõrguse ja massiga resti kasutamiseks tuleb lisada täiendavaid tugeseid. Arvestades leitud koormust on tabelist lähtuvalt kõrgusega 30 mm ja ribilaiusega 5 mm resti kasutamise korral vaja tagada sille 300 mm. Toetades resti otsad risttaladele jääb toestamata ala 766 mm, järelikult tuleb lisada kaks täiendavat tuge. Lähtudes Sele 2.22 skeemist, kui paigutada lisatoed pikkitalade vahele, siis jääb lisatugi kandma ka alusraamile, seega on lisatõe kandepunktide suurim vahe 385 mm. Kuna lisatugedele paigaldatav rest kannab ka risttaladel, siis ei ole jaotuva koormuse tõttu võimalik lisatugedes tekkivat painet leida. Seetõttu kontrolliti valitud lisatõe 30x30x3 mm ristlõike pindalast 3,01 cm² lähtuvalt nihkepinget vastavalt valemile (2.10). Esmalt leiti suurim lubatav nihkepinge terase S355J2H korral arvestades ohutustegurit $\nu = 1,2$ valemiga (2.8). Ja seejärel maksimaalse koormuse korral ristlõikes tekkiv nihkepinge valemiga (2.9).

$$\tau_{lubatud} = \frac{355 \frac{N}{mm^2}}{1,2} = 295 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{18130 N}{301 mm^2} = 60,23 \frac{N}{mm^2}$$

Kuna tekkiv nihkepinge oli oluliselt madalam lubatud pingest, siis loeti lisatalade ristlõige piisavaks.

Arvestades, et tõstuki rataste poolt avaldatav koormus paikneb 600 mm laiusel alal kahel pool haagise pikkitelge Sele 2.22 ja vaherami keskosas, laiusel 720 mm, peab kandma vaid operaatorit, siis paigaldati haagise keskosasse, massi vähendamise eesmärgil, väiksema kandevõimega restid ja risttalade vahele paigutati vaid üks lisatugi.

Restide koormustabeli alusel pidi keevisrest ribidevahe 34,3 mm ja minimaalse antud silde 300 mm korral, olema vähemalt 5 mm ribi paksuse ja 30 mm ribi kõrgusega. Kuigi tabelis ei olnud toodid resti ruutmeetri massi oli seda tarvis hinnata, et oleks hilisemalt võimalik hinnata haagise kogumassi. Massi hindamiseks modelleeriti keevisrest vastvalt tabelis kirjeldatud parameetritele ja resti paigutamise koha mõõtmetele vaheraamis, misjärel hinnati resti massi SolidWorks abil. Hindamise tulemusena leiti, et tõstuki ratta alale paigaldatava resti mass on ~25 kg, mis arvestades, kuut ristitalade vahet ja kahte ratta ala, teeb kogumassiks $25 \text{ kg} \cdot 6 \cdot 2 = 300 \text{ kg}$. Keskosa resti mass, mis leiti samuti mudelilt, mis on ~13 kg ja arvestades, et neid on kokku kuus, siis kogumass $13 \text{ kg} \cdot 6 = 78 \text{ kg}$. Seega on restide kogumass $300 \text{ kg} + 78 \text{ kg} = 378 \text{ kg}$. Kuna, aga primaarne oli hoida tasapinda madalal, siis ei olnud võimalik ratta alal kõrgema ja kitsama ribiga, võrdväärse tugevusega, reste kasutada.

2.2.10. Veetiisli projekteerimine

Veetiisli projekteerimisel lähtuti valemi (2.15) alusel arvatud maksimaalsest teoreetilisest horisontaalsest koormusest haakeseadmele

$$D_c = \frac{g \cdot 32000 \cdot P}{32000 + P} [14] \quad (2.15)$$

Kus, D_c – on maksimaalne teoreetiline horisontaalkoormus haakepeale, N

P – haagise suurim lubatud mass, kg

Arvestades, et haagise mass solidworksi andmetel on ~2100 kg, millele võib täiendavalt lisanduda tööprotsessiks vajaminevaid esemeid, siis lähtuti horisontaalkoormuse leidmisel massist $P=2200$ kg, Valemist (2.15) saadi seega

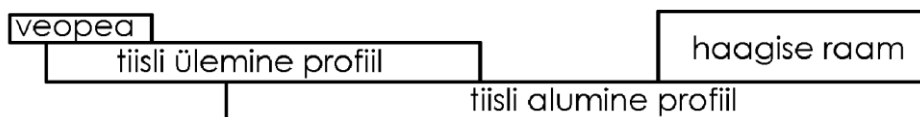
$$D_c = \frac{g \cdot 32000 \cdot P}{32000 + P} = \frac{9,81 \cdot 32000 \cdot 2200}{32000 + 2200} = 20193,7 \text{ N} = 20,2 \text{ kN}$$

Lisaks leitud koormusele oli tiislile mõjuva momendi leidmiseks vaja tiislile eelnevalt valida veopea koos sobiliku inertspiduriga, mis määrab tiislile mõjuva jõu suuna. Veopea valiku kriteeriumiks oli solidworksist saadud haagise ligikaudne mass. Lähtuvalt massist oli sobilik 1400 kg kuni 2700 kg haagisele sobiv veopea KF27B Sele 2.23, mis valiti samuti Knott tootekataloogist tellimisnumbriga 204301.001.



Sele 2.23 Inertspiduriga veopea Knott KF27B [3]

Valitud haakeseadme kesktasapinna kõrgus kinnituse baaspinnast on 22 mm. Lähtuvalt haagisele kehtestatud nõuetest [6], peab koormatud haagise haakeseadme kesktasapinna kõrgus maapinnast olema vähemalt $425 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm}$. Vajaliku kõrguse tagamiseks modelleeriti haagise sillad vastavalt koormusgraafikule ja asetati haagise mudel tasapinnale. Kuna plaanitav tiisel kinnitub haagise raami alla ja valitud veopea tiisli peale, siis mõõdeti mudelilt alusraami kõrgus. Saadud tulemusele 330 mm liideti veopeast tulenev 22 mm järelikut vajas veopea kesktasapind täiendavat tõstmist $425 \text{ mm} - 330 \text{ mm} - 22 \text{ mm} = 73 \text{ mm}$. Veopea tõstmisel kaaluti võimaliku lahendusena tiisli tagumise kinnituse langetamist, mis toonuks aga kaasa veopea inertspidurile ebasobiva nurga. Teise lahendusena projekteeriti veotiisel astmelisena, põhimõtte kujutatud Sele 2.24, kus tiisli alumine profiil kinnitub haagise raami alla, alumise profiili peale kinnitub ülemine profiil, kõrgusega 70 mm, millele omakorda kinnitub veopea.



Sele 2.24 Astmelise tiisli põhimõtte

Tiisli vajaliku ristlõike leidmiseks arvatati tiisliis tekkiv moment lähtuvalt ISO 7641 [14] toodud juhiste. Esmalt leiti sobiva arvutuskäigu rakendamiseks vajalik tiisli pikkuse ja kesktasapinna kõrguse suhe valemiga (2.16).

$$\frac{e_x}{l_x} [14] \tag{2.16}$$

Kus, l_x – kaugus veopeast kuni suurima paindemomendiga kohani, m
 e_x – veopea kõrgus tiisli pingete neutraaljoonest, m

Arvestades, et suurim pinge tekib esimeses haagisega puutumise punktis, siis valiti oletuslikult alumise tala kõrguseks 100 mm, millest lähtuvalt painde neutraal joon on haagise alumisest pinnast kaugusel 50 mm. Kaugus neutraal joonest, kuni haakeseadme kesktasapinnani avaldub seega: $e_x = 22 \text{ mm} + 70 \text{ mm} + 50 \text{ mm} = 142 \text{ mm} \approx 0,15 \text{ m}$, Tagamaks küllaldast ligipääsu haagise ja vedava sõiduki vahele valiti vedava sõiduki haakekuuli ja haagise alusraami vaheliseks kauguseks $l_x = 1400 \text{ mm} = 1,4 \text{ m}$. Järelikult avaldus suhe valemi (2.16) alusel.

$$\frac{e_x}{l_x} = \frac{0,15 \text{ m}}{1,4 \text{ m}} = 0,107$$

Lähtuvalt ISO 7641, suhte $\frac{e_x}{l_x} < 0,15$ ja pikkuse $l_x < 2,5 \text{ m}$ korral, leiti tekkiv moment valemi (2.17), abil.

$$M_t = 0,36 P g l_x \quad [14] \quad (2.17)$$

Kus M_t – moment tiisli ja haagise raami esimeses puutepunktis

$$M_t = 0,36 \cdot 2200 \cdot 9,8 \cdot 1,4 = 10866,2 \text{ Nm}$$

Arvestades, et suurim lubatud pinge keevitatud tiisli korral on $0,45 \sigma_{b,min} > \sigma < 0,65 \sigma_s$ [14], siis leiti esmalt tiisli valmistamiseks kasutatava terase lubatav pinge. Kuna sobiliku materjali S355J2H voolavuspiir $\sigma_s = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$, siis leiti suurim lubatav pinge.

$$\sigma = 0,65 * 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 230,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}.$$

Leitud momendi ja lubatava suurima pinge alusel arvutati tiisli vajalik telgvastupanumoment valemi (2.18) alusel.

$$\sigma = \frac{M_t}{\frac{I}{V}} \quad [14] \quad (2.18)$$

Kus, $\frac{I}{V}$ - lubatud suurimale pingele vastav telgvastupanumoment.

Valemist (2.18) avaldati, otsitav telgvastupanumoment ja asendati leitud suurused.

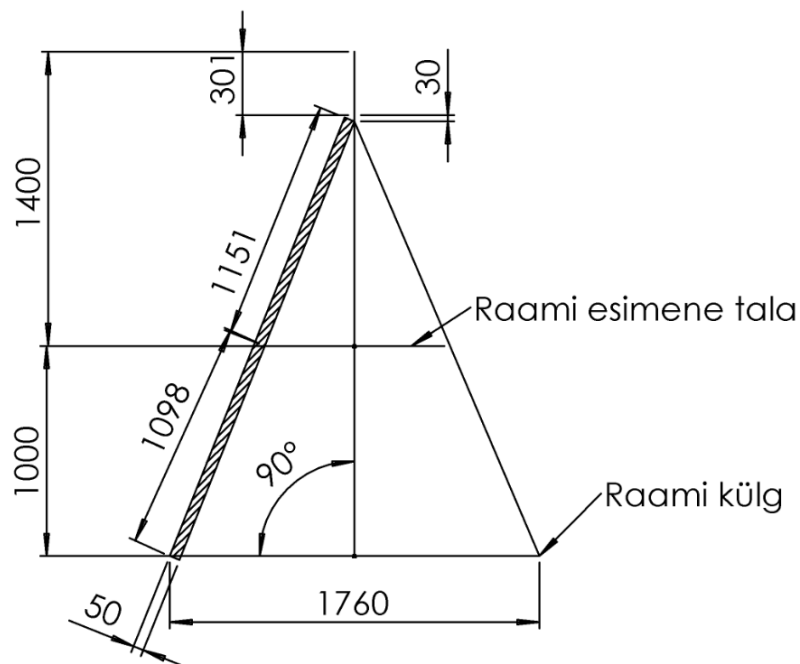
$$\frac{I}{V} = \frac{M_t}{\sigma} = \frac{9967050 \text{ Nmm}}{230,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 43194 \text{ mm}^3 = 43,2 \text{ cm}^3$$

Kuna projekteeritav tiisel koosneb kahest võrdse ristlõikega ühendatud poolest, siis jaguneb tekkiv moment võrdselt kaheks ja vajaliku profiili telgvastupanumoment avaldati

$$W = \frac{I}{2} = \frac{43,2 \text{ cm}^3}{2} = 21,6 \text{ cm}^3$$

Tiisli valmistamiseks valiti AS frelok kataloogist 100x50x4 mm ristlõikega nelikant toru. Kuna tiisli teise astme korral mõjuv moment väheneb oluliselt, sest jõu õlg väheneb, siis valiti teise astme valmistamiseks 70x50x5 mm ristlõikega nelikant toru telgvastupanumomendiga 18,1 cm³.

Tiisli pikkusmõõtmete määramist alustati skeemi Sele 2.25 joonistamisest, kuhu kanti mõõtkavas järgnevad suurused; varasemalt valitud vaheamaa haagise esimese raami punkti ja haakekuuli vahel 1400 mm, raami laius 1760 mm, haakekuuli kaugus veo pea esimesest poldi avast 301 mm [3] ja soovitatav tiisli tagumise kinnituspunkti kaugus raami esimesest äärest 1000 mm. Täiendavalt arvestati veo pea kinnitamisel 30 mm varu poltliite piisava kauguse tagamiseks profiili esimesest otsast.



Sele 2.25 tiisli mõõtude määramine

Skeemilt mõõdeti tiisli alumise osa raamiga kokkupuutes olevate punktide vahe 1098 mm ja arvutati tiisli poole üldpikkus $1098 \text{ mm} + 1151 \text{ mm} + 30 \text{ mm} = 2279 \text{ mm}$. Arvestades saadud mõõtmeid ja profiilide omavaheliseks kinnitamiseks valitud ülekatet 300 mm, valiti alumise profiili pikkuseks 1500 mm. Ülemise profiili pikkuse leidmiseks arvestati tiisli üldpikkusest maha alumise profiili pikkus ja liideti ülekatte $2279 \text{ mm} - 1500 \text{ mm} + 300 \text{ mm} = 1079 \text{ mm}$. Arvestades, et veo pea tagumised poldiavad on freesitud piklikud, tagades poldile liikumise 20 mm laiuses ja esimesed võimaldades liikumise 10 mm laiuses, siis täpsem joondamine toimub koostamisel vastavalt veo peale. Veo pea kinnitamiseks projekteeriti ülemistele profiilide 13 mm läbimõõduga poldiavad vahega 200 mm vastavalt Knott kataloogis toodud andmetele. Veo pea kinnitatakse tiislile nelja 12

mm läbimõõduga poldiga. Täiendavalt listakse tiisli ülemiste profiilide alla, veopea vastas olevale pinnale, plaat, mis muudab tiisli kahe poole ühenduse veopeaga stabiilsemaks. Tiisli ülemine ja alumine osa keevitatakse, samuti keevitatakse tiisel haagise raami külge. Kuna tiislile mõjuv jõud $D_c=20,2$ kN jaguneb kahe tiisli poole vahel, siis mõjub ühele tiisli poolele tõmbe jõud $20,2 \text{ kN} / 2 = 10,1 \text{ kN} = 10100 \text{ N}$. Lähtuvalt sellest kontrolliti veopea kinnitamise poltliidet nihkepinge valemi (2.10) alusel. Kuna veopea kinnitub kokku nelja poldiga, siis leitud jõud jaguneb veel kahe 12 mm läbimõõduga poldi ristlõikele. Esmalt leiti poldi ristlõike pindala valemiga (2.12), eeldusel, et tegemist on osaliselt keermestatud poldiga ja seejärel arvutati tekkiv nihkepinge.

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 12^2}{4} = 113 \text{ mm}^2$$

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{5050 \text{ N}}{113 \text{ mm}^2} = 44,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Arvestades, et M12 poldi voolepiir on $720 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$, siis on poldi tugevus lõikele piisav.

Valemi (2.13) alusel kontrolliti pindsurvet tiisli ülemises profiilis. Profiili seinapaksuse 5 mm ja poldi diameetri 12 mm korral langeb pindsurve pindalale, mille suurus leiti valemi (2.14) abil.

$$A = l \cdot c = 5 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm} = 60 \text{ mm}^2$$

Seejärel leiti valemit (2.13) kasutades tekkiv pindsurve, lähtudes eelnevalt leitud ühele poldile mõjuvast jõust.

$$p = \frac{F}{A} = \frac{5050 \text{ N}}{60 \text{ mm}^2} = 84 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Arvestades materjali S355J2H voolavuspiiri ja täiendavalt poltliite eelpingestamisel tekkivat hõõrdejõudu veopea ja tiisli pinna vahel, siis pindsurve ei ohusta valitud profiili korral poltliidet.

Olles eelnevalt leidnud ühele tiisli poolele mõjuva jõu 10,1 kN, kontrolliti ka tiisli ülemise ja alumise profiili omavahelist keevisliidet. Arvestades, et keevisõmblus tehakse profiilide kätte 300 mm ulatuses mõlemal küljel ja õmbluse paksus on 5 mm, siis mõjub nihkepinge pindalal $S = 300 \text{ mm} \cdot 5 \text{ mm} \cdot 2 = 1200 \text{ mm}^2$. Seega tekkiv nihkepinge leiti valemiga (2.9)

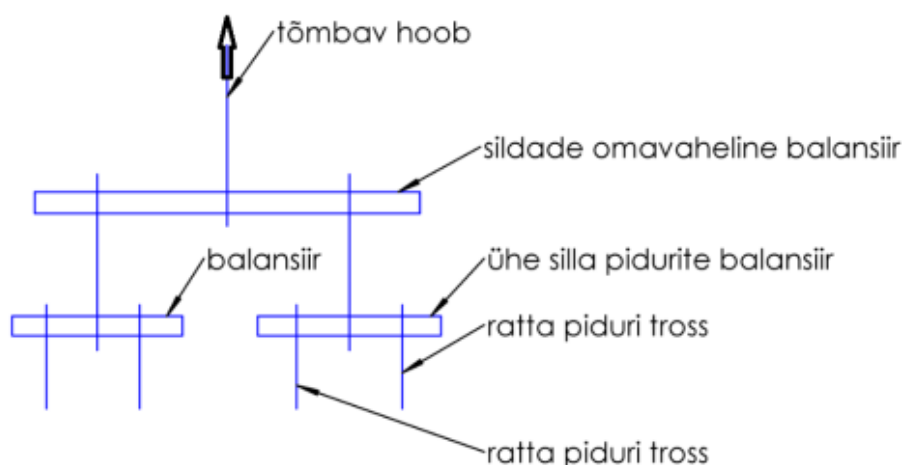
$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{10100 \text{ N}}{1200 \text{ mm}^2} = 8,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Samadel alustel viidi läbi ka tiisli ja raami omavahelise keevisliite kontroll. Kus esimese tala külge keevitatud tiisli alumise profiili ja raami tala omavahelise õmbluse pikkus on raami profiili laiuselt 75 mm lähtuvalt vähemalt $2 \cdot 75 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$, kahepoolse õmbluse korral. Tiisli tagumine kinnitus alusraami pikkitala külge, mudelilt mõõdetuna, on vähemalt 200 mm tiisli välisküljel. Sellest järeldati, et õmbluse kogupikkus on vähemalt $150 \text{ mm} + 200 \text{ mm} = 350 \text{ mm}$, mis õmbluse

kõrguse 5 mm korral moodustab nihkepinna $5 \text{ mm} * 350 \text{ mm} = 1750 \text{ mm}^2$, mis arvestades eelnevat tiisli profiilide omavahelist keeviliidet, tagab veel väiksema tekkiva pinge. Seega loeti tiisli raami külge keevitamine tugevuselt piisavaks ja täiendavaid vahendeid kinnitamiseks ei rakendata.

2.2.11. Pidurid

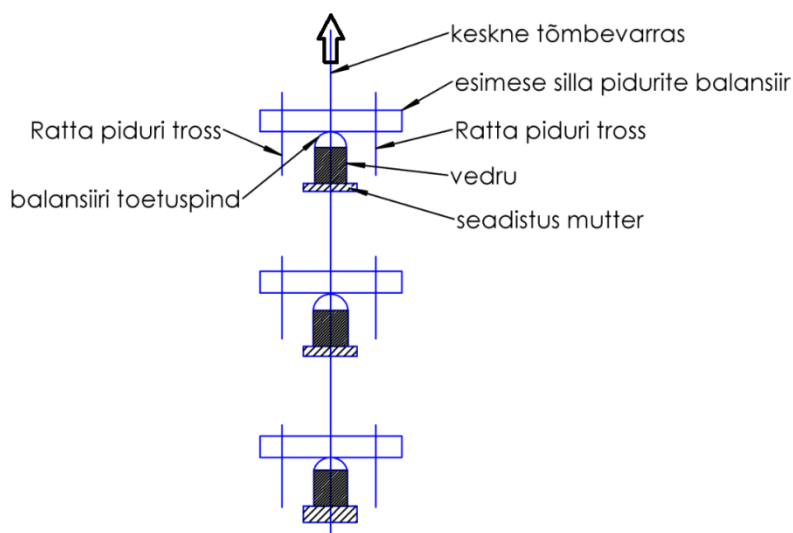
Inertspiduri, teise nimega ka pealejooksupiduri, tööpõhimõtte seisneb vedava auto pidurdamisel haakeseadmele mõjuva haagise inertsjõu abil haagise pidurite rakendamises. Haagise inerts rakendab haagise pidurid, see omakorda vähendab jõudu haakeseadmele ja seeläbi vähendab pidurdusjõudu. Õigesti reguleeritud pidurite korral on rataste pidurdusjõud võrdsed ja haagis pidurdab sujuvalt. Lihtsustamaks reguleerimist ja vähendamaks erinevast kulumisest tekkivat pidurdusjõudude erinevust kasutatakse silla poolte tasakaalustamiseks jõu balanseerijaid, sama tehakse ka kahe silla korral. Jaoturi tööpõhimõtte seisneb konkureerivate pidurite rakendamises läbi jõudu balanseeriva hoova Sele 2.26.



Sele 2.26 Kahe silla pidurite balanssiirhoobade süsteem

Kuna projekteeritud haagisel on kolm silda, siis tuli leida lahendus kolme silla pidurite võrdseks rakendamiseks. Kuna kolme silla korral jõudu balansiiride abil võrdselt jaotada ei ole võimalik süsteemi liigse kohmakuse tõttu, siis lahendati piduritele rakendatava jõu võrdsustamine vedrude abil Sele 2.27. Arvestades, et valitud kolmel sillal on olemas kinnitused piduritrosside jaoks, siis valiti Knott kataloogist sobivad piduritrossid vastavalt valitud silla mõõtmele „c“ tabelist Sele 2.4. Piduri trosside valikul arvestati, et haagis puutub pidevalt kokku veega ja on suur korrosiooni

tekkimise oht, seetõttu valiti roostevabast terasest trossid, tellimisnumbriga 37086.14. Valitud trossi kõri pikkus on 1230 mm, mis on piisav kinnitamaks kõri toetuspinda sama silla küljes oleva kinnituse külge ja rakendamaks trossipaarile balanseerivat hooba, mis toetub läbi vedru ja reguleerimis mutri kesksele tõmbevardale. Vajalikud balanseerivad hoovad valiti samuti Knott kataloogist tellimisnumbriga 409904.001.



Sele 2.27 Pidurite rööpühendus

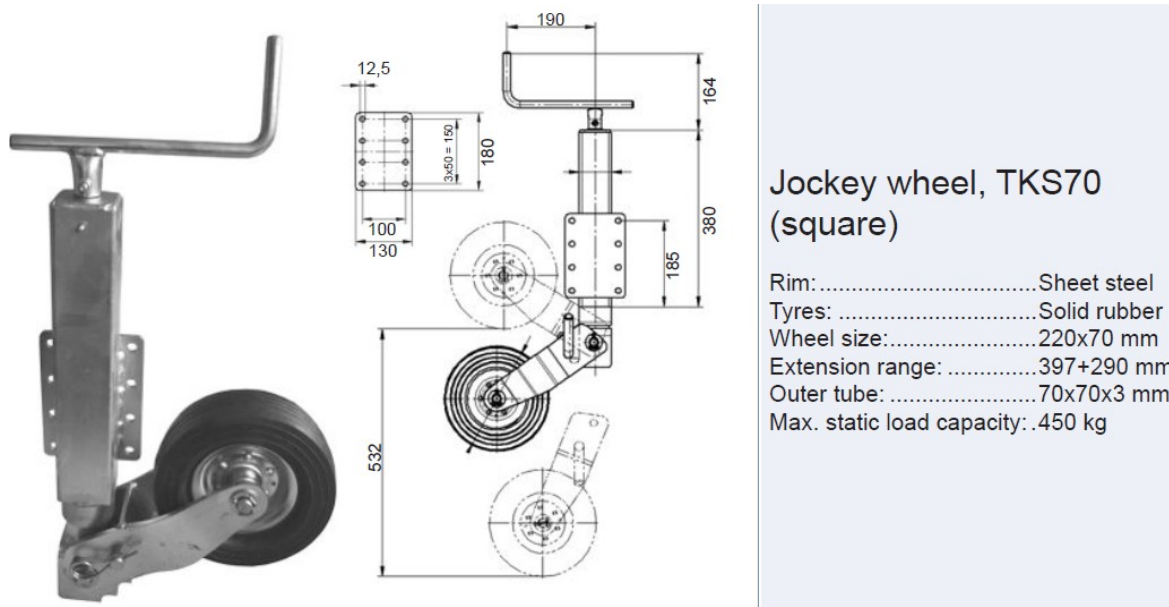
Keskne tõmbevarras kinnitub haagise veopea küljes oleva pidurit aktiveeriva hoova külge. Hoob on veopea tootja poolt projekteeritud nii, et veopea survestamisel, haagise poolt, hoob tõmbab tõmbevarrast haagise tiisli suunas. Samuti on võimalik veopea küljes oleva kangiga, Sele 2.23, rakendada pidureid käsitsi, kui haagis on näiteks pargitud või soovitakse tõstukiga haagisele sõita. Kangi tõmmatud asendisse viimiseks ja seal hoidmiseks on kang varustatud vedrumehhanismiga. Määrusest [6] tuleneva nõude alusel, peab haakeseadme rikke korral, haagise pidur rakenduma. Seetõttu on veopea varustatud karabiniga vedava auto külge kinnitatava julgestus trossiga, mis kinnitub piduri kangi külge ja haagise vedukist eraldumise korral rakendab piduri.

Projekteeritud haagisel valmistatakse balansiire tõmbav varras keermestatud M10 vardast, mis toestatakse alusraami esimese risttala külge keeviatavast, \varnothing 21,3 mm seinapaksusega 3 mm torust valmistatava, silmusega ja samuti toestavad varrast sildade küljes olevad trosside kinnituskohad, mis vajadusel modifitseeritakse, kuna kinnituste täpne kuju ei selgu tootekataloogist. Samuti valitakse pidurite rakendamist võrdsustavad vedrud ja viiakse läbi hoovastiku seadistamine, kui on võimalik hinnata piduri rakendamiseks vajavat jõudu.

Tõmbav varras valiti korrosiooni ohu ja reguleerimisvõimaluse säilimise kaalutlusel, roostevabast terasest, Knott kataloogist tellimisnumbriga 38365.250. Valitud varras on pikkusega 2,5 m ja neid vajatakse haagise jaoks kaks. Varraste omavaheliseks liitmiseks valiti liitmutter samast kataloogist tellimisnumbriga 401265.001.

2.2.12. Tugiratas

Kuna projekteeritud haagis on võrdlemisi massiivne, siis ei ole mõeldav selle käsitsi haakekonksu tõstmine ilma abiseadeldiseta. Selleks valiti Knott tootekataloogist tugiratas TKS70 tellimisnumbriga 400287.001 Sele 2.28.



Sele 2.28 Tugiratas TKS 70 [3]

Valitud tugiratas on piisava reguleerimisulatusega, et võimaldada haakimist ka koormata vedavate sõidukite korral. Samuti on erinevalt teistest, hõõrdejõu abil fikseeriva klambriga kinnitavatest, otse poltidega tiisli külge kinnitav, mis tagab stabiilsema kinnituse haagise suure massi korral. Valitud ratas kinnitatakse tiisli külge poltidega tiisli ülemise ja alumise profiili ülekatte kohas poltidega, vasaku tiislipoolse sisemisele pinnale.

2.3. Täiendav nõuete täitmise kontroll üksiksõiduki tüübikinnituse taotlemisel

Kuna haagist plaanitakse toota ja registreerida ainult üks, siis on otstarbekas taotleda üksiksõiduki tüübikinnitust. Lähtudes Maanteeameti kodulehel avaldatud infost [15] liigitub projekteeritud haagis O2 kategooriasse. Et oleks tagatud minimaalne ümberprojekteerimise ja -ehitamise vajadus, siis otsustati veenduda, et kõik võimalikud nõuded oleksid täidetud. Järgnevalt koondati tabelisse tüübikinnituse taotlemisel nõutavad aspektid lähtuvalt „Auto, mootorratta, mopeedi ja nende haagiste tüübikinnituse, üksiksõiduki kinnituse ja ümberehituse tingimused, nõuded ja kord¹“ [16], lisale 3 [17]. Tabelisse lisati ka koodist ja nõudest tehtav järelendus, Majandus- ja kommunikatsiooniministri 13.06.2011. a määruse nr 42 „Mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele“ lisa 1 alusel [6]. Kuna seadus on viimasel ajal pidevalt täiendanud ja muutnud kehtivaid nõudeid, siis veenduti tabeli koostamisel ka, et leitud info oleks ajakohane ja vastaks Euroopa Liidu ülestele ühtlustatud nõuetele. Selleks tutvuti määruse ja lisade parema mõistmise huvides ka Euroopa parlamendi nõukogu direktiiviga 2007/46/EÜ [18].

Tabel 2.7 O2 kategooria sõidukile esitatavate nõuete koondtabel

Nr	Nimetus	kood ja nõuded	Nõudest tehtav esmane järelendus
3	Kütusepaagid/tagumised allasõidutõkked	703 : 2,3,4,5,6,7,8,9,12	Paak puudub
		627 : 2, 3	Allasõidu tõket ei nõuta, kuna kõrgus teepinnast haagise tagaosas alumise servani on väiksem kui 550 mm.
4	Tagumise registreerimismärgi koht	101 : 3, 4, 6	Üksiksõiduki kinnituse korral võib paikneda ka keskteljest paremal.
5	Rooliseade	301: 1,3,5	rooliseade puudub
6	Uste lukud ja hinged	607	Uksed puuduvad
9	Pidurdamine	401, 403:2,4,5,6,7,8,9,10 ,14, 407, 409, 410, 412, 413, 414	Kuna piduri detailid on ostutooted, siis eeldatakse kõikide nõuete täitmist. Pidurdama peavad kõik rattad ja haakeseadme rikke korral peavad pidurid automaatselt rakenduma.
18	andmesilt	601:3,4,5	Üksiksõiduki kinnitusel ei ole andmesilt nõutav
20	valgustus- ja valgussignalisatsiooniseadmed		Direktiivi nõuetele vastavad
21	Helkurid	223	Peavad olema: 1) eesmised helkurid, 2) külgmised helkurid 3) taga kolmnurksed helkurid

22	Eesmise, külgmise ja tagumise ääretule ning piduri- ja päevasõidulaternad päevased sõidutuled	201: 1-10, 209: 1,2,3,5,6. 212 : 1,2,3,5, 213 : 1	Peab paigaldama: 1) eesmised ülemised ja alumised ääretulelaternad 2) külgmised ääretulelaternad 3) tagumised alumised ja ülemised ääretulelaternad 4) piduritule laternad
23	Suunatule laternad	215: 1-8	Peavad olema ainult taga
24	Registreerimismärgi laternad	211: 1,2	Peab olema vähemalt 1
28	Tagumised udutulelaternad	208: 2-7	Peab olema vähemalt 1
29	Tagurdustule laternad	210: 1,2,3,4,6	Peab olema vähemalt 1
43	Porikaitseüsteemid	629: 3	Peavad olema poripõlled
45	Ohutu klaas	612: 2,5	klaasid puuduvad
46	Rehvid		E-reegli pärased ostutooted
50	Haakesead		(tagumine) haakesead puudub Veopea peab olema E-reegli pärane

2.3.1. Valgustus- ja valgussignalisatsiooniseadmed

Haagisele vajalike laternate ja helkurite väljaselgitamist alustati Tabel 2.1 koostamisega. Paigaldamise kohtade valimiseks lähtuti , Majandus- ja kommunikatsiooniministri 13.06.2011. a määruse nr 42 „Mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele” lisa 1 [6], toodud koodide seletustest, mis annavad võrdlemisi täpsed nõuded haagise laternate paiknemise kohta. Järgnevalt tehti projekteeritud haagisele vajalikest valgustus- ja valgussignaalivehendite esitatavatest nõuetest kokkuvõtte Tabel 2.8 laternatest ja Tabel 2.9 helkuritest. Tabelite koostamisel tutvuti ka „Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni Euroopa Majanduskomisjoni (UN/ECE) eeskiri nr 48 – Sõidukite tüübikinnituse ühtsed sätted seoses valgustus- ja valgussignaalseadmete paigaldamisega“[19]

Tabel 2.8 laternate nõuded

Laternad	värvus	paigutus kõrgus (mm)	välisserva kaugus sõiduki servast (mm)	omavaheline kaugus (mm)	tähis	Vajalik kogus
Suunatule-laternad	merevaigu-kollane	250-1500	400		2a,2b	2
Piduritule-laternad	punane	250-1500	400	600	S1, S2	2
Küljeääretule-laternad	merevaigu-kollane	250-1500	esimene kuni 3000 tiisli algusest, viimane kuni 1000 tagumisest servast ja keskmisel kolmandikul vähemalt 1 latern	3000 maksimum	SM1	-
Udutulelatern	punane	250-1000	keskteljel või sellest vasakul	100 mm piduritulest	F,F1,F2	1

Tagurdustule-laternad	valge	250-1200			AR	2
Tagumise registreerimismärgitule latern	valge				L	1
Eesmised ülemised ääretule-laternad	valge	võimalikult kõrgel	400	alumisest vähemalt 200	A	2
Eesmised alumised ääretule-laternad	valge	250-1500	150	-	A	2
tagumised ääretule-laternad	punane	250-1500	400	600	R, R1, R2	2
tagumised lisa ääretule-laternad	punane	-	-	-	R,R1,R2	2

Tabel 2.9 Helkurite nõuded

Helkurid	värvus	kõrgus	välisserva kaugus sõiduki servast	omavaheline kaugus	tähis	Vajalik kogus
Eesmised	valge	250-900	150	600	IA,IB, IVA	2
külgmised	merevaigu-kollane		esimene kuni 3000 tiisli algusest, viimane kuni 1000 tagumisest servast ja keskmisel kolmandikul vähemalt 1 helkur	3000 maksimum		-
tagumised	punane (kolmnurkne)		400	600	IIIA, IIIB	2

2.3.2. Tulede ja helkurite valik

Haagisele vajalikud tuled valiti Tööriistamarketi tootevalikust [20]. Haagise taha kinnitamiseks valiti kombineeritud tuled ST100642 Sele 2.29 ja ST100643, kus ühes korpuses on parktuli, pidurituli, suunatuli, udutuli ja tagurdamistuli. Kombineeritud tulede kasutamine lihtsustab oluliselt tulede paigaldamist ja vähendab sellele kuluvat aega.



Sele 2.29 Kombineeritud tagatuli ST100642 [20]

Lisaks kombineeritud tuledele valiti haagise tagaosale kinnitamiseks veel kaks registreerimismärgi tuld ST100635 Sele 2.30



Sele 2.30 Numbrituli ST100635 [20]

Kuna haagisele on lubatud lisaks tagumistele ääretuledele paigaldada ka kaks lisa tagumist ääretulelaternat, siis valiti haagise tagaosale kasutamiseks lisa ääretuled ST100639R ja ST100639L. Kuna valitud tuledes on integreeritud ka oranži värvusega külje ääretuled, siis täidavad tuled ka haagise tagaosast maksimaalselt ühe meetri kaugusel paikneva külje ääretule nõude. Tuledesse integreeritud ette suunatud valge valgus abistab haagisega pimedal ajal manööverdada.



Sele 2.31 Ääretuli ST100639R [20]

Kuna haagise alusraam on pealisehitusest laiem ja eesmised ääretuled tohivad paikneda maksimaalselt 150 mm sõiduki välimisest servast, siis otsustati kasutada samu tulesid ka esimeste alumiste ääretuledena. Arvestades, et mudelilt mõõdetud raami esimese ristitala kaugus haakeseadme algusest on väiksem kui 1500 mm, siis täiendavat küljeääretuld ettepoole paigaldada pole vaja.

Kuna haagise pealisehituse pikkus on väiksem kui 6000 mm, siis on kohustuslik lisada vaid üks küljeääretuli kummagi külje keskmisele kolmandikule. Küljeääretuli valiti ST100657 Sele 2.32. Kuna valitud tuli on ka reflektor, siis täiendavaid reflektoreid keskmisele kolmandikule ei ole vaja paigaldada.



Sele 2.32 Küljeääretuli ST100657 [20]

Viimase tulena valiti eesmised ülemised ääretuled ST100659 Sele 2.33



Sele 2.33 Eesmine ülemine ääretuli ST100659 [20]

Nõuete täitmiseks ja haagise parema nähtavuse tagamiseks valiti haagise külgedele helkurid ST100457 mõõtudega, 35 mm x 71 mm, mida on teip kinnituse tõttu hõlbus paigaldada. Valitud helkureid paigaldatakse kummalegi küljele kuus.

Kuna haagise ülemine ääretuli täidab ka helkuri funktsiooni, siis valiti vaid alla lisamiseks kaks valget helkurit ST100451 mõõtudega 57 mm x 39 mm, mis on samuti teip kinnitusega.

Haagise tagaosas on nõuetele vastavad kolmnurksed helkurid kombineeritud tuledes olemas, kuid haagise parema nähtavuse tagamise huvides valiti täiendavad kaks kolmnurkset helkurit ST100449, mis kinnitatakse poltidega haagise tagumistesse ülemistesse nurkadesse.

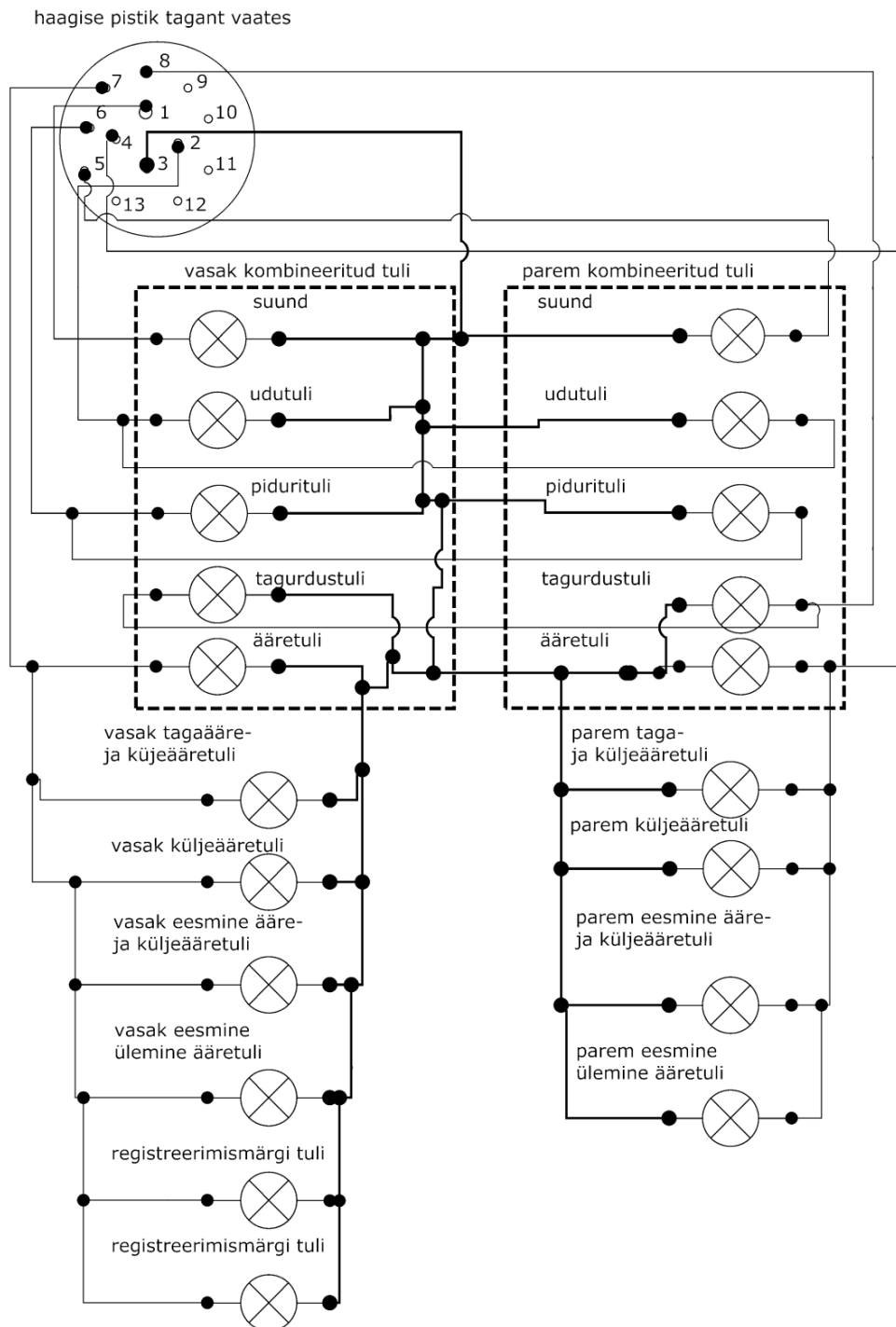
2.3.3. Elektriskeemi koostamine

Haagise elektriskeemi koostamiseks kasutati programmi SmartDraw 2017 testversiooni. Skeemi aluseks võeti Majandus- ja kommunikatsiooniministri 13.06.2011. a määruse nr 42 „Mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele” lisa 1 kood 643 punktis 3 toodud nõuded haakeseadme pistikule. Lähtuvalt tagurdustule laterna nõudest tuleb projekteeritud haagisel kasutada 13 kontaktiga pistikut, mis valiti samuti Tööriistamarketit tootevalikust ST100627 Sele 2.34.



Sele 2.34 Pistik 13 kontaktiga ST100627 [20]

Elektriskeemil Sele 2.35 on kujutatud valitud pistik, kombineeritud tuled ja kõik ülejäänud valitud tuled.



Sele 2.35 Haagise elektriskeem

Pistiku ja kombineeritud tulede vaheline kaabel valiti samuti Tööriistamarketi tootevalikust SJ06460206. Valitud kaablil on 7 soont, mis tähendab, et lisada tuleb veel vähemalt 1 soon maanduse jaoks pistikust kuni jaotuskarbini. Arvestades, et ääretuled paiknevad haagise

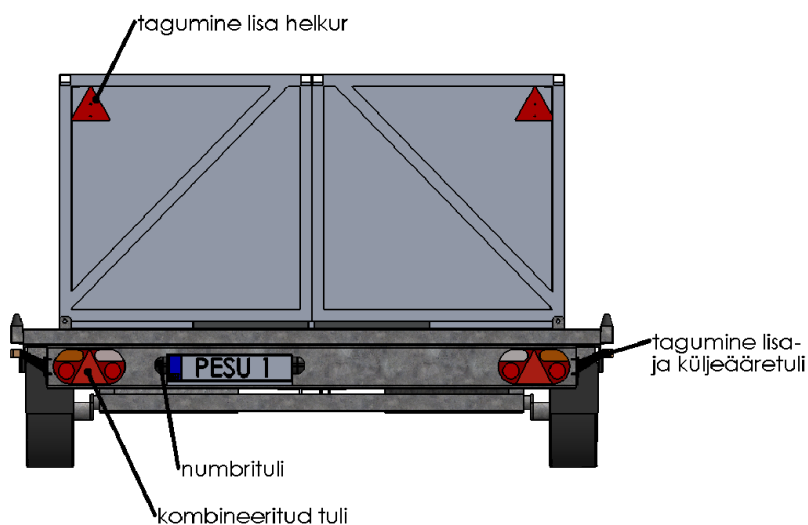
erinevates osades, siis kasutatakse haagise esimesel risttalal jaotuskarpi ST100190 Sele 2.36, mis valiti samuti tööriistamarketi tootevalikust. Karbist väljuvad kombineeritud tuledesse 7-soonelised kaablid ja 2-soonelised kaablid parema ja vasaku poole eesmistele- ja küljeääretuledele. 2-sooneline kaabel valiti samuti kataloogist koodiga SJ06380106. Tagumiste küljeääretulede toide võetakse kombineeritud tuled ühenduskohast. Kõik väljaspool harukarpi tehtavad ühendused joodetakse ja paigutatakse niiskuskindla termokahaneva rüü sisse.



Sele 2.36 harukarp ST100190 [20]

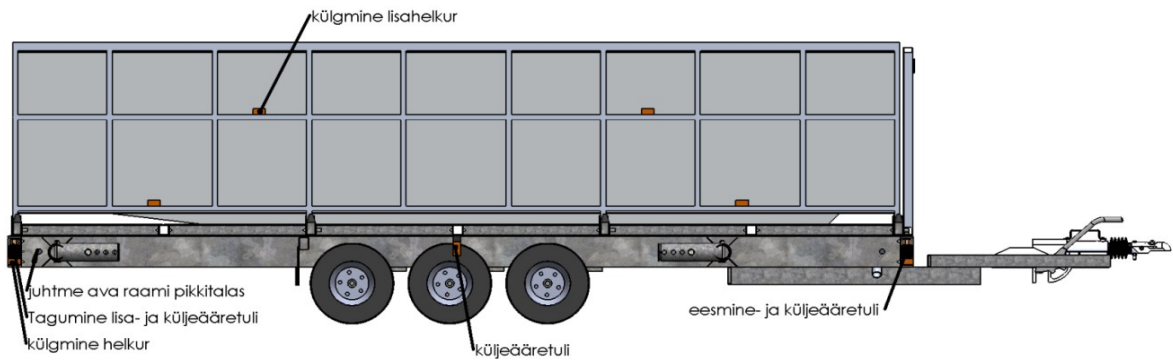
2.3.4. Tulede paigutus haagisel

Eelnevalt valitud kombineeritud tuled paigutuskoht on kujutatud Sele 2.37. Tulede kinnitamiseks puuritakse alusraami ristitaladesse vajalikud augud poltide ja ka juhtmete läbi viimiseks. Kuna tulejuhtmed saavad alguse eesosas paiknevast harukarbist, siis puuritakse juhtmete läbi viimiseks ja kinnitamiseks identsed augud ka esimesse ristitalasse. Avade paigutus võimaldab juhtmed paigutada võimalikult kaitstult raami siseküljele.



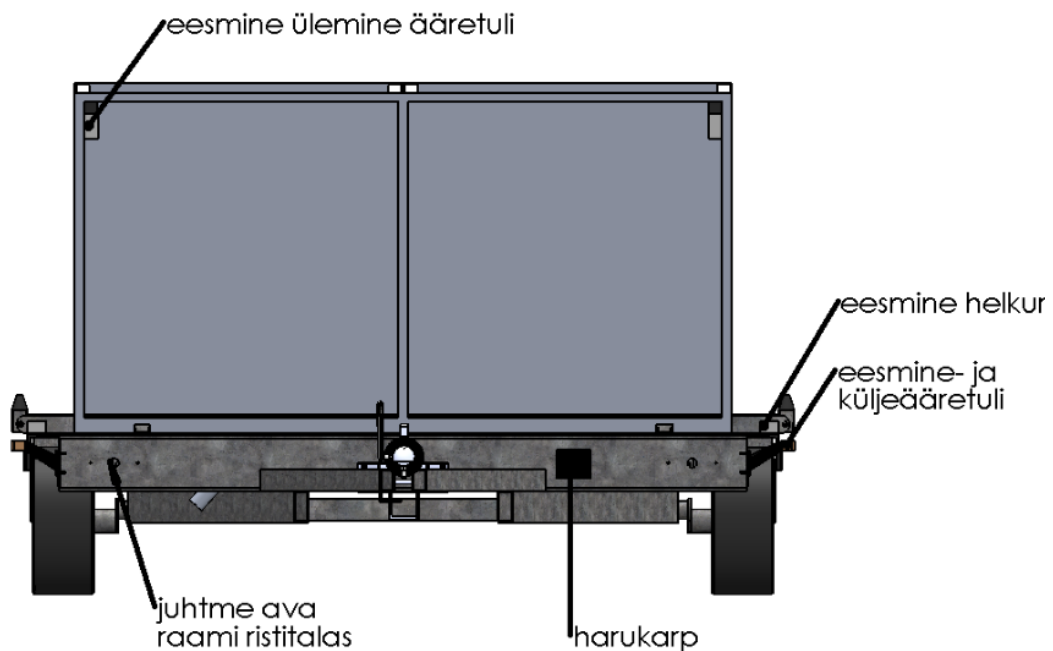
Sele 2.37 haagise tuled ja helkurid ning paigutus tagantvaade

Haagise küljel paiknevate tuled ja helkurite paigutus on kujutatud Sele 2.38, kus on ühtlasi näha ka küljel paiknevad täiendavad helkurid ja haagise raami pikkitala otstesse puuritud avad juhtmede läbiviimiseks raami sisse.



Sele 2.38 haagise tuled ja helkurid ning paigutus külgvaade

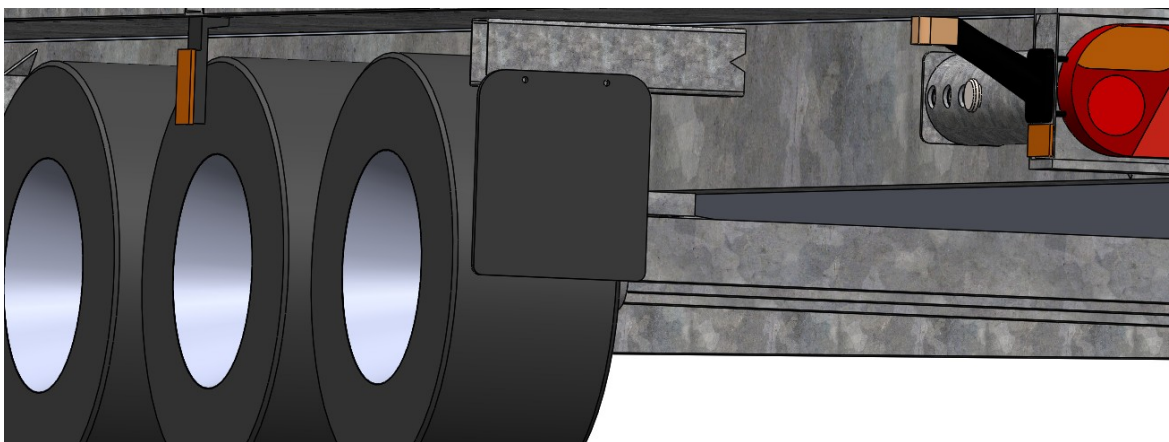
Haagise eestvaatel Sele 2.39 on kujutatud haagise eesosal paiknevad ääretuled ja helkurid ning harukarbi asukoht raami talal. Kaablid pistikust harukarpi veetakse läbi tiisli ülemise profiili, kus nad on kaitstud võimalike vigastuste eest.



Sele 2.39 haagise tuled ja helkurid ning paigutus eestvaade

2.3.5. Täiendavate lisade valik

Kuna koostatud Tabel 2.7 määrab, et haagisel peavad olema ka poripõlled, siis valiti sobilikud porikummid tööriistamarketi tootevalikust PV300509. Poripõlled kinnitamiseks haagisele keevitatakse alusraami külgedele 60 x 70 x 2 mm ristlõikega 30 cm pikkused nelikant torud, mis tagavad poripõlled alumise serva paiknemise allpool kõikide rataste keskpunkti läbivat tasandit. Poripõlled paigutus on kujutatud Sele 2.40.



Sele 2.40 Poripõlle kinnitus ja asukoht

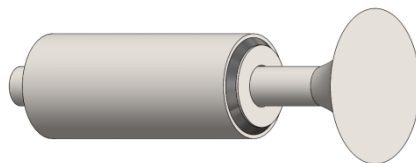
Lisaks valitud poripõlledele vajab haagis tabelist lähtuvalt ka tõkisingasid. Kuna haagist võib vedada erinevate sõidukitega, siis otsustati valida ja paigaldada haagisele sobilikud tõkisingad haagise külge. Knott kataloogist valiti sobilikud tõkisingad G36 tellimisnumbriga 402398.001 ja neile sobilikud hoidjad tellimisnumbriga 402399.001. Hoidikute paigaldamine viiakse läbi haagise koostamise käigus, kuna kataloogis hoidjate kinnituspoltide avade kohta info puudub.

Koos porikummid otsinguga leiti Tööriistamarketi tootevalikust juhuslikult „hingelukk“ Sele 2.41, mis sobis asendama senist küljetoe lukustamiseks planeeritud projekteeritud erilahendust.



Sele 2.41 Hingelukk Tööriistamarketi tootevalikust, PV301006 [20]

Kuna esialgse lahenduse Sele 2.42 tööpõhimõte oli sama, aga valmistamine ja kinnitamine komplitseeritud, siis asendati senine lahendus uuega.



Sele 2.42 Esialgne küljetoe fiksaator vedru ja poldiga, otsast seibiga suletud torus

2.4. Koostamine ja pinnatöötused

Projekteeritud haagise koostamist alustatakse vajalike detailide soetamisega. Esmalt tellitakse vajalikud alus- ja pealisraami ning tiisli profiilid, haagise sillad, veopea, piduriosad ülejäänud detailid. Kuna haagist on planeeritud koostada üks, siis ei ole otstarbekas raamide valmistamiseks täiendavalt valmistada rakiseid, seetõttu koostatakse käsitsi ja vajadusel korrigeeritakse tehtud paigaldisi õigeaegselt. Rakiste mitte kasutamise tõttu nähakse ette, et haagise keevitamist vajavad detailid keevitatakse esmalt kokku ja rohkemal või vähemal määral kogu haagis koostatakse.

Kõige viimasena paigaldatakse esmase komplekteerimise käigus sillad. Sildade paigaldamisele eelnevalt määratakse katseliselt 5 cm läbimõõduga toru kasutades haagise tasakaalu punkt, et oleks tagatud sildade paiknemise sümmeetria ja seeläbi haagise tasakaal. Määratud tasakaalupunkti joondatakse keskmise telje rataste keskpunkt, misjärel puuritakse raami profiili sildade kinnitamiseks vajalikud avad. Esialgne tasakaalu punkt ja sildade asukoht on määratud projekteerimise käigus mudelilt, kuid täpsema tulemuse saamiseks otsustati läbi viia täiendav tasakaalustamine.

Haagise täieliku komplekteerimise järel, kui on veendunud, et kõikide detailide paigaldamiseks vajalikud avad on olemas, haagis demonteeritakse ja haagise alusraam ja pealisraam valmistatakse täiendavalt ette kuumtsinkimiseks kastmismeetodil. Kuigi raamide kõik kinnised profiilid on juba projekteeritud vajalike avadega, vastavalt ettevõtte Zincpot kodulehel toodud tehnilistele tingimustele [21], siis täiendava ettevalmistamise käigus eemaldatakse profiilidel olevad markeeringud. Samuti puuritakse, vastavalt tehnilistele tingimustele 1,5 kuni 3 mm võrra, nimimõõdust suuremaks kõik poldiavad, ka need mille mõõt selgub koostamise käigus vajalike

osade paigaldamisel, ja veendutakse, et kõik projekteeritud tsinkimiseks vajalikud avad on keevitamise järgselt avatud ja piisava suurusega.

Tsinkimise kasuks pinnakattena otsustati kuna see tagab piisava kaitse korrosiooni vastu ka raami sisepindadel, mille värvimine traditsioonilisel viisil oleks võimatu. Kuigi tsinkimisega kaasneb ka detailide kõveraks tõmbumise oht, siis võrdlemisi tasapinnaliste detailide tõttu hinnati seda väikseks. Samuti on võimalik tsinkimise järgselt oluliselt deformeerunud detaile sirutada. Järgnevalt koostati Tabel 2.10 tsinkimist vajavate detailide koguste, suurimate mõõtude ja massidega, et oleks võimalik võtta tööle hinnapakumine.

Tabel 2.10 Tsinkimist vajavate detailide kogused ja massid

Nr	kogus	Nimetus	Maksimaalsed mõõdud (mm)	mass mudelilt (kg)	mass kokku (kg)
1.	1	Alusraam	6200 x 2400	326	326
2.	1	pealisraam	5016 x 2400	244	244
3.	4	Tugijala ülaosa	300 x 150	5,1	20,4
4.	4	tugijala alaosa	210 x 100	2,5	10
5.	8	küljetugi	1050 x 70	4,7	37,6
6.	2	külje kinnitus toru	5030 x 21,3	4,8	96
Kokku	20				734

Tsinkimine plaanitakse tellida ettevõttest Zincpot, kuna neil on kogemus haagiste tsinkimisega ja samuti on nende tsinkimise vanni mõõtmed piisavad projekteeritud haagise suurima pikkusega detaili, alusraami, tsinkimiseks.

Detailide tsinkimise järel komplekteeritakse haagis täielikult, paigaldatakse tuled ja viiakse läbi vajalikud toimingud, maanteametis ja tehnilise teenistuse juures, haagise registrisse kandmiseks.

3. PESU JA VEE TAASKASUTAMISE SEADMED

Kuna käesoleva töö peamine eesmärk on pesemiseks sobiliku alus-haagise projekteerimine, siis vee puhastamise ja pesu süsteeme üksikasjalikumalt ei käsitleta ja neid tuleb enne haagise ehitamisega alustamist täiendavalt valida. Siiski antakse käesolevas peatükis ülevaade sobilikest seadmetest, et oleks võimalik hinnata seadmete ligikaudset maksumust.

Töö käigus tutvuti erinevate pesuvee kogumise lahendustega ja viisidega, kuidas vett uuesti kasutamise kõlblikuks muuta. Kuna töö kontseptsioon näeb ette, et vee ettevalmistus seadmed ja kogu pesemiseks vajalik inventaar paiknevad vedavas sõidukis, siis otsiti peamiselt väikesemõõtmelisi seadmeid. Otsingu tulemusel leiti näiteks USA tootja MI-T-M Corporation [22] poolt toodetav portatiivne vee imur, puhasti PWR-10-0ME1 Sele 3.1.



Sele 3.1 PWR-10-0ME1 [22]

Seadme tööpõhimõte seisneb kolmeastmelises pumpamise süsteemis, millest esimene suure töömahuga pump tekitab vaakumi, mille mõjul vesi jõuab seadmesse ja läbib esmase liivaeralduse. Teine pump juhib vee läbi jämefiltrit, misjärel läbib vesi peenfiltrit ja lõpuks jõuab vesi säilituspaaki. Kirjaldatud süsteem kasutab veest õli eemaldamiseks spetsiaalseid õli absorbeerivaid elemente, mis kasutamise järgselt utiliseeritakse.

Kuna projekteeritud haagise peamine ülesanne on just pesu käigus eralduvate määrdeainete suunamine ohutustamisele, siis on tegemist põhimõtteliselt sobiliku lahendusega. Täpsustada tuleb aga absorbeerivate elementide jõudlus.

Teine võimalik kasutatav seade leiti USA tootja Ultimate Washer kodulehelt [23]. Seadme RZV10E1 Sele 3.2 puhul on väljundvee kvaliteet parem ja samuti on kodulehel toodud seadme maksumus, mis annab ligikaudse ülevaate vajaliku seadme maksumusest. Suure eelisena on seadmesse integreeritud automaatne väljalülitamine imetava vee puudumisel.



Sele 3.2 Ultimate washer RZV10E1 [23]

Lisaks vee puhastamisele on mobiilse pesula toimimiseks vaja ka pesurit. Pesuri leidmiseks tutvuti ettevõtte AS Stokker kodulehel pakutavate firma Kärcher survepesuritega[24]. Kuna õli hõlpsamaks eemaldamiseks on otstarbekas kasutada kuuma vett, siis valiti esmase otsingu käigus vee kütmine võimalusega pesur Kärcher HDS 5/15 UX. Valitud pesur kasutab vee kütmiseks diiselkütust ja on seetõttu, väiksema elektritarbe tõttu, paremini mobiilsesse pesulasse kohandatud. Samuti on pesur varustatud 15 m pikkuse voolikuga, mis on piisav, et ulatuda vedukautost haagisele ja liikuda ümber tõstuki.

Esmase otsinguga leitud seadmete alusel võib arvestada, et pesuvee taaskasutamise süsteemi maksumus on hinnangulisest 3150\$ [22] ≈2615€ [24] ja sobiliku pesuri maksumus hinnanguliselt 2242€ [25]. Kindlasti ei ole nimetatud summad lõplikud ja võivad suureneda transpordi, tollimaksude või täiendavate, vajalike lisade arvelt.

4. KOGUMAKSUMUSE LIGIKAUDNE HINNANG

Kuna haagise tootmist tuleb alustada vajalike profiilide soetamisest, siis järgnevalt leiti haagise mudelilt kõikide vajalike profiilide pikkused ja kogused ning hinnati nende maksumust terase müüja Corm OÜ kodulehel oleva kalkulaatori abil [26]. Leitud tulemused kanti tabelisse Tabel 4.1. Edaspidi on võimalik koostatud tabelist lähtudes küsida pakkumist erinevatelt metalli müüjatelt soodsaima pakkumise leidmiseks. Siiski on koostatud tabeli alusel võimalik hinnata materjali ligikaudset maksumust.

Tabel 4.1 Profiilide mõõdud, kogused ja hinnad

nr	Profiil	vajatav pikkus (mm)	kogus (tk)	maksumus (€)[26]
1.	UPE 180 x 75	4940	2	252,85
2.	UPE 180 x 75	2200* (saadaolev pikkus 3000 mm)	2	158,88
3.	nelikanttoru 100x50x4	1500	2	25,36
4.	nelikanttoru 70 x 50 x 5	1079	2	40,38
5.	nelikanttoru 60 x 60 x 4	2400	7	152,66
6.	nelikanttoru 60x40x2	766	12	68,43
7.	nelikanttoru 60 x 60 x 2,5	766	12	88,16
8.	nelikanttoru 30 x 30 x 3	740	24	66,91
9.	nelikanttoru 30x30x3	720	6	18,16
10.	nelikanttoru 60x70 x2	300	2	6,01
11.	nelikanttoru 50 x 50 x 3	1000	8	45,52
12.	nelikanttoru 50 x 50 x 3	70	8	12,05
13.	el-keevistoru 2,3 x 2,3	5030	2	6,44
14.	el-keevistoru 88,9 x 5	200	4	20,54
15.	el-keevistoru 88,9 x 5	138	4	17,63
16.	el-keevistoru 101,6 x 5	300	4	29,02
17.	el-keevistoru 101,6 x 5	50	4	15,54
	kokku (hulgi soodustusega)			1022,5
	koos käibemaksuga			1227

Sarnaselt koostatud profiilide tabelile koostati ka eelnevalt valitud ostutoodete nimetuste, koodide, hindade ja koguste alusel tabelid tarnijate kaupa. Kuna tootjal Knott puudub eestis piisava infoga edasimüüja veebileht, siis kasutati kalkulatsiooni Tabel 4.2 koostamiseks nende Saksamaal asuvat veebipoodi [27], kust soovi korral on võimalik kaup postiga Eestisse tellida. Kuna koostatav kalkulatsioon on ligikaudne ja tellitav osade kogus suur, siis eeldati, et toodete hinnale transpordi maksumust ei lisandu ja koos käibemaksuga hind katab ka saatmiskulud või suudab kohalik edasimüüja pakkuda valitud toodetele samat hinda.

Tabel 4.2 Tootja Knott kataloogist valitud toodete kogus ja hind[27]

nr	detail	kood	hind	kogus	makumus
1.	Sild	B308289997	799,72	3	2295,29
2.	Veopea	204301.001	402,22	1	402,22
3.	piduri tross	37086.14	21,16	6	126,95
4.	piduri balanssiir	409904.001	7,07	3	21,21
5.	piduri tõmbevarras	38365.250	38,66	2	77,33
6.	varda liitmutter	401265.001	3,49	1	3,49
7.	ratas	401457.001	163,03	6	978,18
8.	tugiratas	400287.001	150,65	1	150,65
9.	tõkisking	402398.001	11,25	2	22,49
10.	tõkiskinga hoidja	402399.001	6,10	2	12,21
	kokku koos käibemaksuga			27	4090,41
	Ilma käibemaksuta				3437,32

Ainukesena oli võimalik, pakkumist küsimata, toodete täpne hind leida Tööriistamarketist valitud toodetel, kasutades selleks nende veebipoodi [20]. Valitud toodete kogused ja hinnad koondati Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Tööriistamarketi tootevalikust valitud tooted, kogus ja hind[20]

nr	detail		hind	kogus	makumus
1.	kombineeritud tuli	ST100642	79	1	79
2.	kombineeritud tuli	ST100643	79	1	79
3.	küljeääre ja sarvtuli	ST100639R	23,9	2	47,8
4.	küljeääre ja sarvtuli	ST100639L	23,9	2	47,8
5.	küljeääretuled	ST100657	9,9	2	19,8
6.	eesmised ülemised ääretuled	ST100659	9,9	2	19,8
7.	külgmised helkurid	ST100457	0,95	12	11,4
8.	eesmised helkurid	ST100451	1,9	2	3,8
9.	tagumised kolmnurksed helkurid	ST100449	1,2	2	2,4
10.	numbrituli	ST100635	11,9	2	23,8
11.	haagise pistik	ST100627	5,9	1	5,9
12.	harukarp	ST100190	12,9	1	12,9
13.	poripõll	PV300509	4,9	2	9,8
14.	7 soonega kaabel	SJ06460206	4,5	~20 m	90
15.	2 soonega kaabel	SJ06380106	1,5	~25 m	37,5
16.	hingelukk	PV301006	7,2	8	62,4
	kokku ilma käibemaksuta				456
	Kokku koos käibemaksuga				547,6

Kuna väga suure tähtsusega oli ka haagisele sõitmiseks vajalike rampide hind, aga kohalikule edasimüüjale saadetud e-kirjale vastust ei tulnud, siis kasutati ligikaudse hinna leidmiseks, rambi tellimise koodi alusel, leitud Hollandis asuva ettevõtte Aanhangcars veebipoodi [28]. Arvestades, et seal müüdavana on toote hind 1975,5€, siis eeldati sarnast maksumust ka Eestis ja kalkulatsioonis arvestati rampide hinnaks 2000€ tükk.

Viimasena leiti vastavalt eelnevalt koostatud alumiinium profiilide vajaduse tabelile Tabel 2.6 alusel vajalike profiilide kogu pikkus ja lehtmaterjali ruutmeetrid kahele küljele ja sellele lisati ka veekogu ja esipaneeli valmistamiseks kuluva materjali kogus. Kuna alumiinium toodete avalikke hindasid ei suudetud leida, siis saadeti hinnapäring AS Proplastik kodulehelt[11], neilt saadud vastuses antud kilohindade alusel arvatati alumiinium materjalide kogumaksumus

Tabel 4.4 Alumiinium toormaterjali kogused ja maksumus

materjali nimetus	Ligikaudne kogus mudeli alusel	ühiku mass (kg)	kilohind(€)[11]	maksumus (€)
nelikanttoru 30x50x2,5	67,5 m	1,01	3,5	238,61
nelikanttoru 50x50x4	22,2 m	1,99	3,5	154,62
rihveldatud leht 3 mm	10 m ²	9	2,88	259,2
mereveekindel leht 2 mm	16 m ²	5,4	3,15	272,16
mereveekindel leht 3 mm	10 m ²	8,1	3,15	255,15
kokku				1179,74
kokku koos käibemaksuga				1415,69

Esmane materjalide, ostutoodete ja vajalike seadmete maksumuse hinnang koondati tabelisse Tabel 4.5. Kindlasti ei ole saadud hinnang lõplik ja võib vähemal või rohkemal määral suurenda või vähendada. Kuna tabelis toodud summa ei sisalda tööjökulu koostamisele, ega tsinkimise teenuse maksumust, siis ei ole tegemist toote lõppmaksumusega.

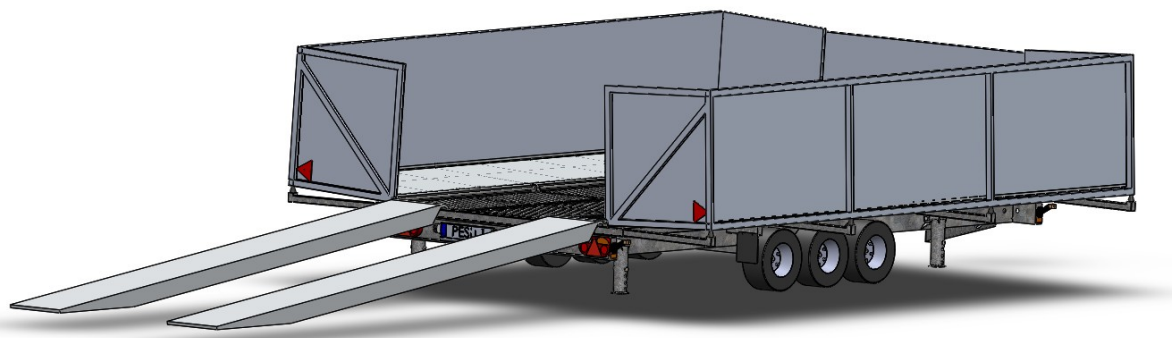
Tabel 4.5 Materjalide ja seadmete maksumuse koondtabel

nr	toode/seade	maksumus
1.	teras profiilid	1227
2.	Knott haagise detailid	4090,41
3.	tooted Tööriistamarketist	547,6
4.	Rambid	4000
5.	Alumiinium tooted	1415,69
6.	Pesu ja veetöötlemise seadmed	4857
	Kokku hinnanguliselt	16137,7

KOKKUVÕTE

Kokkuvõtteks saab öelda, et käesoleva magistritöö tulemusena valmis kahveltõstukite pesemiseks ettenähtud mobiilse pesula põhjalik kontseptsioon lahendus, mille baasil on võimalik hinnata haagise koostisosade ligikaudset maksumust ja komplekteerimise keerukust. Projekteerimise kestel lähtuti eesmärgist hoida toote koostamine võimalikult lihtne. Projekteeritud, haagisel paikneva, pesuruumi avatud mõõtmed on 5 m x 4 m, mis on piisav mahutamaks tõstukit ja tagamaks operaatorile liikumiruumi ümber tõstuki. Pesula on projekteeritud tõstukitele massiga kuni 8000 kg. Pesuhaagise enda mass on ligikaudu 2100 kg ja pakitult on ta 2,5 m lai ja 6,5 m pikk ning seda on võimalik transportida kaubiku või maasturiga.

Lisaks haagise kontseptsioonile koostati lühiülevaade teistest mobiilse pesula tööks vajalikest põhilistest seadmetest ja nende maksumusest, mis samuti aitab edasiste otsuste tegemisel. Vajalikud seadmed pesemiseks ja vee taaskasutamiseks paigutatakse vedavasse sõidukisse. Projekteerimise käigus viidi läbi kõikide vajalike detailide ja sõlmede tugevuarvutused ning vajadusel suurendati tugevusvarusid ettenähtavate ohuolukordade tarbeks. Töö käigus valmis detailne CAD mudel Sele 4.1, mis on heaks lähtekohaks järgnevaks võimalikuks äritegevuseks investorite kaasamisel või pesula müügi eellepingu sõlmimisel. Detailide lisamise ja viimistlemisega saavutati mudeli tõetruu välimus, mis võimaldab tutvustada lõpptoodet ja selgitada toimimist. Mudeli baasil valmisid vajalikud joonised haagise detailide valmistamiseks ja koostamiseks ning tükitabelid vajalike osade soetamiseks erinevatelt tarnijatelt.



Sele 4.1 Valminud kahveltõstukite pesuhaagise CAD mudel

Võib öelda, et võrdlemisi suur osa töö tegemise ajast kulus erinevate tehnonõudeid käsitlevate õigusaktide leidmisele ja nendest vajaliku info eraldamisele ning hõlpsama jälgitavuse tagamiseks tabelitesse koondamisele. Projekteerimise ja ostutoodete valimise käigus järgiti täpselt

üksiksõiduki tüübikinnitusel esitatavaid nõudeid, et oleks hilisemalt tagatud haagise registreerimise sujuvus Maanteeametis ja tagatud kõikide tehnonõuete täitmine.

Arvestades töö tulemusena valminud hinnakalkulatsiooni lihtsustatud iseloomu on enne haagise tootmisega alustamist vaja kindlasti küsida täiendavaid pakkumisi ostetavatele materjalidele ja toodetele ning teenustele. Pakkumiste tulemusena võib oodata osade detailide maksumuse alanemist, võrreldes seni arvestatuga, kuid arvestades, et kalkulatsioonist on välja jäetud koostamisele tehtavad tööjõu kulud, siis toote valmistamise omahind kahtlemata kasvab. Töö raames koostatud hinnakalkulatsiooni alusel on haagise koostamiseks vajalike materjalide ja pesu ja vee taaskasutus seadmete ligikaudne maksumus 16138€. Töö tulemusega võib rahul olla, kuna seatud eesmärgid said täidetud ja saadud tulemi põhjal on võimalik edasisi otuseid vastu võtta.

SUMMARY

The aim of this master thesis is to provide sufficient concept of washing trailer for forklifts to be able to evaluate the approximate cost of parts and materials required for producing such a trailer and to evaluate the complexity of the completion process. As an outcome of this work a portable and folding washing room on a trailer was designed. The internal measurements of an unfolded room are 5 m x 4 m that are sufficient for a forklift and an operator to work around it. The washing trailer is capable for forklifts with mass up to 8000 kg. The mass of the trailer is approximately 2100 kg and it is 2,5 m wide and 6,5 m long. The trailer can be towed with a van or an SUV and also all washing and water treatment systems are meant to be situated in the towing vehicle.

In addition to the trailer concept also a brief overview of the equipment needed to operate the washing process was created along with cost expectation. On the basis of this further decisions can be made. During the design process all required details and units were calculated to be strong enough and in various places of risk additionally strengthened for possible overloads. The detailed CAD model made during the design process is a good starting point for future and can be used to introduce the project to possible investors or clients to assist on achieving possible contracts. Due to detailed model a really truthful outlook was created that is helpful on creating presentations and explaining general purpose of the trailer. On the basis of the created model all necessary drawings were made for the trailer to be assembled by and parts manufactured, along with bom list for ordering materials from various providers.

A lot of time was spent on finding correct requirements from different legislation and concentrating it to readable tables for better traceability. During the design and selection of components it was constantly observed that the outcome would fulfill all requirements from Road Administration for vehicle individual type approval process.

Considering the simplified nature of the price calculation it is clear that before the production process more price offers must be taken from different providers of parts and services. Considering the calculated price 16138€ it is expected the total price for parts to rather drop than to rise but since the cost of labor is excluded from the current calculation a higher general self-cost is to be expected.

KASUTATUD ALLIKAD

- [1] „Ettevõtte Hot and mighty kodulehekül,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.hotandmightydirect.com/blogs/news/6139922-surface-king-custom-pressure-wash-system-with-wash-water-recovery-and-recycling>. [Kasutatud 2017].
- [2] „Knott tootekataloog,“ 17 05 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <http://catalogue.knott-trailer.co.uk/pdf/data/en/02/Trailer-Parts-Catalogue-2014.pdf> .
- [3] „Tõstukitootja Linde kodulehekül,“ 5 2 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.linde-mh.com/en/technical/Finder/Product-Finder-New.html?group=productTypes&IC-Trucks=on>.
- [4] Üld toimetaja Priit Kulu, Mehaanikainseneri käsiraamat, Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2015.
- [5] „Kanemetall kodulehekül,“ 11 05 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.kanemetall.ee/terasprofiilid/> .
- [6] „Majandus- ja kommunikatsiooniministri 13.06.2011. a määruse nr 42 „Mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele“ Lisa 1,“ MKM, 12 05 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akti/isa/1191/0201/6006/MKM42%20lisa1.pdf#>.
- [7] „Ettevõtte A24 grupp kodulehekül,“ 14 05 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <http://a24grupp.ee/rambid.php> .
- [8] „Rampide kataloog,“ [Võrgumaterjal]. Available: http://a24grupp.ee/files/Catalogo_I-UK-D_2016_L.pdf. [Kasutatud 14 05 2017].
- [9] „Grabcad kodulehekül,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://grabcad.com/library/trailer-axle-3> . [Kasutatud 14 05 2017].
- [10] „AS Frelok tootekataloog,“ [Võrgumaterjal]. Available: http://www.frelok.ee/products_est.pdf. [Kasutatud 14 05 2017].
- [11] „Ettevõtte Proplastik kodulehekül,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://proplastik.ee/alumiinium> .
- [12] „Veebipood Sovietcarparts.com,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://sovietcarparts.com/shop/gaz-24-ee/veermik2/esisilla-labilooigi-puks-uus/> . [Kasutatud 15 05 2017].
- [13] „Metaldisain OÜ tootekataloog,“ [Võrgumaterjal]. Available: http://www.metaldis.ee/files/catalogi/catalogi_ast/metaldis_catalog_estonian.pdf.

- [14] *ISO 7641 standard*.
- [15] „Maanteeameti kodulehekülg,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.mnt.ee/et/soiduk/soidukite-ja-masinate-kategooriad>. [Kasutatud 11 11 2017].
- [16] „Majandus- ja kommunikatsiooniministri 3. juuni 2011. a määrus nr 37 „Auto, mootorratta, mopeedi ja nende haagiste tüübikinnituse, üksiksõiduki kinnituse ja ümberehituse tingimused, nõuded ja kord“ /isa 3 (majandus- ja taristuministri 24.07.2015. a määruse,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/131072015008>. [Kasutatud 11 11 2017].
- [17] „Auto, mootorratta, mopeedi ja nende haagiste tüübikinnituse, üksiksõiduki kinnituse ja ümberehituse tingimused, nõuded ja kord /isa 3 (majandus- ja taristuministri 24.07.2015. a määruse nr 100 sõnastuses),“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.riigiteataja.ee/akt/1310/7201/5001/MKM_m100_lisa3.pdf. [Kasutatud 11 11 2017].
- [18] [Võrgumaterjal]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX%3A32007L0046>. [Kasutatud 25 11 2017].
- [19] [Võrgumaterjal]. Available: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2007.137.01.0001.01.EST&toc=OJ:L:2007:137:TOC. [Kasutatud 25 11 2017].
- [20] „Tööriistamarketi koduleht ja veebipood,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.tooriistamarket.ee/>. [Kasutatud 16 12 2017].
- [21] „Zincpot AS kodulehekülg,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://zincpot.ee/wp-content/uploads/2015/11/Tehnilised-tingimused-teraskonstruktsioonide-kuumtsinkimiseks.pdf>. [Kasutatud 17 12 2017].
- [22] „USA Ettevõtte Mi-T-M kodulehekülg,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.mitm.com/industrial/water-treatment-systems/>. [Kasutatud 6 2 2017].
- [23] „Ettevõtte Ultimate washer kodulehekülg,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ultimatewasher.com/wash-water-filtration-systems.htm>. [Kasutatud 5 01 2018].
- [24] „Stokker AS veebipood,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.stokker.ee/alamgrupp/cl01-01/professionaalsed-survepesurid>. [Kasutatud 5 01 2018].
- [25] „Eesti panga kodulehekülg,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eestipank.ee/valuutakursid>. [Kasutatud 5 1 2018].

- [26] „Corm OÜ kodulehekülg ja veebipood,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.metall24.ee/>.
[Kasutatud 05 01 2018].
- [27] „Saksa ettevõtte Knott veebipood,“ [Võrgumaterjal]. Available: www.knott-trailer-shop.com .
[Kasutatud 7 1 2018].
- [28] „Hollandi ettevõtte Aanhangcars veebipood,“ [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.aanhangcars.nl/oprijplaat-m120s-5-45-al-450x60-cm-draagvermogen-4787-kg>.
[Kasutatud 7 01 2018].