



Jan Koort

ÕHKPATJADEL TREILER

LÕPUTÖÖ

Mehaanikateaduskond

Masinaehituse eriala

Tallinn 2015

Mina, Jan Koort, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Lõputöö autor

Jan Koort

Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

Üliõpilase kood m09046

Õpperühm MI81

Lõputöö vastab sellele püstitatud kehtivatele nõuetele ja tingimustele.

Juhendajad

Tavo Kangru

Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

Aare Siren

Konsultandid

J.-E. Särak

Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

Kaitsmisele lubatud „.....“20....a.

Mehaanikateaduskonna dekaan Vello Vainola

Teaduskonna nimetus

Nimi

ja

allkiri

SISUKORD

SISUKORD	3
1. SISSEJUHATUS.....	5
2. TURU ANALÜÜS.....	7
3. TEHNILINE OSA.....	10
3.1. Tugevusarvutustest	10
3.2. Tugevusarvutused.....	11
3.2.1. Vajaliku veojõu arvutus [N]	11
3.2.2. Esitala ristlõike leidmine [mm ²].....	11
3.2.3. Peatala ristlõike leidmine [mm ²]	13
3.2.4. Tõstepatjade arvutus tõstevõimele [N].....	15
3.2.5. Õõtsuhoova plaatide arvutus [mm]	19
3.2.6. Võlli läbimõõdu leidmine [mm].....	22
3.2.7. Tagapuki plaatide arvutus [mm]	25
4. VALMISTAMISE TEHNOLOOGIA.....	27
4.1. Detailide töötlemise tehnoloogia ja režiimide arvutus	27
4.2. Operatsiooniaegade normeerimine	36
5. MAJANDUSLIK OSA	38
5.1. Kulude eelarve koostamine	38
5.2. Toote omahinna kalkulatsioon.....	39
5.3. Tasuvuskogus	39
KOKKUVÕTE.....	41
SUMMARY	43
VIIDATUD ALLIKAD.....	45
LISAD	46
Lisa 1. Operatsioonide normeeritud ajad	47
Lisa 2. Materjali kulu	49
Lisa 3. Kulutused materjalidele.....	50
Lisa 4. Kulutused ostutoodetele	51

Lisa 5. Kulutused kinnitusvahenditele	52
Lisa 6. Kulutused laserlõikusdetailidele.....	53
Lisa 7. Kulutused tellitud töödele.....	54
Lisa 9. Treileri üldkoostu joonis	55
Lisa 10. Raami keeviskoost.....	56
Lisa 11. Tagapuki keeviskoost	57
Lisa 12. Õõtshoova keeviskoost.....	58
Lisa 13. Sillatõste koost.....	59

1. SISSEJUHATUS

Käesolevas töös projekteeritakse õhkpatjadel treiler. Treiler on peamiselt mõeldud sportautode, ringraja ja drifti võistlusautode transportimiseks. Kasutusvaldkonnaks võib olla ka erinevate seadmete ja kaubaaluste transport tänu treileri kandevõimele ning mugavale laadimisele. Treiler erineb tavalisest autoveo treilerist sellepolest, et suudab tänu õhkpatjadele ja sõltumatule vedrustusele laskuda vastu maad. Treileri tõstmiseks ja langetamiseks kasutatakse raskeveoki sillatõstepatju. Treiler on varustatud kompressori, õhupaagi ja akuga. Tänu sellele on võimalik madalaid autosid peale ja maha laadida nii, et ei peaks eemaldama keredetaile.

Töö eesmärgiks on luua uus toode, mis oleks kättesaadav Euroopas. Esialgne turuanalüüs näitab, et analoogset treilerit toodetakse Ameerikas ja Austraalias. Tänu sellele on kättesaadavus Euroopas kulukas ja keeruline. Uus toode peab olema parema kvaliteedi, hinna ja kättesaadavusega. Konkurents on väga väike ning toote edukuse tõenäosus on võrdlemisi suur. Toote detailide ja koostude valmistamiseks ning komplekteerimiseks kasutatakse rendipinda ja -seadmeid.

Toode peab vastama järgmistele nõuetele

- Haagise maksimaalne pikkus võib olla 12,0 m, max. kõrgus 4,0 m ja laius 2,55 m. Autorongi maksimaalne kogupikkus võib olla 18,35 m.
- Toode peab vastama o2 kategooria nõuetele.
- Toote täismass ei tohi ületada 3500 kg.

Toote konstrueerimisel lähtutakse

- Toote täismassist, mis on 3500 kg
- Tõstepadjad peavad suutma tõsta 3500 kg
- Treileri laadimisala minimaalsed mõõtmed 4500 mm pikk ja 1920 mm lai

Toote torukonstruktsioonile ning koostudele on teostatud tugevusarvutused. Detailidele ja koostudele, mida on võimalik ise valmistada on määratud tootmise tehnoloogia koos operatsiooniaegade normeerimisega. Projekti majanduslikus osas on teostatud vajalikud arvutused, toodud kulutuste koondtabelid ja arvutatud treileri omahind.

2. TURU ANALÜÜS

Peatükis vaadeldakse turul olevat toodet ning võrreldakse seda projekteeritava tootega. Kuna tegemist on väga spetsiifilise tootega, esineb ainult üks konkurent.

Airbagged trailers



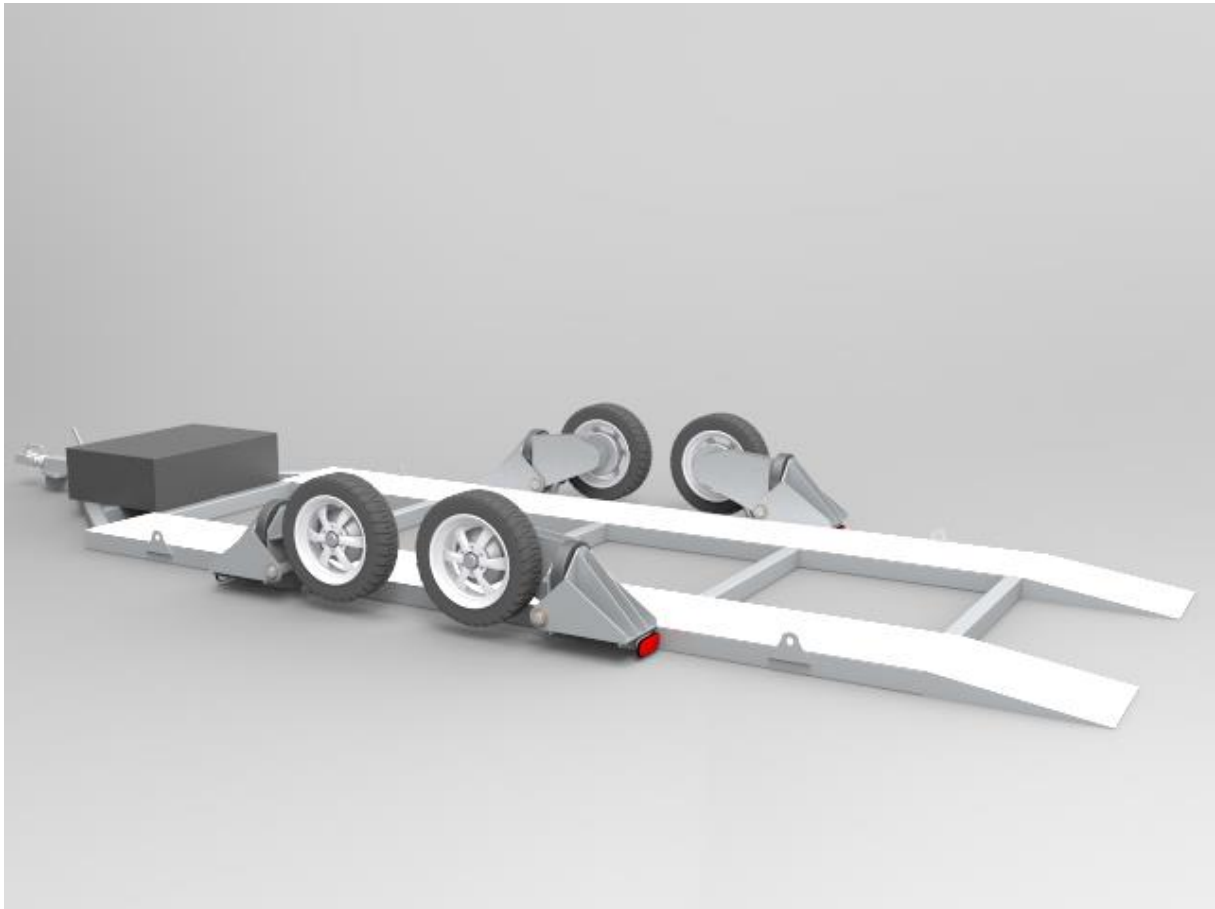
Joonis 1. Airbagged Trailers

Austraalia konkurentide treiler, mida toodetakse ka Ameerikas on näidatud joonisel 1 ja selle põhinäitajad on toodud tabelis 1.

Tabel 1

Kandevõime	1 995 kg
Laadimisala	5 486.4 mm pikk ja 2 082 mm lai
Üldised mõõtmed	7 010.4 mm pikk ja 2 590.8 mm lai
Täismass	3 039 kg

Projekteeritud Treiler



Joonis 2. Projekteeritud treiler

Projekteeritud treiler on näidatud joonisel 2 ja selle põhinäitajad on toodud tabelis 2.

Tabel 2

Kandevõime	2 520 kg
Laadimisala	5 230 mm pikk ja 1 960 mm lai
Üldised mõõtmed	6 966 mm pikk ja 2 547 mm lai
Täismass	3 500 kg

Projekteerimisel selgub, et konkurendi treileri laadimisala on 122 mm suurem, kuid kandevõime on 525 kg vähem. Konkurendi treileri üldine laius on 2 590.8 mm, tänu sellele ei ole võimalik antud treilerit Euroopas arvele võtta kuna lähtuvalt haagise nõuetele võib treileri maksimaalne laius olla 2,55 m. Konkurent kasutab elektrilisi inertspidureid, projekteeritud treileril on hüdraulilised pidurid.

3. TEHNILINE OSA

3.1. Tugevusarvutustest

Auto peale laadimisel tuleb arvestada, et treileri haakeseadmele ei kanduks üle 80 kg survejõudu. Suuremate jõudude korral võib haakeseadme puruneda ja põhjustada liiklusohhtliku olukorra. Tänu ebatasaste asfaltteede ja erinevatele pinnavormidele on treileri vedamisel täpsete jõudude väärtusi raske määrata, kuna need sõltuvad järgmistest teguritest.

- Haagise rehvi kõrgus ja rõhk rehvis
- Üle sõidetava takistuse suurus ja mõjumise aeg
- Kui takistus koormab ainult ühte silda, -rattapaari või ühe poole rattapaare
- Kasutatavad amortisaatorid
- Õhkpadja jäikus ja selle käigupikkus
- Konstruktsiooni läbipaine
- Ülekoormatud või vale koorma paigutus
- Veetava seadme õhkrehvi kõrgusest, rehvi rõhust ja vedrusüsteemist

Treileri projekteerimisel lähtuti järgmistest nõuetest

- Haagise maksimaalne pikkus võib olla 12,0 m, max. kõrgus 4,0 m ja laius 2,55 m. Autorongi maksimaalne kogupikkus võib olla 18,35 m.
- Toode peab vastama o2 kategooria nõuetele.
- Toote täismass ei tohi ületada 3500 kg.
- Treileri laadimisala mõõtmed 5000 mm pikk ja 1920 mm lai

Treileri raam konstrueeritakse toruraamile. Õõtshoob ja taga pukk konstrueeritakse lehtmaterjalist.

3.2. Tugevusarvutused

3.2.1. Vajaliku veojõu arvutus [N]

Treileri vedamiseks vajalik jõud P_m [N]

$$P_m = f_r \cdot Q \cdot \frac{d}{D} + 2 (Q + n \cdot q) \cdot \frac{k}{D}, [1, p. 384] \quad (1)$$

kus	Q	- treileri täismass (ilma ratasteta) 3420 kg ;
	q	- ühe ratta kaal 20 kg ;
	n	- rataste arv 4tk ;
	f_r	- ratta tapi redutseeritud hõõrdetegur laagris 0,008 ;
	d	- treileri ratta läbimõõt 0,53 m ;
	D	- treileri ratta läbimõõt 0,53 m ;

$$k = K \cdot r_d, [1, p. 384] \quad (2)$$

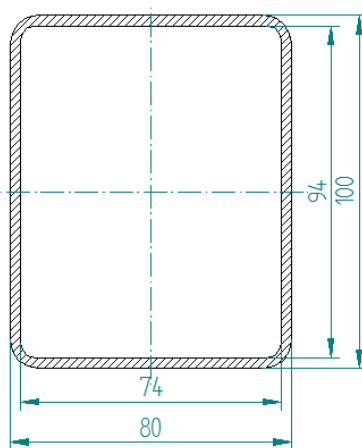
kus	K	- veereetakistus tegur kiirusel (56 km/h) 0,05 ;
	r_d	- kaugus ratta tsentrist teepinnani 0,3 m ;
	k	- veerehõõrdetegur rataste ja aluspinna vahel 0,015 ;

$$P_m = 0,008 \cdot 34200 + 2(34200 + 4 \cdot 200) \cdot \frac{0,015}{0,53} = 2254,7 \text{ N}$$

Täismassiga 3500 kg treileri vedamiseks on vaja rakendada 2254,7 N jõudu.

3.2.2. Esitala ristlõike leidmine [mm²]

Esitala ristlõige on toodud joonisel 3.



Joonis 3. Esitala ristlõige

Tõmbejõud esitalas σ_t [MPa]

$$\sigma_t = \frac{F}{A}, [1, \text{p. 579}] \quad (3)$$

kus

- F - tõmbejõud 2254,7 N ;
A - tala ristlõike pindala 1044 mm² ;

$$\sigma_t = \frac{2254,7}{1044} = 2,15 \text{ MPa}$$

Esitala varu

$$S = \frac{\sigma}{\sigma_t}, \quad (4)$$

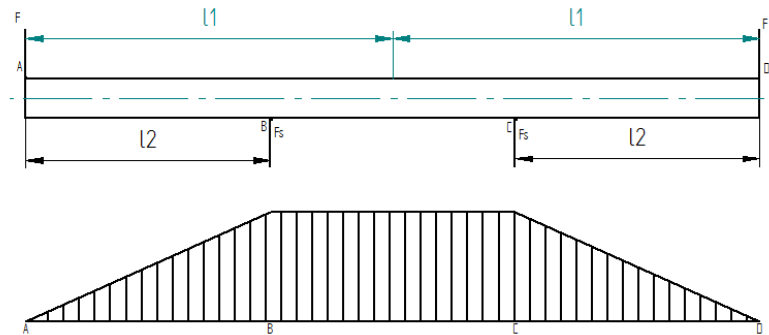
- kus σ - materjali voolavuspiir 355 MPa ;
 σ_t - tegelik tõmbepinge ;

$$S = \frac{355}{2,15} = 180$$

Varutegur peatala tõmbele on 180 kordne

3.2.3. Peatala ristlõike leidmine [mm²]

Peatala paindeskeem on toodud joonisel 4.



Joonis 4. Peatala paindeskeem

Peatala mõjutus paindele

Tasakaalu võrrand

$$\sum M_b = 0$$

$$-F \cdot l_2 - F_s \cdot (2 \cdot l_1 - 2 \cdot l_2) + F \cdot (2 \cdot l_1 - l_2) = 0, \quad (5)$$

- kus
- F - veetavast masinast tekkiv jõud ühele talale 8750 N ;
 - F_s - ühele sillale mõjuv jõud 8750 N ;
 - L2 - kaugus jõu mõjumise punkti ja silla asukoha vahel 0,69 m ;
 - L1 - kaugus jõu mõjumise punktist tala peatala tsentrisse 1,4 m ;

Painde epüürlilt selgub, et kõige suurem paine tekib punktide b ja c vahel .

Kandetalas tekkiv paindepinge [N·m]

$$M_a = L_2 \cdot F_s, \quad (6)$$

- kus
- L2 - kaugus jõu mõjumise punkti ja silla asukoha vahel 0,69 m ;
 - F_s - ühele sillale mõjuv jõud 8750 N ;

$$Ma = 0,69 \cdot 8750 = 6037,5 \text{ N}$$

Vajaliku vastupanumomendi leidmine W_v [mm³]

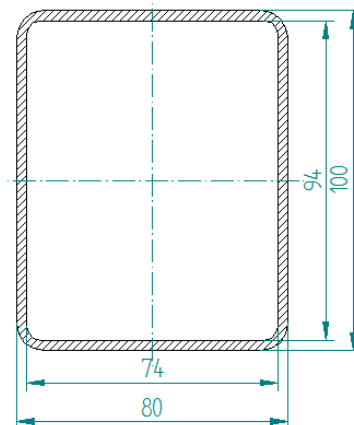
$$W_v = \frac{Ma}{\sigma}, [1, \text{p. 580}] \quad (7)$$

kus Ma - kandetalas tekkiv paindepinge 6037,5 N ;
 σ - materjali voolavuspiir 355 MPa ;

$$W_v = \frac{Ma}{\sigma} = \frac{6037,5 \times 10^3}{355} = 17007 \text{ mm}^3$$

Tegelik vastupanumoment W_t [mm³]

Peatala ristlõige on toodud joonisel 5



Joonis 5. Peatala ristlõige

$$W_t = \frac{b \cdot h^2}{6}, [2, \text{p. 118}] \quad (8)$$

kus b - ristküliku lühem külge m ;
 h - ristküliku pikem külge m ;

$$W_{t1} = 80 \times 100^2 / 6 = 133333 \text{ mm}^3$$

$$W_{t2} = 74 \times 94^2 / 6 = 108977 \text{ mm}^3$$

$$W_t = 133333 - 108977 = 24356 \text{ mm}^3$$

Ohutustegur S_1

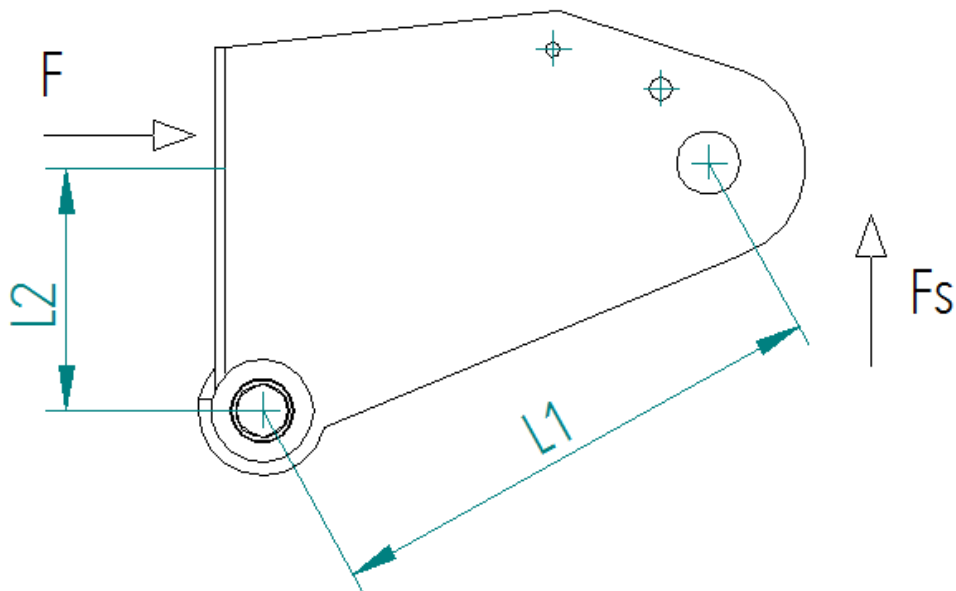
$$S_1 = \frac{W_t}{W_v}, \quad (9)$$

kus W_t - tegelik vastupanumoment 24356 mm^3 ;
 W_v - vajalik vastupanumoment 17007 mm^3 ;

Tegeliku vastupanumomendi arvutusest selgub, et valitud ristlõikega toru sobib peatalaks.

3.2.4. Tõstepatjade arvutus tõstevõimele [N]

Treileri tõstmise jõuskeem on toodud joonisel 6.



Joonis 6. Tõsteskeem : $L1 = 0,397 \text{ m}$; $L2 = 0,175 \text{ m}$; $F_s = 8750 \text{ N}$

Vajalik jõud silla tõstmiseks F [N]

$$F \cdot L2 = F_s \cdot L1 , \quad (10)$$

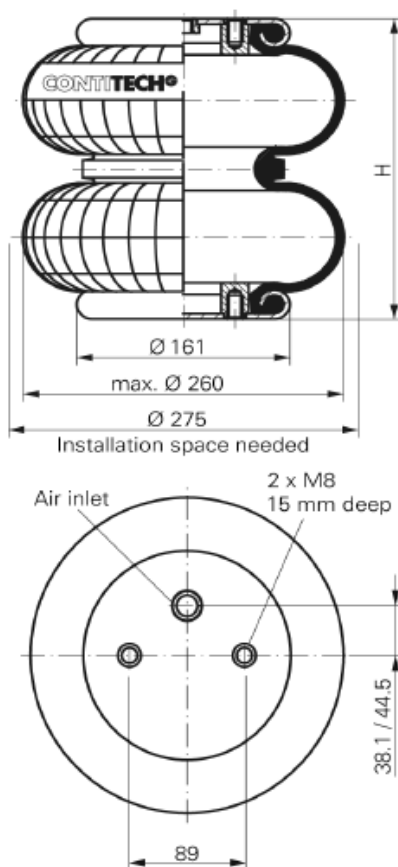
- kus L2 - kaugus pöördepunktist padja poolt rakendatavasse punkti 0,175 m ;
 L1 - kaugus pöördepunktist velje tsentrisse 0,397 m ;
 F_s - treileri poolt avaldatav jõud ühele sillale 8750 N ;

$$F = \frac{8750 \cdot 0,397}{0,175} = 19850 \text{ N}$$

Üks tõstepadi peab avaldama jõudu 19850 N, et tõsta treilerit täismassiga 3500 kg .

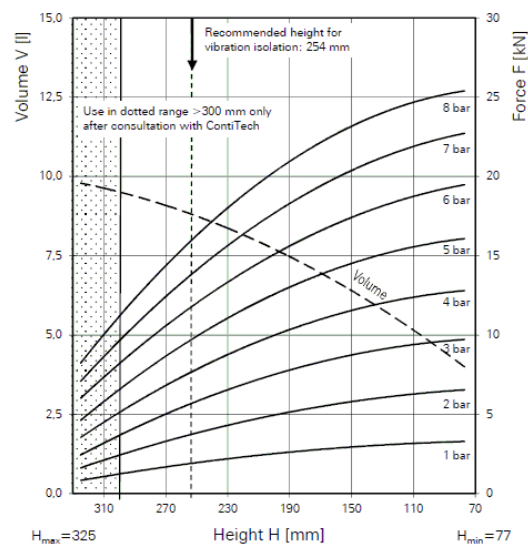
Tõstepadja valik

Valin tõstepadja Contitech FD 200-25 CI mis on toodud joonisel 7. [9]



Joonis 7. Tõstepadi

Tõstepadja tehnilised näitajad on toodud joonisel 8.



Joonis 8. Tõstepadja tehnilised näitajad

Tõstepadi hakkab tööle soovitatud kõrgusel 254 mm, et vähendada vibratsiooni sõitmisel. Üks tõstepadi peab avaldama 19850 N jõudu, et tõsta treilerit täismassiga 3500 kg. Antud padi avaldab jõudu 20000 N töö rõhul 6,5 bar-i ja padi täituvus antud töö rõhul on 10 l.

Kompressori valik

Valin kompressori VIAIR Dual Pewter 480 C mis on toodud joonisel 9. [10]



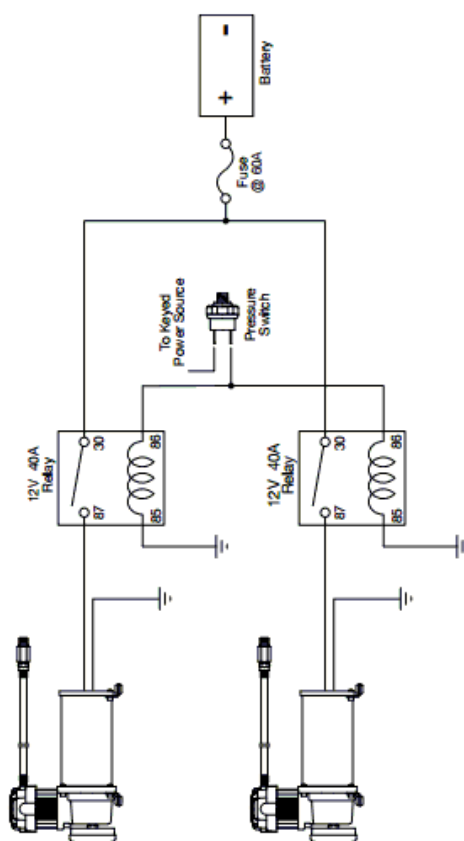
Joonis 9. Kompressor koos lisa tarvikutega

Kompressori tehnilised näitajad on toodud tabelis 3.

Tabel 3

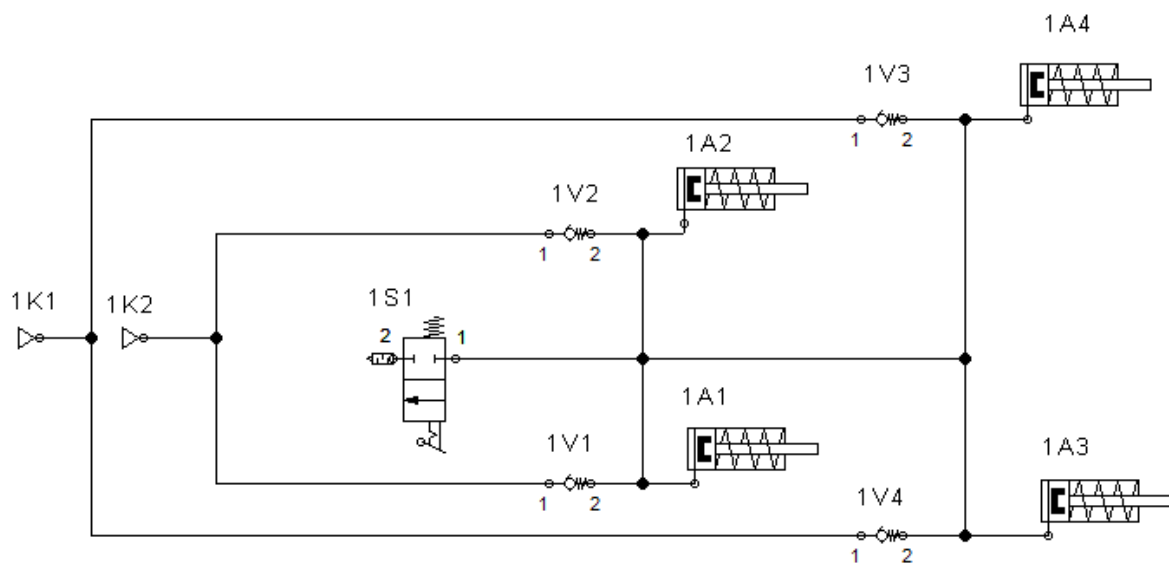
Pinge	12 V
Maksimaalne töö rõhk	13 bar
Nominaalne töö rõhk	6,8 bar
Dimensioonid ja kaal ühe kompressori kohta	291x109,22x165,1 mm ja kaal 5kg

Kompressori elektriskeem on toodud joonisel 10.



Joonis 10. Kompressori elektriskeem

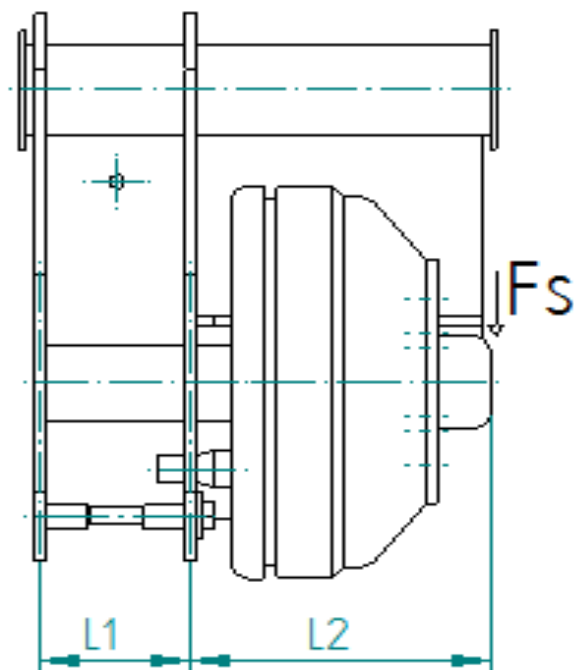
Treileri pneumaatiline skeem on toodud joonisel 11.



Joonis 11. Pneumaatiline skeem : 1K1,1K2 –kompressor; 1S1 - 2 suunda/2 positsioon normaalasend suletud klapp; 1A1,1A2,1A3,1A4 – tõstepadi ; 1V1,1V2,1V3,1V4 - tagasilöögiventiil.

3.2.5. Õõtshoova plaatide arvutus [mm]

Õõtshoob on toodud joonisel 12.



Joonis 12. Õõtshoob: $L1=0,177\text{m}$; $L2=0,082\text{m}$; $Fs=8750\text{m}$

Plaatidele mõjuv moment [N·m]

$$M_1 = F_s \cdot L_1, [5, p. 78] \quad (11)$$

kus F_s - rattale mõjuv jõud 8750 N ;
 L_1 - kaugus ratta tsentrist lähima plaadi tsentrisse 0,177 m ;

$$M_1 = 8750 \cdot 0,177 = 1549 \text{ N}\cdot\text{m}$$

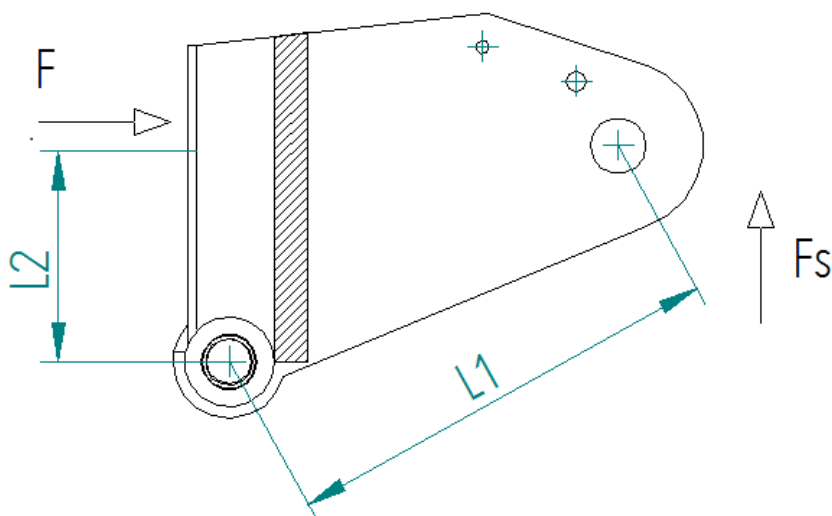
Plaatidele mõjuv jõud F_{pl} [N]

$$F_{pl} = \frac{M_1}{L_2}, \quad (12)$$

kus M_1 - plaadile mõjuv moment 1549 N ;
 L_2 - kahe plaadi vaheline kaugus 0,082 m ;

$$F_{pl} = \frac{1549}{0,082} = 18890 \text{ N}$$

Ohtlik koht sillatõste koostus on toodud joonisel 13.



Joonis 13. Ohtlik koht sillatõste koostus: $L_1=0,345\text{m}$; $F_s=8750\text{N}$

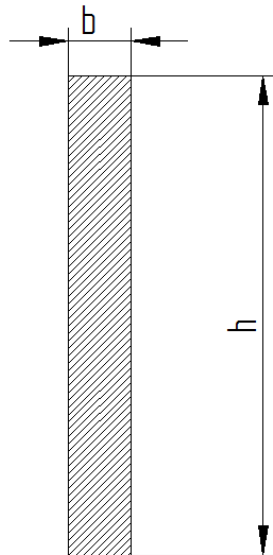
Moment plaadi ohtlikus lõikes [N·m]

$$M_2 = F_{pl} \cdot L_1, \quad (13)$$

kus F_{pl} - plaadile mõjuv jõud 18890 N ;
 L_1 - kaugus pöörlemis tsentrist kuni ratta tsentrisse 0,345 m ;

$$M_2 = 18890 \cdot 0,345 = 6517 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Ohtliku koha ristlõige on toodud joonisel 14.



Joonis 14. Ohtliku koha ristlõige: $b=6\text{mm}$; $h=281\text{mm}$

Ohtliku koha vastupanumoment [mm³]

$$W_1 = \frac{b \cdot h^2}{6}, [2, \text{p. 118}] \quad (14)$$

kus b - materjali paksus 6 mm ;
 h - ohtliku lõike kõrgus 281 mm ;

$$W_1 = \frac{6 \cdot 281^2}{6} = 78961 \text{ mm}^3$$

Paindepinge ohtlikus lõikes [MPa]

$$\sigma_{p1} = \frac{M_2 \cdot 10^8}{W_1}, [1, p. 537] \quad (15)$$

Kus M_2 - moment ohtlikus lõikes 6517 N ;
 W_1 - ohtliku ristlõike vastupanu moment 78961 mm³;

$$\sigma_{p1} = \frac{6517 \cdot 10^8}{78961} = 82,53 \text{ MPa} ;$$

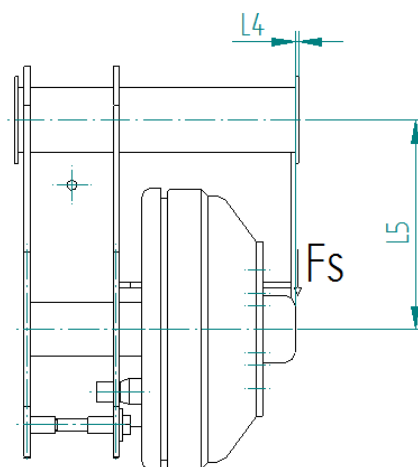
Ohutustegur

$$S_1 = \frac{\sigma_r}{\sigma_p}, \quad (16)$$

kus σ_r - materjali voolavuspiir 355 MPa ;
 σ_p - paindepinge ohtlikus lõikes 83,8 MPa ;

$$S_1 = \frac{355}{82,53} = 4,3$$

3.2.6. Võlli läbimõõdu leidmine [mm]



Joonis 15. Täpsustav joonis: L4=0,111m; Fs=8750N; L5=0,322

Moment võlli ohtlikus lõikes [N·m]

$$M_3 = F_s \cdot L_4, \quad (17)$$

kus F_s - võllile mõjuv jõud 8750 N ;
 L_4 - vahemaa ratta tsentrist võlli kinnituskohani 0,111 m ;

$$M_3 = 8750 \cdot 0,111 = 971 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Võlli vastupanumoment [mm³]

$$W_2 = \frac{\pi \cdot d^3}{32}, \quad (18)$$

kus d - võlli läbimõõt 40 mm ;
 π - pii 3,14 ;

$$W_2 = \frac{\pi \cdot 40^3}{32} = 6283 \text{ mm}^3$$

Suurim paindepinge võllis [MPa]

$$\sigma_{p2} = \frac{M_3 \cdot 10^3}{W_2}, \quad (19)$$

kus M_3 - moment võlli ohtlikus lõikes 971 N·m ;
 W_2 - võlli vastupanumoment 12271 mm³ ;

$$\sigma_{p2} = \frac{971 \cdot 10^3}{6283} = 154 \text{ MPa}$$

Suurim väändemoment võllis [N·m]

$$T = F_s \cdot L_5, \quad (20)$$

kus F_s - võllile mõjuv jõud 8750 N ;
 L_5 - kaugus ratta tsentrist võlli tsentrisse 0,322 mm ;

$$T = 8750 \cdot 0,322 = 2818 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Võlli polaarvastupanumoment [mm³]

$$W_p = 2 \cdot W_2, [6] \quad (21)$$

kus W_2 - võlli vastupanumoment 12271 mm³ ;

$$W_p = 2 \cdot 12271 = 24540 \text{ mm}^3$$

Suurim väändepinge võllis [MPa]

$$\tau_v = \frac{T}{W_p}, [1, \text{p. 448}] \quad (22)$$

kus T - suurim väändemoment võllis 2818 N·m ;

W_p - võlli polaarvastupanu moment 24540 mm³ ;

$$\tau_v = \frac{2818 \cdot 10^3}{24540} = 115 \text{ MPa}$$

Jõudude liitmine [MPa]

$$\sigma_{skv} = \sqrt{\sigma_{p2}^2 + 4 \cdot \tau_v^2}, \quad (23)$$

kus σ_{p2} - suurim paindepinge võllis 154 MPa ;

τ_v - suurim väändepinge võllis 2818 N·m ;

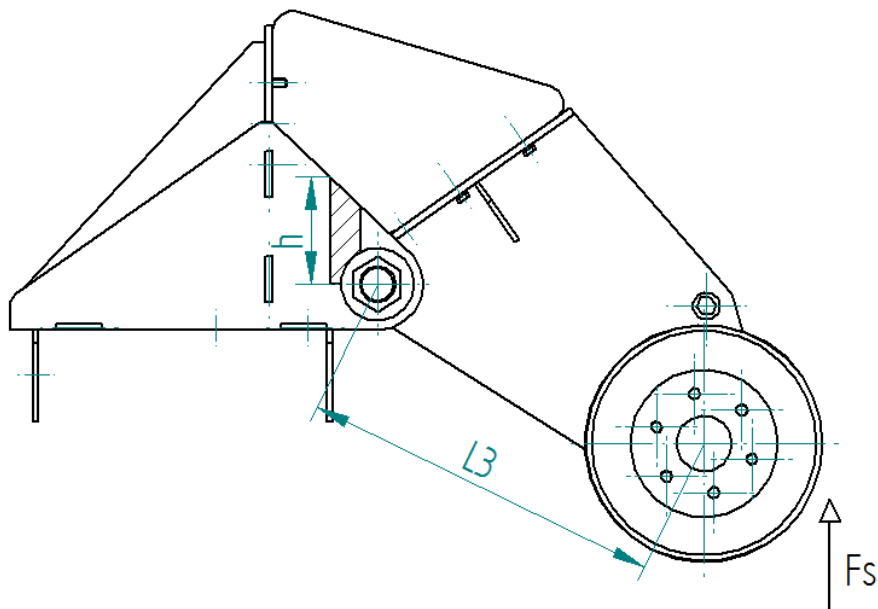
$$\sigma_{skv} = \sqrt{154^2 + 4 \cdot 115^2} = 277 \text{ MPa}$$

Ohutustegur

$$\text{Valemist (16): } S_1 = \frac{355}{277} = 1,3$$

3.2.7. Tagapuki plaatide arvutus [mm]

Täpsustus on toodud joonisel 16.



Joonis 16. Selgitav joonis: $L3=0,397\text{m}$; $F_s=8750\text{N}$; $h=0,083\text{mm}$

Moment plaadi ohtlikus lõikes [N·m]

$$M_4 = F_s \cdot L3, \quad (24)$$

kus F_s - rattale mõjuv jõud 8750 N;
 $L3$ - kaugus ratta tsentrist pöörlemistsentrisse 0,397 m ;

$$M_4 = 8750 \cdot 0,397 = 3473 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Ohtliku ristlõike vastupanumoment [N·m]

$$\text{Valemist (13) : } W_1 = \frac{8 \cdot 83^3}{6} = 9185 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Paindepinge ohtlikus lõikes [MPa]

$$\text{Valemist (14) : } \sigma_{p1} = \frac{3473 \cdot 10^3}{9185} = 378 \text{ MPa}$$

Ohutus tegur

$$\text{Valemist (15) : } S_1 = \frac{355}{378} = 0,9$$

Tegelik ohutustegur on $S_1 = 0,9 \cdot 2 = 1,8$ kuna plaate on 2.

4. VALMISTAMISE TEHNOLOOGIA

Antud peatükis kirjeldatakse toote valmistamiseks määratud ja arvutatud režiime, vastavalt režiimidele arvutatakse iga detaili valmistamise tehnoloogia ja arvutatakse koostude keevitamise põhiaegu ning normeeritakse teisi tootmisega seotud operatsioonide koostisaegu: abiajad, tehnilise teenindamise ajad, organisatsioonilised ajad, vaheajad, ettevalmistuslõpetusaeg ning lõpuks arvutatakse ajakulu, mis läheb ettevõttes toote valmistamiseks, ehk tüki-kalkulatsiooniaeg.

4.1. Detailide töötlemise tehnoloogia ja režiimide arvutus

Treileri tootmisel on kasutatud järgmisi operatsioone:

Saagimine lintsaega

Saagimistööd teostatakse lintsaega Knuth ABS 280 B. Pink võimaldab lõikekiirust 20 - 100 m/min. Terasel puhul on mõistlik kasutada kiirust 40-60 m/min. konstruktsiooniterasel jaoks ettenihe $f_n = 400$ mm/min. Saetakse toruraami detailid.

Toru detailide 100x80x3 saagimine

Materjali eemaldamise määr saagimisel [mm²/min]

$$Q_{\max} = V_c \cdot (1,54 - 1,13 \log \cdot t_{pi}) \quad (25)$$

kus	V_c	- lõikekiirus 40 m/min ;
	t_{pi}	- saelindi hambaid tolli kohta 2/3 ;

$$Q_{\max} = 40 \cdot (1,54 - 1,13 \log \cdot 0,02) = 6900 \text{ mm}^2/\text{min}$$

Masinaaeg [min]

$$T = \frac{S}{Q_{\max}}, \quad (26)$$

kus S - lõigatava materjali ristlõikepindala 1044 mm^2 ;
 $Q_{\max}$ - materjali eemaldamise määr saagimisel $6900 \text{ mm}^2/\text{min}$;

$$T = \frac{1044}{6900} = 0,15 \text{ min}$$

Toru detailide 50x30x2 saagimine

Leian materjali eemaldamise määra [mm^2/min]

$$\text{Valemis (24) : } Q_{\max} = 40 \cdot (1,54 - 1,13 \log \cdot 0,02) = 6900 \text{ mm}^2/\text{min}$$

Vastavalt materjali eemaldamise määrale leian masinaja [min]

$$\text{Valemis (25) : } T = \frac{304}{6900} = 0,04 \text{ min}$$

Puurimine puurpingis

Puurimistööd teostatakse puurpingiga Knuth KSB 25 A. Puurimise kiirus sõltub puuritava ava läbimõõdust. Puuritakse õhuvoolikute, piduritorude monteerimis avad ja tsinkimis avad. Toru raami detailidesse on vaja puurida 10 mm ja 20mm avad.

Ø20 mm ava puurimine

Leian spindli pöörlemissageduse [p/min]

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D_c}, [7, \text{p. 55}] \quad (27)$$

kus V_c - lõikekiirus 20 m/min ;
 D_c - puuri läbimõõt 20 mm ;

$$n = \frac{20 \cdot 1000}{\pi \cdot 20} = 318 \text{ p/min}$$

Leian masinaaja [min]

$$T = \frac{60 \cdot L \cdot i}{f_n \cdot n}, \quad (28)$$

kus L - töödeldava pinna pikkus 3 mm ;
 i - läbimite arv 1 ;
 f_n - ettenihe 0,1mm/p ;
 n - spindli pöörlemissagedus 318 p/min ;

$$T = \frac{60 \cdot 3 \cdot 1}{0,1 \cdot 318} = 0,09 \text{ min}$$

Ø10 mm ava puurimine

Leian spindli pöörlemissageduse [p/min]

$$\text{Valemist (27) : } n = \frac{25 \cdot 1000}{\pi \cdot 10} = 795 \text{ p/min}$$

Leian masinaaja [min]

$$\text{Valemist (28) : } T = \frac{60 \cdot 3 \cdot 1}{0,1 \cdot 795} = 0,03 \text{ min}$$

Ø40 mm ava puurimine

Leian spindli pöörlemissageduse [p/min]

$$\text{Valemist (27) : } n = \frac{10 \cdot 1000}{\pi \cdot 10} = 318 \text{ p/min}$$

Leian masinaaja [min]

$$\text{Valemist (28) : } T = \frac{60 \cdot 3 \cdot 2}{0,1 \cdot 63} = 0,18 \text{ min}$$

Keermestamine

Kuna avad on kõik läbivad siis kasutatakse keermestamiseks Knuth KSB 25 A millele on paigaldatud keermelõikur M12. Enne keermestamist tehakse kontroll, et ava vastaks nõutud avale mis M12 keeme korral on 10 mm.

Leian masinaaja [min]

$$T = \frac{60 \cdot L \cdot i}{f_n \cdot n}, \quad (29)$$

kus L - keermepuuri tööosa pikkus 30 mm ;
 i - läbimite arv 2 (pealäbim ning reverseeritud) ;
 f_n - ettenihe 1 mm/p ;
 n - spindli pöörlemissagedus 700 p/min ;

$$T = \frac{60 \cdot 30 \cdot 2}{1 \cdot 500} = 0,08 \text{ min}$$

Keevitamine

Keevitustööd teostatakse agregaadiga Mastermig 270. Kolmefaasiline, õhkjahutusega traatkeevitus, millega on võimalik keevitada nii pidev- kui ka punktimisrežiimis, elektroonilise punktimisaja regulaatoriga. Torud keevitatakse omavahel kokku ümberringi. Keevitus parameetrite arvutamiseks kasutan Mig keevitus kalkulaatorit.

Toruraami keevitusaeg [min]

Leian traadi sulamisteguri [g/Ah]

$$as = 2 + \sqrt{\frac{I}{d_t}}, \quad (30)$$

kus I - keevitusvool 170 A ;
 d_t - keevitustraadi läbimõõt 1,2 mm ;

$$as = 2 + \sqrt{\frac{170}{1,2}} = 14 \text{ g/Ah}$$

Leian pealesulatusteguri [g/Ah]

$$a_{ps} = a_s \cdot (1 - \psi), \quad (31)$$

kus a_s - traadi sulamistegur 14 g/Ah ;
 ψ - metalli kadu pritsmetele $\psi = 0,02 \dots 0,03$;

$$a_{ps} = 14 \cdot (1 - 0,02) = 13,72 \text{ g/Ah}$$

Leian keevitamiskiiruse [mm/min]

$$V_k = \frac{a_{ps} \cdot I}{100 \cdot f_b \cdot \rho}, \quad (32)$$

kus a_{ps} - pealesulatustegur 13,72 g/Ah ;
 I - keevitusvool 170 A ;
 f_b - võetakse 0,3...0,6 cm² ;
 ρ - traadi tihedus 7,8 g/cm³ ;

$$V_k = \frac{13,72 \cdot 170}{100 \cdot 0,5 \cdot 7,8} = 6 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 100 \text{ mm/min}$$

Leian masinaaja [min]

$$T = \frac{L_1}{V_k}, \quad (33)$$

kus L_1 - keevisõmbluse kogupikkus 360 mm ;
 V_k - keevituskiirus 100 mm/min ;

$$T = \frac{360}{100} = 3,6 \text{ min}$$

Sõidutee tugede keevitusaeg

Traadi sulamistegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (29) : } a_s = 2 + \sqrt{\frac{150}{1,2}} = 13,1 \text{ g/Ah}$$

Pealesulatustegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (30) : } a_{ps} = 13,1 \cdot (1 - 0,02) = 12,8 \text{ g/Ah}$$

Keevitamiskiiruse [mm/min]

$$\text{Valemist (31) : } V_k = \frac{12,8 \cdot 150}{100 \cdot 0,5 \cdot 7,8} = 4,9 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 81,3 \text{ mm/min}$$

Masinaaeg [min]

$$\text{Valemist (32) : } T = \frac{160}{81,3} = 1,9 \text{ min}$$

Tagapuki koostu keevitusaeg [min]

Traadi sulamistegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (29) : } a_s = 2 + \sqrt{\frac{210}{1,2}} = 15,2 \text{ g/Ah}$$

Pealesulatustegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (30) : } a_{ps} = 15,2 \cdot (1 - 0,02) = 14,9 \text{ g/Ah}$$

Keevitamiskiirus [mm/min]

$$\text{Valemist (31) : } V_k = \frac{14,9 \cdot 210}{100 \cdot 0,5 \cdot 7,8} = 8 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 133 \text{ mm/min}$$

Masinaaeg [min]

$$\text{Valemist (32) : } T = \frac{2200}{133} = 16,5 \text{ min}$$

Õõtsuhoova koostu keevitusaeg [min]

Traadi sulamistegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (29) : } a_s = 2 + \sqrt{\frac{210}{1,2}} = 15,2 \text{ g/Ah}$$

Pealesulatustegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (30) : } a_{ps} = 15,2 \cdot (1 - 0,02) = 14,9 \text{ g/Ah}$$

Keevitamiskiirus [mm/min]

$$\text{Valemist (31) : } V_k = \frac{14,9 \cdot 210}{100 \cdot 0,5 \cdot 7,8} = 8 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 133 \text{ mm/min}$$

Masinaaeg [min]

$$\text{Valemist (32) : } T = \frac{2854}{133} = 21,5 \text{ min}$$

Toruraami ja tagapuki kokku keevitamine [min]

Traadi sulamistegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (29) : } a_s = 2 + \sqrt{\frac{210}{1,2}} = 15,2 \text{ g/Ah}$$

Pealesulatustegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (30) : } a_{ps} = 15,2 \cdot (1 - 0,02) = 14,9 \text{ g/Ah}$$

Keevitamiskiirus [mm/min]

$$\text{Valemist (31) : } V_k = \frac{14,9 \cdot 210}{100 \cdot 0,5 \cdot 7,8} = 8 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 133 \text{ mm/min}$$

Masinaaeg [min]

$$\text{Valemist (32) : } T = \frac{600}{133} = 4,5 \text{ min}$$

Pealesõidutee keevitusaeg [min]

Traadi sulamistegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (29) : } a_s = 2 + \sqrt{\frac{170}{1,2}} = 13,9 \text{ g/Ah}$$

Pealesulatustegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (30) : } a_{ps} = 13,9 \cdot (1 - 0,02) = 13,6 \text{ g/Ah}$$

Keevitamiskiirus [mm/min]

$$\text{Valemist (31) : } V_k = \frac{13,6 \cdot 170}{100 \cdot 0,5 \cdot 7,8} = 5,9 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 98 \text{ mm/min}$$

Masinaaeg [min]

$$\text{Valemist (32) : } T = \frac{440}{98} = 4,5 \text{ min}$$

Amordi kinnitus detaili keevitusaeg [min]

Traadi sulamistegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (29) : } a_s = 2 + \sqrt{\frac{240}{1,2}} = 16,14 \text{ g/Ah}$$

Pealesulatustegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (30) : } a_{ps} = 16,4 \cdot (1 - 0,02) = 16,1 \text{ g/Ah}$$

Keevitamiskiirus [mm/min]

$$\text{Valemist (31) : } V_k = \frac{16,4 \cdot 240}{100 \cdot 0,5 \cdot 7,8} = 10 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 167 \text{ mm/min}$$

Masinaaeg [min]

$$\text{Valemist (32) : } T = \frac{192}{167} = 1,1 \text{ min}$$

Amordi kinnitus detaili ühendamise raamiga [min]

Traadi sulamistegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (29) : } a_s = 2 + \sqrt{\frac{240}{1,2}} = 16,14 \text{ g/Ah}$$

Pealesulatustegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (30) : } a_{ps} = 16,4 \cdot (1 - 0,02) = 16,1 \text{ g/Ah}$$

Keevitamiskiirus [mm/min]

$$\text{Valemist (31) : } V_k = \frac{16,4 \cdot 240}{100 \cdot 0,5 \cdot 7,8} = 10 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 167 \text{ mm/min}$$

Masinaaeg [min]

$$\text{Valemist (32) : } T = \frac{205}{167} = 1,2 \text{ min}$$

Haakekõrvade ühendamise raamiga [min]

Traadi sulamistegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (29) : } a_s = 2 + \sqrt{\frac{220}{1,2}} = 15,54 \text{ g/Ah}$$

Pealesulatustegur [g/Ah]

$$\text{Valemist (30) : } \alpha_{ps} = 15,54 \cdot (1 - 0,02) = 15,2 \text{ g/Ah}$$

Keevitamiskiirus [mm/min]

$$\text{Valemist (31) : } V_k = \frac{15,2 \cdot 220}{100 \cdot 0,5 \cdot 7,8} = 8,6 \frac{\text{m}}{\text{h}} = 142,7 \text{ mm/min}$$

Masinaaeg [min]

$$\text{Valemist (32) : } T = \frac{200}{142,7} = 1,4 \text{ min}$$

4.2. Operatsiooniaegade normeerimine

Iga detaili ja koostu tükiaeg koosneb mitmest komponendist:

$$t_{tk} = t_p + t_a + t_{org} + t_{teen} + t_v, [8, \text{ p. 13}] \quad (34)$$

kus t_{tk} - tükiaeg min;

t_p - põhiaeg, mille kestel toimub tööpingis detaili kuju, mõõdete, omaduste muutmine; [8, p. 13]

t_a - abiaeg, mis haarab kaasnevaid põhiaja täitmisega töid; [8, p. 13]

Põhi- ja abiaja summat nimetatakse operatiivajaks t_{opp} [8, p. 13]

$$t_{op} = t_p + t_a, [8, \text{ p. 13}] \quad (35)$$

t_{org} - organisatsioonilise teenindamise aeg, mis arvestab ajakulu töökoha ettevalmistamiseks tööpäeva algul, töökoha koristamiseks vahetuse lõpul, tööpingi õlitamiseks, puhastamiseks ja teisteks analoogilisteks töödeks vahetuste kestel.

Antakse tavaliselt protsentides operatiivajast; [8, p. 13]

t_{teen} - tehnilise teenindamise aeg, mida kulutakse nürinenud lõikeriista vahetamiseks, seadme järelhäälestamiseks, lõikeriista paigaldamiseks ja reguleerimiseks. Antakse tavaliselt protsentides operatiivajast. Sageli kasutatakse ka lihtsustatud käsitlust, kus: [8, p. 13]

$$t_{teen} = 2 \cdot t_{org}, [8, p. 13] \quad (36)$$

t_v - töö vaheajad määratakse töölise puhkuseks ja vahepausideks (isiklikeks vajadusteks). Antakse tavaliselt protsentides operatiivajast. Lihtsustatult võib võtta 4% operatiivajast; [8, p. 13]

Tüki-kalkulatsioonae t_{kalk}

$$t_{kalk} = t_{tk} + \frac{t_{e-l}}{n}, [8, p. 13] \quad (37)$$

kus t_{e-l} - ettevalmistus-lõpetusaeg, mis on ette nähtud uue tööga (joonisega, tehnoloogiaga) tutvumiseks, rakiste ja muude töövahendite tööpinki paigaldamiseks ja reguleerimiseks uute detailide partii töötlemise algul. Antakse iga uue partii kohta; [8, p. 13]

n - partii suurus ; [8, p. 13]

Määratakse t_{org} ja t_{teen} :

$t_{org} = 2\%$ operatiivajast

$t_{teen} = 4\%$ operatiivajast

Ning t_v võetakse ülalpool nimetatud lihtsustatud väärtus $t_v = 4\%$ operatiivajast.

Antud projektis on tegemist üksiktootmisega kuid andmed kirjanduses vastavad seeriatootmis olukorrale. Prototüübi tootmise puhul suurendatakse abiaegu, et saada optimaalsemat tulemust.

5. MAJANDUSLIK OSA

Antud peatükis koostatakse kulude eelarve, arvutatakse toote omahind ja tasuvuskogus. Majanduslikus osas arvutatakse kulutusi, mis on seotud treileri tootmisega. Kulutused materjalidele, tellitud töödele, ostetud pooltoodetele, põhitööliste palgafondile, seadmete rendi kulud, jaoskonna üldkulud on kõik seotud treileri tootmisega.

5.1. Kulude eelarve koostamine

Kulutused mis on seotud otseselt treileri tootmisega tuuakse välja kulude eelarves. Treileri tootmisega kaasnevad otsesed kulutused on kulutused materjalile, ostutooted, laserlõikusdetailid, kinnituselemendid, tellitud tööd ja põhitööliste palgafond.

Kulude eelarve on toodud tabelis 4, materjali kulutabel on toodud lisas 2, kulutused ostutoodetele lisas 4, kulutused kinnitusvahenditele lisas 5, kulutused laserlõikusdetailidele lisas 6, kulutused muudele tellitud töödele lisas 7.

Tabel 4

Kulu	Summa, €
Materjal	302
Ostutooted	2792,54
Kinnituselemendid	107,82
Laserlõikusdetailid	376
Muud tellitud tööd	825
Põhitööliste palgafond	85,5
Kokku, €	4488,86

5.2. Toote omahinna kalkulatsioon

Toote omahinna kalkulatsiooniks võetakse eelmises alapeatükis arvatud väärtused tabelist 4 ning arvestatakse veel teiste kuluartiklitega, mille arvutamiseks kasutatakse ettevõtte keskmiseid kulutusi ja treileri valmistamise ajakulu ning selle osakaalu põhitööliste tööajafondis.

Tabel 5

Nr.	Kulu	1-le tootele, €
1	Materjal	301,8
2	Ostetud pooltooted kokku	4578,2
	Tellitud tööd	1093,18
	Laserlõikusdetailid	302,8
	Ostutooted	3083,08
	Kinnituselemendid	99,1
3	Põhitööliste palgafond kokku	85,5
4	Jaoskonna üldkulud	123,5
	Personali töötasu	85,5
	Valgustus	5
	Üür	33
5	Jaoskonna kulud kokku:	5089,2
6	Tsehi üldkulud	22,5
7	Ettevõtte üldkulud	40,2
8	Tootmise omahind	5151,9
9	Tootmisvälised kulud (5% ettearvatuid kulutusi)	257,6
10	Täisomahind	5409,5
11	Kasum 50%	2704,75
12	Realiseerimishind €	8114,25

5.3. Tasuvuskogus

Aastaprogrammi puudumise tõttu on raske kindlaks määrata tasuvusaega, kuid on võimalik määrata tasuvuskoguse. Tasuvuskogus T [tk] on leitav valemiga:

$$T = \frac{\text{Investeeringud}}{\text{Kasum}} \quad (38)$$

Investeeringuteks võib lugeda toote tootmise omahinda mis on 5409,5 €.

$$T = 5409,5 / 2704,75 = 2 \text{ tk}$$

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö raames sai projekteeritud uus toode Euroopa turule – õhkpatjadel treiler. Toodet kasutatakse drifti-, ringraja-, hobi- ja sportautode transportimiseks. Treileri raam on valmistatud toru profiilist 100x80x3 mm ja sillaosades on kasutatud lehtmaterjali 6mm-8mm. Treileri laadimiskõrgus on 100 mm ja transpordi asendis maksimaalne kõrgus on 311 mm maapinnast. Treileri täismass on 3500 kg ja maksimaalne kandevõime 2520 kg. Treileri tõstmine ja langetamine toimub õhusüsteemiga. Kasutatakse raskeveoki sillatõste patju Contitech FD 200-25 CI ja kahekompressori süsteemi VIAIR Dual Pewter 480 C.

Treileri projekteerimisel on teostatud tugevusarvutused:

- Peatalade tugevusarvutus paindele
- Esitala arvutus tõmbele
- Tõstepatjade arvutus tõstevõimele
- Õõtshoova plaatide arvutus
- Võlli arvutus paindele ja väände
- Tagapuki plaatide arvutus

Detailidele on määratud valmistamise tehnoloogia, koostude koostamine ja arvutatud materjali kulu.

Majanduslikus osas on välja arvutatud treileri tootmisega kaasnevad kulutused ostutoodetele, kinnitusvahenditel ja muudele tellitud töödele. Majandusosa lõpus on arvutatud omahind ja tasuvuskogus.

Lõputöö tehnoloogiline osa nõuab, et projekteeritud toode vastaks lõputöö alguses püstitatud nõuetele. Projekteeritud treiler vastab antud nõuetele: laadimis ala laius 1960 mm, pikkus 5230 mm ja täismass 3500 kg. Treiler suudab laskuda vastu maad, laadimisala kõrgus maapinnast on 103 mm, võimaldades autosid peale laadida ilma keredetaile eemaldamata. Konkurendiga sarnaselt kasutatakse kahekompressori süsteemi, et treileri tõstmine toimuks

kiiremini. Projekteeritud treiler kaalub konkurendi treilerist 64kg vähem ning kandevõime on 525 kg suurem.

Lõputöö majandusliku osa eesmärgiks oli projekteerida toode, mis oleks konkurendi omast odavam. Konkurendi toote hind on 11 002 € pluss transpordi kulud ja projekteeritud toote müügihinnaks kujunes 8 1143 €.

Kuna lõputöö tulemused vastavad nõuetele, loetakse lõputöö eesmärk saavutatuks täies mahus.

SUMMARY

In this current diploma work a new product called Airbagged trailer was designed for the European market. This product is used for transporting drift-, race-, hobby- and sports cars. Trailer frame is made of tube profile 100x80x3 mm and the control arm parts are made of sheet metal 6mm-8mm. The trailer loading height is 103 mm and the transporting position, is 311 mm above the ground. Trailer gross weight is 3,500 kg and the maximum payload is 2,520 kg. Air system is used for lowering and lifting the trailer. Heavy duty truck airbags Contitech FD 200-25 CI and dual compressor system VIAIR Dual Pewter 480 C are used.

Several engineering calculations were made for product design.

- Bending stress calculations for main beams
- Tensile stress calculation for front beam
- Airbag calculation for lifting ability
- Control arm plate calculations
- Shaft bending stress calculation
- Tailstock plate calculation

Manufacturing technology has been assigned to every detail and assembly and material cost is calculated.

In the economical part of the diploma work, expenses related to manufacturing the product were calculated. In the end of economical part, production, selling price and payback period were calculated.

The technological component requires that the product design has to meet the requirements set out at the beginning of the diploma work. Designed trailer meets the requirements: loading area width 1960 mm, length 5230 mm and gross weight of 3500 kg. Trailer is able to lower to the ground, loading height is 103 mm which allows to load low cars without removing body

details. Similarly to the competitor, dual air system is used for lowering and lifting the trailer faster. Designed trailer weighs 64 kg less than competitors trailer and the lifting capacity is 525 kg greater.

The economical part requirement was to design a product which would be cheaper than the competitor trailer. Competitors trailer price is 11 000 € plus the cost of transportation. Designed product price is 8114,25 €.

As the results of diploma work meet the requirements, the purpose diploma work is considered to be attained in full.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] P. H. Lepikson, Masinaehitaja käsiraamat esimene köide, Tallinn: Valgus, 1968, p. 688.
- [2] J. Rohusaar, Tugevusõpetuse näidisülesanded, Tallinn: Tallinna tehnikakõrgkool, 2008, p. 132.
- [3] M. Purde, Tolerantsid ja istud, Tallinn: Tallinna tehnikakõrgkool, 2005, p. 116.
- [4] P. Kulu, E. Hendre, T. Eikholm, Mehaanikainseneri käsiraamat, Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2012, p. 492.
- [5] J. Rohusaar. Tugevusõpetus 1. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 1999, p. 137.
- [6] J. Riives. Uuenduslik tootmine. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2011, p. 446.
- [7] R. Soots, Lõikereziimide määramine metallide lõiketöötlemisel, Tallinn: Tallinna tehnikakõrgkool, 2004, p. 95.
- [8] R. Mesila, Metoodilised materjalid detaili tehnoloogilise protsessi ja omahinna arvutamiseks, Tallinn: Tallinna tehnikaülikool, 2008, p. 39.
- Veebisaidilt pärinev dokument
- [9] Continental, „Airspring online catalog,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://213.164.133.30/catalog/ShowBalgPDF/FD%20200-25%20CI.pdf>.
- [10] VIAIR. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.viaircorp.com/dual480C.html>.
- [11] T. MEHHATROONIKAINSTITUUT, „tlu,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.tlu.ee/~saarsulo/masinaopetus/%284%29%20Vaandearvutus.pdf>.

LISAD

Lisa 1. Operatsioonide normeeritud ajad

Tabel 6

Joonise nr	Nimetus					Kogus tk	
01.01.01	Peatala 1					2	
operatsioonid	t _p	t _a	t _{org}	t _{teen}	t _v	t _{tk}	
Saagimine	0,15	2	0,19	0,38	0,08	2,8	
Puurimine ava 10mm	0,06	2	0,04	0,08	0,14	2,32	
Puurimine ava 20mm	0,12	2	0,04	0,08	0,09	2,33	
Kokku ühele detailile, min			7,45	Kokku kogusele, min			14,9
01.01.02	Peatala 2					2	
Saagimine	0,15	2	0,04	0,08	0,04	2,31	
Puurimine ava 20mm	0,18	2	0,08	0,16	0,08	2,5	
Kokku ühele detailile, min			4,81	Kokku kogusele, min			9,62
01.03.01	Tõsteplaat 1					4	
Keermestamine M12	0,08	2	0,04	0,08	0,08	2,28	
Kokku ühele detailile, min			2,28	Kokku kogusele, min			9,12
01.01.07	Esitala					1	
Saagimine	0,15	2	0,04	0,08	0,04	2,31	
Puurimine ava 20mm	0,36	2	0,04	0,08	0,09	2,57	
Puurimine ava 10mm	0,12	2	0,04	0,08	0,08	2,32	
Kokku ühele detailile, min			7,2	Kokku kogusele, min			7,2
01.01.06	Tagumine tala					1	
Saagimine	0,15	2	0,04	0,08	0,04	2,31	
Puurimine ava 10mm	0,48	2	0,05	0,1	0,09	2,72	
Kokku ühele detailile, min			5,03	Kokku kogusele, min			5,03
01.01.04	Vahetalad					5	
Saagimine	0,15	2	0,04	0,08	0,04	2,31	
Puurimine ava 20mm	0,18	3	0,06	0,12	0,13	3,49	
Kokku ühele detailile, min			5,8	Kokku kogusele, min			29
01.01.08	Tõmbetalad					2	
Saagimine	0,15	2	0,04	0,08	0,04	2,31	
Puurimine ava 10mm	0,12	2	0,04	0,08	0,09	2,33	
Puurimine ava 20mm	0,18	2	0,04	0,08	0,09	2,39	
Kokku ühele detailile, min			7,03	Kokku kogusele, min			14,06
01.05.01	Pealesõidu toed					8	

Saagimine	0,04	2	0,08	0,16	0,08	2,36
Kokku ühele detailile, min			Kokku kogusele, min			
2,36			18,88			
01.06.01	Amordi kinnitus					4
Keevitamine	1,1	2	0,06	0,12	0,062	3,3
Kokku ühele detailile, min			Kokku kogusele, min			
3,3			13,2			
	Amordi kinnituse ühendamine raamiga					4
Keevitamine	1,2	3	0,08	0,17	0,084	4,54
Kokku ühele detailile, min			Kokku kogusele, min			
4,54			18,16			
01.02.00	Tagapuki koost					4
Keevitamine	16,5	5	0,43	0,86	0,86	23,65
Kokku ühele detailile, min			Kokku kogusele, min			
23,65			94,6			
01.04.00	Sillatõste koost					4
Keevitamine	9	5	0,28	0,56	0,56	15,4
Kokku ühele detailile, min			Kokku kogusele, min			
15,4			61,6			
	Raam					1
Keevitamine	78	30	2,16	4,32	2,16	116,64
Kokku ühele detailile, min			Kokku kogusele, min			
116,64			116,64			
	Tagapuki ja raami ühendamine					4
Keevitamine	4,5	5	0,19	0,38	0,19	10,1
Kokku ühele detailile, min			Kokku kogusele, min			
10,1			40,4			
	Haakekõrvade ühendamine raamiga					4
Keevitamine	1,4	2	0,07	0,14	0,13	3,74
Kokku ühele detailile, min			Kokku kogusele, min			
3,74			14,9			
Tükiaeg kokku, min						467,31
Komplekteerimine ja muud tööd						180
Ettevalmistus/lõpetusaeg te-l, min						60
Tüki-kalkulatsioon aeg tkalk, min						707,31

Lisa 2. Materjali kulu

Tabel 7

Materjal	Ehitustoru 100x80x3 S355J2H			
Joonise nr	Nimetus	Kogus, tk	Detaili pikkus, m	Kulu kokku, m
01.01.01	Peatala 1	2	4,53	9,06
01.01.02	Peatala 2	2	4,4	8,8
01.01.07	Esitala	1	2	2
01.01.06	Tagumine tala	1	2	2
01.01.04	Vahetala	3	1,1	3,3
01.01.08	Tõmbetala	2	1,5	3
01.01.03	Tõmbetala tugi	1	1,3	1,3
	kokku m			25,32
Materjal	Ehitustoru 50x30x2 S355J2H			
	Pealesõidu tugi	8	0,32	2,56
	kokku m			2,56

Lisa 3. Kulutused materjalidele

Tabel 8

Materjal	Ehitustoru 100x80x3 S355J2H		
Joonise nr	Nimetus	Kogus m	Hind €
	Toruraam	30	288
Materjal	Ehitustoru 50x30x2 S355J2H		
Joonise nr	Nimetus	Kogus m	Hind €
	Sõidutee toed	6	13,8
Kulutused materjalidele kokku, €			301,8

Lisa 4. Kulutused ostutoodetele

Tabel 9

Toote nimetus	Hind, €/tk	kogus, tk	Hind kokku, €
Tõstepadi	94	4	376
Kompressor koos tarvikutega	369,18	1	369,18
Tagasilöögi ventiil	13,16	4	52,64
Nelik liitmik	6,5	1	6,5
Kolmik liitmik	5,2	6	31,2
Suruõhuvoolik 10mm x 15m	26,46	1	26,46
2/1 klapp	60,9	1	60,9
Veopea, Knott	468	4	468
Tugiratas, Knott	70	1	70
Tagatuli, Knott	10	2	20
Esituli, Knott	5	2	10
Pistik, Knott	2	1	2,2
Ratas, Knott	71	4	284
Rumm koos trummelpiduriga, Knott	175	4	700
Poritiib, Knott	15	4	60
Gaasiamort, Bilstein	32	4	128
Aku, Varta	90	1	90
Piduri torustik	140	1	100
Alumiinium kast	230	1	230
Kulutused ostutoodetele kokku, €			3083,08

Lisa 5. Kulutused kinnitusvahenditele

Tabel 10

Nimetus	Hind, €/tk	Nõutud kogus, tk	Hind kokku, €
Rattapolt M12x1,5	1,6	20	32
Seib M12 DIN 933	0,4	14	5,6
Polt M12x120 DIN 933	4,3	4	17,2
Polt M12x90 DIN 933	2,48	4	9,88
Polt M12x40 DIN 933	1,2	4	4,8
Polt M10x100 DIN 933	2,62	8	20,9
Stopper mutter M10 DIN 933	0,5	8	4
Seib M10 DIN 933	0,3	8	2,4
Stopper mutter M12 DIN 933	0,58	4	2,32
Kulutused kinnituselementidele kokku, €			99,1

Lisa 6. Kulutused laserlõikusdetailidele

Tabel 11

Joonise nr.	Nimetus	Hind, €/tk	Kogus, tk	Hind kokku, €
01.02.01	külg	7,6	8	60,8
01.02.02	põhi	9	4	36
01.02.03	padja tugiplate	9,6	4	38,4
01.02.04	tugiribi	4,6	8	36,8
01.02.05	padja tugiribi	1,6	8	12,8
01.03.01	tõsteplate 1	9,8	4	39,2
01.03.02	tõsteplate 2	9,8	4	39,2
01.03.03	tõstepadja kinnitusplate 2	7,4	4	29,6
01.03.04	tugiribi	1	4	4
01.01.11	haakekõrv	1,5	4	6
Kulutused laserlõikusdetailidele kokku , €				302,8

Lisa 7.Kulutused tellitud töödele

Tabel 12

Joonise nr.	Nimetus	Hind, €/tk	Kogus, tk	Hind kokku, €
01.06.00	Silla fiksaator	58	4	232
01.03.05	Detaili treimine	20	4	80
01.04.06	Detaili treimine	17	4	68
01.04.07	Detaili treimine	24	4	96
01.04.08	Detaili treimine	2,5	16	40
01.03.00	Koostu kuumtsinkimine	22,56	4	90,24
01.01.00	Koostu kuumtsinkimine	325	1	486,94
Kulutused tellimustöödele kokku, €				1093,18

Lisa 9. Treileri üldkoostu joonis

Lisa 10. Raami keeviskoost

Lisa 11. Tagapuki keeviskoost

Lisa 12. Õõtshoova keeviskoost

Lisa 13. Sillatõste koost