



Vaido Must

Abilifti lisamine saematerjali pakkeliinile

LÕPUTÖÖ

Tehnikainstituut

Masinaehituse õppekava

Juhendaja: Tavo Kangru

Tallinn 2023

Autori deklaratsioon ja lihtlitsents

Mina Vaido Must, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teoste on viidatud õiguspäraselt.

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

Juhendaja Tavo Kangru.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Vaido Must sünnikuupäev: 12.04 1982, annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Abilifti lisamine saematerjali pakkeliinile“

1. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
2. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas, kuupäev digiallkirjas.

SISUKORD

SISUKORD.....	2
SISSEJUHATUS.....	3
1. COMBIMILL SAKALA OÜ	4
1.1 Juhtimistegevus ettevõttes	4
1.2 Tootmise parendamine	6
1.3 Tootmise planeerimine mehaanikaosakonnas	6
1.4 Kvaliteedikontroll ja turvalisus	6
2. LIINI KIRJELDUS JA ÜLEVAADE	7
3. TEHNILINE ÜLESANNE.....	10
4. KONSTRUKTSIOON	11
4.1 Kinemaatika.....	12
4.2 Konstruktsiooni valik	13
4.2.1 Laagrid	14
4.3 Ajamite valik	20
4.4 Tugevusarvutused.....	24
5. ABILIFTI JUHTIMINE	30
6. SEADME JA LIINI OHUTUS	32
7. MAJANDUSARVUTUSED	33
KOKKUVÕTE.....	35
SUMMARY	36
KASUTATUD ALLIKAD.....	37
LISAD	38

SISSEJUHATUS

Lõputöö on koostatud ettevõtte Combimill Sakala OÜ baasil. Tegemist on puidutööstusettevõttega, mis tegeleb ümarpalgist saematerjali tootmisega. Iga kaasaegne ning edasipüüdlik ettevõtte otsib pidevalt võimalusi tootmist efektiivistada. Combimill Sakalas on kujunenud murekohaks pakkeliini tootlikus. On teostatud uuringuid liini tootlikuse tõstmiseks, kuid ühtegi projekti pole edukalt lõpule viidud. Lõputöö teema valik tuli vajadusest tõsta tootlikust saematerjali pakkeliinil. Lõputöö teemaks on Abilifti lisamine saematerjali pakkeliinile.

Lõputöö eesmärgiks on projekteerida lahendus abilifti näol. Töö teostamiseks on vaja uurida olemasoleva liini tööpõhimõtet, parameetreid ja ruumilahendust. Selleks on käsitletud töös saematerjali töötlemise põhietappe ja pakkimise protsessi.

Abilifti väljatöötamiseks on vaja luua 3D-mudel olemasolevatest liiniosadest ja sinna juurde loodavast abiliftist. See on vajalik loodava abilift kinemaatiliste liikumiste välja töötamiseks. Seejärel valitakse konstruktsioonimaterjalid. Järgnevalt selgitatakse välja kõige otstarbekamad ajamid liikumiste tagamiseks. Järgmise sammuna tehakse tugevusarvutused, et kontrollida materjalide vastupidavust ja ajamite piisavat jõudlust.

Abilifti juhtimise peatükis käsitletakse elektroonika ja automaatika komponente, mis on vajalikud antud seadme juhtimiseks. Samuti kirjeldan loodava abilifti tööpõhimõtet. Seadme ja liini ohutuse osas toon välja automaatikakomponendid, mis on vajalikud liini ohutuse tagamiseks vastavalt kehtivale standardile IEC 61508.

Viimases peatükis, Majandusarvutused, käsitletakse prognoositavat majanduslikku kasu tootlikuse kasvu arvelt ning arvutatakse välja loodava seadme maksumus.

1. COMBIMILL SAKALA OÜ

Combimill Sakala OÜ on erakapitalil põhinev puidutöötlemisettevõtte. Ettevõttes töötab 55 töötajat. Kontori personal on 12 inimest ja tootmises töötab 43 töötajat [1]. Ettevõtte asub Viljandimaal, Põhja-Sakala vallas, Kõidama külas. Töö toimub kahes vahetuses.

Ettevõtte on jaotatud kuueks osakonnaks, millest esimene on kontor. Kontori ülesannete hulka kuulub materjali ost - müük, tootmise koordineerimine, personaliküsimused, finantshaldus ja teised ettevõtte juhtimisega seotud küsimused.

Teine osakond – palgi vastuvõtt ja sorteerimine. Ülesanneteks on raiedokumentide kontrollimine, metsamaterjali vastuvõtt ja mõõtmine ning ostudokumentide vormistamine.

Kolmas osakond – sisetransport, mis jaguneb otstarbe järgi kaheks: kahveltõstukid - valmis laomaterjali transpordiks ja palgitõstukid – toormaterjali transpordiks.

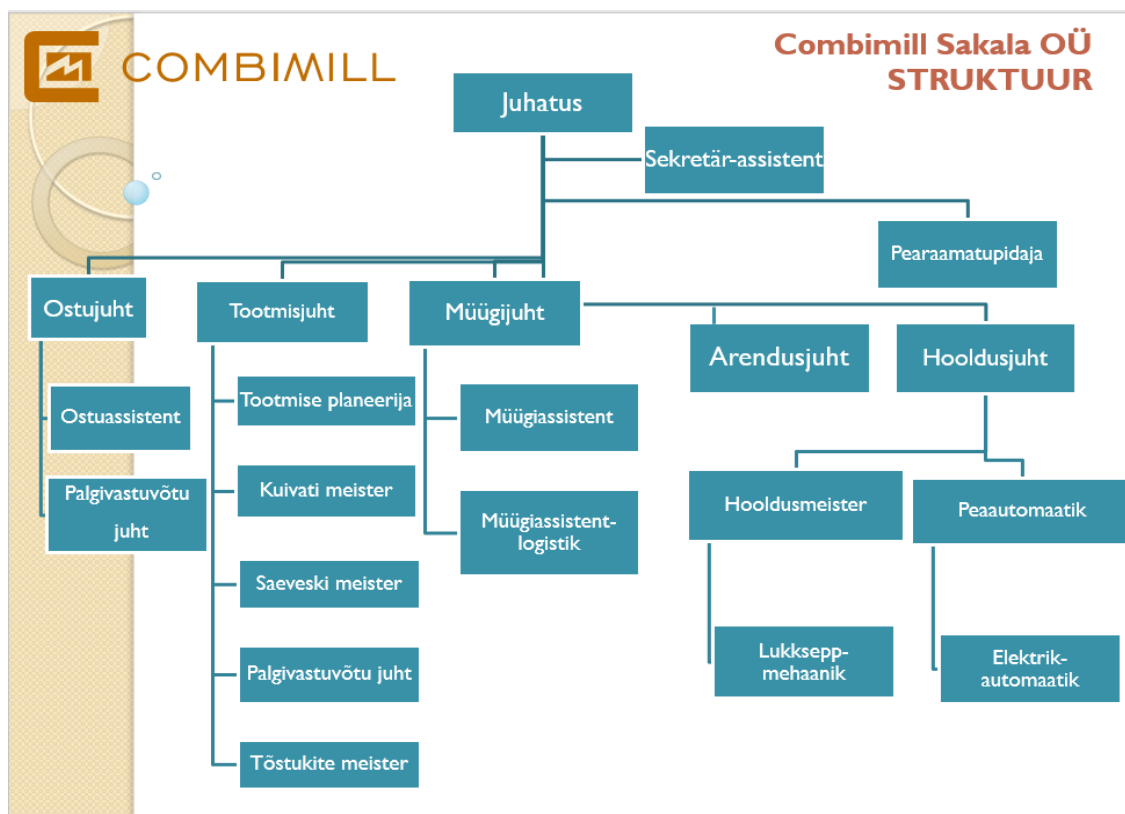
Neljas osakond – tootmine. Põhiülesanne on ümarpalgist saematerjali tootmine.

Viies osakond – järeltöötlus. Ülesandeks on valmismaterjali splittimine, mis kujutab endast valmismaterjali poolitamist pikisuunas.

Kuues osakond – hooldus (mehaanika- ja elektriosakond). Ülesanneteks on tagada tootmises tõrgeteta töö, tegeleda tootmiseseadmete hoolduse ja remondiga ning lihtsamate liiniosade ehitusega.

1.1 Juhtimistegevus ettevõttes

Ettevõtte juhtimise struktuur on ära toodud joonisel 1 (Joonis 1. Combimill Sakala struktuur) [2].



Joonis 1. Combimill Sakala struktuur

Allüksuste tegevust reguleerivateks dokumentideks on töökohtade ametijuhendid ja tootmise töökäsud, mis kirjeldavad vastava toote tootmiseks vajaliku materjali mõõtmeid ja seadmete seadistust.

Juhtivad ametikohad on kirjeldatud joonisel 1 (Joonis 1. Combimill Sakala struktuur). Lisaks nendele on ettevõttes järgmised ametikohad:

- palgisorteeri operaator
- saeoperaator
- seimrioperaator
- sorteerioperaator
- pakkija
- pakkija abi (lipimasina operaator)
- kiletaja
- tõstukijuht
- mehaanik - lukksepp
- elektrik - automaatik

1.2 Tootmise parendamine

Mehaanikaosakonna põhitegevusalaks ettevõttes on tootmise parendamine. See hõlmab seadmete remonti, liinide hooldust ja ka uute liiniosade ehitust. Keerulisemad tugevusarvutused tellitakse teenusena väljaspoolt ettevõtet. Lihtsamate puhul lähtutakse juba tehtud töödest ja saadud kogemustest.

1.3 Tootmise planeerimine mehaanikaosakonnas

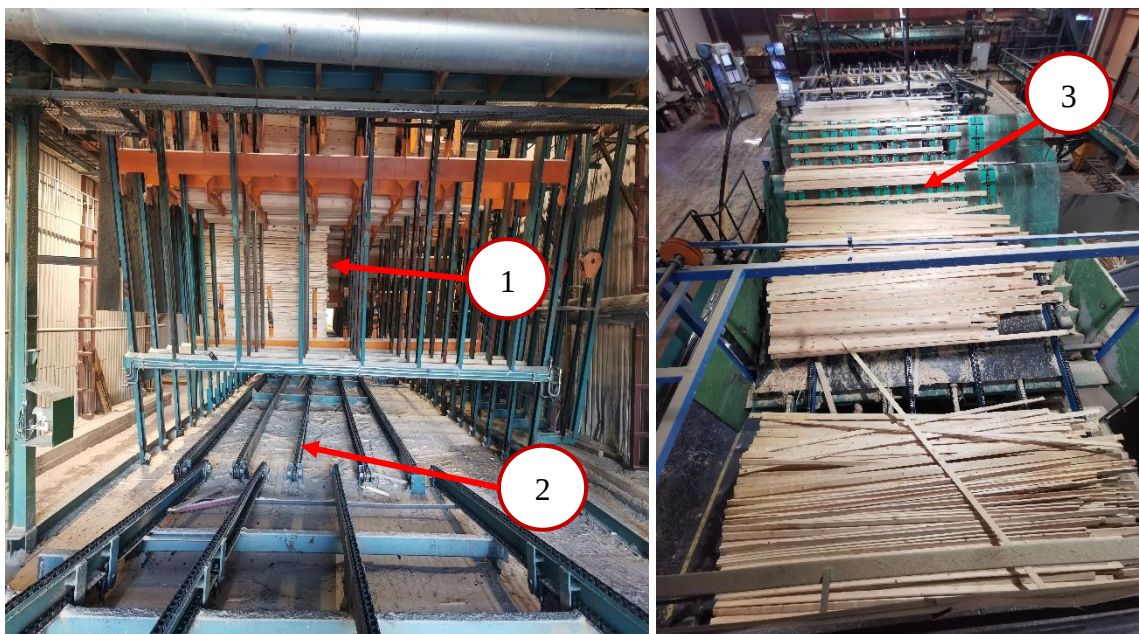
Kuna ettevõtte põhitegevusala on puidutöötlemine ja kõik meie enda toodetud seadmed ja rakised jäävad ettevõttesse, saab tootmise planeerimisest mehaanikaosakonnas rääkida eelkõige seoses uute liiniosade ja rakiste ehitusega. Vajaduse, mingi seadme või rakise väljatöötamiseks, tingib tarvidus tootmisprotsessi kiirendada, sujuvamaks muuta või töötaja jaoks mugavamaks teha. Hooldusjuhile tehakse ettepanek mingi liiniosa parendamiseks. Koostöös tootmisosakonna meistritega töötatakse välja esialgne kavand uue seadme või rakise jaoks, misjärel see projekteeritakse. Uue seadme ehituse juures töötavad koos nii mehaanikud kui elektrikud- automaatikud, kuna ajamid on enamasti elektrilised ja seadme tööpõhimõte eeldab reeglina ka automaatika olemasolu. Seadme valmimisel toimub katsetamine, esialgu töökojas ja siis juba koos automaatikaga liinil, mille osana seade peab tööle hakkama.

1.4 Kvaliteedikontroll ja turvalisus

Kuna omatehtud seadmeid välja ei müüda, ei ole põhjalik kvaliteedikontroll kohustuslik. Küll aga pannakse suurt rõhku seadmete turvalisusele. Selle saavutamiseks valmistatakse liikuvatele osadele katted, paigaldatakse ajamite ette turvalülid ja kogu liini ette vajadusel turvaaed koos standarditele vastavate väravalukkude ning sinna juurde kuuluva automaatikaga.

2. LIINI KIRJELDUS JA ÜLEVAADE

Saematerjali tootmine saab alguse ümarpalgist toorme sorteerimisest vastavalt mõõtudele ja kvaliteedile. Seejärel liigub toore saeliinile, kus palgid kooritakse ning töödeldakse vastavalt etteantud saekavadele saematerjaliks. Siis liigub materjal sorteeri, kus ta vastavalt ristlõigetele ja kvaliteediklassidele kogutakse erinevatesse šahtidesse ehk taskutesse (Joonis 2). Sorteeri taskud joonisel 2 on tähistatud numbriga 1.



Joonis 2. Sorteeri taskud ja pakkimine (autori fotod)

Pakkeliin saab alguse sorteeri taskute aluse ketiga (Joonis 2), kuhu peale kukub juba sorteeritud materjal (taskute alune kett on joonisel 2 tähistatud numbriga 2). Materjali hulga ketil määrab ära tükkide arv pakis. Materjal liigub edasi tõstelevaatori kolusse (tõstelevaator on näha joonisel 2 ja tähistatud numbriga 3). Elevaator eraldab kuhilas oleva materjali üksikuteks laudadeks, et saaks alata kihi koostamine. Kiht koostatakse vastavalt materjali mõõdule (tükkide arv kihis varieeruv). Koostatud kiht liigub siirdelabade (joonisel 3 tähistatud numbriga 1) abil pakitõstukile, kus asetatakse vahelipid (Joonis 3. Kihi koostamine).



Joonis 3. Kihi koostamine (autori fotod)

Pakilift liigub kihi võrra allapoole, peale mida asetatakse järgmine kiht (Joonis 4. Paki koostamine). Koostamine jätkub kuni etteantud kihtide arvu täitumiseni. Seejärel liigub pakitõstuk alumisse piirasendisse ja valmis pakk asetub ketttransportöörile ning liigub kiletamise osakonda. Juba kiletatud materjal liigub kettide abil hoonest välja ja kahveltõstuk toimetab paki laohalli.



Joonis 4. Paki koostamine (autori fotod)

Pakkide koostamisel tekib ajaline viide. Koostamine seiskub kui pakis on ettenähtud arv kihte ja pakitõstuk alustab allaliikumist, et valmis pakk saaks sõita kiletusse. Kui pakk on pakitõstukilt ära

liikunud, liigub tõstuk ülemisse piirasendisse ning koostamine saab jätkuda. See viide on ca 30 sekundit. Viie kihi asetamise aeg paki puhul, kus iga kihi vahele käib vahelipp, on ca 26 sekundit. Paki puhul, kus tervele pakile pannakse kolm rida lippe, jõuab sama ajaga asetada 7 kuni 9 kihti saematerjali.

Projekteeritav abilift võimaldab koostamist jätkata perioodil, mil pakilift ei ole veel asendisse jõudnud.

Kuna vajadus tootmisprotsessi kiirendamiseks on selgelt olemas, küsiti pakkumist ka ühelt suurimalt puiduettevõtetele seadmeid tootvalt firmalt. Vastuseks oli, et olemasolevasse masinaparki integreeruvat seadet pole võimalik luua. Küll aga pakuti täislahendust paki koostamisliini, pakitõstuki ja abilifti komplekti näol. See lahendus aga ei sobi nii hinna kui ka ruumipuuduse tõttu.

3. TEHNILINE ÜLESANNE

Abilifti projekteerimisel tuleb arvestada olemasolevate seadmete asetust ja tööprotsessis toimuvaid asendi muutusi. Projekteeritav seade ei tohi segada teiste liiniosade liikumist. Seade peab taluma ettenähtud mehhaanilist koormust. Seadme juhtimisloogika lisatakse olemasolevasse pakkimisliini kontrollerrisse.

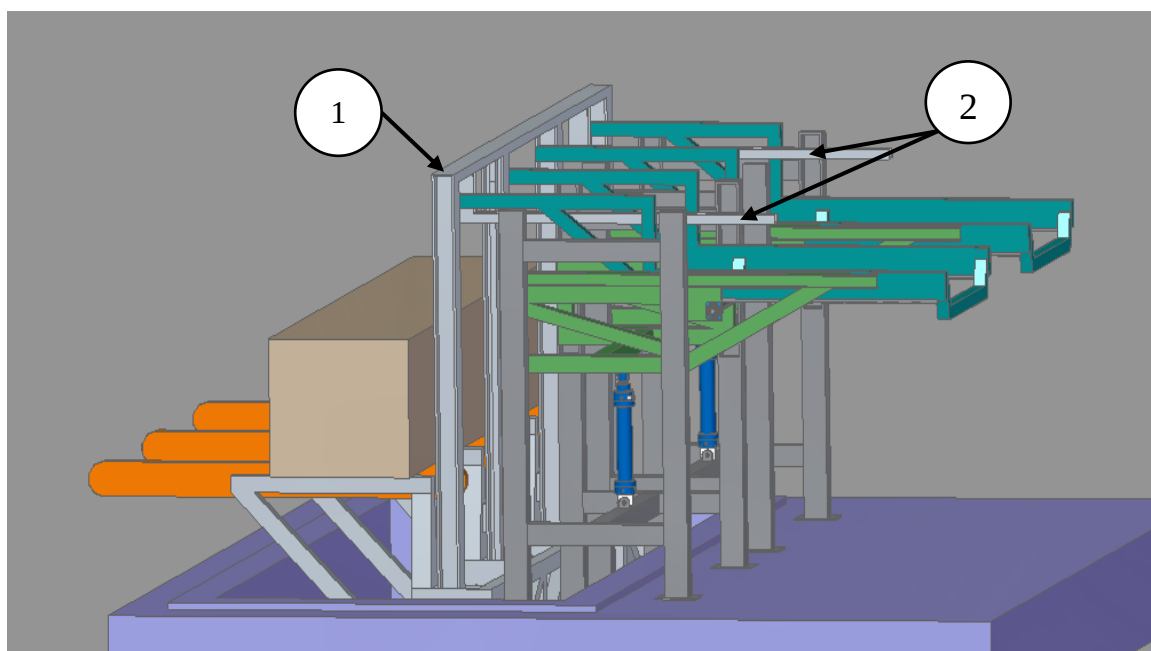
Tehniline ülesanne:

- Liigutatava lauapaki mass 2394 kg
- Paki koostamise jätkumiseks paikaliikumise aeg ca 10 sek
- Seadme juhtimine peab toimuma sünkroniseeritult liiniga
- Ajamite valikul lähtuda hüdro- ja elektriagamitest

Loodav seade peab vähendama paki koostamisel tekkivaid seisakuid. Abilifti käpad alustavad horisontaalset väljaliikumist kui pakilift saab käsu valmis pakiga alla liikuda. Saavutanud maksimaalse horisontaalliikumise asendi, liigub abilift verikaalselt ülemisse piirasendisse. Selles asendis jätkub paki koostamine. Iga kihi asetamise järel langeb abilift kihi paksuse võrra. Samal ajal vabaneb pakilift ja liigub üles ooteasendisse, mis on 50 mm kõrgemal kui abilifti kõige alumine asend. Abiliftile koostatakse pakki kuni paki alumine tasapind jõuab pakilifti käppadeni. Seejärel liigub abilift alumisse piirasendisse, asetades poolelioleva paki pakilifti käppadele. Jõudnud alumisse piirasendisse, liiguvad abilifti käpad horisontaalsuunal tagasi algasendisse. Pakki koostatakse edasi pakilifti käppadele kuni pakk saab valmis ja tsükkel kordub.

4. KONSTRUKTSIOON

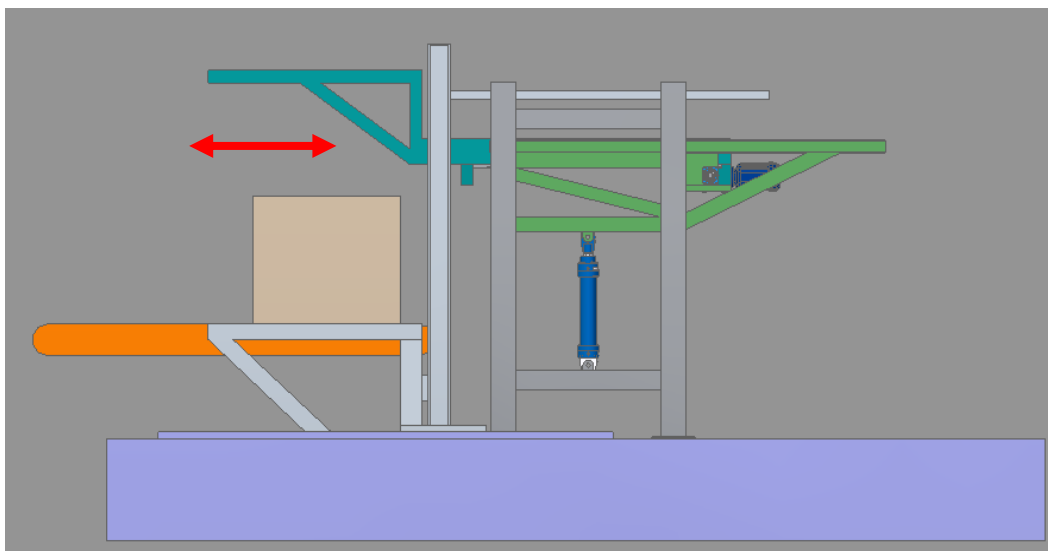
Abilift on projekteeritud kandma viit kihti kõige raskemat saematerjali, mille mass võib olla kuni 2394 kg. Abilifti projekteerimisel said määravateks teguriteks põhipakilifti ehituse eripära ja ülejäänud liiniga kokkusobivus. Olemasolev pakilift asub HEA talast valmistatud postide vahel mis on omavahel ülevvalt seotud horisontaalse U talaga (Joonis 5) (Joonisel märgitud numbriga 1). Selle tala külge kinnituvad ka lauakihi siirdelabade keti veetava hammasratta tugikonstruktsioon ja keti juhtsiinid (Joonis 5) (Joonisel märgitud numbriga 2). Siirdelabad on näha joonisel 3 ja tähistatud numbriga 1 (Joonis 3). Need eripärad seadsid tingimused nii abilifti kinemaatilistele liikumistele kui ka käppade konstruktsioonile.



Joonis 5. Pakilift koos abiliftiga

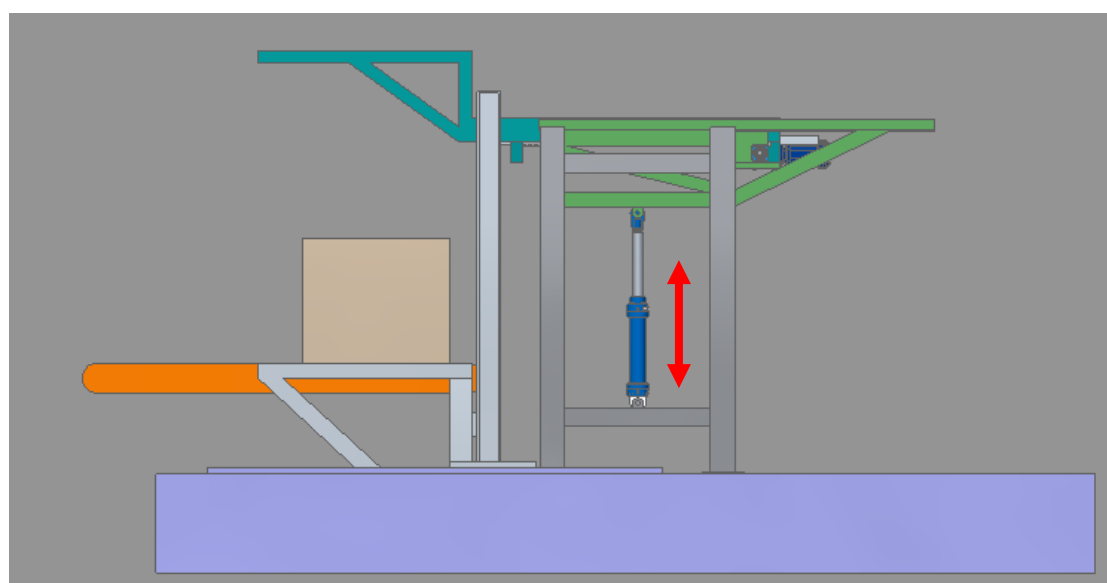
4.1 Kinemaatika

Horisontaalsuunal toimub liikumine ca 1900 mm ulatuses. Ajamiks on valitud elektrimootor (Joonis 6).



Joonis 6. Horisontaalne liikumine

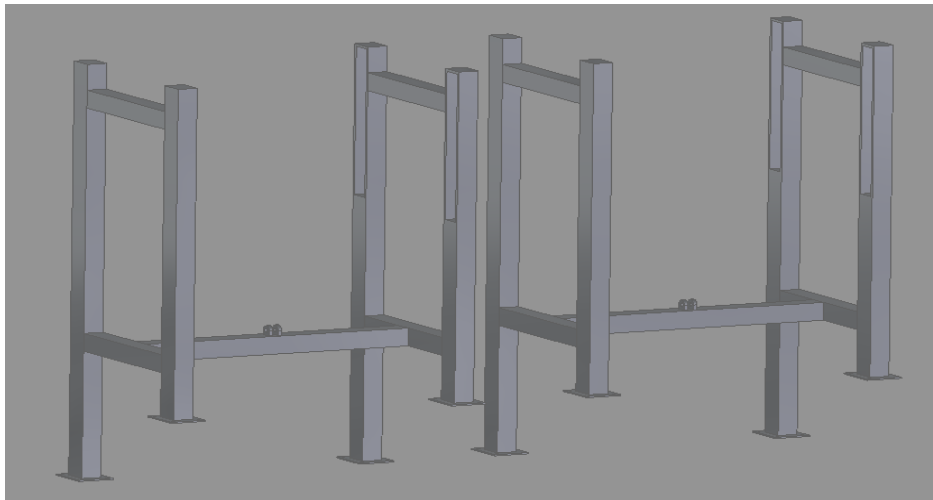
Abilift peab liikuma vertikaalsuunal ca 600 mm. Selle liikumise ajamiks on valitud kaks hüdrosilindrit (Joonis 7).



Joonis 7. Vertikaalne liikumine

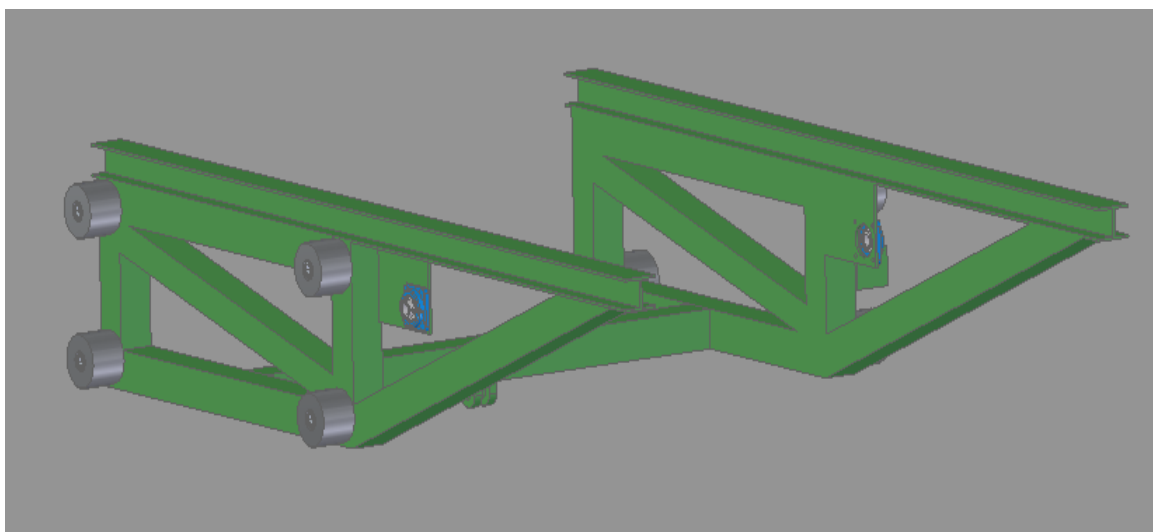
4.2 Konstruktsiooni valik

Konstruktsiooni elemendid valitakse lähtuvalt tugevusarvutustest. Kasutatakse standardseid terasprofiile. Materjaliks ehituskonstruktsiooni teras. Konstruktsioonides kasutatakse terast S355, kuna hinnavahe S235 on marginaalne ning käpa puhul tagab see paremad tugevusomadused. Konstruktsioonielemendid on haaveldatud, krunditud ja värvitud. Abilift paikneb püsttalade vahel, millede ülemised pooled on käppade raami juhtsiinideks (Joonis 8).



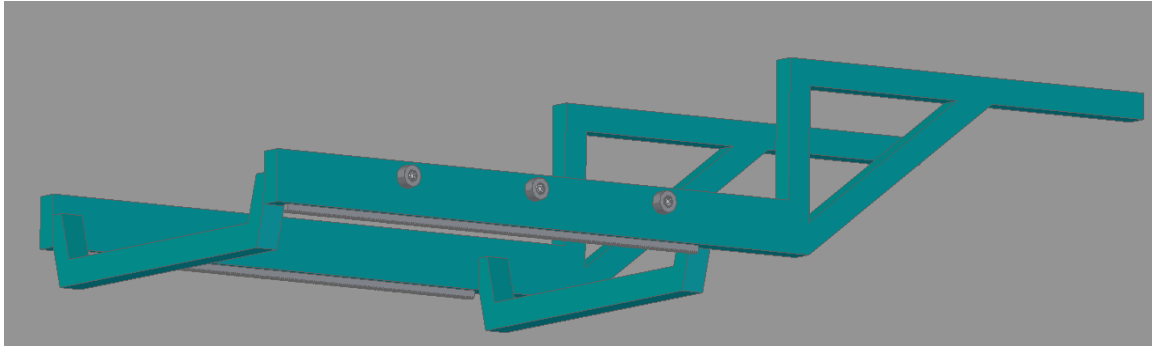
Joonis 8. Postid

Postide profiilideks on nelikanttoru 200 x 150 x 10 mm ja risttalad on 150 x150 x10 mm.



Joonis 9. Raam

Raami profiilideks on nelikanttoru 120 x 120 x 8 mm ja tala HEA 120. Raam asetub siinidesse tugirullikutega (Joonis 9). Raami peal on siinid käppade (Joonis 10) liikumiseks, mis asetuvad siini samuti rullikute abil. Iga rullik, nii raami kui käppade puhul, liigub kahel kuullaagril.



Joonis 10. Käpad

Käppade profiilideks on nelikanttoru 200 x 100 x 8 mm ja nelikanttoru 100 x 100 x 8 mm.

4.2.1 Laagrid

Raami rullikud

Raami rullikutele mõjub laupaki massist ja konstruktsiooni massist tulenev jõud, mis on 44773 N. Raami rullikulaagrite valikul jagatakse neile mõjuv jõud laagrite vahel. Ühel rullikul on kaks laagrit ja kogu konstruktsioonil on 16 rullikut. Telgsuunaline jõud on minimaalne ja seda ei arvestata.

Kogu jõud on 44773 N.

$$\frac{44773}{32} = 1400 \text{ N}$$

Ühele laagrile mõjuv jõud on 1400 N. Kuna jõu mõju laagritele rakendub läbi käppade, mis asuvad tasakaalu alast väljas (Joonis 11), siis radiaaljõudude arvutamiseks tuleb koostada jõudude skeem (Joonis 12). Kuna jõuõlgade pikkused on teada, saab arvutada tekkivate jõudude suurused valemiga (20) [3]lk.35].

$$F_3 = \frac{F_1 * l_1}{l_3} \quad (20)$$

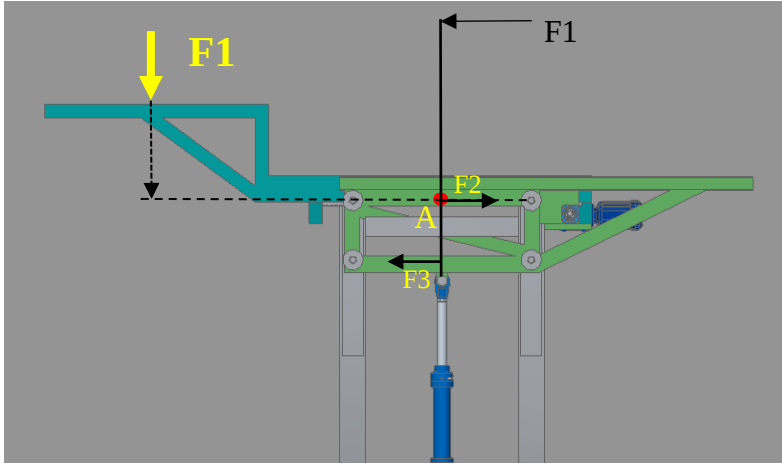
kus F_1 on kaugemalt mõjuv jõud

l_1 on F_1 -e jõuõlg

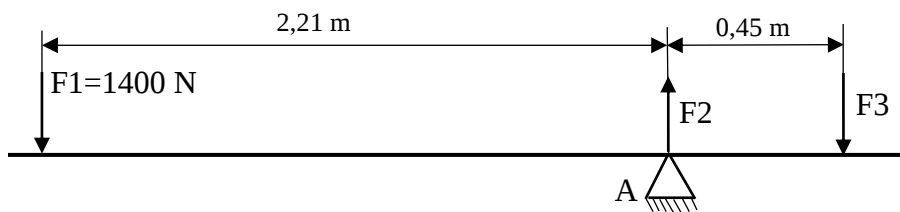
F_3 on leitav jõud

l_3 on leitava jõu jõuõlg

$$F_3 = 6875 \text{ N}$$



Joonis 11. Raami rulliku laagritele mõjuv jõud



Joonis 12. Raami rullikute jõudude skeem

Kangireegel kahe jõu korral on (23) [[3]lk.35]

$$F_1 \cdot l_1 = F_3 \cdot l_3 \quad (23)$$

F_2 on leitav teljel olevate jõudude tasakaaluvõrrandiga (24) [[3]lk.33]

$$F_1 = F_3 - F_2 \quad (24)$$

$$F_2 = 8275 \text{ N}$$

Suurim laagritele mõjuv jõud on 8275 N. Laagri valikul kasutatakse SKF laagri valiku tööriista, mis annab raami rulliku laagriks **6206** [4] (Tabel 1).

Tabel 1. Laagrite parameetrid

Laager	Laagri tüüp	Välisparameetrid			Koormus		Eluiga - h
		Keskava Ø - mm	Välissaale Ø - mm	Laagri laius -mm	Dünaamiline - kN	Staatiline - kN	
6206	Üherealine radiaalkuullaager	30	62	16	20,9	11,2	77300
6204	Üherealine radiaalkuullaager	20	47	14	13,5	6,55	19400

Ettevõtte aastane tööajafond on ligikaudu 2050 h. Laagri elueaks on arvestatud 5 aastat ehk siis 10250 h. SKF tööriist annab elueaks 77300 h.

Käpa rullik

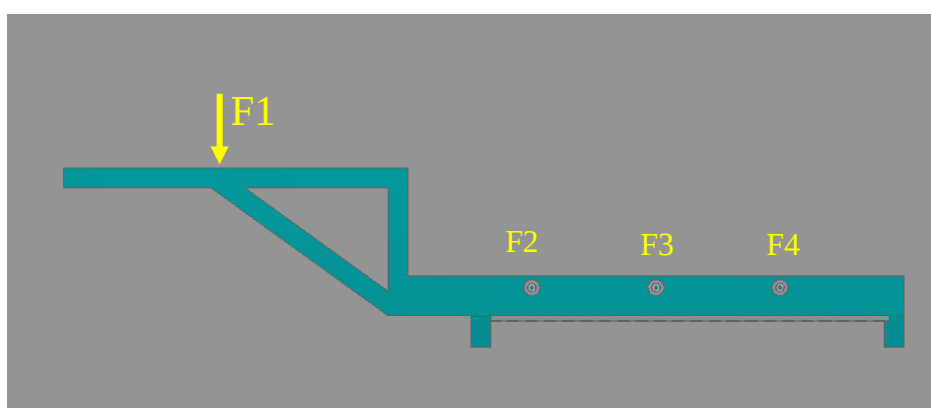
Käppade rullikute laagritele mõjuv jõud on konstruktsiooni raskusjõud millele lisandub lauapaki raskusjõud.

$$6965 + 23485 = 30450 \text{ N}$$

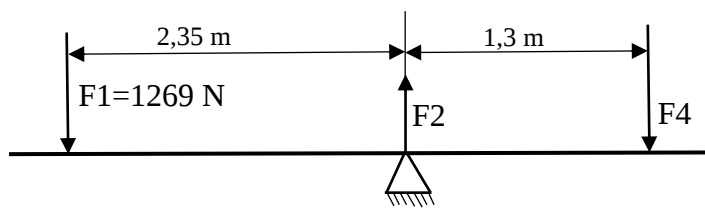
Mõjuv jõud jagatakse käpa rullikute laagrite vahel. Rullikuid on 12 ja igas rullikus 2 laagrit.

Ühele laagrile mõjuv jõud on 1269 N.

Kuna käpa rullikutele mõjuv jõud(Joonis 13) asub tasakaalupunktist kaugemal, tuleb koostada jõudude skeem (Joonis 14).



Joonis 13. Käpa rullikutele mõjuv jõud



Joonis 14. Käpa rullikute jõudude skeem

Leitakse F_4 kasutades valemit (20).

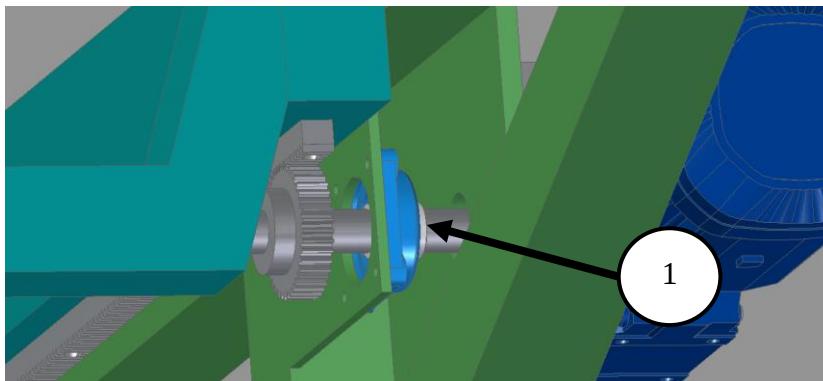
$$F_4 = 2294 \text{ N}$$

Leitakse F_2 kasutades jõudude tasakaaluvõrrandit (24).

$$F_2 = 3563 \text{ N}$$

Suurim laagriale mõjuv jõud on 3563 N. SKF laagrivaliku tööriist annab laagri **6204**. Laagri elueaks annab tööriist 19400 h. [4] (Tabel 1)

Veovõlli laager



Joonis 15. Veovõlli laager

Käppade veovõlli laagrite valikul on arvestatud võlli diameetri ja mõjuvate jõududega. Veovõlli laager on näha joonisel 15 ja tähistatud numbriga 1 (Joonis 15).

Võlli diameeter tuli arvutuste järgi 40 mm (15).

Kuna veovõlli liigutatavate käppade konstruktsioon toetub käppade rullikutele (Joonis 13), on arvutatud laagritele mõjuv jõud lähtudes kiirendusjõust.

Kiirenduse valem :

$$a = \frac{v}{t} \quad [[3] \text{lk.30}] \quad (16)$$

kus v – lõppkiirus = 0,5 m/s

t – aeg kiiruse saavutamiseks = 1,5 s

$a = 0,33 \text{ m/s}^2$

Kiirendusjõu valem (17) [[3]lk.34]

$$F = m * a \quad (17)$$

kus m – konstruktsiooni mass kg

a – kiirendus m/s^2

$$F = 710 * 0,33 = 234 \text{ N}$$

Kogu jõu saamiseks tuleb arvestada, et hammasratta hamba nurk on 20° y – teljest ning kasutada valemit (18) [[3]lk.33].

$$F_x = F * \cos \alpha \quad F = \frac{F_x}{\cos \alpha} = 684 \text{ N} \quad (18)$$

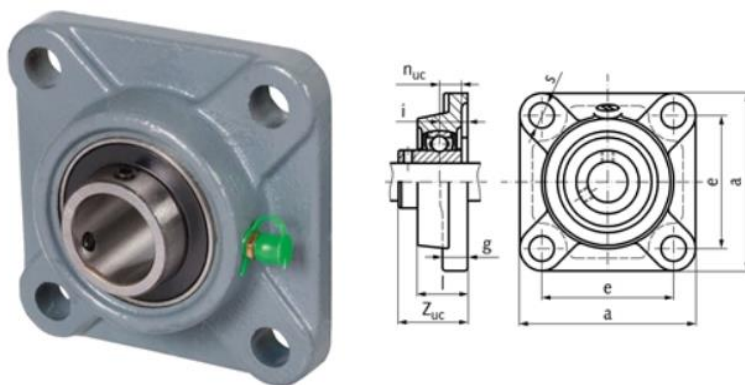
kus F_x – x telje suunaline jõud

α – teravnurk x telje suhtes $\alpha = 70^\circ$

Kuna völli paikneb neljal laagril, on jagatud jõud neljaks. Ühele laagrile mõjub jõud 171 N.

Laagripukk laagriga on valitud Mäedleri veebikataloogist ja see on näha joonisel 12 (Joonis 16)

Dünaamiline koormus on $22,6 \text{ kp} = 221 \text{ N}$, mis on piisav (Tabel 2).



Joonis 16. Laagripukk laagriga [5]

Tabel 2. Laagripuki UFC 208 parameetrid [5]

Tähis	Väärtus	Kirjeldus
	40 mm	Keskava
l	36 mm	Laagripuki sügavus
g	15 mm	Flantsi laius
Zuc	51,2 mm	Sisesaale sügavus
e	102 mm	Polditsentrite vaheline kaugus
a	130 mm	Üldlaius
s	16 mm	Kinnitusavade $\emptyset$
i	21 mm	Laagrikuulitsentri kaugus korpuse seinast
	22,6 kp	Max dünaamiline koormus
	15,7 kp	Max staatiline koormus

Rulliku poltide valik

Poldid rullikute kinnitamiseks valitakse vastavalt laagrite siseava diameetrile ja koormusele.

Raami rulliku laagri siseava on 30 mm ja rullikule mõjuv jõud on kaks korda suurem kui laagriale mõjuv jõud – 16550 N. Valin poldi M30x160 tugevusklassiga 8.8. Selle poldi katkemispiir on 466 kN ja elastsuspiir 359 kN [6], materjali voolepiir on 640 N/mm².

Arvestada tuleb ka, et poldid töötavad lõikele.

Lubatud lõikepinge arvutamine valemiga (21)[[3]lk.44]

$$\tau_{sall} = \frac{\tau_{sY}}{v} \quad (21)$$

kus τ_{sall} on lubatud lõikepinge N

τ_{sY} on voolepiir lõikel $\tau_{sY} = 0,6 \cdot R_e$ N/mm² [[3]lk.44]

v on varutegur 2,0 [[3]lk.42]

$$\tau_{sall} = 192 \text{ N/mm}^2$$

Nõutava ristlõikepindala arvutamine valemiga (22)[[3]lk.44]

$$S_{req} = \frac{F}{\tau_{sall}} \quad (22)$$

kus S_{req} on nõutav ristlõikepindala mm²

F on lõikejõud 16550 N

τ_{sall} on lubatud lõikepinge

$$S_{req} = 86,2 \text{ mm}^2$$

M30 poldi ristlõikepindala on $706,5 \text{ mm}^2$. M30 poldi reaalseks varuteguriks on 8,2. M30 polt on piisav.

Käpa rulliku laagri siseava on 20 mm ja rullikule mõjuv jõud on kaks korda suurem, kui laagriale mõjuv jõud - 7126 N. Valin poldi M20x140 tugevusklassiga 8.8. Selle poldi katkemispiir on 203 kN ja elastsuspiir 157 kN [6].

Kuna poltide M30 ja M20 materjalid on samad, on ka nende lubatud lõikepinged võrdsed. Nõutav ristlõikepindala poldile M20 arvutatakse kasutades valemit (22). Lõikejõud on 9176 N.

$$S_{req} = 37,1 \text{ mm}^2$$

M20 poldi ristlõike pindala on 314 mm^2 . M20 poldi reaalseks varuteguriks on 8,5. M20 polt on piisav.

4.3 Ajamite valik

Ajamid valitakse lähtuvalt lauapaki maksimaalsest koormusest, liigutatava konstruktsiooni enda massist ja liikumise kiirusest.

Horisontaalsel liikumisel valitakse asünkroonmootor. Liigutatava konstruktsiooni mass on 710 kg ja liikumise kiirus on 0,5 m/s.

Mootori võimsuse arvutamine.

Mootori võimsuse arvutamiseks on vaja teada vajalikku jõu suurust. See saadakse raskusjõu valemist (1) . [[3]lk.38]

$$F_w = m * g \quad (1)$$

kus m – mass kg

$$g - \text{raskuskiirendus} = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad F_w = 6965,1$$

Nõutava võimsuse arvutamisel kasutatakse võimsuse valemit (2) . [[3]lk.38]

$$P_{tm} = F_w * v \quad (2)$$

kus F_w – raskusjõud N

$$v - \text{kiirus m/s} \quad P_{tm} = 6965,1 * 0,5 = 3482,55 \text{ W}$$

Mootori võimsuse arvutamiseks kasutatakse valemit (3). [[3]lk.38]

$$P_m = \frac{P_{tm}}{\eta} \quad (3)$$

kus η – summaarne kasutegur $\eta = \eta_{k\ddot{u}} * \eta_{l\ddot{u}} * \eta_{la} * \eta_{tm} = 0,9$ [[3]lk.37] (4)

Hammasülekanne reduktor kasutegur - $\eta_{k\ddot{u}} = 0,97$

Hammasülekanne hammaslatt/hammasratas kasutegur - $\eta_{l\ddot{u}} = 0,97$

Laagri kasutegur - $\eta_{la} = 0,99$

Töomasina kasutegur - $\eta_{tm} = 0,96$

$$P_m = \frac{3482,55}{0,9} = 3869,5 \text{ W} \approx \mathbf{4 \text{ kW}}$$

Reduktori pöördemomendi arvutamine

Pöördemoment hammasrattale on leitav valemiga (5) [[3]lk.35]

$$T_1 = F * r \quad (5)$$

kus F – mõjuv jõud N

r – hammasratta raadius m

$$T_1 = 104,5 \text{ N/m}$$

Reduktori vajalik pöördemoment on $T_1 * \text{varutegur } 1,2$.

$$T_{\text{red}} = 125,4 \text{ N/m}$$

SEW mootorreduktorite kataloogist valitakse reduktor pöördemomendiga 455 N/m.

[[7]lk.485]

Reduktori ülekandearvu arvutamine

Leian hammasratta pöörlemissageduse valemiga: (7) [[3]lk.30]

$$v = \frac{\pi * D * n}{60 * 1000} \quad (7)$$

$$n = \frac{60 * 1000 * v}{\pi * D} = 79,62 \approx 80 \text{ p/min}$$

kus v – kiirus m/s

n – pöörlemissagedus p/min

D – hammasratta diameeter

Ülekandearvu i leian valemiga: (8) [[3]lk.263]

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad i = \mathbf{17,81} \quad (8)$$

kus n_1 – mootori pöörlemissagedus 1425 p/min

n_2 – hammasratta pöörlemissagedus

Lähim ülekandearv SEW mootorreduktorite kataloogis on **17,57**. [[7]lk.485]

Valitud mootorreduktor on **KA57 DRN 112M4**. [[7]lk.485]

Hüdrosilindri kolvi diameetri arvutamine.

Vertikaalsel liikumisel kasutan kahte hüdrosilindrit. Lauapaki mõõdud on 1200 x 500 x 5700 mm. Materjali erikaal - $p = 700 \text{ kg/m}^3$. Liigutatava konstruktsiooni mass on 2170 kg. Hüdropumba töö rõhk $p_e = 100 \text{ bar}$.

Arvutan lauapaki ruumala: $V = 1,2 * 0,5 * 5,7 = 3,42 \text{ m}^3$.

Arvutan lauapaki massi kasutades valemit (9) [[3]lk.28]:

$$m = V * p \quad (9)$$

kus V – lauapaki ruumala

p – materjali erikaal

$m = 2394 \text{ kg}$

Arvutan lauapaki ja konstruktsiooni raskusjõu kasutades valemit (1):

$$F_{wl} = m * g = 2394 * 9,81 = 23485,14 \text{ N}$$

$$F_{wk} = m * g = 2170 * 9,81 = 21287,7 \text{ N}$$

Summaarne jõud: $F_{kog} = F_{wl} + F_{wk} = 44772,84 \text{ N}$

Ühe silindri vajaminev jõud : $F = F_{kog}/2 = 22386,42 \text{ N}$

Arvutan kolvi pindala A valemiga (10) [[3]lk.430]:

$$F = p_e * A * \eta \quad (10)$$

kus p_e – pumba töö rõhk = 100 bar = 1000 N/cm²

η - Silindri kasutegur: $\eta = 0,85$ [3]lk.430]

$$A = \frac{F}{p_e * \eta} = \frac{22386,42}{1000 * 0,85} = 26,34 \text{ cm}^2$$

Arvutan kolvi diameetri D valemiga (11) [3]lk.430] :

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (11)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} = 57,93 \text{ mm}$$

Kui võtta hüdrosilindri varuteguriks 1,5 siis tuleb vajalik diameeter 86,9 mm. Lähim suurus standardarvude reas on 90. Seega silindri kolvi diameeter on **90 mm**.

Hüdrosilindri kiiruse arvutamine.

Silindri kiirus on vaja arvutada silindri väljaliikumisel, kuna sisseliikumine toimub kihthaaval ning suur kiirus pole vajalik.

Arvutamiseks on vaja teada vooluhulka.

Arvutan vooluhulga valemiga (12) [8]

$$Q = V * n * \frac{\eta_v}{100} \quad (12)$$

Kus V - pumba geomeetria maht: $V = 100 \text{ cm}^3$

n - pumba pöörded: $n = 1500 \text{ p/min}$

η_v – pumba kasutegur $\eta_v = 0,91$ [9]

$$Q = 0,135 \text{ m}^3/\text{min}$$

Silindri kiiruse arvutan kasutades valemit (13) [3]lk.429]

$$v = \frac{Q}{A} \quad (13)$$

kus Q – vooluhulk m³/min

A – silindri kolvi pindala $A = 63,6 \text{ cm}^2$

$$v = \frac{135000}{63,6} = 21,23 \text{ m/min} = \mathbf{0,354 \text{ m/s}}$$

On arvestatud, et kogu konstruktsiooni paikaliikumise aeg peab jääma alla 10 sek. Horisontaalsuunal liiguvad käpad kiirusega 0,5 m/s. Teepikkuse 1806 mm puhul tuleb paikaliikumise aeg 3,6 sek. Vertikaalsuunal on teepikkus 543 mm ja aeg tuleb 1,53 sek. Mõlemad ajad pikenevad veel juhtimisest tulenevate kiirendus ja aeglustusaegade võrra, mis mõlemal juhul jäävad 1 sekundi piiresse.

See hüdrocilindri liikumiskiirus on piisav.

4.4 Tugevusarvutused

Võlli diameeter

Võlli diameetri arvutamiseks arvestan terase S355 voolavuspiiri – 355 MPa ja võlli koormavaid pöördemomente.

Arvutan võlli lubatava väändepinge $[\tau]$ valemiga (14) [[3]lk.44]

$$[\tau] = \frac{0,7 \cdot R_e}{v} \quad [\tau] = 146,18 \text{ MPa} \quad (14)$$

kus R_e - terase voolepiir MPa

v – varutegur teraste puhul = 1,7 [[3]lk.48]

Võlli diameetri arvutan valemiga: (15) [[3]lk.48]

$$d \approx 2,7 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_t}{[\tau]}} \quad d = 0,038 \text{ m} = 38 \text{ mm} \quad (15)$$

kus M_t – väändemoment = $T_r = 417,9 \text{ N/m}$

$[\tau]$ – väändepinge MPa

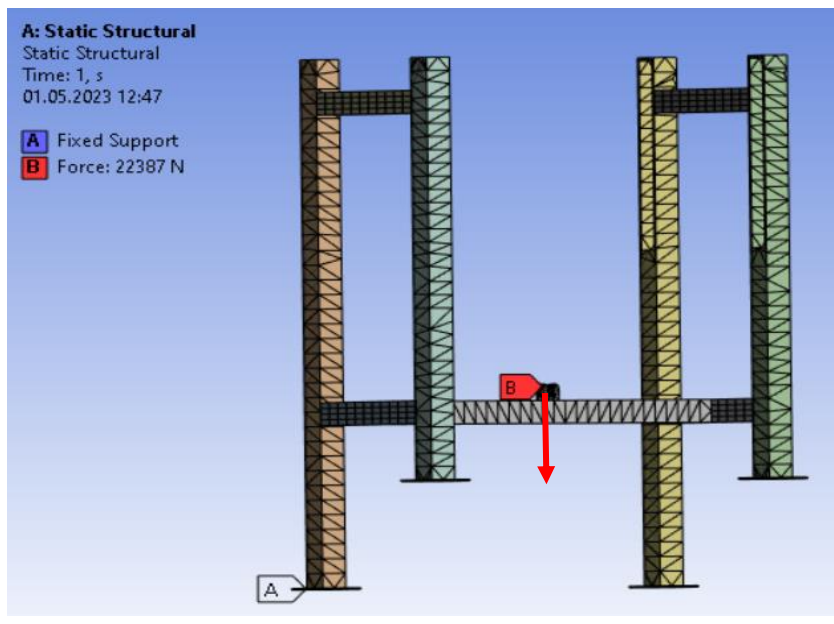
Valin standardarvude reast järgmise suurema arvu. Võlli läbimõõt on **40 mm**.

Tugevusarvutuse konstruktsioonile.

Konstruksiooni läbipainde ja tekkivate pingete analüüsimiseks kasutatakse Ansys Workbench Student 2023 a. tarkvara. Alamkooste analüüsitakse eraldi, sisestades iga alamkoostu analüüsimiseks konstruktsiooni kinnituspunktid, mõjuva jõu suuruse ja suuna.

Tugipostid

Tugipostid kinnituvad jäigalt põranda külge. Neile mõjub jõud läbi hüdrosilindri ja selle kinnituskõrvade (Joonis 17). Kinnituspunktid on tähistatud joonisel tähega A ja mõjuva jõu asukoht ning suund tähega B. Mõjuva jõu suurus 22387 N tuleb raami, käppade ja lauapaki massist.



Joonis 17. Postid kinnituspunktid ja mõjuv jõud

Tugipostide materjaliks on S355 terasprofiilid. Püstpostid on valmistatud 200x150x10 mm nelikanttorust ja risttalad 150x150x10 mm nelikanttorust.

Analüüsimisel loob Ansys struktuurivõrgu ehk mesh-i. Et saada täpsemaid tulemusi tõstsin meshi resolutsiooni kõrgemaks.

Läbipainde analüüsimisel arvutasin tala lubatud läbipainde valemiga (19) [[10]lk.23]

$$[f] = 1/200 \dots 1000 \quad (19)$$

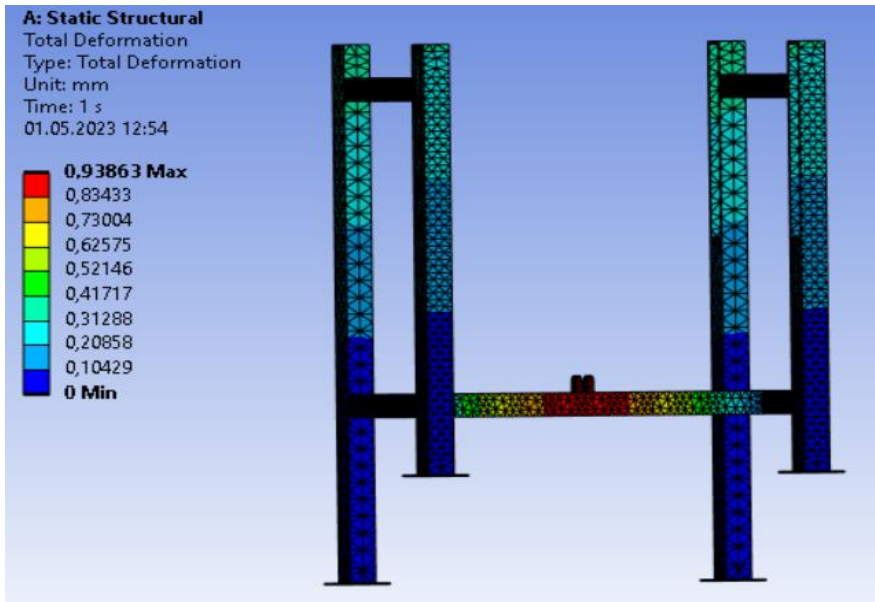
kus $[f]$ – lubatud läbipaine mm

l – tala pikkus mm

Valin jagajaks keskmise väärtuse 600.

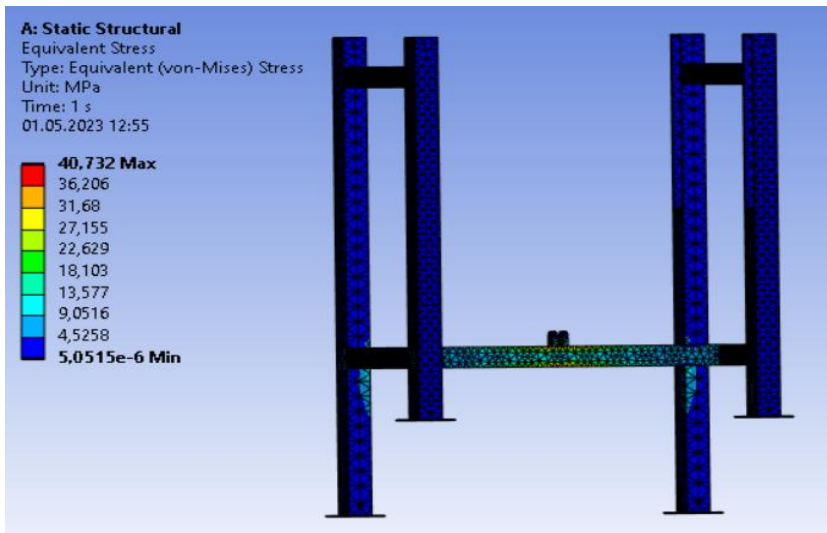
$$[f] = 2060/600 = 3,4 \text{ mm}$$

Lubatud läbipaine on 3,4 mm. Analüüsi tulemusena sain läbipainde 0,94 mm (Joonis 18), mis on varuteguri 2,0 [3]lk.42] juures piisav.



Joonis 18. Tugipostid deformatsioon

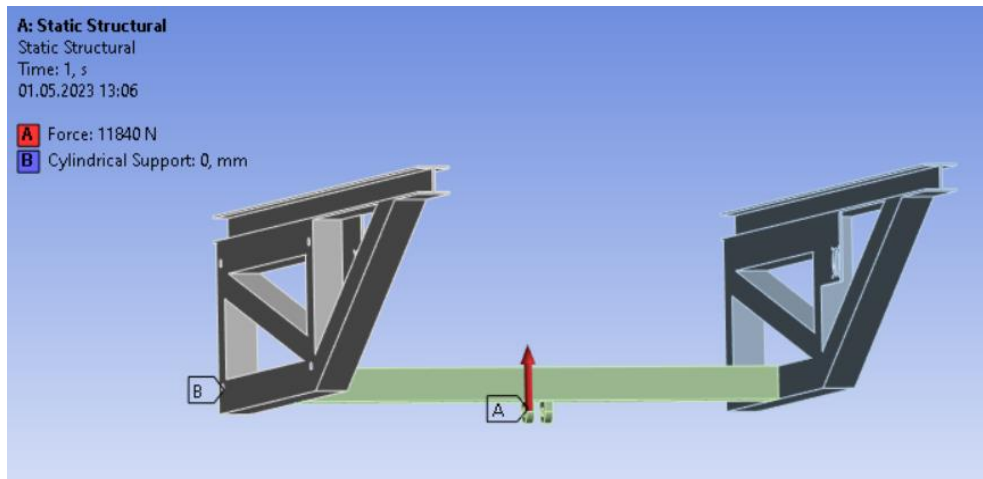
Pinget analüüsimisel võetakse arvesse materjali S355 J2H voolepiiri mis on $355 \text{ N/mm}^2 = \text{MPa}$. Analüüsi tulemus annab maksimaalse tekkiva pinge 40,7 MPa, mis on piisava varuga (Joonis 19).



Joonis 19. Tugipostid pinge

Raam

Raami kinnituspunktideks valitakse raami tugirullikute kinnituspoltide avad. Mõjuv jõud rakendub hüdrosilindri kinnituskõrvadele (Joonis 20). Kinnituspunktid on joonisel tähistatud tähega B ja mõjuv jõud tähega A. Mõjuva jõu suurus 11840 N tuleb käppade ja lauapaki massist.

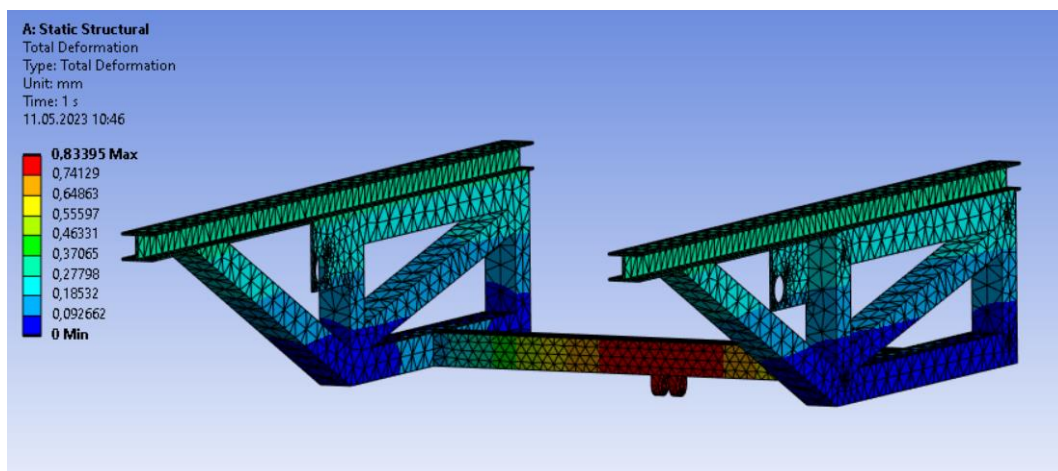


Joonis 20. Raam kinnituspunktid ja jõud

Raami läbipainde analüüsimiseks arvutatakse lubatud läbipaine (19).

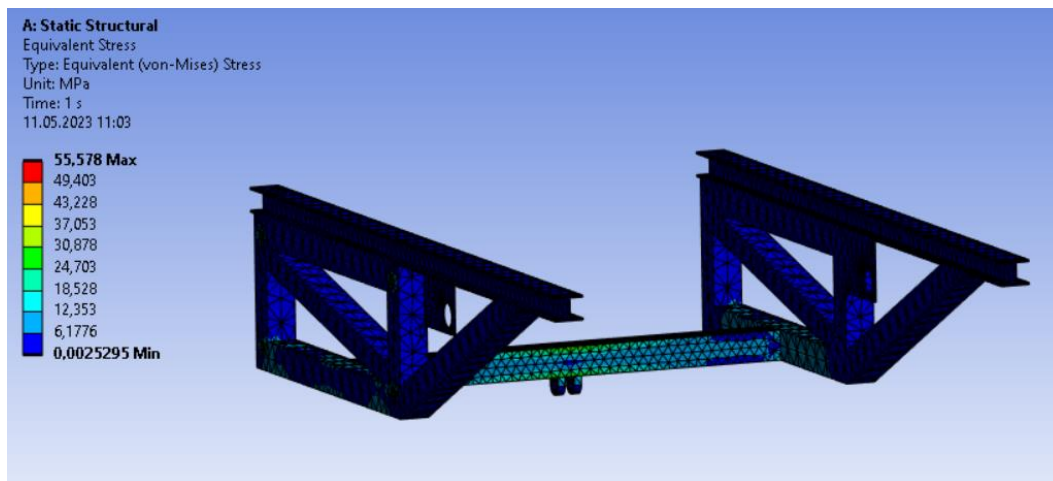
$$[f] = 1800/600 = 3 \text{ mm}$$

Analüüsi tulemus - läbipaine 0,8 mm, mis on piisav (Joonis 21).



Joonis 21. Raam deformatsioon

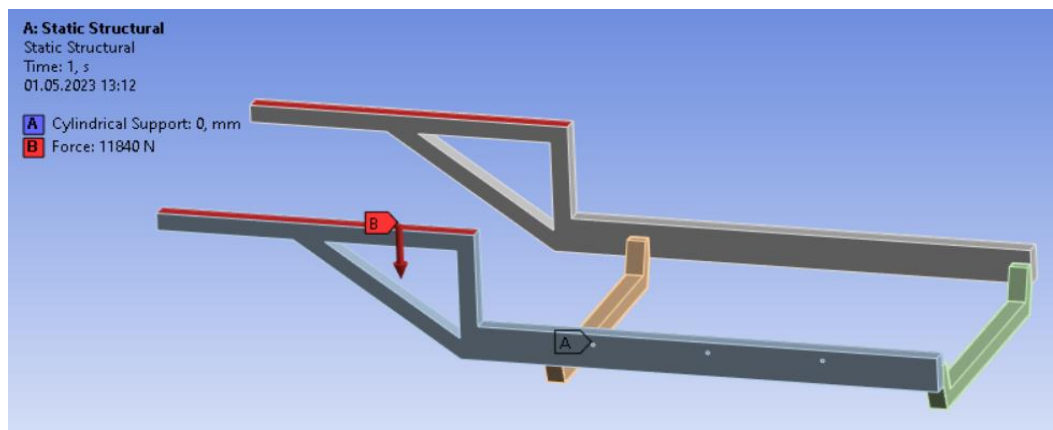
Raami maksimaalsed tekkivad pinged jäävad vahetala keskpunkti ja hüdrosilindri kinnituse lähedusse. Pingete suuruseks on 55,6 MPa, mis terase S355 J2H juures on piisava varuteguriga (Joonis 22).



Joonis 22. Raam pinged

Käpad

Käppade kinnituspunktid on rullikute kinnituspoltide avad (joonisel tähis A) ja mõjuva jõu piirkonnaks on lauapaki toetuspind (joonisel tähis B) (Joonis 23). Mõjuva jõu suurus tuleneb lauapaki massist.

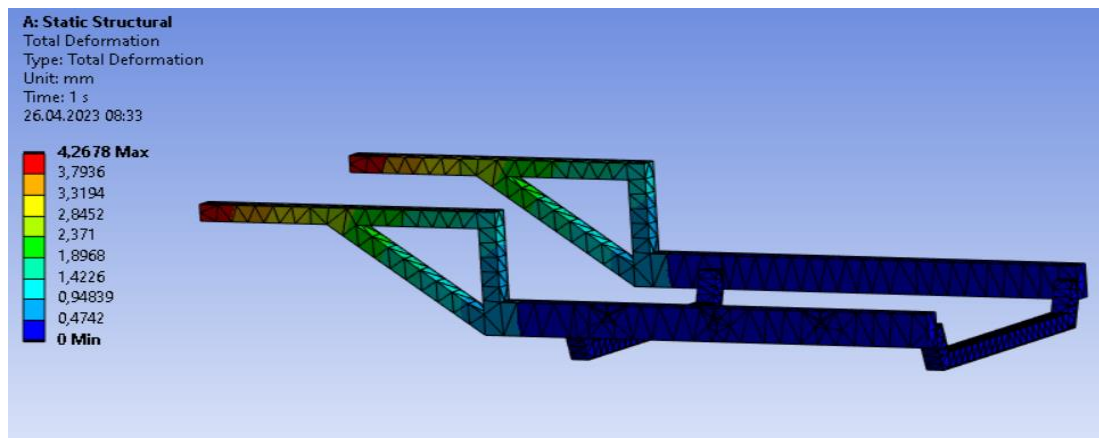


Joonis 23. Käpad kinnituspunktid ja jõud

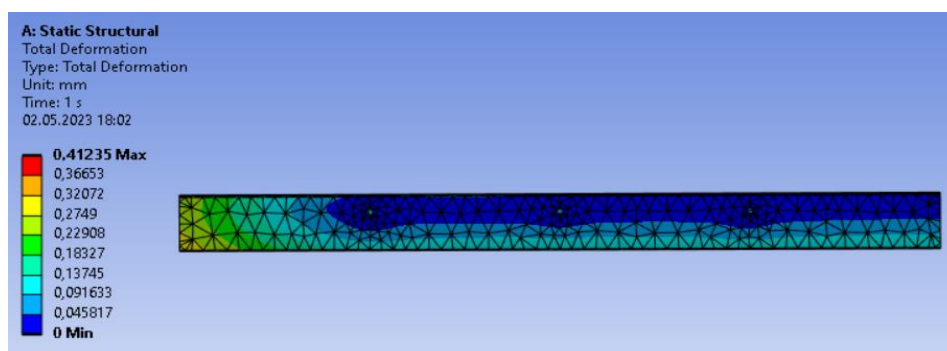
Arvutatakse lubatud läbipaine käppade alumise tala pikkusele 2600 mm (19).

$$[f] = 2600/600 = 4,3 \text{ mm}$$

Analüüsi tulemusena on läbipaine 4,3 mm käppade otstest (Joonis 24). Sai teostatud analüüs ka käpa alumisele talale eraldi ja tulemuseks läbipaine 0,41 mm (Joonis 25), mis on piisava varuga.

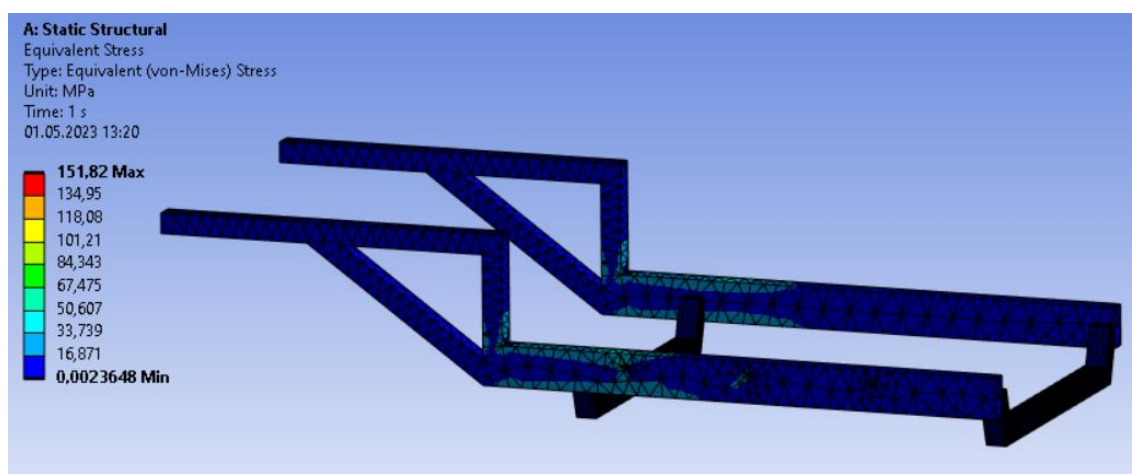


Joonis 24. Käpad deformatsioon



Joonis 25. Käpa alumine tala deformatsioon

Käppade pingete analüüsi tulemus näitab, et suurimad pinged tekivad esimese rulliku kinnituse ümber (Joonis 26). Maksimaalne pinge on 152 MPa. Arvestades materjali voolepiiri 355 MPa ja varutegurit 2,0 on pinged lubatu piirides.



Joonis 26. Käpad pinge

5. ABILIFTI JUHTIMINE

Abilifti tööpõhimõte

Kui pakiliftile koostatud valmis pakk alustab allaliikumist, liiguvad abilifti käpad horisontaalsuunal lõppasendisse, mille fikseerib induktiivandur. Seejärel liigub abilifti raam koos käppadega ülemisse piirasendisse, mis on fikseeritud induktiivanduriga. Algab uue paki koostamine. Kihi asetamise järel kontrollib kihi ülemist tasapinda optiline difusioonandur. Abilift liigub alla kuni optiline andur vabaneb ja on võimalik asetada uus kiht. Paki koostamine jätkub kuni abilift on langenud alumise kontrollandurini (induktiiv). Samal ajal on pakiliftilt pakk ära liikunud ja pakilift on tõusnud abilifti kontrollasendini. Abilift liigub alumisse piirasendisse (fikseeritud induktiivanduriga). Pakk jääb toetuma pakiliftile ning koostamine jätkub. Abilift liigub horisontaalsuunal tagasi algasendisse, mis on samuti kontrollitud induktiivanduriga.

Abilifti juhtimine on planeeritud teostada kasutades olemasolevat pakkimisliini kontrollerit (Joonis 27).



Joonis 27. Siemens S7 300 kontroller (autori foto)

Lifti liikumiste piirasendite kontrollimisel kasutatakse induktiivandureid Telemecanique XS630B1PAM12 (Joonis 29) ja kihi taseme kontrollimisel optilist difusioonandurit Sick WTT280L-2P2531 (Joonis 30).

Mootori juhtimiseks kasutatakse sagedusmuundurit Mitsubishi FRD 740 (Joonis 28). Sagedusmuunduri kasutamine võimaldab mootorit sujuvalt juhtida nii stardi- kui stopi tsükliks. See aga säästab liini mehaanikat. Veel saab sagedusmuunduriga muuta mootori kiirust töösükli ajal.



Joonis 28. Mitsubishi FRD 740



Toide – 24VDC
 Maks. objekti kaugus – 15mm
 Väljund – PNP

Joonis 29. Induktiivandur [11]



Toide – 24VDC
 Tüüp – objektpeegelduv
 Maks. objekti kaugus – 200mm
 Valguse tüüp – nähtav (laser)
 Väljund - PNP

Joonis 30. Optiline difusioonandur [12]

Hüdrosilindri sujuvaks juhtimiseks kasutan proportsionaal suunaventiili Vickers KBDG5V 7 2C180N (Joonis 31). Antud suunaventiil tagab kontrollitud liikumise piirasenditesse jõudmisel ning võimaldab ka silindrite kiirust määrata.



Läbilaskevõime – 180 l/min
 Toide – 24 VDC
 Kiiruse juhtimine – 0...5 VDC

Joonis 31. Proportsionaal suunaventiil [13]

6. SEADME JA LIINI OHUTUS

Ohutuse tagamiseks piiratakse seadmele ligipääs aiaga, mille väravatel on turvalukud (Joonis 32). Need välistavad alale sisenemise töötava liini korral. Lisaks on kogu juhtimine ühendatud ka üldisesse hädastopi ahelasse. See tähendab, et ükskõik kus punktis liinil hädastopi nuppu rakendatakse seiskub koos ülejäänud liiniga ka abilifti osa.



Joonis 32. Turvalukk [14]

Turvalukud on ühendatud turvareleesse (Joonis 33), mis omakorda on ühendatud pakkimise kontrollieriga.

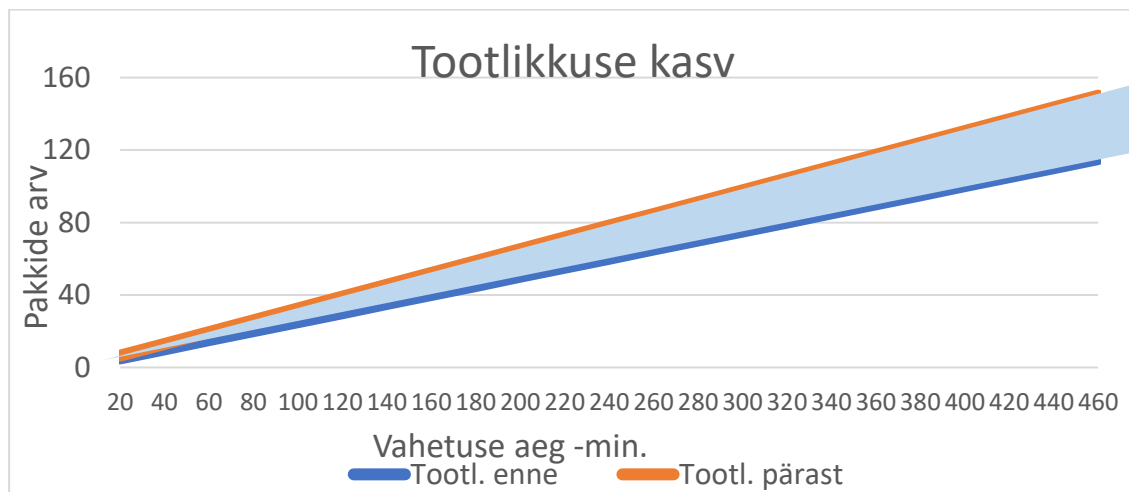


Joonis 33. Turvarele [15]

Kõik lahendused vastavad IEC 61508 standardis kirjeldatud SIL 2 nõuetele.

7. MAJANDUSARVUTUSED

Majanduslik kasu abilifti kasutamisel tuleneb eelkõige pakkeliini tootlikuse kasvu arvelt. Abilifti paikaliikumise ajaks on arvestatud 10 sek. Seega on ajaline kokkuhoid 20 sekundit ühe paki koostamise kohta. Kui praegu tehakse vahetuse jooksul keskmiselt 115 pakki siis abiliftiga tõuseb pakkide arv 153 - ni. Kui arvestada, et kuus on keskmiselt 20 tööpäeva ja tööpäevas 2 vahetust, kasvab pakkimise toodang ca 24 % (Joonis 34).



Joonis 34. Tootlikuse kasv vahetuses

Majandusliku kulu leidmiseks uue lahenduse teostamisel, arvestatakse kokku materjalikulu (Tabel 3) ja ostutoodetele soetamise kulu (Tabel 4).

Tabel 3. Materjalikulu [16]

Nimetus	Teras	Mõõt	Kogus	Ühik	Hind €
Nelikanttoru	S355	200x150x10	25,12	m	2847
Nelikanttoru	S355	150x150x10	13,56	m	1451
Nelikanttoru	S355	120x120x8	29,52	m	2004
Nelikanttoru	S355	100x100x8	20,6	m	881
Nelikanttoru	S355	200x100x8	10,4	m	903
Kuumvaltsitud lehtmaterjal	S355	Lehe paksus 8mm	1	m2	345
Kuumvaltsitud lehtmaterjal	S355	Lehe paksus 30mm	0,1	m2	60
Tala HEA	S355	HEA 120	12,8	m	981
Võll	S355	Ø 40mm	5,5	m	198
Kokku €					9670

Tabel 4. Ostutooted

Nimetus	Kogus tk	Hind €
Hammaslatt C45 mod 3 2000mm	4	464
Hammasratas C45 mod 3 Ø 120mm	4	168
Sagedusmuundur	1	960
Mootor-reduktor	1	1500
Hüdrosilinder	2	1600
Servoventiil	1	5600
Induktiivandur	8	268
Rullikud + treitööd	20	2000
Turvalahendus	1	1800
Laager 6206	16	448
Laager 6204	24	264
Laagripukk+ laagerUFC 208	4	100
Kinnitusvahendid		1000
	Kokku €	16172

Seadme ehituse kogumaksumus on 25842 €. Kulude hulka ei arvestata kohalike töötajate töötasusid.

KOKKUVÕTE

Antud lõputöö teemaks oli „Abilifti lisamine saematerjali pakkeliinile“ Combimill Sakala saeveski näitel.

Töö eesmärgiks oli luua saeveskile lahendus pakkeliini tootlikuse tõstmiseks. Kuna saematerjali pakkimise kitsaskohaks on kujunenud ajaline seisak protsessis, siis abilift võimaldab koostamist jätkata perioodil, mil pakilift liigub ühest asendist teise.

Töö käigus sai analüüsitud olemasoleva liini parameetreid ja kinemaatilisi liikumisi. Uue lahenduse loomiseks oli vaja arvestada algandmeid: lauapaki massi, abilifti paika liikumise kiirust, olemasoleva konstruktsiooni eripära. Nendest lähtuvalt sai loodud 3D-mudel olemasoleva liini pakiliftist. Pakilifti dimensioone arvestades sai projekteeritud abilift, mis sobib antud tööstuslikku keskkonda.

Tööprotsessi käigus sai analüüsitud konstruktsioonimaterjale tugevusele ja läbipaindele. Vastavalt analüüsi tulemustele, valiti materjaliks konstruktsiooniteras S355, kuna antud materjal tagab piisavad tugevusomadused käpa konstruktsioonile ja hinna vahe materjaliga S235 on marginaalne. Sai valitud sobivad ajamid liikuvatele konstruktsiooni osadele. Selleks teostati arvutused arvestades mõjuvaid koormusi.

Abilifti juhtimine on plaanitud integreerida olemasolevasse pakkeliini kontrollerrisse. Piirasendite kontrollimiseks kasutatakse induktiivandureid. Lauapaki ülemise asendi kontrollimiseks kasutatakse optilist difusioonandurit. Hüdrosilindrite juhtimiseks kasutatakse proportsionaal suunaventiili, sest see tagab sujuva liikumise algus ja lõpp punktis, ning võimaldab ka silindrite kiirust määrata. Elektrimootori juhtimiseks kasutatakse sagedusmuundurit.

Seadme ja liini ohutuse tingimuste loomisel on arvestatud standardis IEC 61508 kirjeldatud SIL2 nõudeid.

Lõputööga saavutati eesmärk luua lahendus Combimill Sakala pakkeliinile abilifti lisamiseks.

SUMMARY

The topic of this thesis was „Adding secondary lift for timber packaging machine“ in Combimill Sakala sawmill.

Aim of the thesis was to create a functioning solution, to improve the productivity of the packaging line. The constraining factor in this line is the time gap, in which the packaging lift moves from one position to another. Secondary lift has the ability to reduce this gap.

In this thesis the parameters and the movements of the existing packaging line have been analysed. To create a new solution, the initial data: the weight of the board pack, the speed of the secondary lift and the speciality of the existing packaging lift, has been taken into consideration. Regarding these conditions a 3D model of the existing packaging lift was created. The 3D model of the existing packaging lift made it possible to engineer a secondary lift, that is suitable in those conditions.

In working process the analysis of the strength and the deformation of the construction elements was made. The material of choice became structural steel S355 because this material grants sufficient strength capabilities to the construction of the lift claws and the price compared to S235 is unmentionable. Choice of suitable drives for the moving parts was made. For that the necessary calculations, according to applied forces, had to be made.

The movement control of the secondary lift is being integrated to the controller of the packaging line. The limits of the movements are controlled by using inductive sensors. The top level of the board pack is controlled by an optical diffuse sensor. To control the hydro cylinders the proportional directional valves are used, because they grant speed control and smooth movements in start and stop sections.

In creating the conditions for safety the standard IEC 61508 and SIL2 requirements have been taken into consideration.

In this thesis a solution for adding a secondary lift to Combimill Sakala OÜ packaging line was created and all the initial goals were reached.

KASUTATUD ALLIKAD

- [1] „<http://www.combimill.ee/ettevottest>,” [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 07 05 2023].
- [2] S. Tammeväli, *Arendusjuht Combimill Sakala*.
- [3] Mehaanikainseneri käsiraamat, 2021.
- [4] „<https://skfbearingselect.com/#/size-lubrication/single-bearing>,” [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 23 04 2023].
- [5] „<https://www.maedler.de/Article/62604000>,” [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 24 04 2023].
- [6] „<https://boltland.ee/tugevusandmed>,” [Võrgumaterjal].
- [7] <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/21284997.pdf>, SEW Catalog.
- [8] „https://www.tss.trelleborg.com/apps/hydraulic_cylinder/,” [Võrgumaterjal]. [Kasutatud kasutatud 19.04.2023.].
- [9] „<https://www.machinerylubrication.com/Read/28430/hydraulic-pump-motors-maintenance>,” [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 23 04 2023].
- [10] I. Kleis ja H. Arumäe, RAKENDUSMEHAANIKA, Tallinn, 2001.
- [11] „<https://www.se.com/ww/en/product/XS630B1PAM12/inductive-proximity-sensors-xs-inductive-sensor-xs6-m30-l74mm-brass-sn15mm-12-48-vdc-m12/>,” [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 07 05 2023].
- [12] „<https://www.sick.com/dk/en/photoelectric-sensors/photoelectric-sensors/powerprox/wtt280l-2p2531/p/p300952>,” [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 07 05 2023].
- [13] „<https://okmarts.com/eaton-vickers-proportional-valve-kbdg5v-7-2c180n-m1-pe7-h1-10.html>,” [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 07 05 2023].
- [14] „<https://idemsafety.com/shop/solenoid-tongue-interlocks/solenoid-controlled-safety-interlock-switches-power-to-lock/klm-p2l-tongue-switch-guard-locking/>,” [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 07 05 2023].
- [15] „<https://idemsafety.com/shop/safety-relays/viper-safety-relays-with-added-diagnostics/viper-safety-relays-from-idem-with-added-diagnostics/>,” [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 07 05 2023].
- [16] „<https://www.metall24.ee/tooted/teras-s355>,” [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 30 04 2023].

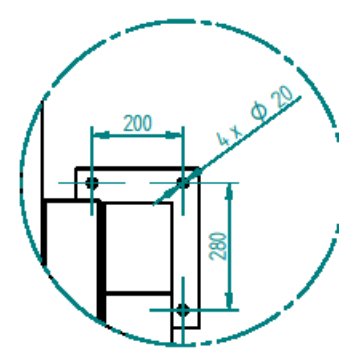
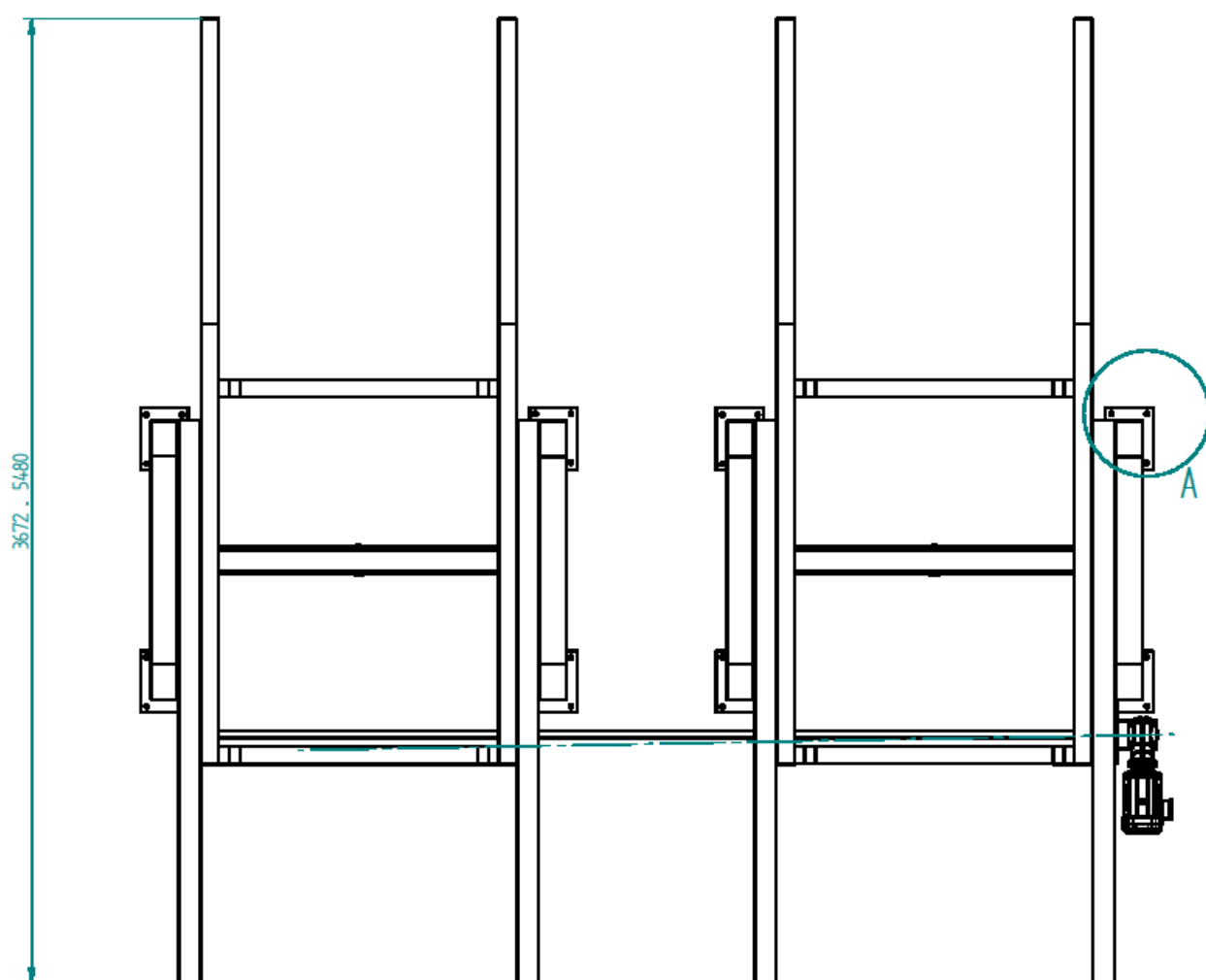
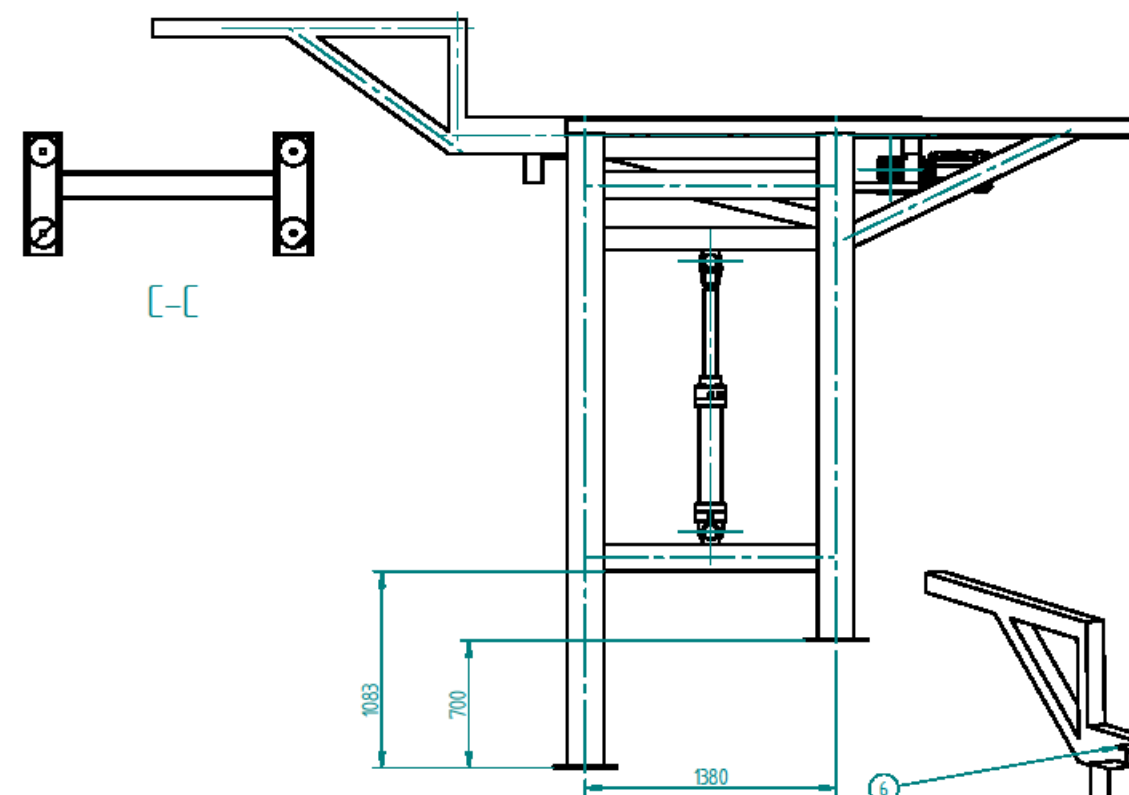
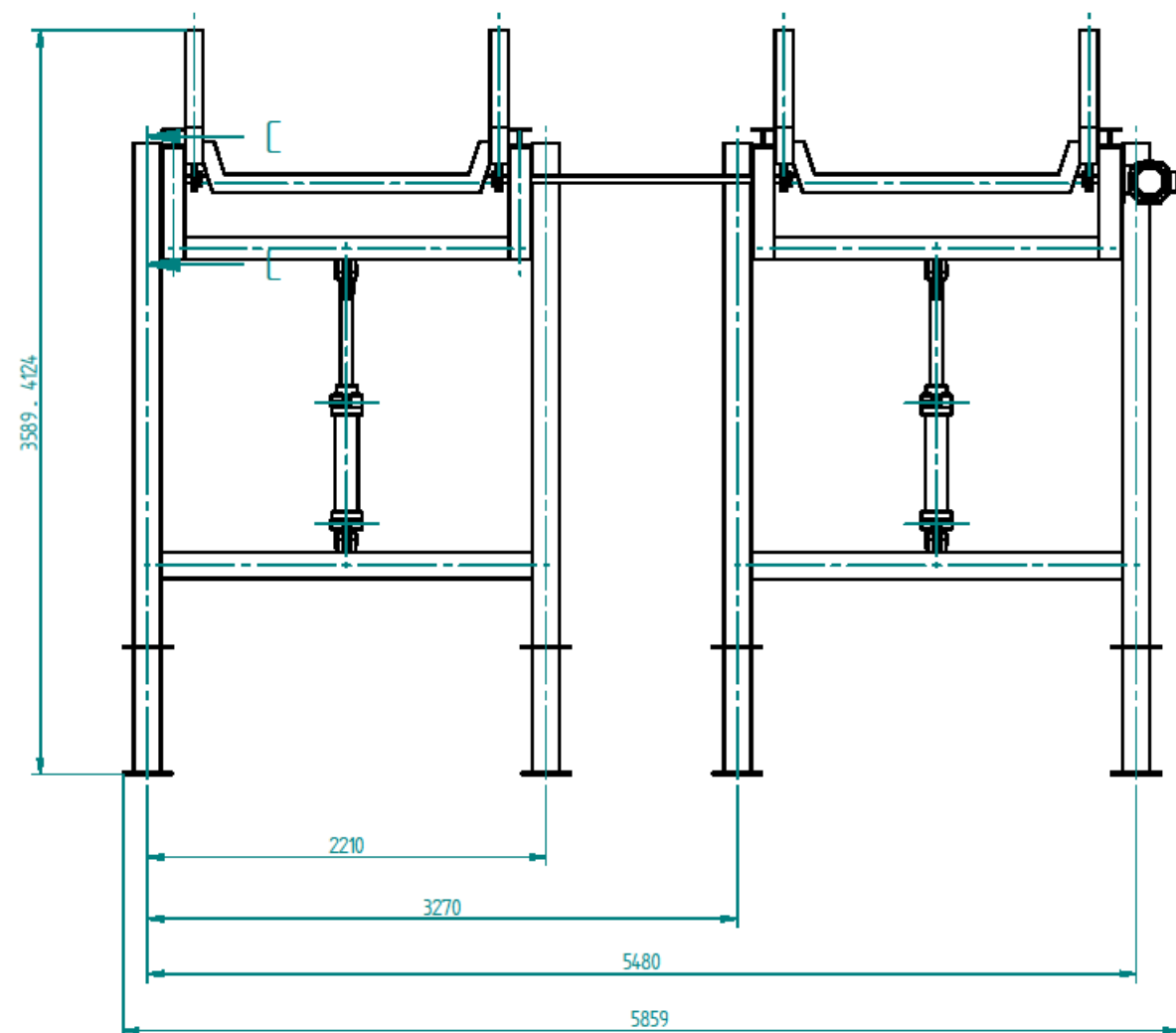
LISAD

9.1 Abilifti koostejoonis

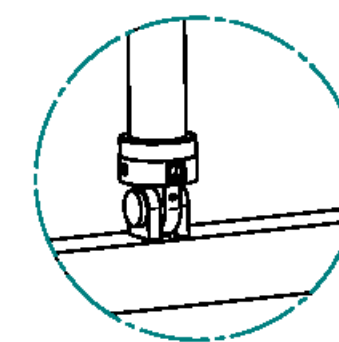
9.2 Raam ja käpad alamkoost

9.3 Käpa keeviskoostejoonis

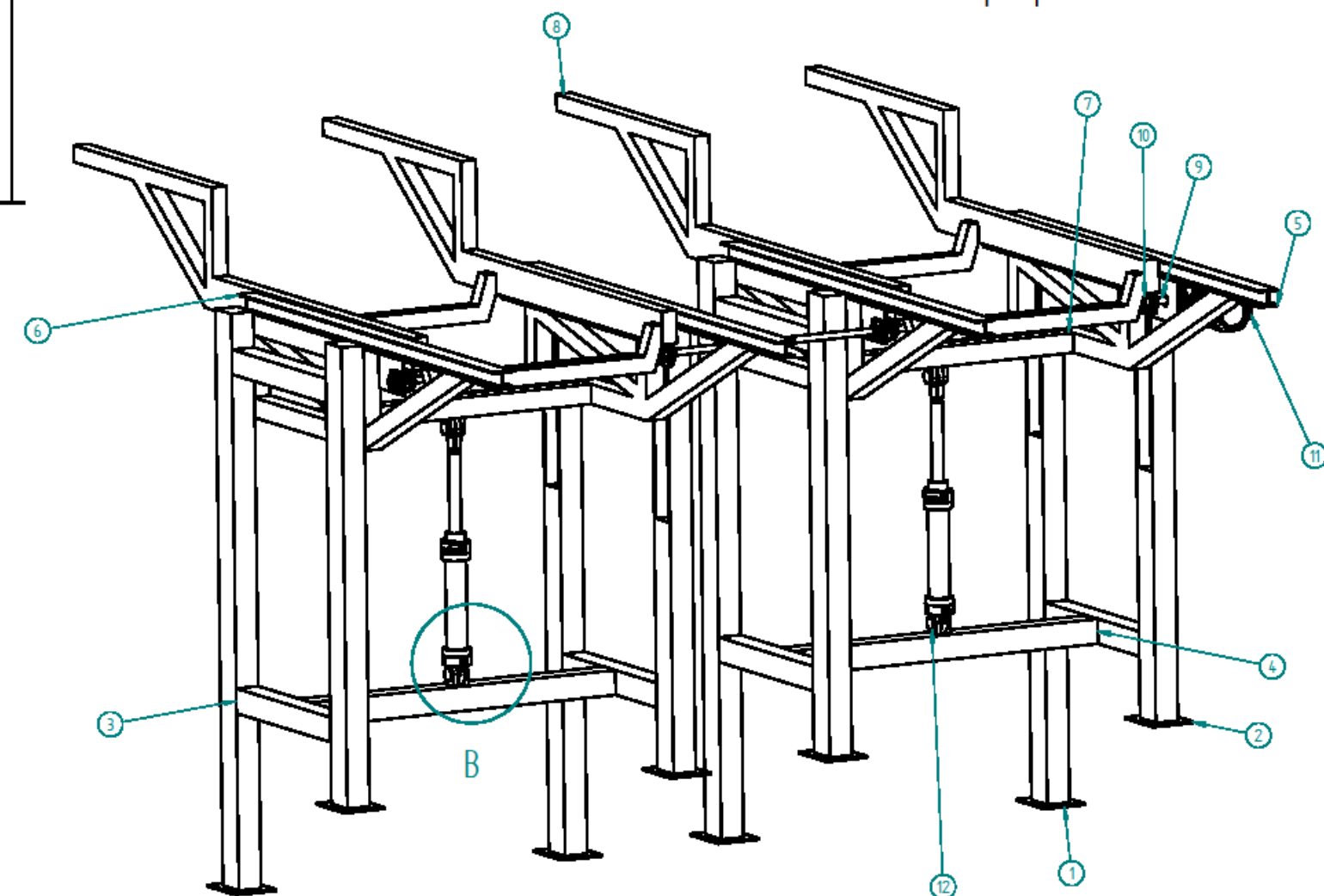
9.4 Kinnituskõrv detailijoonis



A
1:10



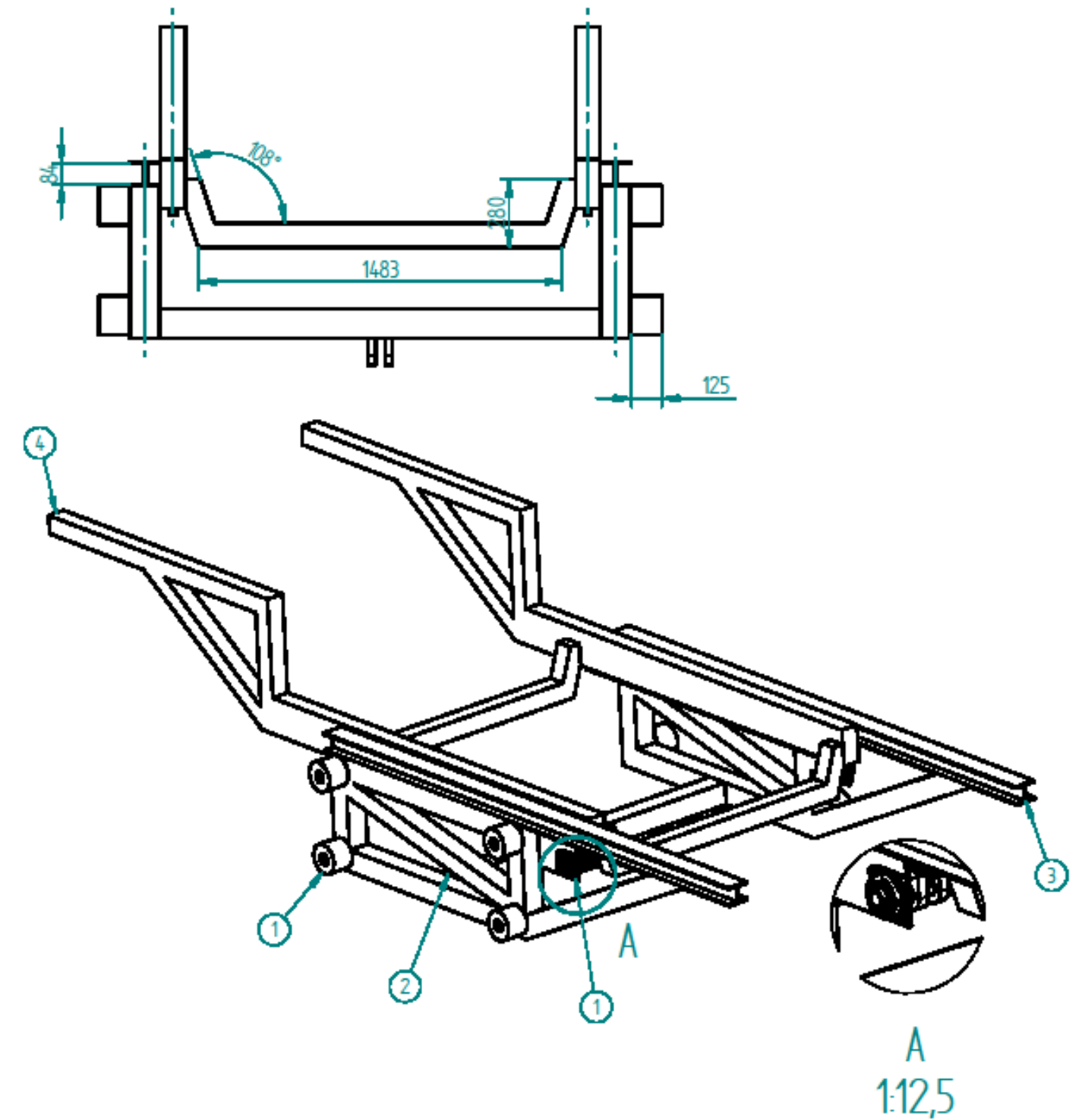
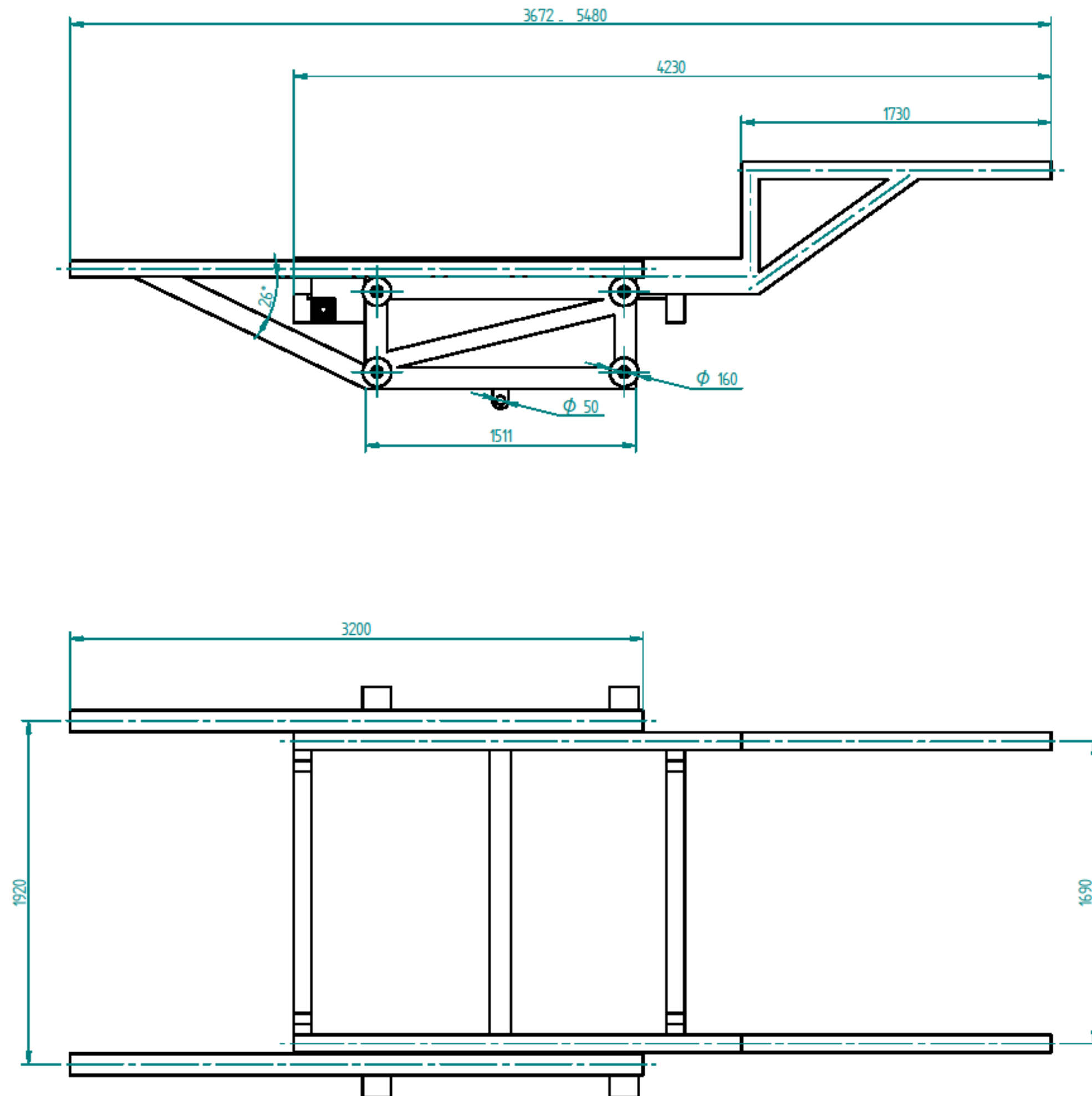
B
1:10



Max tõstevõime 2400kg
Ajamid: Asünkroonmootor-
400 V 4kW 1450p/min
Hüdrosilinder- 600x90mm
Hüdropump-100bar 135l/min

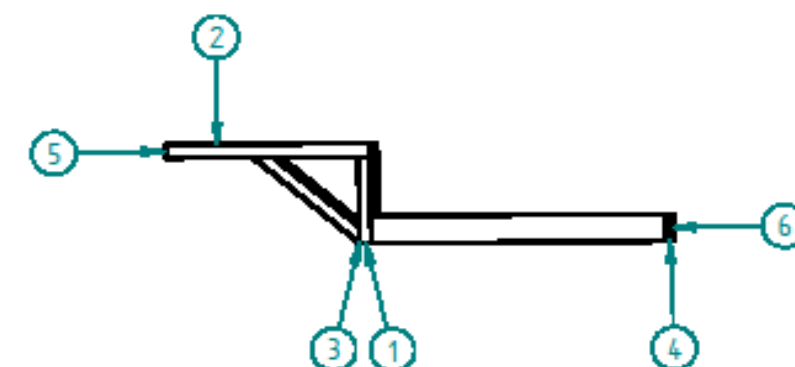
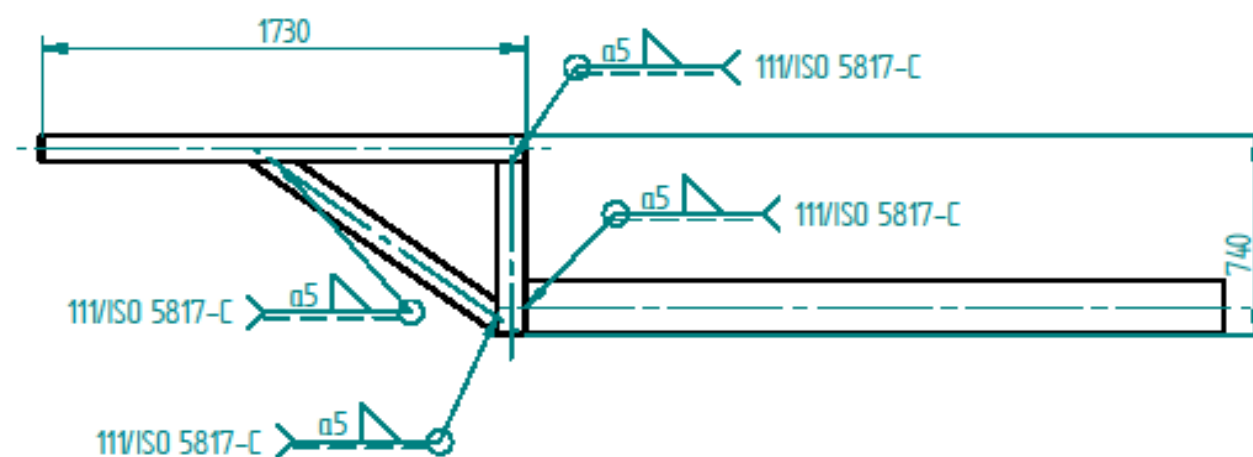
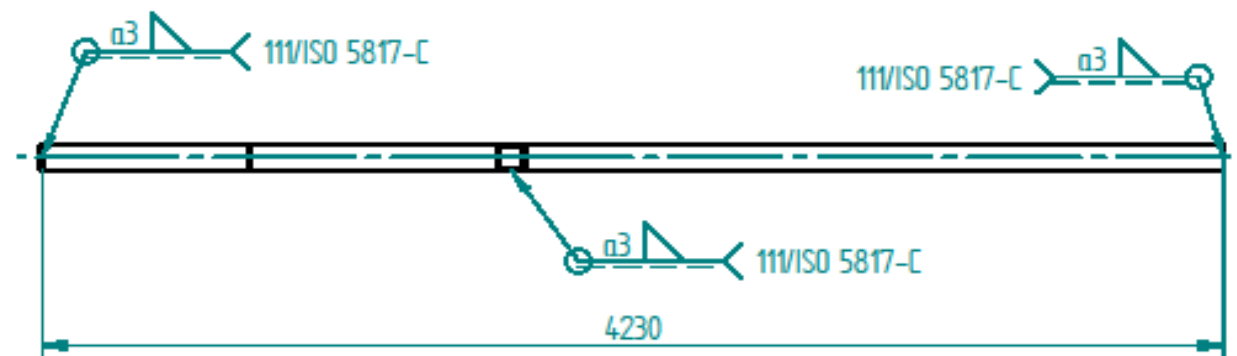
12	Sõrm50mm		4	
11	MootorRed 4 kW		1	
10	Hannasratas	23388140	4	
9	Võlli abil		1	
8	Käppade koost		2	
7	Raami vahetala		2	
6	Raami koost		2	
5	Raami koost 2		2	
4	p vahetala2		2	
3	P vahetala1		8	
2	Proovipost2		4	
1	Proovipost		4	
Osa	Nimetus, Materjal	Tahis	Hulk	Märkus
Material:		Unmarked tolerances:	Mass:	Scale:
Prepared: Vaido Must		Title:	4922526	1:25
Checked: Peter Sverns		Abilift koostepoonis		001
Approved: Siim Tammevali		Sheet: 1/1	Document nr: 20230421	Rev: 1
TALLINNA TEHNILISE KOOL				AI

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



5*	Laagripuuk	0323042023	2	
4	Käppade koost	0622042023	1	
3	Raami koost 2	1117042023	1	
2	Raami vahetala	1203032023	1	
1	Raami koost 1	0623032023	1	
Osa	Nimetuse, Materjal	Tahis	Hulk	Markus
Material:		Unmarked tolerances:		Mass: Scale:
		ISO 2768 - mK		1143,958 1:20
Prepared:	Vaido Must	Title:		File:
Checked:	Peter Sverns	Raam ja käpad alamkoost		002
Approved:	Siim Tammevali			
TALLINNA TEHNILISE KOOL		Sheet: I/I	Document nr: 03233023	Rev: 1 A2

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

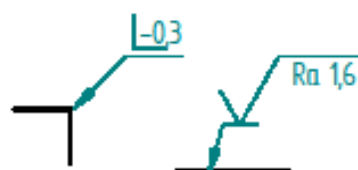
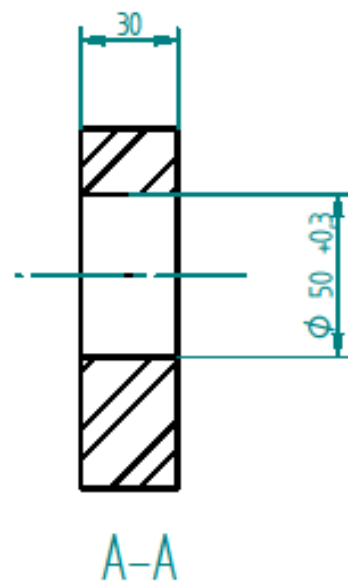
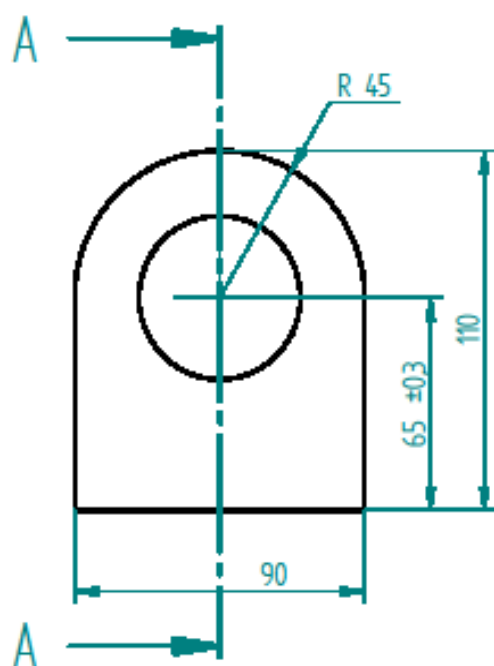


6	Otsaplaat2	0211052023	1	
5	Otsaplaat1	0111052023	3	
4	Kapa tala	0130032023	1	
3	Diagonaal	0230032023	1	
2	kapp peal	0330032023	1	
1	Kapa posttala	0430032023	1	
Osa	Nimetus, Materjal	Tahis	Hulk	Markus

	Material:		Unmarked tolerances:		Mass:	Scale:
			ISO 13 929 - BF		165,720	1:25
	Prepared:	Vaido Must	Title:		File:	
	Checked:	Peter Šverns				
	Approved:	Siim Tammeväli				
		Sheet:	Document nr:	Rev:	A3	
		1/1	0316042023	1		

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Käpa keeviskoost



	Material: Steel - Structural 1.0553, S355J0 90x110x30mm	Unmarked tolerances: ISO 2768 - mK	Mass: 1,654	Scale: 1:2
Prepared:	Vaido Must 27.04.2023	Title: Kinnituskõrv	File:	008
Checked:	Peter Šverns			
Approved:	Siim Tammeväli			
SOLID EDGE ACADEMY		Sheet: 1/1	Document nr: 0521042023	Rev: 1 A4