



EESTI MAAÜLIKOOL  
Metsanduse ja inseneeria instituut

**Laur Mägi**

**SC2 MANUSELIIMIMISROBOTI UNIVERSAALSEMAKS  
MUUTMINE**

MAKING THE SC2 ATTACHMENT GLUING ROBOT MORE  
UNIVERSAL

Rakenduskõrgharidusõppe lõputöö  
Tehnotroonika õppekava

Juhendaja: Indrek Virro, *MSc*  
Kaasjuhendaja: Ülari Lees, *MSc*

Tartu 2023

# LÜHIKOKKUVÕTE

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Rakenduskõrgharidusõppe lõputöö lühikokkuvõte	
Autor: Laur Mägi		Õppekava: Tehnotroonika	
Pealkiri: SC2 manuseliimimisroboti universaalsemaks muutmine			
Lehekülgi: 45	Jooniseid: 18	Tabeleid: 5	lisasid: 2
Õppetool: Biomajandustehnoloogiate õppetool ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: Loodusteadused ja tehnika; 4.13. T125. Juhendaja(d): Indrek Virro, <i>MSc</i> ja Ülari Lees, <i>MSc</i> Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2023			
<p>Tänapäeval kasutatakse tööstuses automatiseeritust, tänu nende täpsusele ja järjepidevusele. Töö eesmärgiks on välja arendada ja valmistada töötav universaalhaarats manuseliimimisrobotile, sest teine haaratsite tootja ei ole paindlik universaalsuse suhtes. Analüüsitakse enimkasutatavaid võimalusi mitme manuse liimimiseks ühe haaratsiga. Võrreldakse nende eeliseid ja puudusi ning luuakse üks võimalikest lahenditest. Haarats valmistati ja juurutati ning on läbinud katsetused ja võetud kasutusse. Eesmärk sai täidetud.</p>			
Märksõnad: robot, haarats, robothaarats, täiturid, kuka sim 4.0			

# ABSTRACT

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Professional Higher Education Thesis	
Author: Laur Mägi		Curriculum: Technotronics	
Title: Making the sc2 attachment gluing robot more universal			
Pages: 45	Figures: 18	Tables: 5	Appendixes: 2
Chair: Chair of Biosystems Engineering Field of Research: Field of research and (CERC S) code: Natural Sciences and Engineering; 4.13. T125 Supervisor: Indrek Virro, <i>MSc</i> and Ülari Lees, <i>MSc</i> Place and date: Tartu, 2023			
<p>In today's industry, automation is widely employed due to its precision and consistency. The aim of this work is to develop and manufacture a functional universal gripper for a manual gluing robot, as the existing gripper manufacturer lacks flexibility in terms of universality. The most used options for gluing multiple attachments with a single gripper are analysed. Their advantages and disadvantages are compared, and one of the possible solutions is created. The gripper is fabricated, implemented, and subjected to testing before being put into operation. Therefore, it can be confidently stated that the objective has been achieved.</p>			
Keywords: robot, gripper, robotic gripper, actuators, kuka sim 4.0			

## SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE.....	2
ABSTRACT.....	3
SISSEJUHATUS .....	6
1. TOOTMISLIIN .....	7
1.1. Tööstusrobot.....	7
1.2. Manus .....	8
1.3. Robothaarats .....	9
1.4. SC2 liini kirjeldus.....	11
2. ANALÜÜS.....	13
2.1. Täiturid .....	13
2.1.1. Pneumaatiline täitur .....	13
2.1.2. Hüdrauliline täitur .....	14
2.1.3. Elektromehaanilised täiturid .....	15
2.2. Manuse haaramise mehhanism.....	17
2.3. Kiirvahetussüsteem .....	18
3. PROJEKTEERIMINE JA VALMISTAMINE .....	19
3.1. Ostutooted .....	19
3.1.1. Pneumaatiline täitur Festo HGPT-20-A-B-G .....	19
3.1.2. Kiirvahetussüsteem SCHUK SWA-020-000-000.....	22
3.1.3. Anduri moodul Murr Elektronik EXACT8, 6XM8, 3 POLE PRE-WIRED CABLE .....	23
3.2. Sõlmede projekteerimine ja juurutus.....	24
3.2.1. Manipulaatori haarats.....	24
3.2.2. Positsioneerimisliugur.....	25
3.2.3. Kere.....	26
3.3. Simulatsiooni tarkvara.....	27
3.4. Juurutus .....	29
3.5. Haaratsi hoidja.....	29
4. TASUVUSANALÜÜS .....	31
4.1. Kulud .....	31
4.2. Tehniliste lahenduste võrdlus .....	31
4.3. Parendus ettepanekud .....	32

KOKKUVÕTE .....	33
KASUTATUD KIRJANDUS .....	34
LISAD.....	36
Lisa A tehnilised joonised .....	37
Lisa B. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise .....	45

## SISSEJUHATUS

Tänapäeva kiirelt arenevas maailmas kasutatakse palju automatiseeritud tootmist, kuid alati ei kasutata selleks kõige optimaalsemat ja tarbija jaoks sobivamat lahendust. Mis arvestaks tarbija vajadustega.

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on välja arendada ja valmistada töötav universaalhaarats manuseliimimisrobotile, kuna praegune haaratsite tootja ei ole paindlik universaalsuse suhtes. Ülesanded edukaks eesmärgi täitmiseks on, leida manuste ühisosa, teha vajalikud arvutused, projekteerida, valmistada ja juurutada haarats ning sellele hoidja.

Lõputöö käigus analüüsitakse võimalike lahendusi robotiga manuste liimimiseks. Võrreldakse nende eeliseid ja puudusi ning luuakse üks võimalikest toimivatest lahendustest, mis hakkab täitma tootmises ühe töötaja tööülesandeid. Sobivaim lahendus on efektiivne ja kohalikul valmistatav. Lõputöös kasutatakse Saint-Gobain Glass Estonia SE, Service center 2 tootmisliini, koos KUKA liigendrobotitiga.


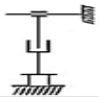
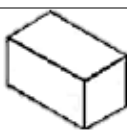

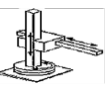
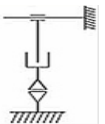







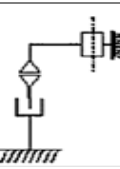
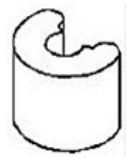


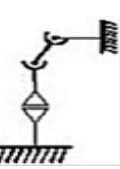


Ühisosa leidmiseks kasutatakse laserskaneerimist ning raalprojekteerimist. Mille tulemusel otsustatakse, kuidas hakatakse modelleerima manipulaatori haaratseid. Modelleerimiseks kasutatakse raalprojekteerimis tarkvara *Solidworks*., kus luuakse üks võimalik lahendus mitme erineva manuse liimimiseks ühe haaratsiga. Projekteeritud lahendusega on võimalik tutvuda lisa A, tehnilised joonised. Komponentide valikul teostatakse vajalikud arvutused, ning valitakse arvutuste põhjal komponendid. Välja töötatud lahend on ettevõttes uudne, sest varasemalt pole kasutatud valitud haaramise meetodit ning pole kunagi suudetud ühe haaratsiga nii palju erinevaid manuseid liimida. Haaratsi projekteerimisel lähtutakse töökindlusest ja varuosade kättesaadavusest. Projekteerimis järgselt toodetakse tänapäevaseid tehnoloogiaid kasutades valmis universaalhaarats, mis juurutatakse.

# 1. TOOTMISLIIN

## 1.1. Tööstusrobot

Tööstusrobotiks nimetatakse robotit, mis on välja töötatud intensiivsete tootmisülesannete automatiseerimiseks. Tööstusettevõtetes paigutatakse statsionaarselt tööstusrobotid protsesside keskele ja tugitegevused tehakse nende läheduses. Tööstusrobotite omadused varieeruvad olenevalt tootjatest, vajadustest ja stsenaariumist, mille kohaselt need paigutatakse (tabel 1.1).

**Tabel 1.1.** Manipulaatorite liigitus manipulaatori ehituse järgi [1]

Roboti tüüp	Kinemaatiline struktuur	Tööala	Illustreeriv näide
 Karteesianrobot			
 Silinderrobot			
 Sfääriline robot			
 SCARA robot			
 Liigendrobot			

Rahvusvahelise standardi ISO 8373:2021 kohaselt on tööstusroboti definitsioon "multifunktsionaalne, ümberprogrammeeritav, automaatselt juhitud manipulaator, programmeeritav kolmele või enamale teljele, mida saab fikseerida ühes piirkonnas või mobiilne tööstusautomaatika rakendustes kasutamiseks"[2]. Tööstusrobotid ei ole tavaliselt vormilt humanoidsed, kuigi nad on võimelised taasesitama inimeste liigutusi ja käitumist, kuid masina jõu, täpsuse ja kiirusega. Lisaks on robotid võimelised töötama ööpäeva ringselt. Tööstusrobotite tehnilised näitajad on tabel 1.2.

**Tabel 1.2.** Tööstusrobotite tehnilised näitajad [3]

Näitaja	Arvväärtus
Vabadusastmete arv	3-7
Korratavuse täpsus [mm]	0,005...2
Tõstevõime [kg]	1...1000
Resolutsioon [mm]	0,001...0,5
Kiirendus [m/s <sup>2</sup> ]	≤ 98 (keskmine: 30-40)
Keskmine eluiga [a]	12

## 1.2. Manus

Manus on sõiduki tuuleklaasile kinnituv detail, mida kasutatakse vihmaseensori, kaamera ja tahavaatepeegli kinnitamiseks sõiduki esiklaasile (joonis1.1). Igal klaasil on sõiduki tootja poolt määratud kuju, mõõtmetega ja funktsiooniga manus. Manuse asukoht on sõiduki klaasi ülemises osa klaasi tsentri läheduses. Töös kinnitatakse manus sõiduauto Volvo esiklaasi vihmaseensori kinnituseks.



**Joonis1.1.** Manused MG0045 (vasakul) ja MG0038 (paremal).

Enamasti on toodetud manused valamise teel kasutades alumiiniumi sulameid. Peale valamist puhastatakse detailid valamis jääkidest ning värvitakse. Seejärel pakendatakse ja saadetakse tehasesse.

### **1.3. Robothaarats**

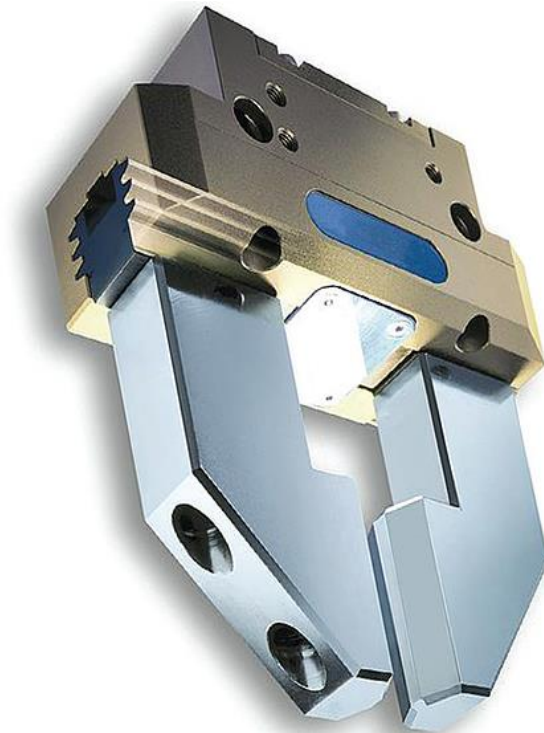
Robothaarats on seade, mida kasutatakse objektide haaramiseks ja hoidmiseks roboti küljes. Haaratsid on võimalik kujundada erineva kuju ja suurusega, et see sobiks erinevat tüüpi objektide ja rakendustega. Robothaaratsid võivad olla pneumaatiliste, hüdrauliliste või elektriliste täituritega ning neid saab juhtida arvuti või muu juhtimissüsteemi kaudu. Neid kasutatakse tavaliselt tootmis-, montaaži- ja pakendamistööstuses, et automatiseerida objektide käsitsemist.

Robothaaratsid kasutatakse peamiselt nelja tüüpi vaakumhaaratsid, pneumaatilised haaratsid, hüdraulilised haaratsid ja servoelektrilised haaratsid. Haaratsit valitakse selle järgi, millist käsitsemisrakendust on vaja ja millist materjali kasutatakse.

Vaakumhaarats on oma suure paindlikkuse tõttu olnud tootmises tootjaspetsiifiliselt sarnane *End of Arm Tool* (EOAT). Seda tüüpi robothaarats kasutab esemete haaramiseks kummist või polüuretaanist iminappa. Mõned vaakumhaaratsid kasutavad rakenduse lõpetamiseks iminappade asemel suletud pooridega vahtkummikihti.

Pneumaatiline haarats on populaarne tänu oma kompaktsale suurusele ja kergele kaalule, võrreldes teiste enamlevinud haaratsitega. Seda saab hõlpsasti kasutada kitsastes kohtades, mis võib olla abiks töötlevas tööstuses. Pneumaatilised haaratsid on tavaliselt kahe asendislikes olles avatud või suletud.

Hüdrauliline haarats annab kõige suurema tugevuse ja seda kasutatakse sageli rakendustes, mis nõuavad rohkem jõudu, kui suudavad tekitada teised haaratsid. Need robothaaratsid toodavad oma jõudu hüdraulika pumpadest, mis suudavad kuni 137 Bar. [4]. Kuigi need on tugevad, on hüdraulilised haaratsid pumpades kasutatava õli tõttu ohtlikumad kui teised haaratsid. Samuti vajada rohkem hooldust, kuna haarats on rakenduse ajal koormatud jõu tõttu kahjustatud (Joonis 1.2).



**Joonis 1.2.** hüdrauliline Robothaarats [5].

Servoelektriline haaratsit kasutatakse üha enam tööstuslikesse seadetes tänu sellele, et seda on lihtne juhtida. Servomootorid juhivad haaratsi liikumist. Need haaratsid on väga paindlikud ja võimaldavad osade käsitsemisel eristada materjali tolerantsse. Servoelektriliste haaratsite jooksvad kulud on väiksemad, kui teiste enamlevinud haaratsite jooksvad kulud, kuid esialgne maksumus on suurem. Servoelektrilisi haaratseid on võimalik programmeerida ümberseadistada.

## 1.4. SC2 liini kirjeldus

Service Center 2 On Saint- Gobain sekurit estonia SE Kõige uuem tootmisliin mis võeti kasutusele 2022 aastal. Tootmisliin projekteeriti 2021 aastal ja paigaldati 2022 jaanuar Itaalia ettevõtte Star Automation poolt. Tootmisliini paigaldamine võttis aega kolm kuud ning projekti kogumaksumus oli kaks miljonit eurot. Tootmisliini kasutatakse tootmise lõpus manuste liimimiseks, kui sõiduki esiklaas on juba väliselt valmis ja saavutanud lõpp kõvaduse.

Liini esimene töö käik hakkab pihta klaaside robotiseeritult liinile tõstmisega, mille käigus eemaldatakse klaasidelt kukkumist takistavad piirajad. Seejärel olenevalt esiklaasi mudelist paigaldatakse käsitsi või robotiseeritult manus. Robotiseeritult variandi puhul laotab töötaja eelnevalt konserveerimise määrdest eemaldatud ja klaasikrundiga krunditud manused neljale erinevale lintkonveier liinile, olenevalt millisesse tööriista hoidikusse on vastav haarats juurutatud. Kaameraga tuvastatakse roboti jaoks manuse positsioon ja krundi olemasolu ning viiakse läbi manuse haaratsiga haaramine. Järgneb liimi doseerimine manusele liimimisdüüsi juures. Seejärel tehakse kontrollpilt liimiga kaetud manusest, vältimaks ebakorrektselt paigaldatud liimi. Samal ajal liigutatakse klaas konveieri poolt kaamera alla, et tuvastada manuse liimimiseks koordinaadid. Seejärel liimitakse manus sõiduki esiklaasile ühe millimeetri täpsusega. Lisaks robotiseeritud lahendsele on liinil ka võimekus manuste käsiti paigaldamiseks. Käsiti paigaldamise puhul võtab töötaja karbist manuse, kannab sellele kruntvärvi, kantab sellele klaasiliim liimipüstolist ning seejärel paigaldab selle vastavate märkide järgi klaasile. Tootmisliini juurutamisega tegeletakse aktiivselt, et vähendada käsitipaigaldamise vajadust (Joonis 1.3).



**Joonis 1.3.** SC2 tootmisliin ülevaade A<sub>1</sub>-klaasi tõstmis robot, A<sub>2-3</sub>- manusliimimisrobot, B<sub>1-2</sub>- liimi düüs, C- klaasi konveier, D- manuse konveier, E<sub>1</sub>- manusekaamera, E<sub>2</sub>- liimikaamera.

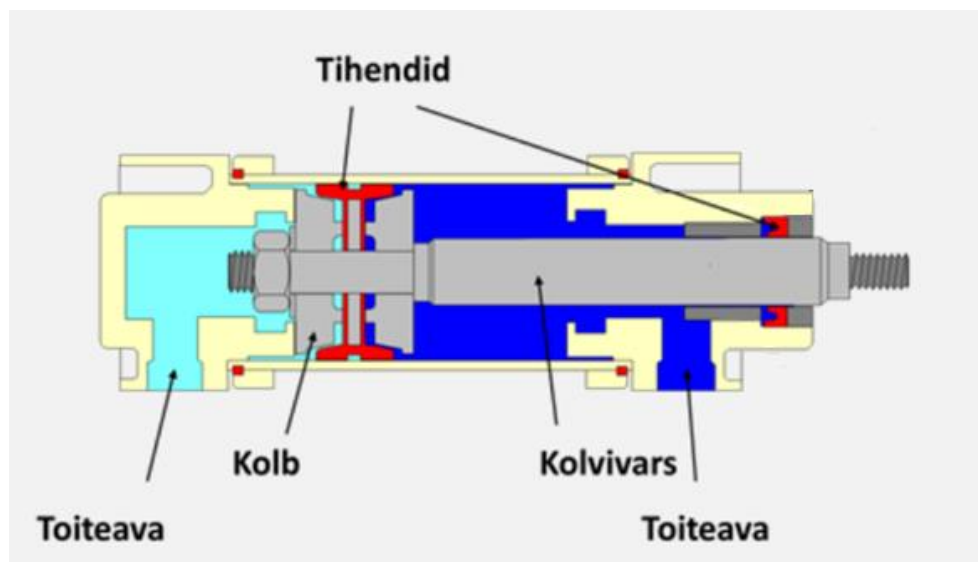
Service center 2 tootmisliin koosneb kolmest erinevsuurusega Kuka liigendrobotist. Millest üks tõstab klaase aluselt konveierlindile, teine liimib ja paigaldab manusid ja kolmas liimib ainult manuseid, kus inimene paigaldab lõpuks robotiseeritult liimitud manuse käsitsi klaasile. Kolmandat robotit ei kasutata, sest protsess on aeglasem kui inimene käsitsi liimiks ja paigaldaks. Tootmisliinile mahub korraga üheksateist sõiduauto esiklaasi, nendest üheteistkümnele on võimalik sama aegselt paigaldada manuseid. Tootmises toimub töö kahe 12 tunnises vahetuses. Ühe vahetuse jooksul läbib liini 1100 esiklaasi millele paigaldatakse manus. Ööpäeva jooksul läbib liini 2200 sõiduki esiklaasi. Tootmisliinilt mahalaadimine toimub käsitsi. Klaasi liigutatakse edasi vastavalt tellimustele kas poluetaan tihendi ekstrusiooni töökeskusesse või pakendamisesse.

## 2. ANALÜÜS

### 2.1. Täiturid

#### 2.1.1. Pneumaatiline täitur

Pneumaatilistel täiturmehhanismidel on õõnsa silindri sees kolb, mida liigutatakse kompressorist või pumbast siseneva surveõhuga. Sellest saadakse lineaarne liikumine või pöörliikumine. Lineaartäituri kolb naaseb oma algasendisse vedru või kolvi teisele küljele suunatava surveõhu abil. Enamiku alumiiniumist pneumaatiliste ajamite maksimaalne rõhk on 10 Bar. Need on saadaval ava suurustes 12 kuni 200 mm ja võivad tekitada 33 kN jõudu. Suuremate jõudude jaoks on terasest täiturmehhanismide maksimaalne rõhk 18 bar ja ava läbimõõt on 12 mm kuni 355 mm. Need toodavad 200 N kuni 171 kN (Joonis 2.1) [6].



**Joonis 2.1.** Pneumaatilise täituri skeem [7].

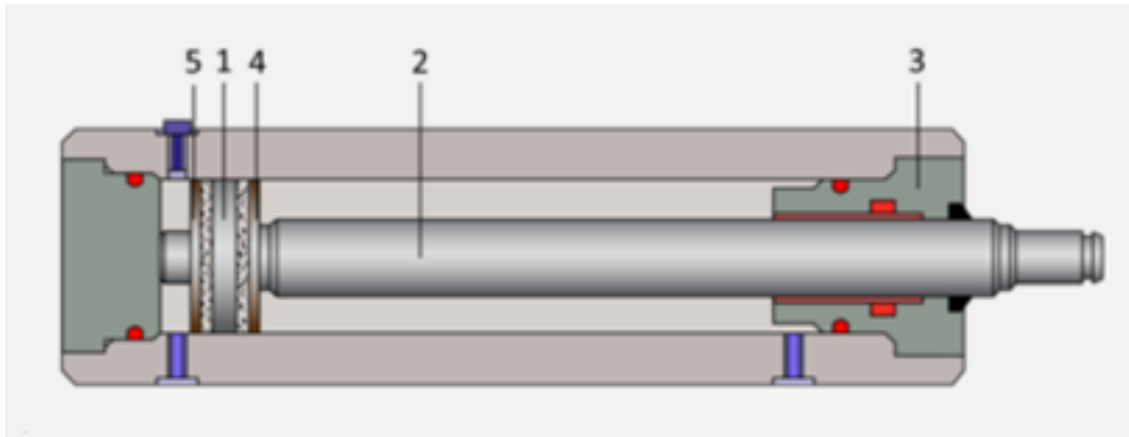
Pneumaatiliste täituri eelised on täpsus, väiksed asukohavead, täpne korratavus, hea temperatuuritaluvus ( $-14\text{ °C}$  kuni  $120\text{ °C}$ ). Lisaks on pneumaatilised täiturid võrdlemisi

odavad võrreldes elektrilisi ja hüdraulilisi aktuaatoreid. Pneumaatilised aktuaatorid vajavad ka vähest hooldust.

Pneumaatiliste täiturite puudused on täituri tööks on vaja suruõhku, rõhukaod ja õhu kokkusurutavus muudavad pneumaatika vähem tõhusaks kui muu hüdraulika ja elektri. Kompessor ja õhu kohaletoimetamine võivad piirata toiminguid madalama rõhuga, mille tulemuseks on väiksemad jõud ja kiirus. Kompessor peab töötama ja tagama tööõhu ka siis, kui miski ei liigu. Kuigi õhk on kergesti kättesaadav, tuleb seda hoida puhtana ja õige niiskusega, kui see saastub õli või määrdega, põhjustab see seisakuid ja hooldust. Suruõhk on kulumaterjal, mille eest tuleb maksta, õhutorusid ja kompressorit tuleb hooldada. Pneumaatilised ajamid peavad olema konkreetse töö jaoks sobiva suurusega; neid ei saa tõhusalt kasutada muudeks rakendusteks. Kui tehas soovib parandada juhtimist ja tõhusust, peavad tehnikud paigaldama proportsionaalsed regulaatorid ja ventiilid – see on kulukas ja keeruline uuendus [6].

### **2.1.2. Hüdrauliline täitur**

Hüdraulilised ajamid on vastupidavad ja sobivad hästi kuni 25 korda suuremate jõudude tekitamiseks kui sama suurusega pneumaatiliste silindrite puhul [6]. Tänu vedeliku kokkusurumatusale suudavad hüdraulilised ajamid hoida jõudu ja pöördemomenti konstantsena, ilma et pump saadaks rohkem vedelikku või rõhku. Hüdrauliliste ajamite jaoks vajalikud pumbad ja mootorid saab paigutada täiturmehhanismidest märkimisväärsele kaugusele minimaalse võimsuskaoga (Joonis 2.2).



**Joonis 2.2.** Hüdrauliline täitur [8].1- kolb, 2- kolvivar, 3- laager, 4- tihend, 5- tihendikate.

Hüdrauliliste ajami puudused on lekked. Lekked vähendavad süsteemi efektiivsust ja võivad olla ohtlikud keskkonnale ja ümbritsevatele aladele. Lisaks on hüdraulilised ajamid keerukad. Hüdrauliliste ajamite jaoks on vaja palju osi, sealhulgas vedelikumahutit, mootoreid, pumpasid, vabastusventiile ja soojusvahetid ning müra vähendavaid seadmeid. See muudab suured ja raskesti vastuvõetavad lineaarse liikumise alamsüsteemid [6].

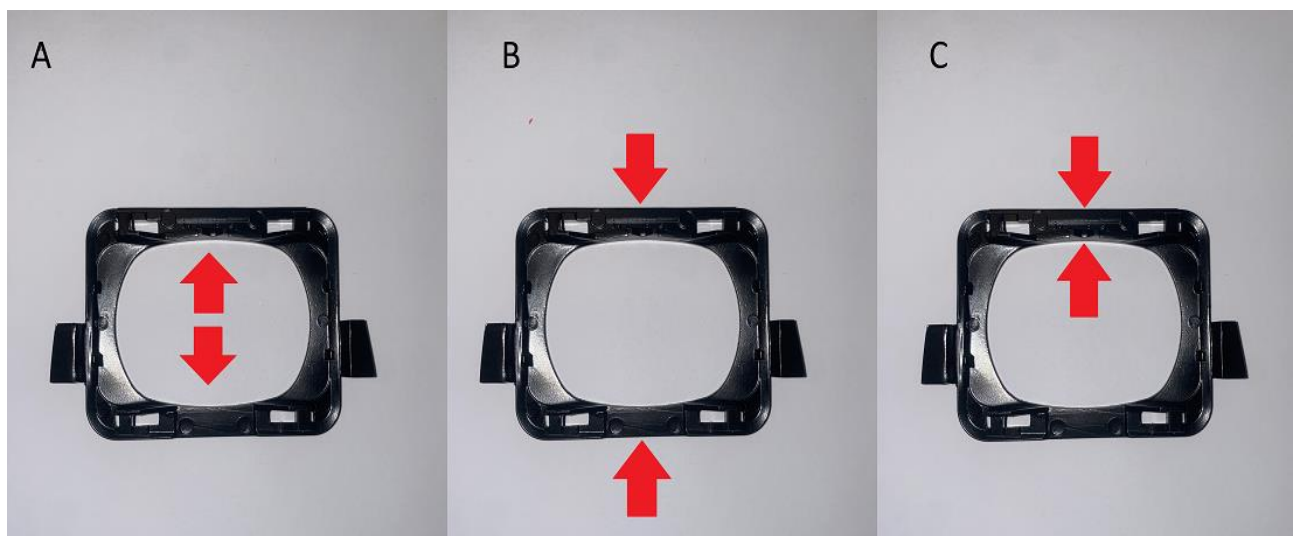
### 2.1.3. Elektromehaanilised täiturid

Elektriline ajam on mehaaniline seade, mida kasutatakse elektrienergia muundamiseks kineetiliseks energiaks kas ühe lineaarse või pöörleva liikumisega. Elektriliste ajamite konstruktsioonid põhinevad konkreetsetel ülesannetel, mida nad täidavad protsessides, mille jaoks need on ette nähtud, ja need võivad erineda nii mõõtmete kui ka suuruse poolest.(joonis 2.3) [9].



## 2.2. Manuse haaramise mehhanism

Manuse haaramisel on oluline jälgida detaili geomeetrisi iseärasusi. Olenevalt detaili kujust tuleb otsustada, kas manus haaratakse seest välja või väljast sisse. Keerukamate manustega võib tulla ette olukordi, kus tuleb haarata nii seest välja kui väljast sisse. Seda nimetatakse kombineeritud haaramiseks (Joonis 2.4).



**Joonis 2.4.** Manuste haaramise võimalused; A- seest haaramine, B- Väljast haaramine, C- kombineeritud haaramine.

Oluline on, et saavutatakse edukas manuse haaramine, sest ainult sedasi tagatakse edukas koostamine. Edukal haaramisel ei tohi kahjustada manuse pinda ega ka esiklaasi pinda. Lisaks manus peab olema piisavalt tugevalt haaratud, et liigutamise käiguse see välja ei kukuks. Tähtis on ka jälgida, et iga kord kui robot haarab manusest kinni teeks ta seda võimalikult identselt eelmise manusega, et tagada kvaliteetselt ja õigesse kohta liimitud manus.

### 2.3. Kiirvahetussüsteem

Kiirvahetussüsteem on tööstusrobotite jaoks mõeldud lahtivõetav liide, mis võimaldab kiiret ja lihtsat tööriistavahetust. See süsteem võimaldab robotil kasutada jooksvalt iseseisvalt erinevaid tööriistu: haaratseid, iminappasid, kaameraid (Joonis 2.5).



**Joonis 2.5.** Schuc mehaaniliselt avatav kiirvahetussüsteem [11].

Kiirvahetussüsteem suurendab oluliselt roboti efektiivsust ja paindlikkust erinevate ülesannete täitmisel. Kiirvahetussüsteemi kasutatakse tavaliselt tootmis- ja montaažirakendustes, kus protsessi eri etappides on vaja mitut tööriista kasutada.

### 3. PROJEKTEERIMINE JA VALMISTAMINE

#### 3.1. Ostutooded

##### 3.1.1. Pneumaatiline täitur Festo HGPT-20-A-B-G

Süsteemi projekteerimisel on oluline, et täituri maksimaalne rakendatav jõud oleks piisava manuse haaramiseks. Selleks arvutatakse hõõrdejõud, mis tekib haaratsi manipulaatori ja manuse vahel, arvestades hõõrdeteguriga 0,5 [12]. Tulenevalt manuse kaalust 11,2 g = 0,011 kg ja raskuskiirendusest  $9,81 \frac{m}{s^2}$  mõjub sellele normaaljõud 0,1 N.

Liugehõõrdejõud manuse haaramisel [12].

$$F_F = \mu \cdot F_N = 0,5 \cdot 0,1 = 0,05 \text{ N} \quad (3.1)$$

Kus  $F_F$  on lineaarjuhiku ja liuguri vahel tekkiv liugehõõrdejõud N;

$\mu$  – hõõrdetegur;

$F_N$  – luugile mõjuv normaaljõud N.

Haaramiseks kuluv aeg mõjutab toodete valmimise kiirust, millest olenevalt võiks olla haaramise aeg minimaalne. Arvutustes lähtutakse selleks ajaks 0,5 sekundit, mis kulub manuse haaramiseks.

Siirde valemist avaldatakse kiirendus [12]:

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \rightarrow a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 0,002}{0,5^2} = 0,016 \frac{m}{s^2} \quad (3.2.)$$

Kus  $s$  on siire haaratsi lahtises ja kinnises asendis m;

$a$ -kiirendus  $\frac{m}{s^2}$ ;

$t$ - lahtise ja kinnise oleku vaheline aeg s.

Haaratsi avamiseks kuluv jõud [12].

$$F = (2m_h + m_m) \cdot a = (2 \cdot 0,015 + 0,011) \cdot 0,016 = 0,00066N \quad (3.3.)$$

Kus  $F$  on kiirendav jõud N;

$m_h$  - haaratsi mass kg;

$m_m$  - manuse mass kg;

$a$  - kiirendus  $\frac{m}{s^2}$ .

Lähtudes arvutustest läheb vaja 1 N jõudu haaratsi liigutamiseks. Sobiva pneumaatilise täituri valimiseks arvutatakse väikseim vajalik kolvi läbimõõt. Arvutamisel võetakse aluseks töö rõhuks 6 bar = 0,6 MPa [13].

Kolvi minimaalne pindala avaldatakse jõust [9];

$$F_t = A \cdot p \rightarrow A = \frac{F_t}{p} = \frac{1}{600000} = 1,667 \cdot 10^{-6} m^2 \quad (3.4.)$$

kus  $F_t$  on luugi liigutamiseks vajaminev jõud N;

$A$  - kolvi pindala m<sup>2</sup> ;

$p$  - töö rõhk Pa.

Kolvi pindalast avaldatakse kolvi läbimõõt[9];

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \rightarrow d = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{1,667 \cdot 10^{-6} \cdot 4}{\pi}} = 0,001 \text{ m} = 1 \text{ mm}, \quad (3.5.)$$

Kus  $d$  on silindri kolvivarre läbimõõt m.

Arvutuslikult on Minimaalne kolvi läbimõõt 1 mm. Kuid sellise diameetriga täiturit ei olnud otstarbekas kasutada. Ning valiti täitur Festo HGPT-20-A-B-G (Joonis 3.1).



**Joonis 3.1.** Pneumaatiline täitur Festo HGPT-20-A-B-G1 [14].

Tabelis 3.1 on väljatoodud täituri parameetrid.

**Tabel 3.1.** Haaratsi parameetrid [14]

Parameetri nimetus	Väärtus
Kolvi suurus [mm]	20
Käigu pikkus haaratsi kohta [mm]	4
Maksimum mass haaratsi kohta [g]	50
Minimaalne avamiseaeg (0.6 MPa) [ms]	13
Töörõhk [bar]	4-8
Haaratsi tüüp	Paralleelne
Toote kaal [g]	155
Pneumaatilised ühendused	M5

Andmelehes on väljatoodud maksimum ja miinimum jõud 6 bar juures milleks avamisel on 82 N ja sulgumisel 77 N. Vajaminevad jõud on tagatud ja silinder vastab tingimustele.

### 3.1.2. Kiirvahetussüsteem SCHUK SWA-020-000-000

Automaatseks tööriista vahetuseks valis autor kiirvahetus süsteemi SCHUK SWA-020-000-000. Kuna süsteem oli juba varasemalt juurutatud kasutati seda ka käesolevas projektis (joonis 3.2).



**Joonis 3.2.** Kiirvahetussüsteem SCHUK SWA-020-000-000 Emane (alumine) ja isane pool (ülemine) [15].

Kiirvahetussüsteemi võimekus on lülitada 12 vedrutagastusega silindrit ja kuus kahepoolse sisendiga silindrit, kuid töös kasutati ühte kahepoolse toimega silindrit, aga süsteemi ümbervahetamine oleks läinud kallimaks kui osta juurde teine pool. Kiirvahetusotsikul kasutatakse kahte suruõhu väljundit manipulaatori liigutamiseks ja elektroonilist pistiku liidest anduri mooduli tarbeks. Tabelis 3.2 on toodud välja kiirvahetus süsteemi andmed

**Tabel 3.2.** Kiirvahetussüsteem SCHUK SWA-020-000-000 andmed [15]

<b>Parameetri nimetus</b>	<b>Väärtus</b>
Lukustus jõud [N]	2300
Kaal [kg]	0,32
Suruõhu väljundid [tk]	12 x M5
Diameeter [mm]	90
Kõrgus [mm]	23,7
Paigaldus viga [mm]	3
Garantii [aastat]	2

Kiirvahetusotsiku teine pool koosneb kahest lahtivõetavast liitest, kus on võimalik kasutada ka ainult pneumaatilist süsteemi.

### **3.1.3. Anduri moodul Murr Elektronik EXACT8, 6XM8, 3 POLE PRE-WIRED CABLE**

Anduri mooduliks valis autor Murr Elektronik anduri mooduli EXACT8, 6XM8, 3 POLE PRE-WIRED CABLE, sest seda oli varem juurutatud. Lisaks oli see laos kohe olemas ja ei tekkinud tarneraskusi (Joonis 3.3).



**Joonis 3.3.** Murr Elektronik andurimoodul EXACT8, 6XM8, 3 POLE PRE-WIRED CABLE [16].

Anduri mooduli võimekus on kontrollida 8 anduri aktiveeritusse olekut. Töös kasutas autor 1 pistikut kontrollimaks manipulaatori rakendatud olekut. Manipulaatori rakendamise kontrollimisega veendume, et silinder on aktiveeritud olekus ja haaranud manusest kinni.

Anduri mooduli suhtlus roboti ja haarati vahel toimub läbi 10 juhtme. Lisaks võimaldab anduri moodul ka seadistada igale haaratsile oma ID millega on võimalik välistada vale haaratsiga vale manuse haaramine.

## 3.2. Sõlmede projekteerimine ja juurutus

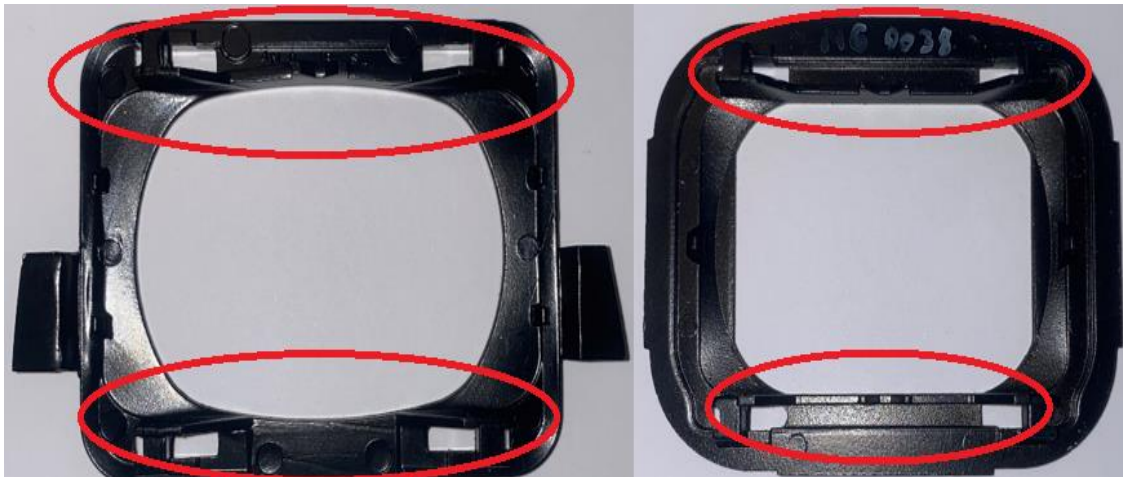
### 3.2.1. Manipulaatori haarats

Haaratsi projekteerimisel oli oluline teada manuse kuju ja mõõtmeid ning selleks kasutati Eesti Maaülikooli Tehnikainstituudi mõõtelaboris olevat Nikon Metris Modelmaker MMDX 50 laser skannerit. Skanner on kinnitatud jala külge, mis võimaldab tuvastada skanneri asukohta enkooderi abil ning selle digitaliseerimise täpsus on 7  $\mu\text{m}$ . [17]. Skaneerimise tarkvara väljastab kasutajale .stl ( Standard Triangle Language) failiformaadi, mida kasutas ka autor haaratsi projekteerimisel (Joonis 3.4).



**Joonis 3.4.** Nikon Metris Modelmaker MMDX 50 laserskaneerija [18].

Peale Manuse skaneerimist oli võimalik hakata projekteerima raalprojekteerimis tarkvaraga Solidworks manipulaatori haaratseid. Manuste kuju arvestades leidis autor, et kõikidel valitud manustel oli ühisosaks kaks sisemist serva (joonis 3.5).



**Joonis 3.5.** Manuste ühisosa.

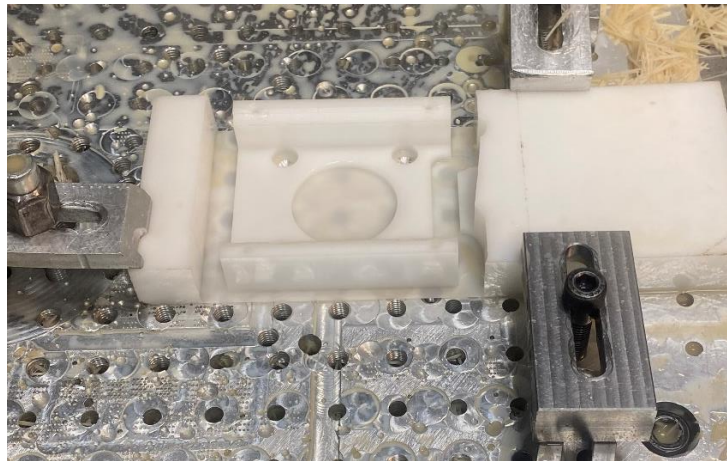
Geomeetrilisi iseärasusi jälgides oli mõistlik võtta kasutusele seni kasutamata lahendus, seest haaramine. Varasemalt oli kasutatud sisemisi osasid ainult positsioneerimiseks mitte haaramiseks. Selle uuendusega pidid haaratsid suutma detaili alati samamoodi haarata ning lisaks ka positsioneerima. Keerukaks tegi asjaolu, et manus ise oli pigem väike ja silinder suur, selle tulemusena tuli haaratsite projekteerimisel lähtuda silindri käigu pikkusest ja manuse ühisosa vahekaugustest. Projekteeritud manipulaatori haarats on toodud lisa A tehnilised joonised alt.

Manipulaatori haaratsi tootmiseks kasutas autor 3D-printerit, sest see võimaldab toota täpseid ja keerulisi detaile. Manipulaatori Haaratsi tootmisel CNC (*computer numerical control*) freespinkki kasutades oleks vaja olnud kasutada mitut ülesvõtet, kuid printimisel oli võimalik ühe korraga valmistada detail. Ühe manipulaatori haaratsi valmistamiseks kulus 4,89 m ABS filamenti ja hinnanguline mass 15 g.

### **3.2.2. Positsioneerimisliugur**

Liugurit kasutatakse robothaaratsi vahetusel, tööriistahoidikust võtmisel ja tagasipanekul liugur positsioneerib haaratsi kindlalt ja täpselt hoidikusse, kus robot saab selle pärast uuesti kasutusse võtta. Algselt Sai valmistatud liugur PE1000 materjalist kuid projekteerimisel oli

tekinud viga. Nimelt oli CAM (*Computer-aided manufacturing*) programmis esimeses ülesvõttes tööriistale sisse programmeeritud nihe mille tulemusel, tegi freespink liuguri keskmise suure ava 2 mm diameetrile väiksemaks. Mõõtude kontrollimisel see selgus ja programmi ringi tehes unustas autor muuta tooriku suurust ja ava freesiti küll õige suurusega kuid valesse kohta 10 mm (Joonis 3.6).



**Joonis 3.6.** Pe300 materjalis valmistatud liugur.

Selle tõttu tuli teha uus liugur ja kahjuks ei olnud enam uut toorikut kiirelt saada. Autor võttis vastu otsuse, et uus detail luuakse 3D-printimis tehnoloogiat kasutades. 3D-printimisel valminud uus detail oli mõõtudelt sobiv ja autor võttis selle kasutusele.

### 3.2.3. Kere

Haaratsi kere materjaliks sai valitud S255J2H markeeringuga nelikant terastoru. Nelikant terastoru mõõtmed olid 80 x 80 x 80 ja materjali paksus oli 4 mm. S255J2H teras on hästi lõiketöödeldav ja soodsam materjal võrreldes esialgse valikuga. Lõiketöötlemiseks kasutas autor Eesti Maaülikooli õppetöökojas olevat CNC (*computer numerical control*) Freespinki Haas Mini Mill. Tooriku kinnitamiseks kasutas autor kruustange mis olid kinnitatud poltliidesega freesi töölauale. Algselt oli mõeldud kasutada alumiiniumist nelikant toru, kuid selle tarnimisega tekkisid probleemid ja autor otsustas teha kere terasest (Joonis 3.7).



**Joonis 3.7.** Haaratsi kere peale esimest ülesvõtet.

Kokku Tegi autor haaratsi kere tootmisel kolm ülesvõtet. Iga ülesvõtte positsioneerimiseks kasutas autor mõõtesondi, et tagada täpne tooriku asukoht programmi suhtes. Esimeses positsioonis tehti toorikule kiirvahetussüsteemi ja positsioneerimis liuguri kinnitamiseks vajalikud avad ja vabastus. Teise ülesvõttega tehti Murr andurimooduli kinnitamiseks vajalikud keerrestatud avad. Kolmanda ülesvõttega tegi autor silindri positsioneerimiseks vajalikud avad ja silindri kinnitamiseks vajalikud poldiavad. Peale freesimist tehti teraste detailile vajalikud kontrollmõõtmised ja kaeti aerosoolvärviga pind, et vältida korrosiooni teket.

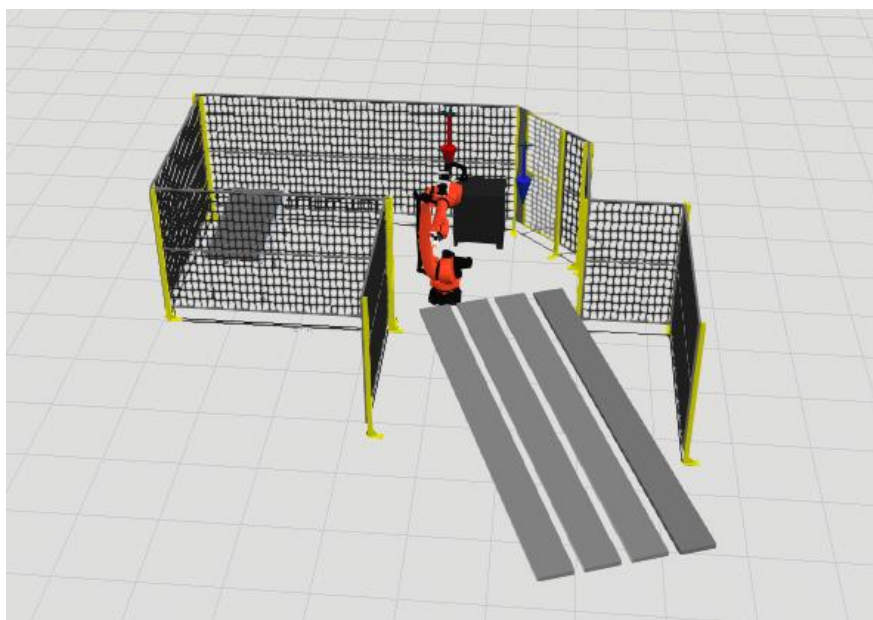
Varasemalt on autor praktikate käigus töötanud CNC pingi operaatorina, ning masina kasutaja liides oli tuttav ning kere opereerimisel probleeme ei tekkinud. Kõik koostus olevad liited on poltliited, et hilisem varuosa vahetus oleks lihtsasti teostatav.

### **3.3. Simulatsiooni tarkvara**

Kuka Sim 4.0 on tuntud simulatsioonitarkvara, mis on loodud spetsiaalselt tööstuslike robotite liikumise ja interaktsiooni modelleerimiseks. Selle eesmärk on pakkuda kasutajatele täpseid ja

usaldusväärseid tööriistu tööstuslike robotite käitumise analüüsimiseks ja optimeerimiseks enne nende reaalselt rakendamist.

Kuka Sim 4.0 võimaldab kasutajatel luua virtuaalseid mudelid erinevatest Kuka robotitest ning neid täielikult kohandada vastavalt oma vajadustele. Tarkvara pakub laia valikut konfiguratsiooni- ja seadistusvalikuid, mis hõlmavad roboti liikumisrajade, tööpiirkonna suuruse, tööriistade valiku ning andurite paigutuse seadistamist. See võimaldab kasutajatel täpselt modelleerida ja simuleerida erinevaid töötingimusi, milles robotid tegutsevad (Joonis 3.8).



**Joonis 3.8.** Simulatsioonikeskkonnas projekteeritud lihtsustatud töökoht.

Kuka Sim 4.0-l on võimekus täpsete füüsikamudelite ja dünaamilise liikumissimulatsiooni kaudu kajastada robotite käitumist reaalses olukordades. See võimaldab kasutajatel simuleerida robotite liikumist erinevate objektide tõstmisel samal ajal kui robot töötab, transportimisel või keerukate ülesannete täitmisel. Tänu sellele saavad kasutajad hinnata robotite efektiivsust, ohutust ja jõudlust enne nende rakendamist tegelikes tööstuslikes keskkondades. Simulatsioonitulemuste põhjal saavad kasutajad optimeerida robotite trajektoore, tööprotsesse ja programme, et saavutada maksimaalne tootlikkus ja töökindlus.

Kuka Sim 4.0 pakub ka võimalust luua virtuaalseid rakendusi ja programmeerida roboteid spetsiaalse programmeerimiskeele abil. See võimaldab kasutajatel katsetada erinevaid automatiseerimislahendusi ning programmeerida roboteid vastavalt oma vajadustele. Tarkvaras on olemas ka kasutajasõbralik kasutajaliides, mis teeb simulatsiooniprotsessi intuitiivseks ja lihtsasti kasutatavaks.

Kuka Sim 4.0-1 on dokumentatsioon, õppematerjalid ja kasutajatugi, mis aitavad kasutajatel õppida tarkvara kasutama ning saavutada maksimaalset kasu selle võimalustest. Tarkvara on suunatud inseneridele ja ettevõtetele, kes soovivad täpset simulatsiooni- ja analüüsitööriista tööst

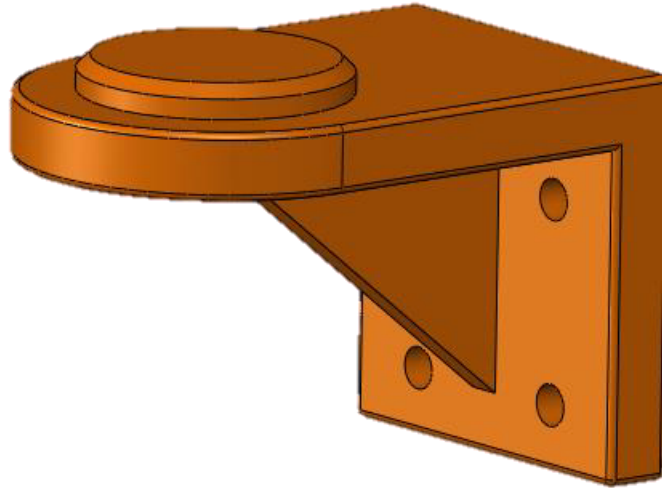
### **3.4. Juurutus**

Juurutus viidi Läbi kombineeritult, kasutades simulatsiooni tarkvara ja roboti kõrval. Simulatsioonikeskkonnas määratleti ära roboti liikumine, nimelt ei olnud simulatsioonitarkvaraga võimalik ühildada kaamerat ja liimidüüsi aktiveerimise olekut tegi autor seda roboti kõrval.

Haarats on paigaldanud üle tuhande manuse ning sellega võime väita, et projekteeritud ja toodetud haarats on läbinud edukalt juurutuse. Haarats on võetud tootmisesse kasutusele 05.03.2023.

### **3.5. Haaratsi hoidja**

Erinevaid haaratseid hoitakse töökoha kõrval riivilil, kus puudub süstemaatiline ladustamine. Selle probleemi lahendamiseks projekteeris autor raalprojekteerimis tarkvaras haaratsitele hoidja (joonis 3.9).



**Joonis 3.9.** Projekteeritud haaratsi hoidja.

Haaratsi hoidja eesmärgiks on luua süstemaatiline haaratsite ladustamine töökeskkonna vahetus läheduses, lisaks muudab see erinevate haaratsite tuvastamise kergemaks. Haaratsi hoidja on valmistatud ABS plastikust mida on võimalik toota 3-D printimise teel.

## 4. TASUVUSANALÜÜS

### 4.1. Kulud

Haaratsi tootmisel Tekkinud kulud on toodud tabelis 4.1. Kulu tabelisse ei ole arvestatud tööks kulunud aega ja tootmiseks kasutatavate masinate tunnihinda.

**Tabel 4.1.** Autori haaratsi ostu detailide hinnad.

Toode	Hind
Silinder [€]	406,84
Silindri positsiooni andur [€]	35,61
Kere materjal [€]	5,82
Schuk kiirliitmik [€]	691,00
Anduri moodul [€]	56,30
Anduri mooduli pistik [€]	111,00
Suruõhuvoolik [€]	1,00
liitmikud [€]	6,32
Kokku [€]	1313,89

Hinnanguliselt kulus tööks 20 päeva.

### 4.2. Tehniliste lahenduste võrdlus

Teise tootja manuste probleem on selles, et üks haarats sobib ühele manusele. Autori tehtud manus sobib vähemalt üheksale erinevale manusele. Varasemalt on olnud ühe haaratsi hind ettevõttele 2850 €. Autori haaratsi toodete hind oli 1300 €. Valemist 4.1 arvutame säästu.

$$S = H_{Staargripper} \cdot 9 - H_{Autor} = 2850 \cdot 9 - 1313,89 = 24336,1 \quad (4.1)$$

Kus,  $S$  on sääst eurodes €;

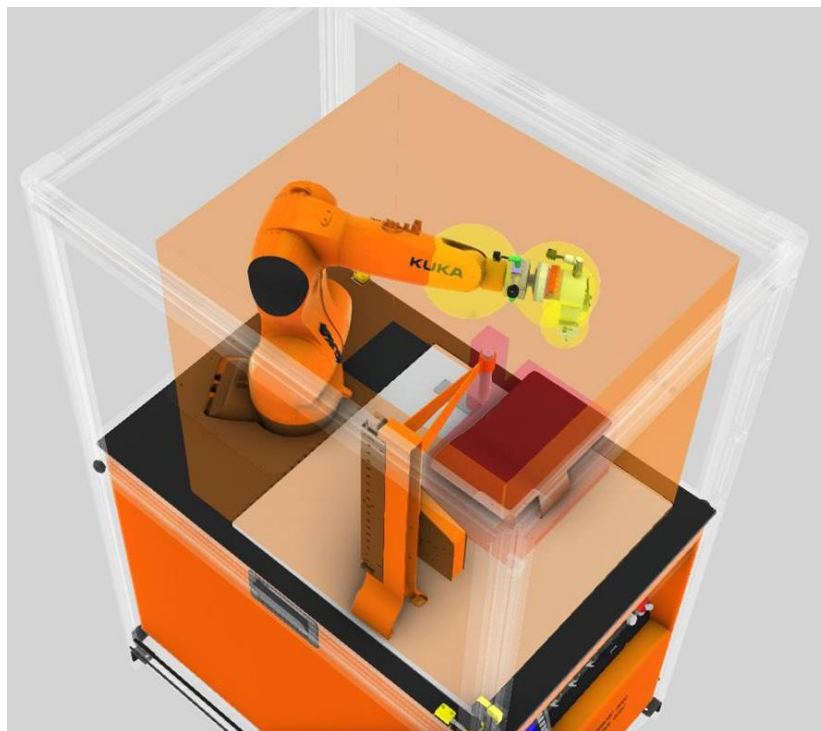
$H_{Staargripper}$  on Varasemalt soetatud ettevõtte pakutav haaratsi hind €;

$H_{Autor}$  on Autori tehtud haaratsi hind €.

### 4.3. Parendus ettepanekud

Manuse haaramise positsioneerimisel on määratud kaamerale tingimus, et 80 % peab olema sarnasus programmeeritud manuse ja reaalse manuse suhtes. Kuid valik manused on sedavõrd sümmeetrilised, et neid ei ole võimalik robotiga korrektselt paigaldada. Lahendus sellele oleks tõsta kaamera eraldusvõimet ja paigaldada lisa kaamera mis suudaks eristada kõrguse erinevusi manuse külgedelt.

Tootmises on olnud ka olukordi kus operaator valib vale programmi ja robot sõidab turvaaeda sisse, mille tagajärjeks oli viga telgsuses ja tootmiseseisak. Selle vältimiseks on võimalik roboti juhtmoodulisse seadistada virtuaalsed seinad millest robot kaugemale ei tohi minna. Sellega on välistatud olukorrad kus robot reaalset saavutab kontakti turvapiirdega (Joonis 4.1).



**Joonis 4.1.** Virtuaalsed seinad simulatsiooni tarkvaras [19].

Roboti deaktiveeritud olekus väljutatakse kindla aja tagant liimitrassist õhuga kokku puutunud ja kuivama hakanud klaasiliim. Klaasiliim kogutakse ämbrisse kokku ja utiliseeritakse. Selle asemel võiks sulgeda liimidüüs õhutihedalt, et välistada liimi kuivamine trassis.

## KOKKUVÕTE

Lõputöö käigus arendati ja toodeti universaalhaarats üheksale erinevale sõiduauto vihmasensori kinnitus klambrile.

Käesoleva lõputöö kestvuse vältel analüüsiti võimalike lahendusi manuseliimimisroboti haaratsi projekteerimiseks ja tootmiseks. Toodi välja enimlevinud täiturite liigid koos nende eelistega ja puudustega ning tehti otsus sobivaima lahenduse kasuks.

Vajaduspõhiselt kasutati Saint-Gobain Glass Estonia SE, Service center 2 tootmisliini. Koos KUKA liigendrobotitiga. Haaratsi projekteerimisel lähtuti asjaolust, et haarats peab suutma toimida vähemalt kahe erineva manusega, kuid loodud haarats suudab liimida vähemalt üheksat manust sõiduki esiklaasile.

Lõputöö käigus kasutati laserskaneerimist, et leida manuste ühisosa. Manipulaatorihaaratsi modelleerimiseks kasutati raalprojekteerimis tarkvara *Solidworks*. Detailide tootmiseks kasutati arvjuhitavat freespinkki ja Karteesianrobotit.

Komponentide valikul lähtuti lihtsusest ja töökindlusest, kuna süsteem oli juba osaliselt juurutatud, olid osad detailid süsteemis kindlaks määratud ning nende asendamine ei olnud majanduslikult mõistlik.

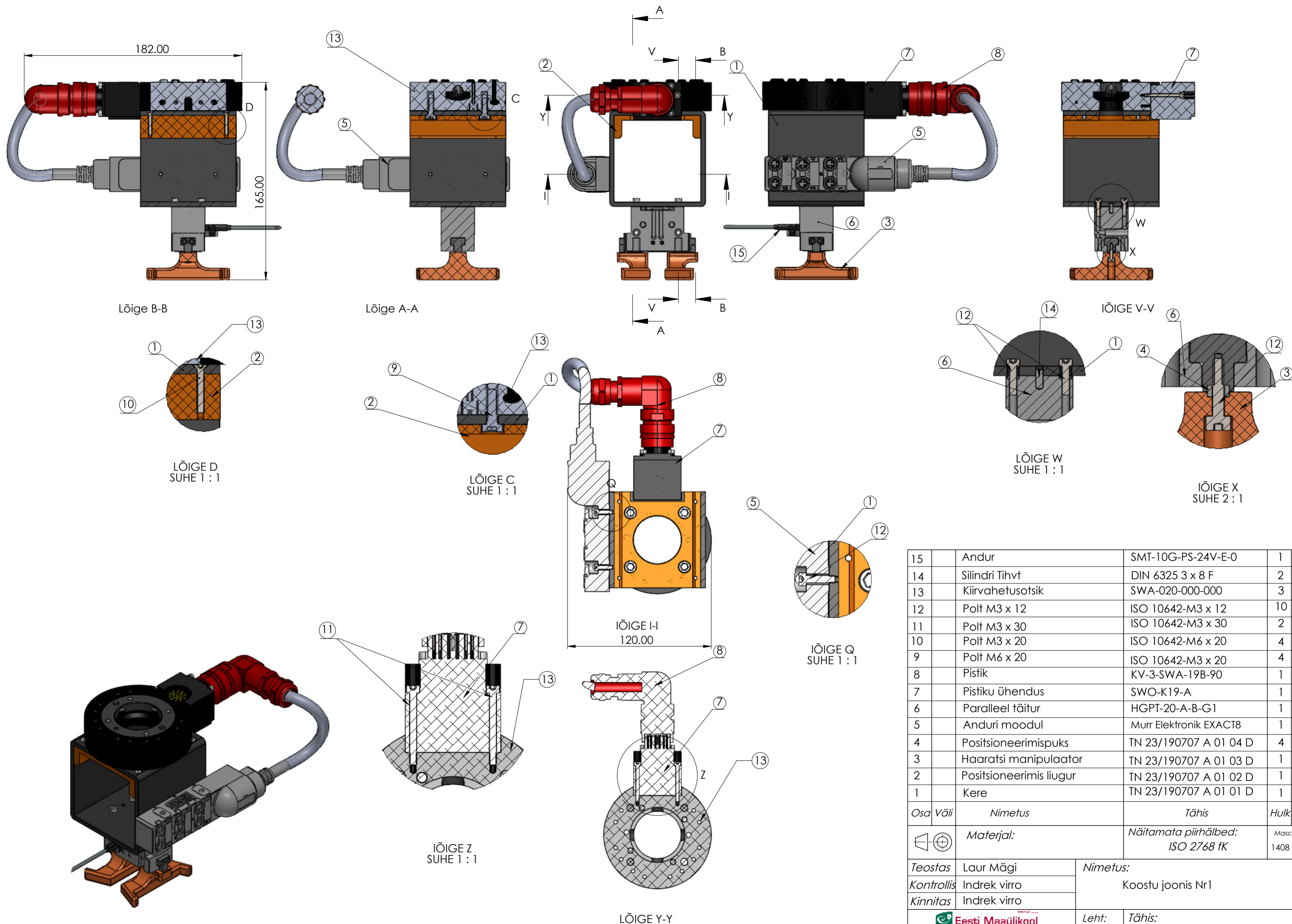
Juurutamiseks kasutas autor simulatsioonitarkvara Kuka Sim 4.0 Millega projekteeriti robotile liikumisrajad ja positsioonid. Lisaks projekteeriti ka haaratsile hoidik mille saab toetada haaratsi mittetöötamise ajal. Lõpetuseks tõi autor välja ka parendusettepanekud tootmisliini kulutõhusamaks ja efektiivsemaks kasutamiseks.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Brindfeldt, E., Lepiksoo, U.** (2011) Mehhatroonikaseadmed. Tallinn: Tallinna Tööstushariduskeskus [veebimaterjal] [https://www.tthk.ee/MEH/Taiturid\\_13.html](https://www.tthk.ee/MEH/Taiturid_13.html) (20.02.2022)
2. (2022) What is an industrial robot? Industrial robot definition [veebimaterjal] <https://robotnik.eu/what-is-an-industrial-robot-industrial-robot-definition/> (20.02.2022)
3. **Lahtmets, R. Elektrotehnika (2002) II**, Vahelduvvool. Tartu: Trükikoda Paar.
4. **F. Ostyn., B. Vanderborght., G. Crevecoeur.,** (2022) Design and Control of a Quasi-Direct Drive Robotic Gripper for Collision Tolerant Picking at High Speed [veebimaterjal] <https://backoffice.biblio.ugent.be/download/8758447/8758448> (12.03.2023)
5. (2013) Hydraulic Grippers [veebimaterjal] <https://www.mobilehydraulictips.com/hydraulic-grippers/> (20.02.2022)
6. **Gonzalez, C.** (2015). Sorting Out Linear Actuators [veebimaterjal] <https://www.machinedesign.com/mechanical-motion-systems/article/21832047/sorting-out-linear-actuators> (12.02.2023)
7. **Brindfeldt, E., Lepiksoo, U.** (2011) Mehhatroonikaseadmed. Tallinn: Tallinna Tööstushariduskeskus [veebimaterjal] [https://www.tthk.ee/MEH/Taiturid\\_11.html](https://www.tthk.ee/MEH/Taiturid_11.html) (23.02.2022)
8. **Brindfeldt, E., Lepiksoo, U.** (2011) Mehhatroonikaseadmed. Tallinn: Tallinna Tööstushariduskeskus [veebimaterjal] [https://www.tthk.ee/MEH/Taiturid\\_12.html](https://www.tthk.ee/MEH/Taiturid_12.html) (19.02.2023)
9. **Tisserand, O.** (2019) How Does an Electric Actuator Work? [veebimaterjal] <https://www.indelac.com/blog/how-does-electric-actuator-work> (17.02.2023)
10. (2021) Components Of An Electric Linear Actuator [veebimaterjal] <https://www.timotion.com/en/news-and-articles/part-2-components-of-an-electric-linear-actuator> (05.03.2023)
11. Schunk Robot Accessories [veebimaterjal] <https://www.ramcoi.com/schunk/robot-accessories> (05.03.2023)
12. **K. Jüri., E. Hendre., H. Herranen., K. Karjust., J. Kers.** (2021) Mehaanikainseneri käsiraamat. Tallinn: TTÜ kirjastus.
13. (2013) KR QUANTEC ultra With F and C Variants Specification [veebimaterjal] [http://robotforum.ru/assets/files/Kuka/KUKA\\_KR\\_QUANTEC\\_ultra.pdf](http://robotforum.ru/assets/files/Kuka/KUKA_KR_QUANTEC_ultra.pdf) (09.03.2023)
14. Parallel gripper [veebimaterjal] <https://www.festo.com/ee/en/a/560199/?q=560199~:festoSortOrderScored> (05.03.2023)

15. SWA-020-000-000 [veebimaterjal] <https://schunk.com/se/en/automation-technology/change-systems/sws/swa-020-000-000/p/000000000000302323> (20.03.2023)
16. EXACT8, 6XM8, 3 POLE PRE-WIRED CABLE [veebimaterjal] <https://shop.murrelektronik.com/en/I-O-Systems/M8-Distribution-Systems/Modules/EXACT8-6XM8-3-POLE-PRE-WIRED-CABLE-8000-86010-3501000.html> (25.03.2023)
17. Nikon Metrology - ModelMaker MMDx [veebimaterjal] [http://m.obsnapinstrument.com/index.php?ws=showproducts&products\\_id=2475967](http://m.obsnapinstrument.com/index.php?ws=showproducts&products_id=2475967) (30.03.2023)
18. Portable 3D measuring arm MCAx series [veebimaterjal] <https://www.directindustry.com/prod/nikon-metrology/product-21023-438093.html> (05.04.2023)
19. KUKA.SafeOperation [veebimaterjal] [https://www.kuka.com/en-us/products/robotics-systems/software/hub-technologies/kuka\\_safeoperation](https://www.kuka.com/en-us/products/robotics-systems/software/hub-technologies/kuka_safeoperation) (15.05.2023)

**LISAD**



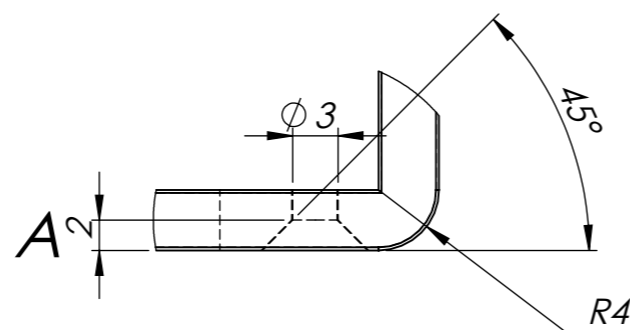
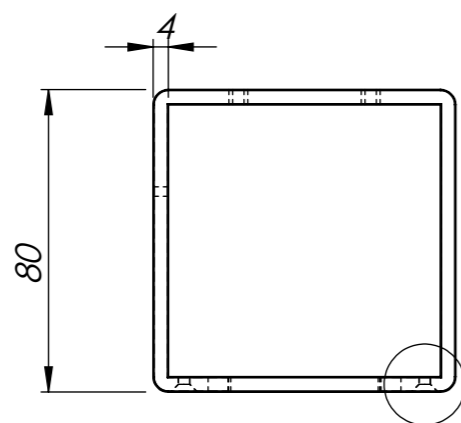
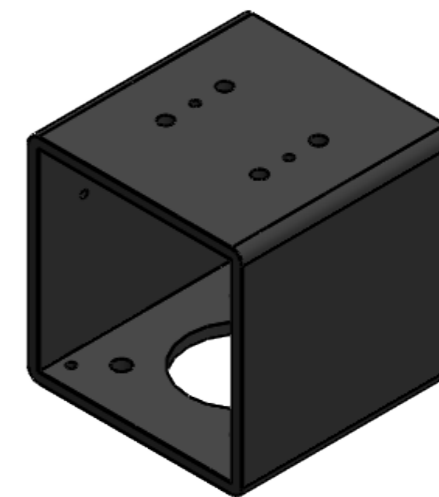
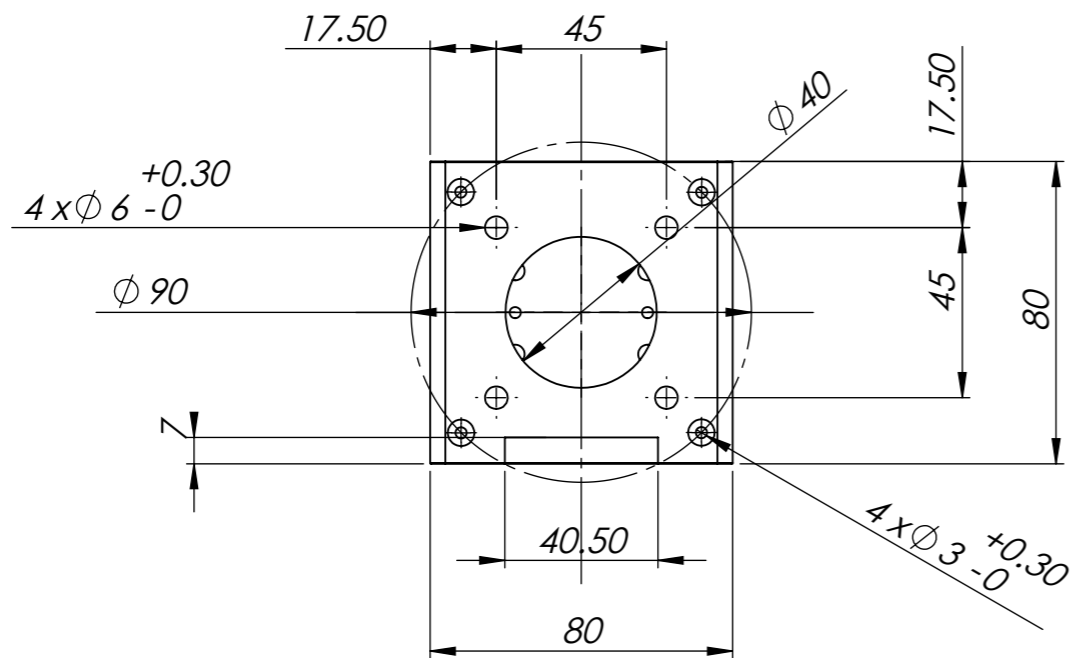
15	Andur	SMT-10G-PS-24V-E-0	1	tellimus
14	Silindri Tihvt	DIN 6325 3 x 8 F	2	tellimus
13	Kiirvahetusotsik	SWA-020-000-000	3	tellimus
12	Polt M3 x 12	ISO 10642-M3 x 12	10	tellimus
11	Polt M3 x 30	ISO 10642-M3 x 30	2	tellimus
10	Polt M3 x 20	ISO 10642-M6 x 20	4	tellimus
9	Polt M6 x 20	ISO 10642-M3 x 20	4	tellimus
8	Pistik	KV-3-SWA-19B-90	1	tellimus
7	Pistiku ühendus	SWO-K19-A	1	tellimus
6	Paralleel täitur	HGPT-20-A-B-G1	1	tellimus
5	Anduri moodul	Murr Elektronik EXACT8	1	tellimus
4	Positsioneerimispuks	TN 23/190707 A 01 04 D	4	original
3	Haaratsi manipulaator	TN 23/190707 A 01 03 D	1	original
2	Positsioneerimis liugur	TN 23/190707 A 01 02 D	1	original
1	Kere	TN 23/190707 A 01 01 D	1	original

Osa Väli	Nimetus	Tähis	Hulk	Märkus
----------	---------	-------	------	--------

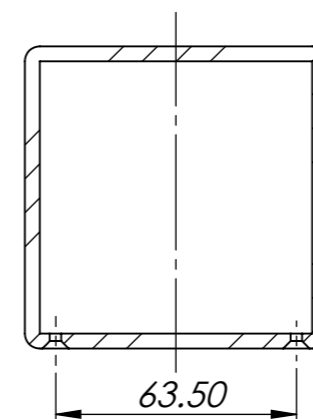
	Materjal:	Näitamata piirhälbed:	Mass:	Mõõt:
		ISO 2768 fK	1408 g	1:2

Teostas	Laur Mägi	Nimetus:
Kontrollis	Indrek virro	
Kinnitas	Indrek virro	

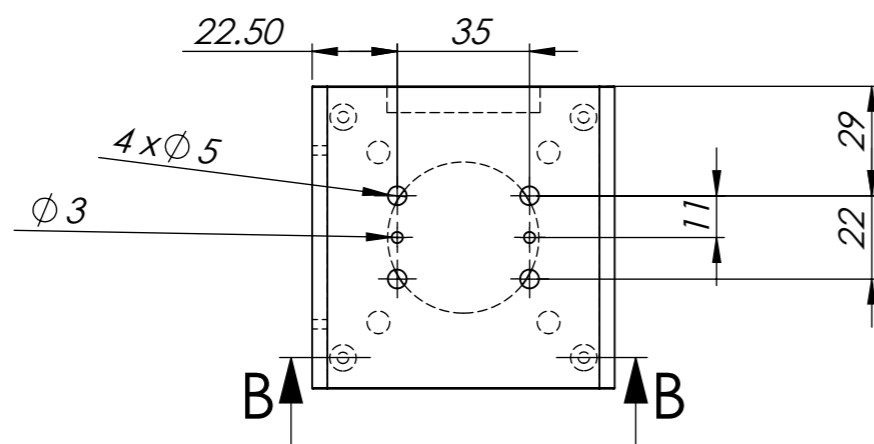
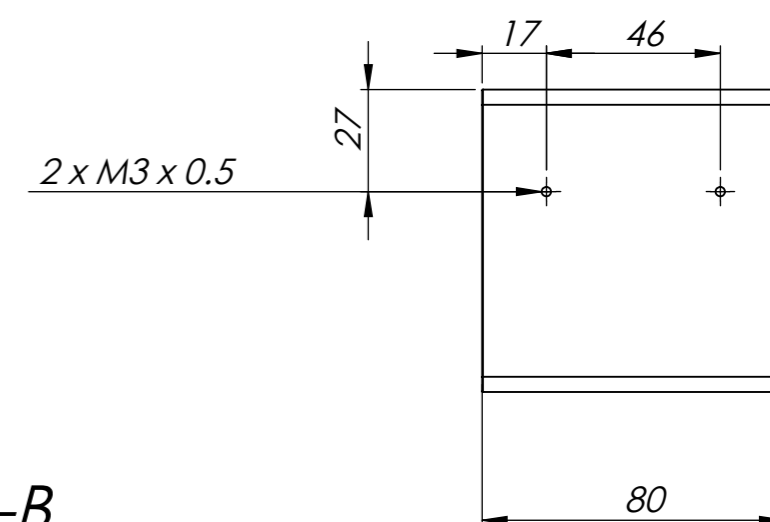
	Leht:	Tähis:
	1 / 1	TN 23/190707 A 01 00 K



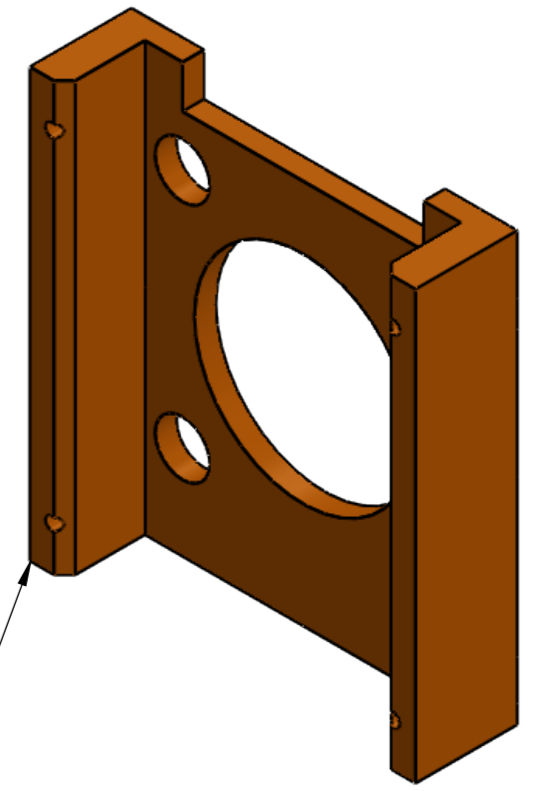
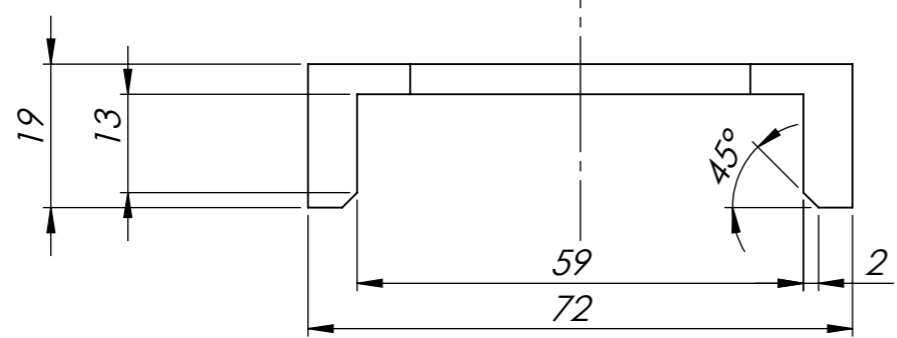
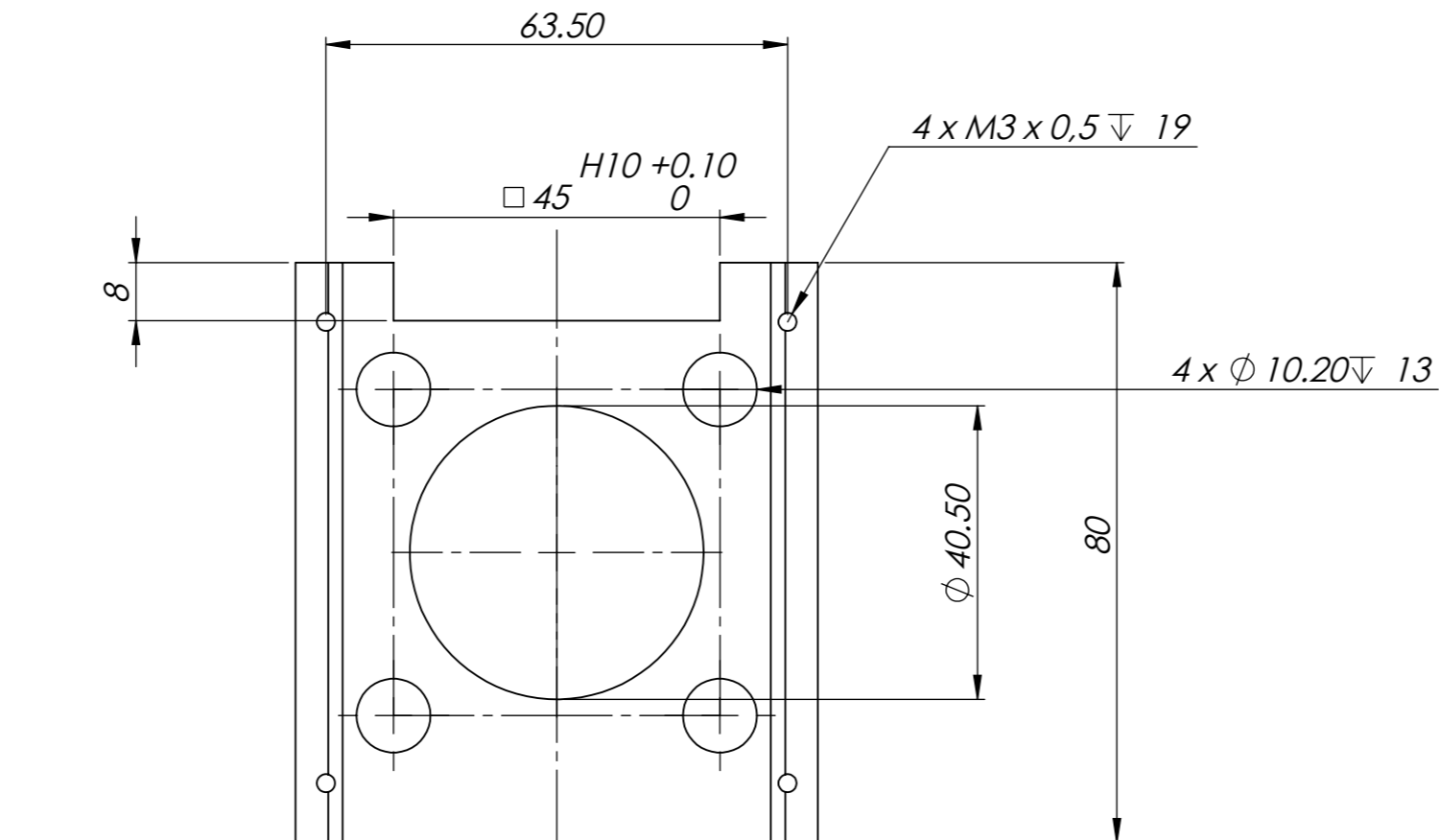
LÕIGE A  
MÕÖT 2:1



LÕIGE B-B



	Materjal: ISO 1.0553 (S355J0)	Näitamata piirhälbed: ISO 2768 fK	Mass: 693g	Mõõt: 1:2
Teostas	Laur Mägi	Nimetus: Kere		
Kontrollis	Indrek Virro			
Kinnitas	Indrek Virro			
	Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Maaülikool ja loomaretus Institute of Food and Food Safety	Leht: 1/1	Tähis: TN 23/190707 A 01 01 D	

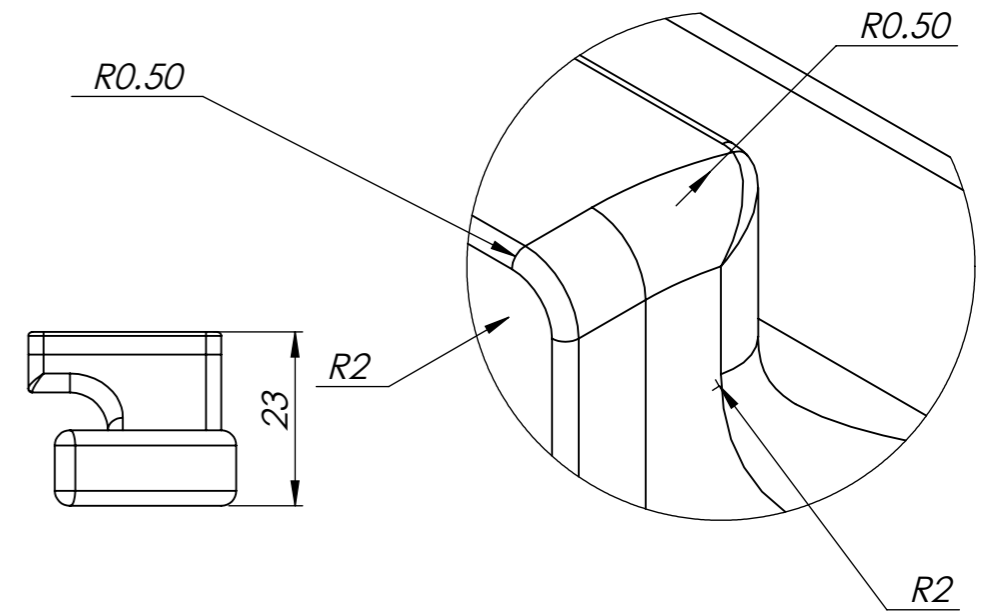
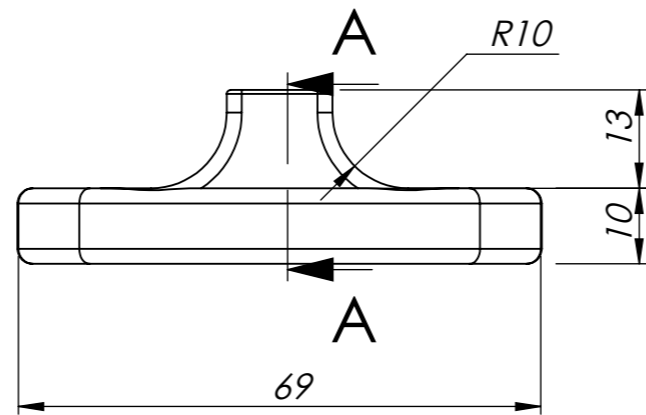
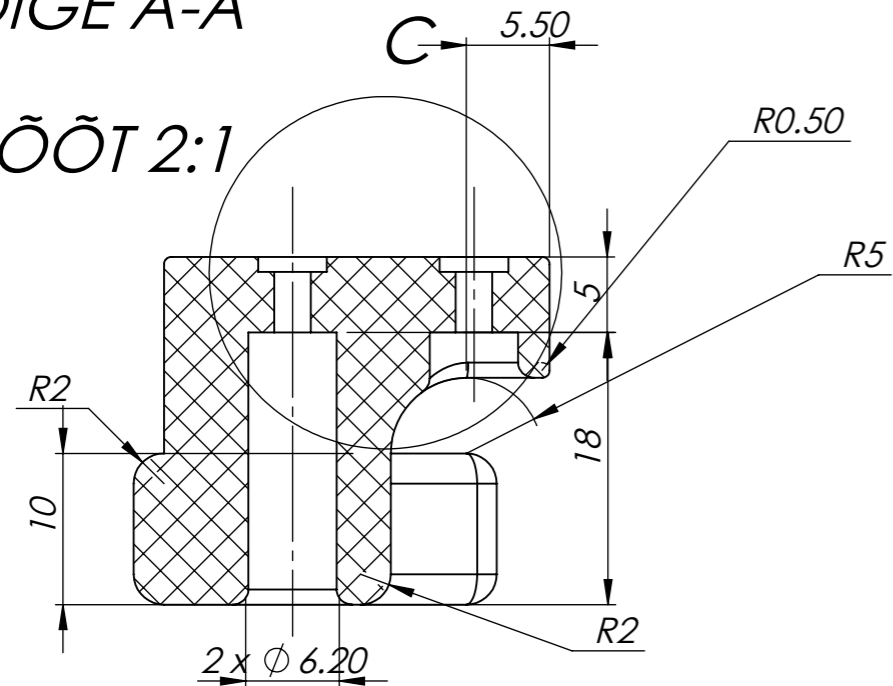


Eemaldada kõik teravad servad

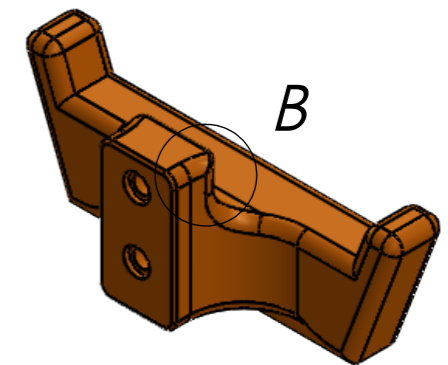
	Materjal: PE-300	Näitamata piirhälbed: ISO 2768 fK	Mass: 27,6 g	Mõõt: 1:1
Teostas	Laur Mägi	Nimetus: Positsioneerimis liugur		
Kontrollis	Indrek Virro			
Kinnitas	Indrek Virro			
<b>Eesti Maaülikool</b> <small>Estonian University of Life Sciences Mõisemägi ja Inesseeriküla tänav Instituti tänav 1, 76104 Tartu</small>		Leht: 1/1	Tähis: TN 23/190707 A 01 02 D	

# LÕIGE A-A

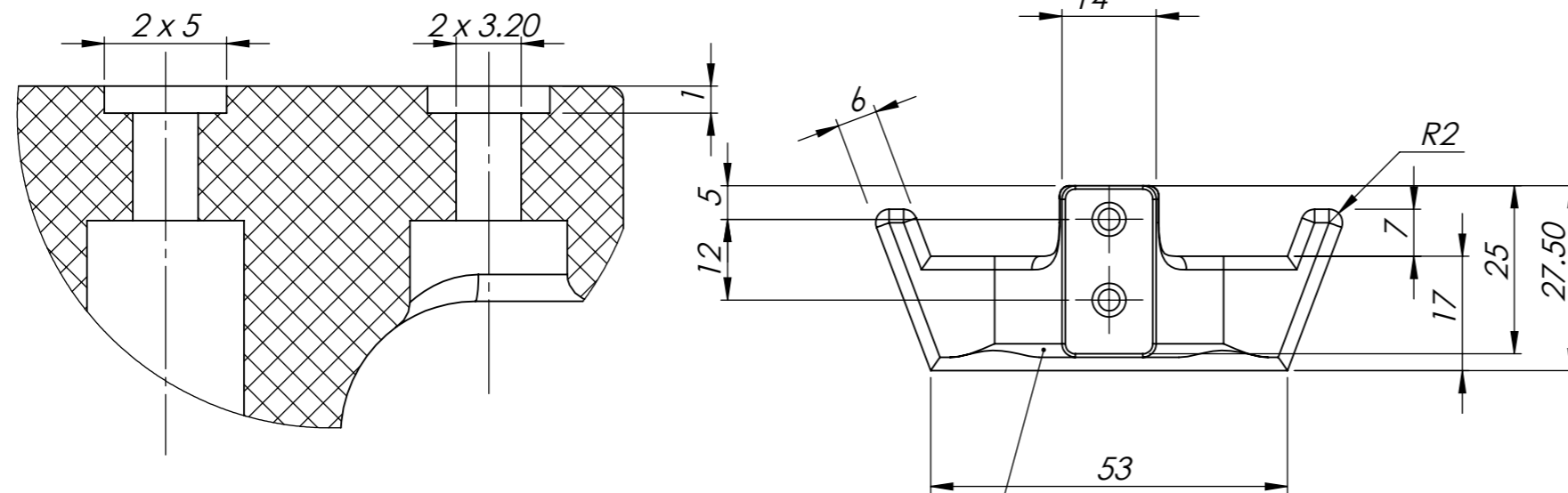
MÕÕT 2:1



# LÕIGE B MÕÕT 5:1



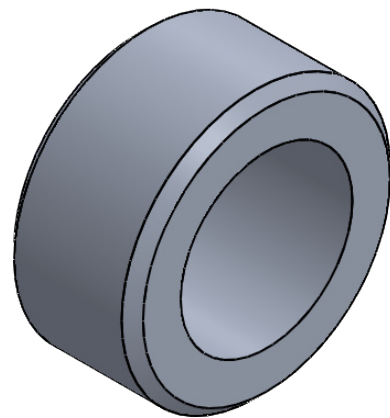
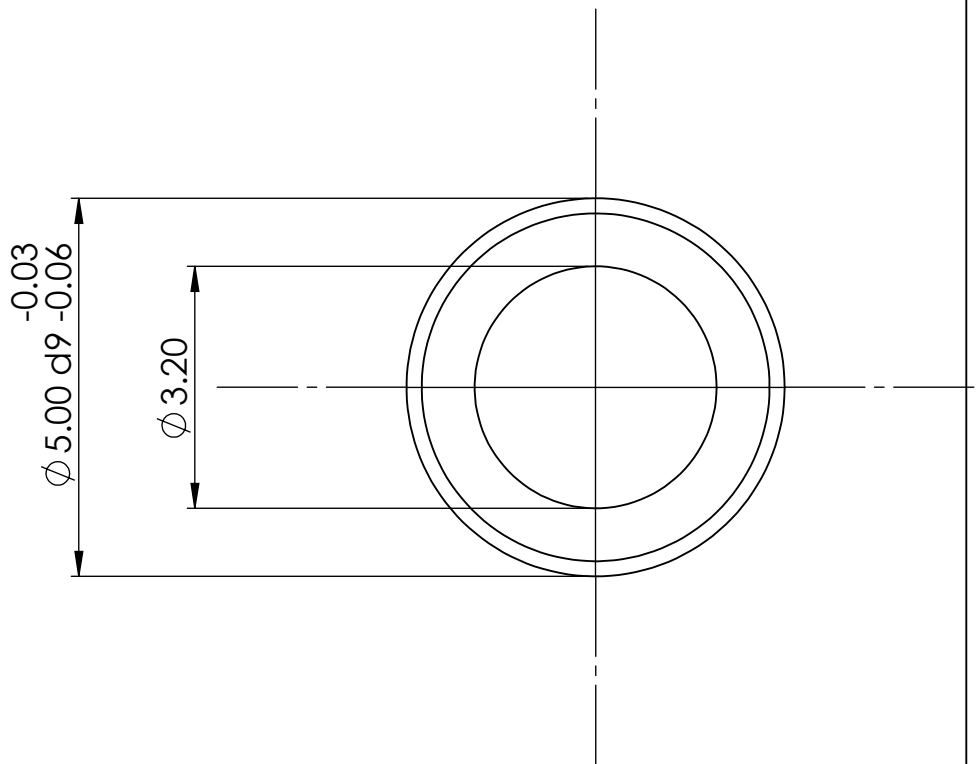
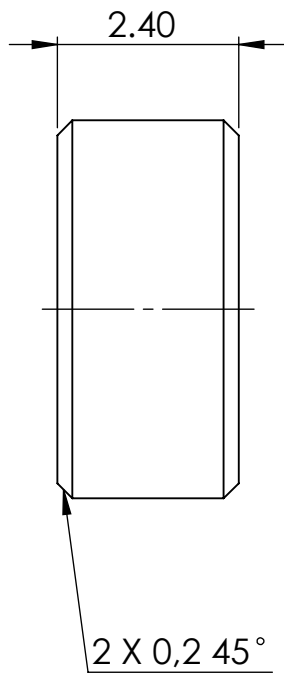
Faili tootmisel lähtuda .STEP failist



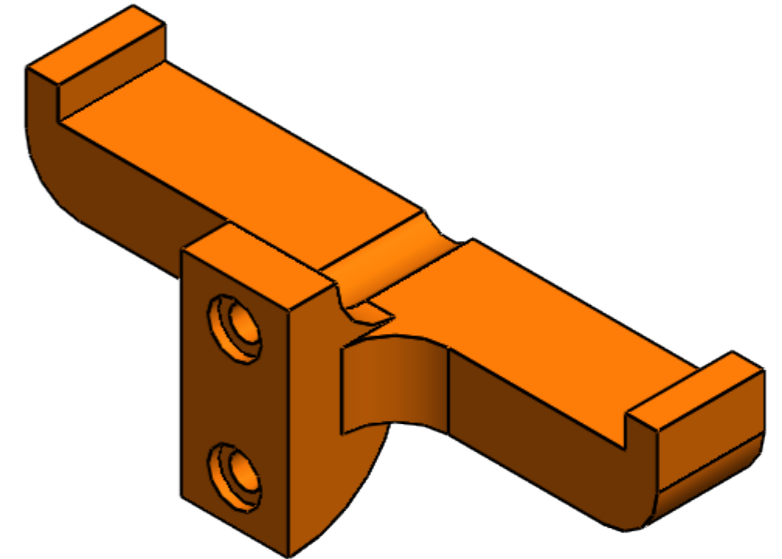
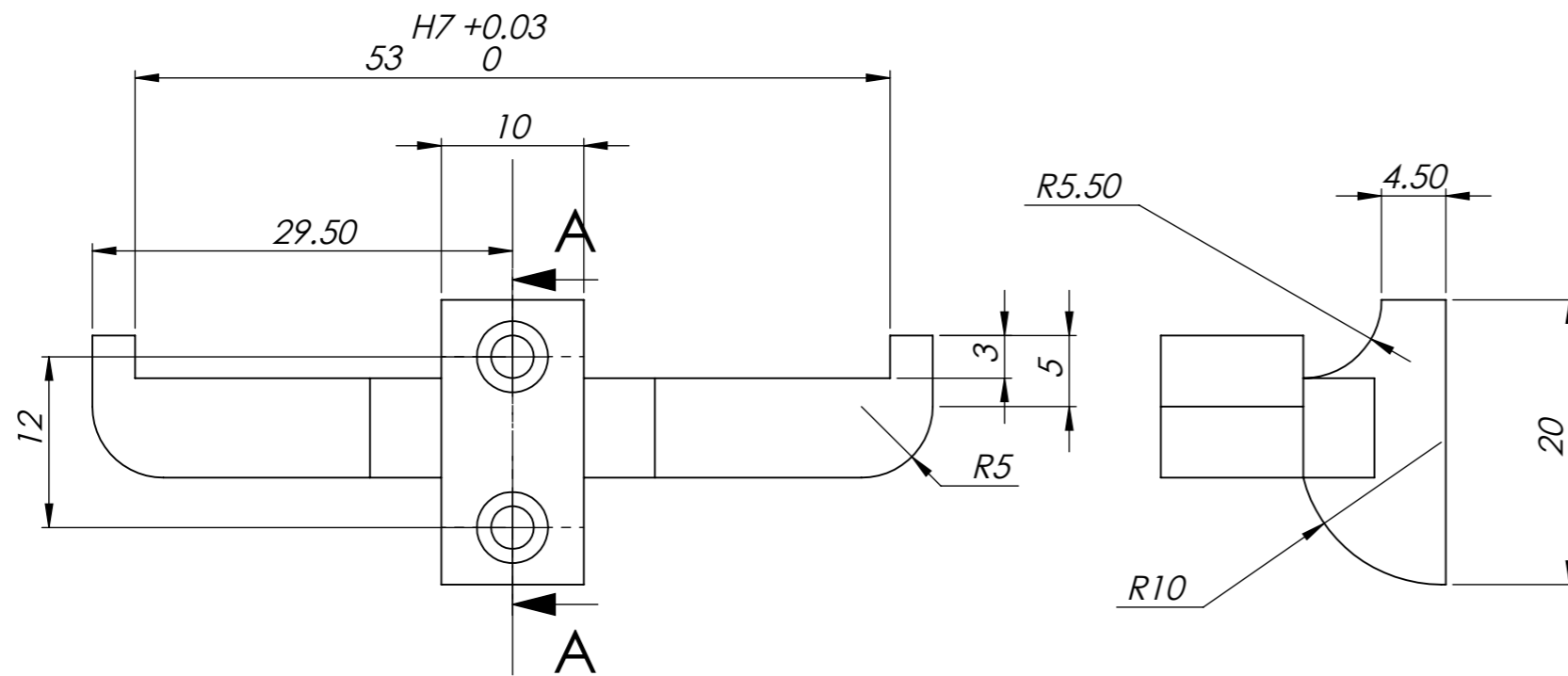
# LÕIGE C MÕÕT 4:1

Kaldpinna geomeetria tootmisel lähtuda .STEP failist. Tegemist on 3D kontuuriga.

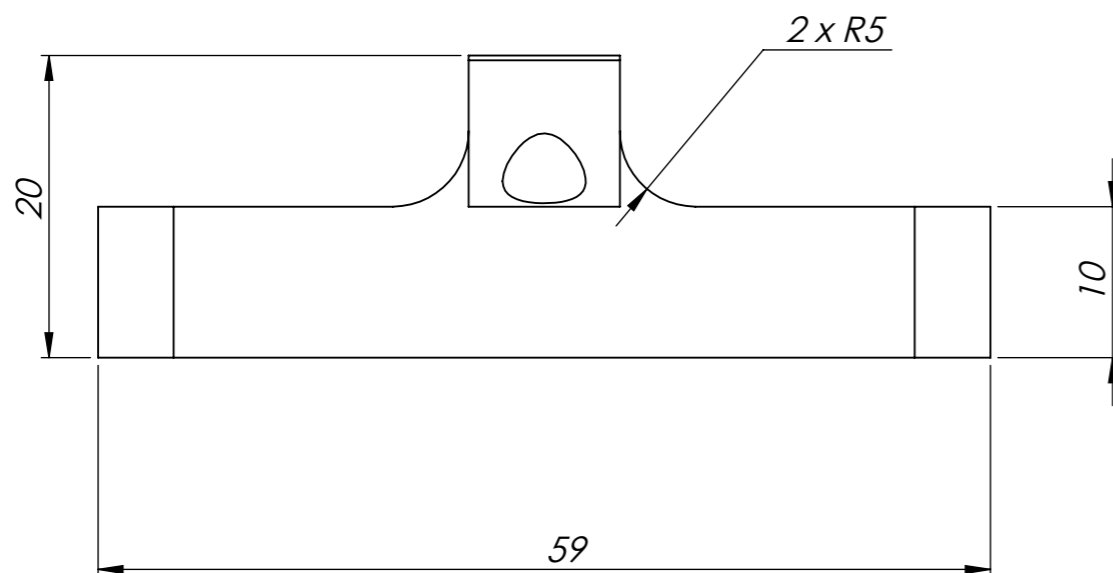
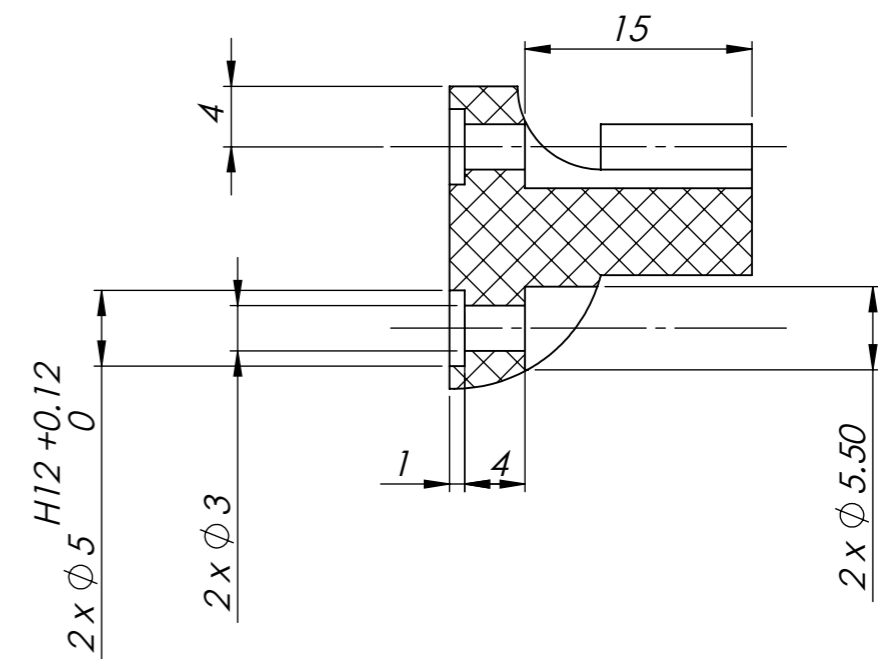
	Materjal: ABS	Näitamata piirhälbed: ISO 2768 FK	Mass: 14,8 g	Mõõt: 1:1
Teostas	Laur Mägi	Nimetus: Haaratsi manipulaator rev 3		
Kontrollis	Indrek Virro			
Kinnitas	Indrek Virro			
	Leht: 1/1	Tähis: TN 23/190707 A 01 03 D		



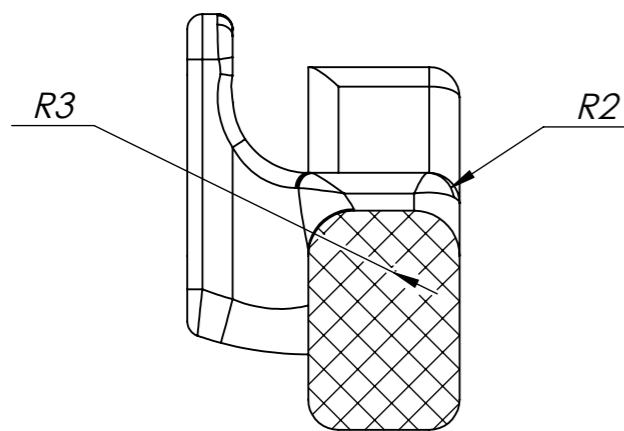
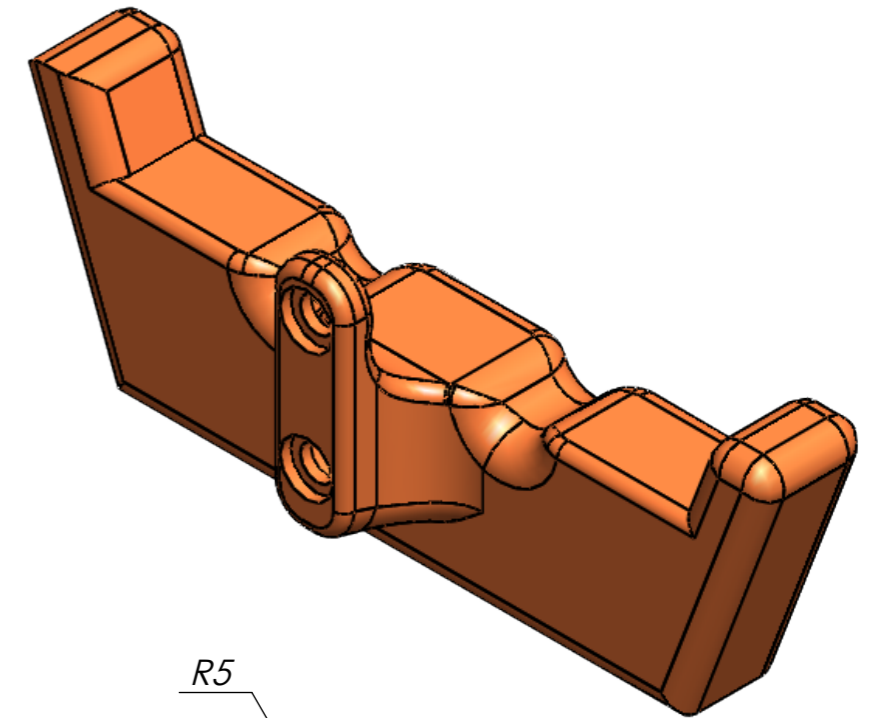
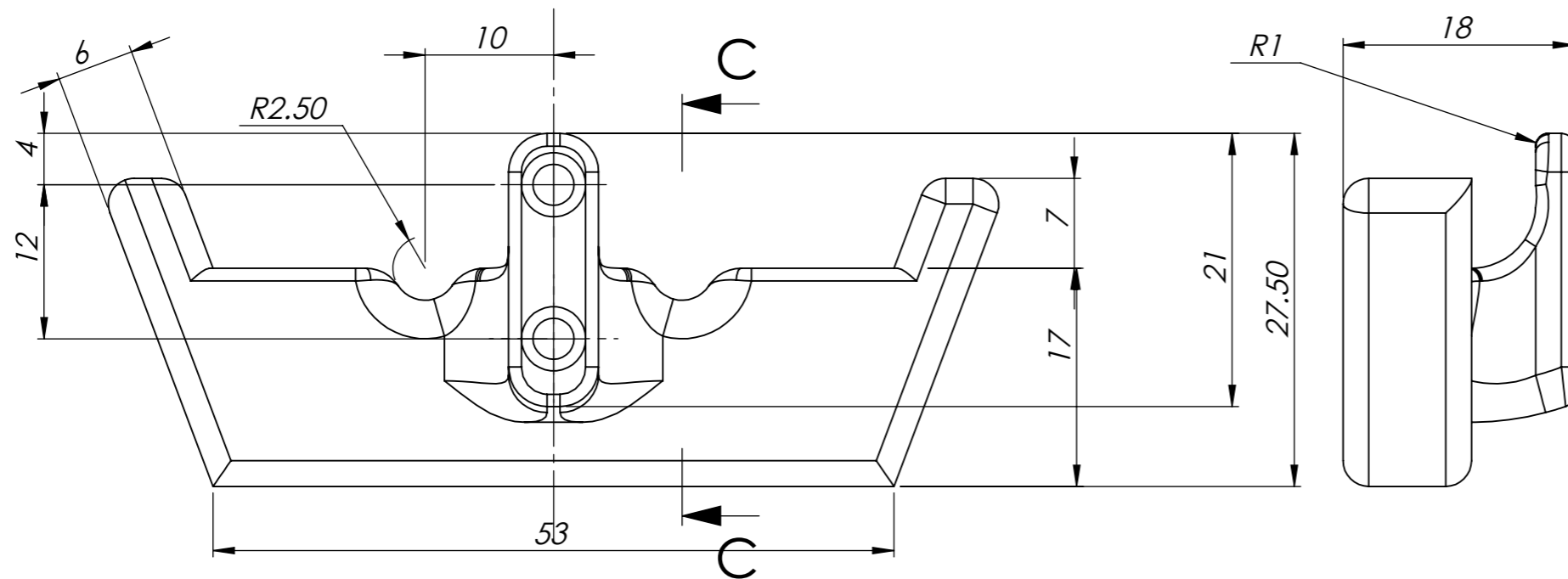
	<b>Materjal:</b> EN-AW-6061	<b>Näitamata piirhälbed:</b> ISO 2768 fK	<b>Mass:</b> 7 g	<b>Mõõt:</b> 10:1
<b>Teostas</b>	Laur Mägi	<b>Nimetus:</b> Positsioneerimispuks		
<b>Kontrollis</b>	Indrek Virro			
<b>Kinnitas</b>	Indrek Virro			
		<b>Leht:</b> 1 / 1	<b>Tähis:</b> TN 23/ 1900707 A 01 04 D	



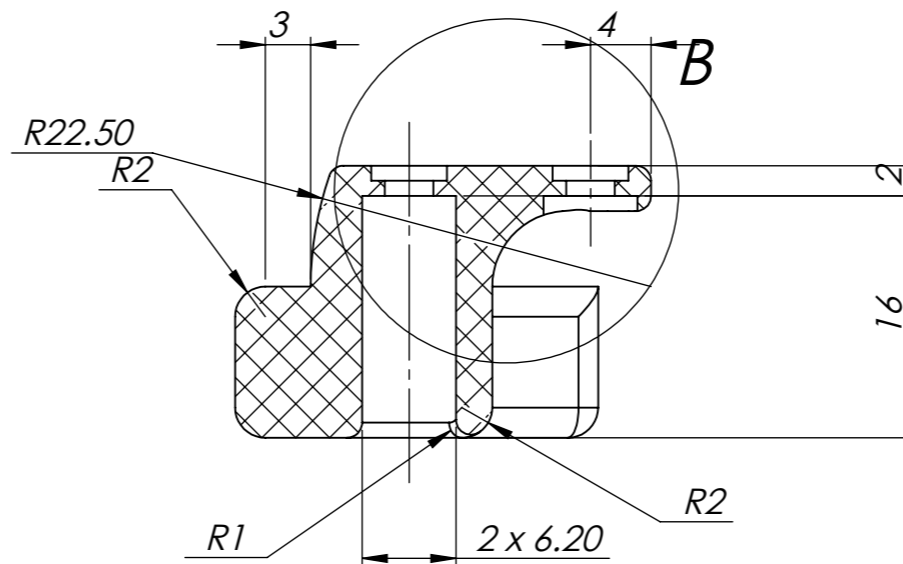
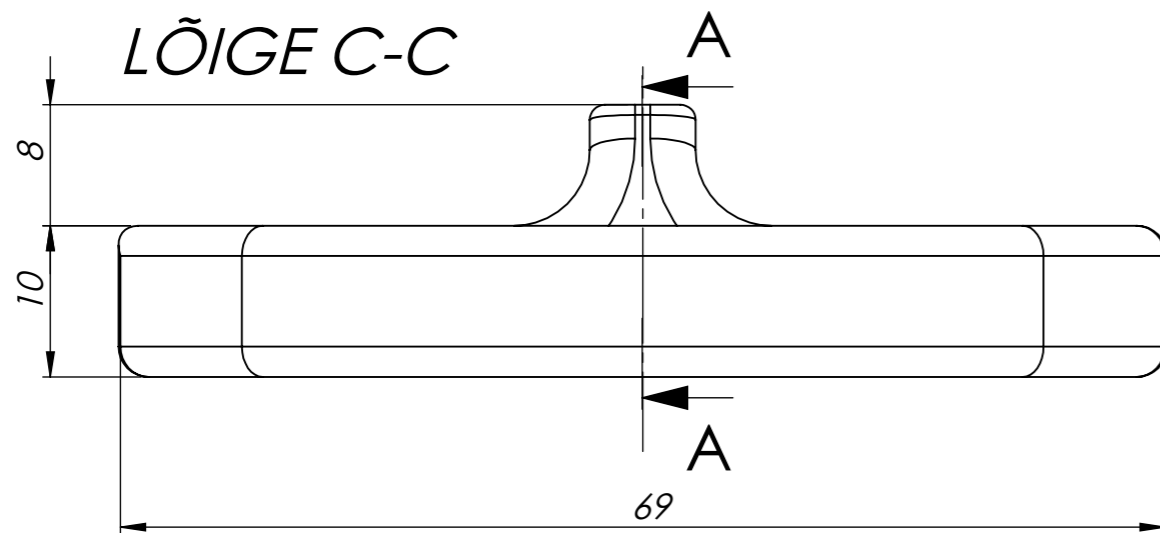
LÕIGE A-A



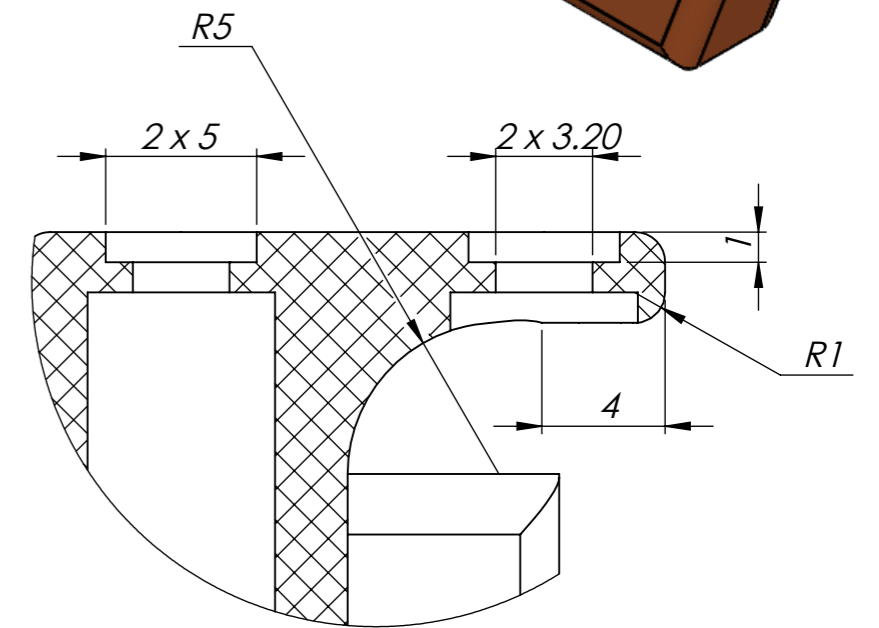
	Materjal: ABS	Näitamata piirhälbed: ISO 2768 fK	Mass: 15.7 g	Mõõt: 2:1
Teostas	Laur Mägi	Nimetus: Haaratsi manipulaator rev1		
Kontrollis	IndreK Virro			
Kinnitas	IndreK Virro			
	Leht: 1/1	Tähis: TN 23/190707 A 01 05 D		



LÕIGE C-C



LÕIGE A-A



LÕIGE B  
MÕÖT 4 : 1

	Materjal: ABS	Näitamata piirhälbed: ISO 2768 fK	Mass: 11,4 g	Mõõt: 2:1
Teostas	Laur Mägi	Nimetus: Haaratsi manipulaator rev 2		
Kontrollis	Indrek Virro			
Kinnitas	Indrek Virro			
<b>Eesti Maaülikool</b> <small>Estonian University of Life Sciences Maaülikooli ja loomaretu teaduskond Institute of Agricultural and Fisheries Sciences</small>		Leht: 1/1	Tähis: TN 23/190707 A 01 06 D	

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Laur Mägi, (sünnipäev 04/01/2000 50001040833)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö SC2 MANUSELIIMIMISROBOTI UNIVERSAALSEMAKS MUUTMINE,

mille juhendaja on Indrek Virro, *MSc* ja Ülari Lees, *MSc*

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

\_\_\_\_\_ /digitaalselt/  
allkiri

Tartu, 23.05.2023

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_  
(kuupäev)

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_  
(kuupäev)