



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut  
Tootmistehnika õppetool

MET70LT

*Diana Krüspan*

## **Keevitusprotsessi arendus Maru Metall AS-s**

Autor taotleb  
tehnikateaduse magistri  
akadeemilist kraadi

Tallinn  
2016

## AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis..... juhendamisel

“.....” .....201...a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

“.....” .....201...a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... eriala/õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....” .....201... a.

..... allkiri

TTÜ mehaanika ja tööstustehnika instituut

Tootmistehnika õppetool

## MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

2016 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Diana Krüspan, 142054MATM (nimi, üliõpilaskood)

Õppekava: MATM02/11- Toorearendus ja tootmistehnika

Eriala: Mehhanotehnika

Juhendaja: Professor, Tauno Otto (amet, nimi)

Konsultandid: Aivar Viin, kvaliteedikontrolör (nimi, amet, telefon)

### MAGISTRITÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) Keevitusprotsessi arendus Maru Metall AS-s

(inglise keeles) Welding process development in Maru Metall Ltd

### Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	Sissejuhatus, ettevõtte ja toote kirjeldus.	19.04.2016
2.	Toote keevitusprotsessi kirjeldus: operatsioonid, nende kestused.	26.04.2016
3.	Keevitusrakise projekteerimine, arvutused.	03.05.2016
4.	Keevitusprotsessi automatiseerimine RobotStudio-s.	10.05.2016
5.	Keevitusrakise omahind. Tasuvusanalüüs.	14.05.2016
6.	Kokkuvõte	17.05.2016

**Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:** Keevitusprotsessi automatiseerimine kasutades keevitusrobotit ja projekteerides vastav rakis.

**Täiendavad märkused ja nõuded:** .....

**Töö keel:** eesti keel

Kaitsmistaoitus esitada hiljemalt 16.05.2016

**Töö esitamise tähtaeg**.....

**Üliõpilane:** Diana Krüspan /allkiri/ ..... kuupäev.....

**Juhendaja** Tauno Otto /allkiri/ ..... kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

## SISUKORD

AUTORIDEKLARATSIOON .....	2
MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE .....	3
SISUKORD .....	4
1. Sissejuhatus .....	7
2. Toote keevitusprotsess .....	9
2.1 Toote kirjeldus .....	9
2.2 Keevitusprotsessi kirjeldused.....	9
2.3 Keevitusprotsesside kestvused.....	10
3. Kooste- ja keevitusrakise projekteerimine .....	11
3.1 Rakise vajadus .....	11
3.2 Rakisele esitatavad nõuded .....	11
3.3 Rakise projekteerimine .....	11
4. Keevitusprotsessi automatiseerimine RobotStudios .....	17
4.1 Pöördlaua valik .....	18
4.2 Keevitusroboti valik.....	19
4.3 Robotkeevituse simulatsioon .....	20
4.4 Postide keevitusprotsesside ajad rakise ja robotiga keevitamisel .....	21
5. Rakise tugevusanalüüsid .....	23
5.1 U-profiili tugevusanalüüs.....	23
5.2 Võlli tugevusanalüüs.....	24
6. Kooste-ja keevitusrakise maksumus .....	27
6.1 Materjali kulu .....	27
6.2 Ostutooted .....	28
6.3 Tootmiskulu .....	29
6.4 Rakise omahind.....	29
7. Tasuvusanalüüs .....	31
7.1 Keevitamine rakise ja keevitusrobotiga .....	31
Kokkuvõte .....	33
Summary .....	35
Viidatud allikad .....	37
LISAD .....	38
Lisa 1. WPS 135FW 6-8+15-20.....	38
Lisa 2. Manipulaatorite data sheet[4].....	39

Lisa 3. Roboti IRB6650S data sheet[4].....	40
Lisa 4. Kooste- ja keevitusrakise joonis.....	41

## **EESSÕNA**

Lõputöö teema on pärit Maru Metall AS-st, kus küll enamus toodang on projektipõhine, kuid antud lõputöö aluseks on ühelt tellijalt tellitud suures koguses ühesuguseid tooteid. Andmeid koguti Maru Metall AS Ardu tootmises.

Tahaksin tänada kooli poolset juhendajat professor Tauno Otto't ja ettevõtte poolset juhendajat Aivar Viin'a, kes on ettevõttes kvaliteedikontrolör.

# 1. SISSEJUHATUS

Antud lõputöö teema on pärit Maru Metall AS-st. Maru Metall AS on 1996 loodud Maru kontserni kuuluv teraskonstruksioonide projekteerimisele ja tootmisele spetsialiseerunud ettevõtte. Põhiliselt jaguneb toodang kolmeks: ehituslikud konstruksioonid, masinaehituslikud konstruksioonid ning konteiner- ja laagerlahendused. Suurem osa toodangust on projektipõhised ehituslikud konstruksioonid. Kuid ühe osana toodetakse ka ühele tellijale suures koguses standard poste. Antud postide keevitamine ei ole küll keeruline, kuid võtab liiga palju aega ja ressursse.

Antud lõputöö ülesandeks on arendada Maru Metall AS keevitusprotsessi. Selle raames tuleb projekteerida kooste- ja keevitusrakis antud postide tootmiseks. Eelpool mainitud tellijal on vaja erineva profiiliga, kuid ühesuguse pikkusega poste. Keevitusrakis peaks olema universaalne, et oleks võimalik ka erineva profiiliga poste keevitada. Samuti arvestatakse projekteerimisel, et seda rakist saaks kasutada nii käsi- kui ka robotkeevitusel. Projekteeritava rakisega peaks saama keevitada vähemalt 4 posti korraga. Minu andmetel ei ole sellist rakist olemas, mida oleks võimalik osta. Rakise projekteerimisel tuleb arvestada ka tugevusanalüüse, kas antud detailid peavad koormusele vastu.

Lisaks kooste- ja keevitusrakise projekteerimisele on vajalik teha programmiga ABB RobotStudio robotkeevituse simulatsioon. Selle programmi kasutades saab välja valida ka vajaliku manipulaatori ja keevitusroboti. Kui see on tehtud on võimalik võrrelda aegasid, kui palju võtab aega ilma rakiseta ja kui palju rakise ja robotkeevitusega.

Esimene asi, mida ettevõtte teada soovib, on muidugi palju läheb rakise tootmine maksma, ning kas see üldse tasub end ära. Eraldi on vaja välja tuua rakise tootmiseks vajalik materjal, ostutooted ja rakise koostamiseks vajalik töö maksumus. Kui need andmed on teada, tuleb koostada ka tasuvusanalüüs.

Lõputöö põhiosa on jaotatud kuueks.

Esimeses osas kirjeldatakse toodet, millele on vaja projekteerida rakis. Kirjeldatakse, mille alusel antud toodet tuleb keevitada, ning millised on protsessid, mis on vajalikud antud toote

keevitamiseks. Edasise töö jaoks on vajalik teada saada ka eelpoolmainitud protsesside ajad, et oleks hiljem võimalik neid võrrelda rakise ja keevitusroboti abil keevitatud aegadega.

Järgmises põhiosas tuuakse välja põhjused, miks on seda rakist vaja ja samuti sellele esitatavad nõuded. Seejärel kirjeldatakse projekteeritud rakist, tema põhiolemused. Rakise CAD mudeli projekteerimiseks kasutatakse projekteerimistarkvara Solid Edge.

Kolmandaks on keevituse automatiseerimine programmi ABB RobotStudio abil. See on virtuaaltootmise üks vahenditest, mille abil saab koostada keevitussimulatsiooni ilma, et oleks tootmises olemas keevitusrobot. RobotStudio abil saab planeerida tootmist kui ka saab selgeks teha, kas ettevõttele on kasulik investeerida roboti ostmisse.

Neljandas peatükis on välja toodud tugevusanalüüsid. Nende tegemiseks on kasutatud inseneriarvutusprogrammi Ansys Workbench'i struktuurarvutusi. Tugevusanalüüsides selgub, kas valitud materjalid peavad vastu antud koormustele.

Eelviimases peatükis on tehtud majanduskalkulatsioonid. Eraldi tuuakse välja, kui palju läheb materjali vaja ja kui palju need ettevõttele maksma lähevad. Tuuakse ka välja vajalikud ostutooted. Vajalik on teada saada kui palju maksab rakise tootmiseks tööjõud. Tehakse ka lõplik kalkulatsioon, kui palju kõik kokku maksma läheb.

Viimaseks tehakse tasuvusanalüüs, ehk saadakse teada, millal antud rakise tootmine ennast ära tasub. Tehakse kaks tasuvusanalüüsi. Üks on tasuvusanalüüs, kus arvutatakse, millal tasub ennast ära rakise tootmine. Teine analüüs sisaldab nii rakise tootmist kui ka roboti ostmist.

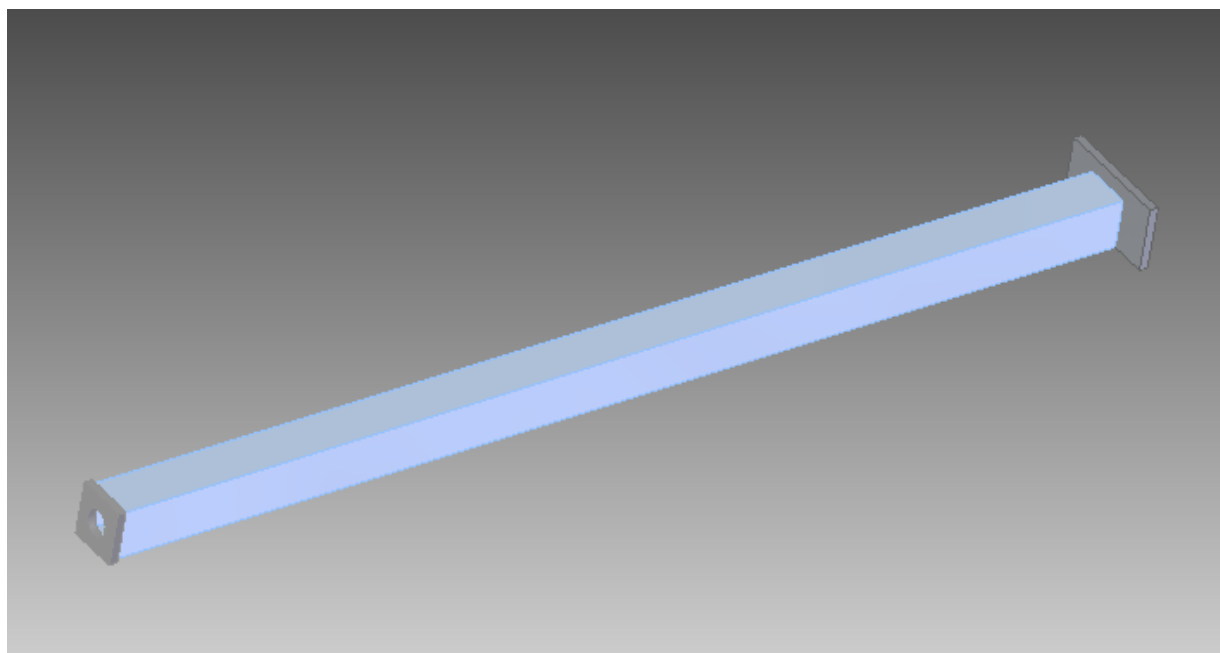


## 2. TOOTE KEEVITUSPROTSESS

### 2.1 Toote kirjeldus

Keevitatavateks toodeteks on postid, mis koosnevad toruprofiilist SHS 100x100x6,3 pikkusega 2475 mm ja mille ühte otsa tuleb keevitada terasplaat mõõtmetega 250x130x20 mm ja teise otsa 110x110x20 mm (vt Sele 2.1). Plaadil 110x110x20 on keskel ava diameetriga 60 mm. Plaadid tuleb keevitada ümber perimeetri, nurkõmblusega kaatet a4. Terastoru materjaliks on S355J2H ja terasplaadil S355J2.

Postid tuleb keevitada vastavalt EVS-EN ISO 5817:2014, keevitusklassiga C. Keevitama peab vastavalt WPS (keevitusprotseduuri spetsifikaadi) 135FW 6-8+15-20 (LISA 1) järgi.



Sele 2.1. Keevitatav toode.

### 2.2 Keevitusprotsessi kirjeldused

Toote keevitusprotsessi võib jagada kolmeks operatsiooniks: märkimine, koostamine ja keevitamine.

Esimeseks operatsiooniks on märkimine. Mõlemale plaadile tuleb märkida toruprofiili SHS 100x100x6,3 asukoht. Märkimine plaadile toimub nihiku abil.

Järgmiseks operatsiooniks on koostamine. Koostamisel asetatakse plaat toru otsa vastavalt eelnevalt tehtud märkimisele, seejärel punktitakse toru nurkadesse plaadid kinni. Kui mõlemad plaadid on kinni punktitud, toimub toru asukoha kontroll plaadil nurgiku abil.

Järgmiseks operatsiooniks on keevitamine. Kõigepealt keevitatakse ühes otsas toru kaks külge, siis teises otsas samad kaks külge. Seejärel toimub toru keeramine, et saaks keevitada ka toru teised kaks külge.

## 2.3 Keevitusprotsesside kestvused

Keevitamisprotsesside keskmiste aegade arvutamisel võtsin aega 5 posti keevitamisel (Tabel 2.1). Eraldi määrasin ka lisa aja, millesse kuulub näiteks toru keeramine ja toru ühest otsast teise juurde liikumine.

Tabel 2.1. Keevitusprotsesside keskmised ajad

	Märkimine [min]	Koostamine [min]	Keevitamine [min]	Lisa-aeg [min]
1. Post	3:57	6:58	4:56	4:02
2. Post	4:01	6:59	5:01	4:02
3. Post	4:03	6:58	5:02	4:00
4. Post	3:58	7:01	5:01	3:57
5. Post	3:59	6:59	5:01	3:59
<b>Keskmine:</b>	3:59	6:59	5:00	4:00

Keskmiselt kulub ühe posti keevitamiseks 20 minutit.

### **3. KOOSTE- JA KEEVITUSRAKISE PROJEKTEERIMINE**

#### **3.1 Rakise vajadus**

Rakise vajadus tekkis siis kui Maru Metall AS-lt hakati tellima suures koguses ühesuguseid poste. Nendel postidel ei ole kindlaid seeria koguseid. Kuid ühes tellimuses on neid 100 tk või enam, kokku aastas umbes 1000 tk. Antud tellijalt on ka teistsuguse profiiliga poste, kuid lõputööks sai valitud see profiil, mida tellitakse kõige rohkem. Kuid rakis tuleb teha selline, et saaks seda lihtsalt muuta ja kasutada rakist ka teistsuguse profiili korral.

Hetkel on tihti kasutusel postide keevitamiseks kaks töökohta: ühes toimub koostamine ja teises keevitamine. Seetõttu lisandub lisaks koostamise ja keevitamise ajale ka pooltoodete transportimise aeg, kuid seda ei ole siin töös arvestatud.

#### **3.2 Rakisele esitatavad nõuded**

Rakise projekteerimisel tuleb arvestada ka tootele esitatavad nõudeid.

Lisaks tuleb arvesse võtta, et kõik tellitavad postid ei ole sama profiiliga, ehk antud rakist peab saama lihtsalt muuta, et oleks võimalik keevitada ka teisi profile. Samuti võivad muutuda ka otstes asuvad plaadid. Järelikult tuleb rakise projekteerimisel arvestada, et oleks võimalik vahetada või muuta rakise erinevaid osasid, et oleks võimalik keevitada ka teistsuguse toruprofiili ja/või plaadiga poste.

Rakist peab olema kiire ja kerge käsitleda.

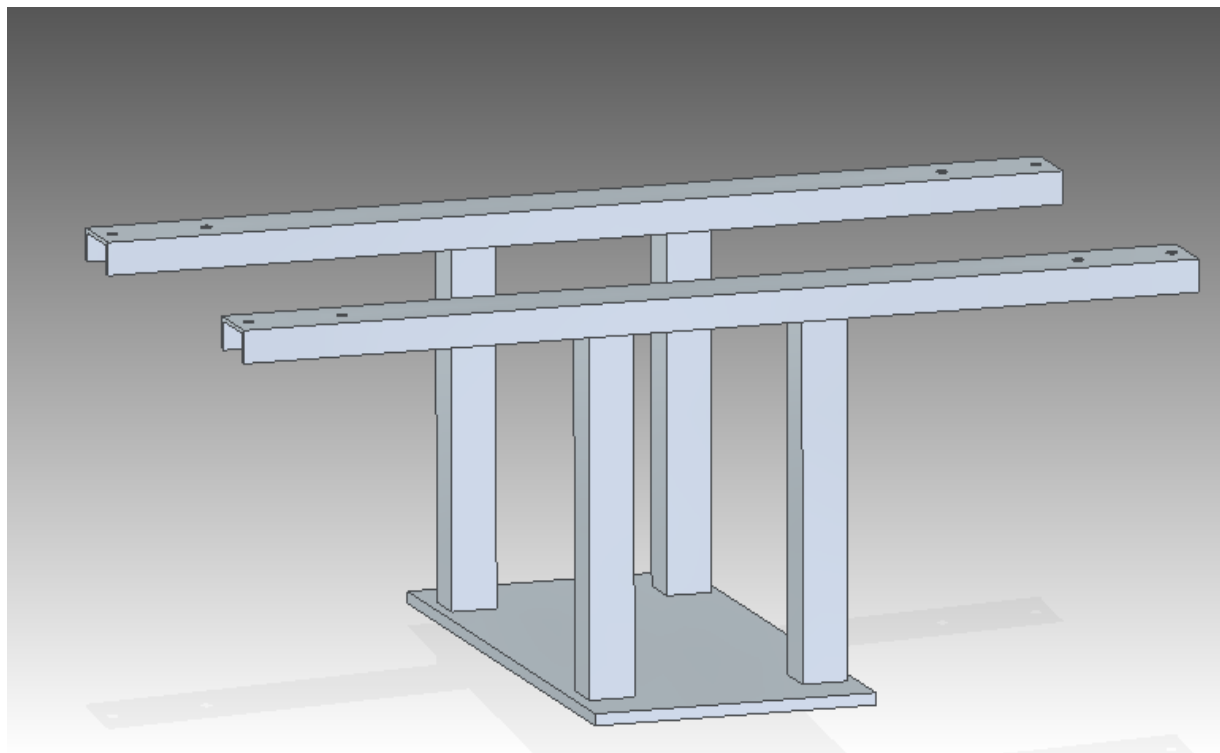
Peab arvestama sellega, et projekteeritavat rakist peab saama kasutada nii käsi- kui ka robotkeevituses.

#### **3.3 Rakise projekteerimine**

Rakise koostamiseks kasutatakse materjali teras S355J2. Rakisel on raam (vt Sele 3.1) ja kaks identset rakise tugiosa, kuhu asetatakse keevitatavad detailid.

Rakise identsed osad paigaldatakse nii-öelda peegelpildis, et koostaja saaks asetada plaate koguaeg ühte moodi, vahet pole kumb pool on tema pool. Samuti kiirendab see protsessi, sest kummassegi otsa saab asetada alusega juba õiged plaadid, et ei peaks koos plaatidega teise otsa

minema. Sellisel juhul igakord kui rakis pöörab koostaja poole, ei ole vahet kumb pool temal on, sest koostamine käib sama moodi.

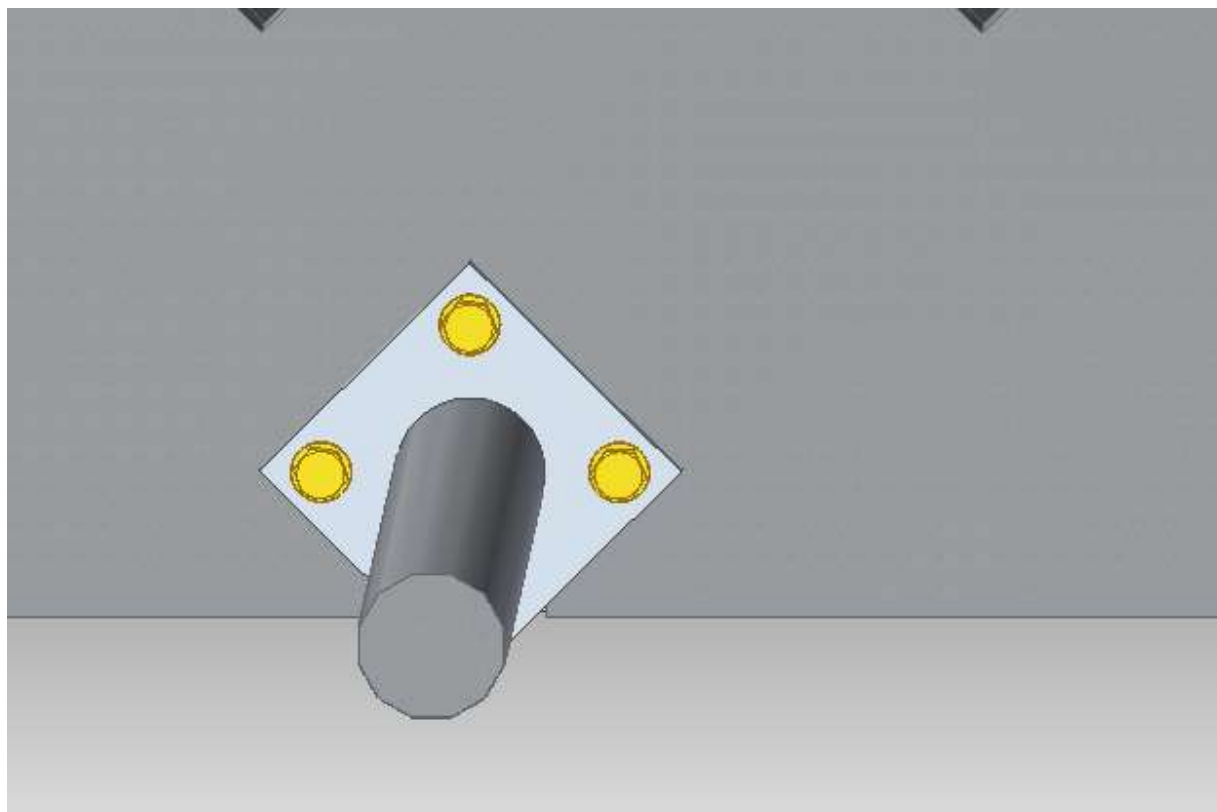


Sele 3.1. Rakise raam

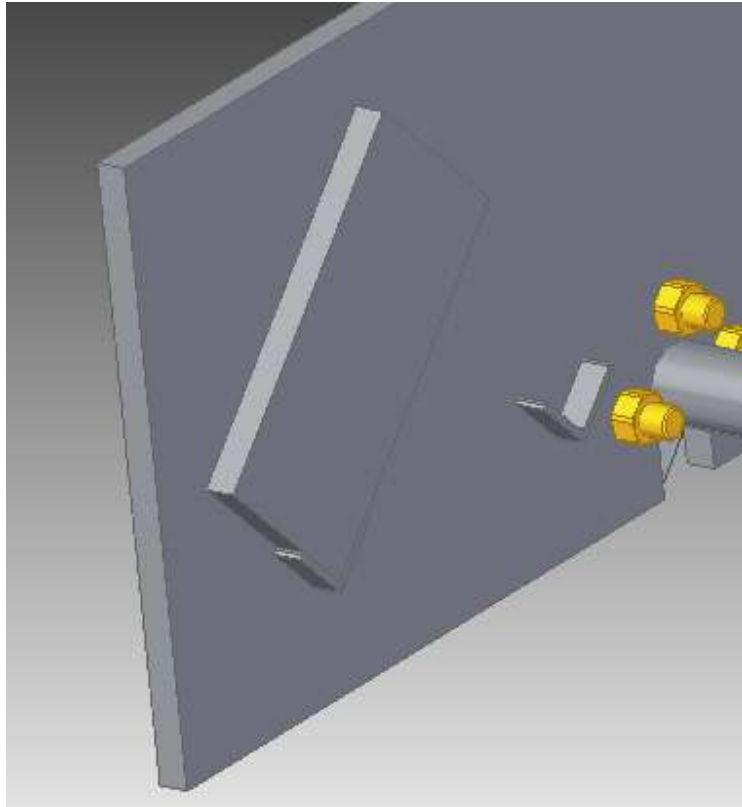
Rakise raam toetub 20 mm paksusele terasplaadile. Plaadile kinnituvad vertikaalselt neli SHS 80x80x8 materjalist posti. Neile toetub horisontaalselt U-profiiltala, milleks on UNP 140 (vt Sele 3.1). See sai valitud seetõttu, et see toetub SHS 80x80x8 torule ja siis on ruumi seda kinni keevitada, samas toetub sellele omakorda laagrid, mida on mugav sellele kinnitada. Laagriks valisin SY 50 TF [1]. Tegemist on iseseaduva rull-laagriga. Laagri valikul arvestati võlli läbimõõtu ja mõjuvaid koormuseid.

Laagritest läheb läbi võll, milleks on ümarteras ( $D=50$  mm). Võlli külge on keevitatud 4 plaati, millel on 3 ava (vt Sele 3.2). Need plaadid on vajalikud selleks, et kui muutub profiil, on võimalik muuta vaheplaate, millele toetuvad keevitatavad postid. Need kinnitatakse plaadi külge poltide abil. Samuti saab nende plaatide abil muuta otsaplaate, millega fikseeritakse keevitatavad

PL250x130x20 plaadid. Plaatide asukohtade fikseerimiseks on otsaplaadile keevitatud iga plaadi jaoks nurkprofiil, L50x50x5. PL250x130x20 toetub nurgaga nurkprofiilile (vt Sele 3.3).



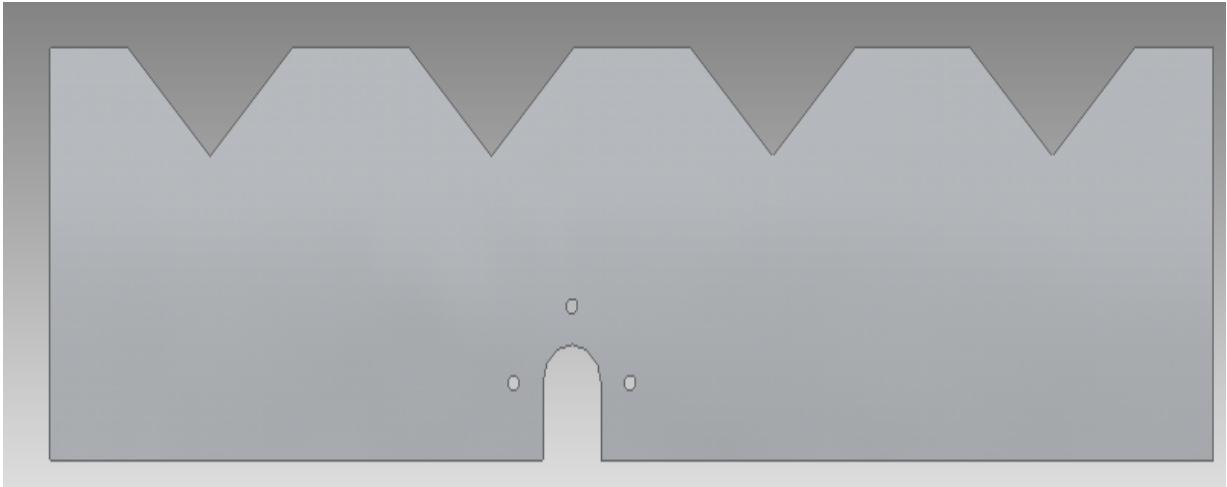
Sele 3.2. Võlli külge keevitatud plaadi abil kinnitatud vaheplaat.



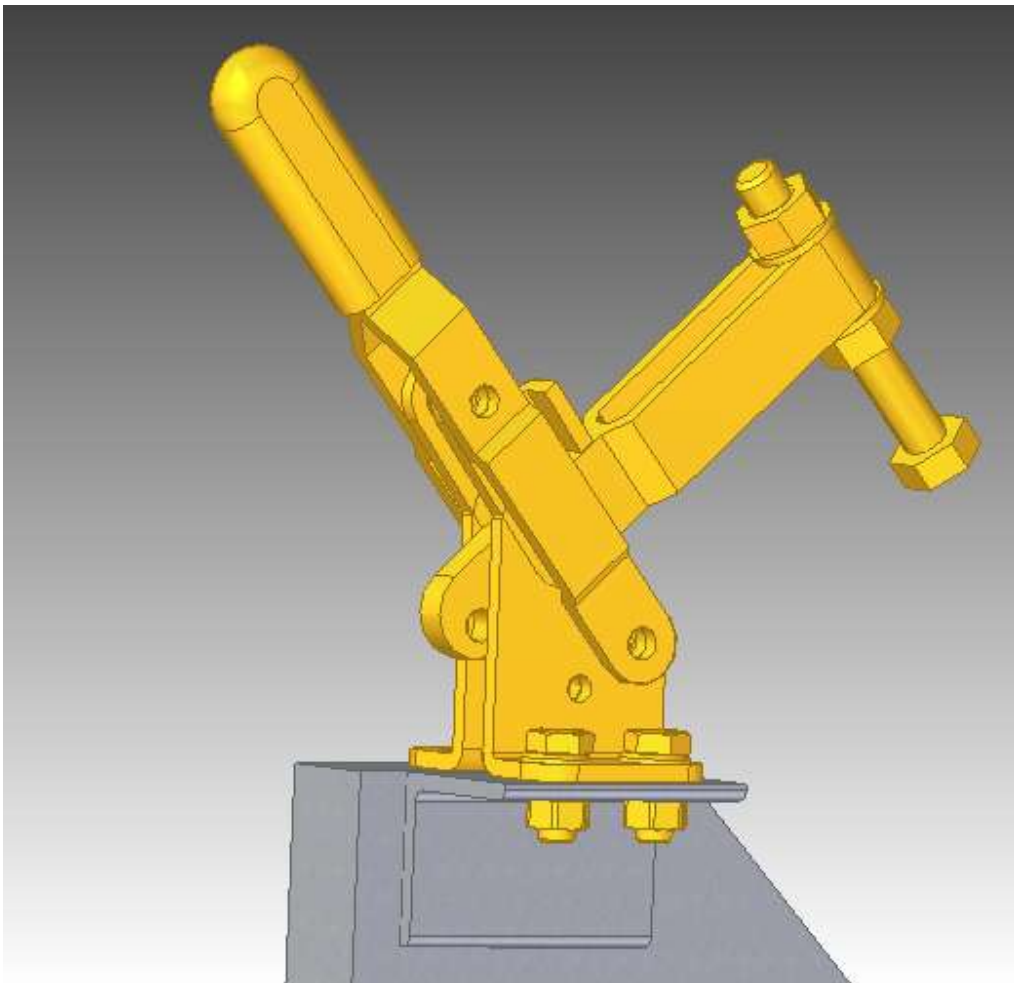
Sele 3.3. Plaadi 250x130x20 asetamine otsaplaadile.

PL110x110x20 plaadi fikseerimiseks on völliile kinnitatud ribateras, mille küljes on omakorda neli hinge. Kaks hinge on kinnitatud otsaplaadi külge. Nende abil saab otsaplaati liigutada postist eemale ja asetada sinna peale PL110x110x20 plaadid, millede asukoha fikseerimiseks on ka sinna keevitatud iga plaadi jaoks nurkprofiil, L50x50x5.

Keevitavad terastorud SHS 100x100x6,3 asetatakse rakisesse völliile kinnitatud plaatide peale (vt Sele 3.4), mis jäävad nurga alla. Seejärel asetatakse keevitatavad plaadid 250x130x20 nurkprofiilile. Seejärel lükatakse torud vastu neid plaate. Kui torud on paigas, kinnitatakse iga toru nelja kiirpitskraviga, mille pidurdamisjõud on 2270 N [2]. Kiirpitskravid kinnitatakse plaatide külge nurkprofiili L 30x30x3 abil (vt Sele 3.5).

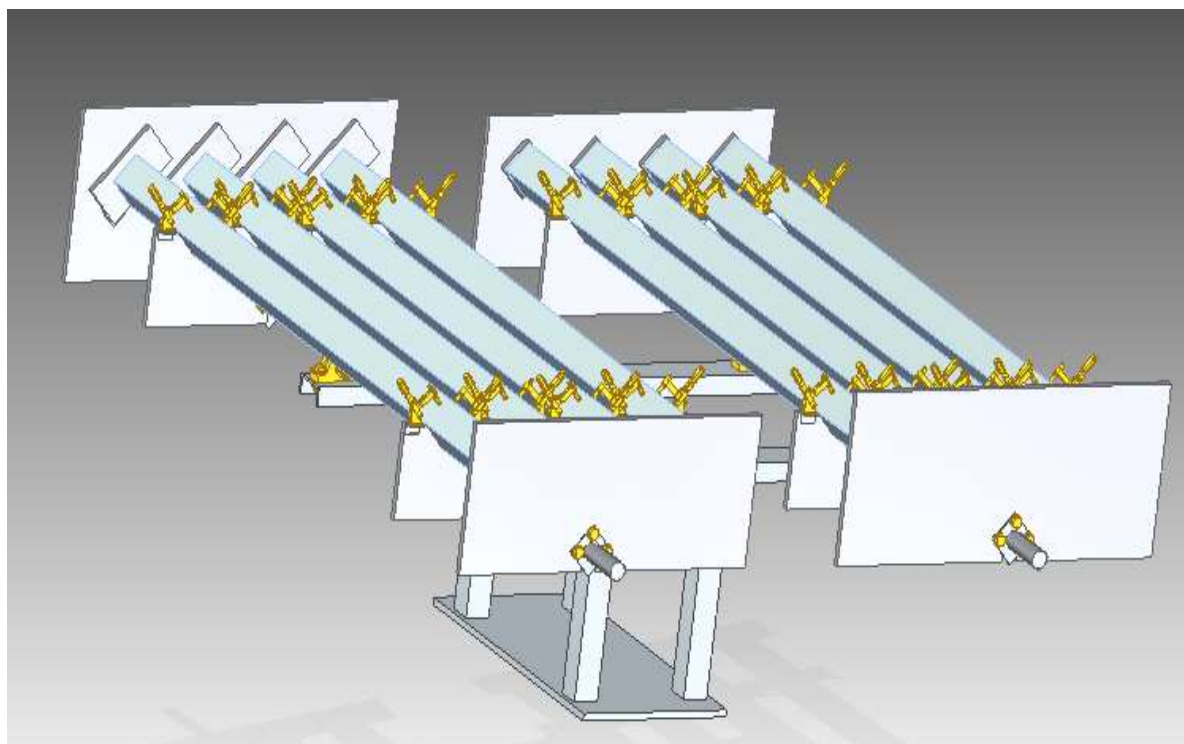


Sele 3.4. Plaadid, millele toetuvad postid.



Sele 3.5. Kiirpitskruvid

Antud rakisega saab keevitada korraga 4 posti, kuid samal ajal kui ühel pool keevitatakse, teisel pool juba võetakse valmistoodang maha, ja pannakse uued detailid peale. Niipea kui keevitamine ühelt pool ja koostamine teisel pool on tehtud, keerab rakis manipulaatori abil 180 kraadi, et toorikuid saaks keevitada ja teisel pool valmis toodang maha võtta (vt Sele 3.6).



Sele 3.6. Kooste- ja keevitusrakis koos toodetega

Kõigepealt keevitatakse mõlemast otsast ära nelja toru kaks külge. Kui need on valmis, keerab rakis elektrimootori abiga ümber võlli 180 kraadi, seejärel saab keevitada ära iga toru kaks teist külge.



#### 4. KEEVITUSPROTSESSI AUTOMATISEERIMINE ROBOTSTUDIOS

Üha enam saadakse tootmise planeerimiseks ja investeerimisotsuste langetamiseks abi erinevatest programmidest ehk kasutatakse niinimetatud virtuaaltootmist.

Virtuaaltootmine (*virtual manufacturing* – VM) hõlmab toote ja selle valmistamise tehnoloogiliste protsesside arvutisimulatsioone. See võimaldab prognoosida võimalikke tootmise ja toote funktsionaalsuse probleeme. Nii saab hoida kokku aega ja finantse – väheneb vajadus mitme füüsilise prototüübi ja nende valmistamiseks vajalike tootmiseseadmete järele. Ka väikesed toote materjali, valmistatavuse, vastupidavuse muudatused mitmekordistuvad tootmisprotsessis ja võimaldavad ka edaspidi toote olulusringi jooksul nii tootjale kui kliendile olulist säästu. [3]

Robotkeevituse simulatsiooniks kasutatakse ABB poolt välja töötatud programmi RobotStudio. RobotStudio on nii-öelda *Offline* programmeerimine, mis on parim viis kuidas maksimeerida investeringute tasuvust robotsüsteemidele. Selle abil saab arvutis programmeerida ilma, et tootmine seisaks. [4]

RobotStudio võimaldab kasutada vahendeid, mille abil saab suurendada robotsüsteemide kasumlikkust, näiteks koolitada, programmeerida ja optimeerida. Selle abil saab vähendada riske, võimaldab teha kiiremaid ümber-lülitusi ja ka suurendada kasumlikkust. Programmiga on võimalik teha väga realistlike simulatsioone, sest on võimalik kasutada tootmises olevaid roboteid ja luua ka identne töökeskkond. [4]

Lõputöö raames on pöörlaud ja robot valitud vastavalt sellele, mis RobotStudios on olemas.

## 4.1 Pöördlaua valik

Pöördlauad jagunevad kaheks, ühed mis liigutavad horisontaalselt, teised vertikaalselt. Antud rakise jaoks on vajalik, et liigutamine toimuks horisontaalselt. Järelikult jäävad valikusse MID erinevad mudelid. Antud rakisele sobib RobotStudio valikust MID 1000, mis talub koormust kuni 3300 kg (Lisa 3). [4]



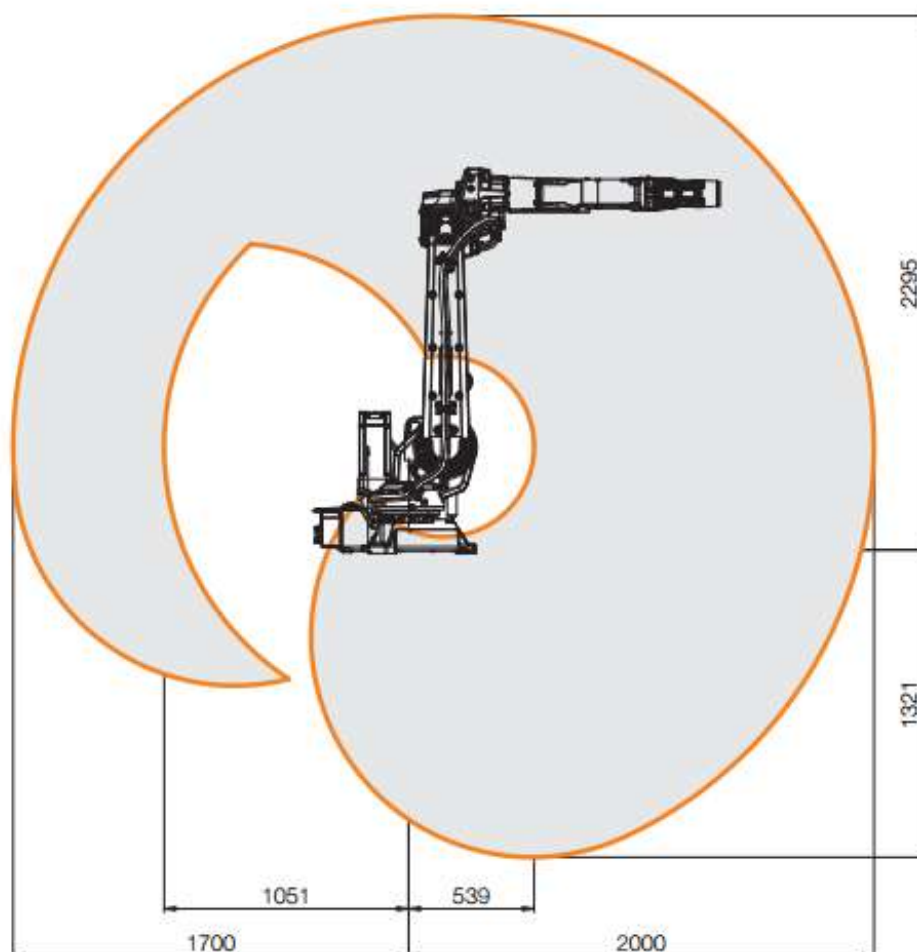
Sele 4.1. MID 1000 [4]

## 4.2 Keevitusroboti valik

Keevitusrobotite valik RobotStudios on väga suur. Valik tuleb langetada vastavalt roboti tööulatusele. Kui arvestada seda, et robot asetseb rakise keskel peab ta mõlemale poole ulatuma minimaalselt 1,5 m.

Robotiks valisin IRB 2600ID-8/2.00, mille tööulatus on näha Selet 4.2 [4].

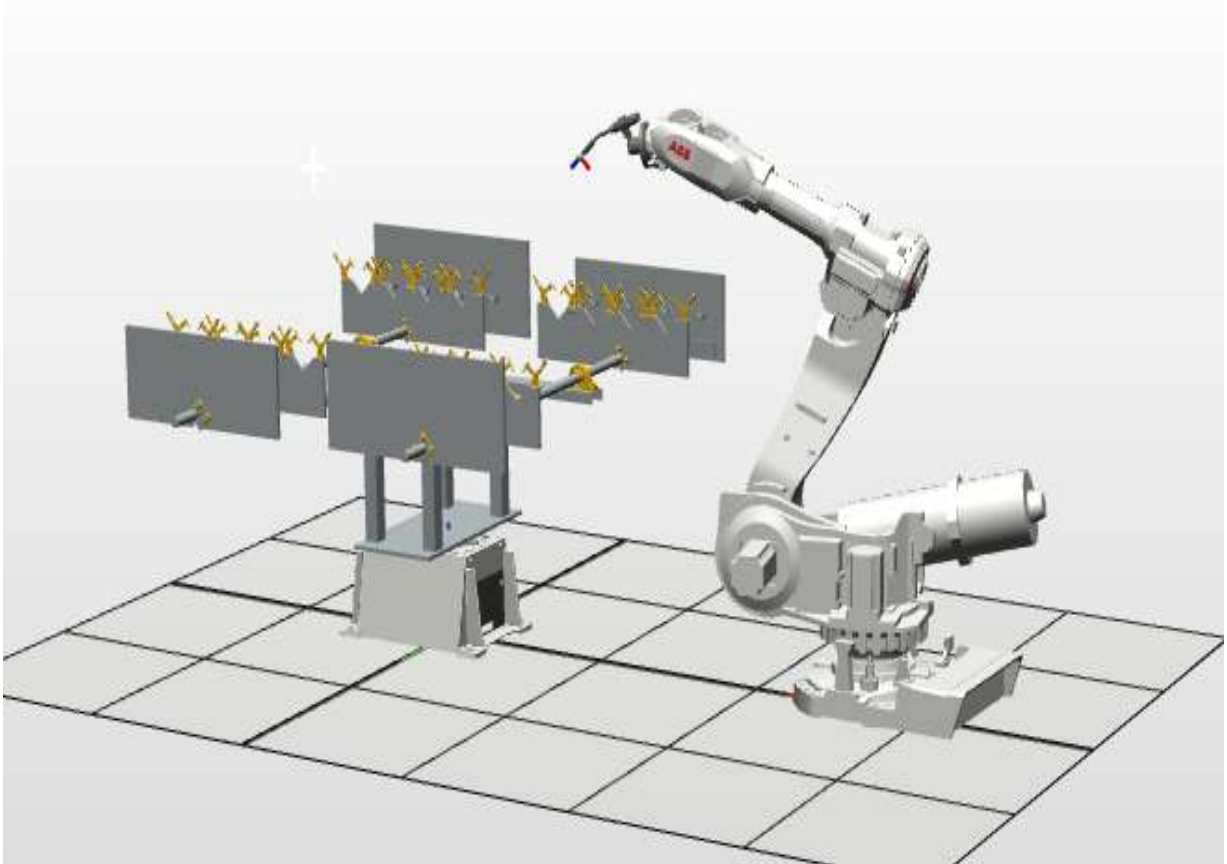
IRB 2600ID-8/2.00



Sele 4.2 Roboti IRB 2600ID-8/200 tööulatus [4]

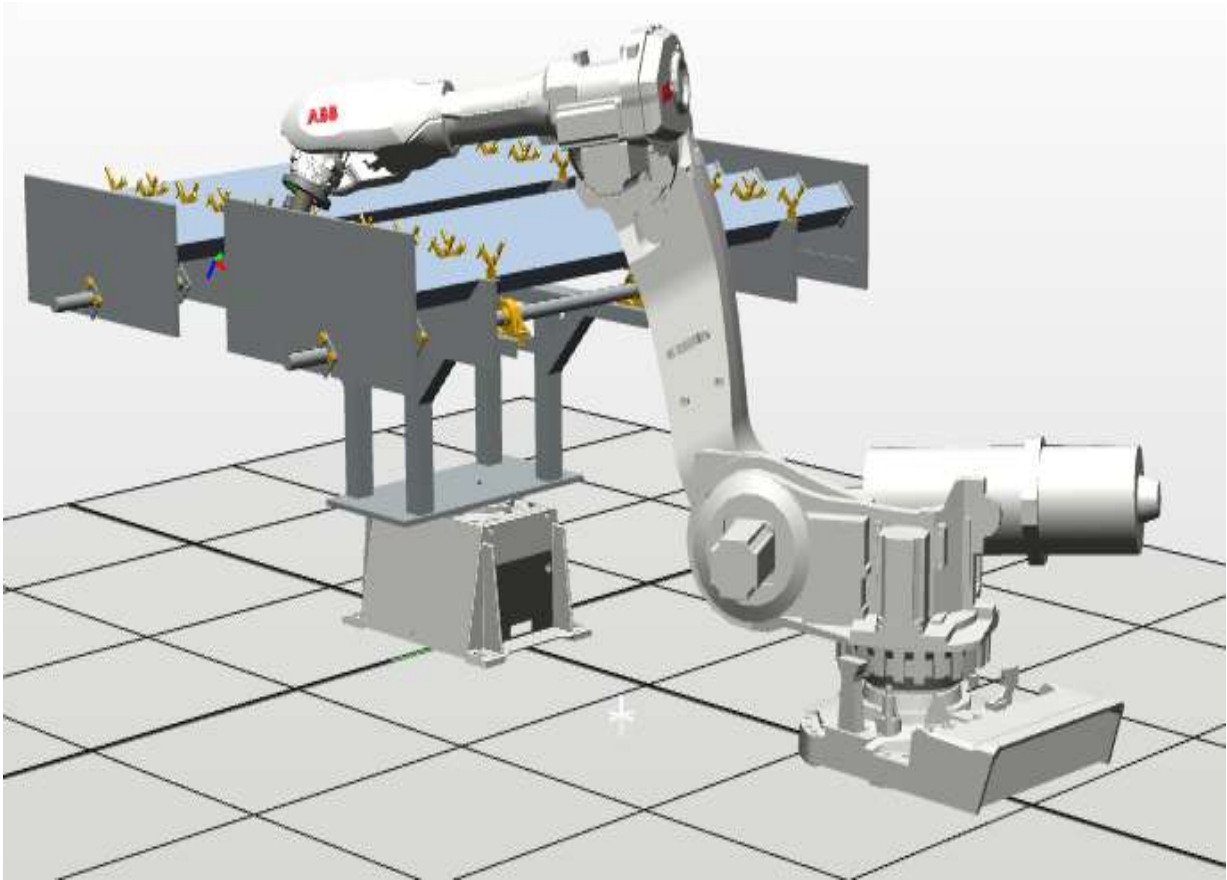
### 4.3 Robotkeevituse simulatsioon

Selel 4.3 on näha, kuidas kooste- ja keevitusrakis on RobotStudio programmis koos pöördlaud-manipulaatori ja keevitusrobotiga. Kahe peegelpildis oleva rakise osa vahele käib keevituskardin, sest kui robot ühel pool keevitab, saab tööline teisel pool 4 valmis toodet maha võtta ja koostada järgmised neli koostu.



Sele 4.3. Rakis RobotStudios

Kui tööline saab toote detailid rakisesse asetatud, pööratakse pöördlaud-manipulaatori abiga rakist 180 kraadi, ehk keevitamiseks valmisolevad koostud jäävad roboti poole. Siis alustab robot keevitamist (vt Sele 4.4). Kõigepealt keevitatakse mõlemast otsast ära iga posti kaks külge. Seejärel keerab rakis ümber võlli 180 kraadi, et robot pääseks paremini ligi ka teisele poole, et saaks ära keevitada ka ülejäänud kaks külge.



Sele 4.4. Robotsüsteem keevitusasendis.

#### **4.4 Postide keevitusprotsesside ajad rakise ja robotiga keevitamisel**

Meil on teada kooste- ja keevitusajad, seda ilma rakise ja robotiga keevitamise korral (vt Tabel 2.1). Käsitsi keevitamisel oli 3 operatsiooni (märkimine, koostamine, keevitamine) ja nende ajale lisandus lisa-aeg, mille all mõeldi aega, mis kulub toru keeramiseks ja toru ühest otsast teise juurde liikumiseks. Keskmiseks ühe posti koostamise- ja keevitusajaks saadi 20 minutit.

Rakisega keevitamise puhul jääb ära märkimise operatsioon, kuna märkimise operatsiooni asemel on otsaplaatide asukoha määramiseks L-profiil.

Koostamise operatsiooniks ei ole enam nurkadest kinni punktimine, vaid selle all mõistetakse nüüd detailide rakisesse asetamist. Pannakse paika otsaplaadid, see järel asetatakse torud, mis kinnitatakse kiirpitskruvidega.

Ja viimaseks etapiks on keevitamine. Kõigepealt keevitatakse 4 toru kaks külge, mõlemast otsast. Seejärel keerab rakis end koos torude ja plaatidega ümber võlli 180 kraadi. Siis saab keevitada 4 toru teised kaks külge. Kuna me ei arvestanud ka enne postide maha tõstmist laualt keevitamise aja sisse, ei tee seda ka nüüd.

Nelja toru koostamiseks kulub peaaegu 7 minutit. Keevitamiseks kulub 4x5 minutit, eeldades, et keevitusaeg ühe toru jaoks oluliselt ei muutu. Lisa-aeg nelja toru kohta on umbes 4 minutit, sest nelja toru pööratakse korraga ja robot liigub ühest toru otsast teise tunduvalt kiiremini kui inimene. Samuti toimub 4 toru keeramine aeglasemalt kui ühe toru.

Tabel 4.1. Nelja toote keevitamise aeg.

	Koostamine min	Keevitamine min	Lisa-aeg min
4 toru keevitamine	7	20	4
		Aeg kokku, min	31

Nelja toru koostamise- ja keevitamiseks kulub 31 minutit. Järelikult 1 toru keevitamiseks kulub aeg  $31/4 = 7,75$  minutit, ehk 7 minutit ja 45 sekundit. Järelikult on ajaline võit  $20 - 7,75 = 12,25$  minutit, mis tähendab, et koos rakise ja robotiga on võimalik kokku hoida üle poole ajast.

Samas peab arvestama ka seda, et kui keevitamise ajal teisel pool juba koostatakse, siis kulub lõppkokkuvõttes ühe posti keevitamiseks veel vähem aega.

## 5. RAKISE TUGEVUSANALÜÜSID

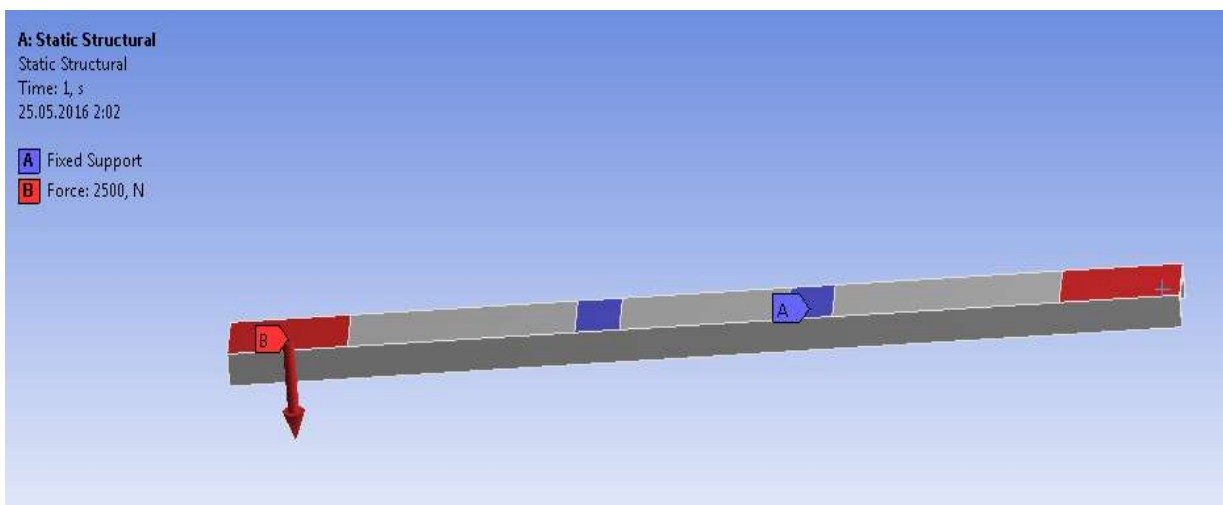
Tugevusanalüüsid teostatakse programmiga Ansys Workbench'ga. Tugevusanalüüsid teostatakse U-profiilile ja völliile.

### 5.1 U-profiili tugevusanalüüs

Esimeseks analüüsitakse U-profiili UNP140. Analüüsitakse kui suured on pinged, mis talle mõjuvad ja kui suured on tekkinud deformatsioonid.

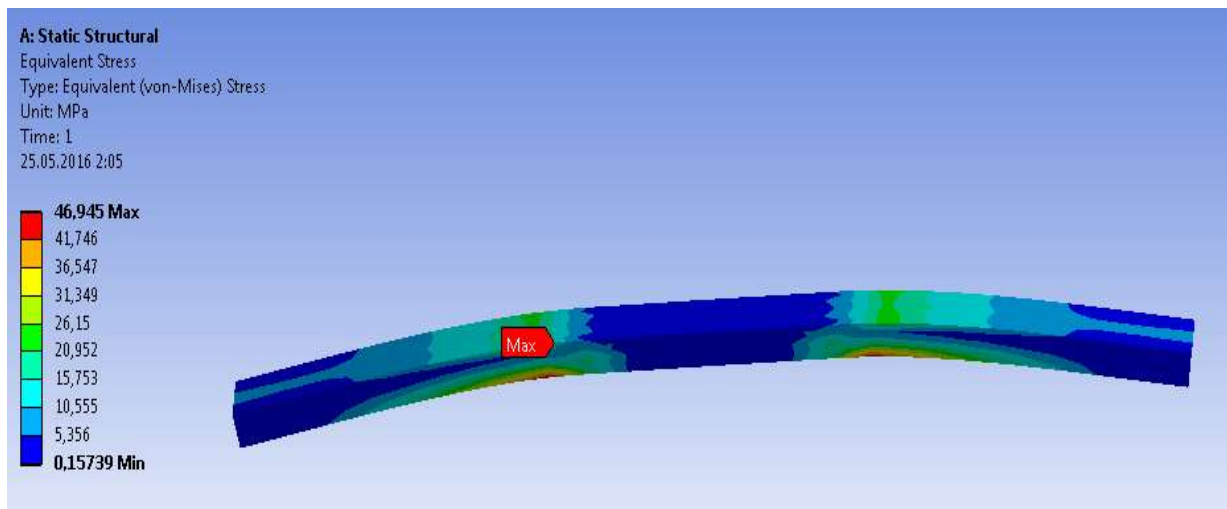
On teada, et ühte UNP140 toetab kahest kohast fikseeritud toed, milleks on SHS 80x80x8. Samuti on teada, et talle toetub mõlemale otsa koos laagriga ½ rakise ja ½ keevitatavate detailide kaalust. Üks rakis koos detailidega kaalub peaaegu 500 kg, ehk 5000 N. Järelikult mõjub kumbagi profiili otsa 2500 N.

Sele 5.1 on näha UNP140 rajatingimused. A-tähega on tähistatud tugede asukohad ja B-tähega mõjuvad jõud.

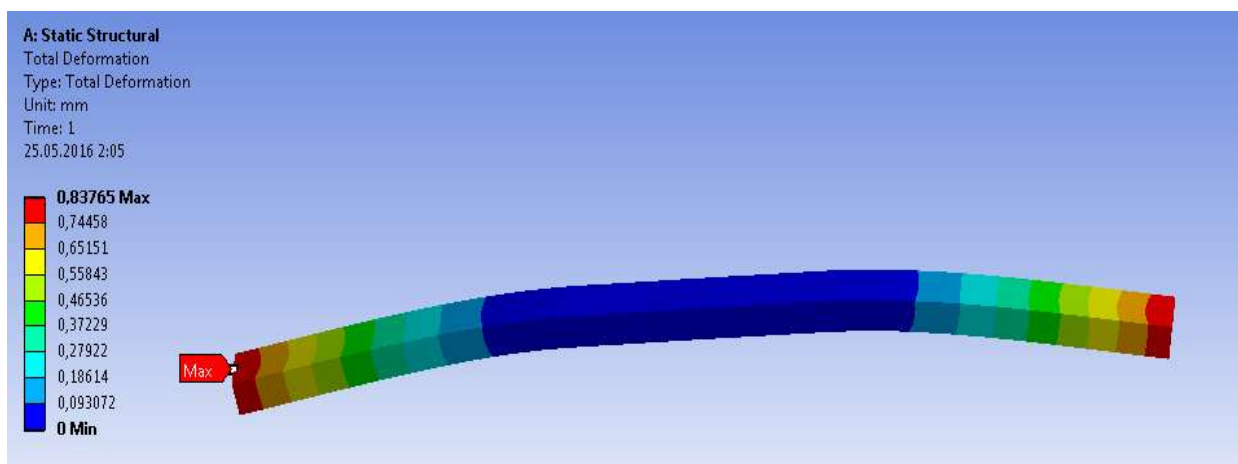


Sele 5.1 UNP 140 rajatingimused.

Maksimaalseks mõjuvaks pingeks on peaaegu 47 MPa (Sele 5.2). Kuna materjali S355J2 voolepiir on 355 MPa [5], siis peab tala vastu ka veel suurema koormuse juures. See on vajalik selleks, et kui muutub profiil, siis võib muutuda kaal ka suuremaks. Maksimaalseks deformatsiooniks on 0,9 mm (vt Sele 5.3).



Sele 5.2 UNP 140 pinge, MPa



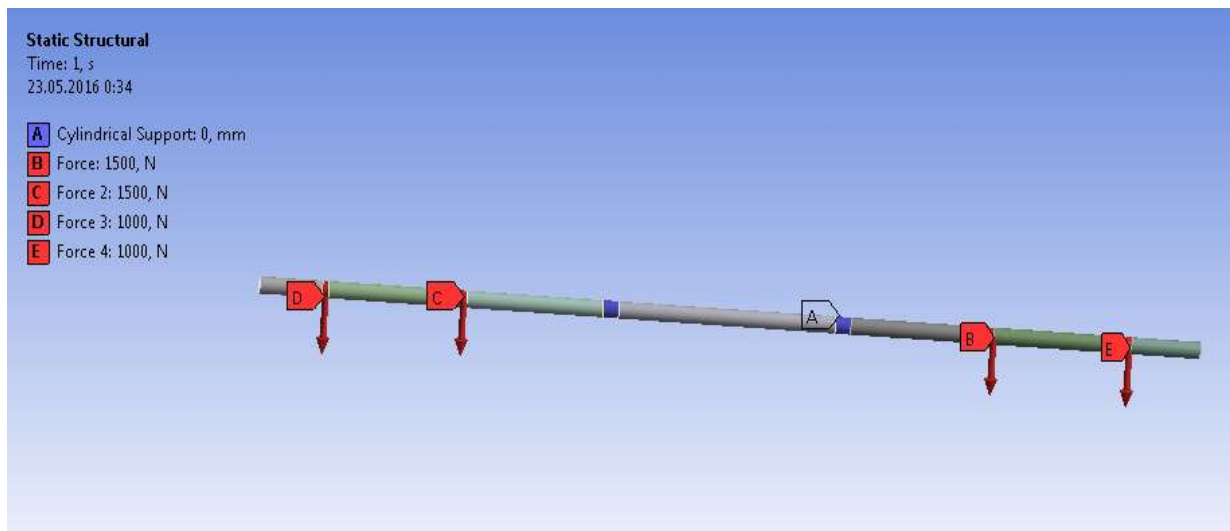
Sele 5.3. UNP 140 deformatsioon, mm

## 5.2 Võlli tugevusanalüüs

Rakises on kaks võlli, kuna rakise pöörlevad osad on identsed, siis piisab kui teha tugevusanalüüs ühele võllile. Analüüsil tuleb arvestada seda, et võllile toetub kogu rakise pöörlev osa ja ka toodetavad neli posti koos oma plaatidega.

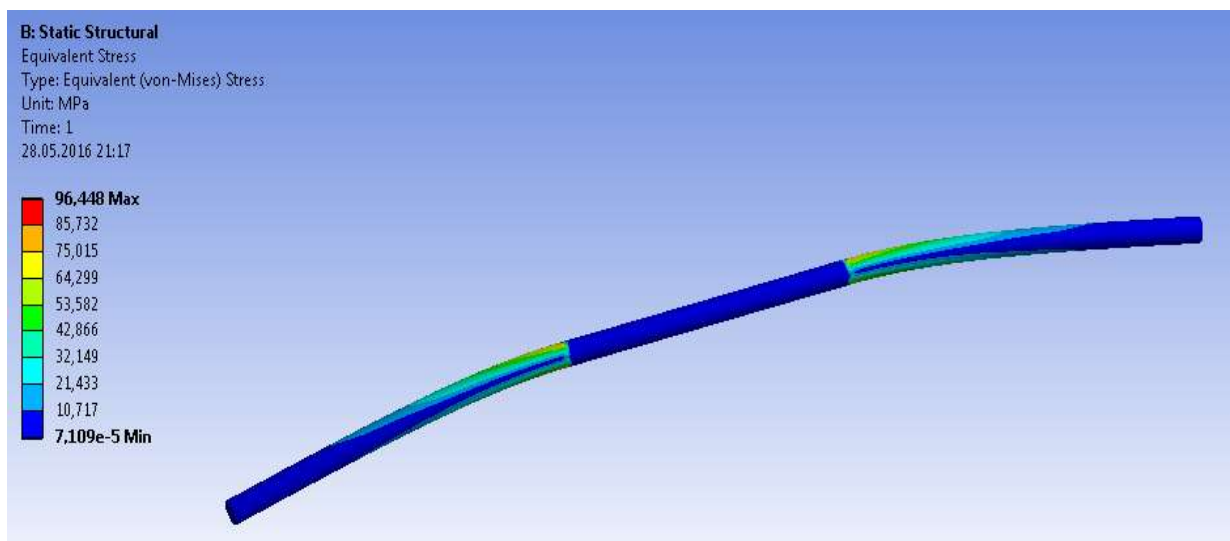
Võlli toetab kaks laagrit, ehk tugevusanalüüsid on kasutatud silindrilist tuge (vt Sele 5.4), mis on rajatingimustes tähistatud tähega A. Rakise kaal jagati ära 4 punkti vahel. Postide tugele mõjub umbes 150 kg, ehk 1500 N ja otsaplaatide juure 100 kg, ehk 1000 N. Kõik tingimused on näha rajatingimustes (vt Sele 5.4).



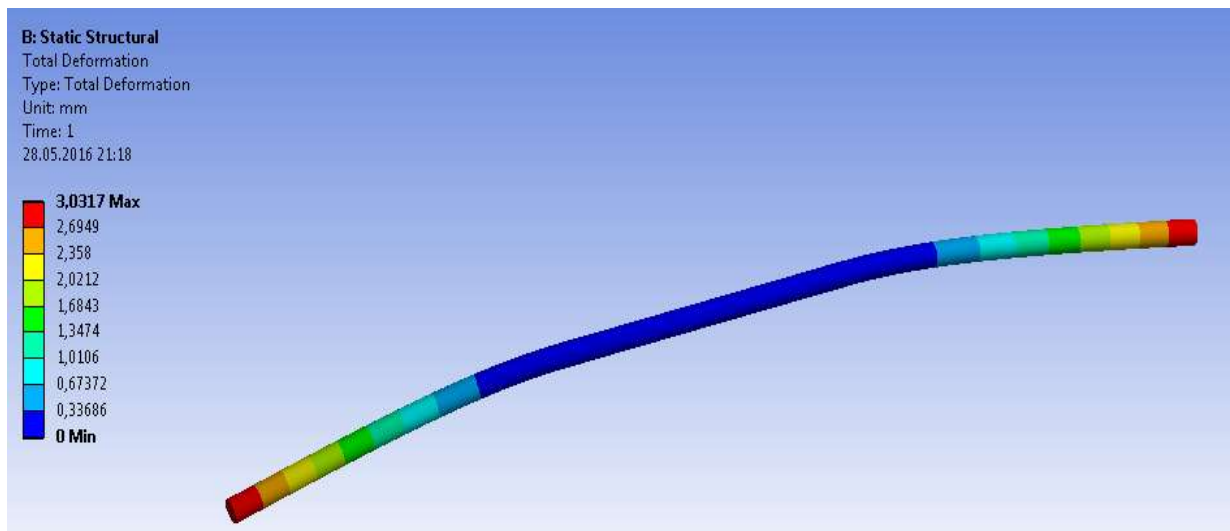


Sele 5.4. Võlli rajatingimused

Maksimaalseks pingeks on peaaegu 97 MPa (Sele 5.5), kuna S355J2 voolepiir on 355 MPa [5], siis peab tala vastu ka suurema koormuse korral. Maksimaalseks deformatsiooniks on 3 mm (Sele 5.6).



Sele 5.5. Võlli pinge, MPa



Sele 5.6. Võlli deformatsioon, mm

## 6. KOOSTE-JA KEEVITUSRAKISE MAKSUMUS

### 6.1 Materjali kulu

Materjali kulu saamiseks tuleb teha materjalide kokkuvõte. Raami valmistamiseks läheb vaja U-profiili UNP 140 pikkusega 3,4 m. Nelikanttoru läheb vaja, et toetada UNP 140 profiili, seda läheb vaja 3,2 m.

Selleks, et teha otsaplaadid ja vaheplaadid postide alla, kasutatakse terasleht  $t=20$ . Sama materjali kasutatakse ka raami aluseks. Kokku läheb terasleht  $t=20$  vaja ligikaudu  $4 \text{ m}^2$ . Selleks et paigaldada otsaplaate ja vaheplaate, on vaja detaile, mis on valmistatud terasleht  $t=8$ -st. Seda materjali läheb vaja  $0,1 \text{ m}^2$ .

Plaatide asukoha fikseerimiseks otsaplaadil läheb vaja  $0,4 \text{ m}$  nurkprofiili L 50x50x3. Kiirpitskrude kinnitamiseks on vaja nurkprofiili L 30x30x3  $1,6 \text{ m}$ .

Selleks, et arvutada välja kui palju maksab kogu materjal, peab kõigepealt välja arvutama lisaks pikkustele ja pindaladele ka materjali massid, sest materjali ostetakse massi järgi. Tabelis 6.1 on toodud materjali pikkused ja pindalad, nende teoreetilised kaalud ja arvutatud massid. Profiilide teoreetilised kaalud on võetud Ruukki terastoodete laoprogrammist [6]. Tabelis 6.2 on materjali hinna arvutused, kus hinnad on pärit ettevõttest.

Tabel 6.1. Materjali masside arvutused.

Profiil	Materjali mark	Kogu pikkus/pindala [m/m <sup>2</sup> ]	Teoreetiline mass [Kg m/m <sup>2</sup> ]	Kogu mass [Kg]
UNP 140	S355J2	3,4	16	54,4
Nelikanttoru 80x80x8	S355J2	3,2	17,7	56,6
L 30x30x3	S355J2	1,6	1,4	2,3
L 50x50x5	S355J2	0,4	3,8	1,5
Ümarteras D=50	S355J2	6	15,4	92,4
Terasplaat t=8	S355J2	0,1	63	6,3
Terasplaat t=20	S355J2	4	157	628
Kokku, kg				842

Tabel 6.1. Materjali kulu

Profiil	Materjali mark	Materjali kogus [kg]	Materjali hind [EUR/kg]	Materjali maksumus [EUR]
UNP 120	S355J2	45,6	0,65	30
Nelikanttoru 80x80x8	S355J2	56,6	0,55	31
L 30x30x3	S355J2	2,3	0,5	1,2
L 50x50x5	S355J2	1,5	0,5	0,8
Ümarteras D=50	S355J2	92,4	0,65	60,1
Terasplaat t=8	S355J2	6,3	0,54	3,4
Terasplaat t=20	S355J2	628	0,54	340
			Kokku, EUR	467

## 6.2 Ostutooded

Ostutooded, nende vajalik kogus ja nende hinnad on välja toodud tabelis 6.2.

Tabel 6.2. Ostutooded

Toote nimetus	Kogus [tk]	Hind [EUR/tk]	Hind kokku [EUR]
Polt ISO 4017 - M20X55 - 8.8	8	0,9	7,2
Mutter ISO 4032 - M20 - 8	8	0,3	2,4
Seib ISO 7090 – 20 – 200HV	8	0,1	0,8
Polt ISO 4017 – M10X60 - 8.8	24	0,9	21,6
Mutter ISO 4032 – M10 - 8	24	0,3	7,2
Seib ISO 7090 – 10 – 200HV	24	0,1	2,4
Polt ISO 4017 – M6X20 - 8.8	128	0,04	5,1
Mutter ISO 4032 – M6 - 8	64	0,02	1,3
Seib ISO 7090 – 6 – 200HV	64	0,05	3,2
Kiirpitskruvi	32	16,54	529,3
SY 50 TF	4	52,93	211,7
		Kokku, EUR	792

### 6.3 Tootmiskulu

Ettevõttes arvestatakse, et tootmiskulu tunnis on 35EUR, millesse lisaks tööliste palgale kuuluvad ka muud tekkivad kulud, kui tööline töötab. Antud rakise tootmiseks on vaja, et tööd teeks ettevalmistusosakond ja keevitusosakond.

Ettevalmistusosakonna tööks on detailid välja lõigata ja vajadusel teha ka faasid.

Keevitusosakonna ülesandeks lisaks keevitamisele on ka toode eelnevalt koostada ja nagu ka rakise puhul vajalik, teha ka pärast keevitust lõplik koostamine, milleks on näiteks poltide ja mutrite panek.

Ettevalmistusosakond toodab keskmiselt 60 kg/h ja keevitusosakond 35 kg/h. On teada, et materjali kulub 842 kg, siis saab olemasolevate andmete põhjal välja arvutada tootmiskulu. Arvutustulemused on tabelis 6.3.

Tabel 6.3. Tootmiskulu

	Materjali kogus [kg]	Tootlikkus [kg/h]	Tootmiseks kuluv aeg [h]	Tootmiskulu [EUR/h]	Maksumus [EUR]
Ettevalmistusosakond	842	60	14	35	490
Keevitusosakond	842	35	24	35	840
				Kokku, EUR	1330

Rakise tootmiseks peab ettevalmistusosakond tööd tegema 14 h, mis läheb ettevõttele maksma 490 EUR. Keevitusosakond peab tegema tööd orienteeruvalt 24 h, mis läheb ettevõttele maksma 840 EUR. Kokku on rakise tootmiskulu 1330 EUR.

### 6.4 Rakise omahind

Rakise oma hinna kujundavad materjali maksumus, ostutooted ja tootmiskulu. Vajalikud komponendid on eelnevalt välja arvutatud. Rakise omahinna kujundavad väärtused ja lõplik omahind on tabelis 6.4.

Tabel 6.4. Rakise omahind

	Maksumus, [EUR]
Materjali kulu	467
Ostutooted	792
Tootmiskulu	1330
Kokku, EUR	2590

Rakise omahinnaks kujunes 2590 EUR.

## 7. TASUVUSANALÜÜS

Ühe toote keevitamiseks ilma rakiseta kulub 20 minutit. Sinna aja sisse mahub nii posti asukoha märkimine, koostamine, keevitamine ja lisa-aeg.

Arvutuste aluseks võetakse, et aastas tellitakse antud tooteid 1 500 tk. Samuti arvutatakse, et keevituse töö maksab 35EUR/h.

### 7.1 Keevitamine rakise ja keevitusrobotiga

Koos rakise ja robotiga kulub ühe detaili valmistamiseks 7 minutit ja 45 sekundit. See tähendab seda, et kokku hoitakse iga toote keevitamisega 12 minutit ja 15 sekundit, ehk 0,2 h.

Kui toodetakse aastas 1000 posti, siis aastane kokkuhoitud aeg on

Kokkuhoitud aeg aastas,  $h = 1$  toote kokkuhoitud aeg,  $h \times$  toodetavad postid, tk (7.1)

Kokkuhoitud aeg aastas =  $0,2 \text{ h} \times 1000 = 200 \text{ h}$

Rakise omahind on 2590 ja kui arvestada siia juurde veel ka roboti ja manipulaatori siis tuleb rakise ja keevitusrobotiga keevitamise investeeringule veel juurde lisada 25 000 EUR. Ehk kogu investeering:

Investeering, EUR = rakise omahind, EUR + roboti ja manipulaatori hind, EUR (7.2)

Investeering =  $2590 + 25\,000 = 27\,590 \text{ EUR}$

Kui arvestada, et iga keevitustsehhi tund maksab 35 EUR, siis tuhande posti keevitamisel hoitakse raha kokku:

Kokkuhoitud raha aastas, EUR = kokkuhoitud aeg aastas,  $h \times$  keevitustsehhi tund, h (7.3)

Kokkuhoitud raha aastas =  $200 \text{ h} \times 35 \text{ EUR} = 7000 \text{ EUR}$

Kui arvestada seda, et iga aasta keevitatakse 1000 posti, ja sellega hoitakse kokku 7000 EUR, siis tasub rakise ennast ära:

Tasuvusaeg = investeering / kokkuhoitud raha aastas (7.4)

$$\text{Tasuvusaeg} = 27590 / 7000 = 3,9 \text{ a} \approx 4\text{a}$$

Üldjuhul peetakse nii-öelda heaks tavaks, kui investeering tasub ennast ära 5 aastaga. Praegused arvutused näitasid, et investeering tasuks ennast ära neljanda aasta lõpuks. Järelikult oleks otstarbekas investeerida nii rakise tootmisse ja ka roboti ostmisse.



## KOKKUVÕTE

Antud lõputöö eesmärk oli arendada keevitusprotsessi ettevõttes Maru Metall AS. Hetkel on ettevõttes kasutusel käsikeevitus ja tootmine on üldjoontes projektipõhine, ehk sarnased tooteid ei ole suurtes kogustes. Seetõttu pole ka tootmises eriti rakiseid kasutusel, kuid ühe tellija poolt on tootmises ka standard postid, mille kogused on korraga üle 100 tk. Tellimustes on küll erinevaid profiile, kuid pikkused on samad. Ettevõtte sooviks oli, et projekteeritaks kooste- ja keevitusrakis SHS 100x100x6,3 torudele, sest nende kogused on kõige suuremad. Kuid projekteerimisel arvestati, et ettevõttel võib tekkida vajadus siiski ka teise profiiliga postide keevitamiseks vajaliku rakise järgi. Keevitatavale tootele on vaja toru mõlemasse otsa keevitada teraslehest  $t=20$  plaadid.

Selleks, et kindlaks teha millist rakist on vaja, analüüsiti keevitatavat toodet. Tehti kindlaks, et tema tootmiseks on kolm põhilist protsessi: märkimine, koostamine ja keevitamine. Võeti aega 5 posti keevitamisel ja saadi, et ühe posti keevitamine võtab keskmiselt aega 20 minutit. Toote analüüsi ja vajalike protsesside abil määrati rakise projekteerimiseks esitatavad nõuded.

Järgmiseks projekteeriti kooste- ja keevitusrakis, mille abil on võimalik keevitada korraga vähemalt 4 toodet, ja järgmist nelja saab ka samal ajal juba koostada. Teostati ka RobotStudio programmiga keevituse simulatsioon, teada saamiseks, kui palju aega võidakas kui kasutaks lisaks rakisele ka keeviturobotit. Lisaks keevitusrobotile, mille tööulatus on 2 m, valiti ka vajalik manipulaator, mis talub maksimaalselt 3300 kg, mis sobib meie tingimustega.

Selleks, et kontrollida rakise vastupidavust, teostati ka tugevusanalüüs osadele rakise detailidele. Tugevusanalüüsi teostamiseks kasutati inseneriarvutusprogrammi Ansys Workbench. Valitud detailideks olid U-profiil ja võll. U-profiil toetub kahele SHS 80x80x8 postile ja talle toetub mõlemasse otsa võll koos rakise pöörleva osa ja keevitatavate toodetega. Võllile toetub rakise pöörlev osa ja keevitatavad tooted. Analüüsiti mõjuvaid pingeid ja tekkivaid deformatsioone. Analüüsid näitasid, et detailid peavad antud koormustele vastu.

Rakise omahinna arvutamiseks tehti kõigepealt materjalide kokkuvõte, mille abil arvatati kui palju läheb rakise tootmiseks vajalik materjal maksma. Materjali hinnaks kujunes 467 EUR. Seejärel võeti kokku vajalikud ostutooted, nende hinnaks saadi 792 EUR, millest enamiku moodustasid postide kinnitamiseks valitud kiirpitskruvid, mida on vaja 32 tk. Kui materjalid ja

ostutooted arvutatud, arvutati ka kui palju läheb maksma selle rakise tootmiskulu ehk detailide lõikus ettevalmistusosakonnas ja koostamine ning keevitamine keevitusosakonnas. Selleks arvutati vastavalt osakondade tootlikkusele, tootmiskulule ja materjali kogusele rakise tootmiskulu, milleks kujunes 1320 EUR.

Rakise omahinna arvutamiseks võeti kokku vajalik materjali hulk, ostetavad tooted ja tootmiskulu. Rakise omahind ettevõttele on 2590 EUR koos keevitusroboti ja manipulaatori ostuga oleks kogu investeering umbes 27 590 EUR. Kui aastas toodetakse 1 000 posti, hoitakse iga aasta raha kokku 7000 EUR. See tähendab seda, et rakis ja keevitusrobot, on ennast tagasi teeninud neljanda aasta lõpuks.

Lõputöö alustamisel püstitatud ülesanded said lahendatud.

## SUMMARY

The aim of this thesis was to develop a welding process in Maru Metall Ltd. Maru Metall Ltd a company that specializes to the design and production of steel structures, it was founded in 1996. The production can be divided into three parts: structural elements, mechanical structures and container solutions and camps. Most of the production are project-based constructional elements.

Because of project-based production there is not used many welding jigs, but one customer needs standard posts more than 100 pcs in one order. Standard posts contain SHS 100x100x6,3 pipe and two plates from steel sheet  $t=20$ . That customer orders different profiles, but the lengths are the same. The company wanted the welding jig for SHS 100x100x6,3 pipes, because their amount is highest, usually over 100 pcs. The welding jig was designed so that it can be used also with different profiles. There are parts that can change according to the profile.

To produce those standard posts, there are three main processes: marking, assembling and welding. In thesis was analysed the manufacturing times of posts, and the average time was 20 minutes. After the product analysis were determined conditions for welding jig design.

The next stage was to design assembly and welding jig, which can be used to manufacture 4 standard posts at the same time. Also was carried out the welding simulation with the program RobotStudio, to find out how long takes the welding process, when use the welding robot and the jig. In addition to welding robot was also selected rotation table - manipulator.

To control the jig resistance, the analysis was performed for details. For analyse was used Ansys Workbench program. Especially were analysed U-profile and shaft, the impact of tensions and caused deformities. The results showed that U-profile and shaft withstand the loads.

To calculate the total cost of welding jig, the first step was to make a material analysis of which steel material to use. Material price was 467 EUR. Then was necessary to calculate purchase products, the price was 792 EUR; most of these were clamps which required 32 pcs. When purchasing of materials and products was calculated, it was important to know a lot of it goes to pay for the cost of production. To cut the details and welding and assembling the jig the cost was 1320 EUR. Total price of welding jig was 2 590 EUR.

The total price of welding jig was 2 590 EUR, and if to add the price of welding robot and manipulator, the total investment is 27 590 EUR.

In one year the customer order 1 000 post, the total saving in the year is 7 000 EUR, when used welding jig and robot. It means that the investment is recouped the end of the 4th year.

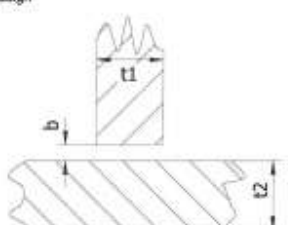
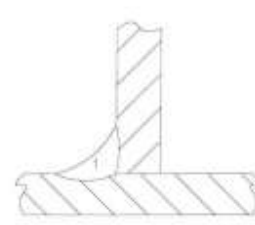
All the set tasks were solved.

## VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Rootsi kuullaagrivabriku kodulehekülg [WWW]  
[www.skf.com](http://www.skf.com) (02.05.2016)
- [2] Würth AS, tootekataloog  
<http://wurth.ee/kataloog/index.html>
- [3] Karjust, K.; Kers, J.; Kiolein, I.; Kokla, M.; Küttner, R.; Lavin, J.; Lavrentjev, J.; Lumiste, R.; Lõun, K.; Mõtus, L.; Naams, I.; Otto, T.; Pohlak, M.; Raba, K.; Riives, J.; Reedik, V.; Roosimõlder, L.; Saks, A.; Talkop, A.; Tähemaa, T. ... Veinthal, R. (2011). Uuenduslik tootmine : käsiraamat. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus.
- [4] ABB AS [WWW]  
<http://new.abb.com> (07.05.2016)
- [5] Mehaanikainseneri käsiraamat. Teine, täiendatud ja parandatud trükk. Tallinn, TTÜ kirjastus, 2013
- [6] Ruukki terastoodete laoprogramm 2012 [WWW]  
<http://www1.ruukki.ee/~media/Estonia/Files/Steel-products/Ruukki-terastoodete-laoprogramm.ashx> (14.05.2016)
- [7] Kulu, P.; Kübarsepp, J.; Laansoo, A.; Veinthal, R. (2015). Materjalitehnika : õpik kõrgkoolidele. I, Tehnomaterjalid. Tallinn: TTÜ kirjastus.
- [8] Kulu, P.; Kübarsepp, J.; Laansoo, A.; Veinthal, R. (2015). Materjalitehnika : õpik kõrgkoolidele. II, Konstruktsioonimaterjalide tehnologia. Tallinn: TTÜ kirjastus.
- [9] Kübarsepp, J.; Kulu, P.; Laansoo, A.; Karjust, K.; Saarna, M. (2013). Materjalitehnika seletav sõnaraamat. Eesti - inglise - vene. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus.

# LISAD

## LISA 1. WPS 135FW 6-8+15-20

AS MARU METALL Kesk tee 10, Ardu, Kose vald Harjumaa ESTONIA	<b>WPS</b>		WPS no. <span style="float: right;">Rev.</span>						
	135FW 6-8+15-20		MM135FW6-8+15-20 a4						
Location: WPQR no.: SLV-18069.02-EST-MARU Welder qualification: EN ISO 9608-1 Welding process: 135-(MAG) Joint type: fillet weld Customer: Order no.: Drawing no.: Part no.:		Examiner or test centre: U.Tümpu Method of preparation and cleaning: Grinding Processing the root weld: none Parent material specification: 1) S355J2H 2) S355J2 Material thickness: 6,3 & 20 mm Outside diameter: Welding position: PB		Group no ISO 15608: 1.2 1.2					
Dimensions: t1= 6-8 mm t2 = 15-20 mm b = 0-1 mm a = 4 mm	 <p style="text-align: center;">(hsk - welding solutions)</p>		 <p style="text-align: center;">(hsk - welding solutions)</p>						
Remark:									
Welding details									
	Welding pass	Process	Ø weld filler [mm]	Current	Voltage [V]	Current / Polarity	Wire feed rate	Travel speed [cm/min]	Heat input [kJ/mm]
A)	1	135	1,2	160 - 200 A	20 -24	= / +	6,1 - 8,2 m/min	30 - 40	0,384 - 0,768
Welding filler / welding flux					Special regulations for drying				
	Designation		Brand name		Manufacturer		Time [h]	Temperature [°C]	
A)	EN ISO 14341-A - G 42 3 M G3Si1 / G 38 2 C G3Si1		OK Autrod 12.51		ESAB				
Shielding gas					Flow rate [l/min]		Pre purge time [s]	Post purge time [s]	
	Type		Brand name		Manufacturer				
A)	Welding: M21-ArC-18				AGA		14-16		
Further information					Weaving:		stringer or weave bead		
	Parameter / Value		Preheat temperature [°C]:		Interpass temperature [°C]:		none		
A)	Material transfer: spray arc Distance contact tube: 12								
Date / prepared: 10.11.2015 U.Tümpu		Date / checked:		Date / released: 10.11.2015 U.Tümpu					
Signature		Signature		Signature					



# LISA 2. MANIPULAATORITE DATA SHEET[4]

## Gear Units

Specification					
Version	Weight (kg)	Max. handling capacity (kg)	Max. continuous torque (Nm)	Max. bending moment (Nm)	Protection
MTD 250	70	300	350	650	IP 65
MTD 500	180	600	650	3 300	IP 65
MTD 750	180	1 000	900	5 000	IP 65
MTD 2000	340	2 000	3 800	15 000	IP 65
MTD 5000	770	5 000	9 000	60 000	IP 65
MID 500	170	1 300	1 400	5 000	IP 42
MID 1000	395	3 300	3 800	15 000	IP 42



# LISA 3. ROBOTI IRB6650S DATA SHEET[4]

## IRB 2600ID

### Main applications

Machine tending, material handling, arc welding

### Specification

Variants:	Reach	Payload	Armload
IRB 2600ID-15/1.85	1.85 m	15 kg	10 kg
IRB 2600ID-8/2.00	2.00 m	8 kg	15 kg

Number of axes	6
Protection	Standard IP67 for base and lower arm. IP54 for upper arm.
Mounting	Floor, wall, shelf, tilted, inverted
IRC5 controller variants	Single cabinet, Dual cabinet

### Physical

Dimensions robot base	676 x 511 mm
Robot height:	1600 mm
Robot weight	273 to 276 kg

### Performance (according to ISO 9283)

Position repeatability (RP)	0.023 + 0.026 mm
Path repeatability (RT)	0.27 + 0.30 mm

### Movement

Axis movements	Working range	Maximum speed
Axis 1	+180° to -180°	175°/s
Axis 2	+155° to -95°	175°/s
Axis 3	+75° to -180°	175°/s
Axis 4	+175° to -175°	380°/s
Axis 5	+120° to -120°	380°/s
Axis 6	+400° to -400°	500°/s

### Electrical connections

Supply voltage	200-600 V, 50-60 Hz
----------------	---------------------

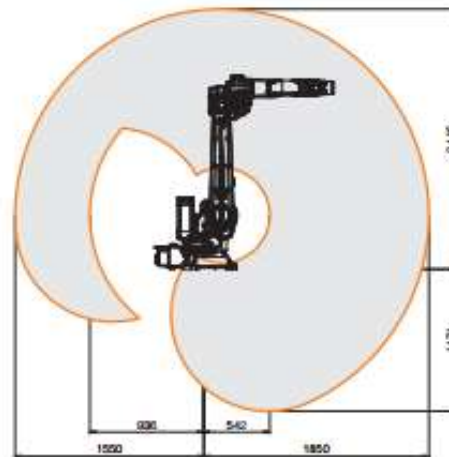
### Environment

Ambient temperature for mechanical unit:	
During operation	+ 5°C (41°F) to + 45°C (113°F)
During transportation and storage	+ 25°C (+ 13°F) to + 55°C (131°F)
For short periods (max 24h)	up to + 70°C (158°F)
Relative humidity	Max. 95%
Safety	Double circuits with supervisions, emergency stops and safety functions, 3-position enable device
Emission	EMC/EMI shielded

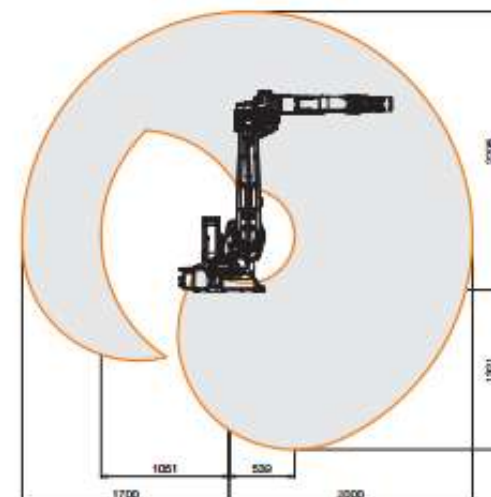
Data and dimensions may be changed without notice

### Working range

IRB 2600ID-15/1.85



IRB 2600ID-8/2.00





## **LISA 4. KOOSTE- JA KEEVITUSRAKISE JOONIS**