

Lauri Vesala

## **Ruodekoneen vastaanottopään robotisointi**

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

**SeAMK** 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Työn nimi: Ruodekoneen vastaanottopään robotisointi

Ohjaaja: Heikki Heiskanen

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 45

Liitteiden lukumäärä: 3

---

Aihe opinnäytetyöhön löytyi, kun Vimpelin Ruukin toimipisteeltä siirrettiin tuotantokoneita toiselle toimipisteelle. Siirron takia Vimpeliin jäi neljä robottia käyttämättömäksi. Ruodekone valittiin robotisoitavaksi, koska sen manuaalinen käyttäminen on fyysisesti raskasta ja toistuvaa työtä.

Työn teoriaosiossa käydään läpi robotiikan perusteita, tietoa eri tarraintyypeistä, tilastollista tietoa robotiikasta ja tietoa layoutsuunnittelusta sekä eri layouttityypeistä. Robotiikan teoriaosuuteen kuuluu robotiikan historia, yleisimmät robottityypit ja robotiikan turvallisuus.

Robottisolusta tehtiin kaksi layoutvaihtoehtoa, joita vertailemalla valittiin parempi vaihtoehto. Tarraimeksi valittiin alipainetarrain, jonka suunnittelu jätettiin ulkopuoliselle yritykselle. Robotin valinta suoritettiin saatavilla olevien robottien ominaisuuksia ja liikerataa tutkimalla.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kaksi layoutvaihtoehtoa, joista toinen valittiin hyötyarvomatriisin avulla. Tarraimeksi valittiin alipainetarrain Lineartec Oy:lta. Tehtävässä käytettävä robotti valittiin kolmesta vaihtoehdosta. Näistä suunnitelmista Ruukki voi halutessaan toteuttaa robottisolun.

Avainsanat: robotiikka, robotisointi, layoutsuunnittelu, automaatio

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Lauri Vesala

Title of thesis: Robot cell design for Ruukki's unit in Vimpeli

Supervisor: Heikki Heiskanen

Year: 2016

Number of pages: 45

Number of appendices: 3

---

The main goal for the thesis was to design a working robot cell plan for Ruukki's unit in Vimpeli. The main points of the thesis were a layout design and choosing the right robot model and gripper for the application.

The layout design was made with Autodesk Inventor 3D CAD software. The theory part of the thesis included information about robotics, grippers and layout designing.

The end results of the thesis were a suction gripper design which was chosen in cooperation with Lineartec OY and a layout design which was chosen from two different options. The robot for the application was also chosen from three different models.

Keywords: robotics, layout, automation

# SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO .....	5
KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET.....	6
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>7</b>
1.1 Työn tausta ja tutkimusongelma.....	7
1.2 Työn tavoitteet ja rajaus .....	7
1.3 Yritysesittely .....	8
<b>2 TEORIA .....</b>	<b>9</b>
2.1 Robottiikka .....	9
2.1.1 Historia.....	9
2.1.2 Robottityypit .....	10
2.1.3 Robottiikan turvallisuus ja onnettomuuksien ehkäisy .....	12
2.2 Tarraimet.....	13
2.2.1 Mekaaniset tarraimet .....	14
2.2.2 Imu- ja tyhjiötarraimet.....	14
2.2.3 Magneettitarraimet .....	15
2.2.4 Vakio- ja erikoistarraimet.....	15
2.3 Robottiikan nykytila ja tulevaisuus.....	16
2.4 Layout .....	19
2.4.1 Tuotantolinjalayout.....	19
2.4.2 Funktionaalinen layout .....	19
2.4.3 Solulayout .....	20
2.5 Layoutsuunnittelu .....	20
2.5.1 Layoutsuunnittelun tavoitteet .....	20
2.5.2 Layouttyypin valinta .....	21
<b>3 TUTKIMUSMENETELMÄT .....</b>	<b>22</b>
3.1 Ruodekoneprosessin nykytila .....	22
3.1.1 Harjantiivistelista .....	22

3.1.2 Tuulettava teräskuori .....	24
3.2 3D-mallinnus .....	25
3.3 Tarraimen valinta .....	26
3.4 Robottisolun layout.....	26
3.5 Robotin valinta .....	27
<b>4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU.....</b>	<b>28</b>
4.1 3D-mallinnus .....	28
4.1.1 Koneet ja laitteet .....	28
4.1.2 Robotti.....	30
4.2 Tarraimen valinta .....	30
4.3 Robottisolun layout.....	32
4.3.1 Layout 1 .....	33
4.3.2 Layout 2 .....	34
4.4 Robotin valinta .....	35
4.5 Uusien layouttien vertailu .....	37
4.6 Kehittämisidea.....	38
<b>5 POHDINTAA.....</b>	<b>40</b>
<b>6 YHTEENVETO.....</b>	<b>41</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>43</b>
<b>LIITTEET.....</b>	<b>45</b>

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Esimerkki Ruukin katoista ja kattotuotteista. (Ruukki 2015.).....	8
Kuvio 2. Portaalirobotti. (Bosch Rexroth Corporation.) .....	10
Kuvio 3. Scara-robotti. (EPSON Robots.) .....	11
Kuvio 4. Kiertyvänivelinen robotti. (KUKA Nordic AB.).....	12
Kuvio 5. Vuosittainen kasvu robotiikassa. (Lempiäinen 2015.) .....	16
Kuvio 6. Robotiikka Suomessa. (Lempiäinen 2015.).....	17
Kuvio 7. Robottien määrä maailmanlaajuisesti 2010. (Lempiäinen 2012.).....	18
Kuvio 8. Robottien määrä maailmanlaajuisesti 2013. (Lempiäinen 2015.).....	18
Kuvio 9. Valmis nippu harjantiivistelijoita. ....	23
Kuvio 10. Yksittäisten harjantiivistelijojen pakkaustapa. ....	24
Kuvio 11. Valmiita ruodenippuja varastopaikalla.....	25
Kuvio 12. Autodesk Inventor -mallinnusohjelman opiskelijaversio. ....	26
Kuvio 13. Ruodekoneen 3D-malli.....	28
Kuvio 14. Liukuhihna ja lautateline.....	29
Kuvio 15. 3D-mallit turva-aidasta, harjantiivistelistahäkistä ja kiristyslaitteesta.....	29
Kuvio 16. Kelatelineiden 3D-mallit. ....	30
Kuvio 17. KR30 L16 -robotin 3D-malli. (KUKA.).....	30
Kuvio 18. Tarraimen mitat. (Nuutinen 2016.) .....	32
Kuvio 19. Tarraimen 3D-malli. (Nuutinen 2016.) .....	32
Kuvio 20. 3D-mallinnus layoutvaihtoehdosta 1. ....	34
Kuvio 21. 3D-mallinnus layoutvaihtoehdosta 2. ....	35
Kuvio 22. KUKA L15/2 -robotin liikerata ja mitat. (KUKA.) .....	36
Kuvio 23. Robotin liikerata yläpuolelta kuvattuna. (KUKA.).....	37
Kuvio 24. 3D-mallinnus kehitysideasta. ....	39
Taulukko 1. Robottien ominaisuudet. (KUKA.).....	36
Taulukko 2. Hyötyarvomatriisi. ....	38

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

<b>Automaatio</b>	Automaatio suoraan kreikankielestä suomennettuna tarkoittaa itsestään toimivaa. Automaatiossa toiminta tapahtuu ilman ihmisen väliin tuloa.
<b>Robotisointi</b>	Automaation toteutus robotteja hyödyntämällä.
<b>Layout</b>	Tehtaan fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden ja varastojen sijoittelu saatavilla olevaan tilaan.
<b>Tarrain</b>	Työkalu, joka on suunniteltu ottamaan kiinni kappaleesta ja liikuttamaan sitä.

# 1 JOHDANTO

Osa opinnäytetyön sisällöstä on salaista tietoa ja on poistettu julkisesta versiosta. Tarkat tuotantomäärät, prosessin kuvaukset ja layoutsuunnitelmat mitoilta on poistettu.

## 1.1 Työn tausta ja tutkimusongelma

Robottien soveltaminen tuotannossa on aina ajankohtainen aihe, sillä se parantaa työntekijöiden työolosuhteita ja yleensä nopeuttaa tuotantoa. Työntekijöiden hyvinvointi on hyvin tärkeää nykyaikaisessa yrityksessä. Ruodekoneella työskentely on fyysisesti raskasta, koska nostoja tulee päivän mittaan todella paljon ja niihin liittyy kiertoliikkeitä.

Ruodekoneen robotisointia aloitettiin suunnittelemaan, kun toinen yrityksessä oleva tuotantokone siirrettiin toiseen toimipisteeseen, mutta robotit jäivät Vimpelin toimipisteeseen. Robottien siirto tuotantokoneelta toiselle ei onnistu ongelmitta, koska käsiteltävät tuotteet ovat hyvin erilaisia.

Ruodekoneella tehdään kahta eri tuotetta: tuulettavaa teräsrudetta ja harjantiivistelistaa. On siis otettava huomioon kummankin tuotteen soveltuvuus robotilla liikuteltaviksi sekä sopiva tarrain, robotin ulottuvuus ja liikerata, robottisolun layout sekä turvallisuus.

## 1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Ruodekoneella valmistetaan kahta eri tuotetta: 3700 mm pitkää teräsrudetta ja 460 mm pitkää harjantiivistelistaa. Tavoitteena on löytää molemmille tuotteille toimiva ratkaisumalli. Päätuotteen, teräsrudteen, soveltuvuus robotilla käsiteltäväksi on ensisijainen tavoite, mutta työssä yritetään mieltä myös harjantiivistelistan soveltuvuutta robottikäyttöön. Robotin ohjelmointia ei käsitellä opinnäytetyössä, vaan se jätetään ulkopuoliselle yritykselle.



### 1.3 Yritysesittely

Ruukin Vimpelin tehdas sai alkunsa 1961, kun Paavo Rannila Oy perustettiin. Yritys keskittyi teräskattojen tuotantoon. Vuonna 1991 Rautaruukki osti Vimpelin ja Alajärven tehtaot sekä muita tuotantolaitoksia Suomesta ja Ruotsista. Yrityksen nimenä käytettiin Rannila Steel Oy:ta vuosina 1997-2004. Nykyinen nimi Ruukki Construction Oy tuli käyttöön 2005. Vuonna 2014 SSAB ja Ruukki yhdistyivät, mutta Ruukki-tuotemerkkiä käytetään yhä. (Ruukki 2015.)

Ruukin Vimpelin toimipiste keskittyy teräskattojen ja niiden oheistarvikkeiden tuotantoon. Työntekijöitä ja henkilökuntaa Vimpelissä on noin 150. Toimipiste tarjoaa kuluttajille muun muassa teräskattoja, sadevesijärjestelmiä ja kattoturvatuotteita. Kuviossa 1 on esimerkki, mitä Vimpelin toimipiste tarjoaa. (Ruukki 2015.)



Kuvio 1. Esimerkki Ruukin katoista ja kattotuotteista. (Ruukki 2015.)

## 2 TEORIA

### 2.1 Robotiikka

#### 2.1.1 Historia

Sanaa robotti käytettiin ensimmäisen kerran Karel Capekin vuonna 1920 esitetysnäytelmässä ”Rossum’s Universal Robots”. Tieteisnäytelmässä robotit tekivät töitä kehittäjilleen, näytelmän lopussa koneet ottivat vallan ja tuhosivat ihmiskunnan. Termi tulee tsekien kielisestä sanasta robota, joka tarkoittaa maaorjaa tai jossain tapauksissa orjaa. (IFR 2012.)

Vuonna 1956 perustettu yhtiö Unimation julkaisi ensimmäisen teollisuusrobotin, Unimaten, vuonna 1959. Ensimmäisenä robotin otti käyttöön yhdysvaltalainen autoteollisuus vuonna 1961, ja sitä käytettiin kuumissa olosuhteissa valukoneiden läheisyydessä. Unimaten valmistaminen maksoi yritykselle 65 000 dollaria, mutta he myivät sitä 18 000 dollarilla. Ensimmäinen Unimate-robotti Euroopassa otettiin käyttöön Ruotsissa vuonna 1967. (IFR 2012.)

Myöhemmin Unimation teki yhteistyötä yhdysvaltalaisen autoteollisuuden kanssa ja kehitti heidän tarpeisiinsa soveltuvan PUMA-käsivarsirobotin (Programmable Universal Machine for Assembly) vuonna 1978. Robotti suunniteltiin, koska General Motors huomasi, että kokoonpanossa käsiteltävät tuotteet olivat suurimmaksi osaksi alle kolmen kilon painoisia. Tästä syystä kehitettiin PUMA-robotti, joka oli pienikokoinen ja soveltui kevyiden kappaleiden käsittelyyn. (IFR 2012.)

Ensimmäinen SCARA-robotti valmistettiin Yamanashin yliopistossa Japanissa vuonna 1978. Tätä seurasi ensimmäinen kiertyvänivelinen robotti kuudella vapausasteella. Tästä eteenpäin kehitystä on tapahtunut aina tähän päivään asti. Teknologia on halventunut ja useat eri lisälaitteet, kuten erilaiset sensorit ja kamerat, ovat yleistyneet. (IFR 2012.)

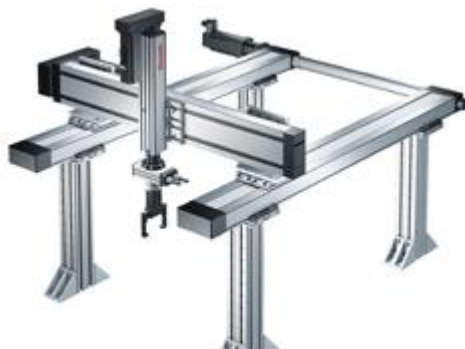
## 2.1.2 Robottityypit

Robotteja käytetään monenlaisissa tuotantotehtävissä. Käyttökohteesta riippuen robotilta vaaditaan eri rakenteita ja eri määrä vapausasteita. Yksinkertaiseen pakkaussovellukseen voidaan käyttää suorakulmaista robottia ja monimutkaiseen hitsaustyöhön kuuden vapausasteen kiertyvänivelistä robottia. (Aaltonen & Torvinen, 1997, 154-155.)

Suomessa robotteja käytetään yleisimmin

- siirto- ja pakkaustehtävissä
- hitsaustehtävissä
- työstökoneiden yhteydessä
- maalaustehtävissä
- elektroniikan kokoonpanotehtävissä. (Keinänen ym. 2001, 309.)

**Suorakulmaiset robotit.** Suorakulmaisen robotin kolme ensimmäistä vapausastetta ovat lineaarisia. Yleisin suorakulmainen robotti on portaalirobotti (Kuvio 2), joka liikkuu telineessä ja soveltuu vain suorakulmaisiin liikkeisiin. (Aalto ym. 1999, 16.)



Kuvio 2. Portaalirobotti. (Bosch Rexroth Corporation.)

Portaalirobotin liikkeet voivat olla pitkiä ja se kestää kuormitusta ja kuormituksen vaihtelua hyvin. Portaalirobotin rakenne on yksinkertainen, mikä mahdollistaa ra-

kenteen muokkaamisen tarvittaessa. Käyttökohteita portaaliroboteille ovat erilaiset kokoonpanotyöt, pakkaustyöt ja koneiden syöttötehtävät. (Keinänen ym. 2001, 307.)

**Scara-robotit.** Scara (Kuvio 3) on lyhenne englannin kielisistä sanoista Selective Compliance Assembly Robot Arm, mikä tarkoittaa tiettyyn suuntaan joustavaa robottikäsivartta. Robotti koostuu kolmesta vaakatasossa liikkuvasta nivelestä sekä pystysuorasta akselistä. Nivelten ansiosta työkalu voidaan siirtää haluttuun kohtaan kappaleen yläpuolelle. (Aalto ym. 1999, 16.)



Kuvio 3. Scara-robotti. (EPSON Robots.)

**Kiertyväniveliset robotit.** Tavallisimmat teollisuusrobotit ovat kiertyvänivelisiä, näissä roboteissa vähintään kolme vapausastetta on kiertyviä. Kuviossa 4 on kuuden vapausasteen kiertyvänivelinen robotti, jossa kolme vapausastetta on kiertyviä. Tällaiset robotit ovat hyvin monipuolisia ja soveltuvat useimpiin käyttötarkoituksiin. Kuusi vapausastetta takaa sen, että työkalun saa mihin tahansa asentoon ja paikkaan työalueella. Liikettä rajoittaa vain robotin työskentelyalue ja mekaaniset liikealueet. (Aalto ym. 1999, 16-18.)



Kuvio 4. Kiertyvänivelinen robotti. (KUKA Nordic AB.)

### 2.1.3 Robottiikan turvallisuus ja onnettomuuksien ehkäisy

Robottiikka on tuonut mukanaan turvallisuutta työpaikoille, koska robotit voidaan sijoittaa vaarallisiinkin työolosuhteisiin, kuten valutöihin tai erilaisiin ruiskumaalaus- töihin. Vaikka robottiikka on lisännyt työturvallisuutta jollakin osa-alueilla, se myös aiheuttaa vaaratilanteita. Robotin aiheuttamat vaaratilanteet voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- törmäys
- puristus
- muut. (Keinänen ym. 2001, 333.)

**Onnettomuuksien ehkäisy.** Ensimmäisen kerran turvallisuus tulee ottaa huomioon robottisolun layoutia suunniteltaessa. Apulaitteet, kuljettimet sekä välivarastot tulee sijoittaa niin, että vahinkoja ei pääse syntymään. Robotille täytyy myös varata riittävä työskentelytila, jotta esimerkiksi irronneet kappaleet voivat pudota vapaasti. (Keinänen ym. 2001, 334.)

Kaksi kolmesta robotteihin liittyvistä onnettomuuksista johtuu robotin ohjausjärjestelmän vioista. Kun ajaa uutta ohjelmaa robotilla, on syytä ajaa ohjelma ensimmäisen kerran hitaasti ja tarkkailla robotin liikkeitä. Robotin operaattorien koulutus turvalliseen työskentelyyn on tärkeää onnettomuuksien ehkäisemiseksi. Myös mui-

den työntekijöiden on syytä tietää, kuinka toimia robotin läheisyydessä. (Keinänen ym. 2001, 334.)

Erilaiset lisälaitteet ja rakenteet lisäävät turvallisuutta robotin ympärillä. Yksinkertaisimmillaan voidaan estää pääsy robotin työskentelyalueelle mekaanisilla esteillä sekä varoitusmerkinnöillä. Turvalaitteilla on syytä rakentaa turvajärjestelmä, joka pysäyttää robotin, jos ihminen joutuu sen työskentelyalueelle. (Keinänen ym. 2001, 334.) Tällaisia turvalaitteita ovat

- valokytkin, joka antaa ohjaukaskäskyn, kun valo ei pääse lähettimestä vastaanottimeen tai kun se pääsee. Estää ihmisen pääsyn vaara-alueelle
- valoverho tai usean valokytkimen yhdistelmä. Estää sormen tai raajan pääsyn vaara-alueelle.
- tuntomatot, jotka perustuvat mekaaniseen kosketukseen esimerkiksi ihmisen painoon.
- ultraäänianturit, jotka mittaavat kohteen etäisyyttä ultraäänen avulla
- infrapunailmaisin, joka pystyy tunnistamaan ihmisen lämpösäteilyn avulla
- keinoiho, anturiverkko, joka pystyy tunnistamaan siihen kohdistuvan paineen, valon tai lämmön.
- turvalaserskanneri, joka perustuu laservalosäteeseen, jos valo heijastuu takaisin skanneri antaa ohjaukaskäskyn. (Malm 2008, 18-26.)

## 2.2 Tarraimet

Tarraimella tarkoitetaan robotiikassa työkalua, joka ottaa kiinni kappaleeseen ja siirtää sen paikasta toiseen. Tarraimen voi valita käyttökohteesta riippuen useasta eri vaihtoehdosta. Erilaisia tarraimia ovat muun muassa mekaaninen, magneetti-, sekä imu- ja tyhjiötarrain. Tarraimen lisäksi robottiin voidaan liittää muita työkaluja, kuten hitsauspistoolin tai maaliruiskun. Robottien valmistajat tekevät roboteilleen erilaisia standarditarraimia ja komponentteja, joten asiakas voi rakentaa tarpeeseensa sopivan tarraimen. (Aalto ym. 1999, 60.)

Tarraimen suunnittelussa on huomioitava soveltuvuus kaikille käsiteltäville kappaleille, tarraimen paino ja koko, tartuntavoimat ja muodonmuutokset ja tarraimen tyyppi (alipaine, magneettinen jne.). (Aalto ym. 1999, 60.)

Tarrain tulee suunnitella itse tai yhteistyössä tarrainvalmistajan kanssa, koska tarrain on mahdoton suunnitella, jos ei tiedä käyttökohdetta ja käyttöympäristöä. Tarraimen on oltava mahdollisimman kevyt, koska tarraimen paino vaikuttaa robotin nostokykyyn. Hyviä tarrainmateriaaleja ovat siis keveät alumiiniseokset sekä erilaiset kuituvalmisteiset muovit. (Aaltonen ja Torvinen 1997, 172.)

### **2.2.1 Mekaaniset tarraimet**

Mekaaniset tarraimet koostuvat sormista ja kynsistä, joiden avulla kappaleesta otetaan kiinni. Erilaisia mekaanisen tarraimen kinemaattisia rakenteita ovat nivelmekanismit, hammaspyörä ja hammastanko, epäkesko, ruuvi, vaijeriväkipyörä sekä useat sekalaiset rakenteet. (Aalto ym. 1999, 60.)

### **2.2.2 Imu- ja tyhjiötarraimet**

Alipainetta hyödyntäviä tarraimia käytetään, kun mekaanisen tarraimen käyttö on vaikeaa. Tyhjiötarrain on myös oikea valinta, jos pelätään mekaanisen tarraimen naarmuttavan kappaletta. Imukupit voivat olla joko muovisia tai kumisia käsiteltävästä kappaleesta ja sen lämpötilasta riippuen. Vaatimuksia kappaleelta, kun käytetään imutartuntaa, ovat tarpeeksi sileä, tasainen, tiivis ja puhdas pinta. Tarraimeen ei saa kohdistua suuria tarranta vastaan kohtisuoria sivuttaisvoimia, sillä kappaletta pitää paikallaan vain kappaleen pinnan ja tarraimen imukuppien välinen kitkakerroin. (Aalto ym. 1999, 63.)

Imukuppikäyttöisen tarraimen rakenne on yksinkertainen ja sitä kautta kohtuullisen luotettava. Imukuppeja voidaan käyttää lähes kaikenlaisissa tiloissa, mukaan lukien puhdastilat. Imukuppien määrällä voidaan vaikuttaa tartuntavoimaan: mitä enemmän imukuppeja on, sitä suurempia kappaleita pystytään nostamaan. Alipaineen käyttö tarraimessa ei ole ongelmantonta, koska jos yksikin imukuppi irtoaa

kappaleesta, samalla katoaa alipaine ja kappale putoaa. Liian pölyinen ympäristö voi myös tuottaa ongelmia, koska pöly saattaa tukkia järjestelmän. (Aalto ym. 1999, 63-64.)

### **2.2.3 Magneetitarraimet**

Magneetitarraimia voidaan käyttää ainoastaan magneettisille aineille. Nostovoima määräytyy kappaleen materiaalista, muodosta, ilmaraosta ja magneetin lämpötilasta. Kappaleessa tulee olla riittävän suuri tasainen tartuntapinta, sillä magneettikenttä heikkenee ilmaraon kasvaessa. Magneetitarrain tarttuu nopeasti kappaleeseen, mutta jäännösmagnetismi hidastaa kappaleen irrotusta. Käytettäessä kestomagneettia tarvitaan erillinen irrotuslaite. Sähkömagneetilla voidaan kääntää magneettikentän suuntaa, jolloin kappaleen irrotus helpottuu. Sähkömagneetit kuumenevat käytössä, joten suunnittelussa on otettava huomioon mahdollinen ylikuumeneminen. (Aalto ym. 1999, 64.)

### **2.2.4 Vakio- ja erikoistarraimet**

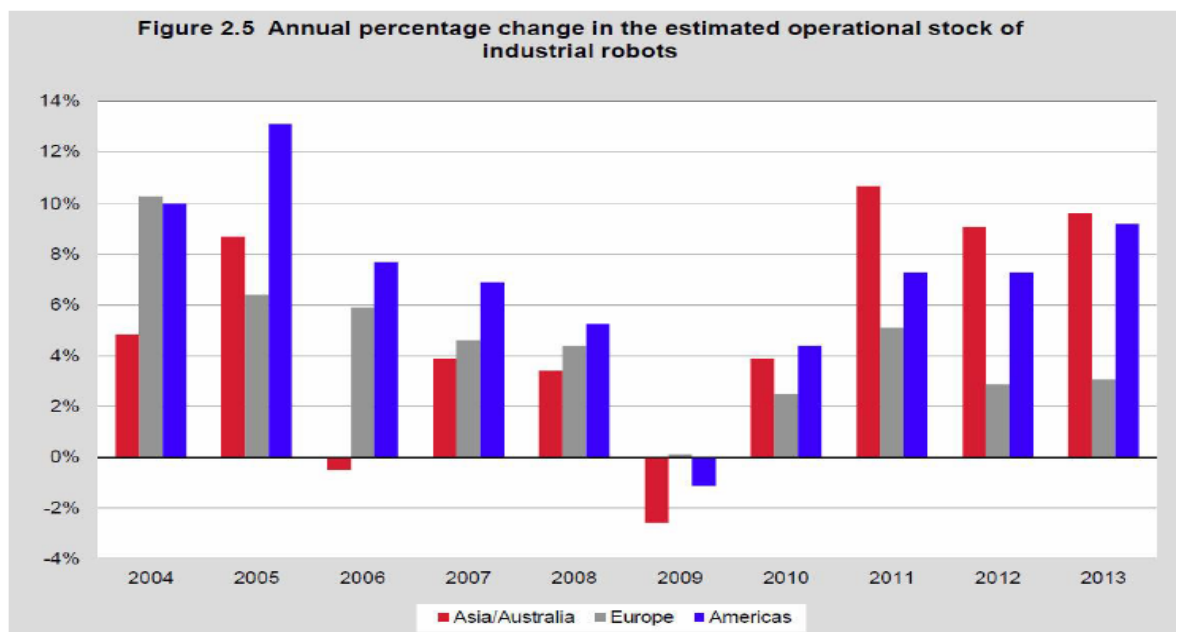
Usein sopivan tarraimen löytäminen on vaikeaa, joten joudutaan rakentamaan itse kohteeseen sopiva tarrain. Tästä syystä robottien valmistajat tekevät standarditarraimia ja komponentteja, joiden avulla asiakas voi rakentaa omiin tarkoituksiinsa sopivan tarraimen. Markkinoilta löytyy myös täysin tarraimiin erikoistuneita yrityksiä. (Aalto ym. 1999, 64.)

Erikoistarraimilla tarkoitetaan tarraimia, joiden tartuntaelin esimerkiksi muotoutuu tai laajentuu kappaleen mukaan. Muotoutumisen voi toteuttaa vaikka granulaatilla, jota muokataan paineen avulla tai magneettipulverilla, jota ohjataan sähkömagneetilla. (Aalto ym. 1999, 64.)



### 2.3 Robottiikan nykytila ja tulevaisuus

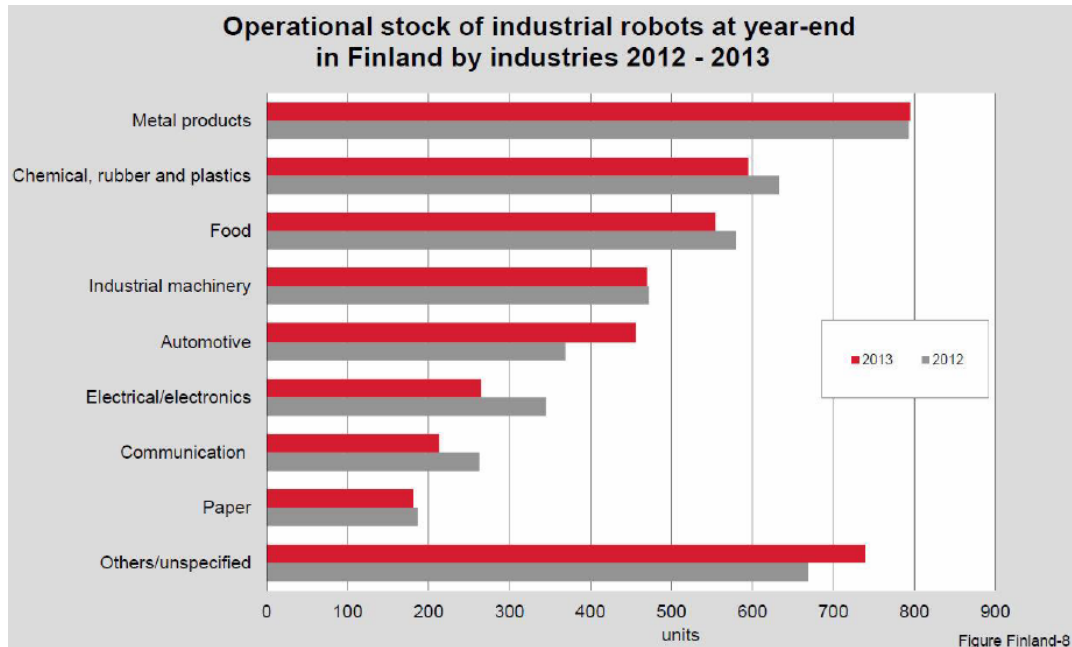
Kansainvälisesti robotti-investoinnit ovat 12 % vuosittaisessa nousussa, joka on noin 178 000 käyttöön otettua robottia vuodessa. Joka kolmas myytävä teollisuusrobotti investoidaan Kiinaan, missä onkin tällä hetkellä suurin kasvu robotti-investoinneissa. Vuosittainen kasvuprosentti on maailmanlaajuisesti pienessä nousussa. 2000-luvulla keskimääräinen vuosittainen nousu on ollut 9 % edelliseen vuoteen verrattuna. Kuten kuviossa 5 näkyy, nousua siivittävät Aasian ja Amerikan investoinnit, mutta Euroopan kasvuprosentti vuonna 2013 oli vain 5 %. Viime vuosina Euroopassa autoteollisuuden robotiikka on ollut ainoa kasvuala. Kuviossa näkyvän pudotuksen vuonna 2009 selittää kansainvälinen pankkikriisi. (Lempiäinen 2015.)



Kuvio 5. Vuosittainen kasvu robotiikassa. (Lempiäinen 2015.)

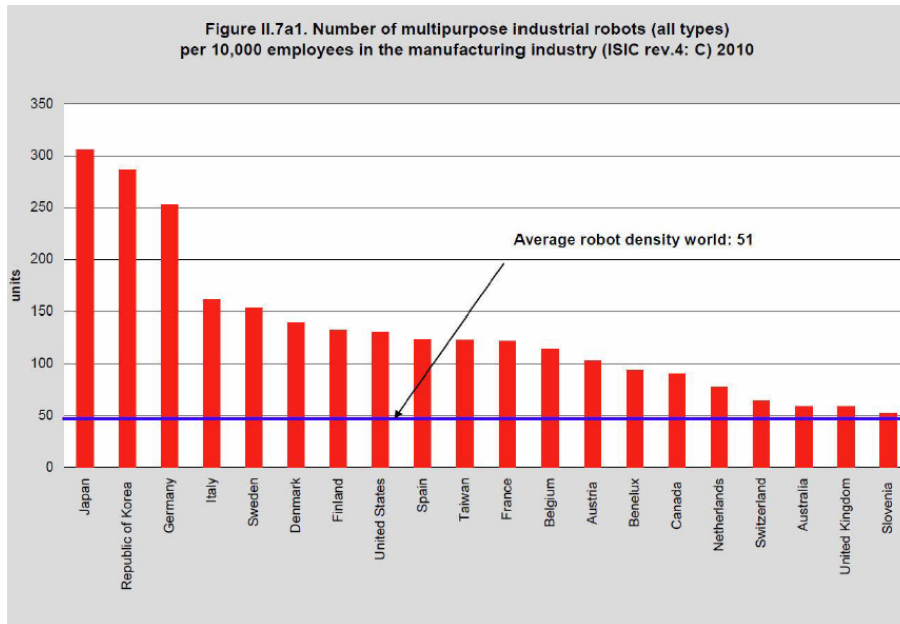
Suomessa robotti-investoinnit ovat laskussa vuoteen 2008 verrattuna. Vuosien 2012 ja 2013 investoinnit robotiikkaan olivat kohtuullisella tasolla. Vuonna 2012 investointeja tehtiin 330 kappaletta ja seuraavana vuonna 365 kappaletta. Nämä luvut kuitenkin pitävät sisällään Uudenkaupungin autotehtaan suuret, noin 200 robotin, investoinnit. Näin suuria robotti-investointeja Suomessa tapahtuu kerran kymmenessä vuodessa. Kuten kuviossa 6 näkyy, vuoden 2013 investoinnit ovat

matalalla tasolla useilla aloilla autoteollisuutta lukuun ottamatta. Uusinvestoinneilla mitattuna robotiikka on pudonnut Suomessa noin 25 %. (Lempiäinen 2013.)

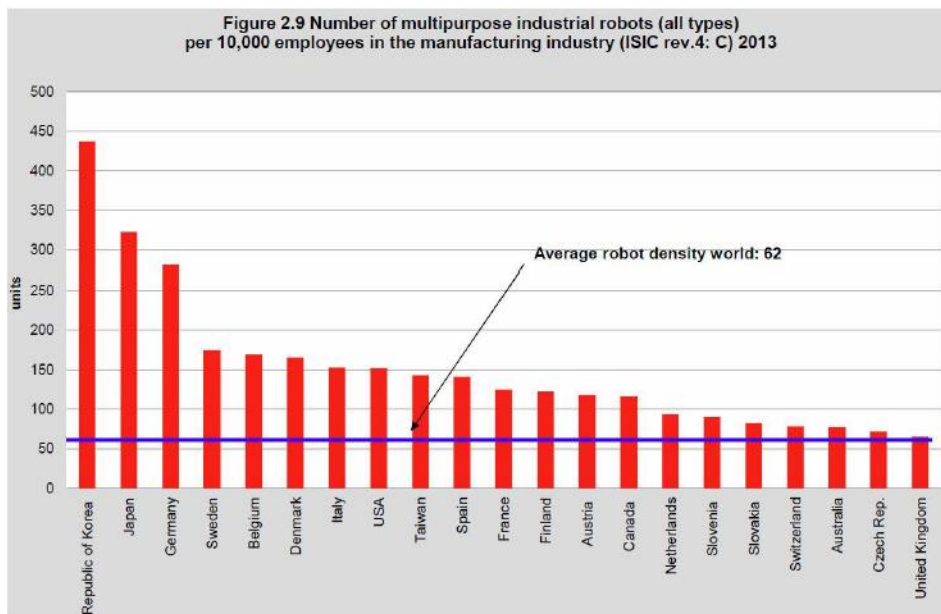


Kuvio 6. Robotiikka Suomessa. (Lempiäinen 2015.)

Vuonna 2010 Suomi oli tilastollisesti robotiikassa sijalla seitsemän, kun taas 2013 sijalla 12 ja laskua on edelleen luvassa (Kuviot 7 ja 8). Maailmassa on vain viisi maata Suomen lisäksi, joissa robotiikka vähenee. Ne ovat Italia, Espanja, Ranska, Norja ja Japani. Japanin tilanteen selittää sen suuret investoinnit muihin Aasian maihin. (Lempiäinen 2015.)



Kuvio 7. Robottien määrä maailmanlaajuisesti 2010. (Lempiäinen 2012.)



Kuvio 8. Robottien määrä maailmanlaajuisesti 2013. (Lempiäinen 2015.)

## 2.4 Layout

Termillä layout tarkoitetaan fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden ja varastojen sijoittelua saatavilla olevaan tilaan. Erilaiset layoutit voidaan jakaa kolmeen erityyppiin: tuotantolinjalayouttiin, funktionaaliseen layouttiin sekä solulayouttiin. (Haverila ym. 2005, 475.)

### 2.4.1 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjalayout keskittyy yhden tuotteen valmistukseen. Koneet ja laitteet on sijoitettu työnkulun mukaisessa järjestyksessä, minkä takia myös työnkulku on selkeää. Tuotantolinjalla valmistusmäärät ovat suuret, joten myös automaation tulee olla tehokasta. (Haverila ym. 2005, 475.)

Tuotantolinjan rakennuskustannukset ovat suuret, mutta suurien valmistusmäärien ansiosta yksittäisen tuotteen valmistuskustannukset jäävät pieniksi. Tuotantolinjan rakentamisen jälkeen kapasiteetin kasvattaminen on vaikeaa ja valmistettavan tuotteen vaihtaminen toiseen on hidasta. (Haverila ym. 2005, 475.)

Laadunvalvonta tuotantolinjalla on tärkeässä roolissa, koska yksikin virhe vaikuttaa koko tuotantolinjan tuottavuuteen. Haverila esittää asian osuvasti kirjassaan: ”Laadunvalvonta on tärkeää, koska häiriöiden aiheuttamat kustannukset ovat suuret ja linja kykenee tuottamaan tehokkaasti myös virheellisiä tuotteita.” (Haverila ym. 2005, 475-476.)

### 2.4.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa samankaltaiset koneet ja työpisteet sijoitetaan samaan paikkaan. Esimerkiksi hitsaus tapahtuu hitsaamoissa ja sorvaus sorvaamoissa. (Haverila ym. 2005, 476.)

Funktionaalinen layout on hyvin joustava, tuotteen vaihtaminen ja tuotantomäärän muuttaminen on vaivatonta. Tuotteita valmistetaan joko yksittäiskappaleina tai sar-

joina. Käytettävät koneet ovat yleensä yleiskoneita, jotka soveltuvat moneen eri käyttötarkoitukseen. (Haverila ym. 2005, 476.)

Tuotantolinjaan verrattuna funktionaalinen layout on joustava ja sen toteuttaminen on helpompaa ja halvempaa, mutta sen tuottavuus ja kuormitusaste ovat heikompia. (Haverila ym. 2005, 477).

### **2.4.3 Solulayout**

Solulayout on itsenäinen ryhmä koneita ja laitteita, joka keskittyy tietyn tuotteen, osan tai työvaiheen suorittamiseen. Solulayoutista voidaan sanoa, että se on tuotantolinjan ja funktionaalisen layoutin välimuoto, se on joustavampi kuin tuotantolinja ja tehokkaampi kuin funktionaalinen layout. (Haverila ym. 2005, 478.)

Solu tuottaa joustavasti tuotetta, jota se on suunniteltu tuottamaan. Tuotteen, eräkoon sekä tuotantomäärän vaihtaminen on helppoa. Eri valmistusvaiheiden tekeminen samalla alueella helpottaa laadunvalvontaa ja virheiden korjaamista. (Haverila ym. 2005, 478.)

## **2.5 Layoutsuunnittelu**

Layoutsuunnittelun lopputulos on aina kompromissi, koska täydellistä lopputulosta ei yleensä pystytä saavuttamaan. Sopivan kompromissin löytämiseksi voidaan käyttää hyötyarvomatriisia, jonka avulla jokainen layoutvaihtoehto pisteytetään. (Haverila ym. 2005, 480-481.)

### **2.5.1 Layoutsuunnittelun tavoitteet**

Layoutsuunnittelun päätavoitteena on materiaalivirtojen tehokas suunnittelu. Materiaalien kuljetusmatkat ja -kerrat tulee pitää minimissään, kun suunnitellaan eri työpisteiden ja koneiden sijoittelua. Layoutiin mahdollisesti myöhemmin tehtävät muutokset tulee ottaa jo suunnitteluvaiheessa huomioon. Kaikki kiinteät koneet,

laitteet ja varastotilat tulee suunnitella niin, että ne eivät tuota ongelmia tulevaisuudessa. (Haverila ym. 2005, 482.)

Onnistuneen layoutin tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluu seuraavat asiat:

- materiaalivirtojen selkeys
- tuotannon erityistarpeiden huomiointi
- materiaalien pieni siirtotarve ja lyhyet kuljetusmatkat
- mahdollisuus muunneltavuuteen
- tehokas tilankäyttö
- työturvallisuus ja -tyytyväisyys
- sisäisen kommunikaation vaivattomuus
- tehokas materiaalien vastaanotto ja jakelu
- tehtaan sisäisten palveluiden saatavuus
- erityisosaamista vaativien töiden keskittäminen. (Haverila ym. 2005, 482.)

## **2.5.2 Layouttyypin valinta**

Layouttyypin valinnan perusteena käytetään tuotevalikoiman laajuutta ja valmistettävien tuotteiden määrää. Jos tuotetaan suuri määrä samantyyllisiä tuotteita, voidaan soveltaa tuotantolinjalayoutia. Funktionaalista layoutia käytetään, kun tehdään useita erilaisia tuotteita pienellä tuotantomäärällä. Solulayoutia käytetään, kun valmistetaan toistuvasti eri tuotteita, mutta ei niin paljoa, että kannattaisi käyttää tuotantolinjaa. Solussa tuotetyypin vaihtaminen on joustavampaa kuin tuotantolinjalla. (Haverila ym. 2005, 479.)

Tehtaan layout koostuu yleensä monesta eri layouttyypistä. Tuotantoprosessissa layout voi vaihdella vaiheen mukaan, osat voidaan valmistaa funktionaalisessa tai solulayoutissa ja kokoonpanna linjastolla. (Haverila ym. 2005, 480.)

## 3 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 3.1 Ruodekoneprosessin nykytila

Mahdollisuus robotisointiin syntyi, kun osa Vimpelin Ruukin tuotantokoneista siirrettiin toiselle toimipisteelle, minkä seurauksena neljä robottia jäi käyttämättömäksi. Koneiden siirron seurauksena syntyi myös vapaata tilaa tehdasalueelle, jonne ruodekone tullaan siirtämään.

Tällä hetkellä ruodekoneen operaattori tekee kaikki nostot ja kokoamisen käsin, mikä on fyysisesti raskasta. Painavampaa tuotetta, tuulettavaa teräsrudetta (2,6 kg), tehdään sesonkiaikana kymmeniä tuhansia kuukaudessa. Päivän aikana teräsrudetta voidaan valmistaa useasta tuhannesta kappaleesta aina yli kymmenen tuhanteen kappaleeseen. Valmiit niput kiristetään metallinauhalla ja viedään trukilla varastoalueelle.

Harjantiivistelijoita tehdään kappalemäärällä mitattuna enemmän kuin ruoteita, mutta niiden pituuden takia niiden valmistus on huomattavasti nopeampaa. Valmiit 12 kappaleen niput kiristetään muovinauhalla.

Nykyisen toimintatavan heikkouksia ovat

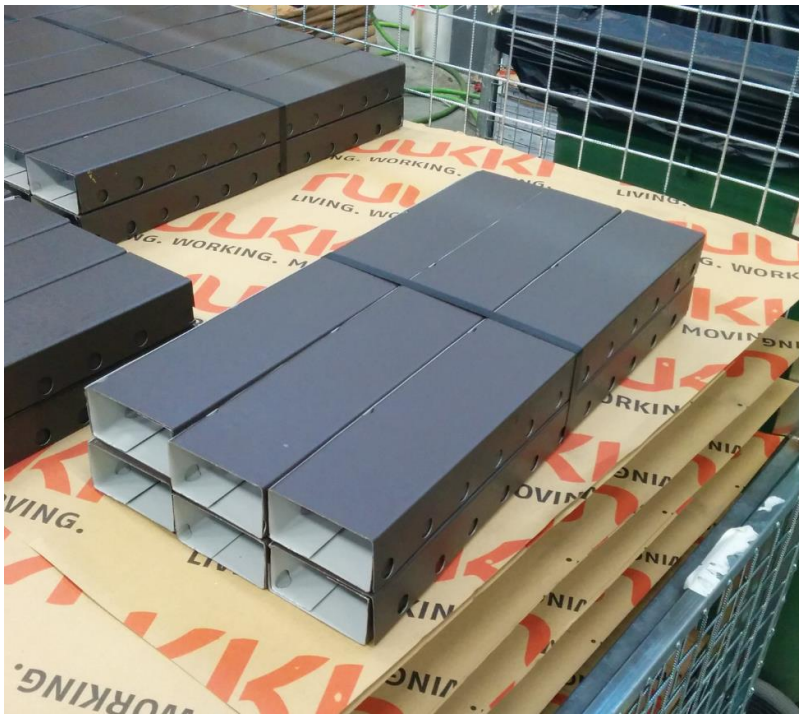
- työn yksitoikkoisuus
- kiertoliikkeet nostoja tehdessä
- päivän aikana tehtävien nostojen määrä.

Ruodekoneella tehdään kahta tuotetta: tuulettavaa teräsrudetta, joka on päätuote, sekä harjantiivistelistaa.

#### 3.1.1 Harjantiivistelista

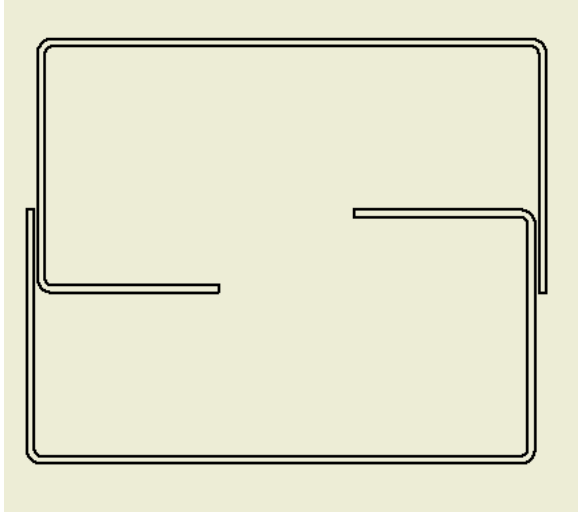
Ruodekoneella valmistetaan harjantiivistelijoita kolmena eri pituutena (460 mm, 510 mm ja 3000 mm) ja usealla eri värillä. Pituuksista huomattavasti yleisin on 460 mm, muita valmistetaan satunnaisesti. Harjantiivistelista on robotisoinnin kannalta

vaikeammin robotisoitavissa oleva tuote verrattuna teräsruoteeseen, koska kuten kuviosta 9 ja kuviosta 10 nähdään, valmiit kappaleet tulee kääntää ja asetella sisäkkäin. Jos harjantiivistelista halutaan robotilla käsiteltäväksi, tulee ensimmäinen kappale siirtää väliasemaan, minkä jälkeen toinen voidaan kääntää robotilla sen sisään. Tulee kuitenkin miettiä, onko tämä toteutustapa järkevä vai tullaanko pysymään nykyisessä pakkaustavassa.



Kuvio 9. Valmis nippu harjantiivistelista.

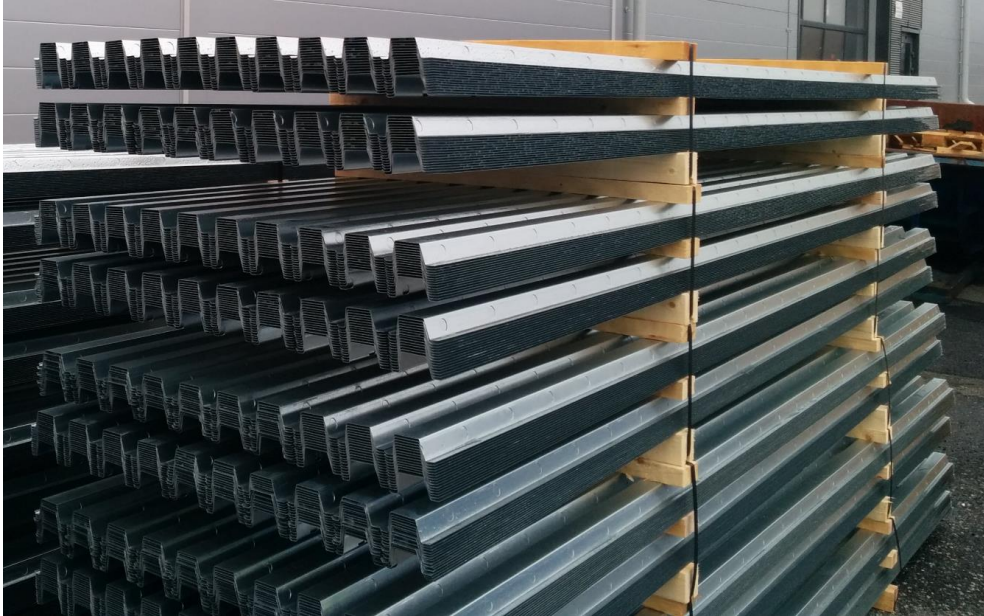




Kuvio 10. Yksittäisten harjantiivistelistöjen pakkaustapa.

### 3.1.2 Tuulettava teräsruode

Päätuote ruodekoneella on tuulettava teräsruode. Kuviossa 11 on kuusi valmista nippua, joissa jokaisessa on 300 ruodetta. Tuotteet siis pinotaan päällekkäin ja kiristetään metallinauhalla. Robotisoinnin kannalta hankalin vaihe on valmiiden nippujen kiristäminen metallinauhalla, ja se voidaan joko yrittää toteuttaa robotilla tai se voidaan myös jättää koneen työntekijän tehtäväksi. Yksi teräsruode painaa noin 2,6 Kg ja sen yläpinta on melko tasainen. Tuotteen keveyden ja tasaisen yläpinnan johdosta teräsruoteelle voidaan käyttää useaa erilaista tarrainvaihtoehtoa.

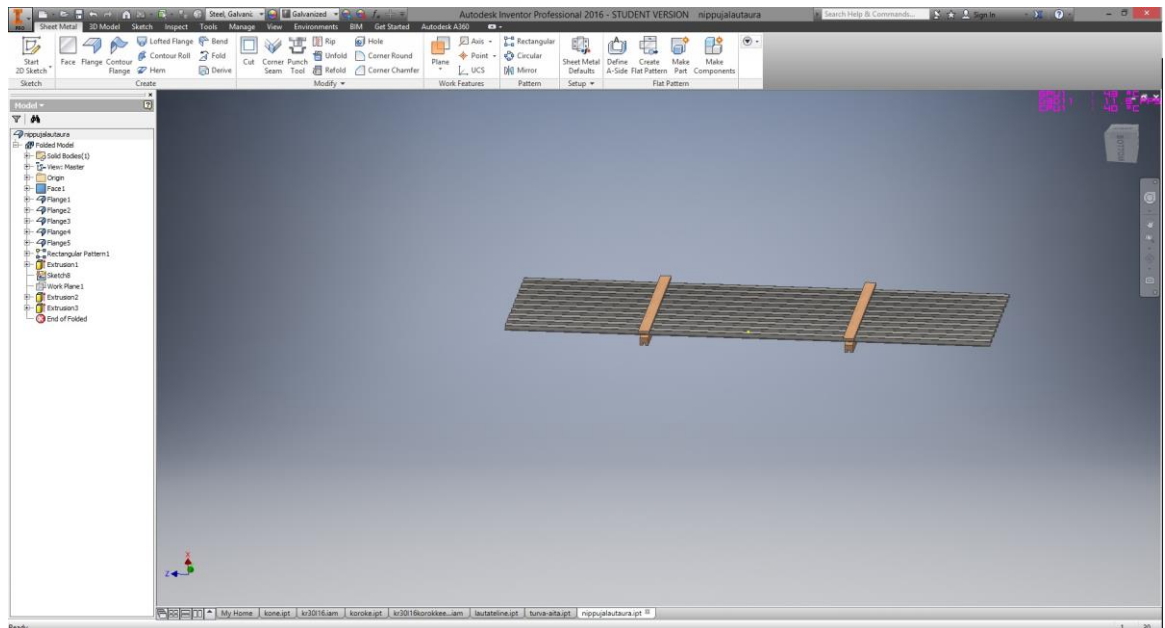


Kuvio 11. Valmiita ruodenriippuja varastopaikalla.

### 3.2 3D-mallinnus

Layoutiin kuuluvista osista tehdään 3D-mallit, joita käytetään layoutsuunnitelmien tekemiseen. Robotin piirustuksina tullaan käyttämään valmista mallia, joka löytyy valmistajan kotisivuilta. Muista osista tullaan tekemään karkeat luonnokset, koska niiden täydellinen mallintaminen ei ole tarpeellista layoutia tehdessä.

Mallintaminen tullaan suorittamaan Autodesk Inventor -mallinnusohjelmalla (Kuvio 12). Autodeskin kotisivuilta opiskelijat voivat ladata ilmaisen opiskelijaversio Inventorista, jota tässäkin työssä tullaan käyttämään. Opiskelijaversiossa on kaikki tärkeimmät ominaisuudet, mitä maksullisessa versiossakin on.



Kuvio 12. Autodesk Inventor -mallinnusohjelman opiskelijaversio.

### 3.3 Tarraimen valinta

Uuden tarraimen valinta suoritettiin kolmesta perusvaihtoehdosta, jotka ovat mekaaninen, magneetti- ja alipainetarraim. Valinta tehtiin saatavuuden ja tuotteelle sopivuuden mukaan. Sopivuuteen vaikutti tuotteen materiaali, koko sekä pinnan muodot.

### 3.4 Robottisolun layout

Robottisolusta tehdään kaksi erilaista layoutvaihtoehtoa Autodesk Inventor -ohjelmalla. Mallinnusohjelmalla luodaan 3D-mallit koneista ja laitteista, joita hyödynnetään layoutia suunniteltaessa. Näistä paremmin sopiva vaihtoehto valitaan ominaisuuksiensa perusteella tehtävään. Valintaperusteita ovat joustavuus, tilakäyttö, selkeys, toteutus ja materiaalivirta. Valinta tehdään hyötyarvomatriisia hyväksi käyttäen. Layouttyyppinä on solulayout.

### 3.5 Robotin valinta

Robotti tullaan valitsemaan kolmesta vaihtoehdosta, jotka Ruukilta löytyvät valmiina. Kaikki käytettävissä olevat robotit ovat KUKAn valmistamia ja niiden mallit ovat KR30/2, KR30 L15/2 ja KR125.

Robotin valintaan vaikuttavat robotin nostokyky, ulottuvuus ja robotin liikerata. Ominaisuuksien perusteella voidaan mahdollisesti poissulkea yksi vaihtoehto valintaprosessista, minkä jälkeen voidaan keskittyä kahden jäljellä olevan mallin vertailuun.

## 4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO

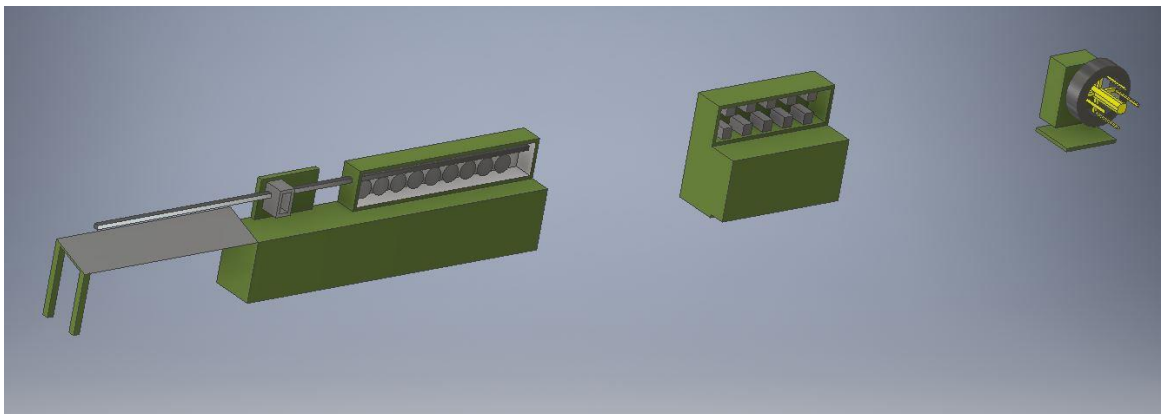
### 4.1 3D-mallinnus

Jokaisesta layoutiin kuuluvasta osasta tehtiin malli Autodesk Inventor -3D-mallinnusohjelmalla. Robotista oli saatavilla valmis 3D-malli valmistajan sivuilta. Muut osat mallinnettiin karkeasti vastamaan esikuvaansa. Mallien avulla ensin tehtiin kolmiulotteinen kokoonpanokuva, josta selviää molempien layoutien perusajatus. Tämän jälkeen kokoonpanokuvasta tehtiin ylhäältä päin kuvattu mittapiirustus, jonka avulla layout voidaan toteuttaa.

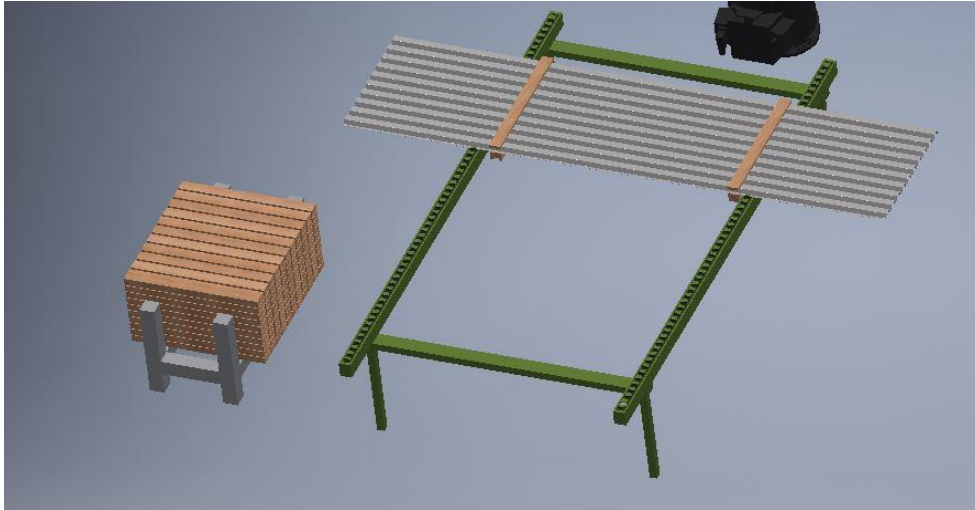
#### 4.1.1 Koneet ja laitteet

Kaikista layoutiin kuuluvista koneista ja laitteista piirrettiin 3D-mallit Autodesk Inventor -ohjelmalla. Mallit ovat robottia lukuun ottamatta karkeita luonnoksia, eikä niissä ole kuvattu koneiden mekanismeja. Koneiden tarkkojen mallien piirtäminen veisi turhaa aikaa ja resursseja, eivätkä ne ole olennaisia layoutsuunnittelua ajateltaessa. Mallien mitat on joko mitattu rullamitalla tai silmämääräisesti arvioitu.

**Ruodekone ja liukuhihna.** Ruodekoneesta piirrettiin 3D-malli (Kuvio 13) sen ulkomuodoista. Valmiit tuotteet pinotaan robotilla liukuhihnalle (Kuvio 14).

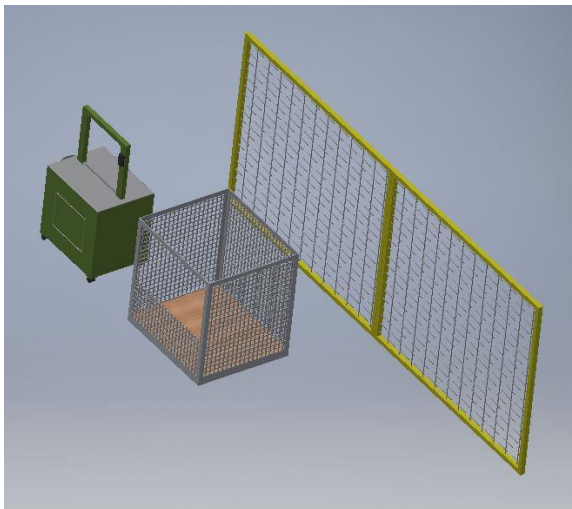


Kuvio 13. Ruodekoneen 3D-malli.

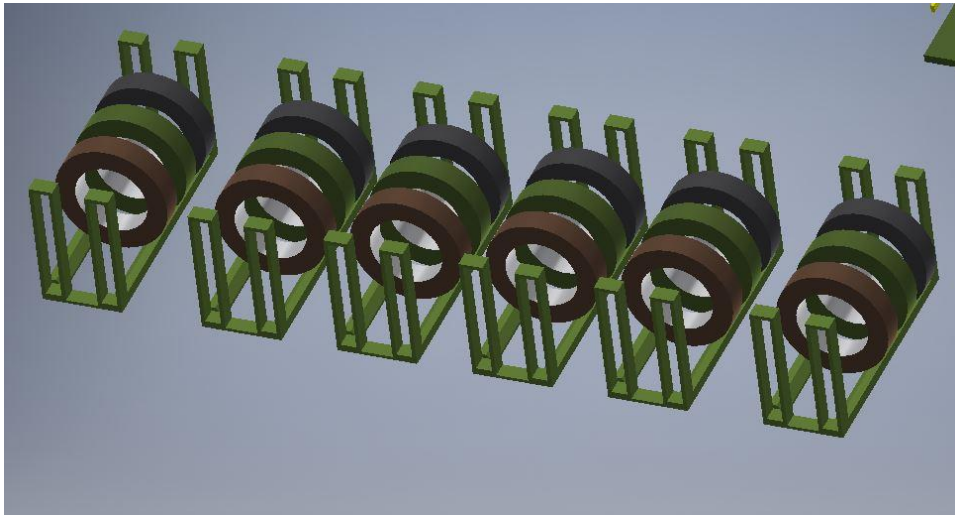


Kuvio 14. Liukuhihna ja lautateline.

**Muut.** Kuviossa 15 ja 16 nähdään muiden mallinnettujen esineiden mallit. Harjantiivistelystöjen kiristyslaitteella, joka näkyy kuviossa 15 vasemmalla puolella, valmiit 12 kappaleen paketit kiristetään muovinauhalla.



Kuvio 15. 3D-mallit turva-aidasta, harjantiivistelystahäkistä ja kiristyslaitteesta.



Kuvio 16. Kelatelineiden 3D-mallit.

#### 4.1.2 Robotti

Robotin 3D-mallina käytetään KUKAn kotisivuilta löytyvää uudemman mallisen robotin mallia (Kuvio 17). Vanhemman mallisesta robotista, joka Ruukilla on, ei löytynyt valmista mallia. Uusi malli on hyvin samantyylinen vanhempaan verrattuna, joten sen 3D-mallin käyttäminen soveltuu käyttötarkoitukseen.



Kuvio 17. KR30 L16 -robotin 3D-malli. (KUKA.)

#### 4.2 Tarraimen valinta

Käyttötarkoitukseen sopivin tarrain on alipainetarrain, koska käsiteltävät tuotteet ovat kevyitä ja molempien tartuntapinta on kohtuullisen tasainen. Magneettitarrain- ta voitaisiin myös periaatteessa käyttää, mutta useat toistot voivat aiheuttaa mag-

neetitarraimen kuumenemistä. Mekaaninen tarrain soveltuisi huonoiten käyttötarkoitukseen, koska saman tarraimen tulee soveltua molemmille tuotteille ja välilautojen siirtämiseen. Mekaaninen tarrain voi myös naarmuttaa tuotteita.

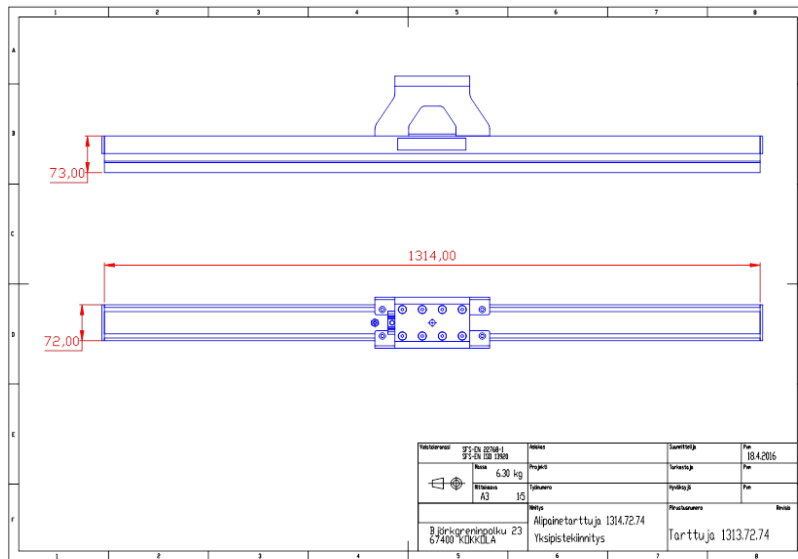
Tarrain tulee mitoittaa teräsruoteen painon mukaan, koska se on painavampi käsiteltävistä tuotteista.

Tarraimen suunnittelu on yksi robottisolun suunnittelun tärkeimmistä vaiheista, koska sen toimivuus takaa linjaston toiminnan. Tämän takia tarraimen suunnittelu jätettiin ammattilaiselle. Koska tarraimeksi valittiin alipainetarrain, päätettiin ottaa yhteyttä Lineartec Oy:hyn, joka on aikaisemminkin toimittanut alipainetarraimia Ruukille.

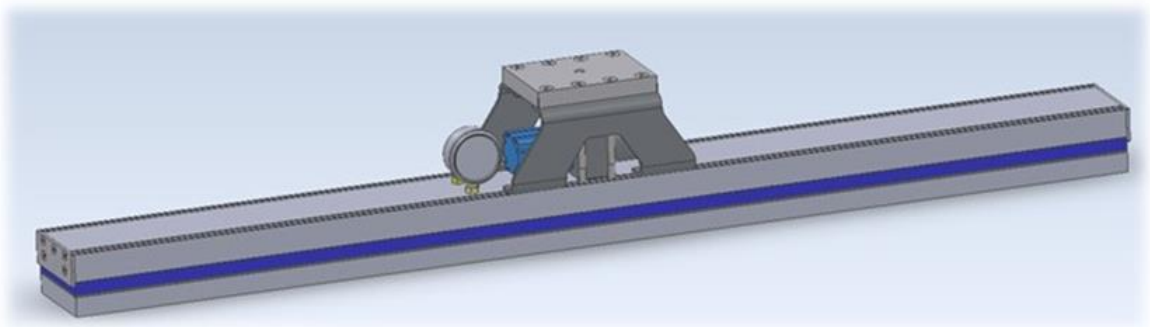
Lineartec Oy:n ehdotus käyttökohteen alipainetarraimeksi on esitetty kuvioissa 18 ja 19. Tarraimen mallinumero on 1314.72.74.HV. Tarrain soveltuu kummankin tuotteen sekä välilautojen nostamiseen. (Nuutinen 2016.)

Tarraimella voidaan nostaa pinnaltaan epätasaisia kappaleita solukumin ominaisuuksien johdosta. Se soveltuu hyvin myös eripituisten kappaleiden nostoon, koska sen sisäänrakennetut venttiilit sulkeutuvat niissä osissa, missä ei ole nostettavaa kappaletta. Tämän johdosta se soveltuu myös tarrainta lyhyemmille kappaleille. Tarraimen suurin turvallinen nostoteho suorasta pinnasta on 45 kilogrammaa. (Nuutinen 2016.)





Kuvio 18. Tarraimen mitat. (Nuutinen 2016.)



Kuvio 19. Tarraimen 3D-malli. (Nuutinen 2016.)

### 4.3 Robottisolun layout

Sopivan layoutin valinta vaikuttaa myös robotin valintaan, koska jos robotin sijoittaa koneen etupuolelle, ei tarvita niin suurta ulottuvuutta. Taakse sijoitettuna tarvitaan parempaa ulottuvuutta ja liikerataa robotilta. Jos robotti sijoitetaan koneen taakse, joudutaan siirrot suorittamaan koneen yli. Tässä tilanteessa robotti ei ole työntekijän edessä, jos tuotetta joudutaan valmistamaan manuaalisesti. Robotin sijoittaminen koneen eteen tekee siirroista yksinkertaisia.

Tuotteiden kokoamistavasta johtuen robotin täytyy pystyä liikuttamaan myös välilautoja, kuten kuvioista 11 nähdään, ruodenipun keskellä ja ala- ja yläpuolella on lautoja, jotka takaavat nipun kasassa pysymisen sekä trukilla liikuteltavuuden.

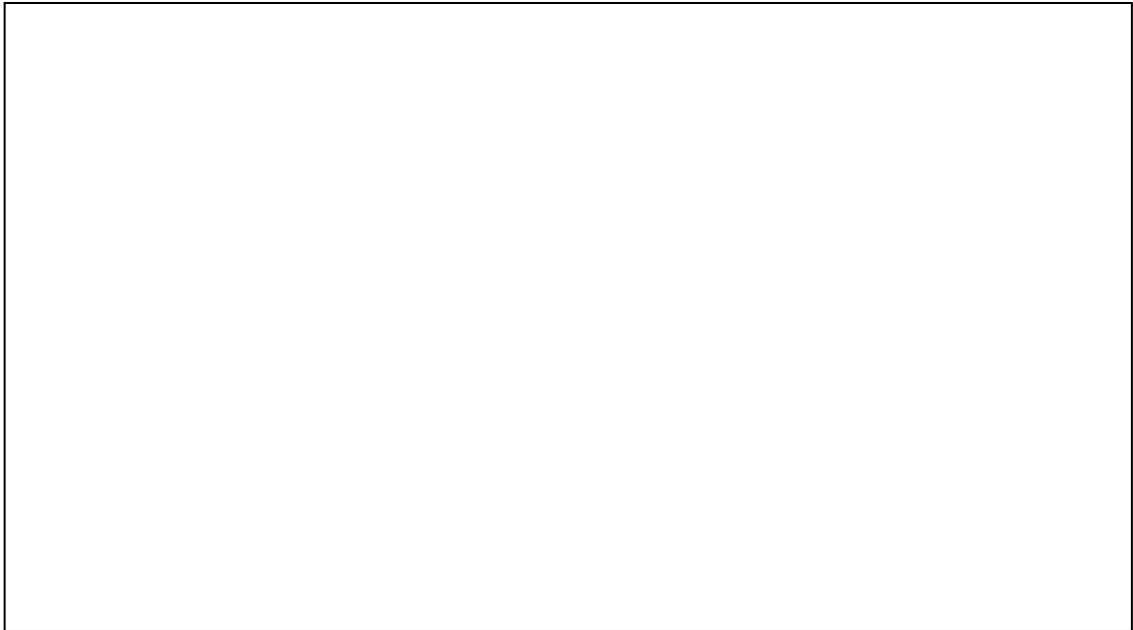
Layoutissa tulee ottaa huomioon lautatelineiden sijoittelu siten, että joko robotti tai operaattori pystyy käsittelemään niitä. Optimaalisin tilanne olisi, että robotti hoitaisi myös lautojen asettelemisen.

Kuvioista 9 ja 10 nähdään, miten harjantiivistelista kasataan tällä hetkellä. Tämä kasaustapa vie vähiten tilaa ja on todettu hyväksi. Jos kasaustapa halutaan pitää samana, tulee robottisoluun suunnitella väliasema. Väliasemassa harjantiivisteliset ensin käännetään pohjapuoli ylöspäin, jonka jälkeen robotti voi asetella seuraavan listan edellisen sisälle. Harjantiivistelisteiden robotisointi on ongelmallista niiden lyhyen pituuden ja nopean valmistuksen takia.

#### **4.3.1 Layout 1**

Ensimmäisessä layoutvaihtoehdossa (Kuvio 20) robotti on sijoitettu ruodekoneen etupuolelle. Tämän vaihtoehdon etuna on työnkulun yksinkertaisuus sekä toteutuksen helppous.

Tässä mallissa robotin keskiöstä koneeseen on matkaa noin kolme metriä, minkä johdosta harjantiivistelisteiden manuaalijahto onnistuu siirtämällä robotin käsivarren pois edestä. Jos halutaan hyväksikäyttää robotin koko liikerataa (Kuvio 22), robotti tulee nostaa korokkeelle. Tämä ei kuitenkaan vaikuta layoutiin. Molemmissa layoutvaihtoehdoissa solu on sijoitettu hallin nurkkaukseen, joten seinän puolelle ei tarvitse turva-aitoja.

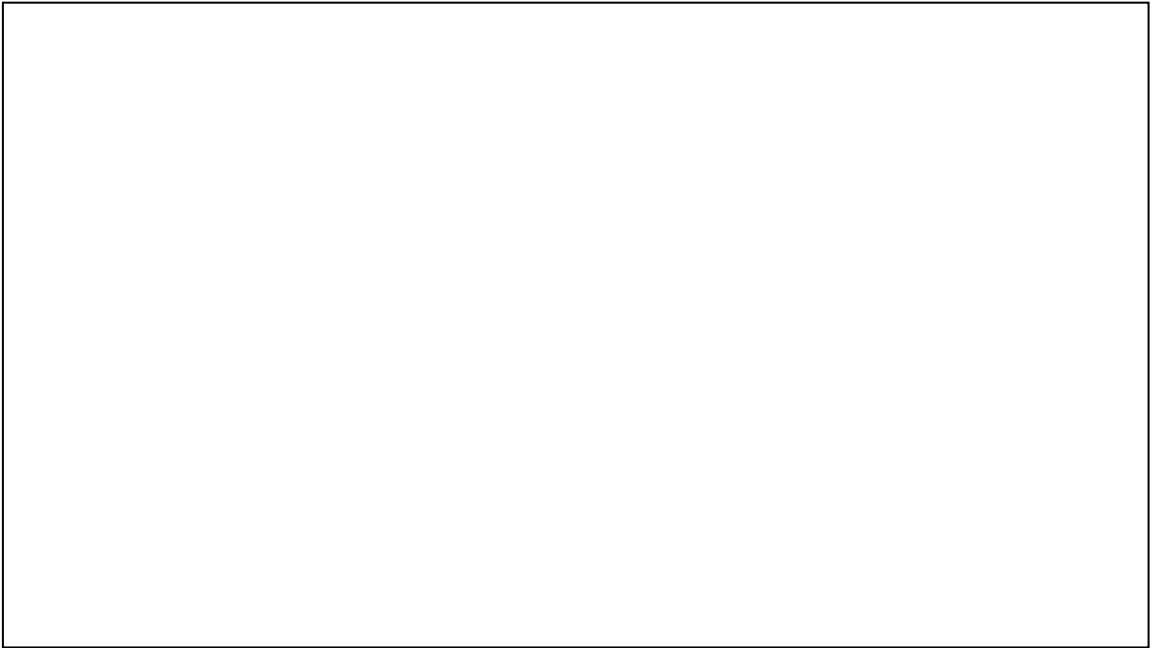


Kuvio 20. 3D-mallinnus layoutvaihtoehdosta 1.

#### 4.3.2 Layout 2

Toisessa vaihtoehdossa (Kuvio 21) robotti on aseteltu koneen taakse. Tämän mallin etuna on tehokas tilankäyttö ja robotin sijaitseminen koneen takana, minkä johdosta se ei ole manuaaliajon tiellä. Koska robotti on koneen takana, se joudutaan nostamaan korokkeelle, jotta sen liikerata ei estyisi. Ilman koroketta robotti ei ylettyisi poimimaan tuotetta koneelta eikä kurottamaan kättään liukuhihnalle asti.

Tämän vaihtoehdon heikkoutena on toteutuksen vaikeus. Robotin täytyy poimia tuote läheltä ja siirtää kauas liukuhihnalle. Robotin valitsemista käsittelevässä kappaleessa alempana, kuviossa 22, on esitetty robotin liikerata sivustapäin. Kuvaa tulkitsemalla selviää, että robotin tulee olla korokkeella noin 1,5 metrin päässä koneen takana, jotta se ylettyy kappaleeseen. Tämä tuottaa ongelmia, koska robotin täytyy vielä ylettyä siirtämään kappale kuljettimelle.



Kuvio 21. 3D-mallinnus layoutvaihtoehdosta 2.

#### 4.4 Robotin valinta

Käytettävissä olevista kolmesta mallista voidaan sulkea KR125 pois, koska se on nostokykynsä perusteella ylimitoitettu tehtävään. Tuotteiden keveyden johdosta ylimääräisestä nostokyvystä ei ole hyötyä.

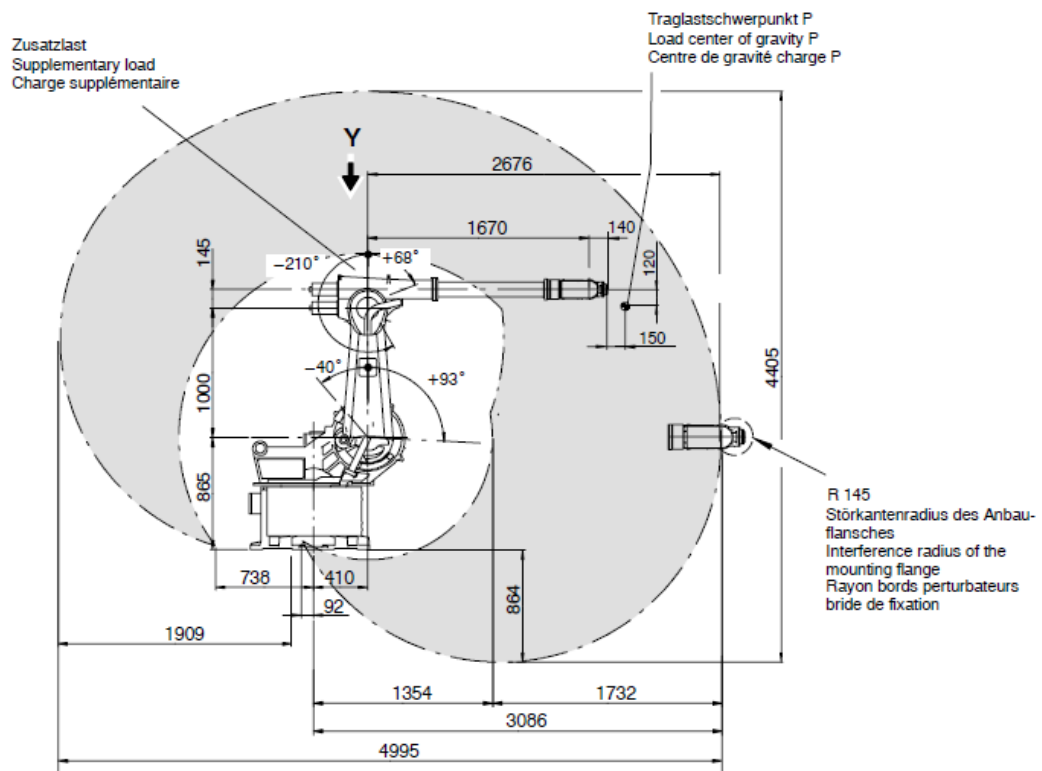
Taulukosta 1 nähdään kaikkien kolmen mallin ominaisuudet. Nostokyvyltään kumpikin jäljellä oleva robotti soveltuisi tehtävään. Tarvittavaan ulottuvuuteen vaikuttaa robotin sijoittelu. Robotti voidaan sijoittaa joko koneen taakse suorittamaan siirrot koneen yli, tai koneen ja liukuhihnan väliin, jolloin tarvitaan vähemmän ulottuvuutta.

Painavampi käsiteltävistä tuotteista on tuulettava teräsrude, joka painaa noin 2,6 kilogrammaa. Tarvittavaa nostovoimaa miettiessä täytyy myös ottaa huomioon tarraimen paino. Tässä tapauksessa tarrain on kohtuullisen kevyt, alle 10 kg, joten molemmat jäljellä olevista roboteista ovat käytettävissä.

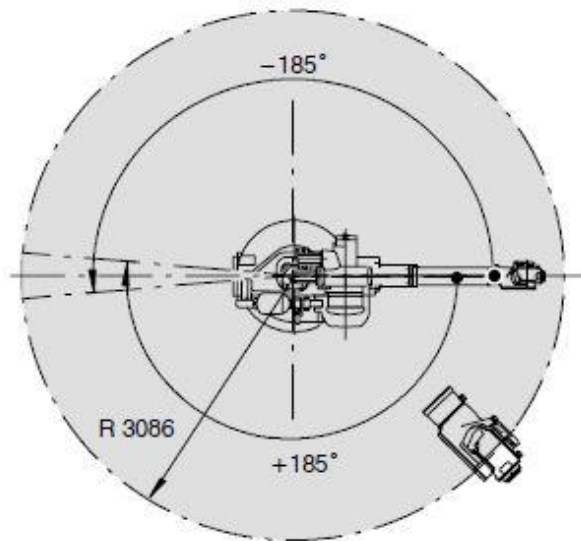
Koska nostokyky ei ole tärkeä, voidaan valita monipuolisin robotti tehtävään. Layoutsuunnittelun yhtenä päätavoitteena on layoutin joustavuus, mikä tekee L15/2-robotin hyväksi vaihtoehdoksi käyttökohteeseen. Kuvioissa 22 ja 23 on valitun robotin liikerata ja mitat sivusta sekä ylhäältäpäin kuvattuna.

Taulukko 1. Robottien ominaisuudet. (KUKA.)

Malli	KUKA KR 125/3	KUKA KR 30 L15/2	KUKA KR 30/2
Nostokyky (kg)	125	15	30
Robottikäsi (mm)	1000	1670	820
Ulottuvuus (mm)	2400	3086	2043



Kuvio 22. KUKA L15/2 -robotin liikerata ja mitat. (KUKA.)



Kuvio 23. Robotin liikerata yläpuolelta kuvattuna. (KUKA.)

#### 4.5 Uusien layouttien vertailu

Taulukossa 2 on vertailtu kummankin layoutin ominaisuuksia hyötyarvomatriisia käyttäen. Taulukossa on listattu viisi eri ominaisuutta, joita vaaditaan layoutilta. Kullekin ominaisuudelle on annettu painoarvo, jonka näkee ominaisuuden perässä olevasta numerosta. Kaikki arvosanat kerrotaan painoarvolla ja lasketaan yhteen, ja lopulliset pisteet näkyvät kunkin vaihtoehdon alapuolella.

Suurin ero vaihtoehtojen välillä on toteutuksen helppous. Molemmat layoutit ovat toteutettavissa, mutta layoutvaihtoehto 2:n toteuttaminen vaatii tarkkoja mittauksia, jotta robotin liikerata ja ulottuvuus riittävät liikkeen suorittamiseen. Tämän johdosta ensimmäinen layout sai paremmat pisteet vertailusta ja on toimivampi vaihtoehto. Työnkulku molemmissa vaihtoehdoissa on sama. Kun nippu on valmis, työntekijä kiristää sen metallinauhalla ja kuljettaa varastoalueelle.

Harjantiivistelijöiden robotisoinnin ongelmallisuudesta johtuen kummatkin layout-vaihtoehdot ovat suunniteltu vain teräsruoteen valmistukseen. Koska molemmat vaihtoehdot tukevat harjantiivistelijöiden käsin pakkaamista, kannattaa niiden pak-

kaaminen ja kokoaminen suorittaa käsin tulevaisuudessakin tai kunnes siihen löytyy parempi ratkaisuvaihtoehto.

Taulukko 2. Hyötyarvomatriisi.

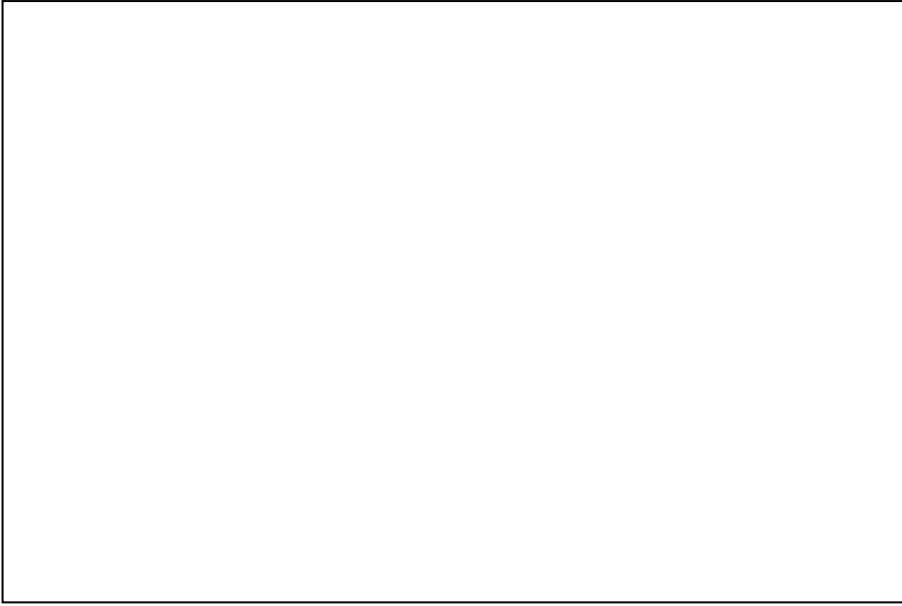
Painoarvo		Layout 1	Layout 2
Tilankäyttö	7	I/14	A/28
Materiaalivirta	10	E/30	A/40
Selkeys	5	A/20	I/10
Joustavuus	8	E/24	I/16
Toteutus	9	A/36	O/9
		124	103

A= melkein täydellinen (4)	O= välttävä(1)
E= erittäin hyvä (3)	U= huono (0)
I= hyvä (2)	

#### 4.6 Kehittämisidea

Koska harjantiivistelijöiden siirtäminen järkevästi robotilla tuottaa ongelmia, syntyi idea harjantiivistelijöiden pakkaukseen, mikä on esitetty kuviossa 24. Ideana on tuotteen siirtäminen robotilla liukuhihnalle, jonka päässä työntekijä pakkaa tuotteet. Jos pakkaus toteutetaan tällä tavalla, työntekijän ei tarvitse olla koneen ääressä kumpaakaan tuotetta tehdessä, mutta joutuu olemaan liukuhihan päässä kokoamassa tuotetta. Jos tämän tyylinen ratkaisu toteutettaisiin, jouduttaisiin harjantiivistelijöiden valmistusnopeutta pienentämään, jotta robotti pystyy poimimaan kappaleen. Harjantiivistelijöiden pituudesta johtuen tulisi myös miettiä, mistä kappale poimitaan. Tuote tulisi paikoittaa aina putoamaan samaan paikkaan ja asentoon, jotta robotti tietää, mistä poimia. Tästä syystä voitaisiin myös miettiä mallia, jossa tiivistelijä putoaa suoraan liukuhihnalle, jolloin robotin tehtäväksi jäisi ainoastaan teräsuhteet.



Kuvio 24. 3D-mallinnus kehitysideasta.



## 5 POHDINTAA

Työn aihe oli hyvin mielenkiintoinen ja haastava. Robotisointia on käsitelty koulutuksen aikana jonkin verran, mutta työn aikana asiasta oppi koko ajan uutta. Robotisoinnin lisäksi tuli myös layoutsuunnittelu tutuksi. Vaikka robotin ohjelmointi ja ohjaus eivät kuuluneetkaan työhön, tuli niistäkin kokemusta Seinäjoen ammatti-  
korkeakoulun laboratoriossa käymällä. Laboratoriokäynnit myös auttoivat ymmärtämään paremmin robotin liikkeitä, mikä auttoi työtä tehdessä. Työn aikana täytyi olla yhteydessä sekä Ruukkiin että Lineartec Oy:hyn, jolloin yrityksen sisäinen kommunikaatio tuli tutuksi.

Harjantiivistelistojen siirtäminen robotilla tuottaa ongelmia monella eri osa-alueella eikä siihen löytynyt käyttövalmista ratkaisua. Teräsruoteen pituuden ansiosta se pystytään poimimaan suoraan koneelta, mutta tämä ei kuitenkaan onnistu harjantiivistelistoja käsiteltäessä. Listojen tulisi pudota koneelta täysin samaan paikkaan, jotta robotti tietäisi niiden sijainnin ja voisi tarttua niihin. Harjantiivistelistojen pakkaukseen joutuu siis joko keksiä jokin uusi tapa tai pysyä vanhassa.

## 6 YHTEENVETO

Aihe opinnäytetyöhön löytyi, kun Vimpelin Ruukin toimipisteeltä siirrettiin koneita toiselle toimipisteelle. Siirron takia Vimpeliin jäi kolme robottia käyttämättömäksi. Ruodekone valittiin robotisoitavaksi, koska sen manuaalinen käyttäminen on fyysisesti raskasta ja toistuvaa työtä. Työstä rajattiin pois robotin ohjaus ja ohjelmointi, jotka jätetään ulkopuolisen yrityksen tehtäväksi.

Ruukin Vimpelin toimipisteellä on pitkät perinteet, ja se perustettiin vuonna 1961 nimellä Paavo Rannila Oy. 1990-luvulla Ruukki osti yrityksen sekä muita metalliteollisuuden yrityksiä Suomesta ja Ruotsista. Nykyään Ruukki ja SSAB ovat yhdistyneet, mutta Ruukki-nimeä käytetään yhä.

Työn teoriaosiossa käydään läpi robotiikan perusteita, tietoa eri tarraintyypeistä, tilastollista tietoa robotiikasta ja tietoa layoutsuunnittelusta sekä eri layouttityypeistä. Robotiikan teoriaosuuteen kuuluu robotiikan historia, yleisimmät robottityypit ja robotiikan turvallisuus.

Tarrainosiossa esitellään yleisimmät käytössä olevat tarraintyypit, jotka ovat mekaaniset, magneetti-, imu- ja tyhjiötarraimet. Näiden lisäksi kerrotaan myös robottivalmistajien standarditarraimista ja erikoistarraimista. Robotiikan nykytilaa ja tulevaisuutta pohditaan tilastojen avulla. Layoutia käsiteltävässä teoriaosuudessa kerrotaan eri layouttityypeistä, jotka ovat tuotantolinjalayout, funktionaalinen layout ja solulayout. Layoutsuunnittelussa kerrotaan, kuinka oikea layouttityyppi valitaan sekä mitkä ovat layoutsuunnittelun tavoitteet.

Tutkimusmenetelmissä esitetään tutkimuskohteen nykytila ja tuotteet, joita koneella valmistetaan. Näiden lisäksi tutkimusmenetelmissä kerrotaan 3D-mallinuksesta, tarraimen valintaprosessista, robotin valitsemisesta saatavilla olevista vaihtoehdoista sekä layoutin valitsemisesta.

Opinnäytetyön tulokset ja tulosten tarkastelu osiossa näytetään 3D-mallituksen tulokset, tarraimen valinta, layoutvaihtoehdot ja niiden vertailu sekä robotin valinta. Layouttiin kuuluvat koneet ja laitteet 3D-mallinettiin karkeasti Autodesk Inventor -ohjelmalla. Tarraimen valinta suoritettiin perusvaihtoehdoista, minkä jälkeen otet-

tiin yhteyttä Lineartec Oy:hyn, joka on erikoistunut alipainetarraimiin. Heiltä saatiin ehdotus alipainetarraimesta, joka soveltuisi käyttökohteeseen. Robottisolusta tehtiin kaksi layoutvaihtoehtoa, joita vertailemalla valittiin parempi vaihtoehto. Robotin valinta suoritettiin saatavilla olevien robottien ominaisuuksia ja liikerataa tutkimalla.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kaksi layoutvaihtoehtoa, joista toinen valittiin hyötyarvomatriisin avulla. Tarraimeksi valittiin alipainetarraimain Lineartec Oy:lta. Tehtävässä käytettävä robotti valittiin kolmesta vaihtoehdosta. Myös yksi kehittämisidea syntyi opinnäytetyötä tehdessä. Näistä suunnitelmista Ruukki voi halutessaan toteuttaa robottisolun.

## LÄHTEET

- Aalto, H., Heilala, J., Hirvelä, T., Kuivanen, R., Laitinen, M., Lehtinen, H., Lempiäinen, J., Lylynoja, A., Renfors, J., Selin, K., Siintoharju, T., Temmes, J., Tuovila, T., Veikkolainen, M., Vihinen, J. & Virtanen, A. 1999. Robotiikka. Vantaa: Talentum Oyj/Metallitekniikka.
- Aaltonen, K. & Torvinen, S. 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo: WSOY.
- Bosch Rexroth Corporation. Ei päivystä. Linear Motion Systems. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.4.2016]. Saatavissa: <https://www.boschrexroth.com/en/us/products/product-groups/linear-motion-technology/linear-motion-systems/index>
- EPSON Robots. Ei päivystä. G20 SCARA Robots. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.4.2016]. Saatavissa: <http://robots.epson.com/product-detail/5>
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. 5. painos. Tampere: Infacs Oy.
- IFR. 2012. History of Industrial Robots. [www-dokumentti]. International Federation of Robotics. [Viitattu 10.03.2016]. Saatavissa: [http://www.ifr.org/fileadmin/user\\_upload/downloads/forms\\_info/History\\_of\\_Industrial\\_Robots\\_online\\_brochure\\_by\\_IFR\\_2012.pdf](http://www.ifr.org/fileadmin/user_upload/downloads/forms_info/History_of_Industrial_Robots_online_brochure_by_IFR_2012.pdf)
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T. & Putkonen, K. 2001. Logiikat ja ohjausjärjestelmät: Koneautomaatio 2. Vantaa: WSOY.
- KUKA. Ei päivystä. Specification. [www-dokumentti]. KUKA Nordic AB. [Viitattu 24.11.2015]. Saatavissa: <http://www.kuka-robotics.com/finland/fi/downloads/>
- KUKA Nordic AB. Ei päivystä. KR 30 L16-2. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.4.2016]. Saatavissa: [http://www.kuka-robotics.com/finland/fi/products/industrial\\_robots/medium/kr30\\_l16\\_2/start.htm](http://www.kuka-robotics.com/finland/fi/products/industrial_robots/medium/kr30_l16_2/start.htm)
- Lempiäinen, J. 2012. Teollisuusrobottitilasto 2011. [www-dokumentti]. Deltatron Oy. [Viitattu 13.12.2015]. Saatavissa: [http://www.roboyhd.fi/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=161&Itemid=66](http://www.roboyhd.fi/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=161&Itemid=66)
- Lempiäinen, J. 2015. Tuotantotekniset investoinnit nousuun vaikka väkisin!. [www-dokumentti]. Deltatron Oy. [Viitattu 13.12.2015]. Saatavissa: [http://www.roboyhd.fi/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=182&Itemid=66](http://www.roboyhd.fi/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=182&Itemid=66)

Malm, T., Viitaniemi, J., Marstio, I., Toivonen, S., Koskinen, J., Venho, O. & Salmi, T. 2008. Vuorovaikutteisen robotiikan turvallisuus. Helsinki: Suomen robotiikkayhdistys ry.

Nuutinen, A. 2016. Lineartec Oy. [Sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Lauri Vesala. [Viitattu 19.4.2016].

Ruukki. 2015. Uusi Ruukki Construction. [PowerPoint-esitys]. Ruukki Construction. [Viitattu 25.11.2015]. Saatavissa: yrityksen sisäisessä käytössä.

Suomen Automaatioseura ry. 2014. Automaation määritelmä. [www-dokumentti]. [Viitattu 19.4.2016]. Saatavissa:

<http://www.automaatioseura.com/component/content/article/5-uusimmat-tiedotteet/186-automaation-maaeritelmae-keskustelua?format=pdf>

## LIITTEET

Liite 1: Nuutinen, A. 2016. Tarrain ehdotus. [Sähköpostiviesti]. Lineartec Oy. [Vii-  
tattu 19.4.2016].

Liite 2: Layoutin osaluettelo

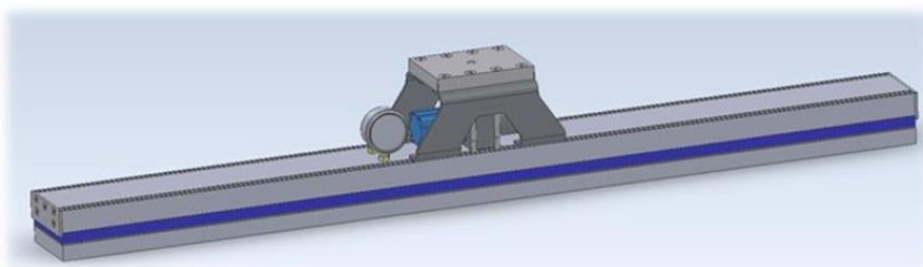
Liite 3: Layout ja mitat ylhäältäpäin

## Liite 1: Tarrain ehdotus Lineartec Oy:lta

Ehdottaisin tällaista alipainetarttujajärjestelmää teräsruoteitten nostoon robotilla.

Alipainetarttuja olisi tyypiltään, **Lineartec 1314.72.74.HV**.

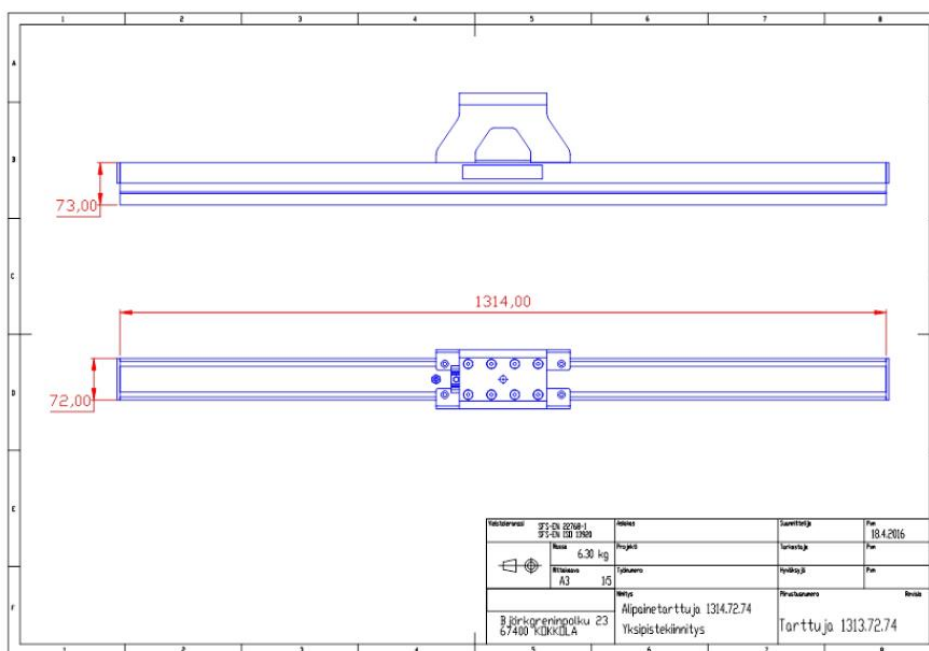
Turvallinen nostoteho suorasta pinnasta on ilmoitettu tässä tyyppikilvessä.



Alipainetarttujalla voidaan nostaa epätasaisia kappaleita, koska solukumi ominaisuuksiltaan antaa siihen mahdollisuude

Tarttujan sisäänrakennetut venttiilit sulkeutuvat niiltä osin, missä ei ole nostettavaa kappaletta tarttujan pohjan alueella.

Tarttujan alipainetta ohjataan sen kannessa olevalla paineilmakäyttöisellä alipaineventtiilillä.



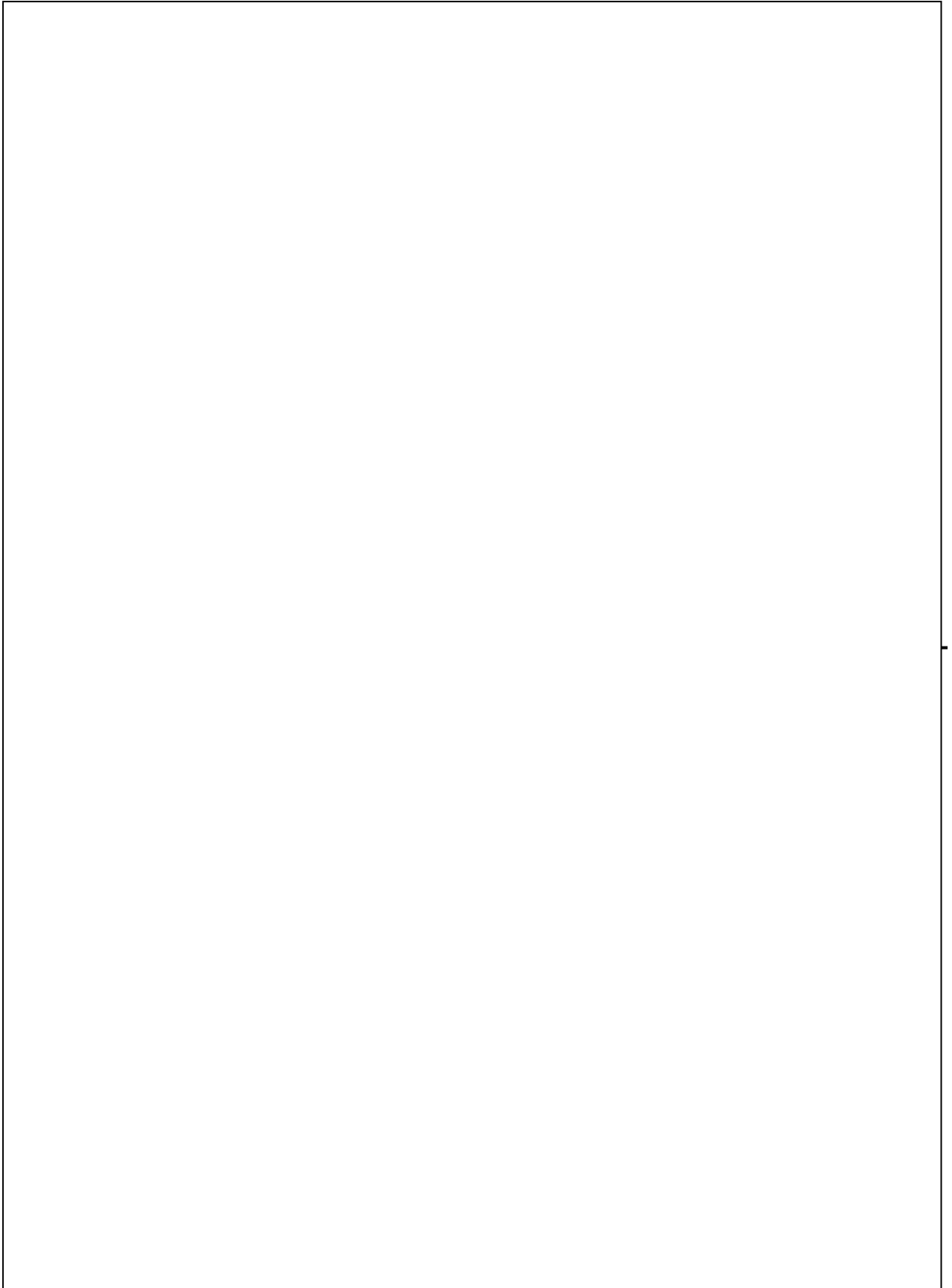
Alipainepumppu on 1,25 kw lamellipumppu.

Alipainepumpun tuotto on 40m<sup>3</sup>/h.

Alipainetasoksi linjassa säädetään – 600 mbar.

Alipainelinjastoon tulee vielä asennettavaksi suodatin, varoventtiili ja alipainemittari.

Liite 2: Layoutin osaluettelo





Liite 3: Layout ja mitat ylhäältäpäin

