

Eetu Meriläinen

# Kappaleenkäsittelyrobotin hyödyntäminen hitsausrobottisolussa



Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Syksy 2024



**KAMK • University  
of Applied Sciences**

## Tiivistelmä

**Tekijä(t):** Meriläinen Eetu

**Työn nimi:** Kappaleenkäsittelyrobotin hyödyntäminen hitsausrobottisolussa

**Tutkintonimike:** Insinööri (AMK), konetekniikka

**Asiasanat:** hitsausrobotiikka, teollisuusautomaatio, simulointi

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Vuokatissa sijaitsevalle Suokone Oy:lle esisuunnitelma monirobottisolusta, jossa hitsaus- ja kappaleenkäsittelyrobotti toimivat yhteistyössä. Aihe valittiin, koska haluttiin tutkia, millaisia hyötyjä robottien yhteistyöllä saavutettaisiin. Aiheen avulla pystyttiin myös hahmottelemaan monirobottisolulle erilaisia layout -vaihtoehtoja.

Työn keskeisiin ideoihin kuului esisuunnitella nykyiseen hitsausrobottisolun toinen robotti, joka toimisi kappaleenkäsittelyrobottina. Keskeisiin ideoihin kuului myös hyötyjen tarkastelu hitsaus- ja kappaleenkäsittelyrobotin yhteistyöstä. Esisuunnittelu toteutettiin hyödyntämällä Visual Components OLP 4.9 -ohjelmistoa. Esisuunnittelussa hyödynnettiin myös nykyisen hitsausrobottisolun simulaatiomallia.

Ensimmäisenä työssä lähdettiin hahmottelemaan kappaleenkäsittelyrobotia ja sille mahdollista rataa, jossa se voisi liikkua. Hahmotelma tehtiin Visual Components OLP- ohjelmistolla hyödyntäen nykyisen hitsausrobottisolun mallia. Seuraavaksi työssä hahmoteltiin kappaleenkäsittelyrobotille tarkoitukseen sopiva työkalu hyödyntäen SolidWorks -ohjelmistoa. SolidWorks -ohjelmistoa hyödynnettiin myös työkalunvaihtotelineen esisuunnittelussa. Työkalut ja työkalunvaihtoteline hahmoteltiin vain visuaalisesta näkökulmasta, ettei kokonaisuus kasva liian suureksi. Lopuksi opinnäytetyössä tehtiin hyötyjen tarkastelu esisuunnitellun monirobottisolun hyödyistä ja mahdollisista haasteista.

Monirobottisolun hyötyjen tarkastelussa hyödynnettiin etäohjelmointiin tarkoitettua Visual Components OLP -simulointityökalua. Esimerkiksi simuloimalla monirobottisolua pystyttiin hahmottamaan tuotannon nopeutta. Tarkasteluja tehdessä huomattiin, että monirobottisolun avulla voidaan nopeuttaa tuotantoa merkittävästi, parantaa työntekijöiden työturvallisuutta sekä vähentää fyysistä rasitusta kappaleiden vaihdon yhteydessä. Tarkasteluissa huomattiin myös haasteiksi monirobottisolun kustannukset, alhainen tuotantomäärä sekä kokemattomuus liittyen etäohjelmointiin.

## **Abstract**

**Author(s):** Meriläinen Eetu

**Title of the Publication:** Utilization of Handling Robot in a Welding Robot Cell

**Degree Title:** Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

**Keywords:** welding robotics, industrial automation, simulation

The aim of the thesis was to create a preliminary plan for a multi-robot cell at Suokone Oy in Vuokatti, integrating a welding robot and a part-handling robot. The topic was chosen because the goal was to investigate the benefits of robot collaboration.

The key focus of the thesis included designing a second robot to function as a part-handling robot in the existing welding robot cell. Additionally benefits of collaboration between welding and part-handling robots were evaluated. The preliminary design was conducted using Visual Components OLP 4.9. The simulation model of the existing welding robot cell was used in the design process.

Firstly, the part-handling robot was designed and a possible path for its movement was determined. The design was made using Visual Components OLP 4.9, utilizing the model of the existing welding robot cell. Next, a suitable tool for the part handling robot was designed using SolidWorks. SolidWorks was also used in the preliminary design of the tool changing station. The tools and the tool changing station were visually designed to maintain a compact and functional layout. Finally, the benefits and potential challenges of the designed multi-robot cell were evaluated.

In the evaluation of the benefits of the multi-robot cell, the Visual Components OLP simulation tool for remote programming was used. As a result, various multi-robot cell layout options were developed. The multi-robot cell could significantly enhance production efficiency, improve worker safety, and reduce physical strain during part changes. The analysis also revealed challenges such as the costs of the multi-robot cell, low production volume, and inexperience with offline programming.

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
1.1	Suokone Oy .....	1
2	Hitsausrobotiikka yleisesti .....	3
2.1	Robottihitsauksen käyttökohteita ja suoritustekniikka .....	3
2.2	Antureiden hyödyntäminen hitsausrobotisolussa .....	5
2.3	Robottihitsauksen hyödyt ja haasteet.....	8
2.4	Monirobotin hitsaussolu.....	9
3	Offline-ohjelmointi eli etäohjelmointi .....	10
3.1	Etäohjelmoinnin hyödyt .....	10
3.2	Etäohjelmoinnin heikkoudet .....	11
4	Monirobotisolun esisuunnittelu.....	12
4.1	Kappaleenkäsittelyrobotin työkalun esisuunnittelu .....	17
4.2	Työkalunvaihtotelineen esisuunnittelu .....	19
4.3	Monirobotisolun toiminta ja testaus .....	20
5	Monirobotisolun hyötyjen tarkastelu .....	25
5.1	Monirobotisolun hyödyt .....	25
5.2	Monirobotisolun haasteet .....	26
6	Yhteenveto .....	28

## Liitteet

## Määritelmät/käsitteet

Monirobottisolu	Solussa enemmän kuin yksi robotti
OLP	Off-Line programming eli etäohjelmointi
TCP	Tool Center Point eli työkalupiste
CAD	Computer-aided design eli tietokoneavusteinen suunnittelu
YRC 1000	Robottiohjain
AR2010	Hitsausrobotti
GP 180-120	Kappaleenkäsittelyrobotti

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä Vuokatissa sijaitsevalle Suokone Oy:lle esisuunnitelma monirobottisolusta, jossa hitsaus- ja kappaleenkäsittelyrobotti toimivat yhteistyössä. Aihe valittiin, koska haluttiin tutkia, millaisia hyötyjä robottien yhteistyöllä saavutettaisiin.

Työn aihe on ajankohtainen ja nousua tekevä nykypäivän yrityksissä ja robottiteollisuudessa. Uutta tietoa saadaan mahdollisesti selville tutkittaessa, millaisia hyötyjä uudistus toisi ja esisuunnittelemalla monirobottinen hitsaussolu hyödyntäen Visual Components Premium OLP:tä, joka on etäohjelmointiin tarkoitettu ohjelmisto.

Työn keskeisiin ideoihin kuuluu esisuunnitella nykyiseen hitsausrobottisoluun toinen robotti, joka toimisi kappaleenkäsittelyrobottina. Kappaleenkäsittelyrobotille hahmotellaan myös tarkoitukseen sopiva työkalu hyödyntäen SolidWorks-ohjelmistoa. Työkalu hahmotellaan vain visuaalisesta näkökulmasta, eikä hahmotelmassa oteta huomioon muun muassa työkalun painopistettä, massaa tai oheislaitteiden liitännämahdollisuuksia.

Monirobottisolun esisuunnittelu toteutetaan tekemällä simulaatiomalli hyödyntäen Visual Components OLP ohjelmaa. Simulaatiomallin avulla pyritään hahmottamaan kokonaisuuden toimivuuden lisäksi robottien liikeratoja, erilaisia layout-vaihtoehtoja, työajan arviointia sekä työkalujen toimivuutta.

### 1.1 Suokone Oy

Suokone Oy on turvekoneiden ja murskausjyrsinten tuotantoon erikoistunut konepajayritys. Suokone perustettiin vuonna 1971 Reino Meriläisen toimesta. Suokoneen tuotteita on tänä päivänä käytössä maailman kaikilla mantereilla ja yritys toimittaa säännöllisesti tuotteitaan kymmeneen eri maihin. Suokoneen tuotteita ovat muun muassa murskausjyrsimet, turvekoneet, telatraktorit ja jyrsimet sekä tielanat teiden huoltoon. [1.] Esimerkkinä kuvassa 1 on MeriCrusher MJ -murskausjyrsin, jota käytetään kantojen ja hakkuutähteiden murskaamiseen kuin metsä- ja maapohjan yleiseen raivaukseen 20 cm:n syvyyteen saakka. Kyseiset jyrsimet sopivat myös sorateiden kesä- ja

talvikunnossapitoon sekä jään jysintään teiden ja jalkakäytävien pinnan tasoittamiseksi ja pidon parantamiseksi. [2.]



Kuva 1. Suokoneen tuote MeriCrusher MJ -murskausjyrsin [2].

## 2 Hitsausrobotiikka yleisesti

Hitsausrobotiikassa robotit ohjelmoidaan hoitamaan hitsausprosessi ohjelman perusteella. Robotit pystytään ohjelmoimaan aina uudelleen käyttötarkoituksen mukaan. Hitsausrobotiikka on pitkälle kehittynyt versio automatisoidusta hitsauksesta, jossa koneet suorittavat hitsauksen, mutta ohjelmoijat ja operaattorit valvovat prosessia. Robottitekniikkaa hyödyntäen saadaan hitsausprosessista tarkempia ja nopeampia tuloksia, parannetaan turvallisuutta sekä jätteen määrää vähenee. Robotit pystytään ohjelmoimaan paikkoihin, jotka ovat ahtaita tai muuten haastavia hitsata. Robotti työskentelee paremmalla nopeudella ja tarkkuudella verrattuna käsin hitsaamiseen. Hitsausrobotit tuovat tuotantoon enemmän aikaa ja joustavuutta. [3.]

Yksinkertaistettuna hitsausrobotiikka on hitsausmenetelmä, jossa robotti kuljettaa hitsauspolttinta ennalta määritettyä reittiä hitsauksen aikana. Työkappale, jota hitsataan, on kiinnitettynä liikkuvaan tai vaihtoehtoisesti kiinteään kiinnittimeen. [4.]

### 2.1 Robottihitsauksen käyttökohteita ja suoritustekniikka

Robottihitsauksella voidaan saavuttaa korkea tuottavuus ja sillä säästetään aikaa, mikä on mahdollistanut sen merkittävän aseman metalliteollisuudessa ja raskaassa teollisuudessa. Robottihitsaus soveltuu parhaiten lyhyille ja toistettaville työkappaleille, mutta ulkoisia akseleita lisäämällä mm. robotin jalustan alle rakennetulla radalla, voidaan roboteilla työstää pitkiäkin kappaleita. Ulkoisten akselien avulla robottihitsausta on pystytty myös hyödyntämään auto- ja telakkateollisuudessa. [3.]

Ajoneuvoteollisuudessa robottihitsauksen avulla voidaan hitsata muun muassa ajoneuvojen runkoja, nivelosia sekä moottorin kiinnikkeitä korkealla tarkkuudella. Rakennusteollisuudessa robottihitsausta voidaan hyödyntää esimerkiksi palkkien ja teräsrunkojen hitsaustöissä, mikä takaa rakennelmien lujuuden ja turvallisuuden. Konepajateollisuudessa robottihitsausta voidaan käyttää vaikeiden kappaleiden hitsauksessa ja tuotannon nopeuttamisessa, kun laadukas hitsaus on kriittistä. [5.]

Robottihitsaus painottuu pääasiassa ohjelmistoon ja sen oikeaan käyttöön. Kustannusrakenne lähinnä keskittyy laitteistohankintoihin, testaukseen ja käyttäjäkoulutukseen. Hitsaustyön robotisointi vaatii erityisen tarkkaa suunnittelua ja ammattilaisen taitoa mm. hitsausjärjestykseen liittyen. Hitsaustuotanto tulee analysoida kaikkine työvaiheineen, kustannuksineen sekä laitteiden yhteensopivuus robotiikan kanssa tulee ottaa huomioon. [3.]

Robottihitsauksessa määritysten ja raja-arvojen tulee olla tarkkoja, jotta voidaan varmistaa oikeanlainen hitsaus. Automatisoidussa hitsauksessa hitsien laatu on tasalaatuista, jos määritykset ovat oikeanlaiset ja raja-arvot mitoitettu minimiin. [3.] Kuvassa 2 on hitsausrobotin suorittama sauma, jossa näkyvät hitsausrobotiikan tarkkuus ja tasalaatuisuus.



Kuva 2. Suokoneen hitsausrobotin tekemän hitsisauman laadun testaus ja tarkastelu.

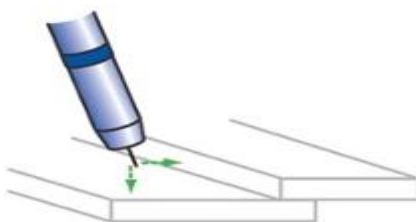
## 2.2 Antureiden hyödyntäminen hitsausrobotisolussa

Anturit voidaan jakaa kosketustyyppiin ja ei-kosketustyyppiin antureihin. Kosketustyyppisessä anturissa polttimen nokka toimii anturina, joka havaitsee kosketuksen työkalun kanssa. Nokan avulla voidaan tunnistaa sauman sijainti, suunta sekä hitsisauman paikka. Kosketustyyppisen anturin edut ovat sen edullisuus ja helppokäyttöisyys. [6, s. 599.]

Ei-kosketustyyppiset anturit, kuten näköanturit ja laseranturit, pystyvät havaitsemaan hitsausparametrien muutokset hitsauskaaren aikana. Kyseisiä antureita voidaan hyödyntää T-liitoksissa, U- ja V-muotoisissa urissa. Antureilla voidaan hallita muun muassa kaaren pituutta, etäisyyttä kappaleeseen, sauman seuranta, tunkeutumisen ja hitsauksen laatua sekä kaaren jännitettä. [6, s. 599.]

Kuva 3 esittää langan kosketustunnistusmenetelmää, jossa hitsauslangalla tehdään fyysinen kosketus kappaleeseen ennen hitsausta. Kyseinen prosessi on hitaampi kuin lasertekniikat, koska robotin täytyy liikkua hitaasti hakemaan kosketus kappaleeseen. Menetelmää käytetään yksinkertaisten saumojen ja liitosten löytämisessä. [7.]

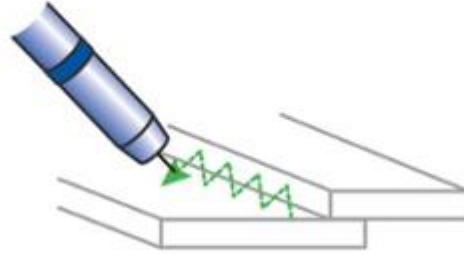
### Through-Wire Touch Sense



Kuva 3. Through-Wire Touch Sense [7].

Kuvassa 4 käytetään kaari-seurantateknologiaa, jossa käytetään kiinteää anturia, joka asennetaan hitsausvirran lähistölle mittaamaan aktiivisesti kaariparametrejä hitsauksen aikana. Kyseistä menetelmää käytetään määrittämään poikkeamat opetetun ja todellisen sauman välillä. Menetelmä soveltuu parhaiten pitkille ja kaareville saumoille tai osille, joiden välillä on vaihteluja. [7.]

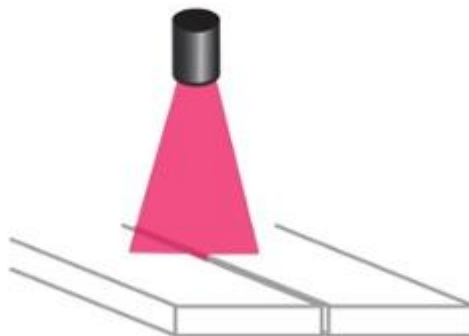
## Through-Arc Seam Tracking



Kuva 4. Through-Arc Seam Tracking [7].

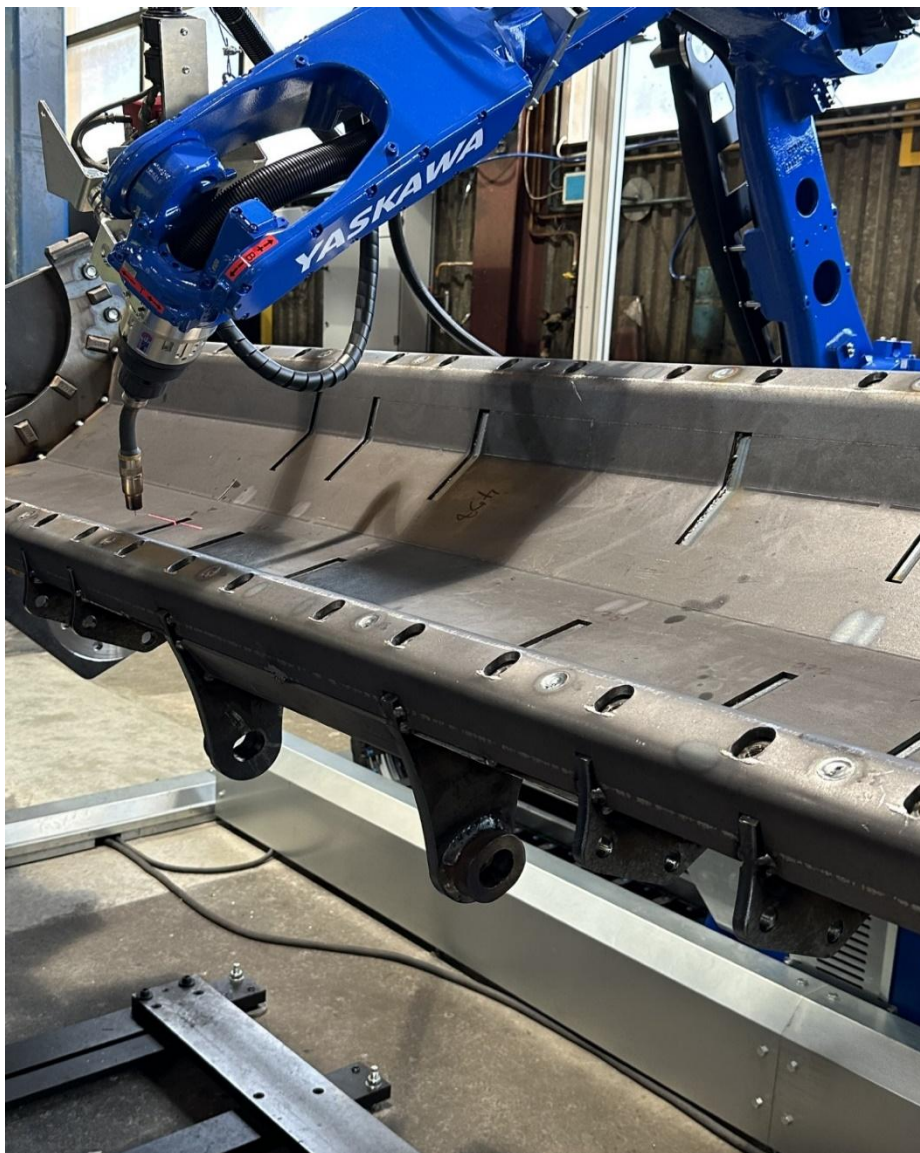
Kuvassa 5 käytetään laser-seurantaa, joka mahdollistaa saumojen reaaliaikaisen seurannan. Seurantaa käytetään kappaleissa, joissa esiintyy vaihtelevia rakoja, kuten hitsatessa suurten sylinterien ympäri. Laser-seuranta sopii parhaiten vaihteleville saumoille, jotka vaativat nopeinta mahdollista syklin aikaa. [7.]

## Laser Seam Tracking



Kuva 5. Laser Seam Tracking [7].

Kuvassa 6 on Suokone Oy:n uusi hitsausrobottisolu. Kuvassa 6 harjoitellaan käyttämään i-Cube servorobots -laserhakuanturin toimintoja Yaskawan järjestämässä käyttäjäkoulutuksessa.



Kuva 6. i-Cube servorobots -laserhakuanturin toimivuuden testaus

### 2.3 Robottihitsauksen hyödyt ja haasteet

Robottihitsauksen avulla voidaan mahdollistaa ympärivuorokautinen työskentely ilman tuotannon taukoja. Hitsaustyön robotisoinnilla pystytään tuomaan tasaisuutta sekä tarkkuutta ja näin ollen vähentämään inhimillisten virheiden mahdollisuutta. Robottihitsauksella pystytään parantamaan työturvallisuutta, koska se vähentää työntekijöiden altistumista kuumuudelle, suojaa hitsauksesta syntyviltä kaasuilta, vaarallisilta aineilta sekä lyhytaaltoiselta UV-säteilyltä. Nykypäivänä kansainvälinen syöpätutkimuslaitos (IARC) on luokitellut hitsaushöyryt syöpävaarallisiksi ihmisille. Kuva 7 kuvastaa hitsauksesta syntyviä vaarallisia metallihöyryjä ja kaasuja. [8.]



Kuva 7. Hitsauksesta syntyy metallihöyryjä ja kaasuja [8].

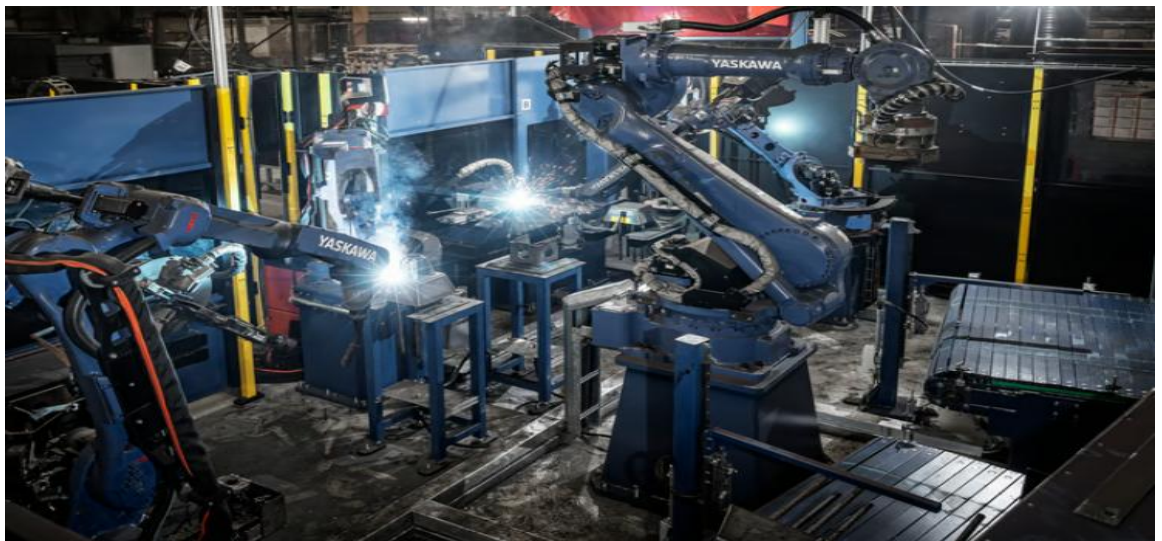
Hankintana hitsausrobotijärjestelmä on kallis, mikä voi rajoittaa hankintaa pienemmissä yrityksissä. Robottia hankittaessa tulee myös ottaa huomioon lisälaitteiden, asennuksen, koulutuksen, ylläpidon sekä huollon kustannukset. Työskentely hitsausrobottien kanssa vaatii käyttäjiltä erityistä osaamista ja koulutusta, liittyen hitsaukseen sekä robotiikkaan. Robottitekniikan kehittyessä lisäkoulutusten tarve voi lisääntyä. Hitsaustyön robotisointi vaatii paljon enemmän ennakkosuunnittelua ja testaamista verrattuna käsin hitsaukseen, jossa hitsaaja voi tehdä korjauksia

siinä hetkessä. Robottiin menevien työkappaleiden tulisi rakenteeltaan olla mahdollisimman tasaalaatuisia, jotta robotin anturit pystyvät havaitsemaan oikeat saumat.

#### 2.4 Monirobottinen hitsaussolu

Joskus voi tulla tilanteita vastaan, joissa robottien liiketila tai liikkeiden monipuolisuus ei riitä ja niitä pitäisi laajentaa. Yleensä prosessi vaatii enemmän robotteja tai käsivarsia, jotta tehtävä hoituisi ja näin ollen voidaan puhua monirobottisesta hitsaussolusta. Hitsaussolussa kappaleenkäsittelyrobotin tehtävänä on käsitellä työkappaletta ja siirtää kappale joko paikoittimeen tai mahdollisesti pitää työkappaletta paikoillaan hitsauksen ajan mahdollistaen hitsausrobotille optimaaliset hitsausasennot. Kun robotit liitetään yhteiseen maailmankoordinaatistoon robotit pystyvät toimimaan synkronisesti keskenään tietäen tarkasti toistensa asemat ja liikkeet. [9, s. 135.]

Monirobottiset hitsaussolut soveltuvat erikokoisten ja erimuotoisten työkappaleiden hitsaukseen. Monirobottiset hitsaussolut ovat yleisiä autoteollisuudessa sekä konepajateollisuudessa, koska ne mahdollistavat monimutkaisten osien tehokkaan ja tarkan hitsauksen. Suomen teollisuudessa on paljon monirobottisia hitsaussoluja, joissa hitsausrobotia ja apurobotia eli kappaleenkäsittelyrobotia, pystytään hyödyntämään piensarjojen valmistuksessa, missä vaihtuvuus on laaja. Kuvassa 8 on monirobottinen hitsausjärjestelmä, jota Kemppi esittelee blogikirjoituksessaan.



Kuva 8. Monirobottinen hitsausjärjestelmä [10].

### 3 Offline-ohjelmointi eli etäohjelmointi

Robottien offline-ohjelmointi (OLP) on menetelmä, jossa robottien ohjelmat luodaan tietokoneohjelmistossa eli virtuaaliympäristössä 3D CAD -datan perusteella. Kun robottiohjelma on luotu ja tarkistettu, ohjelma voidaan ladata todelliseen robottiin. Tehokas etäohjelmointi perustuu CAD-mallin tarkkuuteen suhteessa työsoluun. Jotta etäohjelmointi voidaan ottaa käyttöön, tulee käyttäjien suorittaa robottisolun kalibrointi. Kalibrointi voidaan tehdä mittaamalla joukko viitepisteitä, lukemalla TCP:n todellinen sijainti ja muiden ympäristössä olevien laitteiden sijainti virtuaaliympäristöön. Kalibroinnin mittaukset voidaan suorittaa käyttämällä itse robottia mittalaitteena tai ulkoisia mittalaitteita, kuten 3D-lasereita. [11.]

Robottien etäohjelmoinnilla tarkoitetaan myös robotin hallintaa ja ohjelmointia etäyhteyden avulla, eikä ohjelmoijan tarvitse olla robotin tai laitteen läheisyydessä. Etäohjelmoinnilla on merkittäviä etuja teollisuusautomaation, robotiikan sekä tuotannon hallinnan alueilla. Etäohjelmoinnilla voidaan vaikuttaa muun muassa tuottavuuteen, kustannuksiin sekä myös työympäristön turvallisuuteen.

#### 3.1 Etäohjelmoinnin hyödyt

Etäohjelmointi poistaa fyysisen läsnäolon tarpeen robotin luona, mikä säästää aikaa ja matkustuskustannuksia. Kyseinen menetelmä on erittäin hyödyllinen suurissa ja hajautetuissa tuotantolaitoksissa ja yrityksissä, joissa robotteja voi olla ympäri maailmaa. Etäohjelmoinnilla mahdollistetaan useiden robottien ja laitteiden hallinta yhdestä keskitetystä paikasta. Tällä voidaan parantaa tuotannon hallintaa ja valvontaa, esimerkiksi suurissa tuotantolaitoksissa, joissa voi olla useita eri robotteja erilaisissa työtehtävissä.

Robottien ohjelmointi ja päivitykset voidaan suorittaa ilman, että tuotanto pysähtyy. Tämä vähentää tuotannon seisokkeja ja parantaa tehokkuutta, koska ohjelmointi voidaan tehdä etäohjelmoinnin avulla. Etäohjelmoinnilla voidaan mahdollistaa ohjelmointi ja virheiden korjaukset myös silloin, kuin tuotanto pyörii normaalisti. Näin ollen ohjelmoijat voivat pystyä työskentelemään robotin kanssa ilman, että heidän pitäisi seisottaa tuotantolinjaa. Teknisten ongelmien ja vikojen syntyessä etäyhteys mahdollistaa myös teknisen tuen tarjoamisen ilman asiantuntijan läsnäoloa.

### 3.2 Etäohjelmoinnin heikkoudet

Etäohjelmoinnilla on useita etuja, mutta siihen liittyy huonojakin puolia. Esimerkiksi ohjelmiston hankinta on kallista, erityisesti pienemmille yrityksille. Vaikka ohjelmisto maksaisikin itsensä takaisin pitkällä aikavälillä, alkuinvestointi voi rajoittaa etäohjelmoinnin hankintaa. Vaikka etäohjelmoinnin avulla voitaisiin nopeuttaa ohjelmointia, perinteisellä ohjauspedantilla voidaan joustavasti tehdä välittömiä korjauksia ja kokeiluja robotin liikkeisiin.

Hitsausrobotin etäohjelmointi vaatii ohjelmoijalta tuntemusta robotiikasta sekä hitsauksesta. Etäohjelmoinnin haasteena voi olla kalibrointi, joka täytyy tehdä robottisolulle, robotille sekä robottien työkaluille. Kalibrointi tulee tehdä tarkasti, että simulaatiomalli vastaa todellista ympäristöä. Robotti ja sen työkalun kalibrointi tulee tehdä huolella, jotta etäohjelmoidut paikoitukset toteutuvat tarkasti ja toistettavuus säilyy. Haasteena etäohjelmointia käytettäessä voi olla myös robotin antureiden kaapelit, jotka saattavat kiertyä robotin ympärille. Lisälaitteiden kaapeleiden kiertymistä on lähes mahdoton havaita pelkällä simulaation perusteella.

#### 4 Monirobottisolun esisuunnittelu

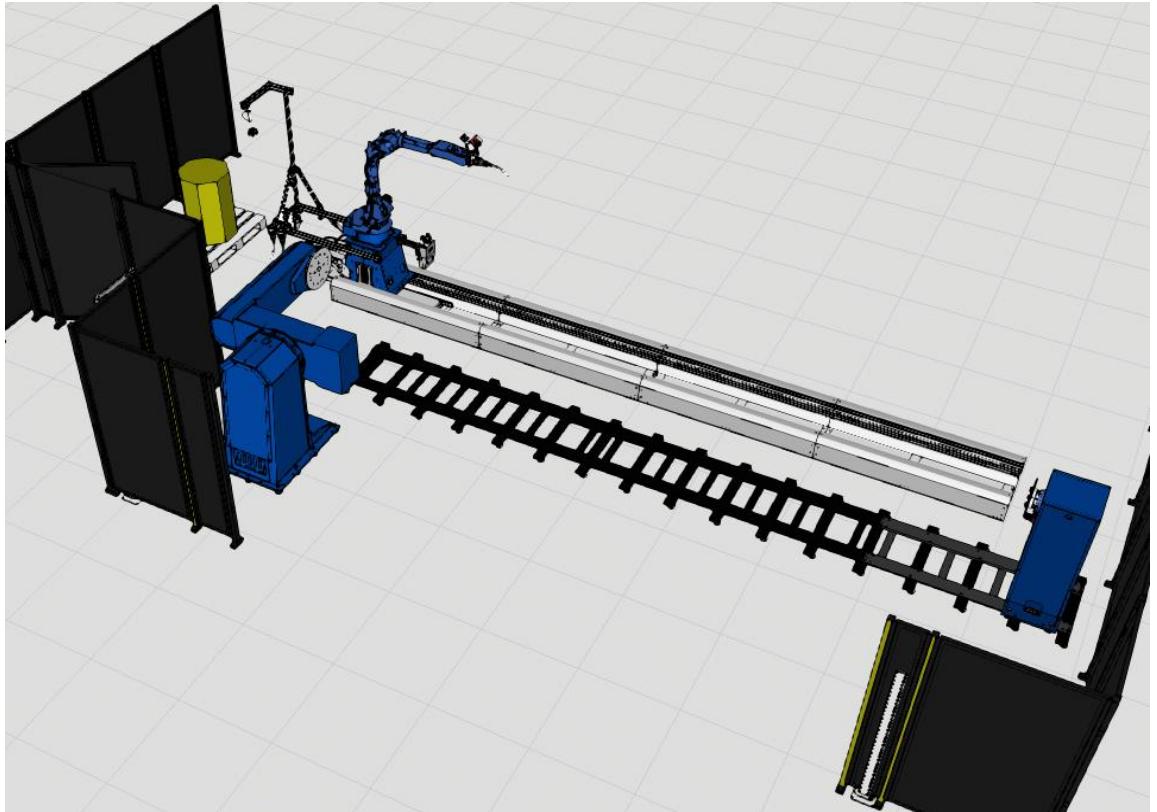
Robottihitsausjärjestelmän hankinta voidaan jakaa neljään osioon, jotka ovat esisuunnittelu-, hankinta-, asennus- ja käyttöönottovaihe. Esisuunnitteluvaiheessa tehdään kartoitus ja asetetaan yleisiä suuntaviivoja hankittaville laitteistoille. Monirobottisolun hankintaa ajatellen, robotin toimittaja pystyy auttamaan yritystä päättämään esimerkiksi robottien määrän, tyyppin, rakenteen sekä ohjauksen. Hankinnassa on tärkeää valita kokenut toimittaja sekä varmistaa, että hankitun robottiautomaation lisäksi toimittaja pystyy myös tarjoamaan tärkeitä palveluita, kuten koulutuksen, huollon ja muita tukitoimintoja [12 s. 92–93].

Monirobottisolun esisuunnittelu on monivaiheinen prosessi, jossa tulee huomioida robottien sijoittelu, solun toimivuuden testaus etäohjelmoinnin avulla sekä solun turvallisuus. Robottien hyvä sijoittelu estää robottien keskenään törmäilyt ja näin ollen parantaa solun tehokkuutta sekä vähentää vaaratilanteita. Esisuunnittelussa etäohjelmoinnin avulla voidaan luoda tarkkoja virtuaalimalleja solun toiminnoista sekä testata robottien liikeratoja. Jo esisuunnitteluvaiheessa monirobottisolulle voidaan visualisoida turvallisuutta parantavia tekijöitä, esimerkiksi turva-aitoja sekä suojaverhoja.

Tämän työn monirobottisolun esisuunnittelussa ideana on hahmotella nykyiseen hitsausrobottisoluun toinen robotti, joka toimisi kappaleenkäsittelyrobottina. Esisuunnittelussa käytetään apuna Visual Components Premium OLP ohjelmistoa.

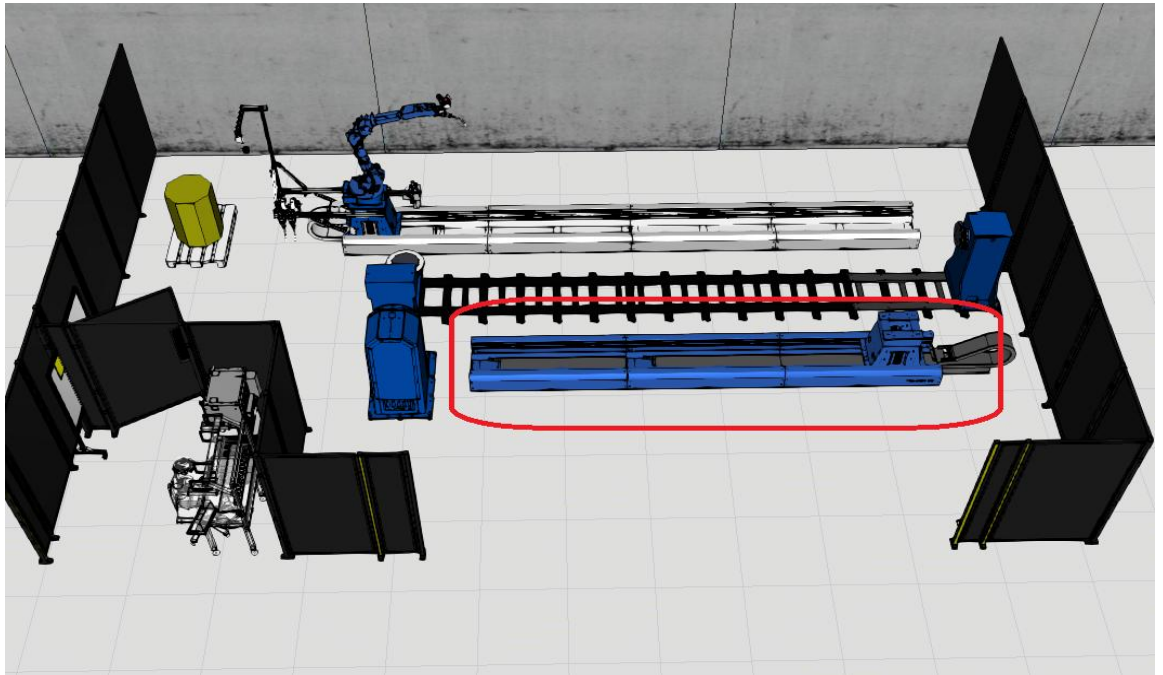
Visual Components Robotics OLP- (entinen Delfoi ARC 4) on nopea ja helppokäyttöinen etäohjelmointiohjelmisto yleisimmille robottimerkeille. Visual Components Robotics OLP perustuu yli 20 vuoden osaamiseen ohjelmistojen asiakaslähtöisessä kehitystyössä. Ohjelmisto on valittu julkistamisensa jälkeen (2012) parhaaksi ohjelmistoksi, vertailtaessa ohjelmointinopeutta ja käyttäjystävällisyyttä. [13.]

Kuvassa 9 on Suokone Oy:n simulaatiomalli nykyisestä hitsausrobotisolusta, jonka tarkoituksena on kuvastaa lähtötilannetta. Nykyiseen simulaatiomalliin halutaan lähteä hahmottelemaan mahdollista layoutia monirobottisolulle. Kuvan 9 hitsausrobotisolu sisältää Yaskawa Motoman AR2010- robotin, TSL-1000 8000 mm:n lineaariradan, MT1-1000 L-pöydän sekä SPB-2000- vasta- laipan ja vastalaipalle radan.

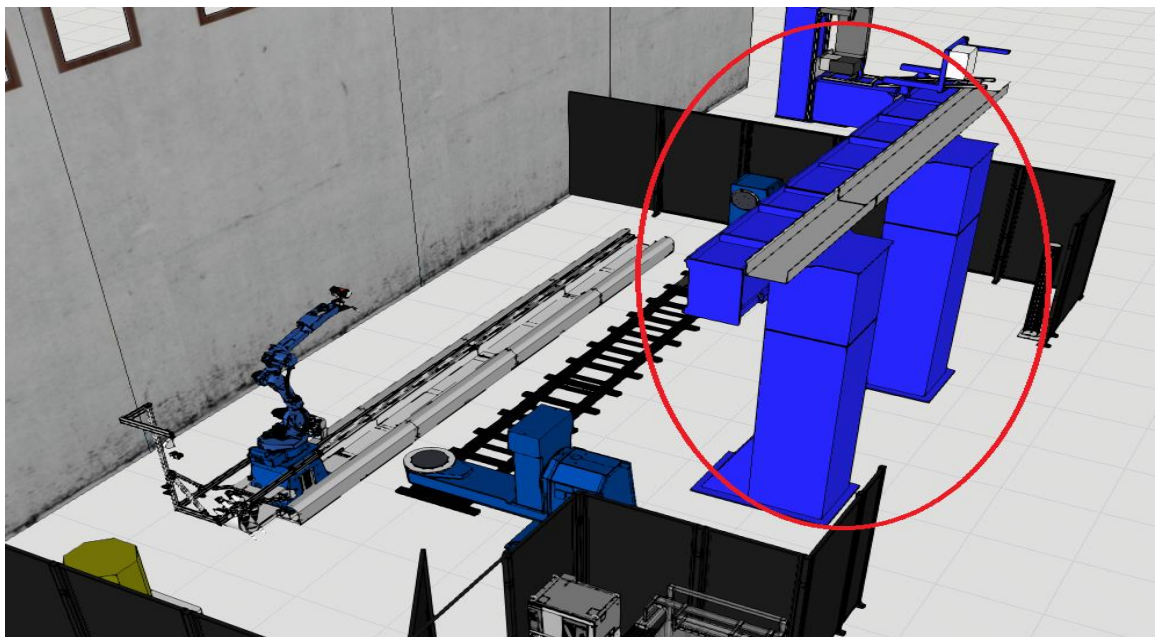


Kuva 9. Suokoneen simulaatiomalli hitsausrobotisolusta.

Kuvissa 10 ja 11 lähdettiin hahmottelemaan simulaatiomalliin mahdollista rataa, jossa robotilla olisi mahdollista liikkua. Mahdollisia vaihtoehtoja oli monia, mutta valitsin esisuunnitteluun TSL-2000 6000 mm lineaariradan sekä TSG-YZ-portaalin. Valitsemani TSL-2000 -lineaarirata ja TSG-portaali toimivat YRC-1000- robottiohjaimella, mikä on sama kuin jo olemassa olevassa hitsausrobotisolussa. Näin ollen voidaan varmistaa maksimaalinen yhteensopivuus alkuperäiseen hitsausrobotisoluun.



Kuva 10. TSL-2000 6000 mm:n lineaarirata hahmoteltuna hitsausrobottisoluun.



Kuva 11. TSG-YZ -portaali hahmoteltuna hitsausrobottisoluun.

Kuvien 10–11 perusteella huomataan, että TSL-2000 6000 mm:n lineaarirata vie paljon vähemmän tilaa, eikä rajoita alkuperäisen hitsaussolun käyttöä. TSG-portaalin ongelmat ovat sen suuri

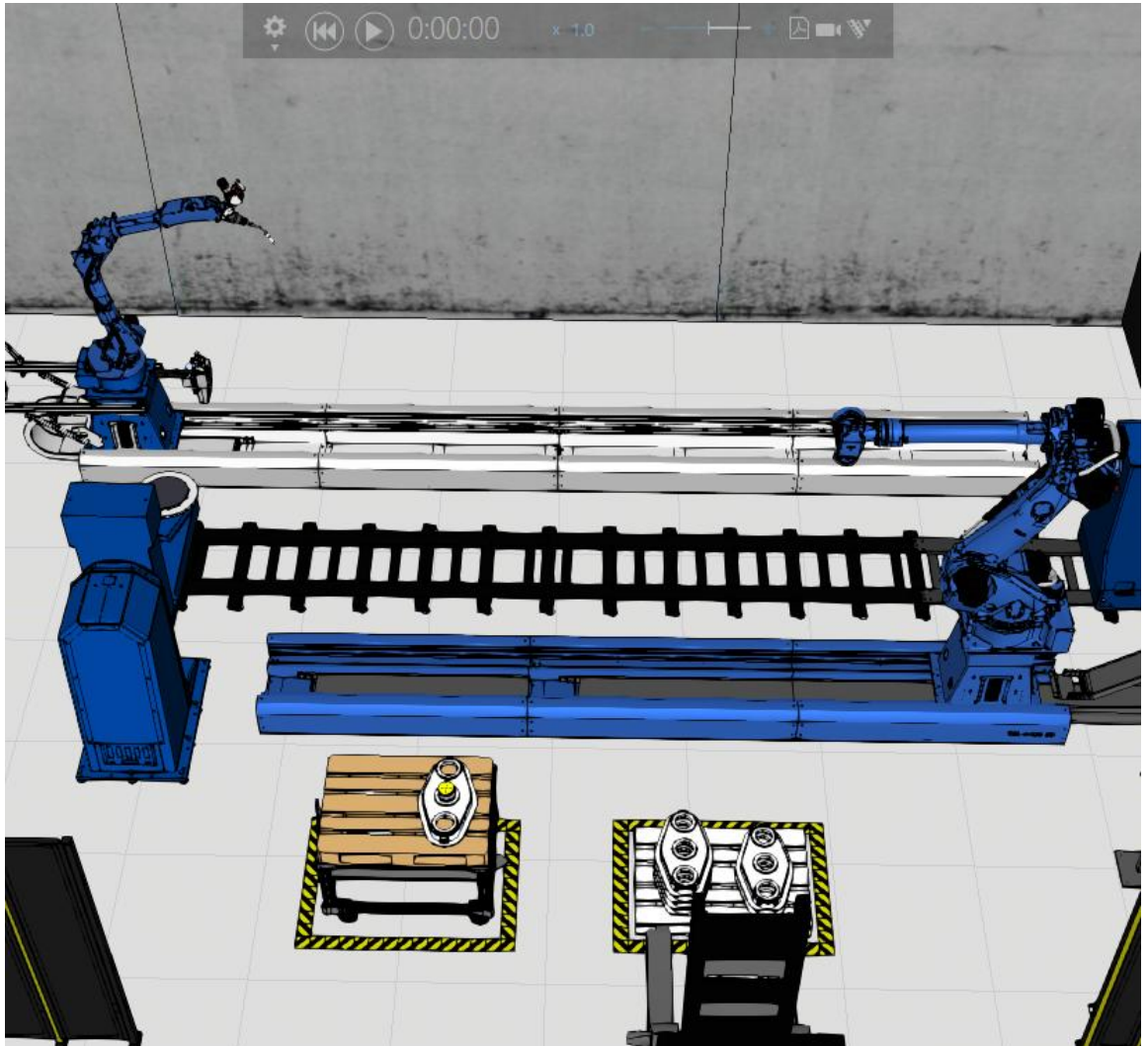
koko, joka myös rajoittaa alkuperäisen hitsaussolun käyttöä mm. huuva sekä käsiohjattava nosturi. Tullaan siis lopputulokseen, jossa valitaan TSL-2000 6000 mm:n lineaariradan. Seuraavaksi lähdettiin miettimään simulaatiomalliin sopivaa kappaleenkäsittelyrobottia.

Yaskawa MOTOMANin GP-sarjan robotit ovat nopeita kappaleenkäsittelyrobotteja, joiden hyötykuorma voidaan valita 4–600 kg:n väliltä. Kuvan 12 esimerkissä on Motoman GP 180-120, mikä on tehokas kuusiakselinen kappaleenkäsittelyrobotti, jonka hyötykuorma ylittää 120 kg asti. GP 180-120 sopii suurten ja raskaiden kappaleiden käsittelyyn sekä tarjoaa monipuolisen käytön erilaisissa ratkaisuissa. [14.]



Kuva 12. Motoman GP 180-120 [14].

Kuvassa 13 alkuperäiseen hitsausrobottisolun simulaatiomalliin on nyt lisätty TSL-2000 6000 mm:n lineaarirata sekä Motoman GP 180-120- kappaleenkäsittelyrobotti. Simulaatiomalliin on myös lisätty kaksi kuormalavaa, josta kappaleenkäsittelyrobotti hakee työstettävän kappaleen hitsattavaksi, minkä jälkeen se palauttaa valmiin työkappaleen toiselle lavalle.

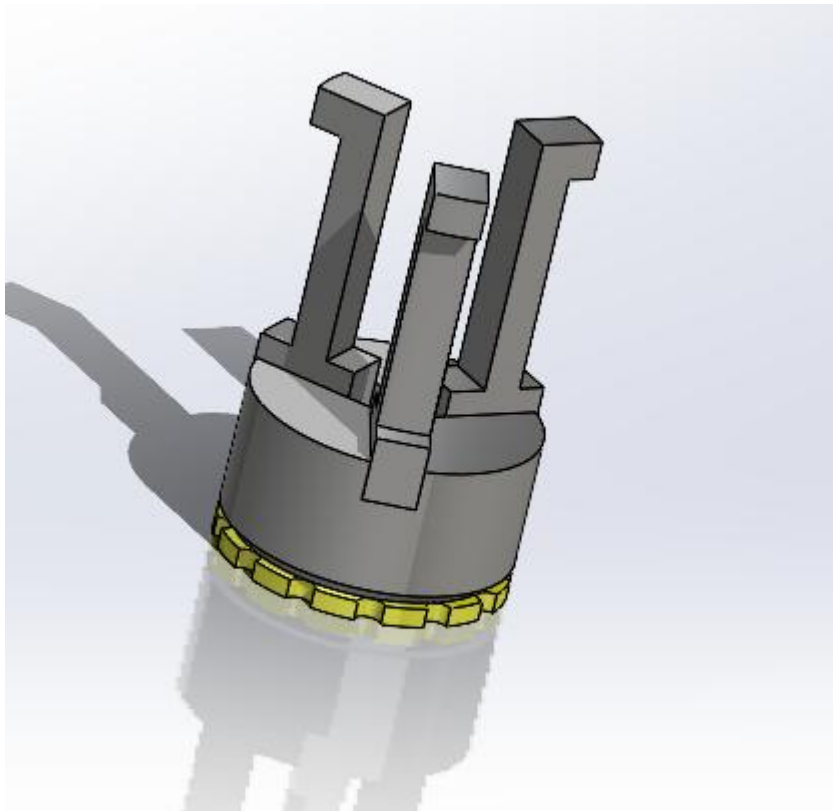


Kuva 13. TSL-2000 6000 mm:n lineaarirata sekä Motoman GP 180-120 hahmoteltuna alkuperäiseen hitsausrobottisolun simulaatiomalliin.

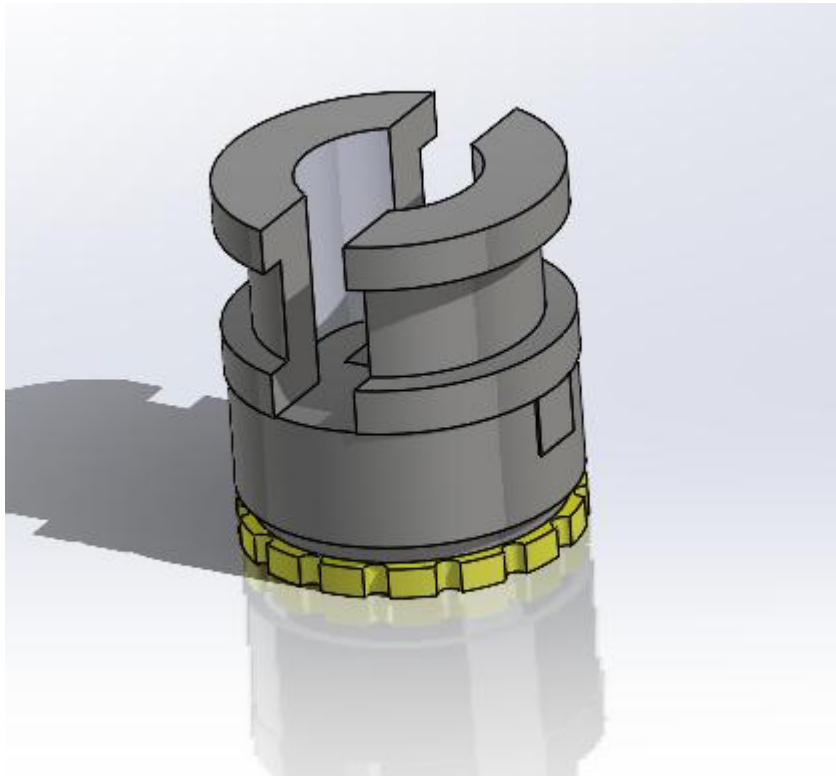
#### 4.1 Kappaleenkäsittelyrobotin työkalun esisuunnittelu

Robottien töiden kannalta on oleellista, että niiden tarraimet ja työkalut ovat sopivia valittuun tehtävään ja toimivat. Työkalujen suunnittelussa tulee ottaa huomioon, ettei työkalun ja siirrettävän kappaleen paino ylitä robotin maksimikuormitusta. Robottiin valmiita työkaluja on saatavilla, mutta yleensä niitä joudutaan suunnittelemaan itse tapauskohtaisesti. Lehtimäki [15, s. 11.]

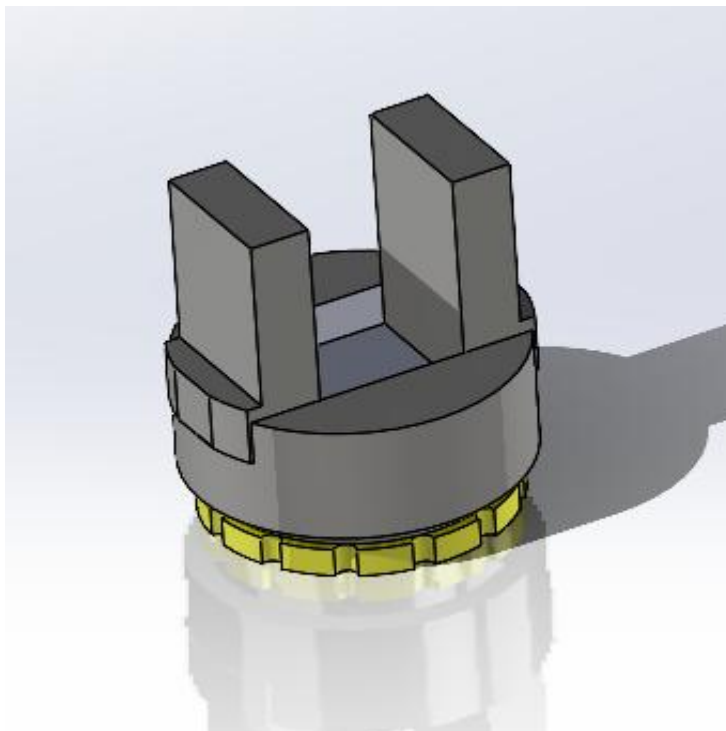
Kappaleenkäsittelyrobotille halutaan hahmotella myös millainen työkalu sopisi tarkoitukseen, hyödyntäen SolidWorks-ohjelmistoa. Työkalun esisuunnittelussa ei oteta huomioon mm. työkalun materiaalia, massaa, painopistettä ja mahdollisia liitäntöjä esimerkiksi antureille. Työkalun hahmottamisen tarkoituksena on luoda ideapohjaa tuleviin projekteihin, kuten millainen työkalu kappaleenkäsittelyrobotilla voisi olla. Kuvissa 14–16 on esitetty hahmotelmia työkaluista, jotka voisivat toimia kappaleenkäsittelyrobotissa.



Kuva 14. Ensimmäinen SolidWorks-malli työkalusta.



Kuva 15. Toinen SolidWorks-malli työkalusta.

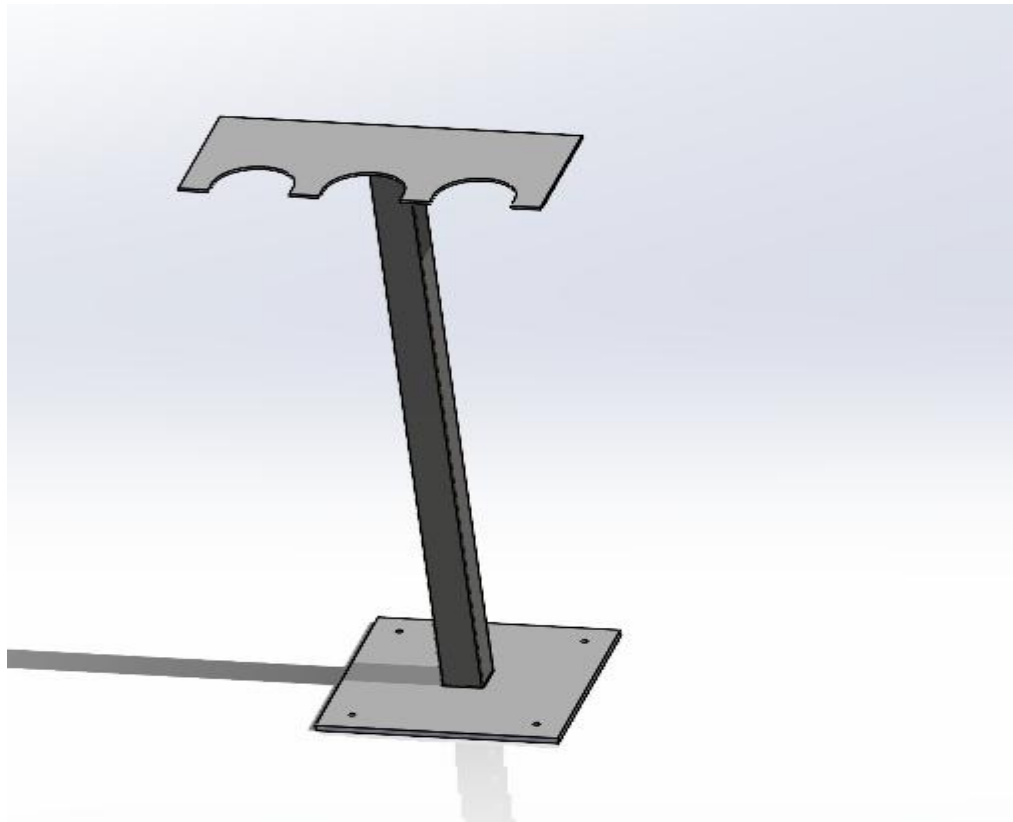


Kuva 16. Kolmas SolidWorks-malli työkalusta.

## 4.2 Työkalunvaihtotelineen esisuunnittelu

Tarraimet ja työkalut ovat yleensä kiinni työkalunvaihtolaipassa, jolloin robotti pystyy vaihtelemaan työkalua työstettävien kappaleiden mukaan. Robotteihin kannattaa asentaa automaattinen työkalunvaihtojärjestelmä, jos työkalujen jatkuva vaihtaminen on tarpeen. Automaattista vaihtojärjestelmää kannattaa hyödyntää, jos työkalulle pitää paineilman ja ohjaussignaalin lisäksi viedä myös esimerkiksi hydraulikkaa, jäähdytysnestettä, hitsausvirtaa tai servo- ja väyläohjauksia. Teollisuusrobottien ohjauslaitteisiin on mahdollista ohjelmoida usea eri työkalu muistiin omille muistipaikoilleen, jotka ovat numerojärjestyksessä. Lehtimäki [15, s. 11–17.]

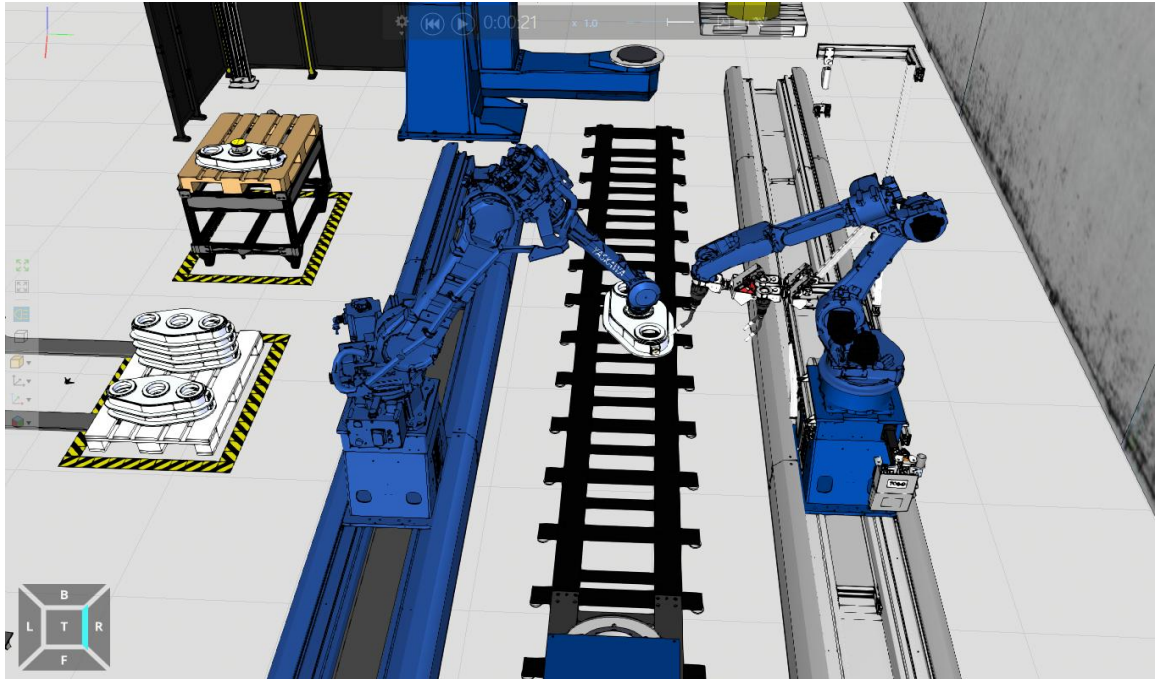
Automaattinen työkalunvaihto vaatii erillisen työkalutelineen, jotta robotti pystyy saamaan työkalut oikeaan pisteeseen ja asentoon työkalua vaihdettaessa. Lehtimäki [15, s. 17]. Jos kappaleenkäsittelyrobotille halutaan automaattinen työkalunvaihto, tulee sille esisuunnitella työkalunvaihtoteline. Telineen esisuunnittelussa hyödynnettiin SolidWorks-ohjelmistoa. Kuvassa 17 on kolmelle työkalulle esisuunniteltu työkalunvaihtoteline.



Kuva 17. Esisuunniteltu kolmen paikan työkalunvaihtoteline.

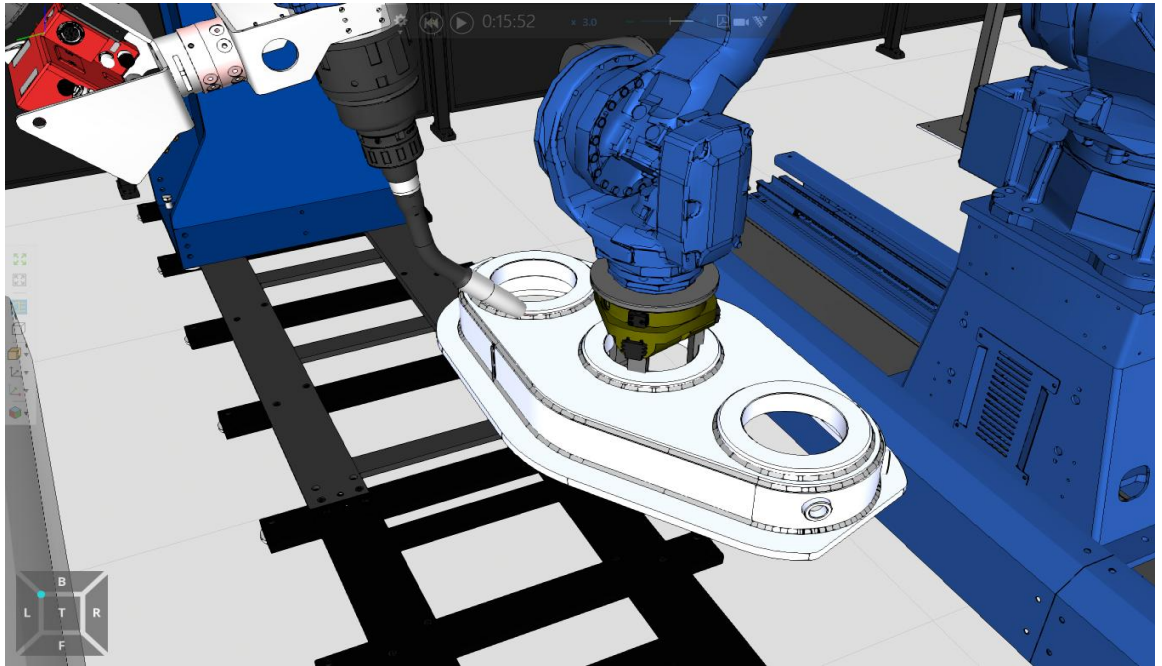


Kuvassa 19 kappaleenkäsittelyrobotti tuo työkappaleen hitsausrobotille hitsattavaksi.



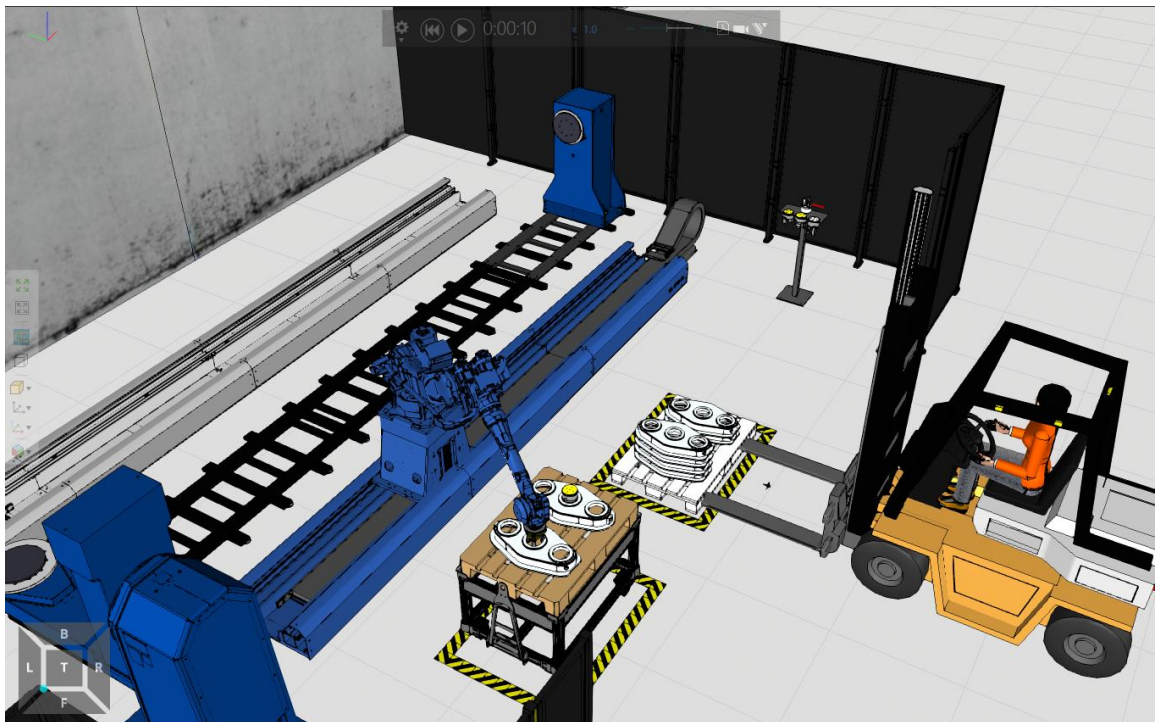
Kuva 19. Hitsattavaksi tuotu työkappale.

Kuvassa 20 kappaleenkäsittelyrobotti sekä hitsausrobotti tekevät yhteistyötä ja toimivat synkronoidusti keskenään. Kappaleenkäsittelyrobotti kääntelee hitsattavaa työkappaletta, mikä mahdollistaa hitsausrobotille parhaimman asennon.



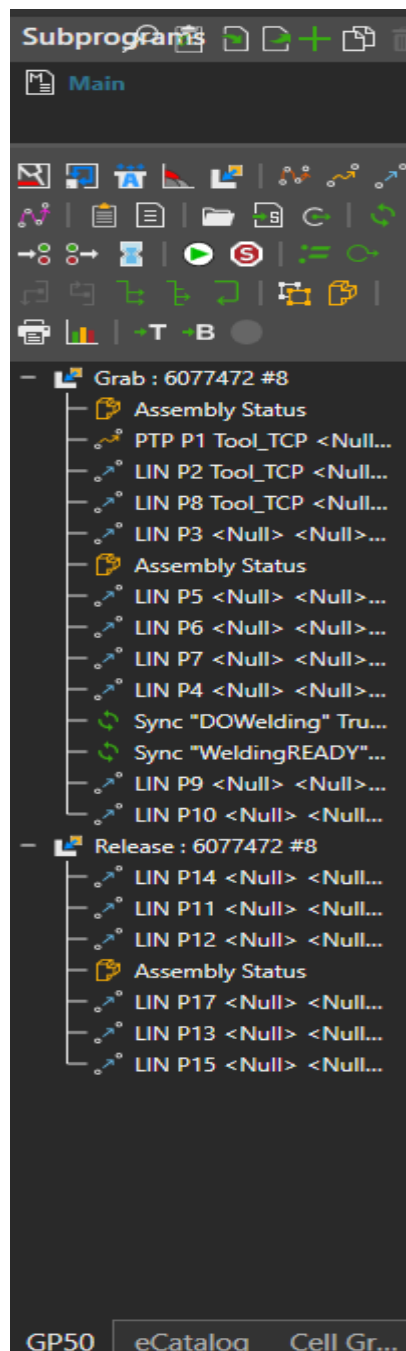
Kuva 20. Hitsattu työkappale.

Kuvassa 21 kappaleenkäsittelyrobotti palauttaa valmiiksi tulleen työkappaleen toiselle kuormalavalle, minkä jälkeen se pystyy hakemaan uuden työkappaleen hitsausrobotin hitsattavaksi noin 15 sekunnissa. Aika arvio perustuu Visual Components OLP- simuloinnista saatuun dataan.



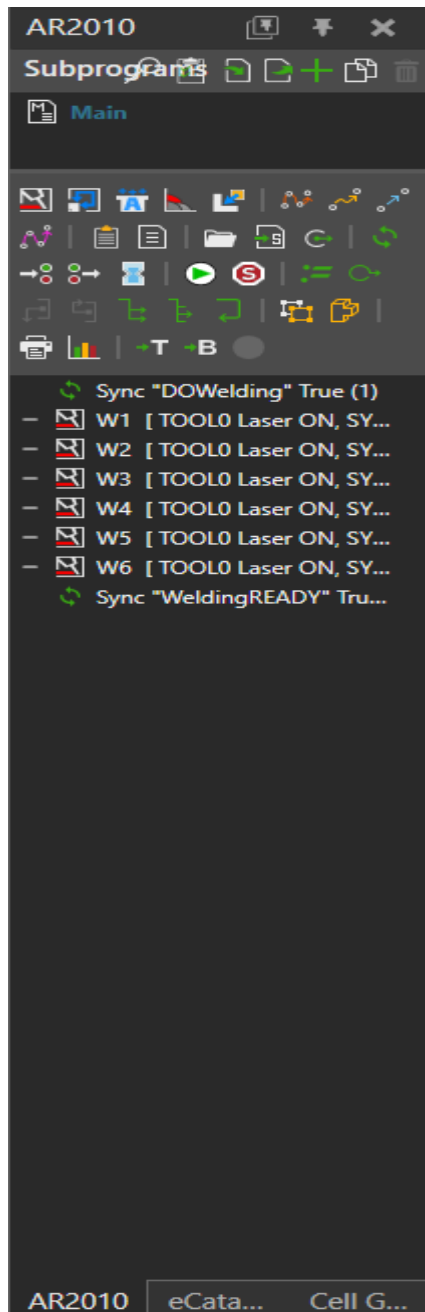
Kuva 21. Valmiin työkappaleen palautus kuormalavalle.

Visual Components OLP tarjoaa käyttäjäystävällisen käyttöliittymän robottien ohjelmointiin. Ohjelmointialusta helpottaa ohjelmoijien työskentelyä, vaikka kokemusta ei olisikaan hirveästi. Kuvassa 22 näkyy kappaleenkäsittelyrobotin pääohjelma, joka suorittaa kuvissa 18–21 näkyvät kappaleenkäsittelyrobotin työvaiheet. Pääohjelma sisältää ohjattuja paikkapisteitä robotille sekä ohjelmakäskyjä. Ohjelman Sync-käskyllä mahdollistetaan hitsausrobotin ja kappaleenkäsittelyrobotin samanaikainen toiminta.



Kuva 22. Kappaleenkäsittelyrobotin ohjelma

Kuvassa 23 näkyy hitsausrobotin pääohjelma, joka suorittaa kuvissa 17–20 näkyvät hitsausrobotin työvaiheet. Pääohjelma sisältää ohjattuja paikkapisteitä robotille sekä ohjelmakäskyjä. Ohjelman Sync-käskyllä mahdollistetaan hitsaus- ja kappaleenkäsittelyrobotin samanaikainen toiminta.



Kuva 23. Hitsausrobotin ohjelma.

## 5 Monirobottisolun hyötyjen tarkastelu

Työssä haluttiin esisuunnitella monirobottisolu, jossa kappaleenkäsittelyrobotti ja hitsausrobotti toimisivat yhteistyössä keskenään. Työssä haluttiin myös tarkastella, millaisia hyötyjä tai millaisia haasteita monirobottisolusta aiheutuisi. On siis aiheellista tehdä hyötyjen tarkastelu ottamalla huomioon mahdolliset hyödyt sekä haasteet.

Hyötyjen tarkastelussa hyödynnetään työharjoittelussa opittuja asioita ja huomioita. Tarkastelussa voidaan myös hyödyntää Visual Components OLP- ohjelmistoa esimerkiksi törmäystunnistuksessa sekä jaksoajan tarkastelussa. Simuloitua jaksoaikaa voidaan verrata käytännön harjoitteisiin työkappaleiden vaihdossa.

### 5.1 Monirobottisolun hyödyt

Voidaan olettaa, että monirobottisolun avulla voidaan nopeuttaa tuotantoa. Tuotanto nopeutuu siinä vaiheessa, kun työkappaletta tulisi vaihtaa. Monirobottisolun avulla kappaleenkäsittelyrobotti pystyy hakemaan uuden työkappaleen hitsattavaksi noin 15 sekunnissa (aika-arvio perustuu Visual Components OLP- simuloinnista saatuun dataan). Ilman kappaleenkäsittelyrobotia työkappale kiinnitetään jigien avulla L-pöydän pyörityslaippaan, missä kestää 5–10 minuuttia riippuen työkappaleesta ja kiinnittimien määrästä.

Kappaleenkäsittelyrobotin lisääminen hitsausrobotisoluun vähentää työntekijän selän, hartioiden ja käsien rasitusta sekä parantaa työturvallisuutta liittyen kappaleiden nostoihin. Selän ja hartioiden rasitus voi johtua 20–30 kilogramman työkappaleiden toistuvia nostoja suoritettaessa, jos hitaita nostimia ei jakseta käyttää. Käsiin kohdistuva rasitus syntyy aina työkappaleen vaihdossa, kun vanha kappale joudutaan irrottamaan ja kiinnittämään uusi tilalle mutterinvääntimen avulla. Jokaisen työkappaleen vaihdon aikana käsiin kohdistuu mutterinvääntimen aiheuttamaa tärinää, mikä pitkällä aikavälillä voi johtaa merkittäviin ongelmiin.

Kappaleenkäsittelyrobotin avulla voidaan vähentää tarvetta hitsausjigien käytölle, suunnittelulle ja tilaamiselle. Kappaleenkäsittelyrobotin monipuolisten työkalujen avulla se pystyy siirtelemään

erikokoisia ja -muotoisia kappaleita, eikä jokaista kappaletta tarvitse kiinnittää erikseen L-pöydän pyörityslaippaan.

## 5.2 Monirobottisolun haasteet

Yhteistyötä tekevien robottien etujen lisäksi on myös useita haasteita, esimerkiksi monirobottisolun robottien liikkeiden aikataulut, työtehtävien tasapainottaminen, samanaikainen ohjelmointi, törmäykset ja muut ongelmat. Monirobottisolujen monimutkaisuuden vuoksi, kun asiat eivät mene toivotulla tavalla, niiden palauttaminen ja ylläpitäminen on luonnollisesti monimutkaisempaa kuin yksittäisten robottisolujen [16.]

Monirobottisolunkäyttöön ottoon liittyy myös paljon haasteita, kuten koulutuksen tarve ja uuden oppiminen. Haasteena olisi varmasti saada kaksi robottia toimimaan samanaikaisesti eli synkronoidusti keskenään. Nykyistä hitsausrobottisolua ohjelmoidaan robotin välittömässä läheisyydessä eli niin sanotussa online-tilassa, eikä etäohjelmointiin perehtyneitä työntekijöitä ole. Monirobottisolun ohjelmointi pelkästään online-tilassa on niin vaikeaa, ettei se ole enää kannattavaa eikä nopeuta tuotantoa. Voidaan siis päätellä, että monirobottisolua hankittaessa tulisi yrityksen palkata uusi työntekijä, joka osaa etäohjelmoinnin tai kouluttaa nykyisiä työntekijöitä etäohjelmoinnin suhteen.

Monirobottisolun etäohjelmointiin tulisi hankkia myös etäohjelmointiin tarkoitettu ohjelmisto, kuten Visual Components OLP tai Yaskawa MotoSim. MotoSim on Yaskawan robottien simulaatio- ja ohjelmointityökalu, joka mahdollistaa robottien ohjelmoinnin ja virtuaalisen testauksen. MotoSim-etäohjelmointi mahdollistaa robottien ohjauksen ja ohjelmointimuutokset etäyhteyksien kautta [17.]

Kappaleenkäsittelyrobotti on kertahankintana kallis, eikä välttämättä maksa itseään takaisin osittaisella käytöllä. Kappaleenkäsittelyrobotin parhaat puolet tulevat esiin vasta, kun hitsattavat kappaleet ovat pienehköjä ja maksimissaan 120 kilogrammaa, kappaleeseen on vaikea suunnitella jigi-kiinnitystä sekä työkappaleiden tuotantomäärä on suuri.

Nykyinen hitsausrobotisolu on Yaskawan huollon alla, joten valitsemalla kappaleenkäsittelyrobotin Yaskawalta huoltokertojen määrä ei lisääny, mutta kertahuollon hinta robotisolulle voi nousta.

## 6 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Vuokatissa sijaitsevalle Suokone Oy:lle esisuunnitelma monirobottisolusta, jossa hitsaus- ja kappaleenkäsittelyrobotti toimivat yhteistyössä. Aihe valittiin, koska haluttiin tutkia, millaisia hyötyjä robottien yhteistyöllä saavutettaisiin.

Ensimmäisenä työssä lähdettiin hahmottelemaan kappaleenkäsittelyrobottia ja sille mahdollista rataa, jossa se voisi liikkua. Hahmotelma tehtiin Visual Components OLP- ohjelmistolla hyödyntäen nykyisen hitsausrobottisolun mallia. Esisuunnittelussa kappaleenkäsittelyrobotiksi valittiin Yaskawa Motoman GP 180-120, joka tarjoaa suuren hyötykuorman, tarkan toistettavuuden sekä monipuoliset käyttömahdollisuudet. Kappaleenkäsittelyrobotin radaksi valittiin TSL-2000 6000 mm:n lineaarirata, joka sama kuin hitsausrobotilla, mutta lyhyempi ja kantokykyisempi. Lineaarirata tarjoaa tarvittavat liikkumisominaisuudet. Pienen kokonsa puolesta sillä ei ole vaikutusta alkuperäisen hitsausrobottisolun toimintaan.

Seuraavaksi työssä lähdettiin hahmottelemaan kappaleenkäsittelyrobotille työkalua sekä työkalunvaihtolinettä. Työkalua ja työkalunvaihtolinettä lähdettiin esisuunnittelemaan vain visuaalisesta näkökulmasta, ettei työ laajene liikaa. Työkalun esisuunnittelun tarkoituksena oli antaa ideapohjaa tulevaisuuden mahdollisille projekteille. Työssä esisuunniteltiin kolme kappaleenkäsittelyrobotille tarkoitettua työkalua sekä kolmepaikkainen työkalunvaihtoline. Työkalujen ja työkalunvaihtolineen esisuunnittelussa hyödynnettiin SolidWorks-ohjelmistoa.

Lopuksi opinnäytetyössä tehtiin hyötyjen tarkastelu esisuunnitellun monirobottisolun hyödyistä ja mahdollisista haasteista. Tarkasteluja tehdessä huomattiin, että monirobottisolun avulla voidaan nopeuttaa tuotantoa merkittävästi, parantaa työntekijöiden työturvallisuutta sekä vähentää fyysistä rasitusta kappaleiden vaihdon yhteydessä. Tarkasteluissa huomattiin myös haasteiksi monirobottisolun kustannukset, alhainen tuotantomäärä sekä kokemattomuus liittyen etäohjelmointiin.

Lopuksi haluan kiittää Suokone Oy:tä antoisasta työharjoittelusta sekä opinnäytetyöstä. Haluan kiittää Tuomo Meriläistä, joka mahdollisti työharjoittelun. Haluan myös erityisesti kiittää Mikko Meriläistä, joka toimi ohjaajana työpaikalla harjoittelun sekä opinnäytetyön aikana. Erityiskiitos

kuuluu myös harjoitteluni ja opinnäytetyön ohjaavalle opettajalle Sami Räsäselle, jolla oli aikaa opastaa ja neuvoa haastavissa tilanteissa.

## Lähteet

1. Kansikuvan lähde ja yritysesittely. Suokone Oy. Saatavilla: [Etusivu - Suokone Oy](#)
2. MeriCrusher MJ-murskausjyrsin. Suokone Oy. [Internet]. [viitattu 17.12.2024]. Saatavilla: <https://www.mericrusher.com/fi/tuotteet/pto-kayttoiset-murskausjyrsimet/mericrusher-mj>
3. Robottihitsaus. Kemppi Oy. [Internet]. 18.2.2024. [viitattu 11.11.2024]. Saatavilla: <https://www.kemppi.com/fi/blogit/robottihitsaus>
4. Valmistusmenetelmät ja hitsaus. OLP-Tuotanto Oy. [Internet]. [viitattu 10.12.2024]. Saatavilla: <https://www.olp.fi/valmistusmenetelmat/hitsaus/>
5. Robottihitsauksen edut ja käyttökohteet moderneilla roboteilla. Kirike Oy. [Internet]. [viitattu 10.12.2024]. Saatavilla: <https://kirike.fi/palvelut/robottihitsaus/>
6. Ryuh BS, R. G. Arc Welding Robot Automation Systems [Internet]. Industrial Robotics: Programming, Simulation and Applications. Pro Literatur Verlag, Germany / ARS, Austria; 2006. Available from: <http://dx.doi.org/10.5772/4918>
7. Leath J. Knowing When Welding Sensors Make Sense. Yaskawa. [Internet]. 10.10.2018. [viitattu 13.12.2024]. Saatavilla: <https://www.motoman.com/en-us/about/blog/knowing-when-welding-sensors-make-sense>
8. Welding... How dangerous can it be. 3M Science. [Internet]. [viitattu 17.12.2024]. Saatavilla: [https://www.3m.com.au/3M/en\\_AU/safety-au/stories/full-story/?storyid=af62ea32-8c98-4339-acca-edc3f02f57ba](https://www.3m.com.au/3M/en_AU/safety-au/stories/full-story/?storyid=af62ea32-8c98-4339-acca-edc3f02f57ba)
9. Billing M. Teollisuuden robotiikka. Keuruun Laatupaino KLP Oy: Suomen robotiikkayhdistys ry; 2023.
10. Automatisoitu hitsaus. Kemppi Oy. [Internet]. [viitattu 17.12.2024]. Saatavilla: <https://www.kemppi.com/fi/blogit/tehoa-ja-suorituskyky-robottihitsaukseen>

11. Industry and Trends OLP Product benefits Simulation benefits. Visual Components. [Internet]. 15.6.2023. [viitattu 12.12.2024]. Saatavilla: <https://www.visualcomponents.com/blog/offline-robot-programming-olp-the-complete-guide-with-examples/#olp>
12. Kuivanen R. Robotiikka. Talentum: Suomen robotiikkayhdistys ry; 1999
13. Visual Components Robotics OLP. MAJA Engineering. [Internet]. [viitattu 12.11.2024]. Saatavilla: <https://www.majaengineering.fi/visual-components>
14. MOTOMAN GP Series. Yaskawa Finland. [Internet]. [viitattu 15.11.2024]. Saatavilla: [https://www.yaskawa.fi/tuotteet/robotit/k%25C3%25A4sittely-asennus/seriesdetail/serie/gp-sarja\\_494](https://www.yaskawa.fi/tuotteet/robotit/k%25C3%25A4sittely-asennus/seriesdetail/serie/gp-sarja_494)
15. Lehtimäki A. Robotin työkalut, tartuntajärjestelmät. Tuotantoväline-kirjasarja. Omakustannuspainos kesäkuu 2020. Saatavilla: <https://tuotantovaline-kirjasarja.vmv-palvelut.com/05-robotin-tyokalut-tartuntajarjestelmat.html#oppikirjat>
16. Ranky P. Buckingham, Rob. Modular Robots + Synchronous Robots + Multi-arm Robots, Emerald Publishing Limited. 2003. ProQuest Ebook Central. [viitattu 11.12.2024]. Saatavilla: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/kajaani-ebooks/detail.action?docID=232251>
17. MotoSim EG-VRC. Yaskawa Finland. [Internet]. [viitattu 10.12.2024]. Saatavilla: [https://www.yaskawa.fi/tuotteet/ohjelmisto/productdetail/product/motosim-eg-vc\\_1686](https://www.yaskawa.fi/tuotteet/ohjelmisto/productdetail/product/motosim-eg-vc_1686)

**YASKAWA**

# MOTOMAN GP180-120

Handling & General Applications  
with the GP-series



This powerful six-axis handling robot features high speed motion which reduce cycle times.

High payload and increased moment and inertia ratings allows the MOTOMAN GP180-120 the handling of large and heavy payloads. Its streamlined upper arm design features a slim wrist profile and reduces robot width. This enables easier reach into confined spaces, improving application flexibility. Therefore the MOTOMAN GP180-120 can be mounted closer to machines and fixtures, making best use of valuable floor space.

Its cables and airlines are routed through the robot base to upper arm to increase cable life, enhance safety and reduce teaching time.

The cable installation tube in the base of the robot facilitates fieldbus routing to the robot upper arm and/or gripper. It is also pre-wired for servo gripper which allows a wider range of product handling.

The MOTOMAN GP180-120 has an IP67-rated wrist and an IP54 body standard.

#### KEY BENEFITS

- Small footprint and minimal interferences
- High inertia rating enables handling of huge work pieces
- Reduced cycle times by optimal design and high axes speed
- Versatile use in various applications
- High density spacing and reaching into confined spaces

[www.yaskawa.eu.com](http://www.yaskawa.eu.com)

Controlled by  
**YRC1000**



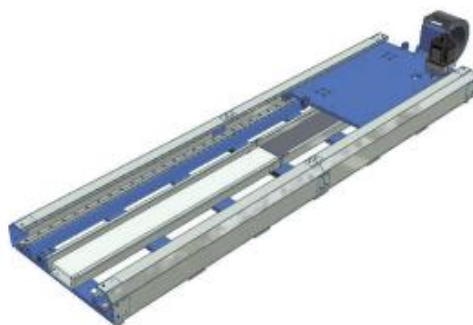
# YASKAWA

## TSL-2000, TSL-4000

Floor mounted track.

### Key benefits

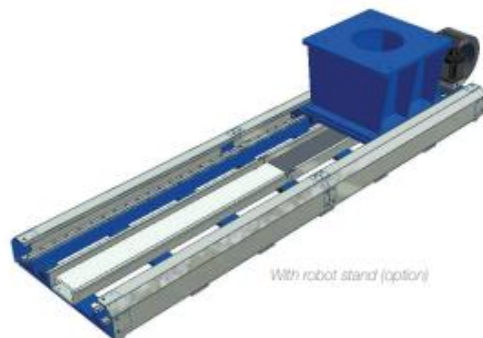
- Outstanding speed.
- Quiet operation.
- For high payload robots.



This is a servo powered floor mounted track with one or two robot carriages. It can be used to transport a robot from one station to another, or to increase the robot's working range. The TSL track is prepared for zeroing function.

The TSL track is built with a starting module of four meter which can be extended in two-meter intervals up to 24 meters in total.

For shelf robots we always recommend using a robot stand in order to utilise the robot's full working range.



*With robot stand (option)*

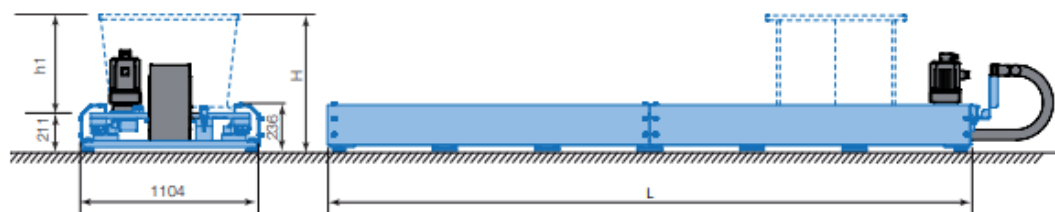
### Options

- Automatic lubrication of rack and guide blocks.
- Integrated robot stand, total height (H) 1334 mm.
- Robot stands 250, 400 and 600 mm.
- Automatic lubrication (rack and guide blocks).
- Mechanical zeroing function.

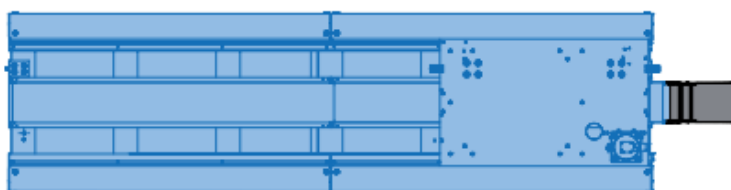
New generation  
Sigma-7

Controlled by  
YRC1000

## TSL-2000S, TSL-4000



Optional robot stand	
h1 (mm)	H (mm)
250	461
400	611
600	811



All dimensions are for reference only.  
Request detailed drawings for design/engineering requirements!

Technical data	TSL-2000 SY	TSL-4000 SY
Maximum payload	2000 kg	4000 kg
Maximum speed	1.7 m/s	1.3 m/s
ED	50%	50%
Acceleration velocity	2.14 m/s <sup>2</sup>	2.0 m/s <sup>2</sup>
Travel 1000 mm	1.54 sec	1.93 sec
Repetitive position accuracy	±0.08 mm	±0.08 mm
Height	236 mm	236 mm
Height (H) including robot stand	461, 611, 811, 1334 mm	461, 611, 811, 1334 mm
Standard length (L)	4, 6, 8 etc. up to 24 m (in 2m/steps) *)	4, 6, 8 etc. up to 24 m (in 2m/steps) *)
Travel length, stroke (TL)	L -1340 mm	L -1340 mm

\*) Other lengths can be quoted upon request.

# YASKAWA



YASKAWA Nordic AB  
PO Box 504  
SE-385 25 Torsås, SWEDEN

© YASKAWA Nordic AB - RegNo. 1078EN-03, February 2024  
Technical data may be subject to change without previous notice.

Phone +46 480 41 78 00  
info.se@yaskawa.eu.com  
www.yaskawa.eu.com