

Alexi Ålander

## **HITSAUSROBOTTISOLUN SUUNNITTELU**

# HITSAUSROBOTTISOLUN SUUNNITTELU

Alexi Ålander  
Opinnäytetyö  
Kevät 2020  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka, koneautomaatio

---

Tekijä: Aleksi Ålander

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Hitsausrobotisolun suunnittelu

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Designing of Cobot Welding Cell

Työn ohjaaja: Esa Kontio

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2020

Sivumäärä: 28 + 4 liitettä

---

Opinnäytetyö tehtiin Sievissä sijaitsevalle Scanfil EMS Oyj:lle. Opinnäytetyössä tutkittiin yhteistoimintarobotin soveltuvuutta hitsaukseen. Opinnäytetyössä luotiin hitsausrobotisolun layout-suunnitelma. Solun on tarkoitus toimia apuna valittujen nimikkeiden hitsauksessa.

Opinnäytetyön esisuunnitteluosuudessa etsittiin tietoa olemassa olevista yhteistoimintarobottihitsaussoluista ja sen pohjalta laadittiin solu-layout-vaihtoehtoja. Solu-layout-vaihtoehtoja kerättiin yhdeksän ja nämä vaihtoehdot arvioitiin seitsemän kriteerin perusteella tilaajan tarpeiden mukaan. Arviointikriteereinä olivat kustannukset, robotin käyttöäteen hyödyntäminen, operaattorin työskentelymahdollisuudet, solun tarvitsema pinta-ala, käyttöturvallisuus, muunneltavuus sekä käyttöönoton helppous. Arvioinnissa parhaaksi soluksi osoittautui FSK Industriesin SmartCell. SmartCell osoittautui parhaaksi operaattorin työskentelymahdollisuuksien kannalta, sillä robottiin pääsee helposti käsiksi. Smartcell on myös soluista turvallisempi, ja se on varustettu CE-merkinnällä. Opinnäytetyön tilaajan kanssa valittiin tämän opinnäytetyön yksityiskohtaiseen suunnitteluun kahden pöydän layout, josta tehtiin mittakaava-alue.

Yksityiskohtaisessa suunnittelussa suunniteltavaan layoutiin valittiin valmiskomponenteiksi pöydät, robottijalusta ja verhot. Layoutiin suunniteltiin robottijalustaa tukemaan pöytiin kiinnitettävä paikoituskappale. Valmiin solu-layoutin riskit arvioidtiin ja käytiin läpi Oulun ammattikorkeakoulun laboratoriohenkilökunnan kanssa. Lopuksi layoutista laadittiin tuotodokumentit.

Opinnäytetyön lopputuloksena tilaajalle päädyttiin valitsemaan tuotantokäyttöön FSK Industriesin valmistama Smartcell. Lisäksi tilaajalle suunniteltiin erillinen kahden pöydän solu-layout tulevaisuuden tarpeita varten.

---

Asiasanat: yhteistoimintarobottiikka, robottihitsaus, robottihitsaussolu

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Bachelor's Programme in Mechanical Engineering, Machine Automation

---

Author: Aleksí Ålander

Title of thesis: Designing of Cobot Welding Cell

Supervisor: Esa Kontio

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020

Pages: 28 + 4 appendices

---

This bachelor's thesis was commissioned by Scanfil EMS Oy. The subject of this project was to design a cobot welding cell. The cobot welding cell is supposed to assist in the welding of selected items.

In the pre-design phase, the existing robot cells were searched, and based on these, cell layout models were developed. The layouts were evaluated according to the commissioner's needs. The best cell in the evaluation was SmartCell of FSK Industries. With the client, a two-table layout was chosen for the detailed design, from which a scale sketch was made.

In the next step of the work, the cell layout was designed in more detail. In the detailed design, the finished components were selected, and the necessary accessories were designed. The risks of the finished cell layout were assessed and discussed with the laboratory staff of OUAS. At the end of the detailed design, product documents were prepared for the layout.

As a result of the work, the customer decided to choose SmartCell manufactured by FSK industries. In addition, a separate cell layout was planned for the client, in case of a future need.

---

Keywords: collaborative robotics, robot welding, robot welding cell

## **ALKULAUSE**

Tämä opinnäytetyö on tehty Scanfil Oy:lle kevään 2020 aikana. Haluan kiittää opinnäytetyön valvojaa Process Engineer Manager Janne Huhtalaa sekä työssä mukana olleita Technical Manager Kari Keskiä, Product Line Manager Harri Häggmania sekä Team Leader Marko Kopsalaa.

Kiitän myös tämän projektin toista opinnäytetyön tekijää Ville Mäkelää. Haluan myös kiittää Oulun ammattikorkeakoulun laboratoriohenkilökuntaa ja KOTU-hankkeen projektipäällikkö Vesa Rahkolinia opinnäytetyön avustamisesta. Lisäksi haluan erityisesti kiittää opinnäytetyön ohjaavaa opettajaa lehtori Esa Kontiota.

Suuri kiitos Scanfil Oy:lle mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö.

11.05.2020

Aleksi Ålander

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	7
2 ROBOTTIHITSAUS	8
2.1 Teollisuusrobotiikka	8
2.2 Yhteistoimintarobotiikka	9
2.3 UR10e	10
2.4 MIG/MAG-hitsaus	11
3 ROBOTTISOLUN ESISUUNNITTELU	13
3.1 Tiedonhaku	13
3.2 Layout-vaihtoehtojen laatiminen	13
3.3 Layout-vaihtoehtojen arviointi	13
3.4 Toteutettavan layout-vaihtoehdon mittakaavaaluonnos	19
4 YKSITYISKOHTAINEN SUUNNITTELU	20
4.1 Solu-layoutin suunnittelu ja valmiskomponenttien valinta	20
4.2 Riskien arviointi	23
4.3 Tuotedokumenttien laatiminen	23
5 YHTEENVETO	25
LÄHTEET	27
LIITTEET	
Liite 1 Layout-piirustukset	
Liite 2 Arviointitaulukko	
Liite 3 Riskienarviointi	
Liite 4 Osalista	

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii Scanfil EMS Oyj, Sievi. Opinnäytetyössä suunnitellaan tilaajalle sopiva yhteistoimintarobottihitsausso-  
lu.

Opinnäytetyössä tutkitaan yhteistoimintarobotin soveltuvuutta hitsaukseen ja va-  
litaan siihen soveltuva hitsauslaitteisto. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda hit-  
sausrobotisolun layout-suunnitelma ja selvittää solussa käytettävän yhteistoi-  
mintarobotin ja hitsauslaitteiston valinnan mahdollistava teknologiaselvitys tilaa-  
jan käyttöön. Opinnäytetyössä suunnitellaan hitsausrobotisolun, jossa sovelle-  
taan yhteistoimintarobotiikkaa. Solun on tarkoitus toimia apuna valittujen nimik-  
keiden hitsauksessa. Kokonaisuuden tavoitteena on tutkia, miten yhteistoiminta-  
robotti soveltuu hitsauksessa tilaajan tarkoituksiin.

Projektiryhmään kuuluvat Aleksis Ålander ja Ville Mäkelä. Työryhmän jäsenet te-  
kevät projektista omat yhteenvetodokumentit. Opinnäytetyössä ohjaavana opet-  
tajana toimii Esa Kontio ja opinnäytetyön valvojana toimii Janne Huhtala.

Toinen opinnäytetyön tekijä Ville Mäkelä raportoi yhteistoimintarobottihitsausso-  
lun järjestelmän valinnasta. Opinnäytetyössä valitaan tilaajan tarpeisiin soveltuva  
hitsauslaitteisto ja robottihitsausjärjestelmä. (1.) Tässä dokumentissa esitellään  
Oulun ammattikorkeakoulun KOTU-hankkeen hitsausrobotisolun suunnittelu.

## 2 ROBOTTIHITSAUS

Robottihitsaus on automatisoitua hitsausta, jossa käsivarsirobotti kuljettaa hitsauspoltinta hitsauksen aikana. Robottihitsauksessa kappale on kiinnitetty joko kiinteään tai liikkuvaan hitsauskiinnittimeen. Yleisin robottihitsauksessa käytetty menetelmä on MIG/MAG-hitsaus. (2.)

Robottihitsauksessa on monia etuja verrattuna tavanomaiseen hitsaukseen. Robotti hitsaus on nopeampaa ja tehokkaampaa kuin tavallinen hitsaus, sillä robotti pystyy työskentelemään ilman taukoja kellon ympäri. Lisäksi robottien tarkkuus säästää materiaalia ja aikaa. (Kuva 1.) (2.)



*KUVA 1. Hitsausrobotti (2)*

### 2.1 Teollisuusrobotiikka

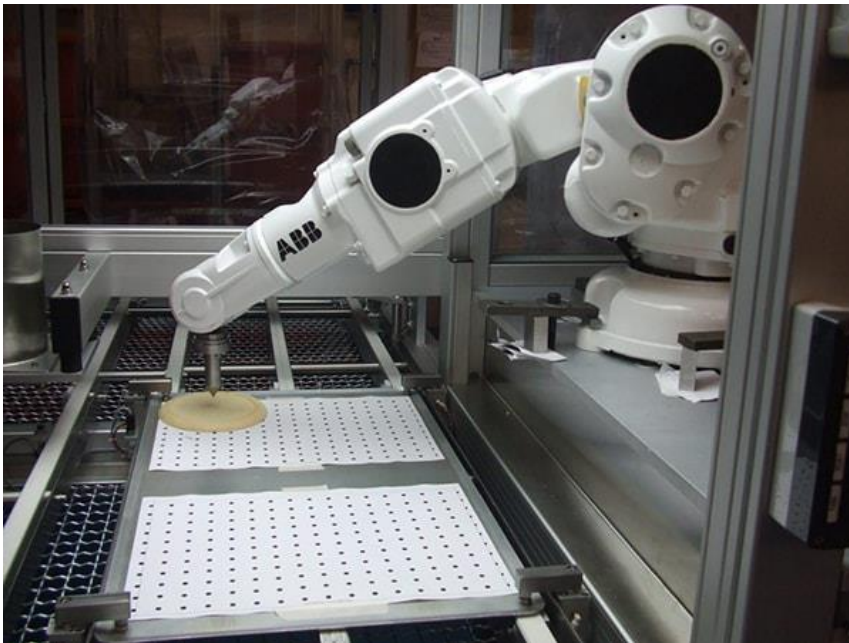
Teollisuusrobotti on teollisuuden käyttöön tarkoitettu automaattisesti ohjattu, uudelleen ohjelmitava monikäyttöinen käsittelylaite, joka voi olla kiinteästi asen-



nettu tai liikkuva kokonaisuus. Teollisuusrobotin akseleista kolme on ohjelmoitavissa. (3, s.12.) Robotin liikkeet tuotetaan joko sähköisten, pneumaattisten tai hydraulisten toimilaitteiden avulla (4).

Teollisuusrobotiikka tuo tuotantolinjaan tehokkuutta, tarkkuutta ja turvallisuutta. Teollisuusrobotiikka tuo tuotantoon myös joustavuutta, sillä robotti voidaan työllistää nopeasti uuteen tehtävään. Robotteja käytetään paljon metalli-, muovi- ja elintarviketeollisuudessa. Teollisuusrobotin yleisimmät tehtävät sijoittuvat pääasiassa kappaleenkäsittelyyn, hitsaukseen ja kokoonpanotehtäviin. Robottien tehtävä on vapauttaa ihminen muihin tehtäviin. (4.)

Teollisuusrobotiikasta löytyy myös huonoja puolia. Teollisuusrobotit ovat erittäin kalliita ja niiden ohjelmointiin vaaditaan yleensä koulutuksen saanut henkilö. Teollisuusrobotit vievät paljon tilaa tuotantolinjasta, sillä ne vaativat yleensä erillisen turva-alueen suojaamaan ihmisiä robottien liikkeiltä. (Kuva 2.) (5.)



*KUVA 2. Teollisuusrobotti toiminnassa (5)*

## **2.2 Yhteistoimintarobotiikka**

Toisin kuin teollisuusrobotit, yhteistoimintarobotti on suunniteltu tekemään töitä ihmisen kanssa. Yhteistoimintarobotti ei siis korvaa ihmistä vaan tekee sille sopi-

vat toistuvat työt, sekä voimaa ja nostamista vaativat raskaat työvaiheet. (6.) Yhteistoimintarobotti on robotti, joka on suunniteltu suoraan vuorovaikutukseen ihmisen kanssa määritetyssä yhteistyötilassa (7, s. 8).

Yhteistoimintarobotin etuja runsaasti. Yhteistoimintarobotit ovat nopeasti ja usein helposti ohjelmoitavissa, sillä yhteistoimintarobottien käyttöliittymät ovat yleensä käyttäjäystävällisiä. Yhteistoimintarobotteja voi ohjelmoida joko suoraan käyttöliittymästä antamalla komentaja tai siirtämällä robotin käsivartta manuaalisesti. Yhteistoimintarobotit tuovat tuotantoon joustavuutta, sillä ne voidaan helposti ohjelmoida uuteen työtehtävään. Siinä missä teollisuusrobotit tarvitsevat paljon tilaa, voi yhteistoimintarobotti toimia myös pienessä tilassa, sillä ne eivät tarvitse erillistä turva-aluetta. (8.)

### **2.3 UR10e**

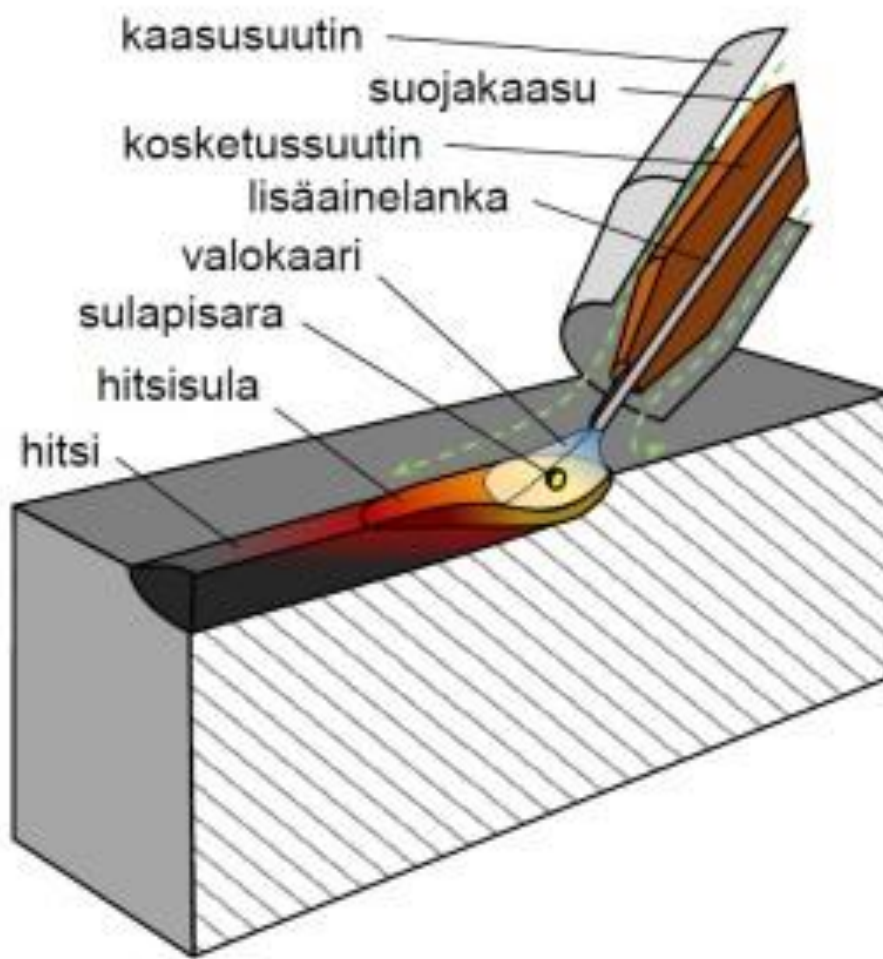
Universal Robots valmistaa neljää eri yhteistoimintarobottia, jotka eroavat toisistaan toimintasäteen ja kantokyvyn perusteella. Tilaaja päätyi valitsemaan UR10-mallin, sillä tilaajalle on tulossa muitakin tämän mallisia robotteja. UR10e on päivitetty versio Universal Robotsin valmistamasta UR10-yhteistoimintarobotista (kuva 3). Robotin kantokyky on 10 kg ja toimintasäde on 1 300 mm (9.)



*KUVA 3. UR10e yhteistoimintarobotti (9)*

## **2.4 MIG/MAG-hitsaus**

MIG/MAG-hitsaus on yleisin robottihitsauksessa käytettävä kaarihitsausprosessi. MIG/MAG-hitsausta käytetään melkein kaikkialla metalli teollisuudessa. Prosessissa valokaari palaa metallisen lisäainelangan ja työkappaleen välillä. Lisäainelankaa syötetään hitsauspistoolin lävitse tasaisella nopeudella työkappaletta kohti. Valokaari sulatta lisäainelangan kärjen ja sula metalli siirtyy hitsisulaan pisaroina. (Kuva 4.) (10.) MIG/MAG-hitsauslaitteistoon kuuluu virtalähde, langansyöttölaite, maadoituskaapeli, hitsauspistooli, suojakaasupullo tai kaasuverkkoliitäntä sekä mahdollinen nestejäähdytysyksikkö (11).



KUVA 4. MIG/MAG-hitsaus (10)

## **3 ROBOTTISOLUN ESISUUNNITTELU**

### **3.1 Tiedonhaku**

Tiedonhakuvaiheessa etsittiin tietoja erilaisista hitsausrobottisolukokonaisuuksista ja vaihtoehtoista vertailua varten. Teknologian valinnassa päädyttiin ottamaan vertailuun solukokonaisuuksia, jotka oli sovellettu Universal Robotsin valmistamille yhteistoimintaroboteille. Tiedonhaussa käytettiin hyväksi aiemmin teknologian valinnan yhteydessä esille tulleita kokoonpanoja. Tässä vaiheessa tutustuttiin myös eri valmistajien hitsauspöytiin.

### **3.2 Layout-vaihtoehtojen laatiminen**

Tässä vaiheessa laadittiin yhdeksän tilaajan tarpeisiin soveltuvaa yhteistoimintarobottisoluvaihtoehtoa. Layout-piirustukset tehtiin Autodesk Inventor -sovellusta käyttäen (liite 1). Näistä yhdeksästä 2D-mallista valittiin vertailuun viisi layout-piirustusta. Layoutit valittiin suurimman pöytäpinta-alan ja robotin käyttösaateen hyödyntämisen perusteella. Vertailuun valittiin kahden pöydän kokoonpano, L-mallinen pöytä, suorakulmio pöytä, pyörivä pyöreä pöytä sekä neliöpöytä, jossa robotti on sijoitettu keskelle pöytää.

Layout-piirustusten pöydistä tehtiin Solidworksilla 3D-mallit, jotka siirrettiin Visual Components -sovelluksen testiympäristöön. Tässä testiympäristössä tutkittiin, mitkä hitsauspöytä-layouteista sopivat parhaiten yhteistoimintarobottihitsaukseen. Näistä valittiin kolme parhaiten soveltuvaa kokoonpanoa seuraavaan vaiheeseen. Valinnat tehtiin käytettävyyden ja soveltuvuuden perusteella. Soveltuvuus määriteltiin sen perusteella, miten paljon solussa pystytään hyödyntämään robotin toiminta-alueita.

### **3.3 Layout-vaihtoehtojen arviointi**

Arviointivaiheessa tehtiin Excelliin arviointitaulukko (liite 2) kolmesta valitusta layout-kokonaisuudesta. Taulukkoon lisättiin tilaajan toiveesta Fsk Industriesin valmistama SmartCell. Taulukon päivittämisen jälkeen arvioitiin, miten hyvin layout-vaihtoehdot soveltuvat yhteistoimintarobotti hitsaukseen kuuden kriteerin

perusteella. Arviointikriteerit valittiin projektiryhmän ja tilaajan edustajien kanssa. (Taulukko 1.)

*TAULUKKO 1. Arviointikriteerit*

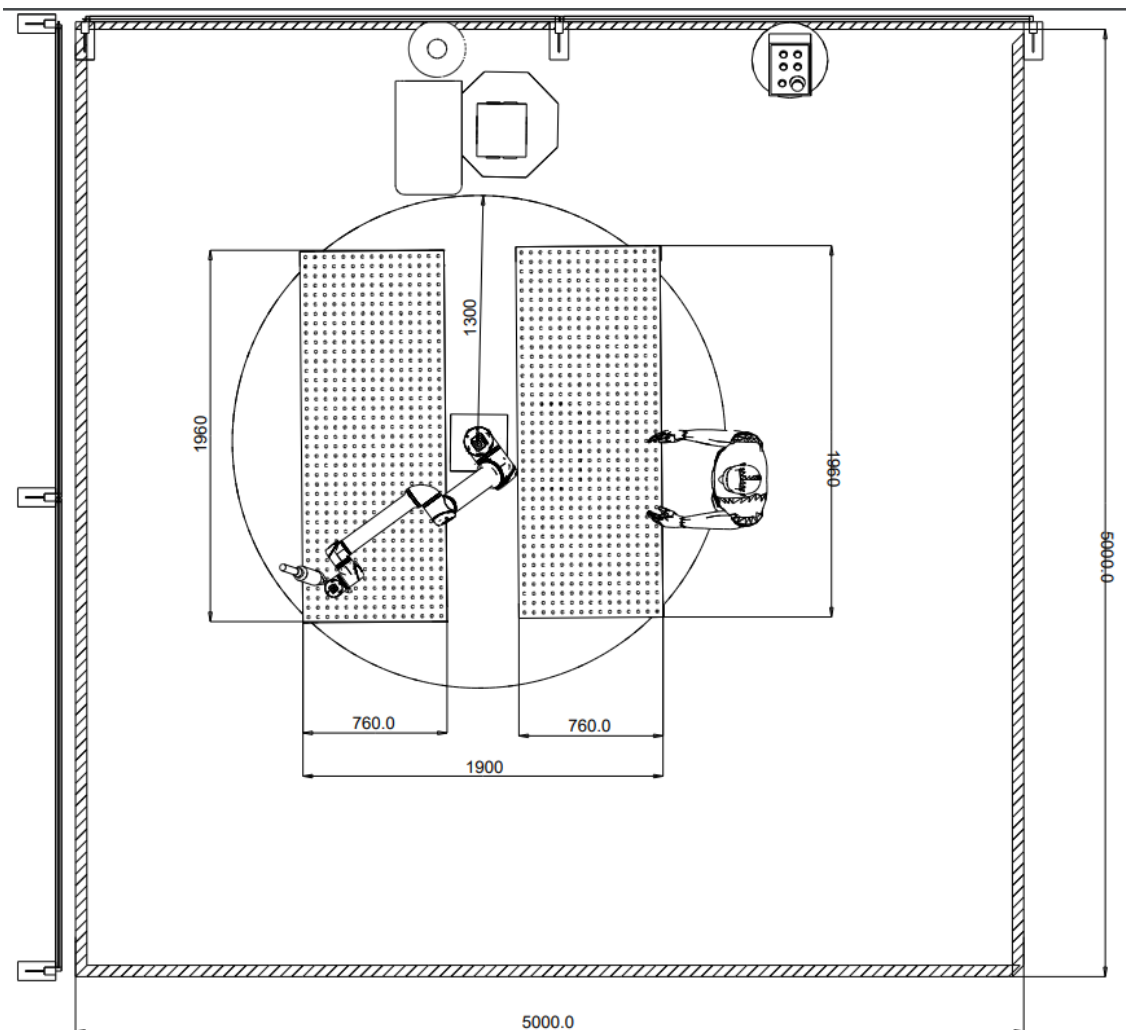
<b>Arviointikriteeri</b>
Alhaiset kustannukset
Robotin käyttösäteen hyödyntäminen, pöytätila
Operaattorin työskentelymahdollisuudet; robotin käyttö, kappaleiden asettelu,
Solun tarvitsema pinta-ala
Hyvä käyttöturvallisuus
Muunneltavuus
Käyttönoton helppous

Arviointitaulukon (liite 3) perusteella parhaaksi valittiin SmartCell. SmartCell sai arvioinnista 3,6 pistettä maksimipistemäärän ollessa 5,0 pistettä. Solun hinta robotin ja virtalähteen kanssa olisi noin 70 000 €. Robotin toiminta-alue ei tässä vaihtoehdossa saa hyödynnettyä niin paljon kuin kokoonpanoissa, joissa on useampi pöytä, sillä pöytäpinta-ala on huomattavasti vähemmän kuin useamman pöydän kokoonpanoissa. SmartCell on operaattorin kannalta hyvä, sillä robottiin pääsee käsiksi helposti ja kappaleiden asettelu pöydälle onnistuu helposti. Turvallisuuden kannalta SmartCell on paras vaihtoehto. Toimittajalta saa tämän solun kokonaisuudessaan kaikkien tarvikkeiden kera, joten toimittaja vastaa CE-merkinnöistä. Muunneltavuuden kannalta kokonaisuudessa ei päästä aivan useamman pöydän sisältävien kokonaisuuksien tasolle. Solu on suljettu, joten tässä kokonaisuudessa ei valokaari aiheuta turvallisuusriskejä operaattorille. (Kuva 5.)



*KUVA 5. FSK Industries SmartCell (12)*

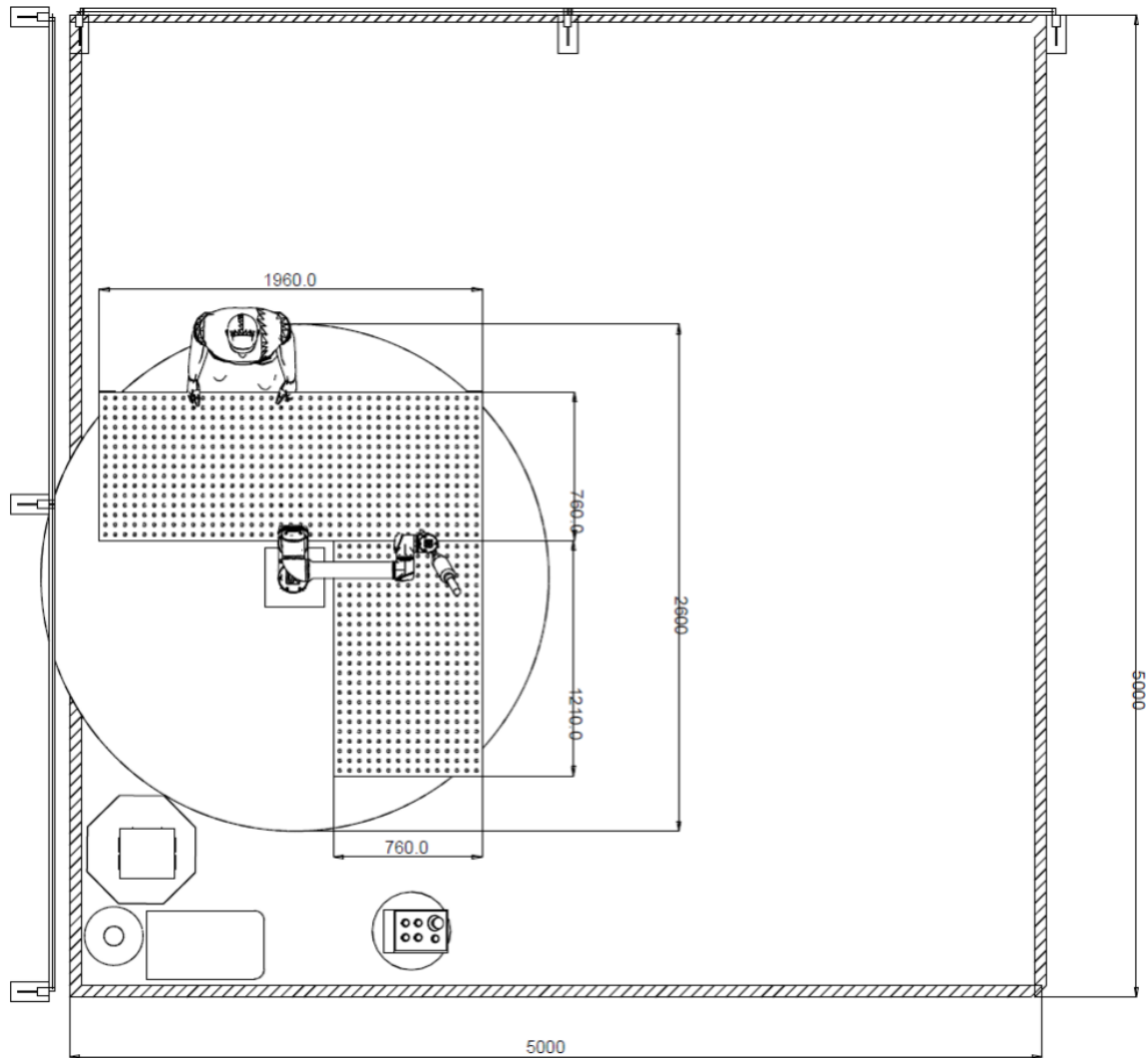
Seuraavaksi eniten pisteitä sai kahden pöydän kokonaisuus, jossa pöydät ovat robotin molemmin puolin. Kokoonpano sai arvioinnissa pisteitä 3,3, kun maksimi pistemäärä oli 5 pistettä. Kahden pöydän kokonaisuus osoittautui parhaaksi muunneltavuuden ja robotin toiminta-alueen hyödyntämisen osalta. Tässä kokonaisuudessa on eniten pöytäpinta-alaa, ja robotti pystyy hyödyntämään pinta-alasta kaiken. Operaattorin suojaus tapahtuisi tässä kokonaisuudessa erillisillä suojaverhoilla, jolloin operaattori voisi työskennellä toisella pöydällä sillä välin, kun robotti työskentelee toisella. (Kuva 6.)



*KUVA 6. Kahden pöydän layout*

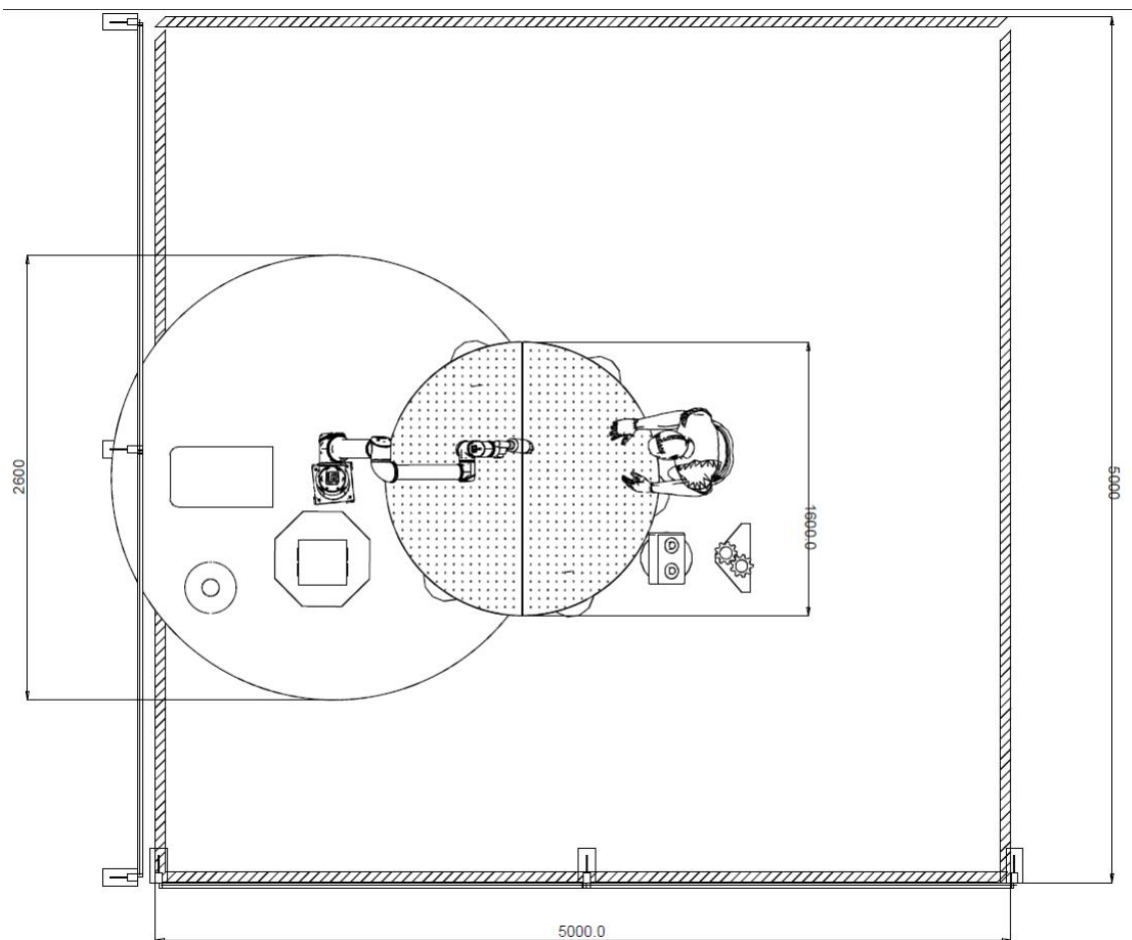


Kolmanneksi eniten pisteitä kertyi L-mallin pöytäkokonaisuudelle. Pisteitä tälle kertyi 2,9. Tässä kokonaisuudessa pöytäpinta-alaa on runsaasti, mutta turvallisuuden takia pöytään pitäisi laittaa verho suojaamaan työntekijää hitsauksen valokaarelta. Suojaverhon asettaminen vähentäisi huomattavasti pöydän käyttöpinta-alaa. Turvallisuuden kannalta kokonaisuus ei olisi kovin hyvä, sillä suoja-verho ei suojaa työntekijää niin hyvin kuin muissa vaihtoehdoissa. (Kuva 7.)



*KUVA 7. L-mallinen pöytälayout*

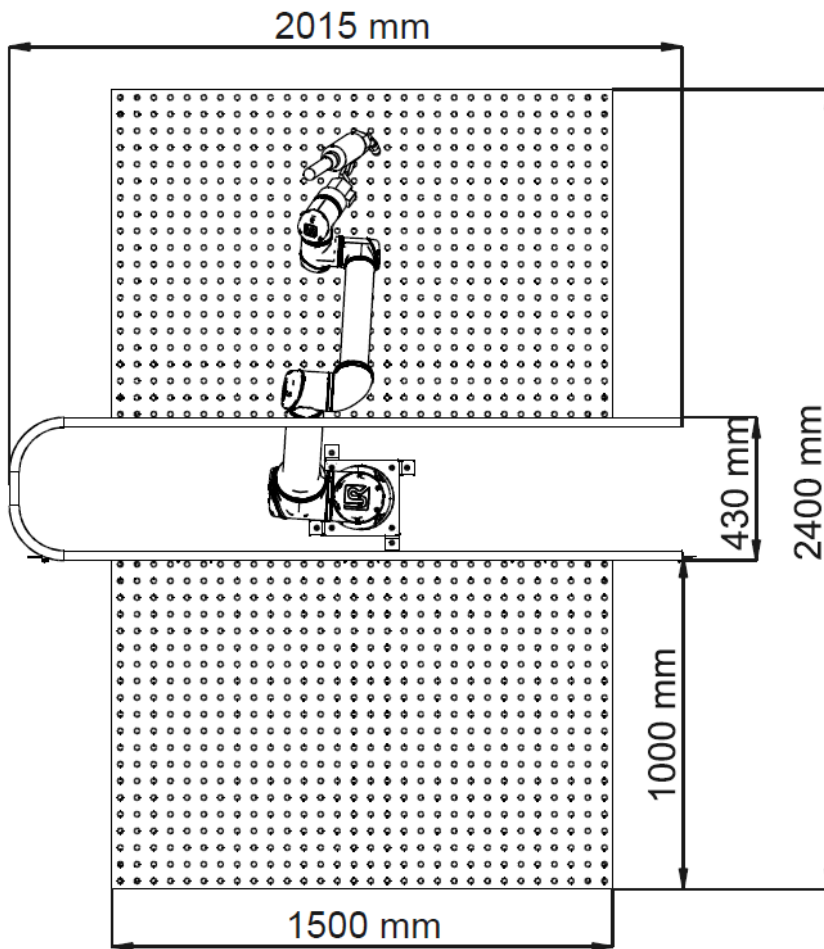
Vähiten pisteitä sai pyörivän pöydän kokonaisuus. Pyörivä pöytä keräsi pisteitä 2,4. Tässä kokonaisuudessa pöytäpinta-ala oli vähäinen, eikä robotti kykene hyödyntämään pinta-alaa täysin väliverhon takia. Pyörivän pöydän muita ongelmia ovat pyörähtämisen hitaus ja korkeat kustannukset. Pöydän pyörähtäminen voi aiheuttaa turvallisuusriskejä. Esimerkiksi jos pöydällä on iso hitsattava kappale, joka ulottuu pöydän reunojen yli, saattaa kappale pöydän pyörähtäessä osua operaattoriin. (Kuva 8.)



*Kuva 8. Pyöreä pyörivän pöydän layout*

### 3.4 Toteutettavan layout-vaihtoehdon mittakaavaaluonnos

Seuraavassa työvaiheessa valittiin toteutettava layout-vaihtoehto ja tehtiin mittakaavaaluonnos. Toteutettavaksi layout vaihtoehdoksi valittiin kahden pöydän kokonaisuus, jossa pöydät sijaitsevat robotin molemmin puolin. Pöytien koko määriteltiin niin, että robotin toimintasäteestä saataisiin hyödynnettyä mahdollisimman paljon. (Kuva 9.)



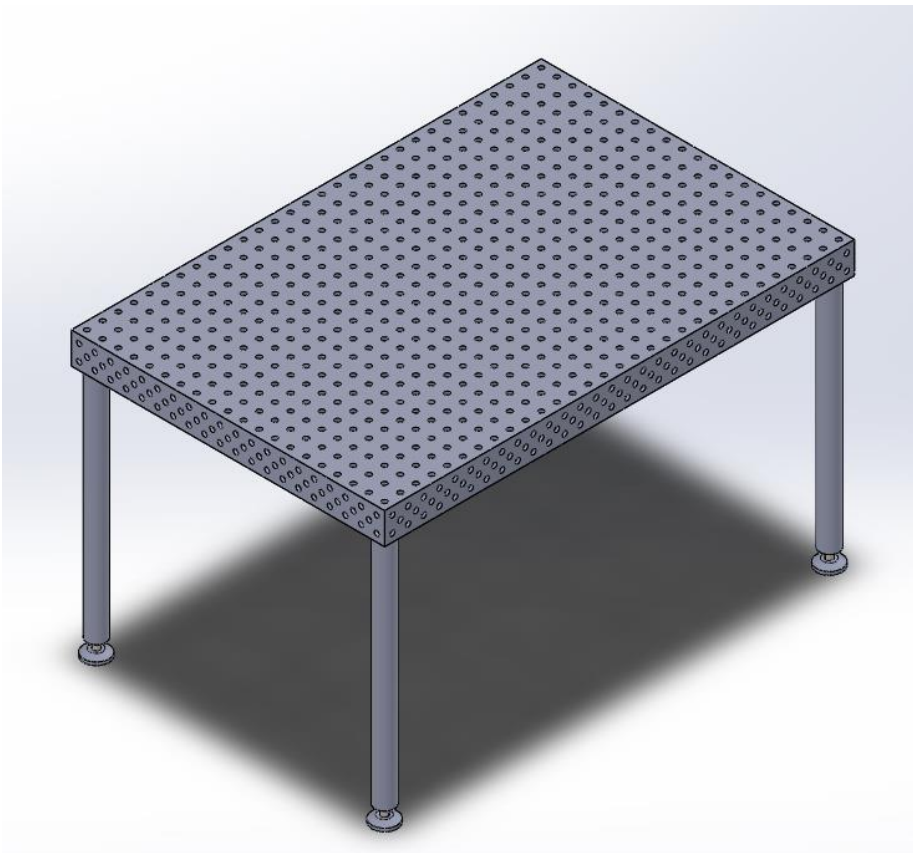
KUVA 9. Mittakaavaaluonnos

## 4 YKSITYISKOHTAINEN SUUNNITTELU

### 4.1 Solu-layoutin suunnittelu ja valmiskomponenttien valinta

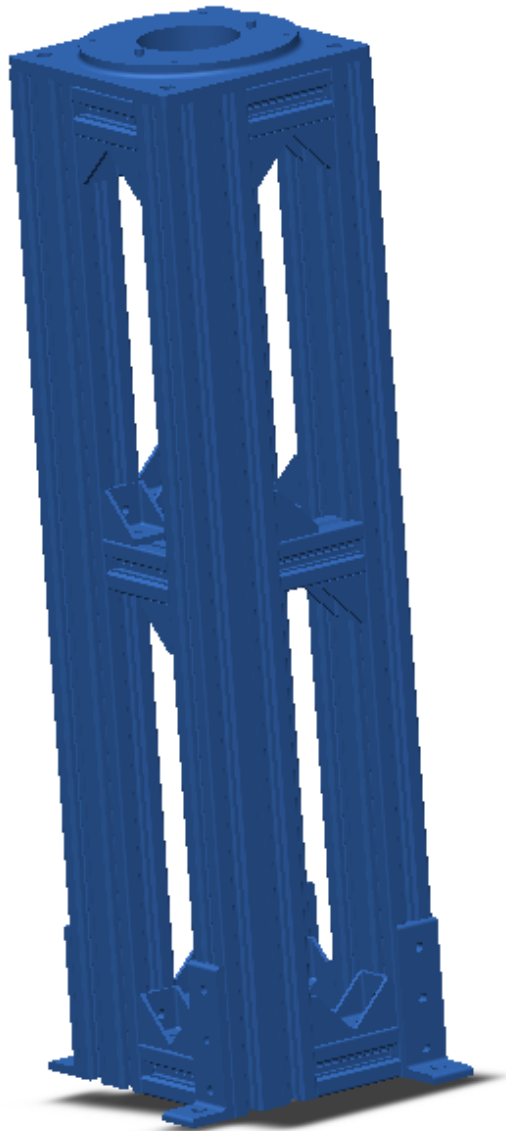
Tutkimuksen ja tilaajan tarpeen perusteella päädyttiin valitsemaan valmis Smart-Cell hitsausrobotisolu tilaajan käyttöön. Tilaajan kanssa sovittiin, että yksityiskohtaisessa suunnittelussa suunnitellaan kahden pöydän solu-layout tulevaisuuden tarpeita varten.

Hitsauspöydiksi valittiin valmiit Demmeler-hitsauspöydät. Pöydän kooksi valittiin 1 500 mm x 1 000 mm. Pöydän reikien halkaisija on 16 mm. Pöytä valittiin, sillä se oli sopivan kokoinen tähän layouttiin ja siihen oli helposti saatavilla useita erilaisia yleiskiinnittimiä. Valmistaja lupaa pöydän kestävän 8000 kg painon, mikä on tilaajan tarpeisiin riittävä. Pöydän valmistajalta on myös mahdollista ostaa useita erilaisia yleiskiinnitinpaketteja. (Kuva 10.)



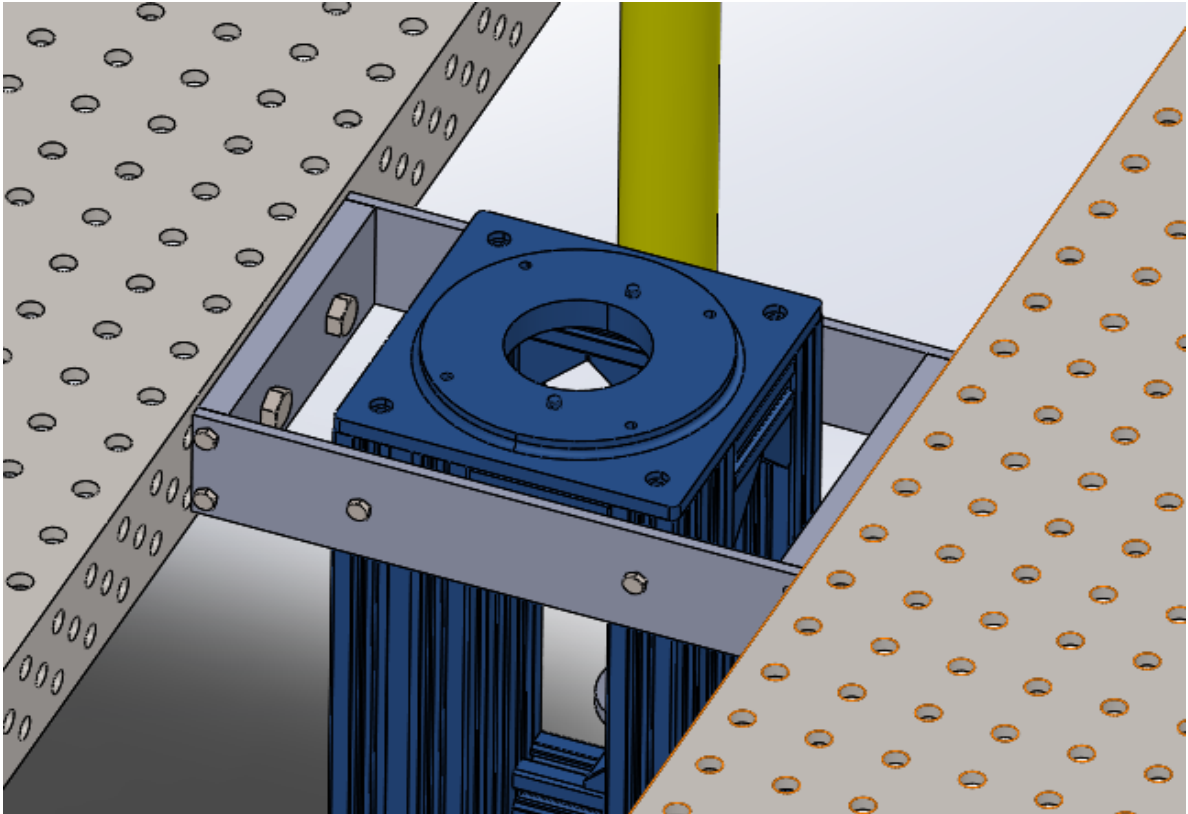
*KUVA 10. 3D-malli Demmeler-hitsauspöydästä*

Robottijalustaksi layouttiin valittiin Ventionin tuoteluettelosta layouttiin sopiva robottijalusta. Tämä jalusta valittiin, sillä se oli sopivan kokoinen suunniteltuun solu-  
layoutiin. (Kuva 9.)



*KUVA 11. Vention robottijalusta*

Opinnäytetyön tilaajan pyynnöstä suunniteltiin robottijalustaan ja hitsauspöytiin kiinnitettävä paikoituskappale. Paikoituskappaleen tarkoitus on tukea jalustaa robotin liikkumisesta aiheutuville voimille sekä estää pöytien liikkuminen ja pitää pöydät oikealla etäisyydellä robotista. (Kuva 12.)



*KUVA 12. Paikoituskappale kiinnitettynä pöytiin ja jalustaan*

Suojaverhoksi valittiin lopulta sivulta vedettävät verhot, sillä niitä on saatavilla paljon erilaisia. Suojaverhoja ja verhokiskoja saa tilattua mittatilaustyönä, joten oikeanlaisten verhojen hankkiminen on helppoa. Sivulta vedettävät verhot ovat nopeita käyttää ja ne suojaavat hyvin operaattoria valokaaren haitoilta sekä hitsausprosessissa syntyviltä roiskeilta.

## 4.2 Riskien arviointi

Riskien arvioinnissa käytettiin Raimo Vähän opinnäytetyöhön perustuvaa riskien arvioinnin Excel-taulukkoa (13). Riskien arvioinnissa arvioitiin kahden pöydän solu-layout. Riskeissä otettiin huomioon tapahtuman vakavuus ja tapahtuman todennäköisyys. (Taulukko 2.) Tapaturman vakavuus ja todennäköisyys arvioitiin asteikolla 1 - 100.

TAULUKKO 2. Riskien arvioinnin arviointitaulukko

Tapahtuman vakavuus	SS, Severity score	Selitys
Tuhoisa	SS = 100	Ks. Viereinen taulukko
Vaikea	99 ≥ SS ≥ 90	
Kohtalainen	89 ≥ SS ≥ 30	
Vähäinen	29 ≥ SS ≥ 0	

Tapahtuman todennäköisyys	PS, Probability score	Selitys
Erittäin todennäköinen	PS = 100	Tapahtuu varmasti tai todennäköisesti
Todennäköinen	99 ≥ PS ≥ 70	Voi tapahtua, mutta ei todennäköisesti
Epätodennäköinen	69 ≥ PS ≥ 30	Todennäköisesti ei tapahdu
Erittäin epätodennäköinen	29 ≥ PS ≥ 0	todennäköisyys lähes nolla

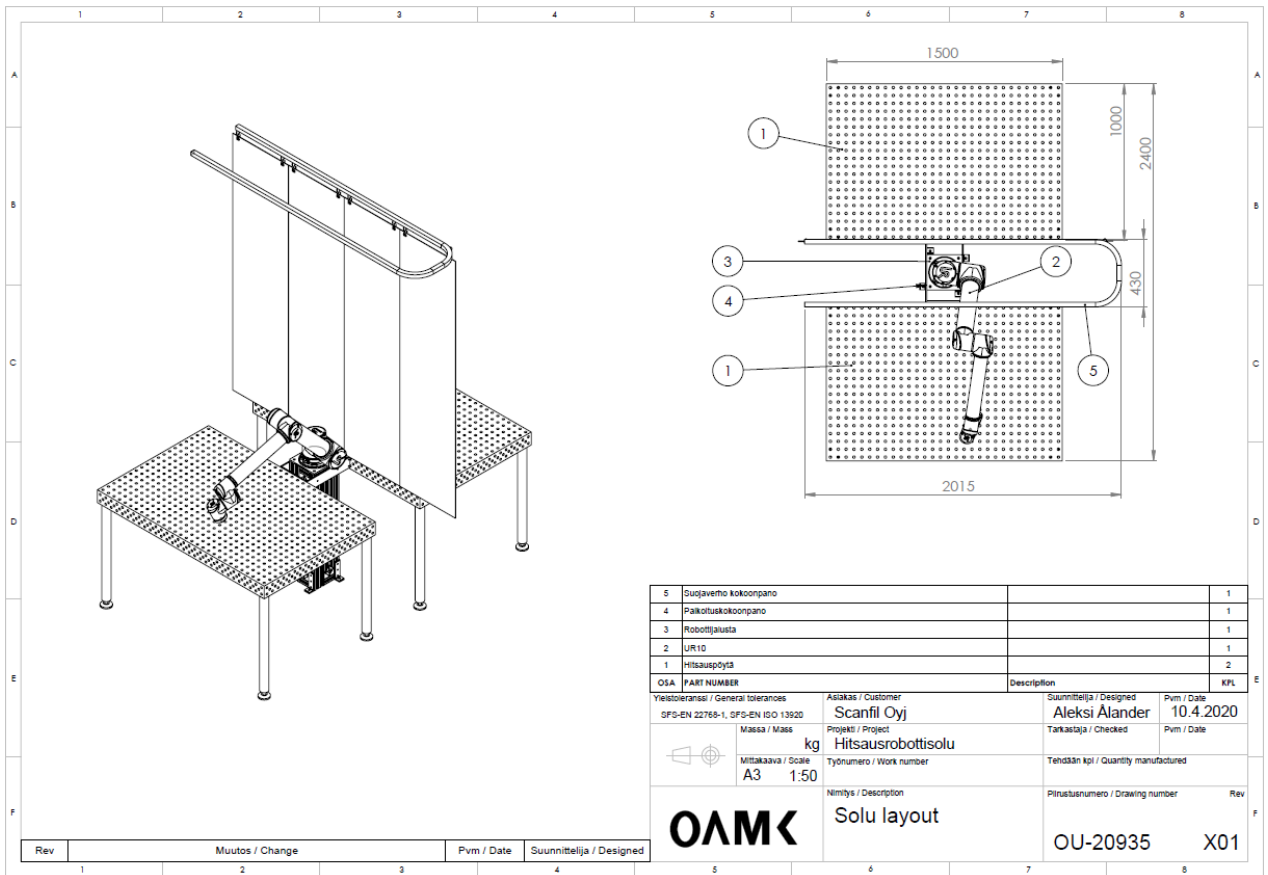
Riskien arviointi käytiin Oamkin laboratoriohenkilökunnan kanssa läpi. Riskien arviointiin lisättiin riskin lieventämisen toimenpiteet, jos riskin vakavuuden ja todennäköisyyden yhteispistemäärä ylitti 100 pisteen rajan. Arvioidut riskit on esitelty liitteessä 4.

Riskien arvioinnissa riskejä löytyi yhteensä 13. Riskeistä kolmen yhteispisteet ylittivät 100 pisteen rajan. Näille kolmelle riskille lisättiin lieventämisen toimenpiteet ja riskit arvioitiin uudestaan.

## 4.3 Tuotedokumenttien laatiminen

Opinnäytetyön seuraavassa vaiheessa solusta tehtiin lopullinen layout käyttäen SolidWorks-sovellusta. Lopullisesta layoutista tehtiin 2D-piirustus, johon lisättiin

osalista layoutissa käytettävistä komponenteista. Piirustus pohjana käytettiin Oamkin piirustus pohjaa. (Kuva 11.)



KUVA 13. Layout-piirustus

Layoutissa käytettävistä komponenteista ja osista kerättiin yhteenvetodokumentti. Yhteenvetodokumentista löytyy komponenttien hinnat, saatavuustiedot sekä lisätietoja komponenteista. (Liite 5.)



## 5 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin yhteistoimintarobotiikkaa soveltava hitsaus-robotisolu tilaajan käyttöön. Opinnäytetyö oli osa kokonaisprojektia, jossa solun layoutsuunnittelun lisäksi tehtiin toisena opinnäytetyönä solussa käytettävän yhteistoimintarobotin ja hitsauslaitteiston valinnan mahdollistava teknologiaselvitys. Projektin kokonaistavoitteena oli selvittää, miten yhteistoimintarobotti soveltuu hitsauksessa tilaajan tarkoituksiin.

Esisuunnittelussa teknologian valinnassa yhteistoimintarobotiksi valittiin Universal Robotsin valmistama UR10e. Tämän jälkeen alettiin suunnitella UR10e:lle sopivia solukokonaisuuksia. Esiarviointiin valittiin viisi erilaista pöytää, joista valittiin kolme yksityiskohtaiseen tarkasteluun. Näistä kolmesta tehtiin tarkemmat solukokonaisuudet, jotka arvioitiin tarkemmin. Tähän arviointiin lisättiin myös FSK Industriesin valmistama SmartCell. Vaihtoehtojen arvioinnissa eniten pisteitä keräsi SmartCell. SmartCell oli solukokonaisuuksista turvallisimmin ja soveltui parhaiten tilaajan tarpeisiin.

Yksityiskohtaisessa suunnittelussa suunniteltiin tilaajan tulevia tarpeita varten kahden pöydän layout-malli. Layouttiin valittiin valmiiksi komponenteiksi pöydät, robottijalusta ja verhot. Lisäksi layouttiin suunniteltiin jalustaan paikoituskappale tukemaan jalustaa ja paikoittamaan pöydät oikealle etäisyydelle jalustasta. Suunnittelun solu-layoutin riskit arvioitiin ja riskienarviointi käytiin läpi yhdessä Oamkin laboratoriohenkilökunnan kanssa.

Opinnäytetyö onnistui hyvin eikä ongelmia juurikaan esiintynyt. Ongelmia opinnäytetyössä aiheutti ainoastaan Covid-19-pandemia, joka keskeytti käynnissä olevat testihitsaukset. Covid-19-pandemia myös hidasti suunnittelua, sillä suunnittelua joutui jatkamaan kotona ja käytettävät ohjelmat aiheuttivat hieman ongelmia toiminnan kannalta. Opinnäytetyön läpiviennissä korostuivat projektin hallinta, aikataulutusta ja aikataulun tärkeys opinnäytetyön edistymisen kannalta.

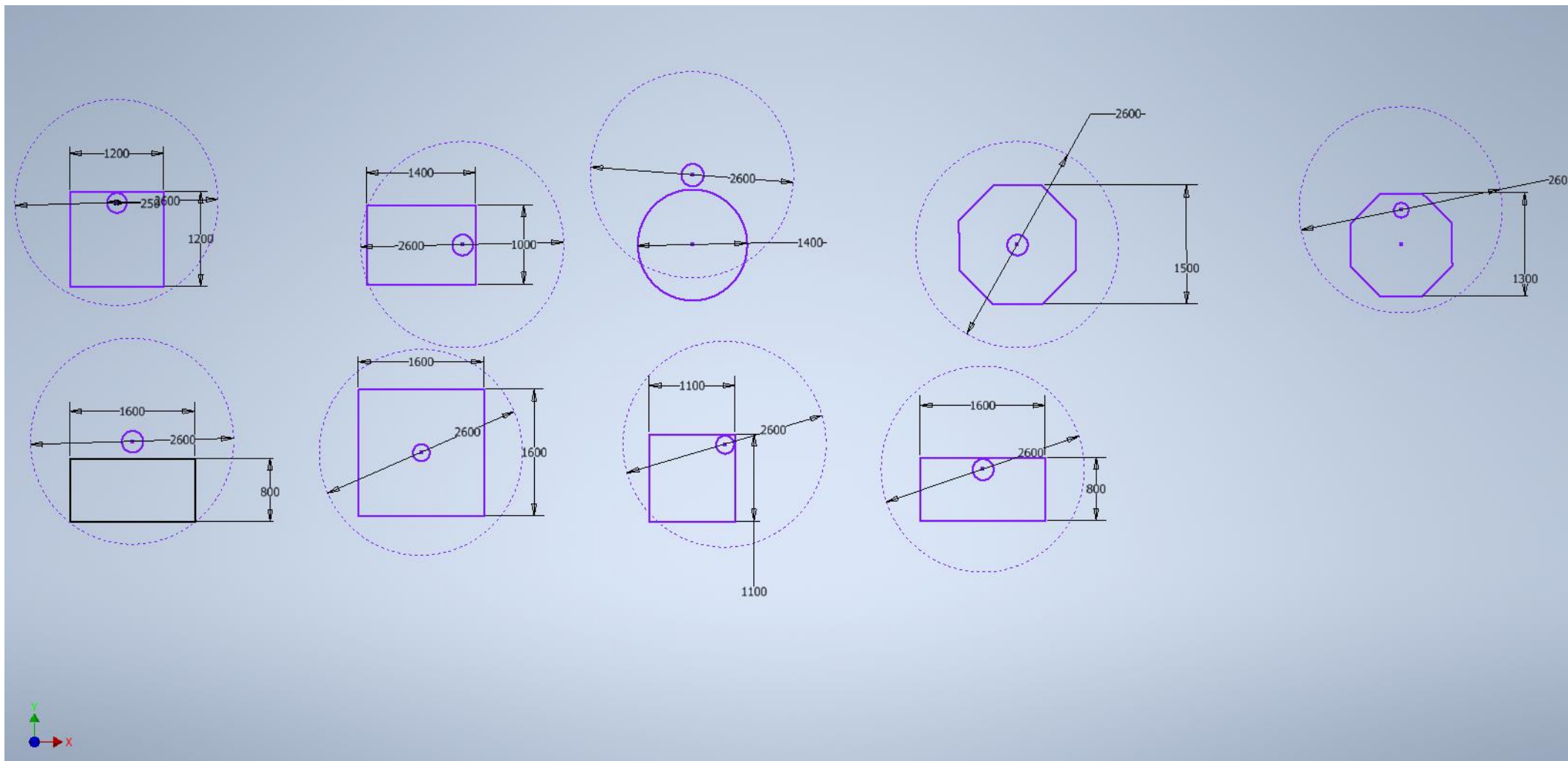
Opinnäytetyössä ainut jatkokehitystä vaativa kohde ovat suojaverhot ja mahdolliset muut turvalaitteet. Suojaverhot olisi helpompi asetella ja suunnitella kun tietää, minkä kokoiseen tilaan robotisolu sijoitetaan. Lisäksi verhoille on helpompi

suunnitella tarvittavat suoja releet ja anturit tarkkailemaan verhon sijaintia, kun tietää minkälaiset suojaverhot soluun hankkii.

## LÄHTEET

1. Mäkelä, Ville 2020. Järjestelmän valinta hitsausrobotisoluun. Valmisteilla oleva opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, konetekniikan tutkinto-ohjelma.
2. What are the advantages of robot welding over manual welding? 2020. Robotworx. Saatavissa: <https://www.robots.com/articles/what-are-the-advantages-of-robot-welding-over-manual-welding> Hakupäivä 13.2.2020.
3. SFS-EN ISO 10218-1. 2009. Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Teollisuusrobotit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
4. Teollisuusrobotit. 2020. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Teollisuusrobotti> Hakupäivä 11.2.2020
5. Plastikmedia. Advantages and disadvantages of industrial robots. <https://www.plastikmedia.co.uk/advantages-disadvantages-of-industrial-robots/> Hakupäivä 24.4.2020.
6. Vanhalakka, Vesa 2018. Yhteistyötä tekeviä, ihmistä auttavia ja robotteja, joiden kanssa voi harrastaa seksiä – Nämä ovat robotiikan kahdeksan trendiä. Aamulehti 9.3.2018. Saatavissa: <https://www.aamulehti.fi/a/200797134>. Hakupäivä 11.2.2020.
7. SFS-EN ISO 10218-2. 2011. Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
8. 7 advantages of using cobots! Wiredworkers. Saatavissa: <https://wiredworkers.io/advantages-of-cobots/> Hakupäivä 24.4.2020
9. The UR10e collaborative industrial robot. 2020. Universal Robots. Saatavissa: <https://www.universal-robots.com/products/ur10-robot/>. Hakupäivä 19.3.2020.

10. MIG/MAG-hitsaus. Ionix. Saatavissa: <http://www.ionix.fi/fi/teknologiat/kaarihitsaus/migmag-hitsaus/> Hakupäivä 8.1.2020
11. MIG/MAG-hitsaus Käyttökohteet, laitteistot ja suoritustekniikka. 2020. Kemppi Oy. Saatavissa: <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausapi-nen/mig-maghitsaus/>. Hakupäivä 24.4.2020.
12. SmartCell. 2020. Fsk industries GmbH & Co. Saatavissa: <https://www.fsk-industries.de/smartcell/>. Hakupäivä 23.4.2020.
13. Vähä, Raimo 2019. Yhteistoimintarobotiikan turvallisuussuunnittelu Pk-yrityksissä. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, konetekniikan tutkinto-ohjelma. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/167393/Vaha\\_Raimo.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/167393/Vaha_Raimo.pdf?sequence=2&isAllowed=y)



## ARVIINTITAIKUKKO

## LIITE 2

Arviointikriteeri	Painokerroin 0-1	2 hitsauspöytää		L-mallin pöytä		Pyörivä pöytä		SmartCell		Arviointikriteeri
		Arvosana	Painotettu arvosana	Arvosana	Painotettu arvosana	Arvosana	Painotettu arvosana	Arvosana	Painotettu arvosana	
Alhaiset kustannukset	0,2	2	0,4	3	0,6	2	0,4	2	0,4	Alhaiset kustannukset
Robotin käyttöäteen hyödyntäminen, pöytätila	0,1	5	0,5	3	0,3	2	0,2	2	0,2	Robotin käyttöäteen hyödyntäminen, pöytätila
Operaattorin työskentelymahdollisuudet; robotin käyttö, kappaleiden asettelu,	0,2	4	0,8	3	0,6	3	0,6	4	0,8	Operaattorin työskentelymahdollisuudet; robotin käyttö, kappaleiden asettelu
Solun tarvitsema pinta-ala	0,1	3	0,3	3	0,3	4	0,4	5	0,5	Solun tarvitsema pinta-ala
Hyvä käyttöturvallisuus	0,2	3	0,6	2	0,4	2	0,4	5	1	Hyvä käyttöturvallisuus
Muunneltavuus	0,1	4	0,4	4	0,4	2	0,2	2	0,2	Muunneltavuus
Käyttöäoton helppous	0,1	3	0,3	3	0,3	2	0,2	5	0,5	Käyttöäoton helppous
Yhteensä	1	3,3		2,9		2,4		3,6		Yhteensä

RISKIENARVIOINTI

	Nimi	pvm	Riskin vakavuus	Riskin suuruus	Toimenpide	Riskin lieventämisen toimenpiteet	pvm	Uusi riskin vakavuus	Uusi riskin suuruus	Toimenpide
Riski 1	Robotin liikeradalle joutuminen	27.2.2020	75	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä					
Riski 2	Robotti pyörii toisen pöydän puolelle väärään aikaan ja osuu operaattoriin	27.2.2020	25	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä					
Riski 3	Valokaari vahingoittaa näköä	27.2.2020	100	Pieni	Riskiä seurataan ja arvioidaan mahdollisesti uudestaan jälkiarvioinnissa	<b>Lievennetty Riski 3</b> Suojaverhon oikeaoppinen käyttö on opetettu operaattorille. Varmistetaan suojaverhon käyttö esimerkiksi anturilla joka kertoo onko suojaverho paikallaan	5.4.2020	21	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä
Riski 4	Kuuma poltin osuu operaattoriin	17.3.2020	80	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä					
Riski 5	Kaasuvouto	9.3.2020	25	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä					
Riski 6	Hitsatun kappaleen aiheuttamat palovammat	9.3.2020	100	Pieni	Riskiä seurataan ja arvioidaan mahdollisesti uudestaan jälkiarvioinnissa	<b>Lievennetty Riski 6</b> Ohjeistetaan operaattoria käyttämään asianmukaisia suojavarusteita.	5.4.2020	31	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä

## RISKIENARVIOINTI

LIITE 3/2

Riski 7	Asennuksen aikaiset vahingot	9.3.2020	80	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä						
Riski 8	Huoltotoimet	9.3.2020	60	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä						
Riski 9	Sähköisku	9.3.2020	105	Pieni	Riskiä seurataan ja arvioidaan mahdollisesti uudestaan jälkiarvioinnissa	Lievennetty Riski 9	Sähköasennukset tekee pätevyyden omaava henkilö	5.4.2020	0	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä
Riski 10	Hitsauslanka lävistää työntekijän	5.4.2020	75	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä						
Riski 11	Vaaralliset kaasut hitsausprosessista	5.4.2020	60	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä						
Riski 12	Hitsausprosessista syntyvät roiskeet	5.4.2020	55	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä						
Riski 13	Puristuminen robotin väliin	5.4.2020	40	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä						



Projekti: Hitsausrobotisolu			
Tekijät: Ville Mäkelä, Aleksis Ålander			
	Lisätietoja	Hinta(€)	Saatavilla
Hitsauspöytä	Demmeler (L,W,H) 1 500x1 000x850±30mm, reikien sijoittelu: 50x50mm, koko 16mm	Yksi pöytä: 1 800+ALV, Demmeleriltä tilatessa.	<a href="https://www.suomalainenjalleenmyyja.fi/adver.fi/demmeler-hitsauspoydat">Suomalainen jälleenmyyjä adver.fi: Demmeler hitsauspöydät</a>
Jigit	Demmeler	Jigisarjat alkaen 1 500+ALV, Demmeleriltä tilatessa.	<a href="https://www.suomalainenjalleenmyyja.fi/adver.fi/demmeler-hitsauspoydat">Suomalainen jälleenmyyjä adver.fi: Demmeler hitsauspöydät</a>
Robotti	UR10e	35000,00	<a href="https://www.fsk-industries.de/en/ur-smartarc/">https://www.fsk-industries.de/en/ur-smartarc/</a>
Robotin jalusta	Vention	900,00	<a href="https://vention.io/designs/ur10e-robot-stand-750mm-high-15720">https://vention.io/designs/ur10e-robot-stand-750mm-high-15720</a>
Hitsauslaitteisto	Fronius TPS 320i + SmartArc	22000,00	<a href="https://www.fsk-industries.de/en/ur-smartarc/">https://www.fsk-industries.de/en/ur-smartarc/</a>
Suojaverho	Painepiste Oy, mitat 2 500x 2 500mm	225 + kiskot	<a href="http://www.suojaverho.com/fi/hitsausverho">http://www.suojaverho.com/fi/hitsausverho</a>
Yhteensä		n. 70 000€	