



JUHA SAARNIO

Hitsausrobottisolun

layout-suunnittelu

KONE- JA TUOTANTOTEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA
2021

Tekijä Saarnio, Juha	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä toukokuu 2021
	Sivumäärä 31	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi Hitsausrobotisolun layout-suunnittelu		
Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma		
<p>Opinnäytetyön tarkoitus oli suunnitella Veme Oy:n uudelle pistehitsausrobotisolulle layout ja solun operaattoreille työnsuoritusjärjestys ja työohje. Layout: n suunnittelussa sovittiin käytettävän yrityksen käytössä olevaa Lean- menetelmää. Layout ja työskentelyyn sopiva työohje syntyi useita eri variaatioita analysoimalla ja kokeilemalla.</p> <p>Työskentelyohjeisiin ja layout- menetelmään sovellettiin luonnollisesti ergonomiaa ja otettiin huomioon työturvallisuus. Layout: iin käytettävissä oleva tila oli etukäteen rajattu ja tilan käyttö oli optimoitava tehokkaasti. Solussa valmistuvat valmiit tuotteet pakataan melko suuriin pakkauksiin, niiden vaatima tila käytettävästä alueesta oli huomattava.</p> <p>Haasteellisinta työssäni oli riittävän työskentelytilan löytäminen, joka oli edellytys operaattorin turvalliselle työskentelylle. Toteutuneessa suunnitelmassa robotisolulla käytettävät materiaalit päätettiin asettaa osavaunuille, jolloin käytössä oleva tila saatiin optimoitua mahdollisimman tehokkaasti. Solulle tuli omat osavaunut oikealle ja vasemmalle puolelle solua.</p> <p>Solussa käytettävien osien täyttö osavaunuihin katsottiin solussa tapahtuvan jouhevan työnsuorituksen ja tehokkuuden varmistamiseksi hoitaa materiaali henkilöstön työtehtäväksi materiaaliosaston tiloissa. Tuloksena opinnäytetyöstä Veme Oy:lle saatiin layout- ja robotisolujen työskentelysuunnitelma, jonka toteutuksessa ja kokeilussa opinnäytetyön tekijä sai olla mukana. Robotisolun layout ja operaattorin työskentelyohjeet otettiin käyttöön opinnäytetyön tulosten mukaisella tavalla.</p>		
<p>Asiasanat layout, Lean, hitsausroboti</p>		

Author Saarnio, Juha	Type of Publication Bachelor's thesis /	Date May 2021
	Number of pages 31	Language of publication: finnish
Title of publication Welding robot cell layout design		
Degree program Mechanical Engineering		
<p>The purpose of this thesis was to design the layout for Veme Oy company new spot welding robot cell and the work sequence and work instructions for the operators of worker. Company used Lean method in all activities. Because of that they wanted to use Lean method at all design. The layout and work instructions suitable for the work were created by analyzing and experimenting with several different variations.</p> <p>Ergonomics were naturally applied to the work instructions and layout method, and occupational safety was observed. The space available for the layout was limited in advance and the use of the space had to be optimized effectively. The finished products produced in the work area are packed in rather large packages, the space required by them for the area used was considerable.</p> <p>The most challenging part of my job was finding adequate working space, which was a prerequisite for the operator to work safely. In the implemented plan, it was decided to place the materials used on the robot grill-tables sides on the sub-carriages, thus optimizing the space in use as efficiently as possible. The working area had its own partial carriages on the right and left sides of the area.</p> <p>The filling of parts used in the working area into sub-wagons was considered to ensure smooth work performance and efficiency in the cell to handle the material for the work of the staff at the materials department premises. As a result of the thesis, Veme Oy received a layout and at robot cell work plan, in the implementation and experimentation of which the author of the thesis was allowed to participate. The robot cell layout and the operator's work instructions were introduced in accordance with the results of the thesis.</p>		
<u>Key words</u> layout, Lean, welding robot		

ALKUSANAT

Yhteistyö Veme Oy yrityksen kanssa oli erittäin antoisaa ja mieluisaa. Yrityksen henkilökunta suhtautui minuun positiivisesti. Yritys antoi tietoa ja tukea opinnäytetyön suoritukseen kiitettävällä tavalla. Erityisesti yhteyshenkilönäni toiminut Jyrki Koskela oli avulias ja yhteistyö oli mielestäni sujuvaa.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 TOIMEKSIANTAJA	7
3 TYÖN TAVOITTEET	9
4 SOVELLETTAVAT TEORIAT	10
4.1 Ergonomia	10
4.2 Suunnitteluprosessi	11
4.3 Layout	12
4.4 Layoutsuunnittelun tavoitteet	13
4.5 Lean	13
5 SUUNNITTELU	16
5.1 Suunnittelun askeleet	17
5.2 Osavaunut	21
5.3 Lavavaunut	23
5.4 Suunnittelun versiot ja niiden arviointi	24
6 YHTEENVETO	26

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Tässä työssä suunnitellaan opinnäytetyön toimeksiantajayritykselle heidän hankkimalle robottisolulle layout. Robottisolun tarkoitus on valmistaa pistehitsausmenetelmää käyttäen teräksestä valmistettujen osakokonaisuuksien kokoonpanoa. Toimeksiantajan kanssa sovittiin suunnittelun sisältävän tarkan työohjeen ja työskentelyjärjestyksen laatimisesta solun operaattorille. Suunnittelutyö toteutettiin Laitilassa toimivalle Veme Oy:lle.

Opinnäytetyölle oli syntynyt yritykselle tarve tuotannollisista syistä. Yritys tarvitsi hankkimalleen robottisolulle layoutin ja robottisolun operaattorille työskentelyä varten työohjeet. Robottisolulle oli yrityksessä suunniteltu tarkka sijaintipaikka ja päätetty solun käytettävissä oleva tila.

Robottisolun tarkoituksena oli valmistaa autoteollisuuden tarpeeseen tulevia osakokoonpanoja. Kyseiset osakokoonpanot olivat jo yrityksen tuotannossa. Tuotanto valmistui tuotteita manuaalisesti pääosin käsin käytettävillä pistehitsauskoneilla ja jigeillä. Manuaalinen työskentely on henkilölle fyysisesti rasittavaa toistotyötä ja yrityksen näkökulmasta hidasta. Kyseiselle tuotteelle oli olemassa vahva imu, johon manuaalisella tuotannolla oli haasteita pystyä toteuttamaan asiakkaan kysyntä. Yritys halusi investoida koneiden valmistuskapasiteettiin ja säästää henkilöstöään rasittavalta fyysiseltä toistotyöltä.

2 TOIMEKSIANTAJA

Veme Oy on perustettu 1973 ja toimii Laitilassa. Veme Oy keskittyy metallialan yrityksenä auto- ja liikennevälineiteollisuuteen, sähköteollisuuteen, leikki- ja huonekaluteollisuuteen sekä tuotanto- ja laiteollisuuteen.

Auto- ja liikennevälineiteollisuudessa Veme Oy:n erikoisalueena ovat autojen metalliset tarkkuuskomponentit, joita ovat esimerkiksi:

- tukivarret ja akseliston komponentit
- istuinten komponentit
- korin vahvikeosat
- turvavöiden kiinnitysosat rungossa
- laitealustat
- käyttömekanismit mm. kangaskattoihin
- lukituslaitteistot
- Muiden kuljetusvälineiden osat:
- raskaan kaluston säleiköt ja koriosat
- istuinrungot
- hyttien ja korien rakenteet

Materiaalina ovat tavallisimmin teräsohutlevy sekä teräsprofiilit. Myös alumiini on merkittävä osien raaka-aine. Raaka-aineina Veme Oy:llä käytössä myös autoteollisuuden kehittämiä erityisiä raaka-aineita.

Veme Oy käyttämät tuotantotekniikat:

- Puristus-, leikkaus- ja jonotyökalut
- Hitsausmenetelmät
- Pintakäsittely
- Kokoonpano
- Tuotteen pakkaus ja varustelu kuuluu yrityksen palveluihin.

Veme Oy:n lukuja:

- Henkilöstömäärä on 155.
- Liikevaihto vuonna 2018 14 miljoonaa euroa.

Toimitilat Laitilassa:

- Tuotantotilaa 8000m²
- Toimistotilaa 420m²
- Katostilaa 1500m² (www.veme.fi, luettu 21.5.2021.)

3 TYÖN TAVOITTEET

Työn tavoitteena oli tehdä LEAN-periaatetta hyödyntäen robottisolulle layout, joka on mahdollisimman tehokas, optimaalinen, yhden työntekijän suorittamalle työsuoritukselle solussa. Solulle piti luoda työohje ja työskentelyohje robottisolulle soveltaen LEAN-ajattelua.

Lähtökohtaisesti yritys antoi minulle vapaat kädet layout- suunnittelussa solulle. Tärkeimpänä tehtävänä oli raportoida eri ratkaisuihin ja keskustella näistä yrityksen mm. tuotannon kehityspäällikön ja tuotantopäällikön kanssa.

Suunnittelun aikana nousi ergonomia ja layout- suunnittelu esille, joita käsitellään tarkemmin ennen vaiheittaista suunnittelun esittelyä ja lopputuloksien raportointia.

Lopullisena tavoitteena oli luoda uudelle pistehitsausrobotille työympäristö. Yrityksen toiveena oli robottisolun työskentelyn tehokas ja tuotantoa tukeva optimointi.

4 SOVELLETTAVAT TEORIAT

Työn suorittaminen haluttiin yrityksen näkökulmasta saada kaikilta osin toteutettua Lean-periaatetta hyväksi käyttäen. Lisäksi työnsuorittamisesta ja työnsuoritusstilasta haluttiin saada ergonomisesti ja työturvallisuuden kannalta mahdollisimman hyvä. Sujuvan ja tehokkaan layoutin ja ergonomian hyvä toteuttaminen tarvitsevat avukseen suunnitteluprosessin, joka johdattaa hyvään lopputulokseen.

4.1 Ergonomia

Ergonomian tavoitteena on sekä tutkia ihmisen ja toimintajärjestelmän vuorovaikutusta että kehittää ihmisen hyvinvointia ja parantaa järjestelmän suorituskykyä. Ergonomian tutkiminen on monimuotoista ja siinä otetaan huomioon psykologiset, fysiologiset ja tekniset vaikutukset. (Nevala, Päivinen & Väyrynen 2004, 15.)

Ensisijaiset kehityskohteet ovat työprosessit ja tekniset ratkaisut: työjärjestelyt, tehtävät, koneet ja laitteet, kalusteet, tilat ja fysikaalinen ympäristö. Tavoitteena on, että laitteen tai ympäristön ajattelusta käyttäjäkunnasta kaikki voisivat käyttää laitetta tai toimia ympäristössä haitatta ja tehokkaasti. (Nevala, Päivinen & Väyrynen 2004, 15.)

Kuten ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa -kirjassa (Nevala, Päivinen & Väyrynen 2004, 15) sanotaan, ergonomian periaatteiden huomioonottaminen tarkoittaa mm. seuraavaa:

- Otetaan huomioon käyttäjään kohdistuva henkinen tai fyysinen rasitus ja pyritään pienentämään sitä. Tätä kautta parannetaan ihmisen suorituskykyä ja toiminnan luotettavuutta. Tämä johtaa virheellisten toimintojen todennäköiseen vähenemiseen koneen käytön kaikissa vaiheissa.
- Otetaan ISO 10075- ja ISO 10075-2-standardin mukaisesti tarkoitetun käyttäjärühmän todennäköiset mitat, voimat ja asennot, liikkeiden laajuus ja jaksottaisten toimien taajuus.

- Pyritään välttämään kuormittavien asentojen ja liikkeiden käyttöä käytön aikana. (Nevala, Päivinen & Väyrynen 2004, 15.)

4.2 Suunnitteluprosessi

Suunnittelijan tehtävänä on luoda asetettujen tavoitteiden ja rajoittavien ehtojen pohjalta toimiva ratkaisu. (Nevala, Päivinen, & Väyrynen 2004, 22) Kuten kirjassa on sanottu; yleisenä tavoitteena voidaan pitää teknisen toiminnon täyttymistä, sen taloudellista toteuttamista sekä ihmisten ja ympäristön turvallisuuden säilyttämistä ja lisäämistä.

Esimerkkinä tavanomaisista suunnitteluprosessien vaiheista löytyy taulukosta 1.

Taulukko 1. Suunnitteluprosessin vaiheet.

Lähde	Suunnitteluprosessin vaiheet
Pahl & Beltz 1988 Pahl & Beltz 1990	<ul style="list-style-type: none"> • Tehtävän selvittely → informaation vahvistaminen • Luonnostelu → periaatteiden vahvistaminen • Kehittely → rakennemuodon vahvistaminen • Viimeistely → valmistustekniikan vahvistaminen
Ulrich & Eppinger 2000 Martinsuo ym. 2003	<ul style="list-style-type: none"> • Tuoteohjelman suunnittelu (planning) • Konseptin kehitys (concept planning) • Järjestelmätason suunnittelu (system-level design) • Yksityiskohtien suunnittelu (detail planning) • Testaus ja jatkokehitys (testing and refinement) • Tuotannon järjestelyt (production ramp-up) <p>Vaihe 2. Konseptin kehitys käsittää asiakastarpeiden tunnistamisen, tuotevaatimukset, konseptien synnyttämisen, konseptien valinnan ja konseptien testauksen.</p>
Jokinen 2001	<ul style="list-style-type: none"> • Tuotekehityksen käynnistäminen • Luonnostelu • Kehittely • Viimeistely

Cushman & Rosenberg 1991	<ul style="list-style-type: none"> • Tuoteohjelman suunnittelu (product planning) • Tuotesuunnittelu (design) • Testaus ja todentaminen (testing and verification) • Tuotanto (production) • Markkinointi ja arviointi (marketing and evaluation)
--------------------------	--

(Nevala, N. Päivinen, M. & Väyrynen 2004, 23).

4.3 Layout

Layout on kaksiulotteinen tai kolmiulotteinen suunnittelutapa, jolla hahmotellaan fyysisten osien (koneet, laitteet, varastopaikat ja kulkureitit) sijoittumista tehtaan pohjassa. Layoutit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: tuotantolinja-layouttiin, funktionaaliseen layouttiin ja solu-layouttiin. (Haverila, Kouri, Miettinen & Uusi-Rauva 2009, 475.)

Tuotantolinja-layout keskittyy suurien määrien valmistamiseen korkealla kuormitusasteella. Tuotantolinja on erikoistunut tietyn tuotteen valmistamiseen. Suurien valmistusmäärien ansiosta tuotteen yksikköhinta muodostuu alhaiseksi. Tuotantolinja vaatii erittäin tarkkaa laadunvalvontaa, koska häiriöt aiheuttavat suuria kustannuksia ja viallisia tuotteita voidaan myös tehokkaasti tämän takia. Tuotantolinjan rakentaminen on kallista, mutta tuotantolinjaan upotetut kustannukset maksavat itsensä takaisin nopeasti. (Haverila, Kouri, Miettinen & Uusi-Rauva 2009, 475.)

Funktionaalisisessa layoutissa koneet ja työpaikat on ryhmitelty työtehtävän samankaltaisuuden perusteella (Haverila, Kouri, Miettinen & Uusi-Rauva 2009, 476).

Funktionaalisisessa layoutissa tuotantomäärät ja -tyypit voivat vaihdella huomattavasti. Koneet ja laitteet ovat tavallisesti monipuolisia yleiskoneita, joilla voidaan valmistaa joustavasti erilaisia tuotteita. Tuotteita valmistetaan yksittäiskappaleina tai sarjoina (Haverila, Kouri, Miettinen & Uusi-Rauva 2009, 476).

Solulayout muodostaa itsenäisen, eri koneista ja työpaikoista kootun ryhmän, joka on erikoistunut tiettyjen osien valmistamiseen ja työvaiheiden suorittamiseen. Tuotantomäärät ja eräkoot voivat vaihdella paljonkin. Solun tuotannonohjaus on helppoa, koska se muodostaa vain yhden kuormituspisteen. Solujen välillä löydetään helposti virheet ja ne voidaan samalla myös korjata helposti (Haverila, Kouri, Miettinen & Uusi-Rauva 2009, 478).

Veme Oy:n toiminnassa käytetään tuotantolinja-layoutia, jonka etuna hyvät edellytykset käsitellä suuria kappalemääriä. Solussa käytettäviä jigejä vaihtamalla voidaan so-
lua muokata tarpeen mukaan useiden erilaisten lopputuotteiden valmistamiseen.

4.4 Layoutsuunnittelun tavoitteet

Layoutsuunnittelun tavoitteena on materiaalivirtojen tehokas käsittely. Kuljetusker-
toja ja -matkoja pyritään minimoimaan osastojen ja työpisteiden sijoittelun mukaan. Mahdolliset tulevaisuuden suunnitelmat ja niiden mahdollisesti tuomat muutokset tu-
lisi ottaa huomioon layout suunnitelmassa. Funktionaalisessa layout suunnittelussa py-
ritään määrittelemään toiminnot ja tilantarve. Funktionaalisessa layout suunnittelussa
laaditaan vaihtoehtoisia pohjapiirroksia vaihtoehtoina olevien suunnitelmien vertailun
helpottamiseksi. Nämä vertailut helpottavat halutun lopputuloksen löytämisessä.
(Martinsuo, Mäkinen, Suomala & Lyly-Yrjäinen 2009, 156–159).

4.5 Lean

Lean kehitettiin Toyotalla ja on tämän jälkeen kopioitu maailmalla yritysten tuotanto-
järjestelmien toimintoihin. Lean periaate perustuu hukkatointojen eliminoimiseen
ja tätä kautta luodaan asiakkaalle arvoa. Hukkatoinnoilla tarkoitetaan tuotteeseen
sisältyviä toimintoja, jotka eivät tuota arvoa asiakkaalle.

Toisaalta Lean kuvataan johtamisen strategiana, jonka tavoitteena on vähentää tuotan-
nossa ja yrityksen toiminnassa havaittavia pullonkauloja.

Kuten Tuominen on kirjassaan maininnut, Lean-suunnittelu voidaan tiivistää tavoitteeseen saada aikaan virtaus: prosessissa keskeytymätön materiaalien, komponenttien, tuotteiden ja tiedon virtausta ilman väli- ja tuotevarastoja. (Tuominen 2010, 72.)

Virtaus on tärkein ”osa-alue” Lean- ajattelussa. Tavoitteena on saada mahdollisimman helposti soljuva joen virtaus, jossa fyysinen objekti tai tieto siirtyvät ilman pysähtymisiä tai hidastumisia eteenpäin. Mitä paremmin virtaus on suunniteltu, sitä helpommin ja nopeammin se voi oppia. Virtauksessa on poikkeuksina valmistuote- ja puskurivarastot, joita käytetään eri työvaiheiden välillä.

(Tuominen 2010,72) jatkaa kirjassaan maininnalla monista saavutettavista hyödyistä, maininnoissa keskitytään solua käsitteleviin kohtiin. Nämä ovat suoria viittauksia Tuomisen kirjasta:

- Laatu kehittyy: Solun työntekijät valmistavat vain yhden osan kerrallaan ilman vaiheiden välistä varastoa. Tällöin on helpompaa tarkastaa solun työn tulos eikä päästä virheellisiä eteenpäin. Jos virhe syntyy, se havaitaan nopeasti, analysoidaan ja korjataan välittömästi. (Tuominen 2010, 72.)
- Lisääntynyt joustavuus: Kun tuotteen valmistamisen läpimenoaika on lyhyt, voidaan reagoida nopeasti asiakkaan tarpeisiin. Jos kysynnän määrä ja tuotteet vaihtuva, voidaan tarvittavat muutokset toteuttaa välittömästi. (Tuominen 2010, 72.)
- Parantaa tuottavuutta: Hyvin virtaavassa valmistussolussa on vähän lisäarvoa tuottamatonta toimintaa, kuten materiaalien siirtelyä. Nähdään, kenellä on kiire ja kuka on jouten. On helppoa ja mitata lisäarvoa tuottavan työn määrä, ja määritellä montako henkilöä tarvitaan tietyn tuotantovauhdin saavuttamiseksi. (Tuominen 2010, 72.)
- Vapauttaa lattiatilaa: Solussa kaikki on sijoitettu lähelle toisiaan. Varastoille ei ole tilaa eikä sitä myöskään tarvita. Vapautuvaa tilaa voidaan käyttää esimerkiksi kapasiteetin lisäykseen. (Tuominen 2010, 72.)

- Parantaa turvallisuutta: Valmistuksen virtaaminen on turvallisempaa valmistalla yksi kappale kerrallaan tai pienissä erissä. Ei tarvita nosteluja ja vaikeasti siirrettäviä tavaraeriä. Kun tavara virtaa suunniteltuja reittejä, ei synny yllätyksiä prosessissa ja sen ulkopuolella työskenteleville. (Tuominen 2010, 73.)
- Parantaa työmotivaatiota ja -viihtyvyyttä: Jokainen voi nähdä työnsä tulokset ja tuntee tekevänsä jotain arvokasta. ”Ei enää tarvita niitä hanttihommia”. (Tuominen 2010, 73.)
- Pienentää varastokustannuksia: Pääomaa vapautuu investointeihin, kun sitä ei tarvitse jättää lattialla lojuviin varastoihin. Yrityksen ei tarvitse maksaa pääoma- ja kuljetuskuluja. Varastossa lojuvat tavarat eivät vanhene. (Tuominen 2010, 73.)

5. SUUNNITTELU

Yritys oli tilannut solulle pistehitsausrobotin ja hitsaus jigi mallia ”grilli”. Grilli on akselinsa ympäri pyörähtävä pöytä tai taso. Tämän tyyppinen kääntyvä hitsausjigi mahdollistaa sen, että pistehitsausrobotti voi hitsata samaan aikaan toisella puolella sermiä, kun toisella puolella solun operaattori tyhjentää ja täyttää jigiä. Veme Oy:n grillissä on neljä jigiä, joissa valmistuu neljää lopputuotetta autoteollisuuteen.

Sain tehtäväkseni suunnitella pistehitsaussoluun hitsausrobotille toiminta-alueen. Tavoitteena oli rakentaa toimiva työskentelysolu, jossa toteutuu Lean-mallin mukainen työskentely. Työssä käytettiin hyväksi suunnitteluprosessia. Suunnitteluprosessin avulla löydettiin tehokkaista tapoja löytää sopivia lähestymistapoja työhön.

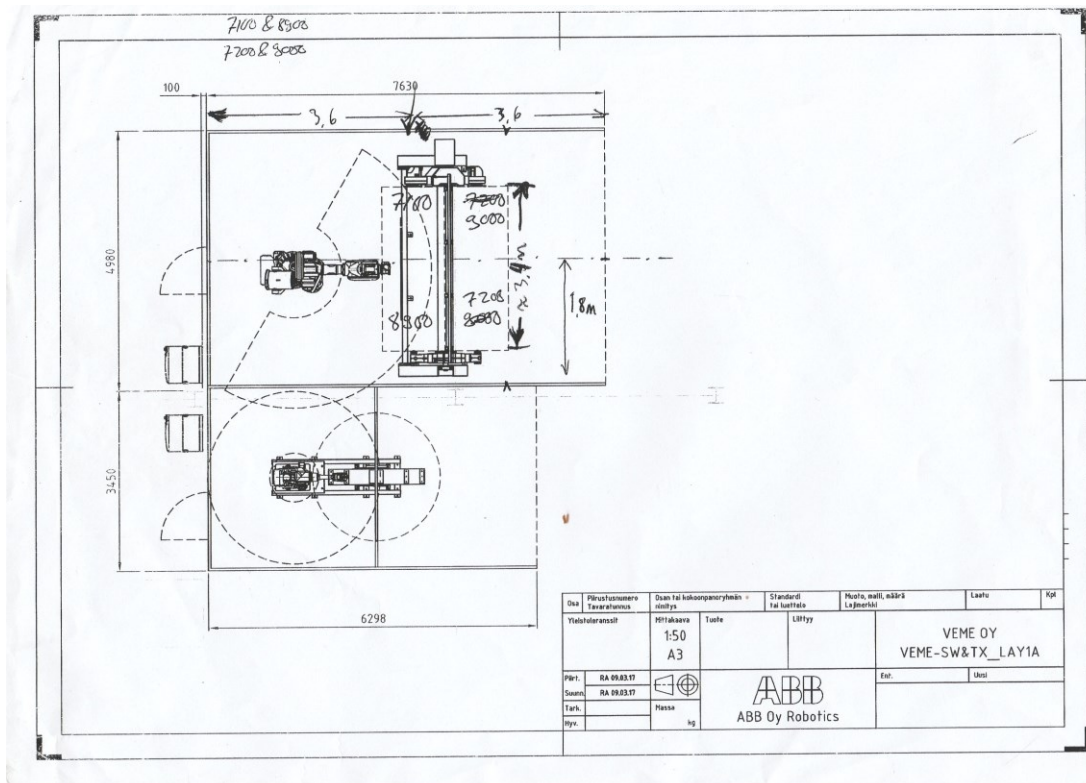
Oli hyvin tärkeää luoda alussa useita layout vaihtoehtoja, joiden pohjalta pystytään arvioimaan eri toteutusten positiivisia ja negatiivisia puolia. Ergonomian kannalta hyvin toteutettu kokonaisuus vähentää työntekijän sekä henkistä että fyysistä rasitusta.

Hitsausrobotin tehtävänä on hitsata yhteen useista osista koostuvia kokoonpanoja. Robotilla jigit ovat pyörivässä grillissä, jonka jigi- pöytään kokoonpanon osat asetellaan paikoilleen hitsausta varten. Lopputuloksen mittatarkkuuden ja robotin ohjelmoitujen ratojen takia työnsuorituksessa pitää ottaa huomioon osien huolellinen paikoilleen asettelu. Huolellista asettelua on helpotettu kokoonpanon osien oikeaan paikkaan jigeissä olevilla ohjaavilla muodoilla ja tapeilla, joista osa menee kokoonpanon osassa olevaan reikään tai muotoon.

Aseteltavat osat on hyvä olla lähellä ja selvässä järjestyksessä, joka nopeuttaa sekä tekee solussa työskentelystä helppoa. Tässä saavutetaan pienellä perehdytyksellä onnistuva koulutus. Hitsausrobotille asetettavat osat koostuvat vasen- ja oikeakätisistä osista, jotka asetellaan omille puolilleen jigeihin.

5.1 Suunnittelun askeleet

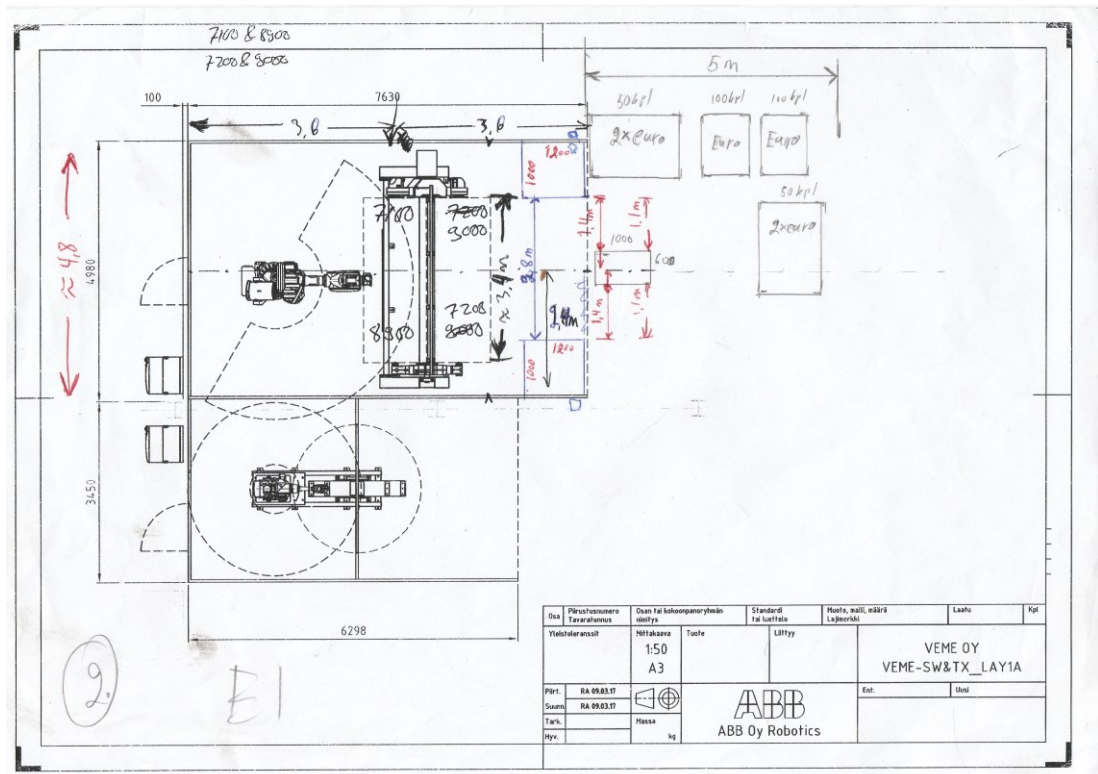
Kuvassa 1 on kuvattuna kaksi yrityksen robottisolua yläpuolelta katsottuna. Robottisoluissa valmistetaan asiakkaalle osakomponenteista muodostuvia suurempia komponentteja lopputuotetta varten.



Kuva 1. Layout mitoitusta suunnittelun avuksi.

Layout-suunnittelu aloitettiin mitoittamalla solulle käytettävissä oleva kokonaistila. Solun tilaa rajoittavia tekijöitä olivat robotille varattava tila, jigi pöydän vaatima sekä sen pyörähdys liikkeen vaatima ja solussa työskentelylle ja liikkumiseen solun alueella vaadittava tila. Tämä käy tarkemmin esille kuvasta 1. jossa yläpuolinen robottisolu on opinnäytetyön kohde. Alapuolinen robottisolu on valmistussolu toisille tuotteille. Kuvan alempi solu ei kuulunut minun opinnäytetyöhöni.

Kuvassa 2 tutkittiin sitä vaihtoehtoa, että olisiko mahdollista välivarastoida käytettävät osat solun luokse, josta solun operaattori voisi asettaa osat jigiin. Tässä vaihtoehdossa visioitiin vaihtoehtoa, voisiko solun osat olla toimittajilta saapuneissa pakkauksissaan.



Kuva 2. Mitoitettua sijoittelua layoutille.

Tässä pohdittiin vaihtoehtoa, voisiko kaikki solussa käytettävät osat olla jonkinlaisissa telineissä.

Havaittavia ongelmia tässä ratkaisussa olivat seuraavat kohdat:

- Välivarastoitavat osat veivät liikaa tilaa solun luona. Osia oli tarkoitus pitää osien valmistajalta tulleilla lavoilla.
- Solun operaattorille ei jäänyt riittävästi tilaa liikkua.
- Solun operaattorille ei olisi aikaa täydentää kokoonpanon osia robotin käydessä, tai robotti olisi pitkiäkin aikoja seisahduksissa.
- Telineet vievät paljon tilaa ja Lean- ajattelu ei toteudu tehokkaasti, jos kaikki solun osat asetellaan telineisiin.
- Toimittajien pakkauksissa olevat osat vievät liikaa tilaa solun alueella.

Lean-ajattelun mukaan välivarastointi on vaihtoehtona huono ja mahdollisuuksien mukaan hylättävä, joten tästä vaihtoehdosta luovuttiin tilanpuutteen ja virtaavan toiminnan puuttumisen takia.

Tästä siirryttiin kolmanteen versioon. Pääosa hitsattavista osista on lähellä jigi- grilliä molemmille puolille sijoitettavilla osavaunuilla. Osavaunujen pintaan on asennettuna kyseinen kokoonpanon osa, joiden päälle kyseiset osat pinottiin. Asennettu osa helpottaa solun operaattorin työtä, koska kaikki osat ovat aina samassa asennossa ja samalla paikalla vaunuissa. Materiaaliosastolla asetellaan kokoonpanon osat vaunuille. Osien asettelu vaunuille on helppoa, koska osia ei voi laittaa osavaunuun väärin. Tämän lisäksi jokaisen kokoonpanon osan vieressä on osapinon tuki, joka toimii riittäväällä tarkkuudella mittatikkuna. Mittatikku osoittaa haluttua erän kokoa noin 50 kappaleen määrää osille. Tällä saavutettiin aikaa vievän aputyön siirto robottioperaattorilta materiaalin henkilöille.

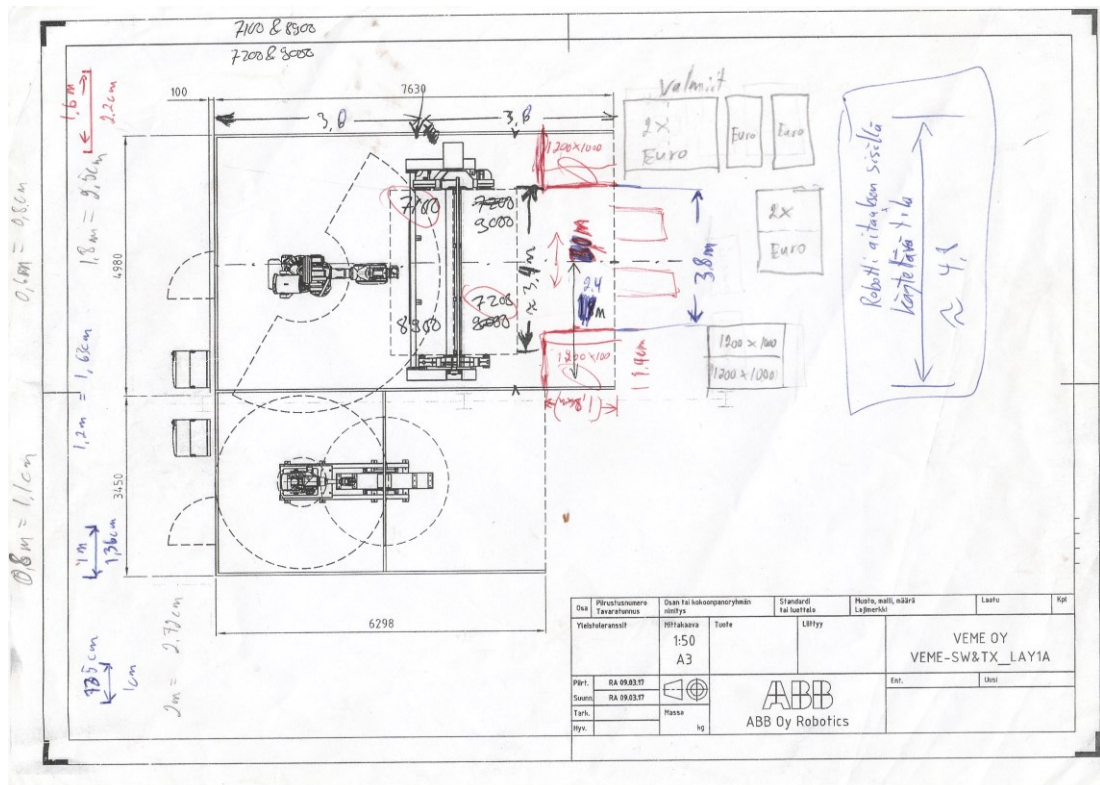
Kuvassa 3 on taustalla robottisolun grillipöytä, jossa jigit ovat tyhjiä. Tässä työvaiheessa menossa on käytännön testaaminen eri layout vaihtoehtoilla. Osavaunut ovat kuvassa keskellä. Lopullisessa layout mallissa osavaunut sijoitettiin äärilaidoille kuvassa olevien lavojen kuljetusvaunujen tilalle. Lavojen kuljetusvaunut sijoituivat osavaunujen tilalle. Lopputulos on nähtävissä liitteen kuvasta, jossa kaikki vaunut, lavat, osat ja valmiit tuotteet ovat layout kuvassa näkyvillä selityksien kanssa.



Kuva 3. Robottisolun grillipöytä tyhjänä, edessä osavaunut.

Solun osavaunujen asettelu suunniteltiin toimimaan mahdollisimman yksinkertaisesti ja helposti toimintaympäristössä. Huonoksi edelleen nähtiin, että muutama osa on hankala nostaa osalaatikosta pois. Tämä tuottaa edelleen työssä toistoja, mutta ei niin suurissa määrin kuin ensimmäisessä tai toisessa layout- versiossa.

Kuvassa 4 on isojen kokoonpanon osalavojen vaihto ja täyttö ovat tilaa vaativia, sen vuoksi osalaatikoiden alle tehtiin kuljetusvaunut. Näissä kuljetusvaunuissa laatikot kulkevat optimoidussa tilassa. Robottisolun operaattorin suorittamaa siirtymää solussa on edelleen paljon. Siirtymät pyrittiin minimoimaan ohjeistamalla operaattoria samalla kuljettamaan valmis kokoonpano pois ja palatessa ottamaan uusi osa kuljetuslaatikosta tulevaan vaiheeseen.



Kuva 4. Osasijoittelun suunnittelua siirrettävillä osavaunuilla.

5.2 Osavaunut

SolidWorksia käyttäen mallinnettiin osavaunut molemmille puolille, jotka ovat toisensa peilikuvat. Vaunussa on teräksinen kansilevy, jonka päälle on asennettu kiinteästi hitsaamalla yksi malliosa pohjalle osoittamaan osan paikka ja asento. (Kuva 5.).



Kuva 5. Osavaunu ja kokoonpanon osia.

Osavaunujen koko oli haastava toteutettava työvaihe. Vaunuille ei ollut paljoa käytössä olevaa tilaa. Kuitenkin vaunuille oli tarve, koska osat haluttiin saada lähelle jigijä. Kuvassa 6 on SolidWorksilla suoritettua mitoitusta ja hahmotelmaa kokoonpanon osien sopivuudesta ja asettelusta osavaunulle. Oman haasteensa loi se, että haluttiin välttyä vaunulta otettavien osien kääntelyltä ja pyörittämiseltä jigisiin asettaessa. Haluttiin saada osat mahdollisimman hyvin esille ja tavoitettavaksi, jotta niiden ottaminen ja jigisiin asettaminen olisi helppoa ja nopeaa.

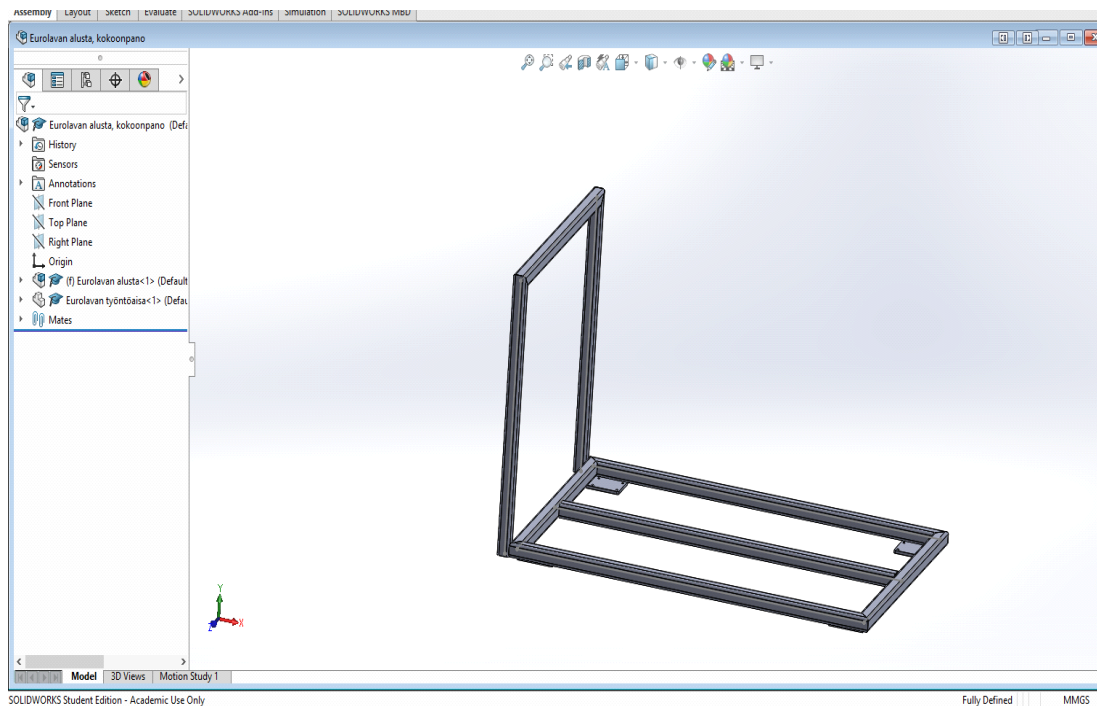


Kuva 6. Osien sovittelua SolidWorks-ohjelmalla.

5.3 Lavavaunut

Isokokoisille solussa käytettäville kokoonpanon osille, jotka tulevat yritykselle euro-lavoilla, suunniteltiin työnnettävät karrut. Minä suunnittelin ja Veme Oy valmisti solussa tarvittavat kuljetuskarrut. Karrujen päälle lastataan eurolavat lavakauluksineen, jotka pyörillä varustettuna tekevät lavojen siirtelystä nopeaa ja helppoa.

Kuljetusalustojen päällä olevat osalavat nopeuttavat osalavojen siirtelyä ja tyhjien lavojen vaihtoa täysinäisiin. Materiaaliosaston henkilöt vaihtavat tyhjä lavat täysiin tuotannon häiriintymättä solun vieressä. Solun operaattori vaihtaa itse osalavavaunun sen tyhjennyttyä täysinäiseen, kuvassa 7 osavaunun suunnittelukuva.



Kuva 7. SolidWorks-kuva lavavaunusta.

Opinnäytetyön vaiheista raportoin ohjaavalle opettajalleni ja Veme Oy:n yhteyshenkilönä toimineelle Jyrki Koskelalle (Automotive manager). Koskela antoi aina hyvät kommentit, kun esittelin eri versioiden hyvät ja huonot puolet.

Raporteissani kerroin muun muassa versioiden välisiä eroja seuraavilla kuvauksilla. Raporteissa oli mukana layout piirrokset, joissa osat ja tuotteet oli sijoitettu suunnittelun ja mitoituksen jälkeen riittävän tarkassa mittasuhteessa kuviin.

5.4 Suunnittelun versiot ja niiden arviointi

Versio 1, kaikki osat telineissä

hyvää:

- kaikki kokoonpanon osat lähellä

huonoa:

- osien telineille asettaminen vaatii paljon työtä ja vaatii paljon aikaa
- solun operaattorin aputyöt vievät paljon aikaa ja robotti käytössä huonolla hyötysuhteella
- osille tarvitaan useita telineitä ja tarvitaan huomattavan paljon tilaa telineille

Versio 2, osat toimittajien pakkauksissa

hyvää:

- osien tarpeeton käsittely erittäin vähäistä
- solun operaattorilla vähän kävelyä

huonoa:

- käytettävissä olevaa tilaa ei ole riittävästi kaikille pakkauksille
- toimittajien pakkausten osamäärät ovat toisistaan poikkeavia, osat loppuvat eri aikaan, tämä ei mahdollista esimerkiksi osalaatikkojen päällekkäin asettamista, lavat ovat kuitenkin kelvollisia pinottavaksi
- eri aikaan loppuvien osien laatikoiden vaihtamiselle ei ole tilaa

Versio 3, käyttöön otettu menetelmä

hyvää:

- aputyön tarve melko vähäinen, vain osavaunujen vaihtotyö operaattorilla
- työskentelylle on riittävästi tilaa, osavaunujen vaihto onnistuu hyvin
- osien vakioitu sijoittelu luo työskentelylle rutiinin, virheiden mahdollisuus vähäistä
- lyhyet osien ja tuotteiden kantomatkat

huonoa:

- osavaunujen täyttö ja kuljetus solulle on materiaaliosastolta tarvittava aputyö
- osia on välillä vaikea ottaa toimittajan laatikosta, koska osat ovat satunnaisessa järjestyksessä
- valmiin tuotteen kuljetusmatka melko pitkä, solulle paluumatkalla otetaan osa mukaan matkalla

6 YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli luoda suunnittelun kautta toimiva ratkaisu hitsausrobotisolulla työskentelyyn ja tuotteiden tehokkaaseen valmistukseen. Suunnittelussa painotettiin tarve saada aikaan toimiva layout, jossa sovelletaan hyvää ergonomiaa ja Lean-ajattelua. Layout-suunnittelussa otettiin huomioon tilan tehokas käyttö ja työnsuorittaville henkilöille turvallinen työskentely. Tässä opinnäytetyössä luotiin osien esillepanon osalta robottisolussa työskentelevän operaattorin toimintaan uudenlainen työskentelyn tapa Veme Oy:ssä. Aiemmin kokoonpanoissa käytettävät osat olivat sijoitettuina riipputelineissä ja laatikoissa, pöydillä tai lavoilla.

Ergonomiassa pyrittiin minimoimaan rasittavien toistojen määrä minimiin. Rasittavia toistoja ei pystytty poistamaan, mutta kokoonpanonosas olevien osien tehokkaalla sijoittelulla saatiin osien kääntelyä, kurkottelua ja turhaa kantamista vähennettyä.

Lean-toiminnalla haettiin solulle virtausta. Robottisolulle saatiin riittävästi tilaa solun kokoonpano- osia varten ja valmiiden kokoonpanojen poisviennille. Suunnittelun ja henkilökohtaisen simuloinnin kautta päädyttiin lopputulokseen, jossa hitsausrobotisolusta saadaan mahdollisimman tehokas samalla huomioiden ihmisen tehokas ja turvallinen työskentely solussa. Veme Oy sai suunnittelun lisäksi kirjalliset ohjeistukset solun käyttöön ja selkeän työohjeen solussa työskentelyyn. Kirjallisessa ohjeistuksessa on askel askeleelta kerrottu, mitä tehdään ja miten tehdään. Ohjeet tulivat käyttöön suomen- ja englanninkielisinä.

LÄHTEET

Cushman, W. & Rosenberg, D. 1991. Human factors in product design. Advances in human factors / ergonomics 14. Amsterdam: Elsevier.

Haverila, J., Kouri I., Miettinen A. & Uusi-Rauva E. 2009. Teollisuustalous. 6 p. Tampere: Infacs.

Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. Kuudes painos. Julkaisu 500. Espoo:Otatieta Oy.

Launis, M. & Lehtelä, J. 2011. Ergonomia. Tampere: Työterveyslaitos.

Martinsuo, M., Aalto, T. & Artto, K. 2003. Projektisalkun johtaminen. Tuotekehitysprojektien valinta ja strateginen ohjaus. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P. & Lyly-Yrjänäinen, J. 2016 Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. 1. p. Keuruu: Edita Publishing Oy.

Nevala, N., Päivinen, M. & Väyrynen, S. 2004. Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa. Tampere: Teknologiainfo Teknova Oy.

Pahl, G. & Beitz, W. 1988. Engineering design – a systematic approach. Berlin: Springer-Verlag.

Pahl, G. & Beitz, W. 1990. Koneensuunnitteluoppi. Suomen Metalli-, Kone- ja Sähköteknisen Teollisuuden Keskusliitto, MET, 2. painos. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Tuominen, K. 2010. LEAN Kohti täydellisyyttä: Mitä Toyota ja lean-yritykset tekevät eri tavalla kuin muut. 1 p. Juva: WS Bookwell Oy.

Ulrich, K.T. & Eppinger, S.D. 2000. Product Design and development, 2nd edition. Boston: McGraw-Hill

<https://www.veme.fi>, luettu 21.5.2021

Liite 1

PISTEHITSAUSROBOTIN TYÖNSUORITUS

**E PAINOKYTKI-
MET**

* = Vihreä

** = Valkoinen

**F PAINOKYTKIMET / MERK-
KIVALO**

= vihreä merkkivalo

○ = valoverhon kuittaus/ start

■ = solu ”stop”

A

C

1

2

4

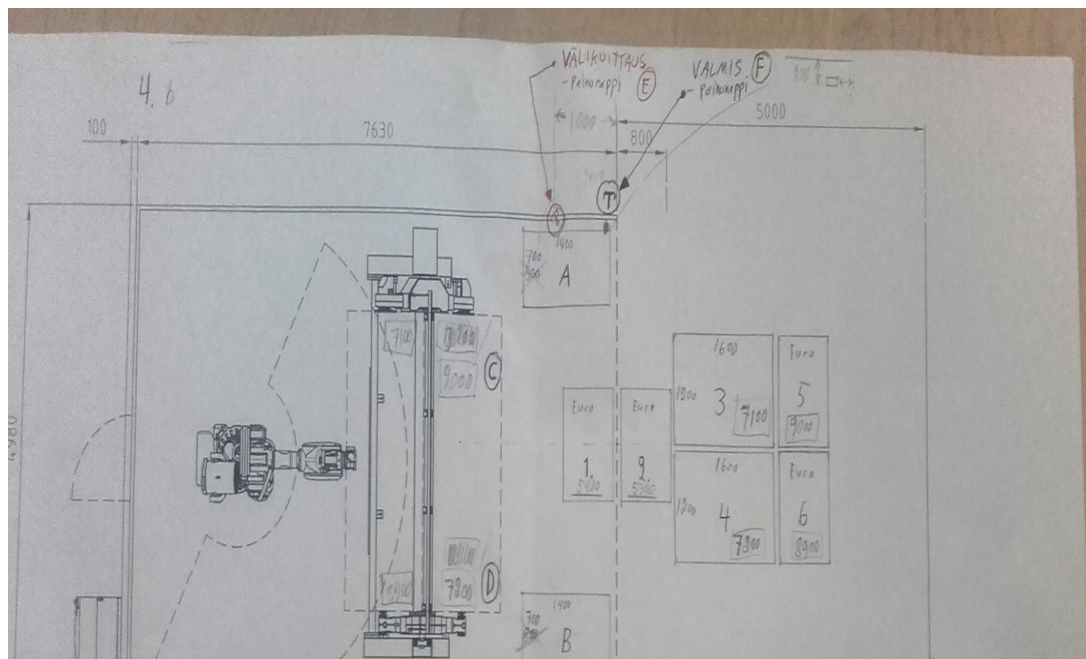
5

3

6

D

B



A osavaunu, osat: A2536371500, A2536378100, A2536377900, A2536161200

B osavaunu osat: A2536371600, A2536378200, A2536378000, A2536161100

C oikean puoliset jigit, tuotteet: **A2536307100** ja **A2536109000**

D vasemman puoliset jigit, tuotteet: **A2536108900** ja **A2536307200**

E valoverhon sisällä käytettävät painokytkimet

F valoverhon ulkopuolella olevat painokytkimet/ merkkivalot

1 osa A2536105300

2 osa A2536105400

3 tuote **A2536307100**

4 tuote **A2536307200**

5 tuote **A2536109000**

6 tuote **A2536108900**

Aloitus / työn jatkaminen, kun valmiina tuotteet ...7200 ja ...9000.

työ / vaihe	sijainti
1. varmistaa että vihreä merkkivalo palaa (valon palaessa valoverhon vaikutusalueella kulku vapaa)	F / #
2. KUITTAA ”jigit auki” painokytin / * (vihreä)	E
3. poista tuote ...7200 jigistä	D
4. poista tuote ...9000 jigistä	C
5. vie tuotteet ... 7200 ja ...9000 lavoille ...9000 (5)	...7200 (4) ja
6. ota osa ...5400 lavalta	2
7. aseta osa ...5400 jigiiin	C
8. ota osavaunusta osa ...1600	B
9. aseta osa ...1600 jigiiin	D
10. ota osa ...8200 vaunusta	B
11. aseta osa ...8200 jigiiin	D
12. ota osa ... 8000 vaunusta	B
13. aseta osa ...8000 jigiiin	D
14. VÄLIKUITTAUS, painokytin / ** (valkoinen)	E
15. ota osa ...1200 vaunusta	A
16. aseta osa ...1200 jigiiin	C
17. KUITTAA ”lataus valmis” painokytin *** (musta)	E /
18. KUITTAA ”valoverho / robotti työ”	F /

**ODOTA aina ennen valoverhon vaikutusalueelle menoa,
että vihreä MERKKIVALO SYTTY PALAMAAN!!**

(robotin automaattisten huoltojen aikana **ei saa** mennä valoverhon vaikutusalueelle! Huoltojen aikana vihreä **merkkivalo ei pala.**)

Aloitus / työnjatkaminen kun valmiina tuotteet ...7100 ja ...8900.

työ / vaihe	sijainti
1. varmista että vihreä merkkivalo palaa (valon palaessa valoverhon vaikutusalueella kulku vapaa)	F / #
2. KUITTAA ”jigit auki” painokytkin / * (vihreä)	E
3. poista tuote ...7100 jigistä	C
4. poista tuote ...8900 jigistä	D
5. vie tuotteet ... 7100 ja ...8900 lavoille ...8900 (6)	...7100 (3) ja
6. ota osa ...5300 lavalta	1
7. aseta osa ...5300 jigiiin	D
8. ota osavaunusta osa ...1100	E
9. aseta osa ...1600 jigiiin	D
10. ota osa ...8200 vaunusta	B
11. aseta osa ...8200 jigiiin	D
12. ota osa ... 8000 vaunusta	B
13. aseta osa ...8000 jigiiin	D
14. VÄLIKUITTAUS, painokytkin / ** (valkoinen)	E
15. ota osa ...1200 vaunusta	A
16. aseta osa ...1200 jigiiin	C
17. KUITTAA ”lataus valmis” painokytkin *** (musta)	E /
18. KUITTAA ”valoverho / robotti työ” painokytkin	F / o

**ODOTA aina ennen valoverhon vaikutusalueelle menoa,
että vihreä MERKKIVALO SYTTY Y PALAAMAAN!!**

(robotin automaattisten huoltojen aikana **ei saa** mennä valoverhon vaikutusalueelle! Huoltojen aikana vihreä merkkivalo ei pala.)