

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikan insinööri

2020

Valtteri Virta

SAHAUSSOLUN LAYOUT-SUUNNITELMA

Valtteri Virta

SAHAUSSOLUN LAYOUT-SUUNNITELMA

Tämä toiminnallinen opinnäytetyö toteutettiin toimeksiannon pohjalta Wipro Infrastructure Engineering Oy:lle. Opinnäytetyö tilattiin, koska yritys tarvitsi layout-suunnitelman tietyn tuotannon osa-alueen automatisoinnin toteuttamiseksi.

Wipro Infrastructure Engineering Oy on kansainvälinen yritys, joka kehittää, valmistaa ja markkinoi Nummi-tuotemerkillä korkealuokkaisia kippisylintereitä ja -hydrauliikan komponentteja. Lisäksi se on tunnettu kaksitoimisylintereiden OEM- eli alkuperäislaitevalmistajana. Yrityksen liikevaihdosta noin 70 % tulee suorasta viennistä. Yrityksen asiakkaisiin kuuluvat johtavat eurooppalaiset päällirakentajat ja laitevalmistajat, jotka valmistavat muun muassa metsäkoneita sekä kaivos-, lastinkäsittely- ja konttien nostolaitteita. Yrityksen Suomen toimipiste sijaitsee Perniössä. Yritys on suurin itsenäinen hydraulisten sylintereiden valmistaja maailmassa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Behringer 300A -putkisahalle ja ABB IRB6650 125kg/3,2m -teollisuusrobotille kaikin puolin toimiva layout, jotta teleskooppisylintereitä tuottavan tuotantolinjan alkupään sahaussolu saatiin muutettua rajoitetusti miehitetyksi. Layout-suunnitelmat tehtiin alustavasti AutoCAD LT -ohjelmalla käyttäen pohjana jo olemassa olevaa tehtaan layoutia. AutoCADilla suunniteltiin useampi layout, jotka olisi teoriassa mahdollisia toteuttaa. SolidWorksia tarvittiin soluun tulevien koneiden ja oheislaitteiden mallintamiseen ABB:n RobotStudio simulointiohjelmaa varten. RobotStudiolla simuloitiin mahdolliset layoutit, joista valittiin tehtaan kannalta käyttökelpoisin.

Opinnäytetyöprosessin valmiina lopputuotteena syntyi vartenotettava vaihtoehto sahaussolun layoutiksi, jota yrityksen oli halutessaan mahdollista käyttää. Lisäksi opinnäytetyöprosessin aikana käytiin läpi erilaisia vaihtoehtoja teollisuusrobotin tarttujaksi. Lopulta tarttujaksi valikoitu magneetti, jollainen tehtaan muissa roboteissa jo entuudestaan oli. Prosessin valmiina lopputuotteena syntyi vartenotettava vaihtoehto sahaussolun layoutiksi, jota yrityksen oli halutessaan mahdollista käyttää.

ASIASANAT:

Automatisointi, AutoCAD, layout, putkisaha, sahaussolu, teollisuusrobotti

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering

Spring 2020 | 30 pages, 10 appendices

Valtteri Virta

LAYOUT PLAN FOR A CUTTING CELL

This functional thesis was carried out for Wipro Infrastructure Engineering Ltd. Thesis was ordered because the company needed a new layout design to automatize a specific manufacturing process.

Wipro Infrastructure Engineering Ltd is an international manufacturing company, which develops, produces and markets high-end tipping gear and hydraulic components. It is also known as an original equipment manufacturer and supplier for two-way cylinders. 70 percent of company's annual turnover comes from exporting products. Clients of the company are leading European bodybuilders and equipment manufacturers, which manufacture harvesters, mining, handling and container equipment among other things. The Finnish office is located in Perniö. The company is the biggest independent hydraulic cylinder manufacturer in the world.

The main aim of the thesis was to design functioning layout for the Behringer 300A -pipe saw and ABB IRB6650 125kg/3,2m -industrial robot, so that the cutting cell at the telescopic cylinders production line could be limitedly occupied. The planning of the layout was preliminarily done with AutoCAD LT software, while using the current factory layout as a base. AutoCAD was used to plan a few different layouts, which would be theoretically possible to be executed. SolidWorks software was needed to model the machines and additional equipment for ABB's RobotStudio simulation software. RobotStudio was used to simulate layout possibilities, the most usable of which could be chosen for the factory's requirements.

The end product of the process was a worthy option for the cutting cell's layout, which the company can use if needed. Moreover, during the process one of the objectives was to find different options for the robot arm's grip. Eventually a magnetic grip was selected, which was already attached in the other robots.

KEYWORDS:

Automation, AutoCAD, cutting cell, industrial robot, layout, pipe saw

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 YRITYSESITTELY – WIPRO INFRASTRUCTURE ENGINEERING OY	8
2.1 Yrityshistoria	8
2.2 Laatu, standardit ja turvallisuus	9
2.3 Ympäristöpolitiikka	10
3 LAYOUTIN MÄÄRITELMÄ	11
3.1 Funktionaalinen layout	12
3.2 Tuotantolinja-layout	13
3.3 Solu-layout	14
3.4 RMT – Rajoitetusti miehitetty tuotanto	16
4 TEOLLISUUSROBOTIN TYÖKALUT JA TARTTUJAT	18
4.1 Kouratarttuja	18
4.2 Tankotyökalu	18
4.3 Magneettitarttuja	19
5 LAYOUTIN SUUNNITTELU	21
5.1 Suunnittelun eteneminen	21
5.2 Robotti ABB IRB 6650	23
5.3 Lopullinen layout-ehdotus	25
6 OPINNÄYTETYÖN EETTISYYS JA LUOTETTAVUUS	26
7 YHTEENVETO JA POHDINTA	28
LÄHTEET	29

LIITTEET

Liite 1. Sahaussolun alkuperäisen layoutin tarkistusmittaukset.
Liite 2. ABB IRB6650 125kg/3,2m -teollisuusrobotti.
Liite 3. Teollisuusrobotin ohjainkaappi.

- Liite 4. Behringer 300A -putkisaha (Behringer 2019).
Liite 5. Putkihäkki.
Liite 6. Putkihäkkien mahdollinen sijoittelu sahaussolussa.
Liite 7. Sahahallin 3D-mallinnos.
Liite 8. Teollisuusrobotin ja putkisahan lopullinen layout-ehdotus RobotStudiolla.
Liite 9. Toimeksiantajalle luovutettu layout-ehdotus.

KUVAT

- Kuva 1. Rajoitetusti miehitetyn ja perinteisen tuotannon vertailu. (Röyttä 1988, 95). 16
Kuva 2. SolidWorks-mallinnus tankotyökalusta (Virta 2018). 19
Kuva 3. SolidWorks-mallinnus magneettitarttujasta (Virta 2018). 20

KUVIOT

- Kuvio 1. Funktionaalinen layout. (Logistiikan maailma 2019). 12
Kuvio 2. Tuotantolinja-layout. (Logistiikan maailma 2019). 13
Kuvio 3. Solu-layout. (Logistiikan maailma 2019). 15

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

AutoCAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu ohjelmisto 2D- ja 3D-piirustuksiin. (Autodesk 2019).
Automaatio	Automaatiossa toiminta tapahtuu ilman ihmisen ohjaavaa tai suorittavaa osuutta. (LSK 2019).
Layout	Tehtaan pohjakaavio (Röyttä 1988, 26).
Materiaalivirta	Sisältää materiaalien tai tuotteiden kuljettamisen ja säilyttämisen. (Logistiikan Maailma 2019).
OEM-laitevalmistaja	Alkuperäislaitevalmistaja (Wipro 2019a).
RMT	Rajoitetusti miehitetty tuotanto (Röyttä 1988, 94).
RobotStudio	ABB:n simulointi- ja offline-ohjelmisto (ABB 2019).
Teollisuusrobotti	Tietokoneohjattu työkalppaleita tai työvälineitä käsittelevä yleiskäyttöinen kone (Wikipedia 2017).
SolidWorks	3D CAD -ohjelmisto (SolidWorks 2019).
Standardisointi	Valikoimien ja toimintatapojen yhtenäistämistä toiminnan edistämiseksi (Kauppinen 1988, 291).
Tuotantolinja	Tuotevaltainen valmistusjärjestelmä (Röyttä 1988, 28).

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Wipro Infrastructure Engineering Oy:n toimeksiannon pohjalta. Yrityksen Perniön-tehtaan tuotantoa on lähivuosina tarkoitus tehostaa kasvaneen kysynnän vuoksi. Yrityksen kilpailukyvyn kannalta on oleellista lisätä tehtaan tuotantokapasiteettia, mikä vaatii tehtaan layout-suunnitelman päivittämistä tuotantotavoitteiden tarpeita vastaavaksi.

Ennen opinnäytetyön alkua yritys oli jo ehtinyt hankkia neljä teollisuusrobottia tuotannon eri vaiheisiin. Projektin alkaessa ajankohtaista on suunnitella teleskooppisylintereitä tuottavan tuotantolinjan alkupään sahaussolulle uusi layout solun osittaista automatisointia varten. Tulevaisuudessa yritys on jatkamassa tuotantolinjojen automatisointia muun muassa hankkimalla vielä neljä muuta teollisuusrobottia. Tässä opinnäytetyössä keskitytään edellä mainitun sahaussolun layoutin suunnitteluun sekä pohditaan vaihtoehtoja soluun sijoitettavan teollisuusrobotin tarttujaksi.

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella teleskooppisylintereitä tuottavan tuotantolinjan alkupään sahaussolun Behringer 300A -putkisahalle ja ABB IRB6650 125kg/3,2m -teollisuusrobotille toimiva layout, jotta sahaussolu saadaan muutettua rajoitetusti miehitetyksi. Tarkoituksena on tarjota valmis layout-suunnitelma, jonka pohjalta yritys voi toteuttaa putkisahan ja teollisuusrobotin sijoittelun tehdashallissa.

Opinnäytetyön työpaikkaohjaajana toimii Wipro Infrastructure Engineering Oy:n Perniön tehtaan tuotantopäällikkö Ari Leino, ja opinnäytetyön ohjaavana opettajana lehtori Sakari Koivunen. Opinnäytetyön tuotteena syntynyt layout-suunnitelma on tehty yhteistyössä toimeksiantajan kanssa. Prosessin aikana syntyneet materiaalit luovutetaan toimeksiantajalle projektin päättyttyä.

2 YRITYSESITTELY – WIPRO INFRASTRUCTURE ENGINEERING OY

Wipro Infrastructure Engineering Oy, aikaisemmin Nummi Oy, on vuonna 1923 perustettu, nykyään kansainvälinen yritys, joka kehittää, valmistaa ja markkinoi Nummi-tuotemerkillä korkealuokkaisia kippisylintereitä ja -hydrauliikan komponentteja (Wipro 2019a; Wipro 2019b; Wipro 2019c). Lisäksi se on tunnettu kaksitoimisylintereiden OEM- eli alkuperäislaitevalmistajana. Yrityksen toiminnan pääpaino on kansainvälisillä markkinoilla, ja sen liikevaihdosta noin 70 % tulee suorasta viennistä. Kotimaan markkinoiden lisäksi merkittävimmät vientikohteet sijaitsevat Skandinaviassa, Puolassa, Hollannissa, Saksassa, Itävallassa ja Sveitsissä. Yrityksen asiakkaisiin kuuluvat johtavat eurooppalaiset päällirakentajat ja laitevalmistajat, jotka valmistavat muun muassa metsäkoneita sekä kaivos-, lastinkäsittely- ja konttien nostolaitteita. (Wipro 2019a; Wipro 2019b.) Esimerkkejä asiakkaista ovat muun muassa Cargotec, John Deere, Komatsu, Sandvik, Volvo, Scania, Mercedes ja Sisu. (Wipro 2019b; Wipro 2019d.)

Nykyään Wipro Infrastructure Engineering Oy on intialaisen monialayhtiö Wipro Enterprises:n omistuksessa. Konsernin emoyhtiö Wipro Ltd. on listattu niin New Yorkin kuin Mumbain pörsseissä. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Intian Bangalossa. Wipro Infrastructure Engineering Oy:n tehtaita on ympäri maailmaa: Suomessa (Perniö), Ruotsissa, Romaniassa, Intiassa, Yhdysvalloissa ja Brasiliassa. (Wipro 2019a; Wipro 2019b.) Yritys on suurin itsenäinen hydraulisten sylintereiden valmistaja maailmassa (Wipro 2019b).

2.1 Yrityshistoria

Wipro Infrastructure Engineering Oy on historiansa aikana ollut monessa omistuksessa. Suomalaislähtöinen yritys perustettiin Perniössä vuonna 1923, jolloin sen nimi oli K. W. Nummi Läksi-, pelti- ja vaskisepänliike. (Wipro 2019b; Wipro 2019c.) Yrityksen tuoteohjelma on vaihdellut paljon muun muassa lama-aikojen ja sotavuosien vaikutuksesta, mutta tuotanto suuntautui pysyvästi nykyiselle toimialalleen 1950-luvun alussa (Wipro 2019c).

Vuonna 1947 yritys valmisti ensimmäisen kippilaitteensa. Kipit olivat aluksi mekaanisia, niin kutsuttuja tikapuumalleja, mutta 1950-luvun alkupuolella valmistui ensimmäinen

hydraulinen kippi. Pian tämän jälkeen yritys, silloiselta nimeltään Nummi Oy, saavutti markkinajohtajan aseman kotimaan markkinoilla. (Wipro 2019c.)

1960- ja 1970-lukujen aikana yrityksen toiminta muuttui jälleen: vuonna 1965 yritys aloitti kuorma-autojen puomi- ja takalaitanostinten valmistuksen, ja 1970-luvulla yrityksen tuotteita alettiin viemään myös ulkomaille. Aluksi vienti suuntautui lähinnä Skandinavian alueelle, josta se vähitellen laajeni myös muualle Eurooppaan sekä Lähi-Itään. (Wipro 2019c.)

Vuonna 1979 Nummi Oy siirtyi Partekin omistukseen. Partekin ostettua Hiabin kappale-tavaranoitustuotannon joitakin vuosia myöhemmin, 1980-luvun puolivälissä, aloitti Nummi hydraulisylinterien valmistuksen kuormauslaitevalmistajille. Samalla yrityksen tuoteohjelmasta lopetettiin puominosturien valmistus. Vuonna 1993 syntyi edelleen käytössä oleva Focolift-tuotemerkki takalaitanostinten eriyttämisen myötä. (Wipro 2019c.)

2000-luvulle tultaessa yrityksen omistajuussuhteissa tapahtui jälleen muutoksia. Vuonna 2002 Nummi Oy siirtyi Kone Oy:n omistukseen Koneen tultua Partekin omistajaksi. Vuotta myöhemmin ruotsalainen Hydroauto Group osti Nummen toiminnot Kone Oy:ltä. Syksyllä 2006 Wipro Ltd osti puolestaan koko Hydroauto Groupin. Kaupan seurauksena Nummi Oy:stä tuli nykyinen Wipro Infrastructure Engineering Oy. (Wipro 2019c.)

Tänä päivänä Nummi-kipit ja -hydrauliikka kuuluvat maailmanlaajuisesti alansa tunnetuimpiin tuotemerkkeihin sekä ovat edelleen vahvassa markkinajohtajan asemassa Pohjoismaissa. Euroopan markkinoilla Wipro Infrastructure Engineering Oy:llä on oma jakeluverkostonsa, kun taas muualle maailmaan kohdistuva markkinointi tapahtuu kuorma-autovalmistajien myötävaikutuksella. (Wipro 2019c.) Yrityksen tuotevalikoimaan kuuluvat 2-toimisylinterit, keski- ja etukipit, kippikomponentit, erikoissylinterit sekä asiakasräätälöidyt sylinterit (Wipro 2019b; Wipro 2019e).

2.2 Laatu, standardit ja turvallisuus

Wipro Infrastructure Engineering Oy suunnittelee ja valmistaa itse tuotteensa sekä tekee tarvittavat tuotetestaukset ennen tuotteiden toimittamista asiakkaille. Muun muassa jokainen valmistettu sylinteri testataan ennen toimitusta, jotta tuotteen laadusta ja turvallisuudesta voidaan varmistua. Tuotteiden valmistukseen käytetään hyväksytyiltä toimittajilta hankittuja korkealuokkaisia raaka-aineita. (Wipro 2019a; Wipro 2019b; Wipro 2019f.)

Tuotteet suunnitellaan yhteistyössä asiakkaan kanssa tämän yksilölliset tarpeet huomioiden. Yrityksen omaa valmistusta täydentävät myös osaavat yhteistyökumppanit. (Wipro 2019a; Wipro 2019f.)

Yrityksen toimintaa ohjaavat vahvasti erilaiset standardit. Tämän vuoksi yrityksen valmistamat tuotteet täyttävät kaikilta osin Euroopan Unionin konedirektiivin vaatimukset. Lisäksi tuotteiden on täytettävä eri markkinoiden tuotevastuu- ja turvallisuusmääräykset sekä muut viranomaisten ja standardien asettamat vaatimukset ja määräykset. (Wipro 2019b; Wipro 2019f.) Wipro Infrastructure Engineering Oy on lisäksi ollut aktiivisesti mukana luomassa alan turvallisuusnormeja ja kehittämässä standardeja. Yritys on myös toiminut vaikuttajana valtioneuvoston tekemässä alaa koskevassa päätöksenteossa. (Wipro 2019f.)

Wipro Infrastructure Engineering Oy:llä on käytössään laatujärjestelmä, joka perustuu kansainvälisesti sertifioituun ISO 9001 -standardiin ja sen noudattamiseen. Laatujärjestelmän tarkoitus on tukea ja selkeyttää yrityksen toimintoja. Yrityksen jokainen työntekijä vastaa niin toimintansa kuin tekemänsä työn laadusta. Myös yrityksen hitsausprosessit on sertifioitu kansainvälisen ISO 3834-2:2005 -standardin mukaisesti. (Wipro 2019f.)

2.3 Ympäristöpolitiikka

Wipro Infrastructure Engineering Oy huomioi toiminnassaan ympäristöasioita. Keskeistä on, että ihmisille tai luonnolle aiheutuvat haitat saadaan minimoitua. Ympäristötoimia ohjaavat muun muassa lainsäädäntö, paikalliset vaatimukset sekä sertifioitu ISO 14001 -ympäristöjärjestelmä, jota yritys on sitoutunut noudattamaan. Keskeisimmät periaatteet yrityksen noudattamassa ympäristöpolitiikassa ovat kestävä kehitys, ympäristövaikutusten pienentäminen, luonnonvarojen säästäminen sekä avoimuus ympäristöasioiden hoidossa. (Wipro 2019f.)

3 LAYOUTIN MÄÄRITELMÄ

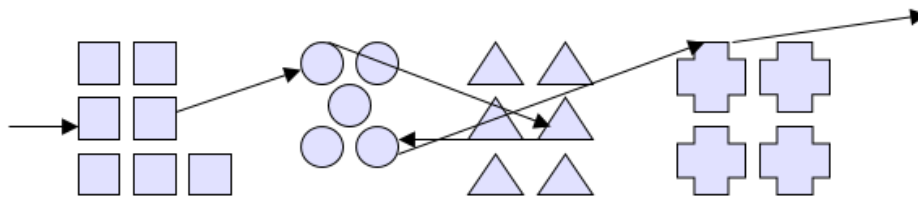
Layout on englanninkielestä lainattu termi, joka kuvaa erilaisten tuotannossa tarvittavien elementtien, kuten koneiden, laitteiden, työpisteiden, kulkureittien ja varastojen, fyysistä sijoittelua tehtaassa (Lapinleimu 1997a, 309; Logistiikan maailma 2019; Martinsuo 2016, 155; Slack ym. 2013, 191). Lyhyesti sanottuna layout on tehtaan pohjakaavio (Röyttä 1988, 26). Päätaavoite layout-suunnittelussa on tehostaa tuotantoyksikön materiaalivirtaa (Martinsuo 2016, 156; Slack ym. 2013, 193). Tarkoituksen mukaista on, että peräkkäiset työvaiheet ja niiden suorituspaisteet olisivat mahdollisimman lähellä toisiaan, jotta rahallista arvoa tuottavalle toiminnalle olisi käytössä mahdollisimman paljon tilaa. Lisäksi on järkevää sijoittaa erityisosaamista vaativat työvaiheet yhteen paikkaan, ja mahdolliset tuotannon vaatimat tukipalvelut mahdollisimman lähelle palvelun tarvetta. Myös materiaalin vastaanotto ja jakelu on syytä järjestää tehokkaasti. Layoutia suunniteltaessa on huomioitava myös työturvallisuus ja -hyvinvointi (Martinsuo 2016, 156; Slack ym. 2013, 193), sekä mahdolliset muutokset pitkällä aikavälillä, kuten automatisointi- ja laajennustarpeet. (Martinsuo 2016, 156.)

Koneiden ja laitteistojen sijoittelun, materiaalivirran ja työnkulun kannalta erilaisia layout-typpejä on kolme: funktionaalinen layout, tuotantolinja-layout ja solu-layout (Lapinleimu 1997b, 79–90; Logistiikan maailma 2019; Martinsuo 2016, 155; Slack ym. 2013, 193). Lisäksi voidaan puhua prosessi- ja tuotelähtöisistä layouteista (Logistiikan maailma 2019). Layoutin valinnassa vaikuttavia tekijöitä ovat käytettävissä oleva tila ja sen piirteet sekä valmistusmäärät ja tuotevalikoiman laajuus. Funktionaalinen layout on optimaalinen valinta tilanteessa, jossa tuotantomäärät ovat vähäisiä, mutta sisältävät paljon erilaisia tuotteita. Tuotantolinja-layout sopii tilanteisiin, joissa tuotetaan paljon samanlaisia tuotteita. Solu-layout on sopiva valinta sarjatuotantoon, jossa yhden tuotetyypin tuotantomäärät eivät riitä tuotantolinjan perustamiseen, vaan tavoite on joustava toteutus eri tuotteiden ja tuoteperheiden valmistuksessa. Jo olemassa olevia layouteja muokatessa, esimerkiksi automatisoimalla jokin tuotannon vaihe, käytetään osalayouteja. (Martinsuo 2016, 155.)

3.1 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa eli prosessilähtöisessä layoutissa (Kuvio 1) koneet ja työpisteet järjestetään samanlaisten tehtävien perusteella (Lapinleimu 1997b, 79–80; Logistiikan maailma 2019; Martinsuo 2016, 157–158; Röyttä 1988, 26–27; Slack ym. 2013, 194). Usein tehtaissa tuotantoalueet on osastoitu edellä mainitulla tavalla materiaalin sahaus- ja/tai paloitteluosastoon, hitsaus- ja liitäntäosastoon sekä pintakäsittely-, kokoonpano- ja pakkausosastoon. Muita mahdollisia osastoja ovat lastuavan työstön osasto sekä materiaalia muovaava osasto. (Logistiikan maailma 2019; Martinsuo 2016 157–158; Röyttä 1988, 26–27). Käytettävät koneet ja laitteet ovat usein moniin käyttötarkoituksiin soveltuvia yleiskoneita, joilla on mahdollista valmistaa erilaisia tuotteita joustavasti (Lapinleimu 1997b, 79; Martinsuo 2016, 157).

Funktionaalinen layout

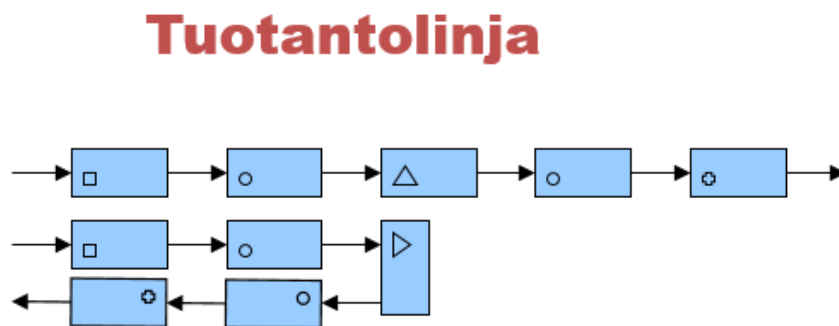


Kuvio 1. Funktionaalinen layout. (Logistiikan maailma 2019).

Funktionaalisisella layoutilla pyritään tuotannon joustavuuteen. Se mahdollistaa laajan tuotevalikoiman, jossa yksittäisten tuotteiden tuotantomäärät voivat vaihdella pienistä sarjoista aina yksittäisiin kappaleisiin. (Lapinleimu 1997b, 79–80; Logistiikan maailma 2019; Martinsuo 2016, 157–158; Röyttä 1988, 26–27; Slack ym. 2013, 194.) Lisäksi se mahdollistaa työntekijöiden erikoistumisen tiettyihin työmenetelmiin ja koneisiin (Lapinleimu 1997b, 79–80; Röyttä 1988, 26–27). Toisaalta funktionaalinen layout vaatii paljon ohjausta, koska erilaiset tuotteet kulkevat erilaisia reittejä työpisteeltä seuraavalle, mistä johtuen läpäisyajat ovat usein pitkiä. (Lapinleimu 1997b, 79–80; Logistiikan maailma 2019; Martinsuo 2016, 157–158; Röyttä 1988, 26–27; Slack ym. 2013, 194.) Tuotteiden poikkeavien työnkulkujen vuoksi automatisoinnista ei välttämättä ole hyötyä. (Martinsuo 2016, 157–158).

3.2 Tuotantolinja-layout

Tuotantolinja-layout (Kuvio 2) on solu-layoutin ohella niin kutsuttu tuotelähtöinen layout (Logistiikan maailma 2019). Kyseinen layout on suunniteltu valmistettavan tuotteen luonnollisen valmistusjärjestyksen mukaisesti aina materiaalin vastaanotosta tuotteen läpikäymien tuotantovaiheiden kautta loppukokoonpanoon, pakkaukseen ja edelleen lähetkseen. Tällöin tuotteen valmistus raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi tapahtuu täysin tuotantolinja läpäisyn aikana. Tuotannon sujuvoittamiseksi tuotantolinjaan voidaan usein liittää automaatiota, kuten liukuhihnoja ja robotteja. (Martinsuo 2016, 159–161; Röyttä 1988, 28.)



Kuvio 2. Tuotantolinja-layout. (Logistiikan maailma 2019).

Tuotantolinja-layout on ihanteellinen valinta silloin, kun tuotevalikoima on pieni, mutta tuotantomäärät suuria. Yksittäinen tuotantolinja on tarkoitettu vain yksittäisen tuotteen tai tuoteperheen valmistukseen, minkä vuoksi suuria variaatioita ei voida toteuttaa. Tällöin voidaan käyttää erikoislaitteita, jotka ovat räätälöityjä tiettyyn tehtävään. Automaatiosta saadaan selkeä hyöty, kun työnkulku on yhdenmukainen ja selkeä. (Martinsuo 2016, 159–161; Röyttä 1988, 28.)

Tuotantolinja-layoutilla tavoitellaan massatuotannolle oleellista korkeaa kuormitusastetta sekä suurta tuotantomäärää. Tuotantolinjan investointikustannukset ovat usein korkeat, mutta tuotteiden yksikkökustannukset saadaan alhaiseksi suurella ja tehokkaalla tuotannolla. Tuotantolinjaa on vaikea muuttaa jälkikäteen, joten suunnitellessa tarvitaan hyvin luotettavat arviot kapasiteetin tarpeesta. Tuotetta vaihdettaessa koko tuotantolinjasto pysähtyy pidemmäksi aikaa, koska linjaston jokaisen laitteen asetus täytyy tarkistaa ja tehdä tarpeelliset muutokset. Tuotantolinjan seisakki tietää aina kustannuksia. Koko tuotantolinjan tuottavuuteen ja laatuun vaikuttavat hyvinkin pienet muutokset ja

häiriöt. Tuotantoprosessiin liittyvästä häiriöstä voi olla suurtakin haittaa, sillä tehokas tuotantolinja pystyy tuottamaan heikkolaatuisiakin tuotteita runsaasti. Kokonaisuuden ja toimivuuden kannalta on erittäin tärkeää, että työnkulku ja tuotantolinjan ohjaus on selkeää ja koordinoitua. (Martinsuo 2016, 159–161.)

Tuotantolinja voidaan suunnitella vapaa- tai pakkotahtiseksi (Lapinleimu 1997b, 81–83; Logistiikan maailma 2019). Vapaatahtisen tuotantolinjan tuotanto on järjestetty linjamaisesti, mutta materiaali siirtyy työpisteeltä toiselle puskurivarastojen kautta. Tällöin jokainen linjaston kone voi työstää eri erää. Pakkotahtisessa tuotantolinjassa työvaiheiden välillä ei ole puskurivarastoja, vaan saman erän tuotteet siirtyvät samanaikaisesti edelliseltä työpisteeltä seuraavalle. Linjaston kapasiteetin määrää pisimmän työvaiheen kesto mukaan lukien tuotteen vaihto aika. Samalla se on myös aika, jonka tahdilla tuotteita valmistuu. Pakkotahtisessa linjastossa kaikkien koneiden asetukset vastaavat saman tuotteen tekemistä. Tuotetta tai erää vaihdettaessa täytyy muuttaa myös koneiden asetuksia. (Lapinleimu 1997b, 81–83.) Pakkotahtinen tuotantolinja on mahdollista kehittää hyvin tehokkaaksi. Se sopii käytettäväksi silloin, kun halutaan valmistaa suuria määriä samankaltaisia tuotteita. Se ei kuitenkaan joustamattomuutensa vuoksi sovi käytettäväksi silloin, kun valmistettavien tuotteiden kirjo vaihtelee. Vapaatahtinen linja puolestaan sallii tuotteiden suuremman vaihtelun. (Lapinleimu 1997b, 81–83; Logistiikan maailma 2019.)

3.3 Solu-layout

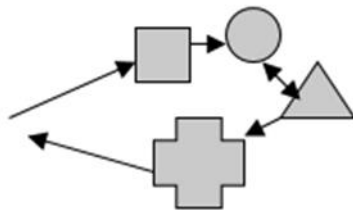
Solu-layoutissa laitteet ja koneet ryhmitellään tuotantosoluiksi tietyn osan, tuotteen tai tuotannonvaiheen tekemistä varten. Solu on pieni, itsenäinen valmistusyksikkö, jonka työpisteet järjestellään tuotteen luonnollisen työnkulun mukaisesti siten, että solu sisältää kaikki valmistukseen vaaditut toiminnot. (Logistiikan maailma 2019; Lapinleimu 1997b, 85–86; Martinsuo 2016, 161–163; Röyttä, 32–33.) Tämän vuoksi solu-layoutia kutsutaan tuotantolinja-layoutin tapaan tuotelähtöiseksi layout-tyypiksi (Logistiikan maailma 2019).

Tuotantosolun tavoitteena on kyky joustavaan valmistukseen tuoteperheen eri tuotteiden välillä alusta loppuun. Valmistettavien tuotteiden välillä vaihtaminen on helppoa lyhyiden asetusajojen ansiosta. Solu-layout soveltuu erinomaisesti yksittäis- tai piensarjatuot-

toon, jossa tuotteiden volyymit ja eräkoot vaihtelevat. (Martinsuo 2016, 161–162.) Lisäksi se on valmistusautomaation soveltamisen kannalta erinomainen lähtökohta (Lapinleimu 1997b, 95).

Toteutustavaltaan solu-layout on välimuoto, johon yhdistyy piirteitä niin funktionaalisesta kuin tuotantolinja-layoutistakin (Martinsuo 2016, 161; Slack ym. 2013, 197). Solu-layoutin (Kuvio 3) suunnittelussa johtavana ajatuksena on yksinkertainen ja selkeä materiaa-
livia niin, että työtehtävien välisten välivarastojen tarve saadaan minimoitua. Tuotannonohjaus perustuu arvovirran määrittämiseen sekä siihen, että solu ja sen tuotanto muodostavat yhdessä vain yhden, kokonaisuutena ohjattavan kuormituspisteen. Valmistettavan tuoteperheen rajoissa solu on tuotantolinjaa joustavampi ja funktionaalista layoutia tehokkaampi. (Martinsuo 2016, 161–163.)

Solulayout



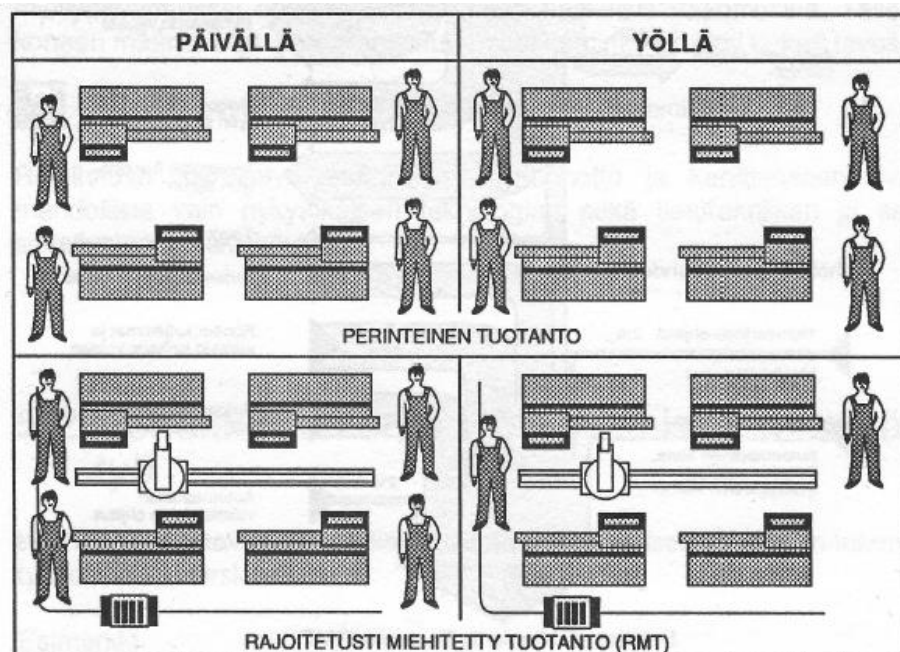
Kuvio 3. Solu-layout. (Logistiikan maailma 2019).

Yksittäisen tuotantosolun henkilöstömäärä on pieni, alle 10 henkilöä, mikä mahdollistaa tehokkaan kommunikoinnin solun sisällä (Lapinleimu 1997b, 85; Røyttä 1988, 32). Solu-tuotannon työntekijät ovat moniosaajia, jotka osaavat tehdä kyseessä olevan solun tuotannon alusta loppuun. Solussa on usein henkilöstöön nähden enemmän koneita ja työpisteitä, mikä mahdollistaa töiden jakamisen ja vaihtamisen työtehtävien määrän tasau-
miseksi. Laadunvalvonta on tehokasta, sillä solun henkilöstö vastaa solun kaikesta toiminnasta sekä tuotannon laadusta. (Lapinleimu 1997b, 85–86; Martinsuo 2016, 161–162; Røyttä 1988, 32–33.)

3.4 RMT – Rajoitetusti miehitetty tuotanto

Solutuotannon ja sen automatisointi mahdollistavat tuotteiden valmistamisen niin kutsutusti rajoitetusti miehitettynä. Käytännössä se tarkoittaa koneen ja ihmisen välistä riippumattomuutta siten, että tuotantolaitteet valmistavat tuotteita vähäisen valvonnan alaisena tai täysin automaattisesti. Rajoitetusti miehitettyyn tuotantoon siirtyminen vaatii valmistukseen liittyvien toimintojen automatisointia ja robotisointia. (Röyttä 1988, 94–95.)

Rajoitetusti miehitetyssä tuotannossa (Kuva 1) ihmisen tekemä työ suoritetaan aikana, joka ei ole riippuvainen koneen työvaiheista. Sen edellytys on, että automatisoimattomat työt siirretään yhteen ja tuotannosta vastaava henkilö tekee ne työvuoronsa aikana. Koneet puolestaan hoitavat automatisoidut työt ihmisen työajan ulkopuolella. (Röyttä 1988, 94–95.) Rajoitetusti miehitetty tuotanto voi jatkua miehittämättömänä siihen saakka, kunnes tuotantoon tarvittavat materiaalit loppuvat. Tämä mahdollistaa solun toiminnan esimerkiksi viikonlopun ajan. (Röyttä, 1988, 95.)



Kuva 1. Rajoitetusti miehitetyn ja perinteisen tuotannon vertailu. (Röyttä 1988, 95).

Rajoitetusti miehitetyllä tuotannolla tavoitellaan kahta keskeistä tavoitetta: taloudellisempaa tuotantoa ja ihmisen tekemän työn ergonomista kehittämistä (Röyttä 1988, 96). Tuotannon muuttaminen täysin miehittämättömäksi ei ole mielekästä, sillä tuotantokustannukset nousevat nopeasti (Lapinleimu 1997c, 136). Yrityksen kilpailukykyyn kannalta on

tärkeää, ettei tuotteen hinta ylitä kasvaneiden tuotantokulujen vuoksi kilpailijatuotteiden hintatasoa (Röyttä 1988, 97).

Rajoitetusti miehitetyssä tuotannossa kappaleiden ja osien käsittely tapahtuu yleensä erilaisilla teollisuusroboteilla. Koska valmistettavien kappaleiden muoto ja mitat vaihtelevat, on järjestelmän kyettävä käsittelemään tietyissä rajoissa poikkeavia kappaleita ilman suurempia säätöjä tai tarttujien ja työkalujen vaihtoja. Tämän vuoksi robotin tarttujan ja työkalujen suunnittelu monipuolisiin käyttötarkoituksiin on ensiarvoisen tärkeää. (Röyttä 1988, 102.)

4 TEOLLISUUSROBOTIN TYÖKALUT JA TARTTUJAT

”Robotin työkalulla tarkoitetaan sitä mekaanista osaa, jota robotti siirtää asemasta toiseen” (Kuivanen 1999, 60). Tarttuja on robotin työkaluista yleisin. Teollisuusrobotille on olemassa erilaisia työkaluja: pääryhminä mekaaniset ja prosessiin osallistuvat työkalut. Prosessiin osallistuvia työkaluja on monenlaisia, mutta pääsääntöisesti ne liittyvät ainetta lisäävään tuotantoon, kuten hitsaukseen, pintakäsittelyyn ja liimaukseen. (Kuivanen 1999, 60.) Mitä monipuolisempi robotin tarttuja on, sitä moninaisempiin tehtäviin robottia on tuotannossa mahdollista hyödyntää. Robottia voidaan käyttää muun muassa kappaleenkäsittelyyn, hitsaukseen, työstettävän kappaleen mittaukseen, terien ja muiden työkalujen vaihtoon, lastujen ja jäysteen poistoon ja hiontaan sekä kokoonpanoon. (Röyttä 1988, 103.)

Putkien nostelua varten pohdittiin paria erilaista tarttujaa robottiin; kouraa, tankomallia ja magneettia. Koura jäi suunnittelusta pois jo heti alkumetreillä, koska tuotannossa käytettäviä putkikokoja oli monia, mikä hankaloitti yhden, jokaiselle koolle sopivan työkalun suunnittelua. Robotin on tarkoitus noutaa sahattu aihio putkisahalta, mutta sahan vaste sijaitsee robotin puolella hankaloittaen aihion noukkimista tietynlaisilla tarttujatyypeillä, kuten kouratarttujalla. Jäljelle jääneet magneetti- ja tankomalli olivat suunnittelussa mukana pidempään.

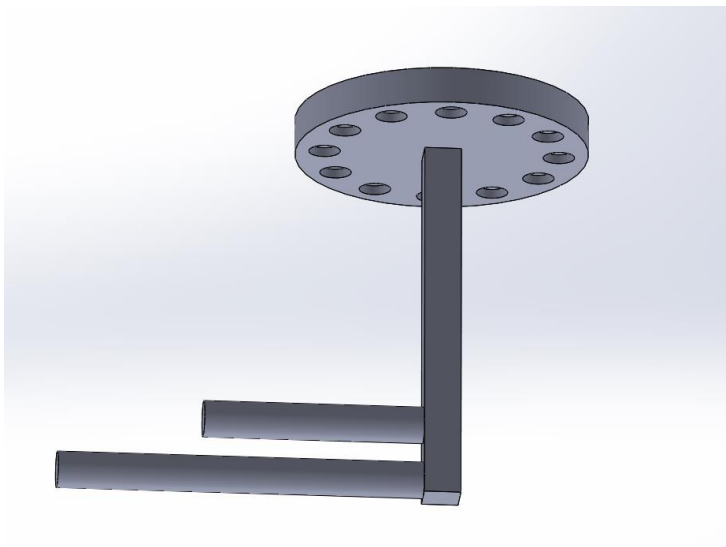
4.1 Kouratarttuja

Suunnittelun alkuvaiheessa yhtenä vaihtoehtona oli toteuttaa mekaanisesti toimiva tarrain. Tässä työssä tarkoitin kyseisellä tarttujatyypillä tarttujaa, joka on kuin nostokoura, mutta tarkoitettu putkille. Kyseisen tarttujan voisi toteuttaa monella erilaisella mekaanisella ratkaisulla, kuten pneumaattisesti toimivana. Kouratarttuja kuitenkin karsiutui suunnitelmista jo alkuvaiheessa, koska aihion noutotapahtuma ei onnistuisi tällä tarttujatyypillä aiheuttamatta vahinkoja sahalle ja aihiolle.

4.2 Tankotyökalu

Tankomallilla tarkoitan työkalua, jossa robotin työkalupinnan pystyakselia vasten 90 asteen kulmassa on kaksi eri mittaista tankoa noin 20 mm etäisyydellä toisistaan. Ylempi

tanko on lyhempi ja sen tarkoitus on estää nostettavaa putkea putoamasta pois työkalusta. Alempi tanko on pidempi ja sen tehtävä on kannatella nostettavaa putkea. Tämän työkalun ongelmaksi muodostui kaksi isompaa asiayhteyttä. Ensimmäinen ongelma oli toimivuus soluun halutun lisävarustuksen, jäysteen poiston kanssa. Toinen ongelma olisi aiheutunut putkien pituuksista. Työstettävien aihoiden pituudet vaihtelevat 300–1000 millimetrin välillä, ja heräsi epäily, ettei kaikkien pituuksien nostelu onnistuisi samalla työkalulla. Lisäksi tankotyökalu (Kuva 2) ei välttämättä olisi kestänyt sarjatuotantoa vääntymättä, ja myös jäysteenpoisto osoittautui kyseisen työkalun kanssa mahdottomaksi. Edellä mainittujen syiden vuoksi tankotyökalu suljettiin pois suunnitelmista.



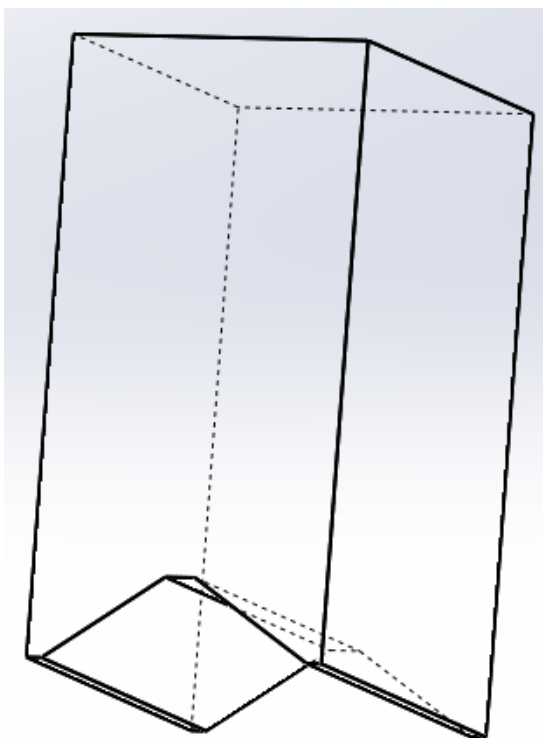
Kuva 2. SolidWorks-mallinnus tankotyökalusta (Virta 2018).

4.3 Magneettitarttuja

Magneettitarttuja toimivat vain magneettisten metallien kanssa. Ne voivat olla sähkö- tai kestopagneettikäyttöisiä. Magneetin nostokapasiteettiin vaikuttavat monet tekijät, kuten kappaleen koko, materiaali, muoto, pinnanlaatu, ilmarako sekä magneetin lämpötila. Työstettävässä kappaleessa on oltava riittävän suuri ja tasainen tartunta-alue, jottei aiheutuva ilmarako heikennä tarpeettomasti magneettikenttää ja sitä kautta magneetin tartuntavoimaa. Magneettitarttuja mahdollistaa nopean tarttumisen työstettävästä kappaleesta, mutta kappaleen irrottamista hidastaa syntyvä jäännösmagnetismi. Irrotustapah- tumaa voidaan nopeuttaa kääntämällä magneettikentän suuntaa sähkömagneetin

avulla. Sähkömagneettia käytettäessä on kuitenkin muistettava, että magneetti lämpe-
nee käytössä. Tämän vuoksi työnkierto on suunniteltava siten, ettei magneetin lämpötila
nouse liian korkeaksi vaikuttaen magneetin toimintaan. (Kuivanen 1999, 60.)

Magneetitarttuja (Kuva 3) sopii käytettäväksi tässä käyttökohteessa pienen kokonsa
sekä suuren nostokapasiteettinsa ansiosta. Robotilla noudettavat aihiot ovat painoltaan
korkeintaan noin 50 kiloa, mutta magneetissa on hyvä olla nostokapasiteettia reilusti,
koska aihion pinnalla oleva pieni öljykerros, pöly tai lastut laskevat magneetin tartunta-
voimaa.



Kuva 3. SolidWorks-mallinnus magneetitarttujasta (Virta 2018).

5 LAYOUTIN SUUNNITTELU

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella teleskooppisylintereitä tuottavan tuotantolinjan alkupään sahaussolun Behringer 300A -putkisahalle (Liite 4) ja ABB IRB6650 125kg/3,2m -teollisuusrobotille (Liite 2) toimiva layout, jotta sahaussolu saataisiin muutettua rajoitetusti miehitetyksi. Tarkoitus oli, että robotti toimisi itsenäisesti tuotekatalogin puitteissa ilta- ja yövuoroissa sekä viikonloppuisin, kun taas aamu-/päivävuorossa henkilökunnan läsnä ollessa sahattaisiin pieneriä ja yksittäisiä kappaleita. Lisäksi opinnäytetyöprosessin aikana käytiin läpi erilaisia vaihtoehtoja teollisuusrobotin tarttujaksi. Lopulta tarttujaksi valikoitu magneetti, jollainen tehtaan muissa roboteissa jo entuudestaan oli. Layout-suunnittelussa käytettiin AutoCAD LT- ja AutoCAD -ohjelmistoja riippuen siitä, tehtiinkö töitä yrityksen tiloissa vai vapaa-ajalla.

5.1 Suunnittelun eteneminen

Layout-suunnittelun ensimmäinen vaihe oli tutustua tehtaan ja etenkin sahaussolun pohjapiirrokseen (Liite 1). Pohjapiirroksesta tuli tarkistaa, kuinka hyvin se piti paikkansa nykyhetkeen verrattuna. Vertailussa havaittiin joitakin puutoksia, ja muutokset päivitettiin pohjapiirrokseen. Tilan mittoihin tuli pieniä tarkennuksia ja koneiden sijaintia täytyi hieman muuttaa, mutta mitään radikaaleja muutoksia ei ollut tapahtunut.

Seuraavana vaiheena oli tehdä sahasta ja muista solun laitteista 3D-mallit SolidWorksilla (Liite 7) ABB:n RobotStudiota varten. RobotStudion simuloinnin kanssa ilmeni aluksi pieniä ongelmia, mutta valmistajan konsultoinnin jälkeen ohjelmaan saatiin oikea, vanhempi RobotWare-ohjelmisto IRB6650-robotille sekä sen virtuaaliselle ohjaimelle. Itse 3D-mallintaminen olisi ollut paljon helpompaa, jos sahasta olisi ollut piirustukset, joissa olisi nähtävillä mittaviivoja tai suhdeluku. Sahan tarkat varaosakuvat löytyivät, joten niistä sai kuitenkin jonkin verran apua kuvan piirtämiseen. Lisäksi apuna käytettiin konkreettisesti mitattuja sahan mittoja. Valmis 3D-malli ei ollut kovin tarkka eikä esteettisesti kaunis, mutta ulkomitat ja ulottuvuudet vastasivat oikeaa sahaa. Näin saatiin layout-suunnittelun kannalta sahan tärkeimmät tiedot mallinnettua. RobotStudiolla tehtävän simulaation (Liite 8) kannalta oli oleellista tehdä sahan mallinnus oikean kokoiseksi, jotta robotti saatiin ase-

tettua layout-simulaatioon siten, ettei se kolhisi liikeradoillaan sahaa tai itseään. Simulaatiosta näki, että yksi robotin servomootoreista kävi robotin työskennellessä hyvin lähellä sahaa, jolloin törmäys olisi ollut todennäköinen.

Solun layoutista tehtiin useampia vaihtoehtoja, joista selvisi, että osa robotille suunnitelluista mahdollisista paikoista olivat mahdottomia toteuttaa robotin koon vuoksi. Isona rajoittavana tekijänä oli myös se, että päivisin työntekijöiden piti mahtua soluun tekemään piensarjoja ja yksittäisiä kappaleita. Lisäksi työntekijät valmistivat työaikanaan sellaisia sarjoja, joita robotin ei ollut mahdollista noukkia esimerkiksi aihion koon tai sen poikkeuksellisen jättöpaikan vuoksi. Esimerkkinä poikkeuksellisesta jättöpaikasta mainittakoon pesukärky, johon aihiot täytyi työstön jälkeen pujottaa.

Eräs layout-ehdotus perustui siihen, että robotti lastaisi sahatut aihiot sahapöydän edessä oleviin häkkeihin. Tarkemmin tarkasteltaessa ehdotus sisälsi kuitenkin monia ongelmakohtia pohjaratkaisun suhteen. Ensinnäkin ehdotuksessa mainitut häkit olisivat olleet tiellä ja haitanneet henkilökunnan työskentelyä aihioden parissa päivävuoron aikana. Toiseksi RobotStudio-simulointi paljasti, että tällöin robotin ihanteellinen paikka solun toimivuuden kannalta olisi ollut mahdoton toteuttaa, sillä robotti olisi rikkonut takanaan olevan seinän. Muun muassa näiden syiden vuoksi kyseisestä layout-ehdotuksesta luovuttiin.

Layout-suunnittelussa on tärkeää, että suunnitteluvaiheessa työstää useampia vaihtoehtoja samanaikaisesti, sillä projektin edetessä vastaan voi tulla huomioita ja tekijöitä, jotka vaikuttavat merkittävästi suunnitteluun. Mikäli jonkin suunnitelman kohdalla ilmenee seikkoja, jotka tekevät siitä toimimattoman, voidaan toisella ehdotuksella esittää ongelmaan vaihtoehtoratkaisu.

Projektin aikana käytiin läpi ja taulukoitiin sahattavat putkikoot, jotka robotin on mahdollista tarttujansa kanssa kerätä. Robotti oli aluksi tarkoitus ohjelmoida nostamaan halkaisijaltaan kymmenen eri ahiokokoa, välillä 70–252 mm. Kyseisillä halkaisijoilla olevista putkista oli tarkoitus sahata vaihtelevan mittaisia aihioita ja näitä tietenkin useilla eri pituuksilla 300–1000 mm välillä. Robotin on tarkoitus tehdä töitä pääsääntöisesti normaalin työajan ulkopuolella iltaisin, öisin ja viikonloppuisin. Robotilla kerättävät aihiot ovat hydraulisen teleskooppisylinterin putkia, joita tulee yhteen sylinteriin 5–9 kappaletta sylinteristä riippuen. Kaikki yhteen sylinteriin tulevat putket ovat saman pituisia, ja niitä on tarkoitus sahata noin 70 putken sarjoja, mutta sarjakoko tarkentuu, kun todetaan, paljonko sahan kuljettimelle mahtuu materiaalia ja kauanko saha voi yhdellä lastauksella

työskennellä autonomisesti robotin kanssa. Kuljettimeen lastataan vain yhtä halkaisijakokoa kerrallaan. Layoutiin tulee paikat myös 4–6 putkihäkille (Liite 6), joihin robotti lastaa sahatut aihiot. Yhteen putkihäkkiin (Liite 5) mahtuu koko 70 kappaleen sarja pienimpien halkaisijoiden aihioita, mutta isoimpia kokoja vain 9–12 kappaletta. Putkihäkkien määrä riippuu myös siitä, paljonko soluun jää tilaa, johon robotti pääsee estoitta lastaamaan.

Robotin ohjelmasta oli tarkoitus tehdä hyvin käyttäjäystävällinen tarkoittaen sitä, että ohjelmasta tehdään matemaattinen, jolloin käyttäjä syöttää muutaman parametrin kuten kappalemäärän ja halkaisijan ohjelman niitä kysyessä. Tällä tavoin sama ohjelma saadaan sopimaan useaan eri kokoon ja on samalla yksinkertainen käyttäjälle. Robotti keskustelee sahan kanssa saaden sahalta ainakin laskurin tiedon. Robotti tietää mennä hakemaan putken sahalta aina, kun sahan laskurin lukumäärä kasvaa yhdellä.

Robotin tarttujasta oli alusta alkaen melko selkeä kuva, millainen sen tulisi olla, mutta vertailutuloksien hankkiminen projektin kannalta oli tärkeää. Vertailutulosten saamiseksi suunniteltiin lisäksi kaksi muuta mahdollista tarttujaa aihioden nosteluun. Yritykselle oli edeltävän kesän robottiprojektista jäänyt yli kaksi magneettia, joten magneettitarttuja olisi yritykselle edullisin vaihtoehto ja jo toimivaksi todettu. Kyseiset magneetit olivat kapasiteetiltaan niin tehokkaita, että käytettäväksi riitti yksi kappale. Magneetin käyttämisessä on kuitenkin tekijöitä, jotka on otettava suunnittelussa huomioon. Sahauksesta jää aihioden pintaan ja muutoinkin kaikkialle metallipölyä ja -lastuja, jotka tarttuvat magneettiin. Tämän vuoksi solun layoutiin on tulevaisuudessa tarkoitus lisätä harja-asema, jossa magneetin voi puhdistaa. Harjatelineen paikka selviää kuitenkin vasta robotin ohjelmaa luotaessa, jotta robotin työkierto saadaan sujuvaksi. Harjatelineeksi soluun laitetaan todennäköisesti samanlainen teline, jonka suunnittelin kesällä 2018 kahteen robottisoluun jäysteen poistoa varten. Näihin telineisiin lisättiin putsausharjat jälkikäteen niiden tarpeellisuuden vuoksi. Myös sahaussoluun tulevassa telineessä on jäysteenpoisto optio, jos se halutaan toteuttaa.

5.2 Robotti ABB IRB 6650

Asennettava robotti oli lähtöisin konsernin jo suljetulta Ruotsin-tehtaalta, jossa sitä oli käytetty kahden sorvin ruokkimiseen. Lisäksi siinä oli myös paikka kolmannelle sorville.

Ruotsin-tehtaan sulkeuduttua, robotti siirtyi Romanian-tehtaalle, jossa se lojui varastossa tarpeettomana kolmesta neljään vuotta ennen Perniöön sijoittamista. Robotin mukana tehtaalle kulkeutui myös Ruotsin-tehtaan aikaisen solun rullakuljettimia.

Robotti toimitettiin Perniön-tehtaalle kesällä 2018. Se oli tehtaalle tulon jälkeen muutamman viikon katoksessa säilytyksessä, kun huoltohalliin tehtiin tilaa robotin sisään viemistä varten. Kun robotti oli siirretty sisälle huoltohalliin, ilmeni heti ensimmäisen päälle kytkennän yhteydessä muutama ongelma. Ensinnäkin robotin käynnistäminen ei onnistunut, sillä sen ohjaimen kytkentäkaapissa (Liite 3) oli vielä kiinni kaikki Ruotsin-solun aikaiset johdot, minkä vuoksi se vaati kaikilta aiemmilta sensoreilta kuittauksen käynnistykseen. Sensoreita ei tietenkään ollut kytkettynä muualla kuin kytkentäkaapin turvapiirissä, joten ratkaisuna oli irrottaa kaikki ylimääräiset johdot kytkentäkaapista. Tämän jälkeen robotti saatiin käynnistettyä, mutta säilytyksen aikana sen ylläpitopatterin varaus oli purkautunut, minkä vuoksi kaikki kalibrointitiedot olivat hävinneet eikä robottia pystynyt liikuttamaan perusohjelman puuttumisen vuoksi. Uuden perusohjelman tilauksen jälkeen robotti saatiin vihdoin liikkumaan. Projektin aikana käytettiin apuna ABB:n käsikirjaa (ABB 2004) kyseiselle teollisuusrobottimallille.

Robotin mukana toimitettiin pöytä, jonka päälle robotti oli pultattu kiinni. Pöydän korkeus oli 600 mm ja sen kansi oli kooltaan 990 x 1200 mm. Lisäksi pöydänkannessa oli halkaisijaltaan 500 mm oleva reikä. Pöydän kansi oli valmistettu 45 mm paksusta teräksestä, ja sen jalat ja välipuut oli tehty neliöputkesta. Jalat oli tehty 150 mm neliöputkesta, jonka seinämävahvuus oli 10 mm, ja niiden korkeus oli 530 mm. Välipuut oli tehty 120 mm neliöputkesta, jonka seinämävahvuus oli 6 mm, ja niiden pituus oli 675 mm. Pöydän tassut olivat kooltaan 300 x 300 mm ja niiden paksuus oli 27 mm. Likiarvoilla laskiessa pöydälle kertyi painoa 653 kg. Robotti puolestaan painaa 1780 kiloa, joten yhteensä pöydälle ja robotille kertyi painoa 2433 kg. Pöydän neljän tassun yhteispinta-ala oli 0,36m², joten pistekuormana painoa kertyi lattiaa kohden niin paljon, että se vastaa noin 6760 kg neliökuormaa. Sahahallin lattiaan tehtiin koeporauksia lattian vahvuuden selvittämiseksi. Mittauksissa selvisi, että lattiassa oli 10 cm vahvuudelta betonia. Lattian keston varmistamiseksi vaihtoehtoja oli kaksi: riittävän ison teräslevyn pulttaaminen lattiaan, jolloin painokuorma tasaantuisi isommalle pinta-alalle, tai konepedin valaminen. Konepedin valaminen tapahtuu siten, että lattiaan leikataan suorakaiteen muotoinen reikä, joka kaivetaan sopivan syvyyiseksi, raudoitetaan ja valetaan umpeen betonilla. Ennen valua voidaan vielä tehdä teräslevyistä kehikko, johon valu tehdään, lisäämään konepedin lu-

juutta. Tässä projektissa lattiaratkaisujen tekoon vaikutti myös se, että robotti on sijoitettu 600 mm korkealla pöydällä. Pöydän korkeuden vuoksi painopiste nousee korkeammalle. Kohonneen painopisteen ja robotin 3,2 m ulottuvuuden vuoksi vääntömomentti lattian tasolla kasvaa suureksi, vaikkei robotti oman massansa lisäksi pysty 125 kg suurempaa kuormaa liikuttelemaan. Tämän vuoksi robotti ja pöytä on kiinnitettävä lattiaan riittävän kestäville pulteilla, jottei laite pääsisi kaatumaan tai tuhoamaan lattiaa. Jokaisella laitevalmistajalla on omat parametrinsa, kuinka monella ja miten suurilla pulteilla robotti täytyy lattiaan kiinnittää, jotta se on tukevasti kiinni lattiassa. Projektissa noudatettiin laitevalmistaja ABB:n ohjeistuksia ja vaatimuksia.

5.3 Lopullinen layout-ehdotus

Lopullinen layout-ehdotus (Liite 9) muodostui lopulliseen muotoonsa monien vaiheiden kautta. Tämä layout oli pohjaltaan ensimmäisiä, joita suunnittelin, mutta projektin edetessä sitä muokattiin useita kertoja, aina paremmaksi. Tästä layout-ehdotuksesta parhaan teki se, että tähän on saatu sopimaan kaikki, mitä solulta haluttiin. Ehdotuksessa huomioitiin työntekijöiden toiveita ja mielipiteitä. Myös työturvallisuus, solun toiminnan sujuvuus sekä tuottavuus toteutuvat tässä layout-ehdotuksessa parhaiten.

6 OPINNÄYTETYÖN EETTISYYS JA LUOTETTAVUUS

Tämä opinnäytetyö on toiminnallinen, ja se toteutettiin toimeksiantajan tarpeesta. Opinnäytetyötä koskeva toimeksiantosopimus on tehty kirjallisena toimeksiantajan kanssa opinnäytetyön valvojan läsnä ollessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (TENK 2012, 6) laatiman ohjeen mukaisesti toimeksiantosopimuksessa kuvataan kaikkien osapuolien oikeudet ja tekijän periaatteet. Myös käyttöoikeuksiin ja aineistojen säilyttämiseen liittyvät kysymykset olivat esillä toimeksiantosopimuksessa (TENK 2012, 6).

Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK) toimii tieteellisen tutkimuksen, jollainen myös opinnäytetyö on, perustana. Se määrittelee yleisesti hyväksyttävät ohjeet tutkimustekstin laatimiseen. Tällaisia eettisesti hyväksytyjä ja tiedeyhteisön tunnustamia toimintatapoja ovat muun muassa rehellisyys, yleinen huolellisuus ja tarkkuus niin asiasisällön, tiedonhaun, kirjoittamisen kuin lähdemerkintöjenkin suhteen. (TENK 2012, 6–7.) Plagioinnilla eli luottomalla lainaamisella tarkoitetaan toisen tuotoksen suoraa tai epäsuoraa esittämistä omana (Hirsjärvi ym. 2014, 349–351; TENK 2012, 6 & 9).

Tässä opinnäytetyössä muiden tuotoksia ei ole esitetty omina, vaan niihin on viitattu asianmukaisilla lähdeviitteillä. Lisäksi lähdeviitteiden ja -luettelon yhteneväisyyteen ja tarkkuuteen on käytetty runsaasti huomiota. Myös työssä käytettävien kuvien osalta eettisyys on kunnossa, koska suurin osa käytetyistä kuvista on joko itse piirrettyjä tai otettuja, ja loppuihin on tehty asianmukaiset lähdeviittaukset. Toimeksiantajalta on saatu lupa itse otettujen kuvien käyttämiseen, kunhan niissä ei näy mitään salassa pidettävää, kuten keskeneräisiä tuotteita.

Opinnäytetyön teoriamateriaalin keruu kohdistui pitkälti opetusmateriaaliin, jota oli saatavilla koulun kirjastosta hyvä määrä. Teoriamateriaalin luotettavuus on mielestäni hyvä, vaikkakin osa käytetyistä teoksista on vanhoja. Niitä on kuitenkin hyödynnetty vain niiltä osin, kuin on oletettavaa, ettei tieto ole muuttunut nykypäivään verraten. Lisäksi teoriatiedon etsinnässä käytettiin luotettavaksi tunnistettuja hakukoneita, alan julkaisuja sekä alan yritysten nettisivuja.

Opinnäytetyön luotettavuutta lisää se, että käytetty tieto on lukijalle helposti saatavilla. Tällöin lukijan on mahdollista hankkia lisää tietoa käsitellystä aiheesta. Lähdeviitteiden merkitsemiseen kiinnitettiin erityistä huomiota, ja lähdeluetteloon merkittiin sähköisten

lähteiden kohdalle polku, jota seuraamalla lukijan on mahdollista löytää alkuperäinen lähde, vaikka sen internet-osoite muuttuisikin.

7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena oli piirtää ja suunnitella layout sahaus-soluun liitettävälle robotille. Projektiin kuului myös robotin tarttujan suunnittelu. Layoutista ja tarttujasta suunnittelin useamman vaihtoehdon vertailua varten. Projektin aikana näistä vaihtoehdoista valikoitui parhaat, ja jäljelle jäi yksi tarttuja sekä layout-ehdotus. Nämä ehdotukset jätin opinnäytetyön toimeksiantajalle projektin päätteeksi. Projektin tavoitteisiin pääsyä on vaikea arvioida, koska tavoitteena oli suunnitella kaikin puolin hyvä ja toimiva layout. Vaikka suunnitelmat näyttivät paperilla täyttävän kaikki tavoitteet, niin todellisuus voi olla toinen. Todellisuutta layoutin toimivuudesta ei voi tietää varmuudella ennen kuin se on käytännössä todettu.

Hyvän layout-suunnitelman tekoon vaikuttavat monet asiat, jotka täytyy ottaa huomioon suunnittelun aikana. Tässä projektissa huomioon otettavia asioita ilmaantui pitkin projektia tahdilla; yhden kun selvitti, kaksi tuli tilalle. Tämä tuntui välillä todella turhautavalta, mutta kääntöpuolena tiesin, että jokainen onnistuneesti layoutissa huomioon otettu asia vei layoutia parempaan suuntaan.

Tämä opinnäytetyöprojekti oli mielestäni tarpeeksi haastava, mutta ei liian vaikea toteutettavaksi. Projekti venyi kirjoittamisen osalta noin vuoden pidemmälle, kuin olin alustavasti ajatellut. Syksy 2018 meni koulun osalta kovalla kiireellä täyden lukujärjestyksen kanssa. Opinnäytetyön tekoon minulla oli varattu torstaipäivät, jolloin olin paikan päällä Perniön-tehtaalla. Joulukuun 27. päivänä vuonna 2018 luovutin projektin päätteeksi ehdotukseni sahaussolun layoutista ja mittakuvan, jonka pohjalta robottipeti voidaan tehdä.

LÄHTEET

ABB 2004. ABB IRB 6650 - 125/3.2 type B Product Manual. ABB Automation Technologies AB Robotics. SE-721 68 Västerås, Sweden. Viitattu 21.5.2019. https://library.e.abb.com/public/560fa420555c2d8ac1257b4b0052112c/3HAC023933-001_rev1_en.pdf.

ABB 2019. RobotStudio. Viitattu 1.6.2019. <https://new.abb.com> > Tuotteet ja palvelut > Robotit > RobotStudio.

Autodesk 2019. AutoCAD – Yleiskatsaus. Viitattu 2.6.2019. www.autodesk.fi > Tuotteet > AutoCAD > Yleiskatsaus.

Behringer 2019. HBP Series Automatic Band Saw. Viitattu 30.5.2019. <https://www.behringer-saws.com/automatic-bandsaws.html>.

Hirsjärvi, S.; Remes, P. & Sajavaara, P. 2014. Tutki ja kirjoita. 19. painos. Helsinki: Tammi.

Kauppinen, V. 1997. Tuotesuunnittelun ja tuotannon yhteistoiminta. Teoksessa Lapinleimu, I.; Kauppinen, V. & Torvinen, S. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. painos. Helsinki: WSOY, 275–298.

Kuivanen, R. (toim.) 1999. Robotiikka. Vantaa: Talentum Oyj/MetalliTekniikka.

Lapinleimu, I. 1997a. Tuotannon suunnittelu. Teoksessa Lapinleimu, I.; Kauppinen, V. & Torvinen, S. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. painos. Helsinki: WSOY, 299–318.

Lapinleimu, I. 1997b. Tehtaan valmistusvirta. Teoksessa Lapinleimu, I.; Kauppinen, V. & Torvinen, S. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. painos. Helsinki: WSOY, 79–110.

Lapinleimu, I. 1997c. Valmistuksen automaatio. Teoksessa Lapinleimu, I.; Kauppinen, V. & Torvinen, S. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. painos. Helsinki: WSOY, 128–171.

Logistiikan maailma 2019. Tuotannon layout. Viitattu 21.5.2019. www.logistiikanmaailma.fi > Logistiikka > Tuotanto > Tuotanto strategia > Tuotannon layout.

Logistiikan maailma 2019. Tieto-, raha- ja materiaalivirrat. Viitattu 21.5.2019. www.logistiikanmaailma.fi > Logistiikka > Logistiikka ja toimitusketju > Tieto-, raha- ja materiaalivirrat.

LSK 2019. Automaatio. Viitattu 1.6.2019. www.lsk.fi > Tuotteet > Automaatio.

Martinsuo, M. 2016. Tuotanto ja toiminnanohjaus. Teoksessa Turunen, J. & Halminen, K. (toim.) Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. 1. painos. Helsinki: Edita Publishing Oy, 134–168.

Röyttä, E. 1988. Tuotantotekniikka. Kokeilupainos. Juva: WSOY:n graafiset laitokset.

Slack, N.; Brandon-Jones, A. & Johnston, R. 2013. Operations management. 7. painos. Iso-Britannia, Harlow: Pearson Education Limited.

SolidWorks 2019. 3D CAD. Viitattu 1.6.2019. www.solidworks.com > Products & Solutions > 3D CAD.

TENK. 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausten käsitteleminen. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012. Viitattu 3.6.2019. www.tenk.fi > HTK-ohje > Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa.

Wikipedia 2017. Teollisuusrobotti. Viitattu 1.6.2019. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Teollisuusrobotti>.

Wipro 2019a. Nykypäivä. Viitattu 18.5.2019. www.wipro.fi > Yritysinfo > Nykypäivä.

Wipro 2019b. Yritysesittely. Viitattu 18.5.2019. www.wipro.fi > Yritysinfo > Yritysesittely > Nummen yritysesittely (pdf).

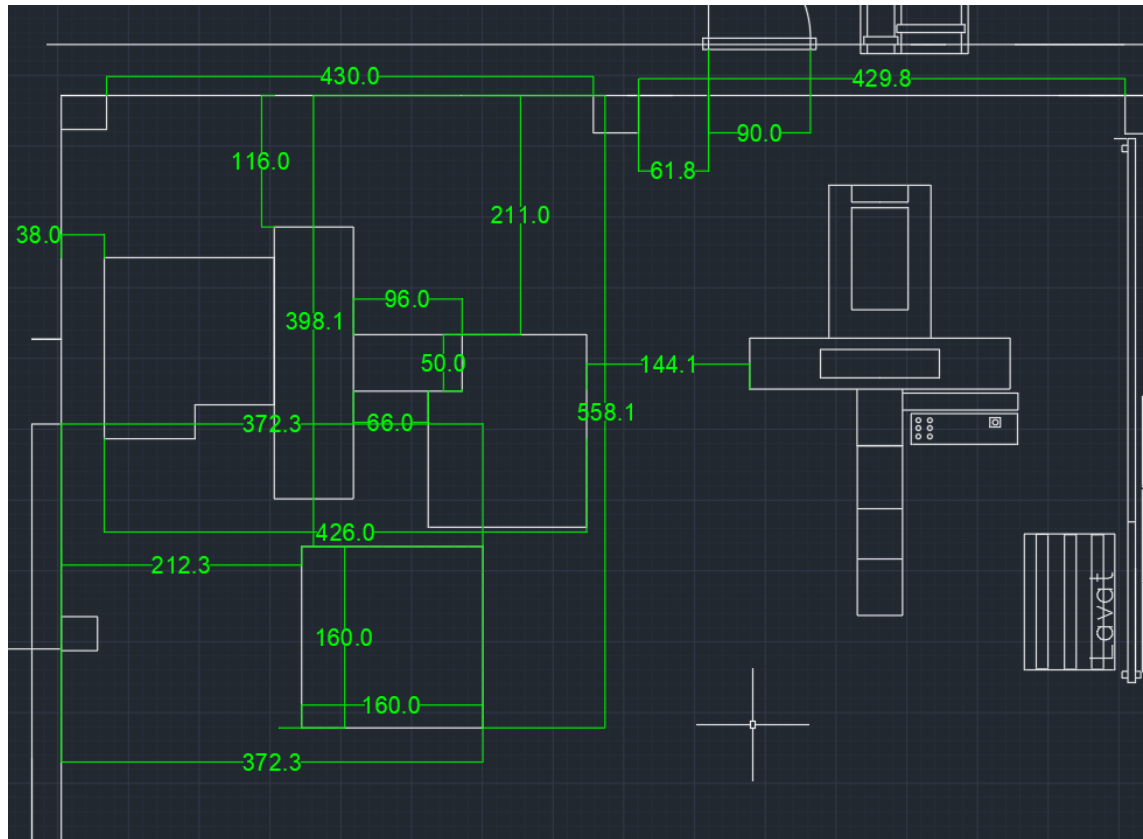
Wipro 2019c. Historia. Viitattu 18.5.2019. www.wipro.fi > Yritysinfo > Historia.

Wipro 2019d. Asiakkaat. Viitattu 18.5.2019. www.wipro.fi > Yritysinfo > Asiakkaat.

Wipro 2019e. Tuotteet. Viitattu 18.5.2019. www.wipro.fi > Tuotteet.

Wipro 2019f. Laatu ja ympäristö. Viitattu 18.5.2019. www.wipro.fi > Yritysinfo > Laatu ja ympäristö.

Liite 1. Sahaussolun alkuperäisen layoutin tarkistusmittaukset.



Liite 2. ABB IRB6650 125kg/3,2m -teollisuusrobotti.



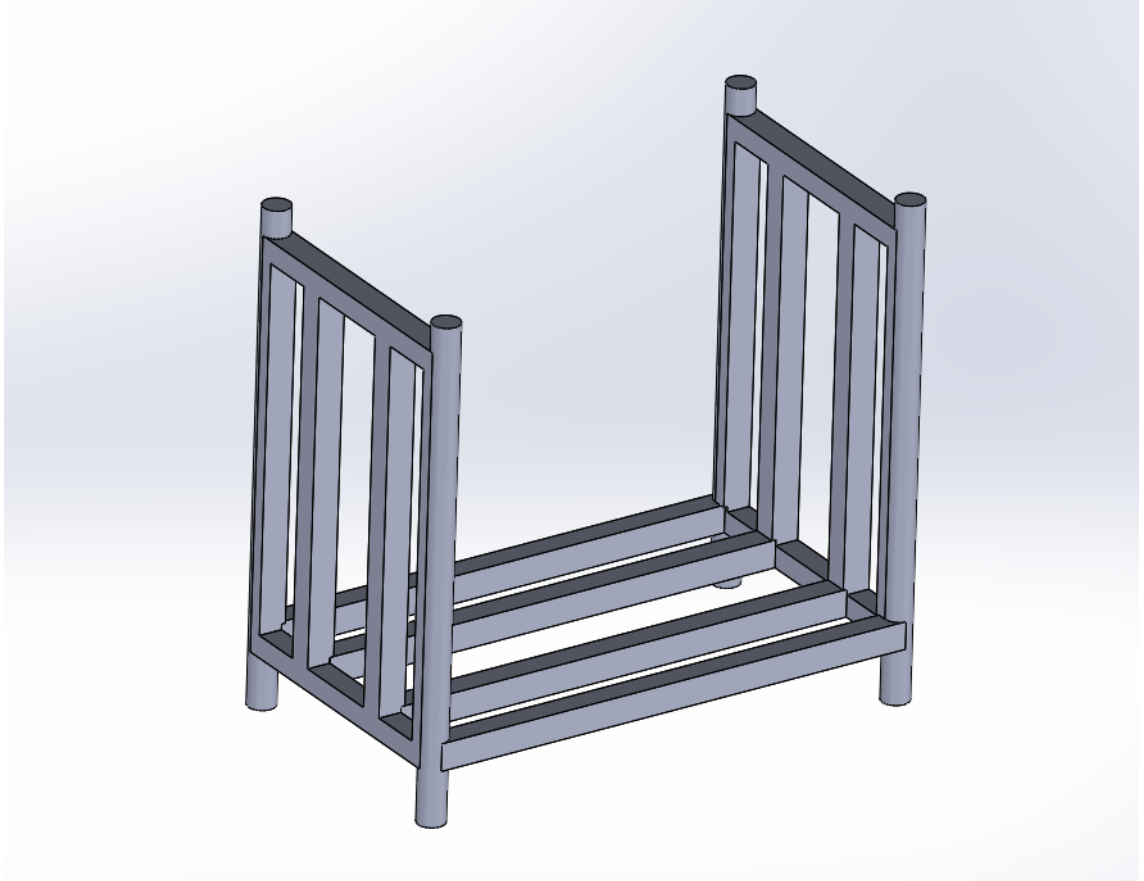
Liite 3. Teollisuusrobotin ohjainkaappi.



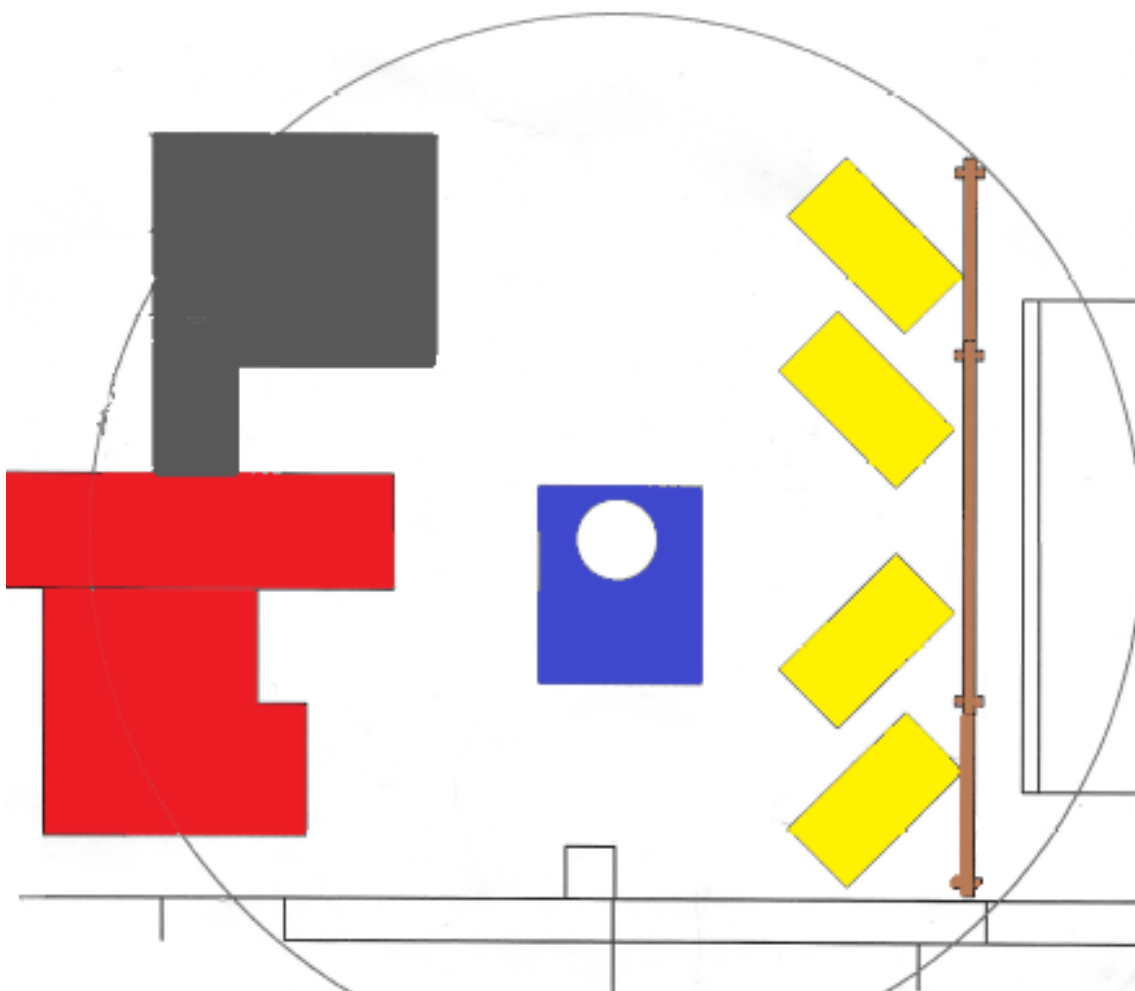
Liite 4. Behringer 300A -putkisaha (Behringer 2019).



Liite 5. Putkihäkki.

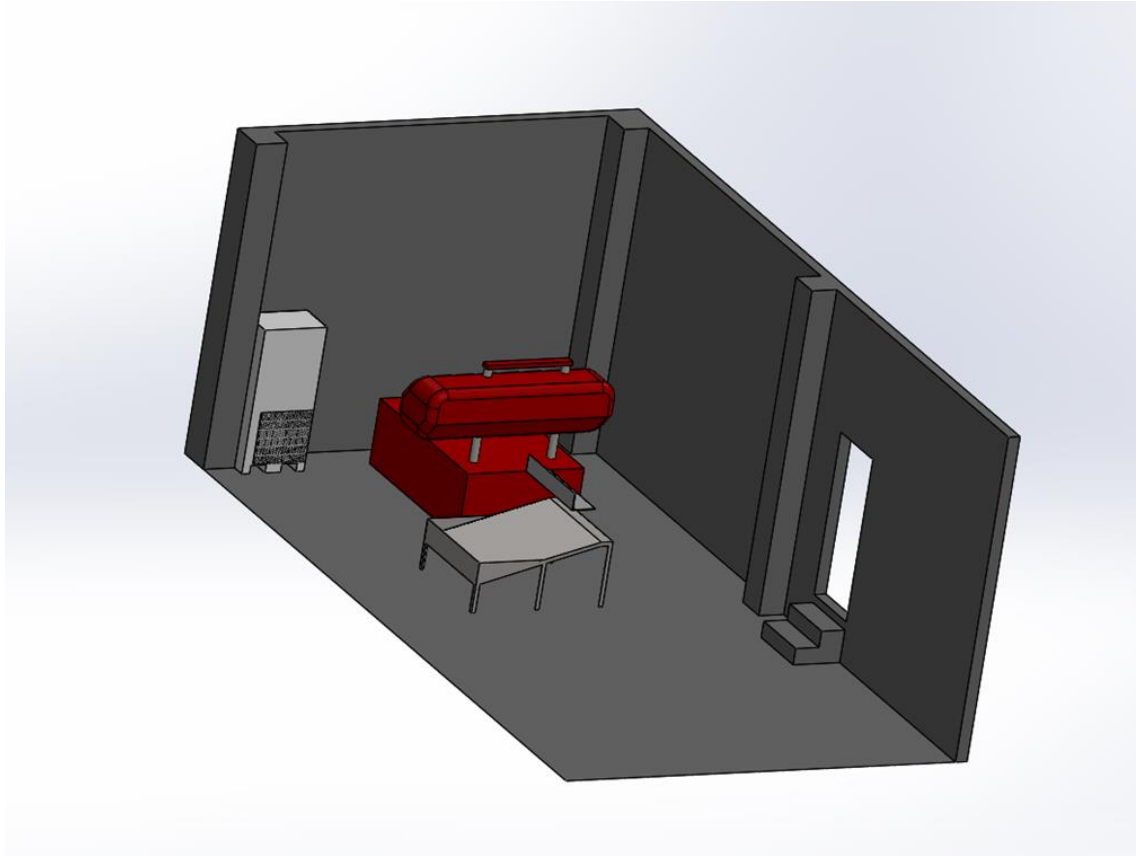


Liite 6. Putkihäkkien mahdollinen sijoittelu sahaussolussa.

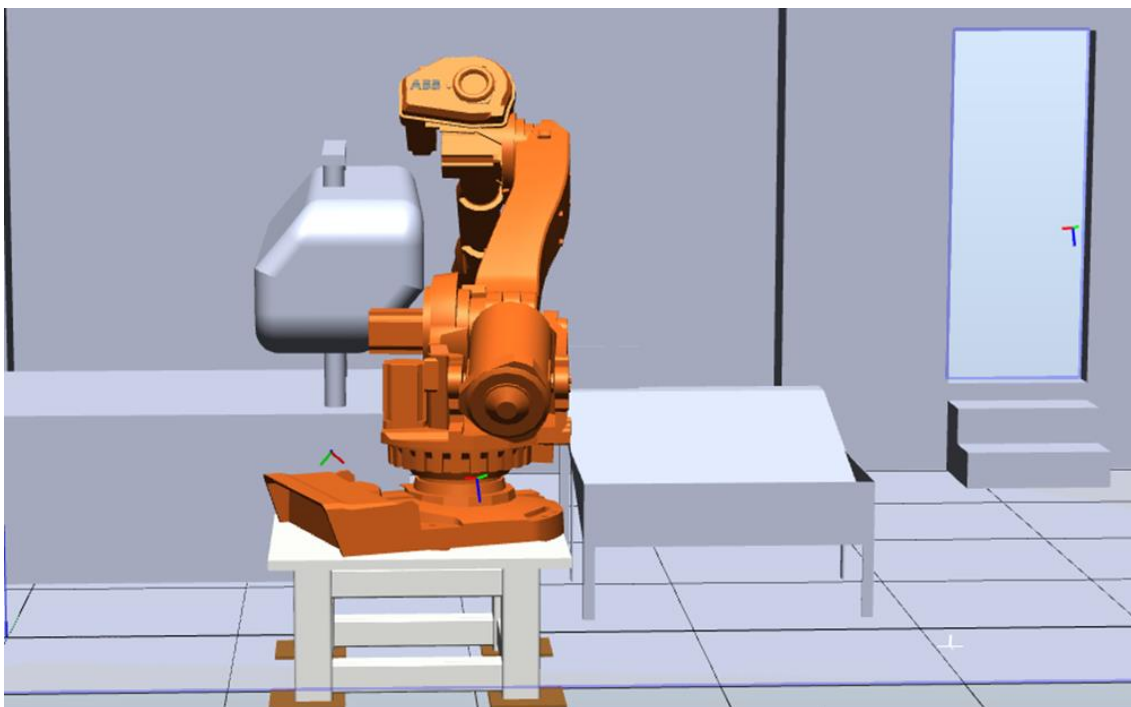
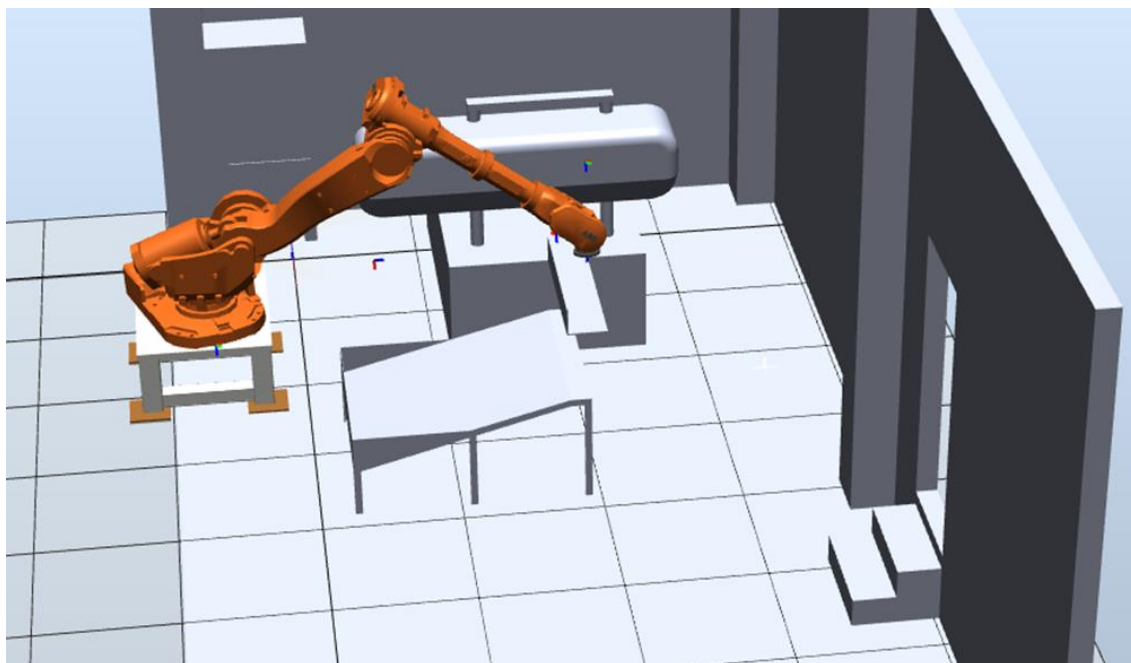


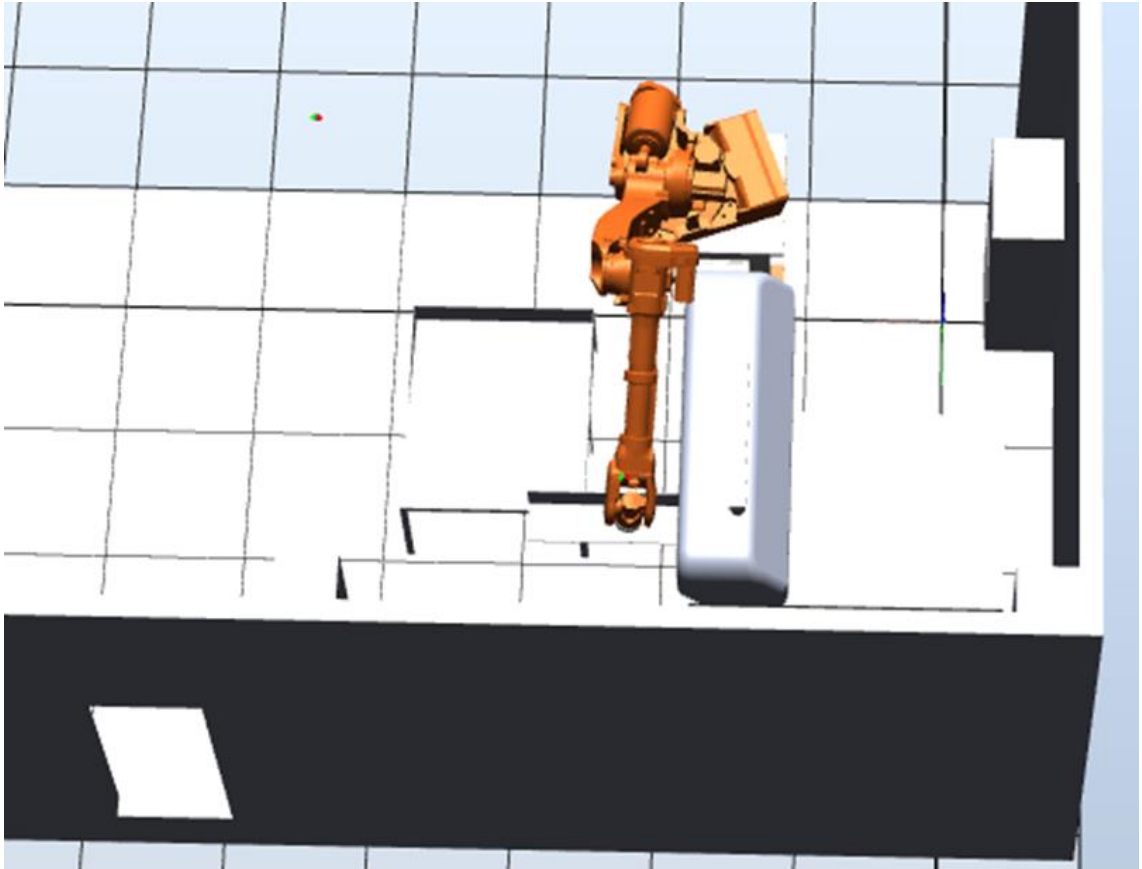
Kuvassa keltaiset ovat putkihäkkejä, sininen teollisuusrobotti, punainen putkisaha ja harmaa sahapöytä.

Liite 7. Sahahallin 3D-mallinnos.



Liite 8. Teollisuusrobotin ja putkisahan lopullinen layout-ehdotus RobotStudiolla.





Liite 9. Toimeksiantajalle luovutettu layout-ehdotus.

