TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät

OPINNÄYTETYÖ

Miika Kukkanen

LATAUKSEN AUTOMATISOINNIN ESISELVITYS WÄRTSILÄ DELIVERY CENTRE VAASAN KIERTOKANKIVERSTAALLA

Työn ohjaaja Tomi Nieminen
Työn teettäjä Wärtsilä Delivery Centre Vaasa,
Valvojana tuotannonkehitysinsinööri Tero Kujamäki

Vaasa 03/2010

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät

Miika Kukkanen	Latauksen automatisoinnin esiselvitys Wärtsilä Delivery Centre Vaasan kiertokankiverstaalla
Opinnäytetyö	57 sivua, 5 liitesivua
Valmistumisaika	Maaliskuu 2010
Työn ohjaaja	Tomi-Pekka Nieminen
Työn teettäjä	Wärtsilä Delivery Centre Vaasa, valvojana tuotannonkehitysinsinööri Tero Kujamäki

TIIVISTELMÄ

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava merenkulun ja energiamarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja. Wärtsilä Finland Oy kattaa kaiken Suomessa tapahtuvan liiketoiminnan ja on samalla yksi Wärtsilä-konsernin suurimpia yksiköitä. Tämä opinnäytetyö on tehty Wärtsilä Finland Oy:n Vaasan toimitusyksikön kiertokankiverstaalle.

On ennustettu, että lähivuosina kiertokankien kysyntä tulee nousemaan merkittävästi, joten jo tässä vaiheessa on perusteltua kiinnittää huomiota tulevaisuuden haasteisiin ja pyrkiä nopeuttamaan tuotantoa. DCV-kiertokankiverstaalla on todettu, että koneistuskapasiteetti on riittävä, mutta tämän hetkinen miestyövoimalla tapahtuva manuaalinen lataus on tuotantoa hidastava tekijä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on toimia esiselvityksenä, jolla pyritään kartoittamaan mahdollisuuksia kiertokankien latauksen nopeuttamiseksi automaation avulla.

Työssä perehdyttiin aluksi kiertokankien manuaaliseen lataamiseen, latausasemien työkiertoon sekä kappaleiden käsittelyyn. Seuraavassa vaiheessa tutkittiin kiertokankiverstaan materiaalivirtaa sekä paneuduttiin layout-suunnitteluun. Latausrobottisolun sijoittamiseen kiertokankiverstaalla valmistettiin kolme layout-ehdotusta. Layoutien ongelmaksi muodostui materiaalivirran hallitseminen automaattisen materiaalikuljettimen avulla. Työn viimeisessä vaiheessa lähetettiin tarjouspyyntö automaatioalan toimittajalle latausrobottisolusta. Vastaukseksi saatiin budjettitarjous, jonka avulla arvioitiin automaation investoinnin kannattavuutta.

Työn tuloksena varmistui, että tämän tyylinen latausrobottisolu ei ole kannattava ratkaisu Wärtsilä Vaasan kiertokankiverstaan tuotantoon. Tähän vaikuttivat mm. investoinnin takaisinmaksuajan pituus sekä heikko pääoman tuottoaste. Automatisointiprojektin suurimmiksi haasteiksi voidaan määritellä koko kiertokankiverstaan materiaalivirran selkeyttäminen ja hallitseminen, automatisoitavien mittauksien määrittely ja toteuttaminen sekä läpimenoajan lyhentäminen. Esiselvityksen negatiivisen tuloksen ansiosta tulevaisuudessa kiertokankiverstaalla keskitytään tarkastelemaan muita vaihtoehtoja tuotannon kehittämiseksi.

Avainsanat automatisointi, kiertokanki, robotti, tuotanto

TAMPERE UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Mechanichal and Production Engineering
Modern production systems

Miika Kukkanen	Brief of loading conrods automatically in Wärtsilä Delivery Centre Vaasa Conrod workshop
Engineering Thesis	57 pages, 5 appendices
Thesis supervisor	Tomi-Pekka Nieminen
Co-operating company	Wärtsilä Delivery Centre Vaasa, supervisor Development Engineer Tero Kujamäki

ABSTRACT

Wärtsilä is a global leader in complete lifecycle power solutions for the marine and energy markets. Wärtsilä Finland Oy comprises all the business activities occurring in Finland and it is one of the biggest units on the whole Wärtsilä corporate group. This bachelor thesis was made to Wärtsilä Finland Oy`s Conrod workshop in the Delivery Centre of Vaasa.

It is predicted that the demand of conrods is increasing in the near future. Owing to that it is justified to take into account the future challenges and to aim to speed up the production in the factory. The aim of this bachelor thesis is to provide a brief of loading conrods automatically because nowadays it is done by manpower.

The thesis includes rewieving of the material stream and modelling workshop layouts. An offer request was sent to an automation supplier. A budget offer was received and evalution of the investments profitability was calculated by on the grounds of abovementioned budget offer.

Based on this bachelor thesis, Conrod workshop of the Delivery Centre Vaasa decided not to invest in this kind of automatic loading robot shell. Due to the weak profitability and the too long repayment period of the investment were calculated to be the main reasons not to proceed on this investment. For the future Conrod workshop will be concentrating on other possibilities to speed up and automatize production of conrods.

Keyword automation, conrod, production, robot

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Tampereen ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan modernit tuotantojärjestelmät-suuntautumislinjalle. Työn tilaajana on Wärtsilä Finland Oy:n Vaasan toimitusyksikön kiertokankiverstas.

Ensinnäkin haluan kiittää kiertokankiverstaan esimiehiä Timo Vuorenmaata ja Veli-Matti Mäkelää mielenkiintoisen ja haastavan opinnäytetyöprojektin saamisesta. Suuri kiitos kuuluu myös opinnäytetyöni valvojalle Tero Kujamäellä hyvistä neuvoista ja panostuksesta projektiin. Kiitoksen ansaitsevat myös kaikki kiertokankiverstaan työntekijät sekä muut mukana olleet henkilöt.

Seinäjoella maaliskuussa 2010

_____

Miika Kukkanen

Lyhenteet ja merkinnät

DCV	Delivery Centre Vaasa – Vaasan toimitusyksikkö
FMS	Flexible Manufacturing System – joustava valmistusjärjestelmä
Kiertokanki	mäntämoottorin oleellinen osa, joka muuttaa männän edestakaisen liikkeen kampiakselin pyöriväksi liikkeeksi
Layout	mallinnus tehtaan pohjapiirroksesta
Mäntämoduuli	nimitys osakokoonpanosta valmistuvalle kiertokangelle, johon on asennettu mäntä, laakerit ja ruuvit
QDMS	Quality Data Management System – laatutiedon hallintajärjestelmä. Ohjelmalla pystytään hallitsemaan moottorin laatutietoja, valmistus- ja testaustiedot, jäljitettävyys- ja materiaalitietoja, mittaus- ja koeajopöytäkirjoja sekä muita laatuasioita ja dokumentteja.
W32	Wärtsilä W32-dieselmoottorin malli, männän halkaisija 32 cm
.	
W20	Wärtsilä W20-dieselmoottorin malli, männän halkaisija 20 cm

Sisällysluettelo

Tiivistelmä
Abstract
Alkusanat
Sisällysluettelo

1 Työn tavoitteet ja rajaus ... 8

2 Wärtsilä Oyj ABP ... 9

2.1 Yleistä ... 9
2.2 Missio ja visio ... 10
2.3 Wärtsilä Finland Oy ... 10
2.4 Wärtsilä Delivery Centre Vaasa (DCV) ... 10
2.5 Moduulitehdas ... 11
2.5 Kiertokankiverstas ... 11

3 Nykytilanne kiertokankiverstaalla ... 12

3.1 Toimintatapa, konekanta ja työvälineet ... 12
3.2 Kiertokankien lataus manuaalisesti ... 14

4 Materiaalivirta ... 16

4.1 Materiaalivirta nykytilanteessa ... 16
4.2 Läpimenoaika ... 19
4.3 Materiaalivirran tarkastelu koko kiertokankiverstaalla ... 20
4.4 Materiaalivirran tarkastelu koneistuksessa ... 21

5 Latauksen automatisointi kiertokankiverstaalla ... 22

5.1 Automatisoinnin haasteet ... 22
5.2 Automaatio investointina ... 23
5.3 Automatisoinnin hyödyt ... 24

6 Robotit tuotannossa ... 25

6.1 Teollisuusrobotit ... 25
6.2 Robotti osana tuotantosolua ... 25
6.3 Latausrobottisoluun tarvittavat oheislaitteet ... 26
6.4 Tarttujat ... 27
6.5 Kiinnittimet ... 28
6.6 Latausrobottisolun prosessikuvaus ... 30

7 Layout- suunnittelu ... 31

7.1 Layout-vaihtoehdot kiertokankiverstaalle ... 31

7.1.1 Layout-vaihtoehto 1. ... 31
7.1.2 Layout-vaihtoehto 2. ... 32
7.1.3 Layout-vaihtoehto 3. ... 33

7.2 Robottisolun layout ... 34

8 Kappaleiden laadunvarmistus ... 35

8.1 Kiertokankiverstaan laadunvarmistus ... 35

8.2 W32-kiertokangen kriittiset kohdat ... 37

8.3 Mittaukset ja toleranssit ... 39

9 Mittaussovelluksen valintaan vaikuttavat tekijät ... 41

9.1 3D-mittakone kiertokankiverstaan mittaussovellukseksi ... 41

9.2 Erikoismittalaite kiertokankiverstaan mittaussovellukseksi ... 43

10 Latausrobottisolun kapasiteetti ... 44

10.1 Mitoituksen perusteena käytetyt tuotantomäärät ... 44

10.3 Robotin käytettävyys ja käyttöaste ... 45

10.2 Tahtiaikatarkastelu ... 46

11 Investointiprojekti ... 48

11.1 Investoinnin hyödyt ... 48
11.1.1 Tuotantovirheiden väheneminen ... 49
11.1.2 Työvoimakustannusten aleneminen ... 50
11.1.3 Muita hyötyjä investoinnille ... 50

11.2 Investoinnin kannattavuuden tarkastelu ... 51

11.3 Latausrobottisolun kokonaiskustannukset ja investoinnin laskelmat ... 52

12 Tuotannon automatisointi robottiratkaisuilla -seminaari ... 53

11.1 Fastems-yritysesittely ... 54

11.2 Seminaarin anti ... 54

13 Yhteenveto ja tulokset ... 55

Lähdeluettelo ... 57

LIITTEET ... 57

1 Työn tavoitteet ja rajaus

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on valmistaa esiselvitys kiertokankien tuotannon automatisoinnista Wärtsilä Finland Oy:n Vaasan toimipisteen kiertokankiverstaalle. On ennustettu, että lähivuosina kiertokankien kysyntä tulee nousemaan merkittävästi, joten jo tässä vaiheessa on perusteltua kiinnittää huomiota tulevaisuuden haasteisiin ja pyrkiä nopeuttamaan tuotantoa. DCV-kiertokankiverstaalla on todettu, että koneistuskapasiteetti on riittävä, mutta tämän hetkinen miestyövoimalla tapahtuva manuaalinen lataus on hidastava tekijä. Tarkoitus on siis esiselvityksellä kartoittaa mahdollisuuksia nopeuttaa latausta automaation avulla.

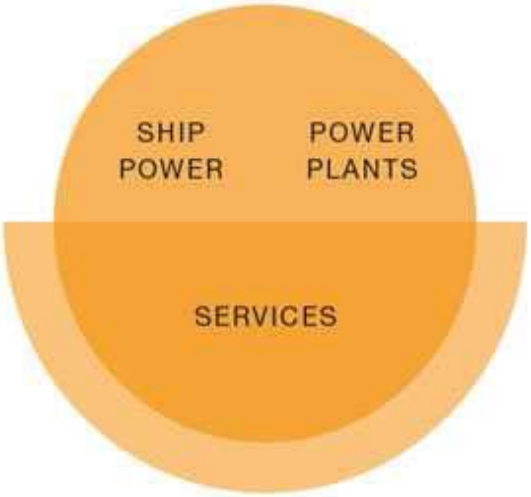
Kyseinen esiselvitys tulee pitämään sisällään latauksen automatisoinnin W32-kiertokangen sekä ala- että yläosalle. Automatisointi keskittyy kiertokangen alaosan valmistuksen kohdalla pelkästään karkeaan työstöön eli rouhintaan, joten hienoajoa ei ole ainakaan vielä tarkoitus automatisoida. Yläosan kohdalla automatisointi kattaa koko prosessin. Työssä tullaan selvittämään robottisolun hankinnan kannattavuus ja sen käytettävissä oleva kapasiteetti mahdollisimman perusteellisesti. Työhön sisältyy robottisolun sijoittamisesta useita layout-vaihtoehtoja, joiden tarkastelussa tulee erityisesti huomioida kiertokankiverstaan toimitilojen ahtaus sekä se, miten saavutetaan mahdollisimman joustava ja helposti ohjattavissa oleva materiaalivirta tuotantolinjan alusta loppuun. Lisäksi selvitetään erilaisten toimilaitteiden tarve itse robottisolussa ja myös esitetään mahdollisia toimilaitteiden sijoitteluehdotuksia robottisolun layoutiksi. Työ pitää sisällään myös alustavan tarjouspyynnön laatimisen automaatioalan toimittajille, joka toteutetaan yhteistyössä Wärtsilän edustajien kanssa.

2 Wärtsilä Oyj ABP

2.1 Yleistä

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava merenkulun ja energiamarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja. Wärtsilä maksimoi alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden ja taloudellisuuden keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaishyötysuhteeseen. (Wärtsilä intranet)

Wärtsilä konserni toimii kolmella liiketoimi-alueella, joita kuva 1. havainnollistaa:



Kuva 1. Wärtsilän liiketoimi-alueet. (Wärtsilä intranet)

- Ship Power vastaa laivojen konehuone-, propulsio-, automaatio- ja sähköjärjestelmäratkaisujen toimittamisesta.
- Power Plants vastaa voimalaratkaisujen toimittamisesta hajautetun energiantuotannon markkinoilla.
- Services tukee asiakkaiden liiketoimintaa tarjoamalla alan parhaita huolto-, ylläpito- ja kunnostuspalveluja sekä laivojen koneistoille että voimaloille maailmanlaajuisesti.

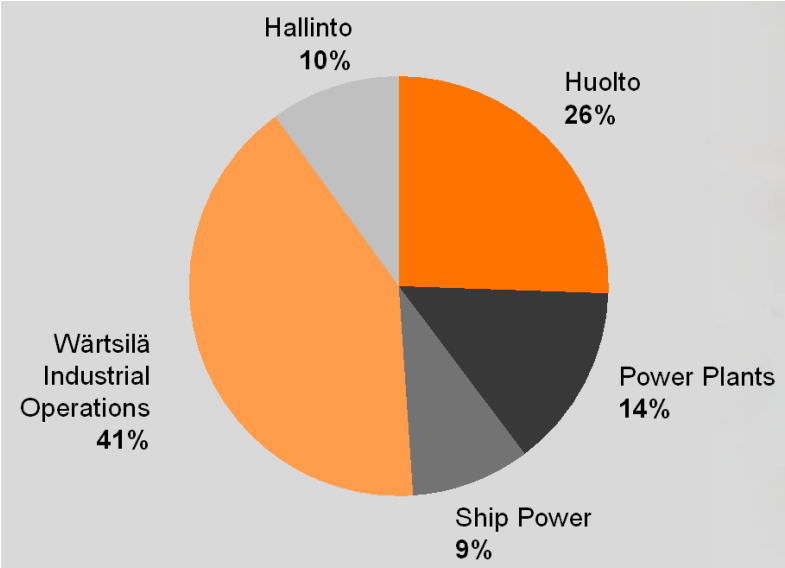
Vuonna 2008 Wärtsilän liikevaihto oli 4,6 miljardia euroa ja henkilöstömäärä oli 19 000 henkeä. Yrityksellä on 160 toimipistettä 70 maassa. (Wärtsilä intranet)

2.2 Missio ja visio

Wärtsilän missiona on toimittaa ratkaisuja, jotka tukevat asiakasyritysten liiketoimintaa tuotteen koko elinkaaren ajan. Samalla Wärtsilä kehittää yhä parempia teknologioita, joista hyötyvät sekä asiakkaat että ympäristö. Wärtsilän visiona on olla kaikkien asiakkaittensa arvostetuin kumppani. (Wärtsilä intranet)

2.3 Wärtsilä Finland Oy

Wärtsilä Finland Oy on yksi Wärtsilä-konsernin suurimpia yksiköitä. Suomessa Wärtsilällä on toimintaa viidellä eri paikkakunnalla: Helsingissä (pääkonttori), Vaasassa, Turussa, Raisiossa sekä Espoossa. Yhteensä Wärtsilä Finland Oy:n alaisena työskentelee noin 3500 henkilöä. Kuva 2. havainnollistaa henkilöstön jakautumista organisaatiossa.



Kuva 2. Henkilöstön jakautuminen Suomessa. (Wärtsilä intranet)

2.4 Wärtsilä Delivery Centre Vaasa (DCV)

DCV eli Vaasan toimitusyksikkö sijaitsee Vaasan keskustassa. Se muodostuu kolmesta erillisestä tehtaasta, joita ovat W20- ja W32- tuotetehtaat sekä moduulitehdas.

DCV:n vastuualueet ovat:

- Moottoreiden kokoonpano
- Tutkimus & kehitys
- Laboratorio
- Hallinto
- Operation & Management
- Services.

2.5 Moduulitehdas

Moduulitehtaaseen kuuluu viisi eri osaverstasta, joissa työskentelee yhteensä noin 140 henkilöä. Verstaissa tuotetaan komponentteja Vaasan tuotetehtaille. Seuraavat verstaat kuuluvat moduulitehtaaseen:

- Koteloverstas
- Kiertokankiverstas
- Osaverstas
- Sylinterinkansiverstas
- Turboahdinosakokoonpano.

2.5 Kiertokankiverstas

Kiertokankiverstaalla valmistetaan Wärtsilä 32- ja Wärtsilä 20-moottoreihin kiertokankia, joita toimitetaan eteenpäin DCV-kokoonpanotehtaille sekä huoltoon. Kiertokankiverstaan tuotanto voidaan jakaa kolmeen valmistussolukokonaisuuteen: koneistus, välisolu ja osakokoonpano.

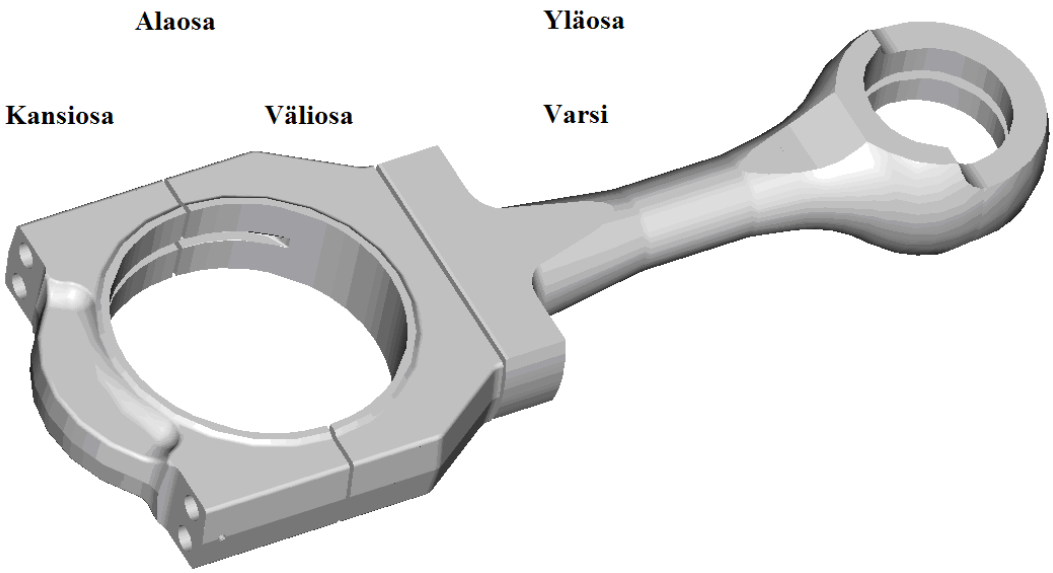
Tehtaassa on tällä hetkellä noin 40 työntekijää, jotka jakautuvat seuraavasti:

- 26 koneistuksessa
- 7 osakokoonpanossa
- laaduntarkastaja
- 4 toimihenkilöä.

Kiertokanget toimitetaan valmiina mäntämoduuleina, jotka kasataan valmiiksi osakokoonpanossa.

3 Nykytilanne kiertokankiverstaalla

Kiertokankiverstaalla valmistettava tuote kuuluu kokoluokaltaan Wärtsilän dieselmoottoriperheessä keskikokoisten moottorien kastiin. W32-moottorin nimitys tulee männän halkaisijan mukaan, eli männän halkaisija on 32 senttimetriä. Kuten kuvasta 3. voidaan huomata, W32-kiertokanki valmistetaan kahdessa osassa, jotka ovat alaosa eli laakeripesä ja yläosa eli kiertokangen varsiosa.



Kuva 3. W32 -kiertokangen osat.

3.1 Toimintatapa, konekanta ja työvälineet

Tällä hetkellä kiertokankien lataus suoritetaan manuaalisesti. Sillä tarkoitetaan, että kiertokangen koko latausprosessi tapahtuu miestyövoimalla. Käsin tapahtuvan työn apuna käytetään useita paineilmatyökaluja, kuten esimerkiksi pulttipyssyä ja jäysteenpoistovälineitä. Kappaleiden liikuttamiseen käytetään latausasemalla sijaitsevia nostimia ja tarkkoihin nostoihin suunniteltuja nostoapuvälineitä. Kyseinen työ edellyttää tekijältään huolellisuutta ja tarkkuutta. Myös hyvä fyysinen kunto on tarpeen, sillä joissain latauksen vaiheissa työasennot ovat vaativia ja ne voivat rasittaa kehoa.

Wärtsilässä on työturvallisuuteen panostettu todella paljon, mikä näkyy siinä että työvaiheet suoritetaan tietyllä tavalla ja tietyssä järjestyksessä. Lisäksi apu- ja suojavälineet on kehitetty suojaamaan työntekijää tapaturmilta ja helpottamaan tehtävää työtä. Esimerkiksi painavia kappaleita nostettaessa on pakollista käyttää nostimia sekä juuri siihen nostoon tarkoitettua apuvälinettä. Työn luonne on kuitenkin tapaturma-altista hyvistä apu- ja suojavälineistä huolimatta.

Kiertokankiverstaalla on tällä hetkellä käytössä neljä työstökonetta. Niitä palvellaan FMS-järjestelmän avulla, johon kuuluu hissi ja välivarasto sekä kolme latausasemaa manuaalista latausta varten. Paletit tilataan latausasemille FMS-järjestelmän ohjausjärjestelmän avulla, ja latauksen jälkeen ne lähetetään hissillä joko välivarastoon tai suoraan työstökoneelle.

Manuaalisesti ladattavien koneistuspalettien määrä FMS-järjestelmässä on tällä hetkellä alaosien kohdalla 13 ja yläosilla 10 kappaletta. Palettien lukumäärä on suuri sen takia, että saadaan muodostettua puskurivarastoa FMS-järjestelmään. Tällä tavoin mahdollistetaan myös miehittämätön käyttö. Latausasemilla koneistuspaletteja voidaan pyörittää ja niiden kulmaa voidaan säätää latauksen helpottamiseksi.

Latausasemien latausjärjestyksiä voidaan muuttaa tarpeen vaatiessa, esimerkiksi häiriötilojen ajaksi. Yleensä lataukset suoritetaan kuitenkin vakiopaikoilla, koska juuri siihen lataukseen tarvittavat työkalut ja nostovälineet sijaitsevat käden ulottuvilla.

Latausjärjestys asemilla (oletus):

- latausasema 1: alaosan hienoajo
- latausasema 2: alaosan rouhinta
- latausasema 3: yläosa sekä W20

3.2 Kiertokankien lataus manuaalisesti

Manuaalisesti ladattavat kappaleet ovat W32-kiertokangen osat; alaosa ja yläosa. Alaosa eli laakeripesä koneistetaan kahdessa osassa, ensin rouhinta ja sen jälkeen hienoajo. Yläosa eli kiertokangen varsiosa koneistetaan valmiiksi yhdellä kerralla.

Tällä hetkellä kiertokankiverstaalla tuotteiden valmistus suoritetaan seuraavasti:

W32 -yläosan lataaminen manuaalisesti:

- Tuodaan takeet latausasemalle nostimen ulottuville.
- Nostetaan tae nostoapuvälineellä palettiin.
- Keskitetään varsi oikealle kohdalle kohdistustyökalulla.
- Kiristetään päädyn ruuvi ja löysätään uudestaan.
- Kiinnitetään kannen ruuvit 5 kpl.
- Kiristetään kiertokanki vastinkappaletta vasten molemmista päistä.
- Irrotetaan kohdistustyökalu ja tarkastetaan silmämääräisesti.
- Kiristetään sivuruuvit sekä päädyn ruuvi uudestaan.
- Pyöröruuvit kiristetään tukemaan kappaletta.
- Lopuksi tarkastetaan välykset 0.05 mm mittapellillä.

W32-alaosan lataus:

Alaosa eli laakeripesä valmistetaan kahdesta osasta, joita kutsutaan väli- ja kansiosaksi. Alaosan karkeammassa työstövaiheessa, rouhinnassa, väli- ja kansiosa työstetään erillään toisistaan, kun taas viimeistelyvaiheessa eli hienoajossa ne ovat kiinni toisissaan. Väliosan rouhinta tapahtuu kahdessa eri kiinnittimessä, koska kappaletta ei voi koneistaa valmiiksi yhdellä kiinnityksellä. Kansiosan rouhinta saadaan valmiiksi yhdellä työstökerralla.

W32-alaosan lataaminen manuaalisesti (rouhinta):

- Takeet nostetaan hyllystä lähelle latausasemaa nosturin ulottuville.
- Tilataan paletti latausasemalle.
- Kirjataan muistiin kiinnittimen numero sekä kone, jolta paletti on tullut, myös kaikki muut tarvittavat numerot QDMS-järjestelmään.
- Latauksen ensimmäisessä vaiheessa poistetaan jäysteet koneistetuilta pinnoilta sekä jäysteet rei’istä ja urista.
- Reiät puhalletaan paineilmalla puhtaiksi.
- Kierteet ja niiden syvyydet tarkistetaan kierretulkilla.
- Sokanreiät mitataan mikrometrillä:
- C-taso Ø12K7(+0.006 -0.012)
- B-taso Ø12,04K8(+0.008 -0.019).
- Mittauksien jälkeen avataan levitysrauta ja otetaan se irti, seuraavaksi avataan mutterit ja poistetaan kiinnityskansi.
- Nostetaan nostoapuvälineellä väliosa pöydälle mitattavaksi.
- Nostetaan ensimmäisessä koneistusvaiheessa ollut väliosa nostovälineellä seuraavaan vaiheeseen.
- Kiinnitetään se ja suoritetaan tasomaisuuden asennustoimenpiteet.
- Tarkistetaan 0.05 mm pellillä paikoitus nastoja vastaan.
- Kiristetään kappale kiinni momenttiavaimella 15 Nm.
- Mitataan väliosasta yhdensuuntaisuus 0.02/100 sekä tasomaisuus, jonka pitää olla kupera (0 +0.03), merkitään saadut mitat QDMS:ään.
- Lyödään sokat ja laitetaan kansi paikalleen.
- Kappale on valmiina kiinnivetoon. (Wärtsilä intranet)

4 Materiaalivirta

Materiaalivirta tarkoittaa käytännössä kappaleen kiertokulkua tuotantoprosessissa aihiosta valmiiksi tuotteeksi. Layout-suunnittelulla pyritään laatiman mahdollisimman jouheva, ohjattu sekä helposti ohjattavissa oleva materiaalivirta. Materiaalivirtojen hallinnan kannalta suurin haaste on vähentää tuotantoprosessissa olevia varastoja ja saada tuotanto niin sanotusti virtaamaan. Mahdollisimman pienet välivarastot takaavat tuotantoprosessin nopean läpimenoajan ja näin helpottaa materiaalivirran ohjattavuutta. Tässä työssä keskitytään tutkimaan materiaalivirtaa takeiden saapumisesta koneistettuun tuotteeseen ja välisoluun.

4.1 Materiaalivirta nykytilanteessa

Tässä osiossa kerrotaan materiaalivirran tämän hetkinen kiertokulku kiertokankiverstaalla. Kiertokangen valmistus alkaa siitä, kun alihankinnasta saapuvat kappaleiden aihiot eli takeet tulevat kuorma-auton kyydissä kiertokankiverstaan materiaalin vastaanotto-ovelle. Logistiikka kuljettaa EUR-lavoille pakatut takeet trukeilla hyllyihin puskurivarastoon. Yläosat ja alaosat lajitellaan merkityille paikoillensa. Tällä hetkellä takeiden varastoinnille on 114 lavapaikkaa materiaalihyllyissä.

Takeet toimitetaan hyvin pakattuina nippuina kuvan 4. mukaisesti. Yhdessä nipussa on kolme EUR-lavaa päällekkäin. Alaosia yhdelle EUR-lavalle mahtuu 5 kappaletta, joten koko paketissa on kaiken kaikkiaan 15 kappaletta.

Kuva 4. Alaosan takeet saapuvat hyvin pakattuina.

Varsia on yhdellä lavalla 4 kappaletta, kuten kuva 5. osoittaa. Yhdessä nipussa niitä toimitetaan yhteensä 12 kappaletta. Matkan ajaksi lavat ovat sidottuina toisiinsa peltisillä kiinnityspannoilla, ja lavojen ja takeiden välissä on pahvia sekä voimapaperia. Tarkan pakkaamisen syyt ovat selkeät; se estää takeiden vaurioitumisen ja mahdollisen korroosion.

Kuva 5. Yläosan takeet pakattuina.

Takeiden työstäminen kiertokangiksi aloitetaan siitä, kun koneistajat purkavat pakatuista taelavoista kiinnityspannat ja ylimääräiset pahvit. Seuraavaksi nippu kuljetetaan trukilla latausasemalle nostimen ulottuville. Kuvasta 6. voidaan nähdä, kuinka takeet on järjestelty kuljetuksen ajaksi.

Kuvan 6. Takeet purettuna latausasemalla.

Yläosasta koneistetaan vain kriittisimmät paikat Wärtsilän toimesta, joten takeesta saadaan yhdellä kiinnityksellä valmis kappale. Monimutkaisemman muotonsa vuoksi alaosa saadaan koneistettua valmiiksi kolmessa eri vaiheessa: kaksi vaihetta rouhinnassa ja rouhinnan jälkeen kolmas vaihe on kappaleen hienoajo.

Koneistajat tilaavat koneistuspaletit latausasemille FMS-järjestelmän hallintakoneen avulla. Tae ladataan palettiin nostovälineitä apuna käyttäen ja kiristetään se paikoitusnastoja vasten 15 Nm:n kireyteen momenttiavaimella. Jokaiseen nostoon, jota lataamisessa tarvitaan, on suunniteltu turvallinen nostoapuväline. Kun koneistuspaletti on ladattu valmiiksi, se lähetetään hallintakoneella tietylle työstökoneelle. Kun hissi vapautuu edellisestä työstään, se hakee paletin ja vie sen joko suoraan työstökoneelle, jos se on vapaa, tai välivarastoon odottamaan koneen vapautumista.

Kun paletti on valmistunut työstökoneella, se siirtyy automaattisesti pesukoneelle ja pesun jälkeen välivarastoon. Koneistaja tilaa valmiin paletin latausasemalle purettavaksi, kirjaa kappaleen tiedot sekä mittaa tarvittavat mittaukset. Sen jälkeen koneistaja nostaa nostovälineellä valmiin kappaleen seuraavaan vaiheeseen.

Täysin valmis kappale nostetaan kuljetuspaletille. Kun paletti tulee täyteen valmiita kappaleita, se nostetaan trukilla välisolun materiaalikuljettimelle, josta se automaattisesti liikkuu eteenpäin kohti kappaleen käsittelyrobottia. Robotti ottaa paletilta koneistetun kappaleen ja asettaa sen puhalluskoneen jigiin. Kappaleesta puhalletaan ne pinnat, joihin laakerit asetetaan, eli varresta silmukka sekä alaosasta laakeripesän pinta. Puhalluskoneen jälkeen robotti nostaa kappaleen jäysterobotille jäystettäväksi. Kappaleen valmistuttua se nostetaan takaisin kuljetuspaletille. Kun paletin kaikki kappaleet ovat puhallettu ja jäystetty, se siirtyy taas materiaalikuljettimelle.

Paletin valmistuttua välisolusta jäystäjät tarkistavat kappaleet silmämääräisesti ja jäystävät vielä kriittisimmät kohdat. Sen jälkeen kappaleet nostetaan seuraavalle materiaalinkuljetuslinjalle, joka kuljettaa ne säröntarkastukseen. Säröntarkastaja tarkistaa kappaleet pienien säröjen varalta ja viimeistelee kappaleen tarvittaessa. Kun kappale läpäisee säröntarkastuksen, se merkitään tarkastetuksi ja nostetaan pesupalettiin. Pesupaletin täytyttyä tarkastaja laittaa paletin eteenpäin pesukoneelle. Pesukonemies pesee paletin ja kuivaa kappaleet paineilmalla korroosion estämiseksi. Pesun aikana kiertokanget lämmitetään

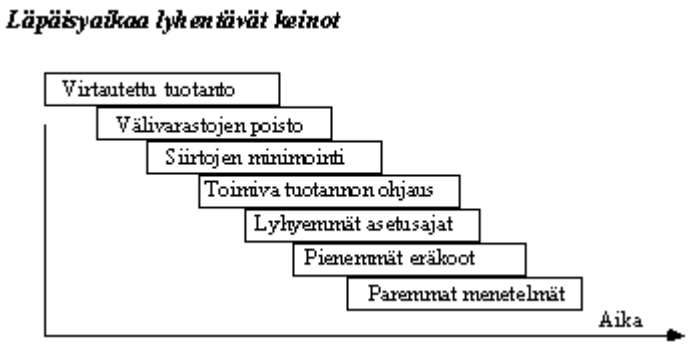
noin 70 °C asteeseen. Kuumiin kiertokankiin asennetaan laakerit, jotka otetaan pakastimesta noin -150 °C lämpötilasta. Sen jälkeen pesupaletti nostetaan välivarastoon jäähtymään ja odottamaan osakokoonpanon asentajien toimenpiteitä.

Asentajat nostavat pesupaletit trukilla lähelle työpistettään, asentavat tietyt tarvittavat komponentit ja pakkaavat valmiit mäntämoduulit kuljetuslaatikoihin. Kokoonpanoprosessin jälkeen logistiikka kuljettaa mäntämoduulit moottorikokoonpanolinjalle tai vaihtoehtoisesti huollon kautta varaosiksi.

4.2 Läpimenoaika

Läpimenoajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu toimintakokonaisuuden aloittamisesta sen valmiiksi tulemiseen. Tarkastelutavasta riippuen läpimenoaika voidaan määritellä esimerkiksi tilaus-, valmistus- tai kokoonpanoprosessille. Läpimenoaikaa pidetään tärkeänä tuotannon tehokkuuden mittarina. Läpimenoaika lasketaan kalenteriaikana, ja siihen ei vaikuta se mitä tuotteelle tuona aikana prosessissa tapahtuu. Suurin osa tuotteen läpimenoajasta koostuukin odotusajasta. Näin ollen läpimenoaika ei kerro tuotteen valmistukseen vaadittua aikaa. (www.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/)

Lyhyt läpimenoaika vähentää keskeneräiseen tuotantoon sitoutunutta pääomaa, parantaa tuotteiden toimituskykyä sekä helpottaa kapasiteetin suunnittelua. Keinoja, joilla läpimenoaikaa voidaan lyhentää, ovat muun muassa puskurivarastojen pienentäminen sekä keskeneräisen tuotannon minimointi. Muita läpimenoajan lyhentämiseen olevia keinoja löytyy kuvasta 7. (www.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/)



Kuva 7. Läpimenoaikaa lyhentävät keinot (www.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/)

4.3 Materiaalivirran tarkastelu koko kiertokankiverstaalla

Tarkasteltaessa W32-kiertokangen yläosan sekä alaosan materiaalivirtaa koko kiertokankiverstaalla (Liite 1 ja 2) voidaan huomata, että se ei ole aivan yksiselitteinen. Koko kiertokankiverstaan materiaalivirtaa rikkovat keskeneräinen tuotanto sekä kappaleiden manuaalinen käsittely. Koska kiertokankien tuotanto voidaan jakaa kolmeen kokonaisuuteen - koneistus, välisolu ja osakokoonpano - voidaan myös materiaalivirran tarkastelu jakaa osiin. Taulukot 1. ja 2. osoittavat kappaleen käsittelyä sekä läpimenoaikojen eroavaisuuksia eri tuotannon vaiheissa. Kappaleiden logistiset kuljetukset ovat suurin läpimenoaikaa kasvattava tekijä puskurivarastojen ansiosta. Materiaalivirtaa haittaavia tekijöitä ovat latauksen ja välisolun välissä sijaitseva välivarasto sekä osakokoonpanon varasto.

Taulukko 1. Yläosan materiaalivirta.

W32 Yläosa	Kappaleen käsittelyä (kpl)	Läpimenoaika (päiviä)
Logistiikka	2	x
Koneistus	5	x
Välisolu	7	x
Osakokoonpano	5	x
yht.	19	x

(Taulukon oikeat arvot ovat korvattu x-merkinnöillä luottamuksellisista syistä.)

Taulukko 2. Alaosan materiaalivirta.

W32 Alaosa	Kappaleen käsittelyä (kpl)	Läpimenoaika (päiviä)
Logistiikka	2	x
Koneistus	10	x
Välisolu	6	x
Osakokoonpano	4	x
yht.	22	x

(Taulukon oikeat arvot ovat korvattu x-merkinnöillä luottamuksellisista syistä.)

4.4 Materiaalivirran tarkastelu koneistuksessa

Kiertokankiverstaan koneistusprosessin materiaalivirta alkaa takeiden puskurivarastosta ja päättyy välisolun materiaalikuljettimelle. Kappaleen käsittely latausasemilla suoritetaan nostimien avulla. Koneistuksen jälkeen valmiit kappaleet laitetaan materiaalipaletteihin ja siirretään trukilla välisoluun.

Yläosan materiaalivirta latausasemalla on selkeä yhden kiinnittimen ansiosta. Tämä tarkoittaa siis sitä, että kappale valmistuu yhdellä kiinnityksellä koneistuspalettiin. Se vähentää huomattavasti kappaleen käsittelyn määrää latausasemalla sekä lyhentää läpimenoaikaa.

Koska alaosan lataaminen suoritetaan kahdessa eri kiinnittimessä, se lisää kappaleen käsittelyä huomattavasti ja sekoittaa materiaalivirtaa latausasemalla. Myös rouhinnan jälkeen tehtävä kiinniveto rikkoo materiaalivirtaa sekä synnyttää pienen välivaraston latausasemalle. Pienikin välivarasto latauksessa kasvattaa alaosan läpimenoaikaa.

Taulukko 3. Kappaleiden materiaalivirta koneistuksessa.

W32 Yläosa	Kappaleen käsittelyä (kpl)	Läpimenoaika (päiviä)
Koneistus	5	x
W32 Alaosa	Kappaleen käsittelyä (kpl)	Läpimenoaika (päiviä)
Koneistus	10	x

(Taulukon oikeat arvot ovat korvattu x-merkinnöillä luottamuksellisista syistä.)

5 Latauksen automatisointi kiertokankiverstaalla

Lähtökohdat W32-kiertokangen latauksen automatisoinnille ovat periaatteessa todella hyvät. Kappaletta valmistetaan suuria eräkokoja, ja variaatioita ei kappaleessa koneistusprosessin aikana ole. Automatisointia helpottavia tekijöitä ovat myös kappaleen massa ja koko.

5.1 Automatisoinnin haasteet

Kiertokankien lataaminen automaattisesti ei sinänsä ole ongelmallista, mutta haasteena voidaan pitää muun muassa alaosan valmistuksessa tarvittavia aputöitä. Kun kansiosa ja väliosa valmistuvat rouhinnasta, ne liitetään yhteen kiinnivedossa, jotta hienoajossa voidaan viimeistellä laakeripesän muoto. Kiinniveto tehdään manuaalisesti koneistajien toimesta, mikä taas sitoo työvoimaa. Mahdollisuudesta kiinnivedon automatisointiin on tehty esiselvitys, joka osoittautui todella haastavaksi. Esiselvityksessä testattiin ruuviliitoksen käyttäytymistä nykyisen vaarnaruuvin sijaan.

Suurena haasteena voidaan pitää myös hydraulisten kiinnittimien valmistamista ja sitä kuinka paljon niihin joudutaan investoimaan pääomaa. Erikoiskiinnittimien suunnitteleminen ja valmistaminen vievät sekä aikaa että pääomaa. Kiinnittimet yksistään tulevat mitä luultavimmin maksamaan ison osan koko investoinnin budjetista.

Kappaleiden laadunvarmistuksen säilyttäminen vähintään samalla tasolla kuin tällä hetkellä aiheuttaa myös omat haasteensa. Ensinnäkin täytyy määritellä, kuinka paljon halutaan panostaa mittaussovellukseen. Toiseksi kaikkien tällä hetkellä manuaalisesti mitattavien kohteiden määrää tulee pohtia uudestaan sekä päätellä, ovatko kaikki mittaukset välttämättömiä.

Keskeneräisen tuotannon määrän pienentäminen tulee myös huomioida materiaalivirran selkeyttämisen ohella.

5.2 Automaatio investointina

Tuotannon automatisointi metallialalla on viime vuosikymmenen aikana kiihtynyt huomattavasti. Siihen on vaikuttanut automatisoinnin huima kehitys ja laitteiden hintatason lasku. Automatisointia hyödynnetään sekä vaarallisiin että yksitoikkoisiin työvaiheisiin ja lähinnä suurien eräkokojen valmistamiseen. Esimerkiksi juuri robottien joustavuus on tehnyt niistä erittäin moneen käyttötarkoitukseen soveltuvan tuotannon apuvälineen.

Robottisolun käyttöönotto vaatii suuren taloudellisen panostuksen, joten tuotannolla tulee olla varmat tulevaisuuden näkymät tuotannon jatkumisesta. Jotta investointi olisi kannattava, täytyy tuotannon automatisoinnin etujen olla suuremmat kuin kustannusten. Tällöin tehdään kustannusarviointi sekä laskelmat, jotta voidaan niiden avulla arvioida investoinnille kannattavuutta. Kustannusarvioinnissa tulee ottaa huomioon hankintakustannukset kertaluotoisena maksuna.

Hankintakustannuksiin kuuluvat:

- robotin hinta ja asennustoimenpiteet
- henkilökunnan koulutus
- solun asennuksen aikana muulle tuotannolle aiheutuva seisokki
- tehokkuuden notkahtaminen mahdollisten ongelmien vuoksi.

Hankintakustannuksien vastapainona ovat koneen jälleenmyyntiarvo, investoinnin poistot verotuksessa ja kertyneiden voittojen hyödyntäminen tulorahoituksen kautta. Ehjä ja hyvin huollettu kone voidaan siis myydä tulevaisuudessa seuraavalle omistajalle.

Ylläpitokustannukset syntyvät robottisolun ja järjestelmän käytöstä. Siihen lasketaan mukaan henkilöstökustannukset, määräaikaiset huollot, henkilökunnan jatkokoulutus sekä sähkön kulutus. Suurin ylläpitokustannus on yleensä henkilöstön palkat, henkilöitä tarvitaan automatisoidussa prosessissa valvontaan, ongelmien poistamiseen sekä ohjelmointiin.

5.3 Automatisoinnin hyödyt

Automatisoinnilla pyritään varmistamaan valmistettavien kappaleiden laatu ja poistamaan vaarallisia työvaiheita. Robotin etuja ovat kappaleiden tasainen laatu sekä työn vauhti. Huomattavana etuna voidaan pitää myös sitä, että automatisoidut koneet voivat toimia ympäri vuorokauden miehittämättömänä. Ainoaksi huonoksi asiaksi jää se, että robotti ei suorita kappaleen silmämääräistä tarkistusta, jonka taas työntekijä suorittaa työnsä ohessa.

6 Robotit tuotannossa

6.1 Teollisuusrobotit

Teollisuusrobotti on määritelty standardin (ISO 8373) mukaan niin, että se on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen, vähintään kolmenivelinen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisien tehtävien suorittamiseksi teollisuuden automaatiosovelluksissa. Määritelmästä voidaan huomioida, että uudelleen ohjelmoitavuus on keskeinen piirre teollisuusroboteille. (Heinonkoski - Asp - Hyppönen 2008, s.110) Kuvassa 8. esimerkki Fastemsin toimittamasta Fanuc-ohjauksella toimivasta teollisuusrobotista.

Kuva 8. Teollisuusrobotti. (Fastems)

6.2 Robotti osana tuotantosolua

Nykyaikaisten robottien toimintakyky riippuu niihin ohjelmoidun ohjelmiston kyvystä. Ohjelmistojen uudelleen ohjelmoitavuus on todella tärkeä ominaisuus, ja ohjausjärjestelmä yleensä teollisuusrobotin yksi kalleimmista osista.
(Heinonkoski - Asp - Hyppönen 2008, s.112)

Robottijärjestelmä koostuu seuraavista komponenteista:

- työkalut
- ympäristöä tarkkailevat prosessianturit ja -aistimet
- robotin käsivarsi
- solun oheislaitteet
- robotin ohjausjärjestelmä
- liitännät mahdollisesti yhteistyössä oleviin ulkoisiin tietokoneisiin.

(Heinonkoski - Asp - Hyppönen 2008, s.112)

6.3 Latausrobottisoluun tarvittavat oheislaitteet

Latausrobottisolussa suoritettavan latausprosessin oheislaitteet ovat kaikki tarpeellisia kappaleen valmistuksen kannalta. Solun materiaalivirta ja työkierto on suunniteltu mahdollisimman jouhevaksi ja yksinkertaiseksi. Tämä tarkoittaa sitä, että oheislaitteiden sijoittelu solun sisällä on määritelty tarkasti.

Kiertokankiverstaalle latausrobottisoluun työkierron toteuttamiseen tarvittavat oheislaitteet ovat:

- jäysteenpoistotyökalu (kuva 9. koneviilalla tehdään alaosan välijäystö)
- yläosan ja alaosan tarttujat
- työkalu- ja tarttujateline
- kappaleiden puhdistuspiste
- mittaussovellus
- materiaalivarasto
- automaattinen latausasema.

Kuva 9. Jäysteenpoistotyökalu: koneviila.

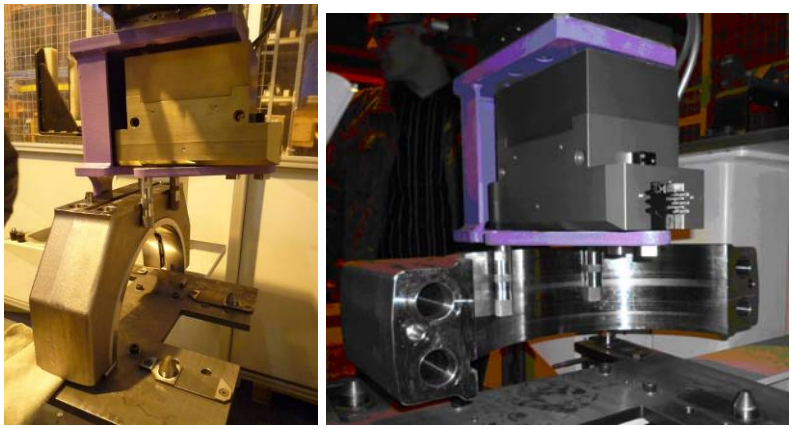
6.4 Tarttujat

Robotti tarrautuu kappaleeseen tarttujan avulla. Tarttuja on robotin ranteen työkalulaippaan kiinnitettävä laite, jolla hoidetaan kappaleen käsittely solun työkierron aikana. Kappaleen käsittelyn robottisolussa tulee olla mahdollisimman tarkoin määritelty ja suunniteltu. Tarttujat suunnitellaan mahdollisimman yksinkertaisiksi ja kosketuspinta valmistetaan messingistä, jolla estetään se, että tuotteeseen ei jää kosketuksen jälkeen tartuntajälkiä.

Projektin alkuvaiheessa päätettiin, että Wärtsilän puolesta toimitetaan robottisoluun erikoistarttujat. Tällä hetkellä välisolussa on käytössä yläosan tarttuja, jota voidaan hyödyntää latausrobottisolun erikoistarttujan valmistuksessa. Kuva 10. havainnollistaa välisolun yläosan tarttujaa sekä uudelleentartunta-asemaa. Yläosan tarttuja on todettu toimivaksi välisolun tuotannossa, ja suunnitelmien mukaan samantyylinen tarttuja soveltuu myös latauksen automatisointiin.

Kuva 10. Yläosan tarttuja sekä pakollinen uudelleentartunta-asema.

Alaosan tarttujalta vaaditaan kappaleen käsittelyä kolmelle erilaiselle tartunnalle, jotka voidaan nähdä kuvista 11. ja 12. Näiden kolmen erilaisen tartunnan ansiosta alaosille täytyy suunnitella ja valmistaa oma erikoistarttujansa. Valmistus on tällä hetkellä vielä keskeneräinen, mutta ensimmäiset testiajot uudella tarttujalla on jo koeajettu. Tarttujan toimintoihin täytyy vielä tehdä hienosäätöä sekä tutkia tartuntatappien muodoille erilaisia vaihtoehtoja.



Kuva 11. Alaosan tarttujan testaus; väliosan tartunnat.

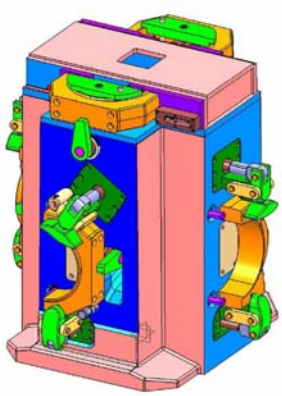
Kuva 12. Alaosan tarttujan testaus; kansiosan tartunta.

6.5 Kiinnittimet

Kiinnittimet ovat kiinnitysvälineitä, joita käytetään kappaleen paikalla pitämiseen sekä paikoitukseen työstökoneessa. Latausrobotin lisäksi koneistuskiinnittimien tulee myös toimia automaattisesti tämän kaltaisessa latausrobottisolussa. Kiertokankiverstaalla kiinnitys toteutettaisiin hydrauliikan avulla, koska työstettävien kappaleiden koko ja mittatoleranssit vaativat tarkan paikoituksen.

Alaosa:

Kuten kuva 13. osoittaa, kiertokankiverstaalla on jo aikaisemmin valmistettu hydrauliikalla toimiva alaosien koneistuskiinnitin, johon yhdellä latauskerralla voidaan ladata väli- ja kansiosia molempia kaksi. Tämä hydrauliikkakiinnitin on jäänyt todella vähäiselle käytölle latauksen hitauden ansiosta, koska manuaalisen kiinnittimen lataus on tehokkaampaa.



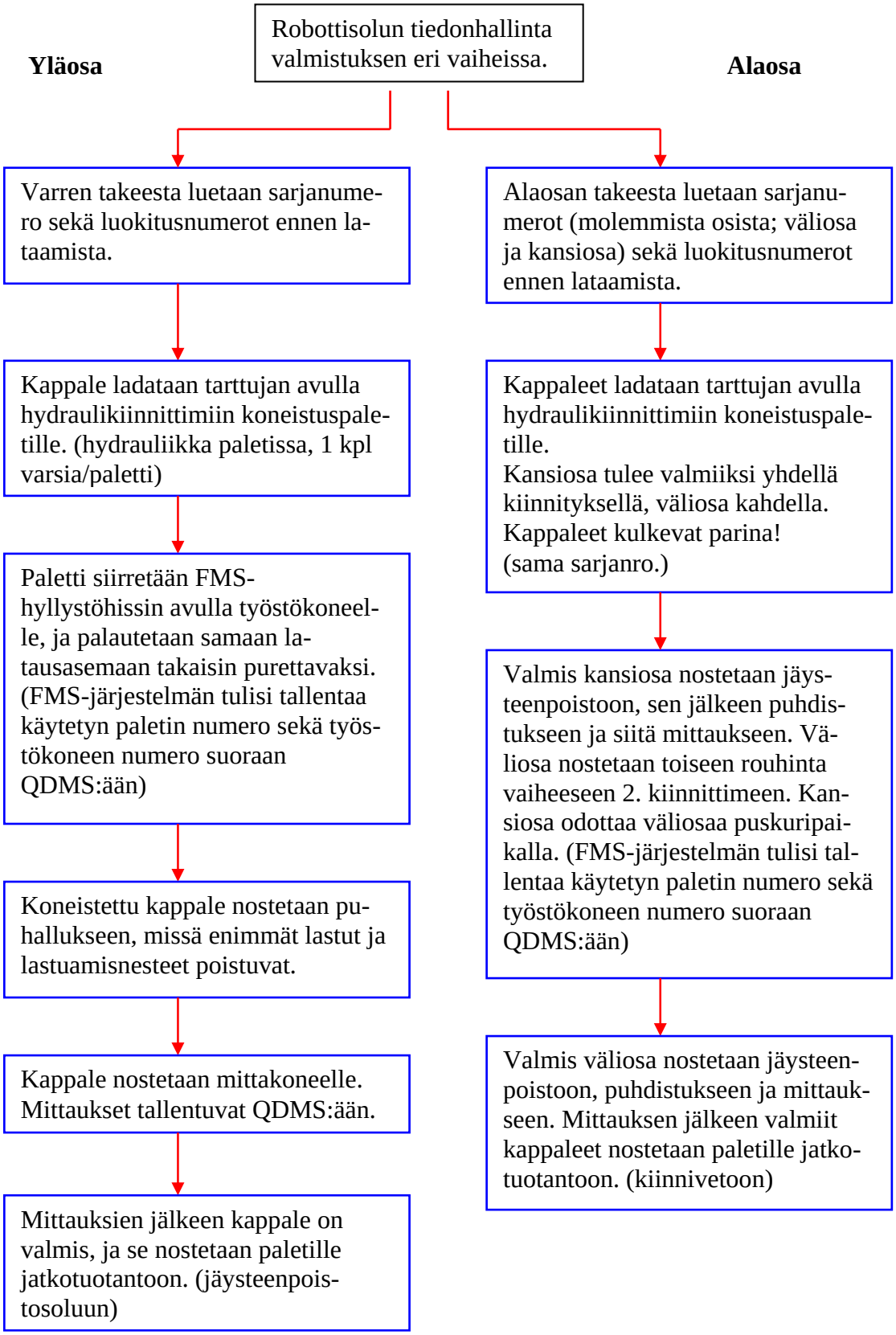
Kuva 13. Alaosan hydraulinen kiinnitin.

Yläosa:

Yläosan hydraulinen kiinnitin on suunnitelmissa valmistaa kuvan 14. havainnollistavan manuaalisesti ladattavan kiinnittimen pohjalta. Haasteena kiinnittimen suunnittelussa ja toteutuksessa se, miten kappale kiinnitetään hydrauliikan avulla niin, että latausrobotti mahtuu lataamaan ja purkamaan kappaleen.

Kuva 14. Yläosan manuaalisesti ladattava kiinnitin.

6.6 Latausrobottisolun prosessikuvaus



7 Layout- suunnittelu

Layout-suunnittelulla tarkoitetaan solujen ja muiden valmistusyksiköiden sekä kuljetusväylien ja varastojen sijoittelua haluttuihin toimitiloihin. Layout-suunnittelussa tärkein päämäärä on mallintaa mahdollisimman hyvä layout. Tehtaiden layoutin muuttaminen vaatii yleensä ison investoinnin, joten mallinnuksen tulee olla todella tarkka, hyvin suunniteltu sekä helposti toteutettavissa.
(Lapinleimu – Kauppinen – Torvinen 1997, s. 309)

7.1 Layout-vaihtoehdot kiertokankiverstaalle

Layoutit piirrettiin esiselvityksen puitteissa vain 2D-mallinnuksina, ja mallinnusohjelmana käytettiin AutoCADiä. 3D-mallinnuksen piirtäminen tulee ajankohtaiseksi vasta esiselvitysvaiheen jälkeen. Piirtämisessä käytettiin apuna kiertokankiverstaan vanhaa layout-mallinnusta, mikä helpotti huomattavasti mittasuhteiden ja kokonaisuuden hahmottamista. Piirtämisprosessin aikana vaihtoehtoja syntyi lukuisia, mutta kaiken kaikkiaan järkeviä layout-mallinnuksia syntyi vain kolme kappaletta.

7.1.1 Layout-vaihtoehto 1.

Ensimmäisessä layout-vaihtoehdossa latausrobottisolu piirrettiin vanhimman työstökoneen Burkhardt & Weber MC 80:n tilalle muiden työstökoneiden viereen (Liite 3). Suunnitelma perustui siihen, että kyseinen kone on jo palvellut monta vuotta, joten sen uusiminen on lähellä. Loogisesti ajateltuna vanhan työstökoneen paikalle jää muuten käyttämätöntä tilaa, koska ainakaan vielä uutta työstökonetta ei ole suunnitteilla.

Tässä vaihtoehdossa ongelmaksi syntyi sekä materiaalivirta itse solun sisällä että myös koko kiertokankiverstaalla. Materiaalivirta solusta valmistuvien kappaleiden osalta ei onnistunut siksi, että FMS-järjestelmään pitäisi tehdä erillinen materiaalinkuljetusasema valmiiden kappaleiden siirtämiseksi seuraavaan työvaiheeseen. Layout vaatii myös sen, että kolmesta latausasemasta yksi jouduttaisiin muokkaamaan valmiiden kappaleiden vastaanottoasemaksi. Kappaleiden materiaalivirta vastaanottoasemalta välisoluun hoidetaan manuaalisesti.

7.1.2 Layout-vaihtoehto 2.

Toinen layout-suunnitelma mallinnettiin niin, että latausrobottisolu sijoitettaisiin latausasema kolmosen paikalle (Liite 4.). Takeiden materiaalivirran kannalta paikka olisi sopiva, koska siitä ei aiheutuisi ylimääräistä käsittelyä tai trukkiliikennettä materiaalivaraston ollessa robottisolun läheisyydessä. Myös suuri hyöty on, että robottisolu mahtuu kyseiselle paikalle tukkimatta koko verstaan materiaalivirralle varsin tärkeitä käytäviä.

Tämän layoutin ongelmakohdaksi muodostui yläosan materiaalivirta latausrobottisolusta seuraavaan työvaiheeseen eli jäystepoistoon. Valmiit kappaleet joudutaan kuljettamaan manuaalisesti välisolun materiaalikuljettimelle, mikä taas lisää kappaleen käsittelyä ja samalla sitoo miestyövoimaa. Valmiiden kappaleiden siirtämiseen oli suunnitteilla monenlaisia variaatioita kuljettimista, mutta jokainen niistä ehdotuksista olisi tukkinut käytävän tai ainakin hankaloittanut käytävällä liikkumista.

Alaosan kohdalla valmiiden kappaleiden materiaalivirrasta ei syntynyt ongelmaa. Kappaleet siirtyvät materiaalikuljettimen avulla robottisolun vieressä sijaitsevalle latausasemalle seuraavaan työvaiheeseen eli kiinnivetoon. Manuaalisen kiinnivedon jälkeen alaosa ladataan hienoajoon.

7.1.3 Layout-vaihtoehto 3.

Kolmannessa layoutissa sovellettiin ajatusta siitä, että valmistusmateriaaleja sekä valmiita kappaleita ei tarvitsisi kuljettaa trukilla eikä myöskään rakentaa erillisiä kappaleenkuljettimia (Liite 5.). Toisin sanoen tässä layoutissa haluttiin vähentää kaikki ylimääräiset manuaaliset tehtävät kappaleen käsittelyt pois. Koko materiaalivirta hoidettaisiin ison varastonautomaatti-järjestelmän avulla, joka sijoitettaisiin käytävälle latausasemien ja välisolun väliin.

Käytännössä layout toimisi niin, että logistiikka lataa kaikki tarvittavat takeet paleteille varastoautomaattiin, joka toimii samalla sekä materiaalivarastona että materiaalin kuljettimena. Varastoautomaatti palvelee latausrobottisolua takeilla ja vastaanottaa valmiit kappaleet samasta asemasta. Samalla tavalla varastoautomaatti hoitaa kaikkien latausasemien materiaalivirrat sekä kuljettaa kappaleet jäysteenpoistosoluun. Viimeinen vaihe varastoautomaatilla on kuljettaa jäystenpoistosolun jälkeen kappaleet särötarkastukseen, ja siitä linja jatkuu eteenpäin pesukoneelle.

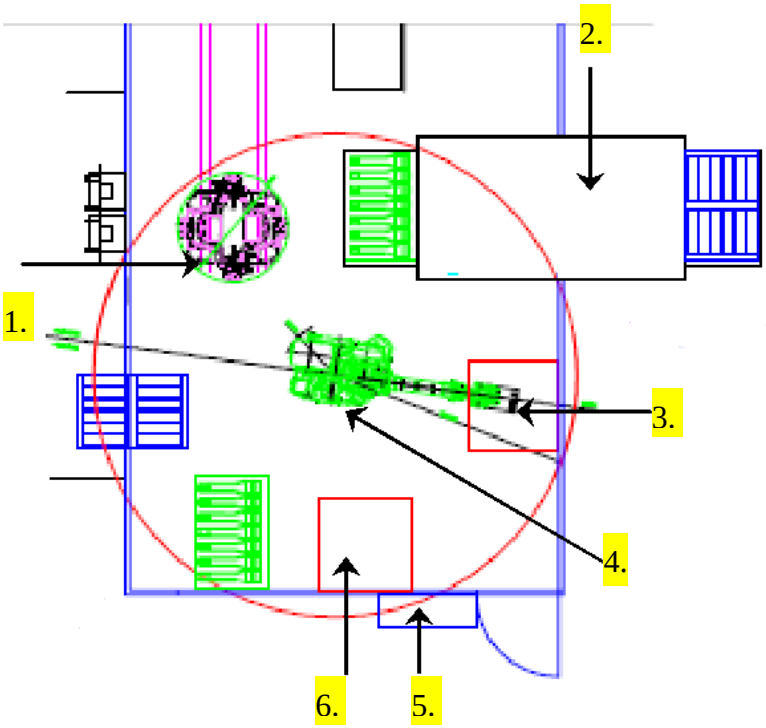
Layout-vaihtoehto 3:n ongelmaksi koitui se, että ei ole tuotannollisesti kannattavaa investoida toiseen materiaalivarastoon FMS-järjestelmän viereen. Automaattisesti toimiva materiaalivarasto pidentää läpimenoaikaa ja aiheuttaa keskeneräiselle tuotannolle varaston. Varastoautomaatti-järjestelmä olisi merkittävässä koko verstaan tuotannossa, joten siinä aiheutuvat ongelmatilanteet keskeyttävät koko koneistuslinjan tuotannon, koska materiaaleja ei voida kuljettaa latausasemille millään muulla tavalla kuin varastoautomaatin avulla.

7.2 Robottisolun layout

Koko verstaan layout- suunnittelun ohessa tehtiin myös alustavia suunnitelmia siitä millainen itse latausrobottisolun layoutin tulisi olla. Suunnittelun tuloksena on tarkoitus löytää mahdollisimman toimiva layout ja saada kaikki automaattiseen latausprosessiin kuuluvat apulaitteet sijoitettua järkevästi materiaalivirtaa ajatellen. Onnistuneella apulaitteiden sijoittelulla saataisiin minimoitua kappaleen käsittelymäärät mahdollisimman pieneksi.

Robottisolun pääkomponentit kuvassa 15. olevassa layoutissa:

1. Latausasema, jossa hydrauliikan avulla toimivat kiinnittimet
2. Materiaalivarasto, kappaleet sijoitettu paletteihin tarkoille paikoille jigiin
3. Jäysteenpoisto sekä samalla kappaleiden puhdistus
4. Latausrobotti
5. Robottisolun ohjaus
6. Mittaussovellus



Kuva 15. Alustava robottisolun layout.

8 Kappaleiden laadunvarmistus

Valmistettavien kappaleiden laadunvarmistus on tämän automatisointiprojektin yksi haastavimmista ja samalla myös tärkeimmistä osa-alueista. Automatisoidun tuotannon pitää pysyä vähintään yhtä laadukkaana kuin manuaalisesti suoritettu tuotanto. Laadunvarmistukseksi määritellyillä mittauksilla on suhteellisen pienet toleranssit, joten mittalaitteen tai -koneen tulee olla tarpeeksi tarkka.

Lapinleimun määritelmän (Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät, 1997, WSOY) mukaan tuotteen hyvään laatuun kuuluu:

- ”Tuotteen peruslaatu
    - oikea mitoitus
    - soveltuvan materiaalin valinta
    - toimivuus, käytettävyys
- toteutuslaatu
    - tuote vastaa suunniteltua
    - tuotteet ovat keskenään samanlaisia
- esteettisyys
    - muotoilu
    - viimeistely.”

8.1 Kiertokankiverstaan laadunvarmistus

Kappaleiden muotoja tarkasteltaessa voidaan huomata, että laadunvarmistukseksi tehtävät mittaukset eivät ole aivan yksinkertaisesti automatisoitavissa. Muotojen ansiosta mittaussovelluksen mittapäältä vaaditaan suurta kapasiteettia liikkeille, koska esimerkiksi yläosan kokopituus on kaiken kaikkiaan 750 mm. Molemmissa päissä on mitattavia kohteita, joten mittapäällä tulisi olla riittävästi akselia liikkua koko kappaleen pituudella.

Sopivaa mittalaitetta lähdettiin tutkimaan perusteellisesti siitä, onko mahdollista saada konepajaympäristöön soveltuva 3D-mittakone vai tyydytäänkö rakentamaan juuri näihin mittauksiin soveltuva erikoismittalaite. Molemmista löytyvät omat hyvät puolensa, joten niiden ominaisuuksien arvioimiseen ja käytettävyyteen paneuduttiin kunnolla.

Mittaussovellukseen investoitaessa tulee myös ottaa huomioon, että kone tarvitsee käyttöliittymän olemassa olevaan tietokantaan. Tämä tarkoittaa sitä, että mittaussovelluksen mittaamat tulokset siirtyisivät automaattisesti QDMS-tietokantaan. Nykyaikaisissa mittaussovelluksissa käyttöliittymä on lähes vakiovaruste.

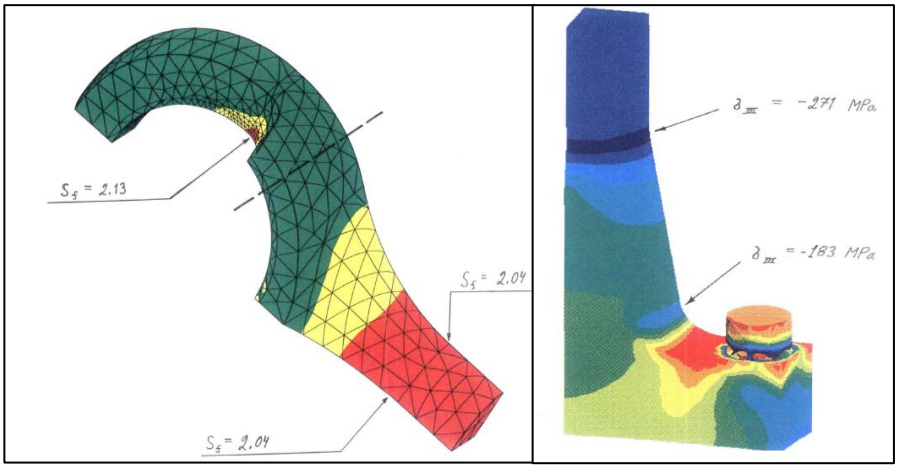
Kappaleista mitataan monia mittauksia, joten ensimmäinen asia on selvittää kuinka oleellisia ne ovat. Toisin sanoen voidaanko joitain mittauksia jättää tekemättä laadulliset kriteerit säilyttäen. Liian monen mittauksen suorittaminen hidastaa mittaussovelluksen tahtiaikaa. Liian pitkä tahtiaika saattaa muodostua pullonkaulaksi solun sisällä.

8.2 W32-kiertokangen kriittiset kohdat

Kiertokangen latauksen automatisoinnin yhteydessä tulee myös ottaa huomioon se tosiasia, että robotti ei tarkasta kappaletta silmämääräisesti niin kuin ihminen. Kappaleen pinnanlaatu on tärkeä tarkastettava, ja sen tarkastaminen joudutaan jatkossakin suorittamaan visuaalisesti. Automatisoitu tarkastaminen tulisi olemaan hankala toteuttaa ja se saattaisi olla liian hidas nopeille tahtiajoille.

Yläosan kriittisimmän kohdan on todettu olevan kuvan 17. osoittamassa pyöreässä varsiosassa silmukan ja juuren välissä. Painaumia ja kolhuja muodostuu kappaleen käsittelyssä latausasemilla. Tällä hetkellä kappaleet tarkastetaan silmämääräisesti jäysteenpoistosolun jälkeen. Jos naarmuja huomataan, kappaleet kiillotetaan manuaalisesti. Latausrobotin ansiosta manuaalinen kappaleen käsittely vähentyy huomattavasti, joten sekin jo sinällään vähentää jälkien muodostumista kriittisiin kohtiin. Kuva 16. osoittaa myös sen, että varsiosan silmukasta löytyy kriittinen kohta, joka tarkastetaan ennen holkin asennusta.

Yläosan juuressa sijaitsevassa kiinnityskohdassa liitinpinnan tasomaisuus on kriittinen kohta. Pinnassa ei sallita kolhuja tai muita pintavirheitä.



Kuva 16. Varsiosan kriittisimmät kohdat on merkitty punaisella värillä.
(Wärtsilä intranet)

Kiertokankien silmämääräisen tarkistuksen jälkeen kappaleille suoritetaan särötarkastus ennen lopullista hyväksymistä. Särötarkastuksella löydetään kappaleiden pinnalta kaikki pienet virheet, joita ihmisen silmällä ei välttämättä havaitse. Jos tarkastuksien jälkeen kappaleeseen syystä tai toisesta jää pinnanlaatuvirheitä, pahimmassa tapauksessa se voi aiheuttaa kiertokangen katkeamiseen.

Alaosan kriittisimmät kohdat ovat liitin- sekä laakeripinnat. Kappaleen käsittelystä muodostuvia kolhuja tulee välttää näillä alueilla. Kuvassa 17. näkyy esimerkkinä laakeripinnan kolhu, jonka takia kappale on hylätty.

Kuva 17. Tussilla merkitty kolhu on syntynyt kappaleen käsittelyssä. (Wärtsilä intranet)

8.3 Mittaukset ja toleranssit

Tällä hetkellä W32-kiertokangen valmistuksessa kappaleille suoritetaan mittauksia laadun varmistukseksi paljon enemmän kuin on mahdollista automatisoida. Esimerkiksi alaosassa olevien kierteiden nousu sekä pituus tarkistetaan kierretulkilla, mikä on käytännössä ongelmallista sekä kallista automatisoida. Ainakin mittaamiseen kuluva aika tulisi olemaan liian pitkä koko robottisolun tahtiaikaan nähden.
Keskustelimme työnjohtajien ja työntekijöiden kanssa siitä, voidaanko mittauksia vähentää heikentämättä kappaleiden laatua. Yhtenä vaihtoehtona laadullisiin ongelmiin on se, että koneistajat tarkastavat kappaleita jo työstökoneella ja korjaavat virheitä jo niiden syntymisvaiheessa.
Mittaussovelluksen tarjouspyyntöön valittiin laadullisista syistä tärkeimmät mittaukset sekä otettiin huomioon, mitkä mittaukset ovat helpoimmin automatisoitavissa. Alla ovat listattuina kaikki manuaaliset mittaukset ja toleranssit:

W32-alaosan rouhinnan jälkeen mitattavat kohteet ovat:

- Tarkastetaan kierretulkilla sekä meno- että hylkypäällä, että kierre on hyvä.
- Kierteen syvyys varmistetaan siihen tarkoitukseen valmistetulla tulkilla.
- Tarkistetaan tasomaisuus, mitta pitää olla kupera eli 0 + 0.03.
- Tarkistetaan C- tason yhdensuuntaisuus 0.02/100.
- Sokanreikien halkaisijat mitataan mikrometrillä
    - C-taso Ø12K7(+0.006 -0.012)
    - B-taso Ø12,04K8(+0.008 -0.019).

W32-varren valmiin kappaleen mitattavat kohteet ovat:

- silmukan reikä Ø 170(-0.045 -0.070), lieriömäisyys 0.015
- sokan reikien halkaisijat Ø12,04K8(+0.008 -0.019)
- a -tason mutteriliitintason yhdensuuntaisuus 0.05/100
- a -tason ja mutteriliitintason mitta 75(+0.2 -0.2)
- a -tason ja reiän yhdensuuntaisuus 0.015/100
- a -tason ja reiän välinen pituus 620(+0.05 -0.05).

W32-kiertokangen valmistuksessa automaattisesti mitattavat kohteet

Keskustelujen ja palaverien yhteenvetona saimme hahmoteltua, mitkä mittaukset vaaditaan robottisolun mittaussovellukselta. Päätöksiin vaikuttivat mittauksien automatisoitavuus, mittatietojen tarpeellisuus, mittaussovelluksen kuormitus sekä kappaleiden laadulliset vaatimukset.
Mittaussovelluksen toimittajalle lähetettiin tarjouspyyntö, jossa on lista vaadituista mittauksista:

Alaosa

- tason yhdensuuntaisuus 0.02/100
- tasomaisuus, mitan pitää olla kupera eli 0 + 0.03

Optio

- sokanreikien halkaisijat
- C-taso Ø12K7(+0.006 -0.012)
- B-taso Ø12,04K8(+0.008 -0.019)

Yläosa

- silmukan reikä Ø 170(-0.045 -0.070), lieriömäisyys 0.015
- a -tason ja mutteriliitintason yhdensuuntaisuus 0.05/100
- a -tason ja mutteriliitintason välimitta 75(+0.2 -0.2)
- a -tason ja reiän yhdensuuntaisuus 0.015/100
- a -tason ja reiän välimitta 620(+0.05 -0.05)

Optio

- sokan reiät Ø12,04K8(+0.008 -0.019)

(Päättötyö palaverit, 2009-2010)

9 Mittaussovelluksen valintaan vaikuttavat tekijät

9.1 3D-mittakone kiertokankiverstaan mittaussovellukseksi

Mittakoneen valinnassa tulee ottaa huomioon monia eri tekijöitä. Päällimmäinen valintakriteeri kuitenkin on se, että mittakone soveltuu konepajassa olevaan ympäristöön. Koneen tulee kestää pölyä sekä hieman lattian kautta tulevaa värähtelyä. Kuvassa 18. on yksi vaihtoehto robottisolun mittakoneeksi, kuvan koneessa vaimennus tapahtuu aktiivisten ilmatyynyjen avulla eli kone kelluu ilmatyynyjen päällä.

Huomioon otettavat tekijät:

- kappaleen paino ja koko
- mittaustilan puhtaus (ylipainekoppi)
- kappaleen puhtaus (pestään ennen mittausta)
- kappaleen lämpötila ei saa kasvaa pesun yhteydessä
- värähtelyt.

Kuva 18. Vaihtoehto mittakoneeksi: Zeiss CenterMax (Zeiss tarjousliite)

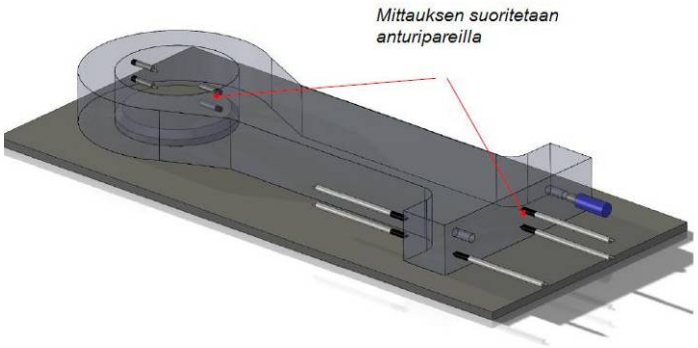
3D-mittakone on herkkä kaikenlaiselle värähtelylle. Värähtelyjen vaimentamiseen löytyy erilaisia vaihtoehtoja, joita ovat oma erillinen fundamentti mittakoneen alla sekä aktiivinen ja passiivinen värähtelyn vaimennus. Fundamentti tarkoittaa, että mittakoneen alla oleva lattia erotetaan muusta tehtaan lattiasta kaivamalla vanha lattia pois ja valamalla uusi betoni niin, että vanhan lattian ja uuden lattiavalun väliin jää 1-2 cm rako. Aktiivinen värähtelyn vaimennus voidaan toteuttaa kuvan 19. mukaisella ilmatyynyllä. Mittakone kelluu ilmatyynyjen päällä, joita on yleensä jokaisessa nurkassa yksi kappale eli yhteensä 4 ilmatyynyä. Mittakone makaa ilmatyynyjen varassa, ja näin ollen lattian kautta tulevat värähtelyt vaimentuvat.
Passiivinen vaimennus on kaikkein yksinkertaisin ja halvin tapa vaimentaa lattiasta tulevia värähtelyjä. Se voidaan toteuttaa kuvan 20. mukaisella tavalla, jossa mittakone makaa kumityynyjen varassa lattiaa vasten.

Kuva 19. Aktiivinen vaimennus voidaan toteuttaa ilmatyynyn avulla. (Wärtsilä intranet)

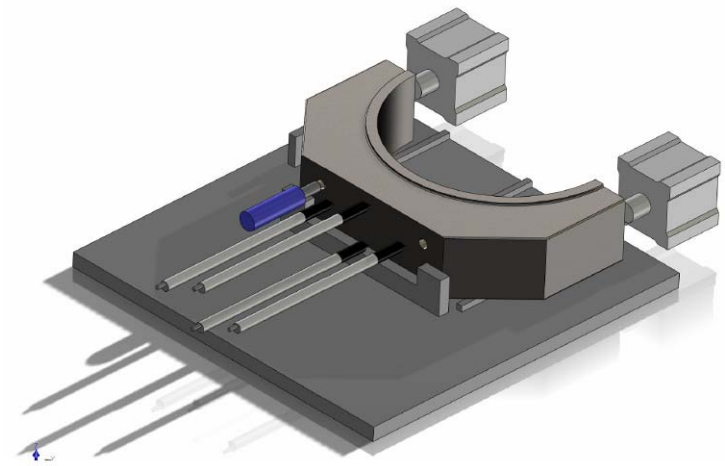
Kuva 20. Passiivinen vaimennus kumityynyjen avulla. (Wärtsilä intranet)

9.2 Erikoismittalaite kiertokankiverstaan mittaussovellukseksi

Erikoismittalaitteella tarkoitetaan juuri tarvittaville mittauksille valmistettua mittaussovellusta. Kappaleen paikoitus tapahtuu paineilmasylintereiden avulla tukipisteitä vastaan. Mittaukset suoritetaan lineaariantureilla, joita on valittu riittävä määrä kunkin mittauksen suorittamiseen. Erikoismittalaitteen hyötyjä ovat lyhyet mittausajat sekä 3D-mittakoneeseen verrattuna huomattavasti halvempi hankintahinta. Haittana voidaan pitää laitteen joustavuutta, eli sillä ei voi mitata muita mittauksia kuin alun perin suunnitellut mittaukset. Esimerkiksi jos kappaleeseen tehdään muutoksia tai halutaan mitata kappaleesta eri mittauksia, joudutaan rakentamaan mittalaite uudestaan tai ainakin tekemään suuria muutoksia logiikkaan sekä lisäämään antureita.
Sekä ylä- että alaosalle tulevat omat mittausjiginsä, joita havainnollistavat kuvat 21. ja 22.



Kuva 21. Yläosan mittaus erikoismittalaitteella. (Teräskonttori tarjousliite)



Kuva 22. Alaosan mittaus erikoismittalaitteella. (Teräskonttori tarjousliite)

10 Latausrobottisolun kapasiteetti

Koko latausrobottisolun suunnittelu lähti liikkeelle siitä, että kiertokankiverstaan tulisi pystyä vastaamaan tulevaisuudessa kasvavaan tarpeeseen. Tarkoitus olisi siis kehittää tuotantoa automatisoinnin avulla vastaamaan tarvetta sekä samalla säästettäisiin työntekijöitä ja annettaisiin robottien tehdä raskaat, rasittavat sekä vaaralliset työvaiheet.

10.1 Mitoituksen perusteena käytetyt tuotantomäärät

Taulukko 4. Laskennalliset kapasiteettitavoitteet.

Tuote	Sylinterit (nykytilanne)	Syl. (mitoitusarvo)
W20	x	5000
W32 Alaosa	x	10 000
W32 Yläosa	x	10 000

(Taulukon oikeat arvot ovat korvattu x-merkinnöillä luottamuksellisista syistä.)

Tuotantomääristä saadaan laskettua, paljonko päivässä tulee valmistaa kappaleita, eli mikä on päivän tarve:

W32 -kiertokangen päivän tarve:

20 000 kpl / 225 päivää= noin 45 kpl/päivä

Taulukko 5. Päivän tarve.

Päivän tarve:	kpl
W20	23
W32 Alaosa	45
W32 Yläosa	45

Päivän tarpeen avulla voidaan laskea automaattisen latausrobotin latauksen tahtiaika: jos valmistuvia W32 kiertokankia on 45 kpl, se tarkoittaa 90 kpl latauksia päivässä.

90kpl / 24h = 3,75 = **4 kpl/h**

Joten latauksen tahtiajaksi yhdelle kappaleelle tulisi noin **15 min.**

Automaattiseen lataukseen kuluva aika vuodessa:

Latauksen tahtiajan avulla voidaan laskea, kuinka monta tuntia latausrobotti käyttää aikaa 10 000 kappaleen lataukseen:

Taulukko 6. Lataukseen kuluva aika vuodessa.

Volyymit (tavoite)	Syl.	Latausaika/min/kpl	yht./min	yht./h
W32 Alaosa (rouhinta)	10000	15	150000	2500
W32 Varsiosa	10000	15	150000	2500
			yht.	5000

10.3 Robotin käytettävyys ja käyttöaste

Laitteen taloudellisuuden määrittelee se, kuinka tehokkaasti sitä käytetään. Lapinleimun (1997, s.137) mukaan laitteen tuottavuus riippuu kolmesta eri tekijästä, jotka ovat vuotuinen käyttötuntimäärä, jalostavan ajan osuus käyttötunneista sekä menetelmän tehokkuus.

Automatisoitujen laitteiden käyttöä voidaan tarkastella erilaisten mittareiden avulla. Käytettävyyden ja käyttöasteen laskeminen perustuu vuoden kaikkien käytettävissä olevien tuntien hyödyntämiseen, näin ollen vuotuinen suunniteltu toimintoaika on 8760 tuntia. Käytettävyys kertoo, kuinka suuren ajan laite on hyödynnettävissä suunnitellusta toimintoajasta. Huoltoajat ja laitteiston vikojen korjausajat pienentävät käytettävyyttä. Kaiken kaikkiaan käytettävyys kertoo laitteen luotettavuudesta ja samalla myös kunnossapidon tehokkuudesta. (Lapinleimu, 1997, s.136 -139)

Käyttöaste ilmoittaa sen ajan, jonka laitteisto käy ohjaimensa alaisena verrattuna suunniteltuun toimintoaikaan. Ohjelma-aika voidaan määrittää vähentämällä siitä automatisoimattomat asetus-, apu-, sivuajat sekä menetelmähäiriöihin kuluvat ajat.
(Lapinleimu, 1997, s.136 -139)

Latauksen tunneista saadaan laskettua arvio robotin käyttöasteesta:
5000 h / 8760 h= 0,57 = **57 %**
Laskun tuloksena saatu käyttöaste 57 % on latausta suorittavalle robotille yleisesti ottaen keskitasoa oleva käyttöaste.

10.2 Tahtiaikatarkastelu

Latausrobottisolun kapasiteettitarkasteluihin otettiin vielä mukaan tahtiaikojen sekä työkierron alustava hahmottelu ja aikataulutus. Liikkeiden ja työvaiheiden kokonaisaikojen lähteenä käytettiin olemassa olevan välisolun kellotettuja aikoja.

Yläosan työkierron tarkastelu on sinänsä yksinkertainen, koska yläosan koneistus on valmis yhdellä kiinnityskerralla. Eli siis kappale ladataan kiinnittimiin ja koneistuksen jälkeen kappale on koneistuksen osalta valmis purettavaksi. Koneistuspaleteissa on vain yksi kiinnitin yläosalle per paletti, koska on huomattu sen olevan optimimäärä lataus- ja koneistusaikaa tarkasteltaessa. Yläosaa ei tarvitse jäystää robottisolussa, koska se voidaan ja on kannattavaa tehdä vasta välisolussa kuulapuhalluksen yhteydessä. Tahtiajan puitteissa yläosan automaattinen lataaminen ei tuota minkäänlaista kiirettä, koska alustavasti arvioitu lataamisen kokonaisaika on noin 8 minuuttia. Taulukossa numero 1. on tarkemmin esillä yläosan työkierto ja tahtiaika.

Taulukko 7. Yläosan työkierto ja tahtiaika.

Yläosa			
Työkierto (työvaiheet)	Työaika	Kokonaisaika	
Purku:			
Liike latausasemalle	0,1	0,1	min
Varsikiinnittimen purku	1	1	min
Nosto puhalluspisteeseen	0,3	0,3	min
Kappaleen puhallus	1	1	min
Nosto puhalluspisteestä mittauspisteeseen	0,5	0,5	min
Mittaukset	2	2	min
Nosto mittausp:stä valmiiden kpl palettiin	0,3	0,3	min
Lataus:			
Liike materiaalivarastolle	0,3	0,3	min
Tae kiinni tarttujaan	0,2	0,2	min
Liike latausasemalle	0,1	0,1	min
Kappaleen lataus	2	2	min
Liike pois latausasemalta	0,1	0,1	min
		7,9	min

Alaosan automaattinen lataaminen sen sijaan on hieman monimutkaisempi kuin yläosan. Alaosan työkierto on paljon pidempi kuin yläosalla, koska väliosa koneistetaan kahdessa eri kiinnittimessä. Kansiosa valmistuu yhdellä kiinnittimellä. Alaosan automaattisen latauksen tahtiaikaan vaikuttaa kriittisesti se, kuinka paljon jäystetään ns. välijäystössä, joka pitää suorittaa ennen kiinnivetoa.

Taulukko 8. Alaosan työkierto ja tahtiaika.

Alaosa			
Tehtävä	Työaika	Kokonaisaika	
Purku:			
Liike latausasemalle	0,1	0,1	min
Väliosan 2.vaiheen purku	1,5	1,5	min
Nosto puhalluspisteeseen	0,3	0,3	min
Kappaleen puhallus	1	1	min
Nosto puhalluspisteestä mittauspisteeseen	0,2	0,2	min
Mittaukset	2	2	min
Nosto mittausp:stä kiinnivetokuljettimelle	0,2	0,2	min
Lataus:			
Liike latausasemalle	0,1	0,1	min
Väliosan nosto 1.vaih. Jäysteenpoistopisteeseen	0,5	0,5	min
Liike työkalunvaihtoon	0,1	0,1	min
Työkalun vaihto - Jäystetyökalu	0,2	0,2	min
Liike Jäysteenpoistopisteeseen	0,1	0,1	min
Jäysteenpoisto liitinpinnat + reiät	3	3	min
Liike työkalunvaihtoon	0,1	0,1	min
Työkalun vaihto - Tarttuja	0,2	0,2	min
Liike Jäysteenpoistopisteeseen	0,05	0,05	min
Nosto väliosa 2.vaiheeseen	0,2	0,2	min
Väliosan kiinnitys 2.vaiheeseen	0,3	0,3	min
Liike materiaalivarastolle	0,3	0,3	min
Väliosan tae tarttujaan	0,3	0,3	min
Liike latausasemalle	0,2	0,2	min
Väliosan takeen lataus 1.vaiheseen.	1	1	min
Liike valmiin kansiosan kohdalle	0,3	0,3	min
Kansiosan purku kiinnittimestä	0,5	0,5	min
Nosto Jäysteenpoistopisteeseen	0,3	0,3	min
Liike työkalunvaihtoon	0,1	0,1	min
Työkalunvaihto - jäystetyökalu	0,2	0,2	min
Liike Jäysteenpoistopisteeseen	0,1	0,1	min
Jäysteenpoisto liitinpinnat + reiät	3	3	min
Liike työkalunvaihtoon	0,1	0,1	min
Työkalunvaihto - tarttuja	0,2	0,2	min
Liike Jäysteenpoistopisteeseen	0,1	0,1	min
Nosto kansiosa puhalluspisteeseen	0,3	0,3	min
Kansiosan puhallus	1	1	min
Nosto mittauspisteeseen	0,2	0,2	min
Mittaukset	2	2	min
Nosto mittausp:stä kiinnivetokuljettimelle	0,2	0,2	min
		20,55	min

11 Investointiprojekti

Investointi tarkoittaa rahasumman sijoittamista johonkin kohteeseen tietyksi ajanjaksoksi. Investoinnille odotetaan tuottoa pitkällä aikavälillä, joten investointeihin sisältyy aina riskitekijöitä.
Investointiprojekti teollisuudessa voidaan jakaa viiteen eritasoiseen vaiheeseen. Nämä vaiheet ovat esiselvitys, soveltuvuustutkimus, suunnittelu, yksityiskohtainen suunnittelu sekä toteutus.

11.1 Investoinnin hyödyt

Latausrobottisolun investoinnin hyötyjen tarkastelussa saatiin vain muutama rahallista tuottoa synnyttävä hyöty.
Rahallisesti mitattavia tuottoja kyseiselle latausrobottisoluinvestoinnille voidaan määritellä seuraavissa kohdissa:

- tuotantovirheiden väheneminen
- työvoimakustannuksen lasku.

Automatisoinnin avulla saavutetaan myös muita hyötyjä, joita ei voida määrittää rahallisesti:

- materiaalin käsittelyn vähentyminen
- hyvä ja tasainen laatu
- työturvallisuuden ja -ergonomian paraneminen.

Investoinnin takaisinmaksuaikatarkastelussa otetaan huomioon vain ne hyödyt, jotka voidaan määrittää rahallisesti ja jotka takaavat jonkin asteista tuottoa yritykselle. Esimerkiksi työturvallisuuteen panostamista on vaikea määritellä rahallisesti, vaikka se parantaa työntekijöiden hyvinvointia ja työmotivaatiota.

11.1.1 Tuotantovirheiden väheneminen

Taulukko 7. Tuotantovirheet aikavälillä 1.1.09 -16.8.09

Tuotantovirheet 1.1.09-16.8.09		
Syy:	**Vikailmoituksien määrä:**	**Kappaleet:**
Työkalurikot	x	x
Koneistus/koneenmittaus virheet	x	x
Kolhut/jäystö	x	x
Lataus virheet	x	x
Kappale irronnut	x	x
Kiinnitin viat	x	x
yht.		x

(Taulukon oikeat arvot ovat korvattu x-merkinnöillä luottamuksellisista syistä.)

Latausrobottisolun avulla saadaan vähennettyä kappaleiden käsittelyssä syntyviä kolhuja sekä myös latausvirheitä.

Taulukko 8. Automatisoinnin hyödyt

Latauksen automatisoinnin hyödyt:	**Vikarit:**	**Kappaleet:**
Kolhut/jäystö	x	x
Lataus virheet	x	x
yht.		x

(Taulukon oikeat arvot ovat korvattu x-merkinnöillä luottamuksellisista syistä.)

Oletetaan, että latausrobottisolun avulla saadaan vähennettyä noin 70 % taulukko 8:ssa mainituista susikappaleiden aiheuttavista tekijöistä.
Joten oletuksen perusteella voidaan laskea:
0,7* x kpl= x kpl

Seuraavaksi verrataan vähennettyjen virhekappaleiden määrää koko virhetuotantoon, saadaan vähentyneiden virhekappaleiden prosentuaaliseksi määräksi:
x kpl / x kpl= 30 %

Jos tuotantovirheiden määrää saadaan laskettua noin 30 %, se tarkoittaa rahallisesti noin **120 000 € säästöä seuraavana vuotena.**

11.1.2 Työvoimakustannusten aleneminen

Latausrobottisolun ansiosta vapautuvaa työvoimaa voidaan laskea neljän työntekijän verran. Heille voidaan osoittaa tuottavampia työtehtäviä kiertokankiverstaalta.

Kiertokankiverstaan työntekijöiden tuntipalkka on keskimäärin 16 €. Kun siihen otetaan mukaan kaikki työvoimasta aiheutuvat sosiaaliset kulut, saadaan tuntipalkka 1,7 kertoimella. Näin ollen vapautuva miestyövoima alentaa kiertokankiverstaan työvoimakustannuksia seuraavanlaisesti:

1700 h/a * 16 € ***** 1,7= 46 240 €/ henkilö
Joten neljän työntekijän työvoimakustannukset vuodessa ovat:

4*46 240 €= **185 000 €/ a**

11.1.3 Muita hyötyjä investoinnille

Automatisoinnin avulla saadaan myös vähennettyä koko tuotantoprosessin kappaleen käsittelyn määrää. Tällä hetkellä manuaalisesti tehtävästä kappaleen käsittelystä saadaan poistettua muutama käsittelykerta, mikä vuositasolla tarkasteltaessa vähentää jo huomattavan määrän käsittelyä. Yläosan kappaleen käsittely vähenee automaation avulla noin 40 % ja alaosan hieman vähemmän eli noin 30 %.

Taulukko 9. W32 -yläosan kappaleen käsittelyt.

W32 -yläosan:	Manuaalinen. /vuosi	Autom. /vuosi
	50 000	30 000

Taulukko 10. W32 -alaosan kappaleen käsittelyt.

W32 -alaosan:	Manuaalinen. /vuosi	Autom. /vuosi
	130 000	90 000

(käsittelyt laskettu: Current state map W32-kiertokangen taulukoista, Wärtsilä intranet)

11.2 Investoinnin kannattavuuden tarkastelu

Kaikille investoinneille yritetään hakea kannattavuutta. Investoinnin kannattavuuden arviointiin on kehitetty laskennallisia menetelmiä, joiden avulla voidaan tarkastella hankkeen edullisuus. Yleisimpiä investoinnin kannattavuuden tarkastelutapoja ovat nykyarvomenetelmä, annuiteettimenetelmä, sisäisen korkokannan menetelmä, pääoman tuottoastemenetelmä ja takaisinmaksuajan menetelmä. Tämän esiselvitystyön kannattavuutta päätettiin arvioida pääoman tuottoasteen sekä takaisinmaksuajan perusteella.

Latausrobottiin sijoitetun pääoman tuottoaste saadaan laskettua kaavalla

$$ROI = 100 \cdot \frac{W + I + D - \left[\left(C / N\right) + M + S\right]}{C} \qquad (1)$$

Kaavassa: ROI on pääoman tuottoaste

W on robotin korvaamien työntekijöiden vuosipalkka luontaisetuineen

I on robotisoinnin aiheuttama kustannussäästö

D on investoinnin vuotuiset poistot

C on robottijärjestelmän hankintakustannus

N on investointiaika

M on robottijärjestelmän vuotuinen ylläpitokulu

S on robottijärjestelmän aiheuttama vuotuinen työvoimakustannus

Takaisinmaksuajan tarkastelu voidaan laskea kaavalla

$$P = \frac{C}{W + I + D - (M + S)} \qquad (2)$$

Kaavassa: P on investoinnin takaisinmaksuaika vuosina (a)

Muut suureet ovat samat kuin kaavassa 1.

11.3 Latausrobottisolun kokonaiskustannukset ja investoinnin laskelmat

Latausrobottisolu		X €
Mittaussovellus		X € (X €)
Kiinnittimet		X €
Varastoautomaatti		X €
Muut kulut		X €
Materiaalikuljetin	+	X €
Yht.		**710 000 €**

Latausrobottisolu investoinnin poistot:

Investointi 710 000 €, poisto 10 vuoden ajanjaksolla

710 000 € /10a =71 000 €/a

Latausrobottisolun ylläpitokustannukset:

Solun energian kulutus	n. 1500 €/a
Huoltokustannukset	5000 €
Työkalukustannukset	3000 €
Kustannukset yht.	9500 €/a

Robottijärjestelmän aiheuttamat vuotuiset työvoimakustannukset:

Prosessin valvonta, ongelmien poistaminen ja ohjelmointi

Yksi toimihenkilö 65 000 €

Pääoman tuottoaste:

$$ROI = 100 \cdot \frac{W + I + D - \left[\left(C / N\right) + M + S\right]}{C}$$

$$ROI = 100 \cdot \frac{185000\,€ / \text{a} + 0\,€ / \text{a} + 71000\,€ / \text{a} - \left[\left(710000€ / 10\text{a}\right) + 9500\,€ / \text{a} + 65000€ / \text{a}\right]}{710000€}$$

$$ROI = 15{,}5\%$$

Takaisinmaksuaika:

$$P = \frac{C}{W + I + D - (M + S)} = \frac{710000\,€ / \text{a}}{185000\,€ / \text{a} + 0€ + 71000\,€ / \text{a} - (9500\,€ / \text{a} + 65000\,€ / \text{a})}$$

$$P = 3{,}9\ \text{a}$$

Pääoman tuottoaste- ja takaisinmaksuaikalaskujen tarkastelun tuloksista voidaan todeta, että latausrobottisolu ei ole kannattava investointi. Tuottavien hyötyjen suuruus verrattuna koko investoinnin kustannuksiin jäävät liian alhaisiksi, jolloin takaisinmaksuaika venyy lähes neljään vuoteen.

12 Tuotannon automatisointi robottiratkaisuilla -seminaari

Fastems ja Vaasan ammattikorkeakoulu järjestivät tuotannon automatisointi robottiratkaisulla -seminaarin ammattikorkeakoulun tiloissa 3.12.09 Vaasassa. Seminaarin tarkoitus oli tuoda esille molempien tahojen toimintaa sekä saattaa niiden palveluille julkisuutta alueen metallialan yrittäjien keskuudessa. Päivän aikana saimme kuulla kattavan esitelmän Fastems:n uusimmista sovelluksista sekä tuotevalikoimista, automatisoinnin kannattavuudesta ja tietenkin koko organisaation yritysesittelyn. Fastems esityksien lomassa esiteltiin myös Vaasan ammattikorkeakoulu ja sen automaatiolaboratorio, johon Fastems oli lahjoittanut pienikokoisen kappaleenkäsittely-robotin opetuskäyttöön. Päivän päätteeksi Fastems yhteistyössä Wärtsilän Vaasan kanssa järjesti esittelykiertueen Wärtsilän toimitiloihin; kiertueella esiteltiin Fastemsin toimittamia automaatiosoluja referenssinä.

11.1 Fastems-yritysesittely

Fastemsin juuret ulottuvat aina vuoteen 1901, jolloin Tampereella perustettiin Mercantilen koneosasto. Yhtiö aloitti työstökoneiden maahantuonnin 1920-luvulla. Valmistusteknologian osaaminen juontaa alkunsa 1950-luvulle silloiseen Valmet-yhtiöön. Nykyään Fastems on luotettava automaatioalan toimittaja, jolla on monia referenssejä robottisoluista Wärtsilässäkin.

”Tärkeimmät vuosiluvut yrityksen historiassa:

1920: Mercantile aloittaa työstökoneiden maahantuonnin
1958: Ensimmäinen Valmetin työstökone
1982: Ensimmäinen FMS-toimitus
1986: Ensimmäinen FMS-toimitus, jossa tuki kuormalavoille
1990: Robotiikka uutena tuotelinjana
1995: Mercantile ostaa Valmetin tehdasautomaatiotoiminnan
1997: Uusi tehdas Tampereen Lahdesjärvelle
1999: Fastems Oy Ab perustetaan
2003: Härmän huoltokeskus, ensimmäinen Fastems Full Service -sopimus
2006: Fastems LLC perustetaan USA:han
2008: Lahdesjärven tehtaan laajennus ” (www.fastems.com)

11.2 Seminaarin anti

Seminaari antoi uusia näkemyksiä nykyajan automatisoinnin mahdollisuuksista sekä tietoa siitä, kuinka helppokäyttöistä se voi olla. Samalla sain hyvät lähtökohdat opinnäytetyöni kapasiteetti- ja kannattavuuslaskelmiin, joita käytiin läpi tarkoin esimerkein seminaarin yhtenä osana. Kaiken kaikkiaan sain myös hyvää yleistietoa siitä mitä tulee tarkastella automatisointiprojektin yhteydessä. Päivän aikaan tutustuin myös Fastemsin myyntiedustajiin, joiden kanssa olen ollut yhteistyössä robottisolun tarjouspyynnön tiimoilta.

13 Yhteenveto ja tulokset

Wärtsilän Vaasan kiertokankiverstaalla valmistettavien W32-kiertokankien tuotannon tulisi vastata tulevaisuuden haasteisiin voimistuvan kysynnän sekä laadullisten kysymyksien osalta. Tämän työn tarkoitus oli selvittää mahdollisen automaattisen latausrobotin hyödyntämistä kiertokankiverstaan tuotannossa. Työhön kuului myös latausrobottisolun budjettitarjouksen vastaanottaminen automaatioalan toimittajalta.

Työ aloitettiin tutustumalla parin viikon ajan kiertokankien lataamiseen manuaalisesti koneistajien perehdytyksen alaisena. Tämä sen vuoksi, että saisin käytännön käsityksen kiertokankien lataamisesta, kappaleen käsittelystä sekä latausasemien työkierrosta. Seuraavassa vaiheessa tutkittiin kiertokankiverstaan materiaalivirtaa sekä paneuduttiin layout-suunnitteluun. Latausrobottisolun sijoittamiseen kiertokankiverstaalla valmistettiin kolme layout ehdotusta. Layoutien ongelmaksi muodostuivat materiaalivirran hallitseminen automaattisen materiaalikuljettimen avulla latausaseman ja välisolun välillä sekä toimitilohen ahtaus. Työn sisältää myös ehdotuksen latausrobottisolun layoutiksi sekä listan tarvittavista toimilaitteista.

Layout-suunnittelun jälkeen keskityttiin latausrobottisolun työvaiheiden sekä tarvittavien oheislaitteiden määrittelyyn. Samassa projektivaiheessa selvitettiin, mitä muutoksia FMS-järjestelmään tulee tehdä, että solu voidaan liittää sen yhteyteen. Mittaussovelluksen kartoituksessa päädyimme lähettämään tarjouspyynnöt sekä 3D-mittakoneentoimittaja Zeissille että erikoismittalaitetoimittaja Teräskonttorille. Vastaanotimme molemmista budjettitason tarjoukset.

Viimeisessä vaiheessa lähetettiin tarjouspyyntö Fastemsille koko latausrobottisolusta. Wärtsilän vastuulle jäivät mittaussovelluksen, hydraulisten kiinnittimien, tarttujien sekä Kardex -järjestelmän toimittaminen soluun. Fastemsin budjettitarjouksen perusteella laskettiin latausrobottisolun investoinnin kannattavuus. Samalla saatiin lisää tietoa niistä ongelmista, jotka asettavat haasteita kiertokankien latauksen automatisoinnille.

Koko latausrobottisolun suunnittelu lähti liikkeelle siitä, että kiertokankiverstaan tulisi pystyä vastaamaan tulevaisuudessa kasvavaan tarpeeseen. Laskennalliseksi tavoitteeksi määriteltiin 10 000 kappaletta ja kapasiteettilaskut osoittavat, että tämän tyylisellä automaatio ratkaisulla tavoite on mahdollinen saavuttaa.

Työn tuloksena varmistui, että tämän tyylinen latausrobottisolu ei ole kannattava ratkaisu Wärtsilä Vaasan kiertokankiverstaan tuotantoon. Kannattavuuslaskut osoittivat, että investoinnin takaisinmaksuaika tulee venymään neljään vuoteen ja pääoman tuottoastekin jää noin 15,5 %:iin. Automatisointiprojektin suurimmiksi haasteiksi voidaan määritellä koko kiertokankiverstaan materiaalivirran selkeyttäminen ja hallitseminen, automatisoitavien mittauksien määrittely ja toteuttaminen sekä läpimenoajan lyhentäminen.

Latausrobottisolu ei yksistään ole kannattava investointi, koska toimiakseen se vaatii huomattavia investointeja solun komponentteihin, kuten 3D-mittakoneeseen ja kiinnittimiin. Pelkästään latauksen automatisointi ei lyhennä läpimenoaikaa FMS-järjestelmän, välivarastojen ja muutamien manuaalisesti tehtävien aputöiden vuoksi.

Esiselvityksen negatiivisen tuloksen ansiosta tulevaisuudessa voidaan keskittyä tarkastelemaan muita vaihtoehtoja tuotannon kehittämiseen. Kiertokankiverstaan tuotannon kehittämisen suhteen tulisi tarkastella isompaa kokonaisuutta, kuten esimerkiksi koko verstaan layoutin muokkaamista, kuin pelkästään latausrobottisolua. Yhtenä tarkastelun kohteena voidaan pitää myös FMS-järjestelmän soveltuvuutta

Lähdeluettelo

Painetut

Heinonkoski, Risto - Asp, Risto - Hyppönen, Risto 2008. Automaatio -helppoa elämää?. Vammalan kirjapaino Oy

Lapinleimu, Ilkka - Kauppinen, Veijo - Torvinen, Seppo 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. WSOY

Salmelin, Bror - Temmes, Jaakko 1984. Robottiautomaatio. Paino: Insinööritieto Oy

Painamattomat

Olkinuora Kai, Insinööri, Wärtsilä Delivery Centre Vaasa, mittaussovelluskeskustelut 2009

Wärtsilä Delivery Centre Vaasa, Kiertokangen latauksen automatisoinnin esiselvitys palaverit 2009-2010, paikalla Miika Kukkanen, Tero Kujamäki, Jussi Laulaja, Rami Hakala, Timo Vuorenmaa, Veli-Matti Mäkelä, Sami Kytömäki, Tapio Kaunismäki.

Tuotannon automatisointi robottiratkaisuilla -seminaari, Vaasan ammattikorkeakoulu, to 3.12.2009

Zeiss -mittakonepalaveri, 27.1.2010, paikalla Zeissin myyntiedustajat Olavi Huttunen, Wolfgang Schwarz, Andreas Wollscheidt, Wärtsilästä: Tero Kujamäki, Rami Hakala, Kai Olkinuora, Miika Kukkanen.

Sähköiset

Wärtsilä Finland Oy Intranet. Luettu 12.9.09.

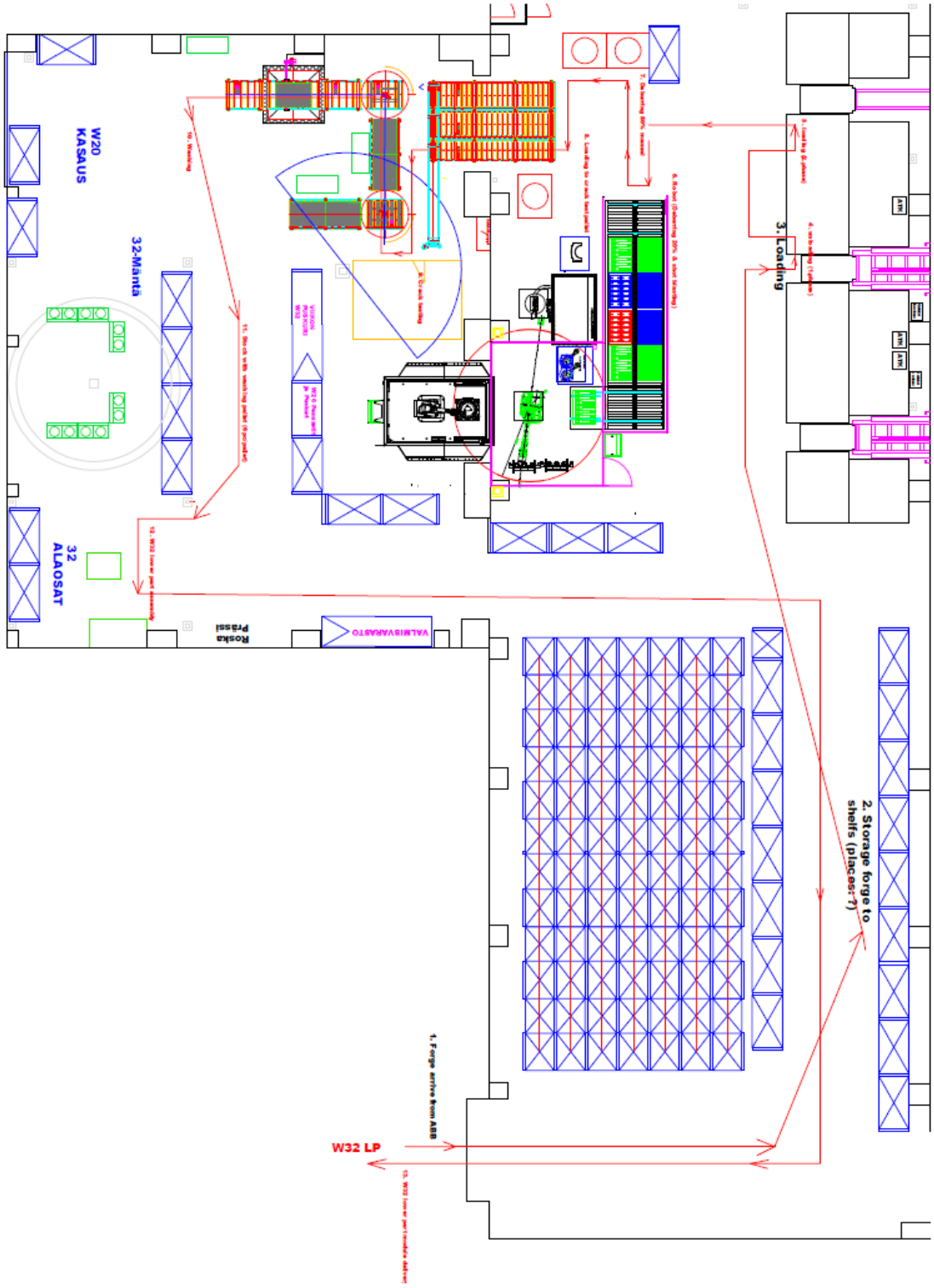
www.fastems.com. Luettu 7.12.09.

www.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/ Luettu 8.1.2010.

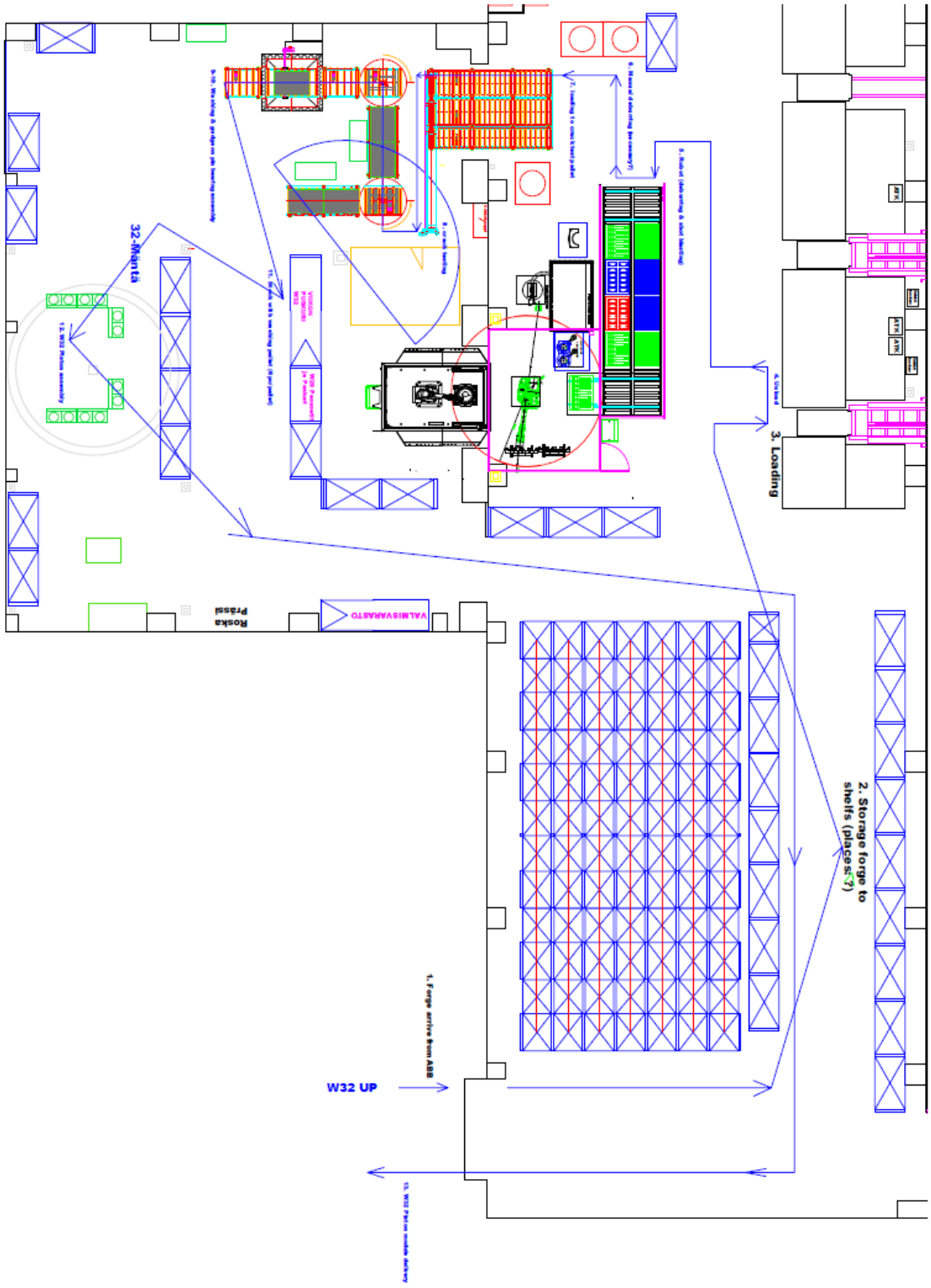
LIITTEET

LIITE 1. W32-alaosan materiaalivirta
LIITE 2. W32-yläosan materiaalivirta
LIITE 3. Layout-vaihtoehto 1.
LIITE 4. Layout-vaihtoehto 2.
LIITE 5. Layout-vaihtoehto 3.

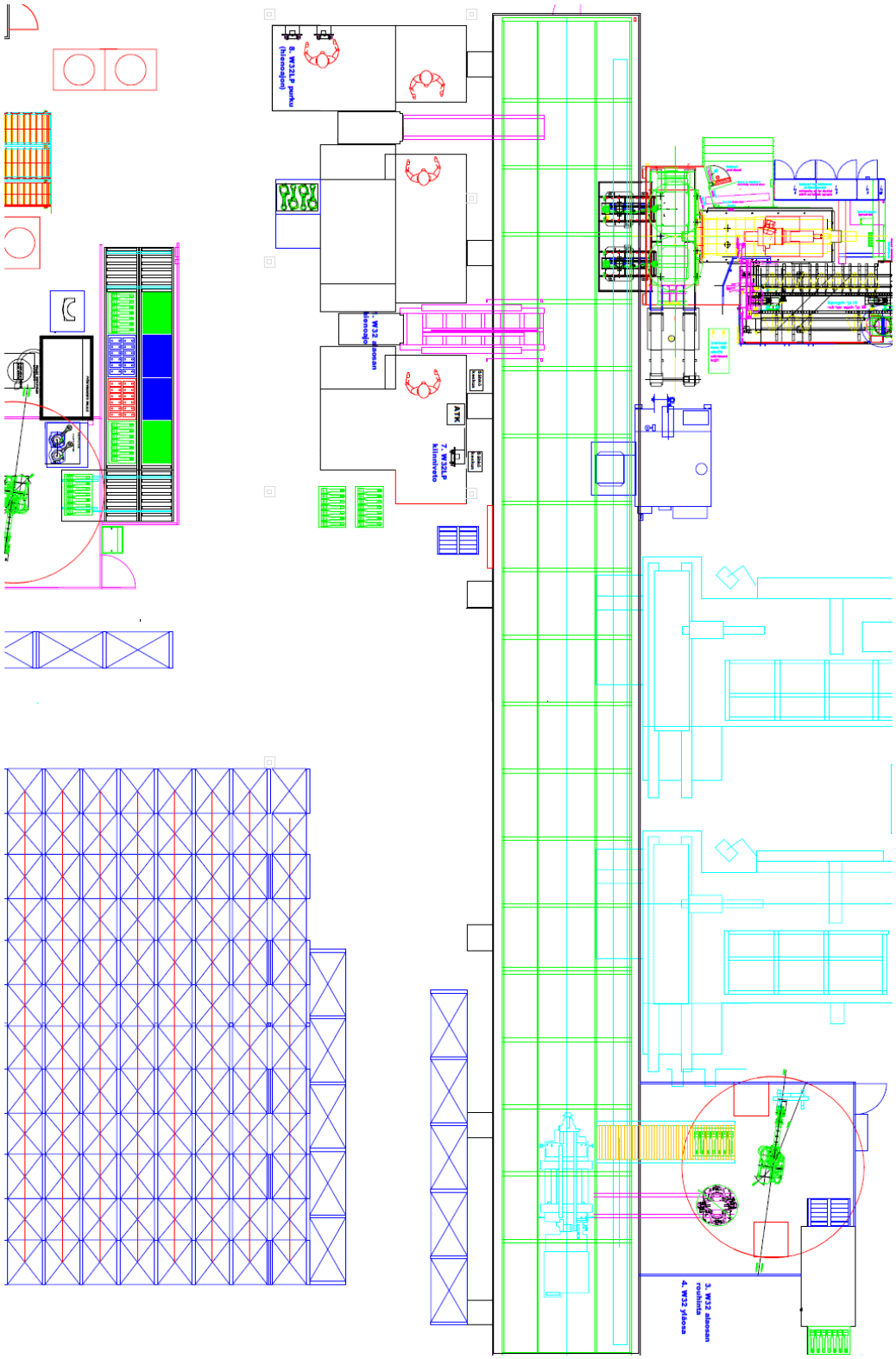
LIITE 1. W32-alaosan materiaalivirta



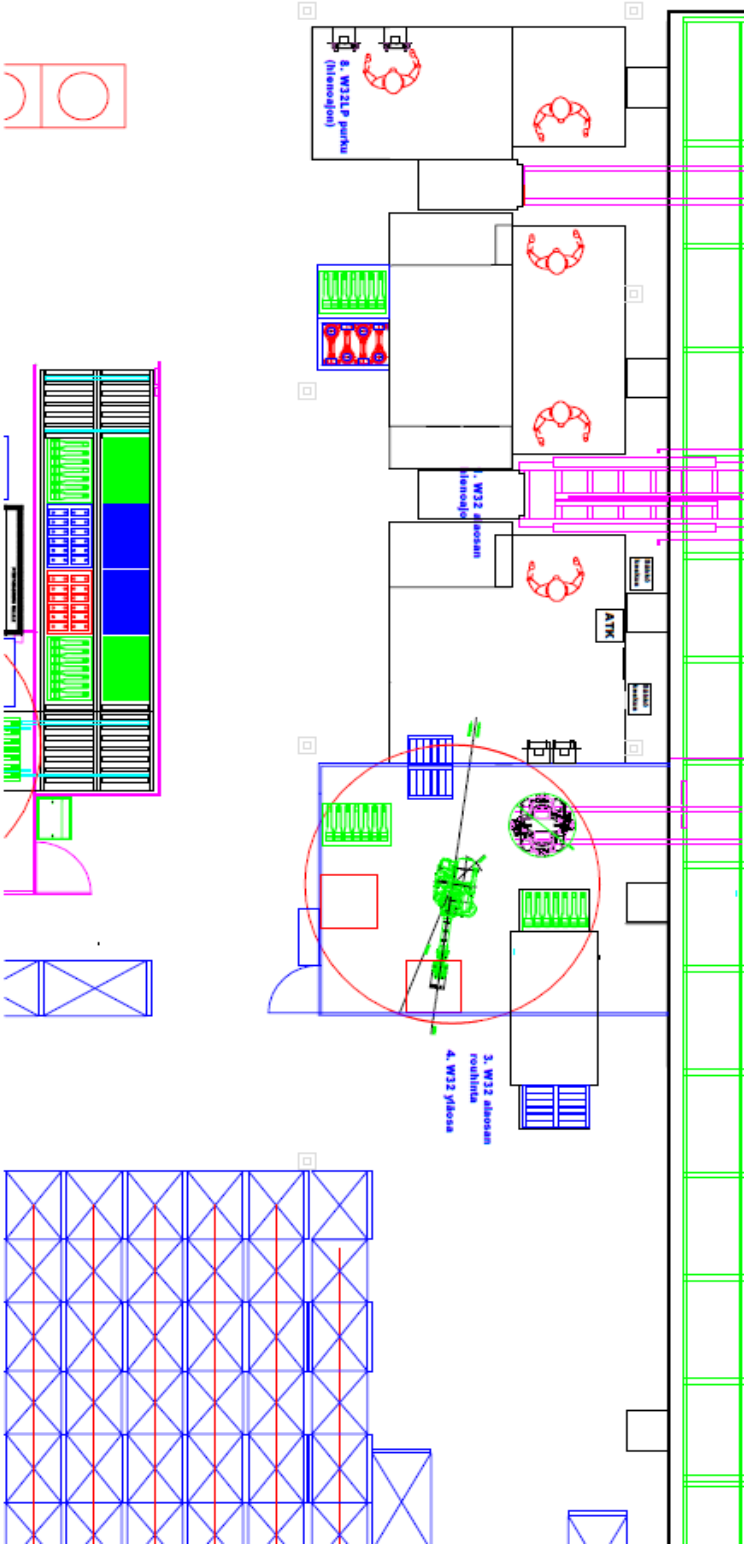
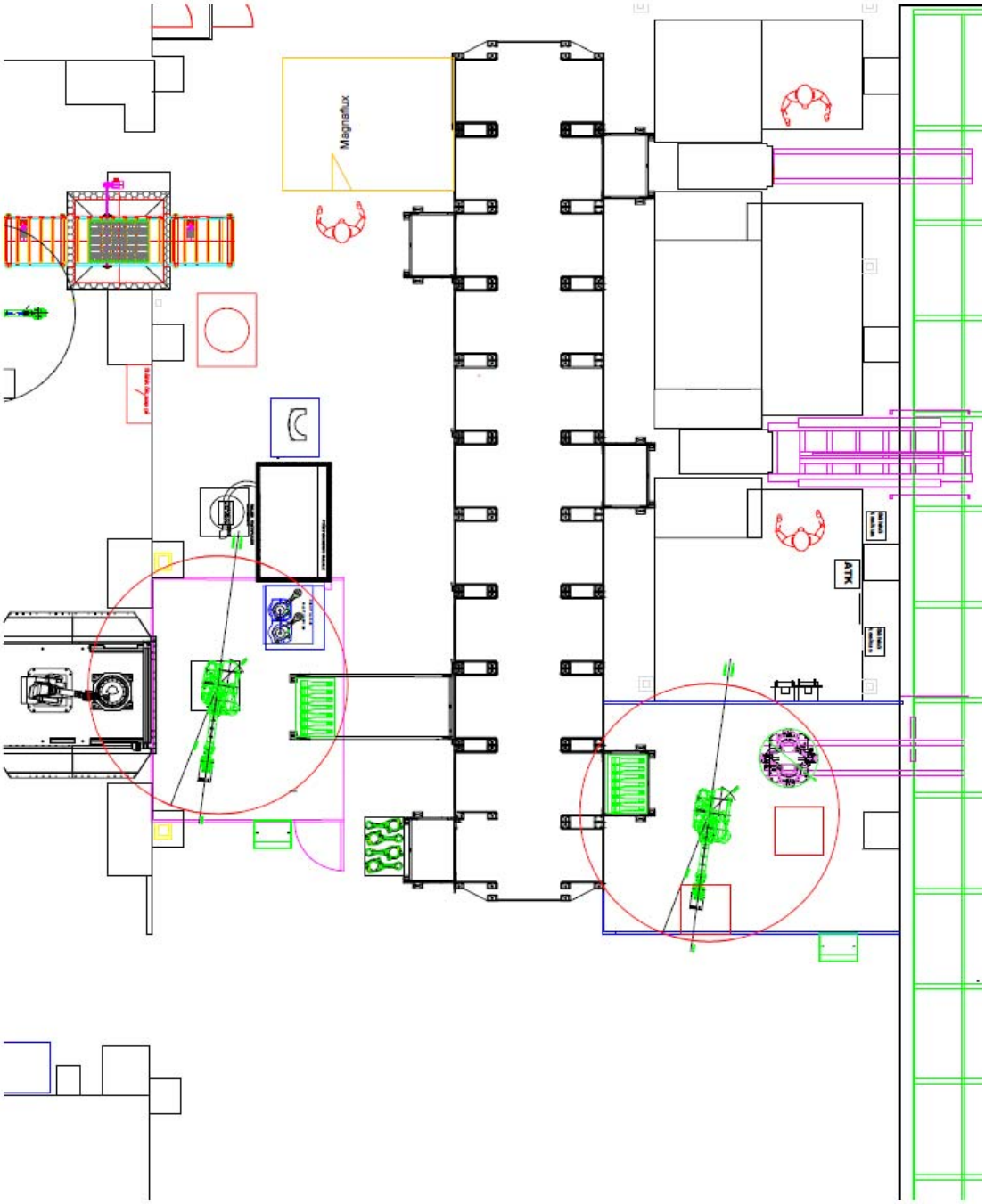
LIITE 2. W32-yläosan materiaalivirta



LIITE 3. Layout-vaihtoehto 1.



LIITE 4. Layout-vaihtoehto 2.



LIITE 4. Layout-vaihtoehto 3.