



# **TYÖSTÖKONEEN TYÖKALUMAKASIININ KEHITTÄMISEN KARTOITUS**

Taneli Mäkelä

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2015  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Modernit tuotantojärjestelmät  
Tampereen ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Modernit tuotantojärjestelmät

MÄKELÄ, TANELI:

Työstökoneen työkalumakasiinin kehittämisen kartoitus

Opinnäytetyö 35 sivua, joista liitteitä 8 sivua  
Huhtikuu 2015

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää eri vaihtoehdot työkalumakasiinin ja työkaluvaihdon kehittämiseksi. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa Metso Minerals Oy:lle selkeä esitys työkalunvaihdon kehittämisen vaihtoehdoista.

Metso Minerals Oy:ssä olevan työstökoneen nykyinen suurin ongelma oli työkalunvaihtamiseen kuluva pitkä aika ja nykyisen järjestelmän virheherkkyys, joiden takia järjestelmää lähdettiin kehittämään. Tarve kehittää työkalunvaihtoa nopeammaksi ja taloudellisemmaksi oli tärkeää.

Opinnäytetyötä varten järjestettiin työelämässä projektiryhmän kanssa suunnitelmalavereja, oltiin yhteydessä eri yrityksiin ja selvitettiin vaihtoehtoja työkalumakasiinin kehittämiseksi. Kehittämisvaihtoehtoja muodostui kolme: tehostaa nykyistä järjestelmää, korvata nykyinen ohjausjärjestelmä uudella ohjelmistolla tai hankkia nykyisen työkalunvaihdon suorittavan manipulaattorin tilalle nopeampi uudenaikainen robotti. Kehittämisvaihtoehtoja vertailtiin hankintakustannuksien ja takaisinmaksuaikojen avulla. Vaihtoehdoista valittiin nykyisen järjestelmän kehittäminen, koska se oli kokonaisuudessaan paras vaihtoehto yrityksen tarpeisiin.

---

Asiasanat: työstökone, työkalumakasiini, robotiikka

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and production engineering  
Modern production systems

MÄKELÄ, TANELI:  
Development of work machines tool magazine

Bachelor's thesis 35 pages, appendices 8 pages  
April 2015

---

The goal of this thesis was to find out different options for developing a tool magazine and tool changing system. The purpose of the thesis was to produce a clear account of tool change development options for Metso Minerals Oy.

At the moment, the biggest problems with the work machine have been the long tool change time and the error sensitivity of the current system, which are the reasons why development work on the current system was undertaken. It was essential to make the tool change faster and more economical.

In order to make a plan for the thesis, meetings were organized in working life, different companies were contacted, and alternative ways of developing the tool magazine were investigated. Three development options surfaced: to develop the current system, replace the current control system with new software, or replace the current tool change robot with a faster modern robot. The development options were compared based on cost and repayment time. Developing the current system was chosen as the best option because it was the best overall solution for the company's needs.

---

Key words: Work machine, Tool magazine, Robotics

## SISÄLLYS

<b>SISÄLLYS .....</b>	<b>4</b>
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>5</b>
<b>2 METSO OY .....</b>	<b>6</b>
<b>3 NC-TYÖSTÖKONE .....</b>	<b>8</b>
3.1 OHJAUSJÄRJESTELMÄT .....	8
3.2 ANTURIT .....	9
3.3 KÄYTTÖLIITTYMÄ .....	10
<b>4 ROBOTIIKKA .....</b>	<b>12</b>
4.1 ROBOTTITYYPIT .....	12
4.2 ROBOTIN RAKENNE .....	13
4.3 ROBOTIN LIIKKEET .....	14
4.4 TURVALLISUUS .....	15
<b>5 TYÖSTÖKONEEN TOIMINTAPERIAATE JA ONGELMAT .....</b>	<b>16</b>
5.1 TYÖSTÖKONEEN OHJELMISTOJEN TOIMINTA .....	16
5.2 NYKYISEN JÄRJESTELMÄN ONGELMAT .....	17
<b>6 TYÖKALUVAIHTAJAN VALINTA .....</b>	<b>18</b>
6.1 NYKYISEN JÄRJESTELMÄN TEHOSTAMINEN .....	18
6.2 UUSI OHJELMISTO .....	19
6.3 ROBOTIN HANKINTA .....	20
6.4 TAKAISINMAKSUAIKA VAIHTOEHDOLLE .....	22
<b>7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....</b>	<b>25</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>27</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>28</b>
LIITE 1. KUVIA TYÖSTÖKONEESTA JA SEN YMPÄRISTÖSTÄ.....	28
LIITE 2. PAINAVIMMAT JA PISIMMÄT TYÖKALUT .....	32
LIITE 3. TYÖKALUNVAIHTOIHIN VUODESSA KULUVA AIKA NYKYISIN .....	33
LIITE 4. TYÖKALUNVAIHTOIHIN VUODESSA KULUVA AIKA 1 MIN VAIHDOLLA .....	34
LIITE 5. TYÖKALUNVAIHTOIHIN VUODESSA KULUVA AIKA 1.5MIN VAIHDOLLA.....	35

## 1 JOHDANTO

Teollisuuden kasvaneiden vaatimusten myötä on ilmennyt tarve tutkia karamurskainten valmistuksessa kuluvan ajan pienentämistä. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin vaihtoehtoja Dörries Schiess DS200 -karusellisorvin työkalunvaihdon tehostamiseksi. Työ suoritettiin Metso Minerals Oy:n Lokomon toimipisteessä. Työn aikana selvitettiin työkalunvaihtoon nykyisin kuluva aika sekä työkalunvaihtoihin kuluva kokonaisaika karamurskaimen alarungon valmistuksessa. Aika mitattiin kahdesta tuotannossa olevasta alarungosta. Työssä keskityttiin etsimään nykyisen työkalunvaihtajan tilalle nopeampaa ratkaisua sekä selvitettiin työkalumakasiinissa olevien työkalujen lukumäärä ja ominaisuudet. Lisäksi tutkittiin mahdollisuutta lisätä työkalupaikkoja työkalumakasiinissa.

Opinnäytetyön tavoite oli selvittää eri vaihtoehdot työkalumakasiinin ja työkaluvaihdon kehittämiseksi. Työn aikana kartoitettiin työkalunvaihdon nopeuttamisen vaihtoehdot. Vertailemalla vaihtoehtoja toisiinsa valittiin paras, jota ehdotettiin uudeksi ratkaisuksi sorvin työkalunvaihtoon. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa Metso Mineralsille selkeä esitys työkalunvaihdon kehittämisen vaihtoehtoista. Työ on rajattu eri vaihtoehtojen tutkimiseen, joten valitun vaihtoehdon käyttöönotto ei kuulu tämän työn piiriin.

## 2 METSO OY

Metso on johtava teollisuuden prosesseja tehostavien laite- ja palveluratkaisujen toimittaja asiakkailleen kaivos-, maarakennus-, öljy- ja kaasualalla. Metso toimii noin 16 000 ammattilaisen voimin viidessäkymmenessä maassa. Metson kaksi raportointisegmenttiä ovat kaivos ja maarakennus sekä automaatio. Kaivos ja maarakennus koostuvat mineraalien käsittelyjärjestelmistä, murskaus- ja seulontalaitteista sekä palveluiden liiketoimintalinjoista. Automaatio koostuu prosessiautomaatiojärjestelmien, virtauksensäätöratkaisujen ja palvelujen liiketoimintalinjoista. (Metso, 2014.)

Oy Lokomo Ab perustettiin 1915, kun insinööri Werner Rysel, insinööri Jalmar Castren ja professori J.J. Karvonen yhdessä useiden tamperelaisten liikemiesten kanssa lähettivät osakeyhtiön yhtiöjärjestyksen senaatin vahvistettavaksi. Ensimmäiset tehdasrakennukset rakennettiin vuosina 1915-1916 Hatanpään kartanon maille. (Emil Aaltosen museo.)

Yhtiön nimi tuli lokomottivia, joka tarkoittaa veturia, ja alunperin yhtiö valmisti vain vetureita. Mutta jo muutaman vuoden päästä töiden vähydestä johtuen yhtiö alkoi etsiä uusia tuotteita valmistettavaksi. 1920-1930 -luvuilla yhtiö otti tuotantoonsa mm. laivan potkurit, ankkurit, murskaimet ja tiehöylät. (Emil Aaltosen museo.)

Talvisodan alussa suurin osa siviilitöistä lopetettiin ja koneet siirrettiin sotateollisuuden käyttöön. Sodan jälkeen lokomon tehtäväksi tuli toimittaa neuvostoliittoon sotakorvauksena muun muassa kapearaidevetureita, teräsvaluja, murskaimia ja lukuisa määrä haponkestäviä venttiilejä. (Emil Aaltosen museo.)

Vuonna 1970 Lokomo fuusioitiin Rauma-Repola Oy:n yhteyteen. Fuusioitumisen yhteydessä useiden tuotteiden valmistus lokomon tontilla lopetettiin. Vuonna 1972 Lokomon valimoa laajennettiin, jolloin sen kapasiteetti lähes kaksinkertaistui. Vuonna 1991 Rauma-Repola Oy ja Yhdistyneet paperitehtaat fuusioituivat. Fuusion yhteydessä emoyhtiön nimeksi tuli Repola Oy, joka jakautui kolmeen osaan. Rauma Oy toimi

metalliteollisuudessa, Yhdistyneet paperitehtaat metsäteollisuudessa ja W. Rosenlew muovipakkausteollisuudessa. (Emil Aaltosen museo.)

Vuonna 1999 kaksi suomalaista teollisuuskonsernia sulautuivat yhteen, kun Repola Oy ja Valmet Oy muodostivat uuden yhtiön Metso Oy:n. Uudessa yhtiössä Lokomon toiminnot jaettiin kahtia; Metso Minerals Oy jatkaa murskainlaitosten tuotantoa ja Metso Lokomo Steels Oy teräsvalujen tuotantoa. (Emil Aaltosen museo.)

Vuonna 2013 Metso päätettiin jakaa kahdeksi erilliseksi yhtiöksi Metso Minerals Oyj sekä Valmet Oyj. Metso Oyj muodostuu kaivos- ja maanrakennus- sekä Automaatio-liiketoiminnoista. Valmet Oyj muodostuu Metson massa-, paperi- ja voimantuotannon liiketoiminnoista. (Metso, 2014.)

### **Metso Mineralsin valmistamat koneet**

Metso Minerals valmistaa esimerkiksi monenlaisia murskaimia, materiaalien kuljettimia, syöttimiä ja jauhatukseen tarvittavia myllyjä (Metso 2014). Opinnäytetyössä käsiteltävä työstökone valmistaa pääsääntöisesti karamurskaimen rungon osia. GP-karamurskain on tyypiltään puristumurskain, jossa materiaali murskataan kiinteän vaipan ja liikkuvan kartion välissä (Nordberg GP-sarjan karamurskaimet, Kulutusosaopas 2011, 2).

### 3 NC-TYÖSTÖKONE

Numeerisesti ohjattu työstökone voi olla mikä tahansa työstökone, esimerkiksi porakone, hiomakone, sorvi, jyrsinkone, avarruskone tai työstökeskus. NC-työstökoneet voivat erota ulkonäöltään hyvinkin paljon. Yhteisiä piirteitä ovat kuitenkin tukevuus, monipuolisuus ja kaikkien liikkeiden ohjaus ja valvonta sähköisesti. Lisäksi luistit, kelkat ja karat ovat erittäin herkkiä ja tarkkaliikkeisiä; ohjelmointitarkkuus on 0,001 mm. Useimmissa työstökoneissa työkalunvaihto tapahtuu automaattisesti. Työstökoneissa on myös mahdollista ohjelmoida monenlaisia työkiertoja. (Maaranen 2004, 251.)

NC-työstökoneetta ohjaa oma tietokone. NC-työstökoneen ohjelmoijan on kuitenkin ennen työstämistä laadittava ja syötettävä tietokoneen muistiin NC-ohjelma työkappaleen valmistamiseksi. NC-työstökoneen kaikki toiminnot tapahtuvat automaattisesti laaditun ohjelman pohjalta. Toimintojen ohjauksesta huolehtii ohjausyksikkö, johon on syötetty tarvittavat tiedot esimerkiksi työvälineistä (teristä), työstöarvoista, työstöjärjestyksestä ja terien liikeradoista. Toisin sanoen ohjelma sisältää kaiken sen tiedon, jota tarvitaan työkappaleen valmistamiseksi vaadittuun mittatarkkuuteen. Ohjelma on tietysti kirjain- ja numerokoodein laadittu. Ohjelma välittyy sähköisesti työstökoneeseen, joka ottaa vastaan koodien antamat käskyt ja valmistaa tuotteen annettujen tietojen perusteella. (Maaranen 2004, 249.)

#### 3.1 Ohjausjärjestelmät

Keinäsen, Kärkkäisen, Metson ja Putkosen (2002, 206) mukaan ohjausjärjestelmän keskeisenä tehtävänä on toimia käyttäjän ja koneen välisenä rajapintana. Ansaharjun ja Maarasen (2004, 324) mukaan automaattinen laite tai järjestelmä sisältää aina toimielinten ja anturien lisäksi ohjausjärjestelmän. Toiminnot on pystyttävä ohjelmoimaan siten, että ne tapahtuvat oikeaan aikaan ja oikeassa järjestyksessä. Sekä antureilta tulevat että koneenkäyttäjän antamat viestit on osattava ottaa vastaan,



käsitellä ja muuntaa toimintalaitteita ohjaaviksi impulsseiksi. Esimerkiksi viestejä tallennetaan ja yhdistellään, toimintaan lisätään viiveitä ja ehtoja tai analoginen informaatio muutetaan digitaalseksi. (Ansaharju ja Maaranen 2004, 324.)

Järjestelmiä ohjaavat laitteistot ja ohjelmat kehittyvät voimakkaasti, koska tietotekniikka kehittyi koko ajan. Kehittyneiden automaattisten koneiden ohjelmointi ja ohjausjärjestelmä ovat monimutkaista tekniikkaa; ohjaus voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Ohjelmoitava logiikka voidaan toteuttaa eri keinoin, esimerkiksi pneumaattisesti, hydraulisesti, sähköisesti ja digitaalisesti. (Ansaharju ja Maaranen 2004, 324-325.)

Ohjauslogiikka perustuu 2-lukujärjestelmään, jota voidaan hallita niin sanotulla Boolean algebralla. Siinä esiintyvät kaksi lukua, jotka ovat yksi ja nolla. Nämä luvut symboloivat virran tai muun impulssin kulkua johtimessa (1) ja sitä, ettei virta kulje (0). Jopa monimutkaiset loogiset toiminnot voidaan palauttaa kolmeen perustoimintoon eli perusfunktioon JA, TAI, EI (AND, OR, NO). (Ansaharju ja Maaranen 2004, 325.)

### 3.2 Anturit

Keinäsen ym. (2002, 168) mukaan koneautomaatiolaitteet tarvitsevat tilojen havaitsemiseen ja tietojen keräämiseen laitteita, joita kutsutaan yleisnimellä anturit. Anturi on laite, joka muuntaa mitattavan prosessisuureen arvon siihen verrannolliseksi viestiksi. Yleensä viesti on sähköinen, mutta esimerkiksi impulssiohjauksissa se voi olla pneumaattinen. Anturin tuntoelin määrittää suureen arvon, minkä jälkeen anturiosa muuttaa tuloksen halutunlaiseksi viestiksi. Anturin antama suure, esimerkiksi lämpötila tai paine, muunnetaan standardiviestiksi lähettimessä. Hyvin usein anturi ja lähetin on rakennettu kiinteästi yhteen. (Keinäsen ym. 2002, 168.) Anturien tehtävänä on siis seurata järjestelmän tilaa. Kun järjestelmän tilassa tapahtuu jokin muutos, anturilta lähtee impulssi ohjausjärjestelmälle, joka osaltaan reagoi muuttaen toimintaa halutulla tavalla. (Ansaharju ja Maaranen 2004, 321.)

Rajakytkimet ovat yksinkertaisia mekaanisia antureita, niiden tehtävänä on tunnistaa läsnäoloa. Esimerkiksi säädettyyn ääriasentoonsa tullut pneumatiikkasyylinterin männänvarsi laukaisee rajakytkimen, jolloin ohjausjärjestelmä muuttaa männän liikesuunnan. Pneumaattisena rajakytkimenä käytetään yleensä 2/2-suuntaventtiiliä, jossa on mekaaninen ohjaus palautusjousta vastaan. (Ansaharju ja Maaranen 2004, 322.)

Lähestymiskytkin on elektroninen anturi. Toimintaperiaatteeltaan se eroaa mekaanisesta rajakytkimestä siten, että sen toiminta perustuu elektroniseen viestiin, eikä fyysistä kosketusta tapahdu. Täten lähestymiskytkimissä ei ole käytössä kuluvia mekaanisia osia, joten sen käyttöikä on lähes rajaton. Kytkimen toimintaa voi vahingoittaa vain väärä johdotus tai sähkövika. (Keinänen ym. 2002, 177.) Elektronisia lähestymisantureita on monenlaisia, joista tärkeimpinä ovat kapasitiivinen-, induktiivinen-, magneettinen- ja optinen anturi (Ansaharju ja Maaranen 2004, 322).

### 3.3 Käyttöliittymä

Käyttöliittymä koostuu painikkeista ja näytöistä, joiden avulla käyttäjän on mahdollista käskyttää konetta ja joiden avulla käyttäjä saa tietoja koneen tilasta. Ohjausjärjestelmä voidaan toteuttaa avoimena. Tällöin ohjaus antaa ohjausarvon lähtöliitännänsä kautta toimilaitteille, jotka muuttavat ohjattavan prosessin tai laitteen tilaa. Kun puhutaan suljetusta säätöjärjestelmästä, tarkoitetaan takaisinkytkennän lisäämistä liikkeen toteutuksessa. (Keinänen ym. 2012, 206.)

#### **Dörries Schiess DS200**

Opinnäytetyössä käsiteltävä työstökone on Dörries Schiess DS200. Se on Saksassa vuonna 1984 valmistettu karusellisorvi. Vuonna 2004 koneeseen tehtiin modernisaatio, jonka aikana koneeseen lisättiin esimerkiksi uudet kokonaan konetta suojaavat seinät ja työkalunvaihdon suorittavan manipulaattorin ohjausjärjestelmä muutettiin. Koneessa on Siemensin CNC -ohjaus SINUMERIK 840D. Kappaleen suurin sallittu halkaisija on 2540 mm ja suurin sallittu kappaleen korkeus on 2000 mm. Paletin halkaisija on 2000 mm. Kappaleen suurin sallittu paino on 16000 kg. Koneessa on automaattinen paletin

vaihto ja työkaluvaihto tapahtuu automaattisella mantec-ohjelmalla. Koneessa on 76 työkalupaikkaa. Koneella on mahdollista suorittaa jyrsin- ja porausvaiheita. Koneen pöydän pyörimisnopeus on kahdesta kahteensataan kierrosta minuutissa. Työstökoneessa on käytössä kapasitiivinen lähestymisanturi.

## 4 ROBOTIIKKA

Kansainvälinen robottiyhdistys määrittelee, että robotti on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen vähintään kolmenivelinen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi teollisuuden sovellutuksissa. Robotiikalla puolestaan tarkoitetaan oppia robottien suunnittelusta, rakentamisesta ja soveltamisesta. (Kuivanen 1999, 13, 183.)

Teollisuusrobotti on yksinkertaisesti mekaaninen kone, joka siirtää työkalun kiinnityslaippaa halutulla tavalla. Robotin liikerata voi olla kokonaan etukäteen määritetty, toimintaympäristön tapahtumien perusteella valittava tai antureiden perusteella liikkeiden aikana luotu. (Kuivanen 1999, 13.)

Manipulaattori on laite, joka liikuttaa kappaleita, osia tai laitteita pystyen vain yksinkertaisiin liikkeisiin. Erilaisten ohjelmoitavissa olevien laitteiden määrittely saattaa olla vaikeaa ja rajanveto häilyvää. Kuitenkin laitteelle, joka pystyy suorittamaan vaikeitakin toimintoja ohjelman avulla, on varattu nimitys robotti. Täten teollisuuteen jää suuri joukko toimintoja, joihin robotti on toiminnoiltaan ylimitoitettu. Vähentämällä vapausasteita ja yksinkertaistamalla toimintoja saadaan moneen teollisuuden kohteeseen sopiva väline. Manipulaattorin tehtävänä on yksinkertaisilla liikkeillä saada tarttujen paikkaan ja asentoon avaruudessa. (Keinänen ym. 2002, 307.)

### 4.1 Robottityypit

Yleisimmät kappaleenkäsittelyn robottityypit ovat suorakulmainen robotti, sylinterirobotti, SCARA-robotti ja kiertyvänivelinen robotti. Näiden lisäksi on paljon monenlaisia käsivarsimalleja. (Kuivanen 1999, 13, 16.)

Suorakulmaista robottia kutsutaan myös nimellä karteellinen robotti. Se on robotti, jonka ensimmäiset kolme niveltä ovat suoraviivaisesti liikkuvia ja yhtyvät suorakulmaisen koordinaatiston suuntiin. Robotin rakenne on tuettu työalueen nurkista palkeilla. (Kuivanen 1999, 16, 184.)

Sylinterirobotilla eli sylinterikoordinaatistorobotilla on ainakin yksi kiertyvä nivel ja sen käsivarren nivelet muodostavat sylinterikoordinaatiston. Sen nimitys on luonnollisesti peräisin sylinterikoordinaatistosta. (Kuivanen 1999, 17, 184.)

SCARA-robotti (Selectivity Compliant Assembly Robot Arm) on tiettyyn suuntiin joustava kokoonpanorobottikäsivarsi. Se joustaa viisteiden avulla vain sivusuunnassa. Sen kolmella kiertyvällä nivelellä työkalu saadaan tasolla oikeaan kohtaan ja kiertymäkulmaan. Vastaavasti neljäs lineaarinen pystyliike on työtason normaalin suuntainen. SCARA -robotti muistuttaa paljon ihmisen vaakatasossa liikkuvaa käsivartta, mutta rakenteeseen on asennettu pystyjohde. (Kuivanen 1999, 16, 183.)

Kiertyvänivelisessä robotissa kaikki nivelet ovat kiertyviä ja tukivarret on kytketty peräkkäin. Tavallisimmat teollisuusrobotit ovat kiertyvänivelisiä robotteja. (Kuivanen 1999, 16, 180.)

#### 4.2 Robotin rakenne

Robotin jalustan ja työkalun välillä on tukivarsia, joita liittävät toisiinsa nivelet. Niveleitä puolestaan liikuttavat takaisinkytketysti ohjattavat servotoimilaitteet. (Kuivanen toim. 1999, 13.)

Nykyaikaiset teollisuusrobotit perustuvat lähes poikkeuksetta mekaniikkaan, jossa tukivarret on kytketty peräkkäin. Tästä syystä robottien kuormankantokyky on melko pieni, mutta työalue eli ulottuvuus on suurehko. (Kuivanen toim. 1999, 17.)

## Tarttujat

Tarttuja on robotin tarttujaelin, joka toimii robotissa konkreettisena toiminnan välineenä. Rakenteellisesti on vaikea määrittellä, milloin kyseessä on robotin liikevarsisto ja milloin tarttujan ranne. Yleensä tartuntaliikettä ei lasketa omaksi vapausasteekseen, vaan se on tavallinen ohjelman toiminto, jonka tarttuja suorittaa. Pohdittaessa tarttujaa ja sen rakennetta on otettava huomioon monenlaisia seikkoja, joita ovat esimerkiksi tuotannolliset ja kappaleen fysikaalisiin ominaisuuksiin liittyvät vaatimukset. On tiedettävä, miten kappaleeseen tulisi tarttua, millä nopeudella kappaletta pitäisi siirtää ja millaisiin laitteisiin kappaletta siirretään. (Keinänen ym. 2002, 321-322.)

Toiminnaltaan tarttujaelimet voivat olla pneumaattisia, hydraulisia tai sähköisiä. Tarttujat voivat olla työskentelytavaltaan jatkuvatoimisia tai kaksiasentoisia eli kiinni tai auki- tyyppisiä. (Keinänen ym. 2002, 322.) Tarttujan vaikutus robotin liikkeen dynamiikkaan on erityisen suuri, koska tarttuja on yleensä kaikkein kauimpana robotin kiertokeskiöstä. Tämän takia tarttuja ja työkalu on suunniteltava mahdollisimman kevyeksi. (Salmelin ja Temmes 1985, luku 6-3.)

### 4.3 Robotin liikkeet

Salmelinin ja Temmesin (1985, luku 3-1) mukaan robotin liikkeen kokonaisuus koostuu joukon vapausasteita tarjoamista mahdollisuuksista. Vapausaste tarkoittaa itsenäistä osaliikettä, jota voidaan tarvittaessa ajaa riippumattomasti tai vaihtoehtoisesti samanaikaisesti yhdessä muiden vapausasteiden kanssa. Robotin liikemahdollisuuksien monipuolisuutta voidaan kuvata vapausasteiden määrällä. Jos halutaan, että robotin tarttuja voidaan pitää missä asennossa tahansa missä liikealueen pisteessä tahansa, tarvitaan vähintään kuusi vapausastetta. Yksinkertaisissa siirtotehtävissä selvittää tavallisesti vähemmällä vapausasteilla. (Salmelin ja Temmes 1985, luku 3-1.)

Vapausasteet rakentuvat yleensä joko kiertoliikkeistä tai suoraviivaisista liikkeistä. Kiertoliikkeet tapahtuvat nivelakselin ympäri poikittain robotin runkoon nähden tai robotin jonkin rakenneosan ympäri. Esimerkiksi tarttujan liikkeissä on tavallisesti

ranteen taivutus, ranteen kierto ja tarttujan kierto. Suoraviivaiset liikkeet tapahtuvat usein robotin rakenneosan suuntaisesti tai poikittain rakenteisiin nähden. (Salmelin ja Temmes 1985, luku 3-1.)

#### 4.4 Turvallisuus

Robottisovellusten kehittämisen yhtenä tärkeänä lähtökohtana on ollut ihmisille vaarallisten työsuoritusten tekeminen koneita hyväksikäyttäen. Toisaalta robotiikka on itse tuonut erilaisia vaaratekijöitä, esimerkiksi törmäys ja puristuminen, jotka voivat tapahtuessaan olla ihmiselle hengenvaarallisia. (Keinänen ym. 2002, 332.)

Robottisovellusten turvallisuutta parannetaan koulutuksen ja tietämyksen lisäksi myös laitetekniikalla. Yksinkertaisimmillaan laitteiden tehtävänä on estää ihmisten pääsy robotin vaara-alueille sekä pysäyttää robotin toiminta aina, kun turvalaitteet tai pysäyttimet hälyttävät. (Salmelin ja Temmes 1985, luku 9–22.)

Tavallisten yksinkertaisten turvalaitteiden toimintaperiaatteet voidaan jakaa neljään ryhmään. Turvalaitteet, jotka estävät pääsyn, muodostavat ensimmäisen ryhmän. Tästä esimerkkinä on mekaaninen este. Toinen ryhmä koostuu turvalaitteista, jotka tunnistavat ylitykset. Esimerkiksi tällainen on kaksitasoinen rajailmaisin. Kolmanteen ryhmään kuuluvat passiivisesti varoittavat turvalaitteet, joita ovat lattiamaalaukset ja varoitukset. Neljäntenä ryhmänä ovat aktiivisesti varoittavat turvalaitteet, joista hyvänä esimerkkinä ovat ohjattavat varoitusvalot. (Salmelin ja Temmes 1985, luku 9–22.)

Opinnäytetyössä käsiteltävä työkaluvaihtaja on aidatun alueen sisäpuolella. Jos haluaa mennä aidatun alueen sisäpuolelle, pitää avata ovi ohjelman kautta. Tällöin työkaluvaihtaja on pysähdyksissä. Ovi ei avaudu ilman ohjelman käyttöä. Kyseessä on mekaaninen este. Erillisiä lattiamalauksia tai varoitusvaloja ei ole.

## 5 TYÖSTÖKONEEN TOIMINTAPERIAATE JA ONGELMAT

Työkalumakasiinissa automaattisesti toimiva työkalunvaihtaja käy poimimassa oikean työkalun ohjelman mukaisesti. Lisäksi työkalunvaihtaja palauttaa työkalun automaattisesti työkalumakasiiniin (kuva 1, liite 1) käytön jälkeen. (Maaranen 2004, 271.)

Tällä hetkellä karusellisorvilla on käytössä mekaaninen työkalunvaihtaja (kuva 2, liite 1). Työkalunvaihdon aluksi työstökone ensin pysähtyy, minkä jälkeen työkalunvaihtaja hakee uuden työkalun omalta paikaltaan ja vie sen väliasemaan (kuva 3, liite 1). Työkaluvaihtaja hakee käytössä olleen työkalun pois koneesta ja kuljettaa sen väliasemaan. Samaan aikaan, kun työkalu poistetaan työstökoneesta, koneen kyljessä oleva työkalunvaihtoa varten rakennettu luukku (kuva 4, liite 1) menee kiinni ja työkalu hakee työkalun mittatiedot nostamalla sorvauspylvään yläasentoon ja laskemalla sen takaisin työkaluvaihtopaikkaan. Seuraavaksi luukku jälleen aukeaa ja vaihtaja ottaa väliasemaan aiemmin tuodun työkalun ja vie sen sorvin sisäpuolelle. Työkalunvaihtajan poistuttua koneen sisäpuolelta luukku sulkeutuu ja kone on valmiina työstämään kappaletta. Lopuksi työkalunvaihtaja kuljettaa käytössä olleen työkalun väliasemasta takaisin sen omalle paikalle työkalumakasiinissa.

Poikkeuksen normaaliin työkalunvaihtoon muodostaa tilanne, jolloin koneessa ei ole valmiina työkalua. Tällainen tilanne on esimerkiksi, kun aloitetaan uuden kappaleen työstö. Tässä tapauksessa työkalunvaihtaja noutaa työkalun paikaltaan ja odottaa vaihtoluukun takana työkalun vaihtamista.

### 5.1 Työstökoneen ohjelmistojen toiminta

DS Schiess -työstökoneen tiedonsiirto tapahtuu profibus-väylää käyttäen. Tiedonvälitystä työstökoneen alueella tapahtuu tietokoneen, työstökoneen ohjauksen sekä mittatietojen varastointiohjelman välillä.



Järjestelmä käyttää Internet-yhteyttä ainoastaan noutaessaan työstöohjelmia ja mittatietoja palvelimelta. Työkalujen mittatiedot siirtyvät palvelimelle esiasetuslaitteen Wintool -ohjelmiston kautta. Työkalujen mittatietojen siirto tapahtuu sillä hetkellä, kun työkalu lisätään työkalumakasiinin ulkopuolelta makasiiniin. Työkalujen lisääminen tapahtuu laittamalla lisättävä työkalu makasiinin seinässä olevaan työkalujen lisäyspaikkaan (kuva 5, liite 1), joka pyöriessään siirtää työkaluun makasiinin sisälle, josta manipulaattori käy sen poimimassa ja vie jollekin vapaalle paikalle makasiinissa.

Camlinen ohjelmistot on asennettu työstökoneen alueella olevaan tietokoneeseen. Tietokoneella on neljä Camlinen ohjelmaa. Kaksi ohjelmaa ohjaamaan paletinvaihtoa ja kaksi ohjelmaa ohjaamaan työkalunvaihtoa.

## 5.2 Nykyisen järjestelmän ongelmat

Nykytilanteen isoin ongelma on työkalunvaihtamiseen kuluva pitkä aika, joka aiheutuu työkalunvaihtajan hitaasta liikkeestä ja manipulaattoria ohjaavan Camline-ohjelmiston hitaudesta. Toisena Camlinen ongelmana on järjestelmän virheherkkyys; järjestelmä saattaa kaatua jopa useaan kertaan päivän aikana, jolloin tietokone pitää käynnistää uudelleen järjestelmän toiminnan palauttamiseksi. Lisäksi joskus manipulaattori ei työstöohjelmassa olevasta käskystä huolimatta lähde noutamaan ohjelman seuraavaa työkalua, jolloin nouto pitää suorittaa manuaalisesti, mikä lisää työkalunvaihtoaikaa entisestään. Jos työkalunvaihtajan osa hajoaa, se joudutaan teettämään mittatilaustyönä, koska työkaluvaihtajaan ei ole juurikaan myynnissä varaosia.

## 6 TYÖKALUVAIHTAJAN VALINTA

Projekti käynnistyi suunnitteluryhmän nimeämisellä. Suunnitteluryhmään kuuluivat työn tilaaja, työn valvoja, kunnossapidon yhteyshenkilö, ohjelmoinnin asiantuntija sekä kulloinkin työvuorossa oleva koneistaja. Itse toimin projektipäällikkönä. Projektin alussa järjestettiin suunnitelmapalaveri, jossa kartoitettiin muutostarpeita ja toteutusvaihtoehtoja. Aikataulun projektille laadin yhdessä työn tilaajan kanssa.

Huhtikuussa 2014 järjestettiin seuraava palaveri, jossa käsiteltiin työn edistymistä ja pohdittiin vaihtoehtoja tarkemmin. Keskusteltiin myös vaihtoehtoista tutkia koneen logiikoita tarkemmin.

Toukokuun alussa järjestettyyn palaveriin osallistuivat edellä mainittujen henkilöiden lisäksi henkilö, joka oli ollut mukana rakentamassa nykyistä työkaluvaihdon toimintaa. Häneltä sai paljon lisätietoa koneen toiminnasta, mahdollisuuksista lyhentää viiveaikoja sekä ideoita laitteiston kehittämiseksi

Suunnittelun pohjalta selkityi kolme vaihtoehtoa: tehostaa nykyistä järjestelmää, korvata nykyinen ohjausjärjestelmä uudella ohjelmistolla tai hankkia nykyisin työkalunvaihdon suorittavan manipulaattorin tilalle nopeampi uudenaikainen robotti sekä siihen ohjausjärjestelmä.

### 6.1 Nykyisen järjestelmän tehostaminen

Käytössä on Camline-järjestelmä. Camline ohjaa työkaluvaihtoa ja valvoo vaihdon sujumista. Lisäksi Camlinen ohjelmilla ohjataan paletin vaihtoa. Camline-järjestelmä huolehtii NC -työkalujen luetteloinnista, jolloin on helppo tarkistaa, että kaikki työkalut ovat kunnossa ja käytettävissä. (Ab LKI Kälman Oy.)

Nykyistä järjestelmää voidaan tehostaa lyhentämällä viiveaikoja, jotka ovat vuonna 2004 modernisoinnin yhteydessä säädetty melko pitkiksi. Viiveajat on säädetty

korkeiksi, jotta ne kompensoisivat tietokoneen ja työstökoneen välistä kommunikoinnin hitautta. Toukokuun alun palaverissa kuitenkin selvisi, että viiveaikoja on mahdollista lyhentää nykyisestä ilman, että koneen toiminta häiriintyy. Kuten palaverissa käydyistä keskusteluista selvisi, koneen modernisoinnin aikaan viiveajat on säädetty pitkiksi, koska tuolloin työkalunvaihtoajan pituudella ei ollut juuri merkitystä. Lyhentämällä viiveaikoja työkalunvaihto nopeutuu, mikä säästää aikaa ja rahaa. Lisäksi työstökoneeseen voidaan tehdä NCCPU-päivitys, joka nopeuttaa NC-koneen toimintaa lyhentämällä tietokoneen viestien lähetysaikaa. Nykyisen järjestelmän kehittämisen hinnaksi arvioitiin 20 000 euroa.

## 6.2 Uusi ohjelmisto

Yhtenä vaihtoehtona oli vaihtaa nykyisen Camlinen ohjausjärjestelmän tilalle uusi ohjausjärjestelmä. Tällä hetkellä Metso Mineralsille pilottihanketta tekevän Leanwaren edustajat pyydettiin tehtaalla käynnin yhteydessä tutustumaan karusellisorvin työkalunvaihtoon ja keskustelemaan mahdollisesta uudesta ohjelmistosta työstökoneelle.

Leanware Oy on vuonna 1999 Tampereelle perustettu tietojärjestelmiin ja ohjausjärjestelmiin keskittynyt yhtiö. Leanware kehittää tietojärjestelmiä tehostamaan teollisuuden (Leanware industry), logistiikkakeskusten (Leanware logistics) ja satamien (Leanware harbour) operatiivista työtä. (Leanware Oy.)

Kuitenkin jo ensimmäisen tutustumiskäynnin jälkeen päätettiin luopua tästä vaihtoehdosta. Uuden ohjelmiston valinnasta luovuttiin, koska koneistuksen Camline Wintool-työkalujärjestelmä sekä työkalunvaihtoja ohjaava Camline mantec ovat riippuvaisia toisistaan. Mikäli mantec-ohjelmistoa muutettaisiin olisi sillä todennäköisesti vaikutusta myös kaikkiin koneistuksen esiasetusjärjestelmään linkittyviin ohjelmiin. Jos uusi ohjelmisto olisi asennettu myös esiasetuslaitteelle, olisi se taas sekoittanut usean muun työstökoneen ohjelmistojen.

Yksi mahdollinen ratkaisu olisi asentaa uusi ohjelmisto kaikille esiasetuslaitetta käyttäville koneille. Tämä ratkaisu olisi vaatinut paljon selvitystyötä ja sen todettiin olevan liian laaja tähän opinnäytetyöhön. Näistä syistä jatkotapaamiset uuden

ohjelmiston edustajien kanssa päätettiin perua ja idea uuden ohjelmiston käyttöönotosta hylätä.

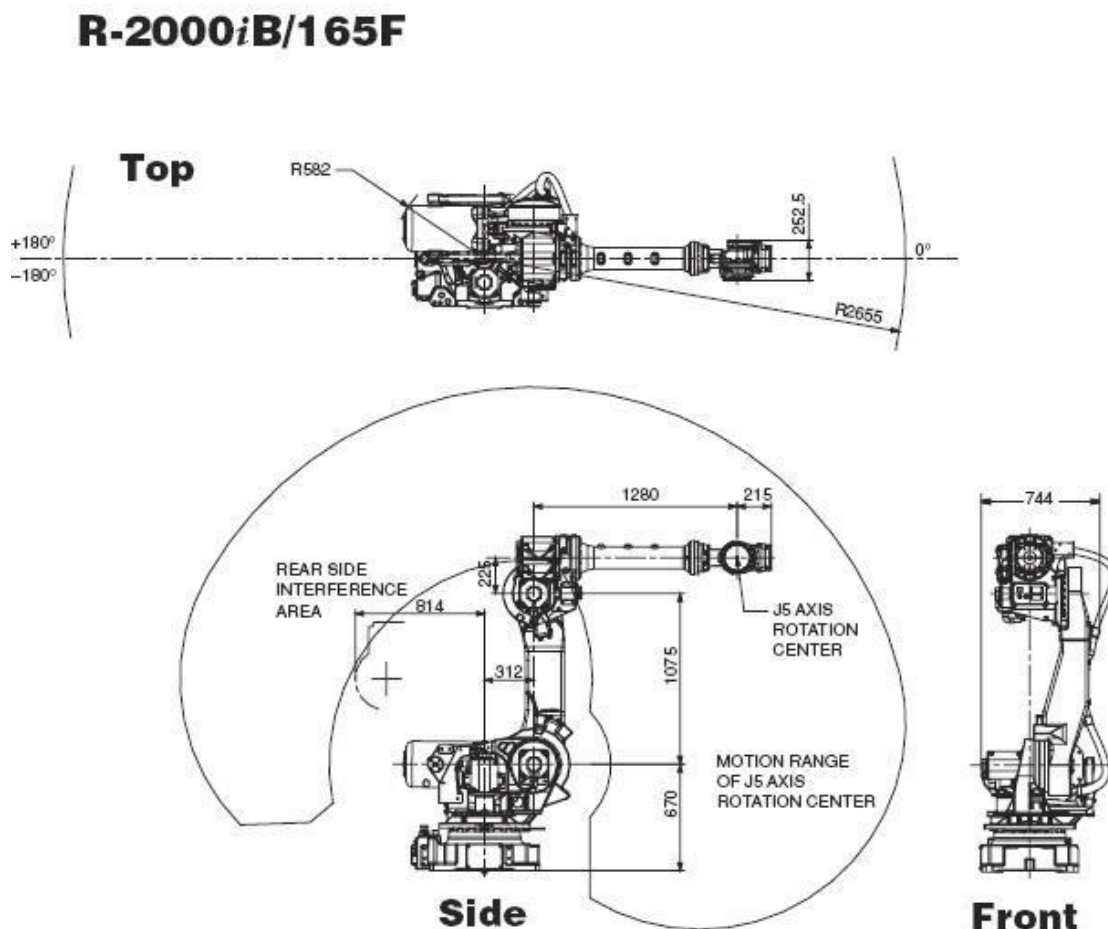
### 6.3 Robotin hankinta

Yhtenä vaihtoehtona työkalunvaihdon nopeuttamiseksi tutkittiin nykyaikaisen teollisuusrobotin hankintaa. Tätä varten tuli ensiksi selvittää, minkälainen robotti sopisi tarkoitukseen parhaiten.

Selvityksen perusteella robotin pitää kyetä käsittelemään 33 kg:n taakkaa, joka on koneella käytettävistä työkaluista painavimman massa (liite 2) työkalunvaihtopisteessä. Työkalunvaihtopaikan etäisyys robotin sijoituspaikasta on 2180 mm vaakasuunnassa ja 1600 mm pystysuunnassa. Työkalunvaihtopaikka sijaitsee kaukana robotin paikasta; tarvitaan siis pitkälle ojennettu käsivarsi, joka lisää robotin kuormitusta. Lisäksi työkalunvaihtopaikka on myös melko korkealla, mikä lisää kuormitusvaatimuksia entisestään.

Tein tarjouspyynnön uudenaikaisesta Fanuc-teollisuusrobotista R2000iB/165F, joka täyttää edellä kuvatut vaatimukset. Pyysin tarjouksessani hinta-arvion tehtaalle toimitettavasta robotista. Robotissa on kuusi vapausastetta, ja sen kappaleenkäsittelykyky on 165 kg. Robotissa on myös pöly- ja roiskesuojattu rakenne, joka on tarpeellinen ominaisuus teollisuustuotannon laitteella. Kyseisen robotin kappaleen käsittelykyky on suuri; se täyttää vaatimukset pitkälle ojentuvasta käsivarresta ja sen lisäämästä kuormituksesta.

Kuva 6 havainnollistaa robotin toimintasädetä. Lisäksi kuvassa havainnollistuu kuormitusvaatimuksen lisääntyminen sekä vaaka- että pystysuunnassa.



KUVA 6. Robotin toimintasäde

Kyseisen robotin mukana tulee ohjausjärjestelmä Rj-30iB, kappaleenkäsittelyohjelmisto (robotin käyttöjärjestelmä), sähköinen FANUC-törmäyskytkin. Kappaleenkäsittelyohjelmisto sisältää kappaleenkäsittelyssä tarvittavat toiminnot, kuten paletoinnin, tarttujan ohjauksen ja oheislaitteiden ohjauksen. Lisäksi ohjelmistolla on mahdollista tehdä vapaasti omia makroja, esimerkiksi tarttujan avaus. FANUC-törmäyskytkin huomioi törmäykset kaikista suunnista, on ohjelmallisesti säädettävä ja huomioi myös, jos robotin runko törmää. Kaikkiin robotin oheislaitteisiin tulee mukana vaadittavat turvalaitteet. Hinnaksi muodostui ilman arvonlisäveroa noin

86 000 euroa. Hintaan sisältyi robotti asennettuna tehtaalle sekä siihen ohjausjärjestelmä.

Uudenaikaisen robotin etuna verrattuna nykyisin käytössä olevaan manipulaattoriin on sen vapausasteista muodostuva rajoittamattomampi liike. Uudenaikainen robotti pystyy liikkumaan suorita reittejä pisteiden välissä, mikä nopeuttaa koko järjestelmän toimintaa. Uuden robotin laajemman liikealan ansiosta pystyttäisiin myös ottamaan käyttöön lisäpaikkoja työkaluille, nykyisten alimpien työkalujen ja lattian väliin (kuva 7, liite 1), mihin ei nykyisellä työkalunvaihtajalla ole mahdollista päästä.

Opinnäytetyön teon aikana pohdittiin mahdollisuutta lisätä työkalumakasiiniin enemmän työkaluja. Suunnitellut uudet työkalupaikat vaatisivat uuden robotin hankinnan. Nykyisten työkalujen ja lattian väliin olisi mahdollista lisätä uusia työkalupaikkoja. Tilaa lattian ja alimpien työkalujen välillä on vaihteluvälillä 630 mm-760 mm, joten työkalujen pituus ei tulisi esteeksi, kun pisin koneella käytettävä työkalu on 747 mm pitkä (liite 2). Uusille työkaluille olisi 13 mahdollista paikkaa. Joidenkin työkalujen alapuolelle ei voida lisätä työkalupaikkaa johtuen makasiinin seinien rakennepöydästä, jotka levittäytyvät makasiinin puolelle. Makasiinin ulkopuolella on tällä hetkellä yhdeksänkymmentä työkalua, joten kaikkien lisääminen makasiiniin ei ole mahdollista, mutta lisäämällä niistä yleisimmin käytetyt pystyttäisiin vähentämään työkalujen makasiiniin lisäämisestä aiheutuvaa ajan käyttöä.

#### 6.4 Takaisinmaksuaika vaihtoehdoille

Mittasin työkalunvaihtoon kuluva aika alarunkojen koneistuksessa. Selvitin työkalunvaihtoon käytetyn ajan kahdesta tuotannossa olevasta alarungosta GP220 ja GP330. Tuloksista saatiin selville kokonaisuudessaan työkalunvaihtoihin kuluva aika. lisäksi yhteen työkalunvaihtoon kuluva aika oli mittauksissani tasaisesti välillä 2 min 43 s - 2 min 46 s, mistä määritin myöhemmin laskuissani käyttämän kappaleenvaihtoajan 2 min 45 s.

Tehtävänä oli laskea paljonko olisivat rahalliset säästöt, jos nykyistä työkalunvaihtoaikaa pystyttäisiin vähentämään. Laskin työkalunvaihtoajan nopeutumisesta aiheutuvat säästöt. Käytin laskuissani tavoiteaikoina minuuttia sekä minuuttia ja 30 sekuntia. Arvioin, että käytettäessä uutta robottia työkalun vaihtoon kuluisi tavoitteellisesti minutti. Minuutin ja kolmenkymmenen sekuniin vaihto aika on tavoiteaika, jos nykyjärjestelmään tehtäisiin luvussa 6.1 mainitut parannukset. Käytin laskuissani konetuntihintana 108€/h.

Vuodessa työkalunvaihtoihin kuluva ajan hinta on tällä hetkellä 20 968 euroa (liite 3) Jos koneen työkalunvaihto tapahtuisi minuutissa, syntyisi säästöä verrattuna nykyiseen aikaan 12991 euroa/ vuosi (liite 4). Jos työkalunvaihto tapahtuisi minuutissa ja 30 sekunnissa, säästöjä kertyisi 9160 euroa/ vuosi (liite 5). Laskin kaikista viime vuonna tehdyistä kappaleista työkalunvaihtoajat ja niiden avulla työkalunvaihtoihin kuluva kokonaisajan ja kokonaishinnan.

Mittasin työkaluvaihtoon kuluva aikaa alarunkojen koneistuksessa. Selvitin työkalunvaihtoon käytetyn ajan kahdessa tuotannossa olevasta alarungosta GP220 ja GP330. Ensiksi laskettiin työkalunvaihtoihin kuluva aika seuraavasti:

$$\begin{aligned} &\text{kappaleen kokonaisvaihto aika} = \\ &\text{työkaluvaihtojen määrä} \times \text{vaihto aika} \end{aligned} \quad (1)$$

esimerkiksi GP220 ylärunko 1,5 min vaihtoajalla:

$$\text{työkalunvaihtoon kuluva aika} = 27 \times 1,5 \text{ min} = 40,5 \text{ min} \quad (2)$$

Tämän jälkeen arvioitiin erikseen jokaisen kappaleen työkalunvaihtoajat vuodessa seuraavasti:

$$\begin{aligned} &\text{kappaleen vuosittainen työkalunvaihto aika} = \\ &\text{kappaleen kokonaisvaihto aika} \times \text{vuosittainen kappalemäärä} \end{aligned} \quad (3)$$

Tästä esitettynä edelleen GP220 ylärungon 1,5 min vaihtoajalla lasku:

$$\begin{aligned} &\text{kappaleen vuosittainen työkalunvaihto aika} = \\ &40,5 \text{ min} \times 8 = 324 \text{ min.} \end{aligned} \quad (4)$$

Näistä tuloksista saatiin selville kokonaisuudessaan työkalunvaihtoihin kuluva aika. Yhteen työkalunvaihtoon kuluva aika oli mittauksissani tasaisesti välillä 2 min 43 s – 2 min 46 s, mistä määritin myöhemmin laskuissani käyttämän kappaleenvaihtoajan 2 min 45 s.

Takaisinmaksuajat laskettiin jakamalla hankintahinta vuosittaisilla säästöillä:

$$\frac{\text{hankintakustannukset} / \text{vuosittaiset säästöt}}{\text{takaisinmaksuaika}} \quad (5)$$

Robotin takaisinmaksuajaksi muodostui:

$$86\,000\text{€} / 12\,991\text{€}/\text{vuosi} = 6,61 \text{ vuotta} \quad (6)$$

Nykyjärjestelmän kehityksen takaisinmaksuajaksi puolestaan muodostui:

$$20\,000\text{€} / 9\,160\text{€}/\text{vuosi} = 2,18 \text{ vuotta} \quad (7)$$

Työn perusteella nykyjärjestelmän kehitykseen arvioitu 20 000 euron investointi nopeuttaisi työkalunvaihtoa minuutilla ja 15 sekunnilla, joten koneella pystyisi säästämään 9 160 euroa vuodessa. Tämä tarkoittaa, että työstökoneetta on käytettävä nopeammilla vaihtoajoilla vähän yli kaksi vuotta 20 000 euron investoinnin kuolettamiseksi.



## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää eri vaihtoehdot työkalumakasiinin ja työkaluvaihdon kehittämiseksi. Tarkoituksena oli tuottaa Metso Minerals Oy:lle selkeä esitys työkalunvaihdon kehittämisen vaihtoehdoista. Työkaluvaihtajan valinnalle oli kolme eri vaihtoehtoa, jotka olivat nykyisen järjestelmän tehostaminen, uuden robotin hankinta ja nykyisin käytössä olevan ohjausjärjestelmän korvaaminen uudella ohjelmistolla.

Nykyisen järjestelmän tehostamisen hyvät puolet olisivat suhteessa halpa hinta ja suurella varmuudella lyhentyvät työkaluvaihtoajat, jotka lisäävät työstökoneen tehokkuutta ja säästävät aikaa ja rahaa.

Uuden ohjelmiston käyttöönotto olisi ollut hyvä vaihtoehto ylläpidon ja käyttövarmuuden kannalta, jos muut ohjelmat olisi saatu keskustelemaan keskenään. Jos olisi päätetty hankkia uusi ohjelmisto, se olisi tarkoittanut käytössä olevan Wintool-ohjelmiston muokkaamista, mikä olisi muodostunut liian laajaksi projektiksi saatuihin hyötyihin nähden. Uuden ohjelmiston hyvänä puolena olisi ollut, että se olisi suunniteltu varta vasten kyseistä työstökoneita varten. Myöhemmin todettiin, että logiikoiden tutkiminen ei onnistuisi, koska alkuperäistä järjestelmän rakentajaa ei ole mahdollista tavata, eikä kukaan muukaan pysty selvittämään asioita riittävän tarkasti.

Robotin hankinta olisi yritykselle melko kallis investointi, mutta sillä olisi mahdollista suorittaa työkalunvaihto jopa alle minuutissa. Tämä vaihtoehto vaatisi kaksoistarttujan hankinnan. Käytännössä ohjausjärjestelmien kommunikointi ja tiedonsiirrot muodostuisivat pullonkaulaksi huomattavasti ennen kyseisiin vaihtonopeuksiin pääsyä.

Karusellisorville hankittiin opinnäytetyön suorittamisen aikana kolmen erikokoisen avartimen ja viisteterän korvaava monileikkuinen avarrin. Uusi avarrin korvasi siis neljä terää, joten samalla poistui myös kolme työkalunvaihtoa.

Työkalunvaihtoaikoja mitatessani huomio kiinnittyi erityisesti bearing housing C200 – kappaleen pitkiin valmistusaikoihin. Kyseisen tukikartion valmistuksessa kuluu työkalunvaihtoihin suhteessa pitkä aika. Yhden tukikartion valmistukseen kuluvaksi ajaksi on koneelle merkitty 21 tuntia, josta 78,5 minuuttia menee työkalunvaihtoihin. Vastaavasti esimerkiksi GP 330 alarungon valmistukseen on koneelle merkitty 37 tuntia, josta työkalunvaihtoihin kuluu 86,17 minuuttia. Saatuja mittaustuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa, kun tutkitaan kappaleiden valmistukseen kuluvia aikoja.

Parhaaksi kehitysvaihtoehdoksi valikoitui nykyisen järjestelmän kehittäminen. Sillä oli robotin hankintaan verrattuna pienemmät hankintakustannukset ja nopeampi takaisinmaksuaika. Lisäksi se on jo käytössä olevana ohjelmistona tuttu koneen käyttäjille, eikä siten aiheuta koulutustarvetta. Sen käyttöönotosta ei pitäisi aiheutua ohjelmistoon vikatiloja, jotka olisivat olleet mahdollisia ongelmia robotin käyttöönotossa.

## LÄHTEET

Ansaharju, T. & Maaranen, K. 2004. Koneenasennus. 1.-3.painos. WSOY Konetekniikka.

Ab LKI Kälđman Oy. 2014. Camline –järjestelmä. Luettu 29.5.2014. [www.camline.fi](http://www.camline.fi)

Emil Aaltosen museo. Lokomo 1915-2005. 90 vuotta teräs- ja koneteollisuutta. Luettu 29.5.2014. [www.pyynikinlinna.fi](http://www.pyynikinlinna.fi)

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T. & Putkonen, K. 2002. Logiikat ja ohjaujärjestelmät. Koneautomaatio 2. 1.-2. painos. Porvoo: WSOY Konetekniikka.

Kuivanen, R. (toim.) 1999. Robotiikka. Suomen Robotiikkayhdistys Ry. Vantaa: Tummavuoden Kirjapaino Oy.

Leanware Oy. Teollisuus. Luettu 2.6.2014. [www.leanware.fi](http://www.leanware.fi)

Maaranen, K. 2004. Koneistustekniikat. 5. uudistettu painos. Porvoo: WSOY Konetekniikka.

Metso. 2014. Luettu 26.4.2014. [www.metso.com](http://www.metso.com)

Nordberg GP-sarjan karamurskaimet, Kulutusosaopas. 2011. Metso Minerals Oy. Luettu 26.4.2014. [www.metso.com](http://www.metso.com)

Salmelin, B. & Temmes, J. 1985. Robottiautomaatio. 2. painos. Suomen Sääteknillinen Seura Ry. Insinööritieto Oy.

## LIITTEET

Liite 1. Kuvia työstökoneesta ja sen ympäristöstä



KUVA 1. Työstökoneen työkalumakasiini



KUVA 2. Nykyinen työkalunvaihtaja



KUVA 3. Väliasema





KUVA 4. Työkalunvaihtoluukku



KUVA 5. Työkalujen lisäyspaikka



KUVA 7. Työkalujen alla oleva tila

## Liite 2. Painavimmat ja pisimmät työkalut

Pisimmät työkalut	Pituus/mm
Kierukkapora 15mm	622
pisin u-pora	575
sorvauspuomi kolmiopala	511
sorvauspuomi neliöpala	535
r4 kierreterä	545
Kierukkapora 16mm	647
Kierukkapora 30mm	747
Kierukkapora 40mm	703
lappupora	709

Painavimmat työkalut	Paino/kg
r4 kierreterä	24,7
sorvauspuomi kolmiopala	27,6
sorvauspuomi neliöpala	33
painavin u-pora	20,5
Capto pidin vastapainolla	28,3



## Liite 3. Työkalunvaihtoihin vuodessa kuluva aika nykyisin

Kappaleen nimi	Kpl	kappaleen työkalunvaihtoon kuluva aika/ min	kappaleiden työkalunvaihtoon kuluva aika yht/ min
BRNG HOUSING C200	12	78,5	942
FRAME UPR GP200	8	61	488
FRAME UPR GP200S	4	48,25	193
FRAME UPR GP220	8	73	584
FRAME UPR GP300	2	53,75	107,5
FRAME UPR GP300S	21	48,25	1013,25
FRAME UPR GP330	3	75,75	227,25
FRAME UPR GP500S	13	56,5	734,5
FRAME UPR GP550	11	81,25	893,75
INTERMEDIATE FRAME GP200S	9	31,25	281,25
INTERMEDIATE FRAME GP300S	20	40	800
INTERMEDIATE FRAME GP500S	8	42,75	342
LOW FRAME GP200/S	5	92,17	460,85
LOW FRAME GP220	6	101,75	610,5
LOW FRAME GP300/S	22	97,67	2148,74
LOW FRAME GP330	3	86,17	258,51
LOW FRAME GP500S	9	68	612
LOW FRAME GP550	14	68	952
Yhteensä min		1204,01	11649,1
yhteensä h		20,06683333	194,1516667
kokonaishinta € (tuntihinta 108€)	20968		

## Liite 4. Työkalunvaihtoihin vuodessa kuluva aika 1 min vaihdolla

Kappaleen nimi	kappalemäärä	kappaleen työkalunvaihtoon kuluva aika/ min	kappaleiden työkalunvaihtoon kuluva aika yht/ min
BRNG HOUSING C200	12	29	348
FRAME UPR GP200	8	23	184
FRAME UPR GP200S	4	18	72
FRAME UPR GP220	8	27	216
FRAME UPR GP300	2	20	40
FRAME UPR GP300S	21	18	378
FRAME UPR GP330	3	28	84
FRAME UPR GP500S	13	21	273
FRAME UPR GP550	11	30	330
INTERMEDIATE FRAME GP200S	9	12	108
INTERMEDIATE FRAME GP300S	20	15	300
INTERMEDIATE FRAME GP500S	8	16	128
LOW FRAME GP200/S	5	36	180
LOW FRAME GP220	6	38	228
LOW FRAME GP300/S	22	37	814
LOW FRAME GP330	3	35	105
LOW FRAME GP500S	9	28	252
LOW FRAME GP550	14	28	392
Yhteensä min		459	4432
yhteensä h		7,65	73,86666667
kokonaishinta € (tuntihinta 108 €)	7978		
kokonaissästö h	120,3		
kokonaissästö €	12991		

## Liite 5. Työkalunvaihtoihin vuodessa kuluva aika 1.5min vaihdolla

Kappaleen nimi	Kpl	kappaleen työkalunvaihtoon kuluva aika/ min	kappaleiden työkalunvaihtoon kuluva aika yht/ min
BRNG HOUSING C200	12	43,5	522
FRAME UPR GP200	8	34,5	276
FRAME UPR GP200S	4	27	108
FRAME UPR GP220	8	40,5	324
FRAME UPR GP300	2	30	60
FRAME UPR GP300S	21	27	567
FRAME UPR GP330	3	42	126
FRAME UPR GP500S	13	31,5	409,5
FRAME UPR GP550	11	45	495
INTERMEDIATE FRAME GP200S	9	18	162
INTERMEDIATE FRAME GP300S	20	22,5	450
INTERMEDIATE FRAME GP500S	8	24	192
LOW FRAME GP200/S	5	53,5	267,5
LOW FRAME GP220	6	57	342
LOW FRAME GP300/S	22	55	1210
LOW FRAME GP330	3	51	153
LOW FRAME GP500S	9	41	369
LOW FRAME GP550	14	41	574
Yhteensä min		684	6607
yhteensä h		11,4	110,1166667
kokonaishinta € (tuntihinta 108 €)	11893		
kokonaissästö h	84,04		
kokonaissästö €	9160		