

Janne Lauhala

CIMCORPIN PORTAALIROBOTIN LAITETESTAUKSEN JA
KÄYTTÖÖNOTON DOKUMENTOINTI JA KEHITYSTYÖ

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
2018

CIMCORPIN PORTAALIROBOTIN LAITETESTAUKSEN JA KÄYTTÖÖNOTON KEHITYSTYÖ JA DOKUMENTOINTI

Lauhala, Janne
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2018
Sivumäärä: 43
Liitteitä: 5

Asiasanat: testaus, käyttöönotto, robotiikka, linjakokoonpano

Tämän opinnäytetyön aiheena oli Cimcorpin portaalirobotin laitetestauksen ja käyttöönoton kehitystyö ja dokumentointi. Työssä selvitettiin millaisilla toimenpiteillä työn tilaajan Cimcorp Oy:n portaalirobottien laitetestausta voitiin kehittää nykyisestä. Työn päätarkoituksena oli laitetestauksen työohjeistuksen dokumentointi, mutta työ ulottui koko linjakokoonpanon laadunhallinnan ja läpimenoajan tarkisteluun. Vaikka laitetestaus oli jo Cimcorpilla järjestelmällistä, haluttiin prosessia vielä kehittää, sillä laitetestauksen merkitys kasvoi jatkuvasti robottien tuotantomäärien kasvaessa.

Työ toteutettiin tutkimalla robottien linjakokoonpanon ja laitetestauksen nykyistä tilaa, sekä tutustumalla testauksen teoriaan ja ohjeiden laadintamenetelmiin. Ohjeen kirjoittaminen tapahtui käyttäen lähteinä useita Cimcorpin sisäisiä dokumentteja sekä omaa työkokemusta laitetestauksen yhteydessä. Varsinainen ohje muodostui omaksi liitteekseen yrityksen sisäiseksi dokumentiksi. Työssä tehtiin myös kokoonpanolinjan laadunhallinnan kehitystyötä.

Työssä syntynyttä ohjetta käytetään jatkossa apuna ja tukena nykyisten laitetestaajien työssä sekä uusien robotin testaukseen tai käyttöönottoon tulevien henkilöiden koulutuksessa. Laadunhallintaa parannettiin päivittämällä robottien tarkistuslista selkeämmäksi ja vastaamaan tarkistusjärjestykseltään samaa prosessijärjestystä kuin ohjeen noudattaa. Kehitystyön tuloksena syntyi myös useita läpimenoaikaa nopeuttavia toimenpiteitä.

DEVELOPMENT AND DOCUMENTATION OF THE CIMCORP PORTALROBOT EQUIPMENT TESTING AND COMMISSIONING

Lauhala, Janne

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in electrical and automation engineering

April 2018

Number of pages: 43

Appendices: 5

Keywords: testing, commissioning, robots, assembly line,

The purpose of this thesis was to further develop the testing of Cimcorp's portal robots. This work's main concentration was on documentation of the equipment testing, but also extended to the quality management and to improve the whole line assembly. Although device testing was already systematic with Cimcorp, the process was still to be further developed due to steady increase in production volumes of robots while device testing and quality control playing larger role.

The work was carried out by examining the current state of the robot assembly line and equipment testing, as well as by examining the theory of testing and the method of formulating the instructions. New instruction manual was written using Cimcorp internal documentation with using my own experience with device testing. The resulting instruction manual was Cimcorp internal document. Quality management was improved by updating the robots startup document to make it clearer and corresponding to the order of instruction manual.

In the future the instruction manual will be used to support the work of equipment testers. It will be used also in the training of new robot testing and commissioning personnel. Quality management was improved by updating the robots startup document to make it clearer and corresponding to the order of instruction manual.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	SANASTO.....	6
3	YRITYKSEN ESITTELY	7
3.1	Historia.....	8
3.2	Tuotteet	8
3.2.1	Portaalirobotit	9
3.2.1	Robottisolu.....	11
4	LAITETESTAUKSEN MÄÄRITTELY.....	12
4.1	Testausmenetelmien luokittelu	13
5	TYÖN TARKOITUS JA TAVOITE	14
5.1	Yleiset tavoitteet	14
5.2	Työn toteutuksen ajallinen määrittely.....	15
6	VALMISTUS LINJAKOKOONPANOSSA NYKYTILANNE.....	16
6.1	Mekaaninen kokoonpano	16
6.2	Sähköinen kokoonpano.....	17
6.3	Laitetestaus	17
7	LAADUNHALLINNAN NYKYTILANNE.....	19
7.1	Laadunhallintajärjestelmä Cimcorpilla.....	19
7.2	Laadunhallinta kokoonpanolinjalla.....	19
8	TYÖOHJEIDEN LAADINTA.....	21
8.1	Työohjeiden laadinnan suunnitelma	22
8.2	Työohjeiden kirjoittaminen.....	23
8.3	Kokoonpano-ohjeiden laadinta robottien kokoonpanoon.....	25
9	LAITETESTAUKSEN KEHITYSTYÖ	27
9.1	Laitetestauksen tarkistusdokumentin uudistus.....	27
9.2	Kokoonpanolinjan laadunhallinnan kehitystyö.....	29
9.3	Tuotannonohjausjärjestelmään integroidut tarkistuslistat.....	30
9.4	Sähköasennuksen tarkistuslistan uudistus.....	32
10	LAITETESTAUKSEN LÄPIMENOAJAN NOPEUTTAMINEN.....	34
10.1	Toimenpiteitä heti	35
10.2	Toimenpiteitä jatkossa	38
11	YHTEENVETO	40
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Työn tilaajana toimiva Ulvilalainen Cimcorp Oy on maailman johtava suurten portaalirobottien valmistaja. Portaalirobotteja on valmistettu jo usean vuoden ajan linjakoonpanojärjestelmällä, jonka avulla saadaan linjalta kaksi valmista robottia viikossa. Linjakoonpanon viimeisenä vaiheena on laitetestaus, jossa robotit otetaan käyttöön ja niille suoritetaan laitetestit.

Laitetestauksen merkitys on projektien kokonaisuuden kannalta merkittävä, sillä jos laitteessa oleva vika havaitaan vasta asiakkaan tiloissa tapahtuvan käyttöönoton yhteydessä, tai vasta loppukäyttäjä havaitsee vian, voivat vian korjauskustannukset paistaa projektin kokonaiskustannuksissa hyvinkin suuriksi. Laitetestauksessa pitää olla selkeät ohjeet ja tarkistuslistat siitä, kuinka testaus tulisi robotille suorittaa. Kirjallisia ohjeita testauksen suorittamista ei kuitenkaan ollut, joten varsinkin testaajan vaihtuessa ei ollut dokumenttia johon voisi tukeutua.

Tämän työn tarkoituksena on saada dokumentoitua mahdollisimman tarkasti robotille tehtävän laitetestauksen ja käyttöönoton vaiheet ja kirjoittaa niistä Cimcorpin sisäiseen käyttöön ohje. Hyötynä on, että kun jokin työvaihe dokumentoidaan ohjeen muotoon, saadaan kirjattua ylös kaikki syntynyt tietotaito ja pystytään varmistumaan siitä, että työvaihe toteutetaan aina samalla tavalla. Tavoitteena on myös päivittää laitetestauksen tarkistuslista ja tarkistella koko linjakoonpanon laadunhallintaa ja läpimenoaika.

2 SANASTO

3D-Shuttle	Cimcorpin kehittämä ja patentoima sovellus, jossa muovilaatikoita voidaan saada robottisolusta ulos nopeammin erillisen kujettimien avulla.
CCD	Cross communication drives, Sercos III väylään perustuva master-slave tiedonsiirtojärjestelmä
FT	Finished tire, Käyttövalmis rengas
GT	Green tire, Rengasaihio josta paistetaan valmis rengas
Läpimenoaika	Aika joka alkaa tuotteen työvaiheen aloituksesta ja päättyy työvaiheen valmistumiseen
MBR	Modular Basic Robots, Cimcorpin käyttämä lyhenne yrityksen standardisoiduista robottityypeistä
MLD	Motion Logic Drive, Servokäyttöön sulautetun PLC:n yleisnimitys
MLD-M	Useamman kuin yhden akselin ohjain joka käyttää CCD kommunikointia
Portaalirobotti	Robottityyppi jonka liikkeet on toteutettu suoraviivaisina yläpuoleisella rakenteella
Robottisolu	Kokonaisuus johon kuuluu robotti, ohjausjärjestelmä ja turvakomponentit
Sercos	Laitetason nopea väylä josta käytössä kolmas versio Sercos III
WCS	Warehouse control system, Varastohallintajärjestelmä
Windchill	Yhdysvaltalaisen PTC:n kehittämä dokumenttienhallintajärjestelmä, jossa dokumentit tallennetaan yrityksen pääserverille ja ne ovat kaikkien luvan saaneiden saatavilla

3 YRITYKSEN ESITTELY

Cimcorp Oy on yritysten sisälogistiikan automaatiojärjestelmien toimittaja. Asiakaina ovat pääasiassa rengas- ja elintarviketeollisuus sekä vähittäiskaupan ja postin jakelukeskukset. Cimcorpin strategiana on tarjota yrityksille tuotannon ja logistiikan automatisoinnin ratkaisuja jotka parantavat yritysten kannattavuutta ja kilpailukykyä. Ratkaisut perustuvat Cimcorpin itse kehittämään robotti- ja ohjelmistoteknologiaan.



Kuva 1. Cimcorpin pääkonttori Ulvilassa. (Kuvan lähde Cimcorp Oy:n intranet, 2018)

Cimcorpin pääkonttori on Ulvilassa ja tytäryhtiö Cimcorp Automation Kanadassa. Suomessa huoltoa tarjoavia toimipisteitä on Helsingissä, Lahdessa ja Jyväskylässä. Suomen ja Kanadan yksiköt muodostavat Cimcorp-konsernin joka työllistää yhteensä noin 400 henkilöä joista noin 2/3 on insinöörejä. Cimcorp-konserni on ollut vuodesta 2014 alkaen japanilaisen Murata Machinery Ltd:n omistuksessa. (Cimcorp Oy:n intranet, 2018)

3.1 Historia

1970-luvun alussa Porilaisen monialayrityksen Oy W. Rosenlew Ab:n työkalutehtaalla alettiin tutkia robottien käyttömahdollisuuksia konsernin eri tehtaiden tuotannossa. Ajatuksena oli kehittää oma teollisuusrobotti jota voitaisiin valmistaa tehdasmaisesti. Cimcorp Oy toiminnan voidaan katsoa alkaneen vuonna 1975 kun Rosenlewin työkalutehtaan automaatio-osasto perustettiin, kun yhtiö sai ensimmäisen robottitilauksensa. Robottikehitysohjelman tulos oli viiden vapausasteen servorobotti, jota toimitettiin Rosenlewin säkkitehtaalle (1977), valimoon (1978) sekä itä-saksalaiselle säkkitehtaalle (1982).

Yleisrobotin kanssa kehiteltiin samaan aikaan myös moduulirobottia, jolle oli markkinoita yleisrobottia paremmin, sillä sitä oli helpompi soveltaa tarjolla oleviin kohteisiin, ja lisäksi se tuli edullisemmaksi. Ensimmäisten moduulirobottitoimitusten ollessa meillä sai Rosenlew merkittävän tilauksen Imatralle rakenteilla olleeseen kuvaputkitehtaaseen. Valcon projekti (1977) oli Rosenlewille monella tapaa kehittävä. Moduulirobotteja kehitettiin voimakkaasti ja yritys sai kokemusta sekä huomioarvoa maailmalla ja tilauksia alkoi tulla muiltakin kuvaputkitehtailta. 80-luvulla asiakkaaksi saatiin muun muassa Philips, Thomson, Samsung Corning, Atlas-Copco, Volvo ja Saab. (Cimcorp Oy:n sisäinen tiedote, 1995)

Kuvaputkiautomaatio oli Cimcorpin suurin liiketoiminta-alue yli 20 vuotta, kunnes vuonna 2004 logistiset järjestelmät ohittivat ensimmäisen kerran kuvaputkiprojektien liikevaihdon. Kuvaputkinäyttöjen ja -televisioiden aika oli ohi. Yhtiö oli uusien haasteiden edessä ja ryhtyi keskittymään enemmän rengas- ja elintarviketeollisuuden automaatiojärjestelmiin. Tämä on alue, joissa yhtiön päätoiminta-alue on tänäkin päivänä.

3.2 Tuotteet

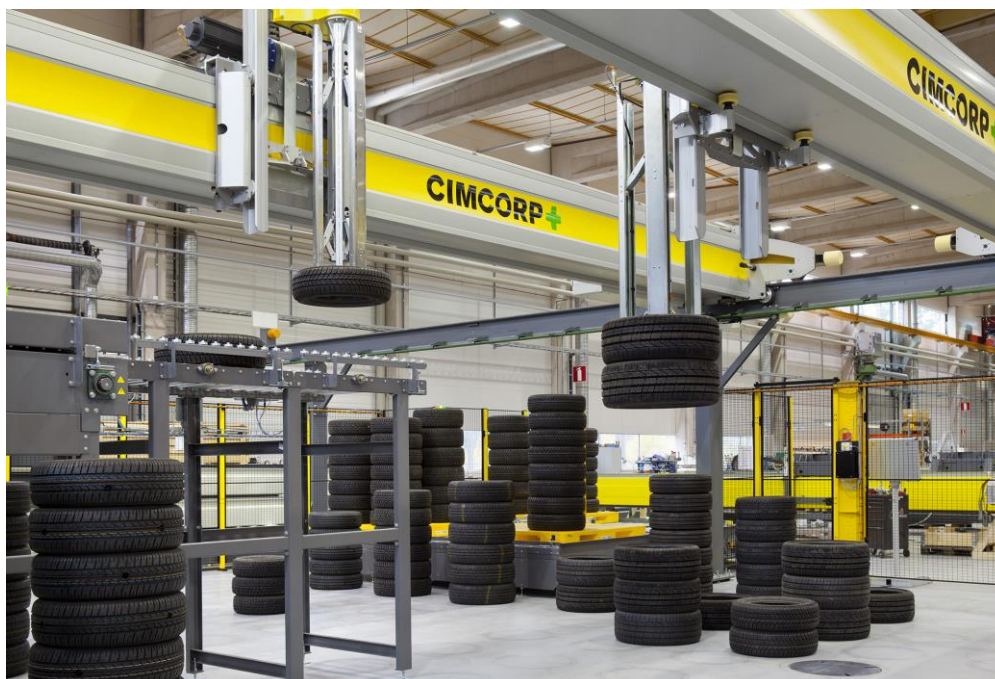
Cimcorp on standardoinut omat päätuotteensa, eli robotit jo 80-luvulta lähtien. Erilaisia robottityyppejä on vuosien aikana syntynyt kymmeniä. Cimcorpin modulaarisista standardirobottityypeistä käytetään lyhennettä MBR (Modular Basic Robots).

Tyypillisesti Cimcorp:n toimituksen kuuluu kuljetinjärjestelmä joiden yhteydessä käytetään erilaisia oheislaitteita. Cimcorp on viime vuosina ryhtynyt standardisoimaan myös oheislaitteitaan. Standardisoituja oheislaitteita ovat tällä hetkellä rengaspinonpurkaja, renkaan tarroittaja, renkaan orientointilaite ja laatikoiden pinonpurkaja / pinoaja. Rengasteollisuudessa käytetään GT-rengaiden siirtämisessä Cimcorp:n kehittämää monorail kiskoilla kulkevaa MBR300 robottia.

Lähes kaikkiin toimitettaviin projekteihin sisältyy myös Cimcorp:n kehittämät ohjelmistot. Yhtiössä on vahva ohjelmisto-osaaminen ja päätuotteita ovat WSC ja soluohjaimet.

3.2.1 Portaalirobotit

Lähes kaikki Cimcorp:n toimittamat projektit perustuvat portaalirobotteihin jotka keräilevät tai välivarastoivat renkaita, muovilaatikoita tai kaasupulloja. Nykyisin tuotannossa olevia portaalirobotteityyppejä on kaksi, joista kumpikin voidaan varustaa 3D Shuttle ominaisuudella.

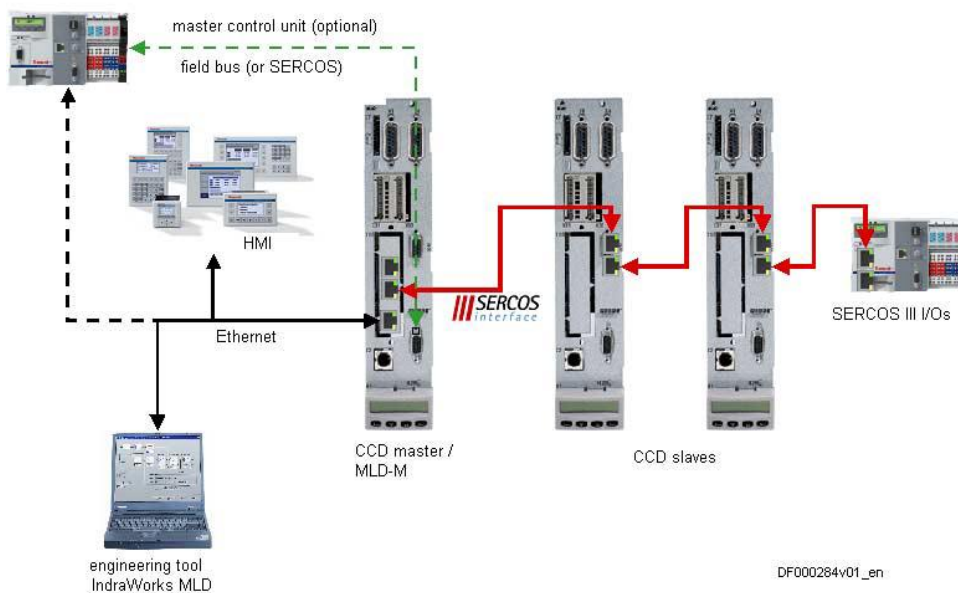


Kuva 2. MBR700+ portaalirobotit FT-tarttujalla. Portaalirobotin pääosat ovat; robotin runko, siltayksikkö ja Y-kelkka.(Cimcorp Oy sisäinen dokumentti, 2017)

MBR700+ on 3 tai 4-akselinen portaalirobotti, joka on suunniteltu toimimaan erilaisiin poiminta- ja varastointisovelluksiin. Robotin maksimi toiminta-alue on 80 m x 12,5 m x 3,7 m (X, Y ja Z) ja maksimi kuorman massa 330 kg (sisältäen tarttujan massan). (Cimcorp Oy sisäinen dokumentti, 2017)

MBR800+ portaalirobotti vastaa useilta teknisiltä osiltaan *MBR700+* robottia, mutta se on varustettu kahdella siltapalkilla joka tekee rakenteesta jäykemmän ja mahdollistaa raskaampien kuormien käsittelyn. Robotin maksimi toiminta-alue on 100 m x 12,5 m x 3,2 m (X, Y ja Z) ja maksimi kuorman massa 650 kg (sisältäen tarttujan massan). (Cimcorp Oy sisäinen dokumentti, 2017)

Robottiohjain koostuu kuudesta Rexrothin moduulista, joista yksi on syöttöyksikkö ja loput akseleiden ohjaimia. Lisäksi robottiohjaimessa on suodin ja kuristin. Ohjaimista ensimmäinen sisältää MLD:n, eli servokäyttöön sulautetun PLC:n, jonka perässä muut ohjaimet ovat Sercos III-väylällä, CCD-kommunikointiprotokollaa käyttäen. MLD-ohjaimessa on kolme Ethernet porttia, joista kaksi Sercos-väylää ja yksi engineering-portti josta lähtee kaapeli kytkimelle ja sitä kautta solukaapille.

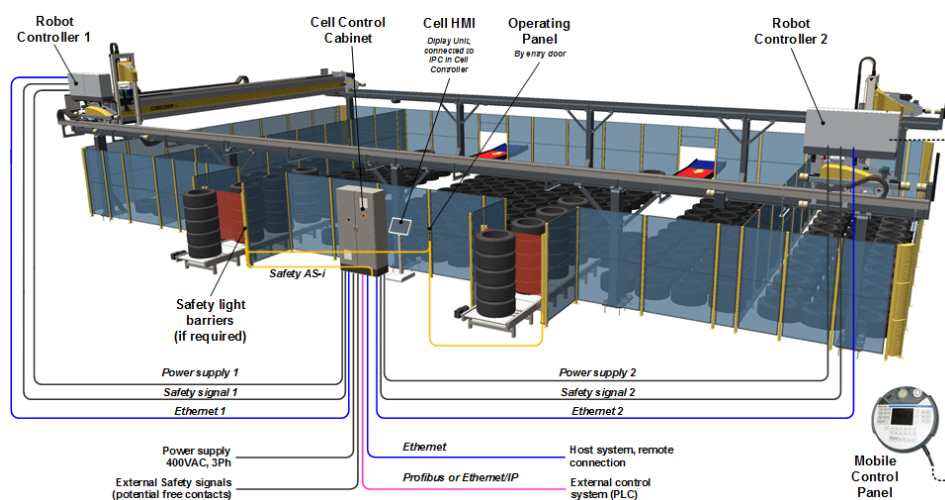


Kuva 3 Yleiskuva laiteohjauksesta ja akseleiden yhteyksistä MLD-M tyyppisillä ohjaimilla, joihin portaalirobottien ohjaus perustuu. (AG, 2008)

Robotit varustetaan käyttökohteen mukaan Cimcorpin standardisoimalla tarttujatyypillä. Rengasteollisuudessa käytetään GT ja FT-rengaiden käsittelyssä *TyrePick-FT* ja –GT sekä *TyrePickGT Pallet* tarttuvia. Laatikoiden käsittelyssä käytetään *MultiPick* tai *TwinPick* tarttujaa. Erilaisille kaasupulloille on kehitetty *TubePick*-tarttujia.

3.2.1 Robottisolu

Robottisolu koostuu yhdestä tai kahdesta portaalirobotista jotka kulkevat rungon joh-teilla. Solun ympärillä on suoja-aidat ja aukkokohtissa on suojana valoverhot. Solu voi olla jaettuna suoja-aidoilla 1-3 turva-alueeseen.



Kuva 4. Ohjausjärjestelmäkartta (Cimcorp Oy sisäinen dokumentti, 2017)

Soluohjainkaapissa sijaitsevan Rexroth IndraControl L25 PLC:n tehtävä on vastata solun turvallisuuteen liittyvien komponenttien ja kuljettimien toiminnan seuraamisesta. Solu PLC on yhteydessä robotteja käskyttävään solu PC:hen ethernet-yhteydellä. Yhdessä nämä muodostavat ns. soluohjaimen. Soluohjaimen päätehtävä on ylläpitää tietoa kappaleista, joita voidaan varastoida ja noutaa.

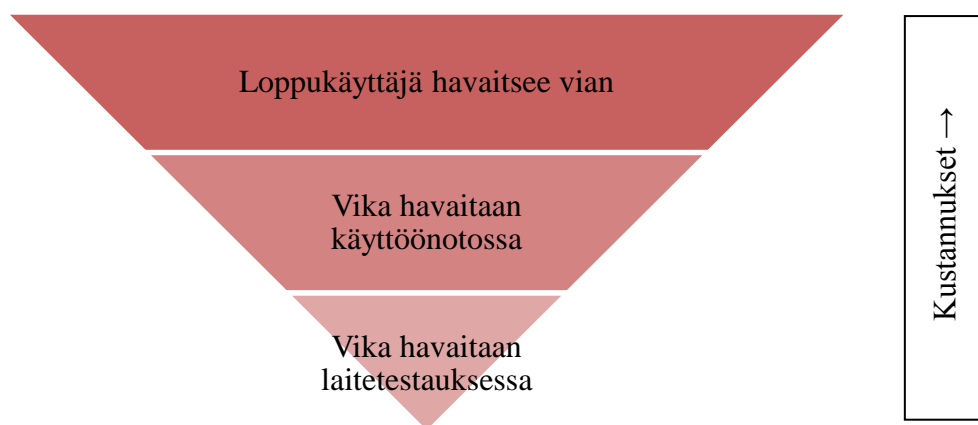
Jokaiseen soluun tulee projektille yksi Rexrothin operointipaneeli, jota käytetään robotin käyttöönottoon, huoltoon ja käsiajoihin. Kommunikointi ohjaimelle tapahtuu VAC30 moduulin kautta johon operaattoripaneeli liitetään. Paneelissa käytettävä ohjelma tallennetaan ohjaimen, joten paneeli ei ole sidottu tiettyyn robottiin, vaan sitä voidaan käyttää kaikilla samantyyppisillä roboteilla.

4 LAITETESTAUKSEN MÄÄRITTELY

Testaamisen tavoite on havaita laitteen virheellinen toiminta, joka voi aiheutua valmistusprosessista tai viallisesta komponentista. Testaamisen tavoitteena on myös saada esiin toistuvia vikoja, jotta niiden aiheuttaja saataisiin poistettua tuotannossa.

Laitetestauksen yhteydessä tapahtuu usein myös tuotekehitystä, sillä laitetestaajan kautta kulkee useiden eri suunnittelijoiden suunnittelemaa ratkaisuja joita vertailemalla pystyy laitetestaaja kertomaan mielipiteensä toimivimmasta ratkaisusta. Uudet osat ja ratkaisut tulevat aina ensimmäisenä käyttöön laitetestauksessa, joten usein niitä joudutaan muokkaamaan laitetestauksen palautteen mukaisesti. Yleisin muokkaamista vaativa osa Cimcorpilla on MultiPick tarttujan kynnet, joita joudutaan joskus muotoilemaan useaan kertaan parhaan mahdollisen tartunnan saavuttamiseksi.

Laitetestaus on syytä tehdä mahdollisimman laajasti heti tuotantoketjun alkuvaiheessa, jolloin korjaukset ovat helpointa ja edullisinta tehdä. Tällöin osaavaa työvoimaa on laitteen lähellä ja varaosien saatavuus on helppoa. Jos vika robotissa havaitaan vasta asiakkaan tiloissa tapahtuvan käyttöönoton yhteydessä, tai vasta loppukäyttäjällä eli asiakas havaitsee vian, ovat vian korjaamisen kustannukset moninkertaiset. Pelkästään henkilöstökustannukset ovat usein ulkomailla tapahtuvissa käyttöönotoissa projektibudjetissa merkittävässä osassa. Tällöin lopulta pienikin vika voi viivästyttää projektia paljon.



Kaava 1. Virheiden korjaamisen kokonaiskustannukset kasvavat, mitä pidemmällä projektissa virheen havaitseminen laitteessa tapahtuu.

4.1 Testausmenetelmien luokittelu

Testausmenetelmiä voidaan luokitella monilla eri tavoilla. Yleisemmin menetelmiä voidaan jakaa toiminnalliseen ja ei-toiminnalliseen testaukseen sekä musta-, harmaa- ja valkolaatikkotestaukseen. Näitä menetelmiä käytetään usein puhuttaessa ohjelmistoista, mutta niitä voidaan hyvin ajatella käytettävän myös laitteiden testauksessa.

Mustalaatikkotestauksessa testataan laitteen tai ohjelmiston toimivuutta tuntematta sen sisäistä rakennetta. Mustalaatikkotestaus suoritetaan käyttöliittymän tai muun rajapinnan kautta. Harmaalaatikkotestaus on muuten sama kuin mustalaatikkotestaus, mutta siinä tunnetaan jonkin verran ohjelman tai laitteen toiminnallisuutta. Valkolaatikkotestauksessa testaaja tuntee ohjelmiston tai laitteen sisäisen rakenteen lähdekoodeineen ja keskittyy lähinnä ohjelmiston rakenteen sisäiseen toimintaan. (Pöri, 2008)

Toiminnallinen testaus tutkii laitteen tai ohjelmiston määriteltujen vaatimusten toteutumista. Toiminnallisuutta voidaan testata esimerkiksi testaamalla toteutuuko käyttäjän käyttöliittymän kautta antama käsky oikein. Ei-toiminnallinen testaus tukee toiminnallisia vaatimuksia ja tutkii laitteen tai ohjelmiston reunaehdoja ja laatuominaisuuksia, kuten esimerkiksi suorituskyky-, turvallisuus-, laajennettavuus-, ja ylläpidettävyyssvaatimuksia.

Cimcorpin portaalirobotin laitetestauksessa voitaisiin ajatella käytettävän harmaalaatikkotestausta, joka kuvaa parhaiten sen testaustapaa. Robotista testataan sen toiminnallisuutta mekaanisella ja ohjelmallisella tasolla useista eri kohteista. Testaajalta vaaditaan kuitenkin mustalaatikkotestaukseen verrattuna enemmän tietoa myös robotin ohjelmiston ja mekaniikan rakenteesta jotta voidaan todeta testauskohdan olevan kunnossa.

Roboteille tehdään laitetestauksen yhteydessä joissakin projekteissa myös FAT (Factory Acceptance Test) testi yhdessä asiakkaan kanssa. Testin tarkoituksena on varmistua siitä, että robotille asetetut vaatimukset täyttyvät. FAT-testaus on tyypiltään mustalaatikkotestausta.

5 TYÖN TARKOITUS JA TAVOITE

Aikaisemmin, ennen Cimcorpin portaalirobottien linjakokoonpanon käyttöönottoa robotit valmistettiin paikkakokoonpanona, eikä roboteille tehty varsinaista laitetestausta käyttöönoton lisäksi, vaan testaus jäi asennuspaikalle käyttöönoton yhteyteen. Tämä aiheutti joillekin projekteille huomattavia viivästyksiä ja kuluja, sillä osa virheistä havaittiin vasta asiakkaan tiloissa. Nykyään laitetestaus on pitkälle kehittyntä ja järjestelmällistä. Komponentti- ja asennusvirheet löydetään laitetestauksen yhteydessä, ja asiakkaan tiloissa tehtävät käyttöönotot sujuvat pitkälti aikataulun mukaisesti.

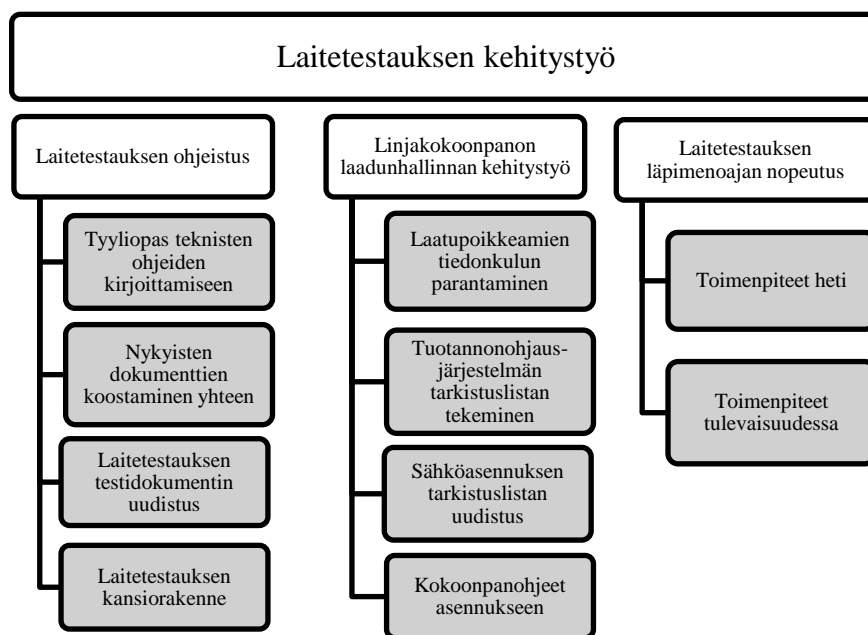
Vaikka laitetestaus on Cimcorpilla järjestelmällistä, haluttiin prosessia vielä kehittää, sillä laitetestauksen merkitys kasvaa jatkuvasti robottien tuotantomäärien kasvaessa. Laitetestauksen pitää olla mahdollisimman tehokasta, jotta virheet ja kehitystarpeet löydetään vaikka testiin käytetty aika vähenisi.

5.1 Yleiset tavoitteet

Työn tarkoitus on selvittää millaisilla toimenpiteillä portaalirobottien laitetestausta voidaan kehittää nykyisestä. Keskiössä on laitetestauksen työohjeistuksen dokumentointi, mutta työ ulottuu koko linjakokoonpanon laadunhallinnan tarkisteluun.

Ennen työn aloittamista työlle määriteltiin asiakkaan kanssa yleisiä tavoitteita:

- Saada kirjattua ylös kaikki hiljainen ja kirjoittamaton tieto
- Koota yhteen ohjeeseen usean eri lähteen tärkein tieto
- Kirjata ylös testattavat raja-arvot ja muut hyväksymiskriteerit
- Testiprotokollan luominen laitetestaukseen
- Linjakokoonpanon laadunvarmistuksen nykytilan tarkistelu ja parantaminen
- Linjakokoonpanon läpimenoajan nopeuttaminen



Kaava 2. Kehitystyö jakaantui tavoitteiden perusteella kolmeen pääosaan, joiden alle kirjasin varsinaisia työn aikana tehtäviä toimenpiteitä.

5.2 Työn toteutuksen ajallinen määrittely

Työ toteutus jakaantuu aikataulullisesti kolmeen osaan. Ensimmäisessä vaihe on tutustua ja esitellä robottien kokoonpanolinjaston ja laitetestauksen nykyistä tilaa. Aluksi tutkin myös testauksen teoriaa ja ohjeiden laadintamenetelmiä sekä luon suunnitelman työlle.

Toinen vaihe on luoda varsinainen ohjedokumentti käyttäen lähteinä useita eri yrityksen sisäisiä dokumentteja ja omaa työkokemusta laitetestauksen yhteydessä. Varsinainen ohje muodostuu omaksi liitteekseen ja kirjoitetaan Cimcorpin omalle dokumenttipohjalle. Ohjeistuksen tekemisen lisäksi päivitän testidokumentin vastaamaan ohjetta. Pohdin myös linjakokoonpanon laadunhallintaan liittyviä parannustoimenpiteitä.

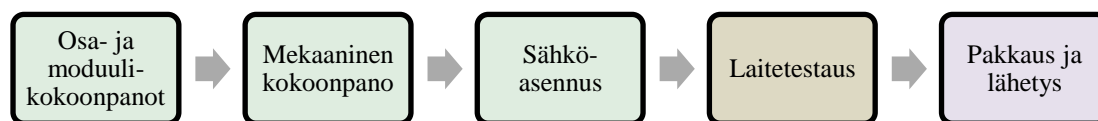
Kolmas vaihe on esitellä luotu ohje ja laitetestauksen ohjeen luomisen aikana havaittujen ja tehdyn kehitystyön tulokset.

6 VALMISTUS LINJAKOKOONPANOSSA NYKYTILANNE

Linjakokoonpanolla tarkoitetaan kokoonpanomallia, jossa laitteen kokoonpanoille ja osille on varattu oma kiinteä tilansa jossa kokoonpano aina tapahtuu. Kokoonpanopisteellä asennetaan osakokoonpanoja ja osia laitteeseen, jonka jälkeen laite siirtyy seuraavaan pisteeseen.

Linjakokoonpano on paikkakokoonpanoon verrattuna kustannustehokkaampaa. Kokoonpanoon käytetty aika on pienempi, sillä jokaisella kokoonpanopisteellä on tietty tehtävä joka toistetaan. Linjakokoonpanon toimivuuden edellytys on, että asennettavien osien materiaalivirta on häiriötöntä. (TEKES, 2001)

Cimcorpissa portaalirobotit valmistettiin aikaisemmin paikkakokoonpanona, mutta tilausmäärien kasvaessa ryhdyttiin suunnittelemaan siirtymistä linjakokoonpanoon. Vuonna 2013 aloitettiin robotteja valmistamaan linjakokoonpanojärjestelmällä, joka on tälläkin hetkellä käytössä. Linjakokoonpano koostuu neljästä suuremmasta kokonaisuudesta: tarttujan- ja moduulien kokoonpano, mekaaninen kokoonpano, sähköasennus ja laitetestaus. Linjakokoonpanossa on nykyisellään jokaisen vaiheen läpimenoajaksi suunniteltu 2,5 vuorokautta, eli kokoonpanolinjalta saadaan viikossa kaksi valmista robottia pakattavaksi. Robottien kokoonpanosta on winchillissä aikataulusuunnitelma (D254123) joka päivitetään kerran viikossa.



Kaava 3. Portaalirobotin linjakokoonpanon prosessikaavio

6.1 Mekaaninen kokoonpano

Portaalirobottien valmistus alkaa mekaanisella kokoonpanolla, jossa useilla eri työpis-teillä valmistetaan ensin osa- ja moduulikokoonpanot. Rengastarttujen kokoonpanot tehdään kokoonpanolinjastolla, mutta laatikkotarttujen kokoonpanot vievät enemmän aikaa ja ne tehdään kokoonpanolinjaston ulkopuolella.

Mekaaninen loppukokoonpano tehdään pukkien päällä olevaan runkoon omalla alueellaan. Suurin osa tarvittavista osista asennuksessa on varasto-osia, joita saadaan täydennettyä kokoonpanolinjaston hyllyihin tarvittaessa nopeasti ilman projektikohtaista tilaamista.

Mekaanisen kokoonpanon yhteydessä asennetaan yleensä myös Y-liikkeen kaapeliketjut ja X-liikkeen servo- ja encoderkaapelit ennen päätylevyjen kiinnitystä.

6.2 Sähköinen kokoonpano

Sähköistykseen kokoonpanopisteellä tehdään pienkokoonpanot ja kerätään osat valmiiksi ennen robotin saapumista kokoonpanopisteelle, yleensä jo hyvissä ajoin ennen projektin saapumista kokoonpanolinjalle. Robotin ohjainkaappiin on sähköasennus tehnyt mahdollisen ohjaimen lisäyksen, valomajakana asennuksen ja muut esivalmisteltavat toimenpiteet ennen kaapin asennusta robottiin.

Mekaanisen kokoonpanon valmistuttua pukkien päällä lepäävä robotti työnnetään sähköistyspisteelle, jossa siihen asennetaan anturit, ketjut ja kaapelit. Asennuksen valmistuttua tehdään robotille sähköistykseen liittyvät tarkastukset, testaukset ja käyttöönottomittaukset.

6.3 Laitetestaus

Laitetestausalue on aidoilla suojattu robottisolun jonka sisälle sähköasennuksen valmistuttua robotti nostetaan johteiden päälle. Johteiden korkeus ja johdeväli säädetään jokaiselle projektille sopivaksi. Solussa on kaksi ovea jotka on varustettu ovilukoilla ja automaattiajosta varoittavilla merkkilampuilla.

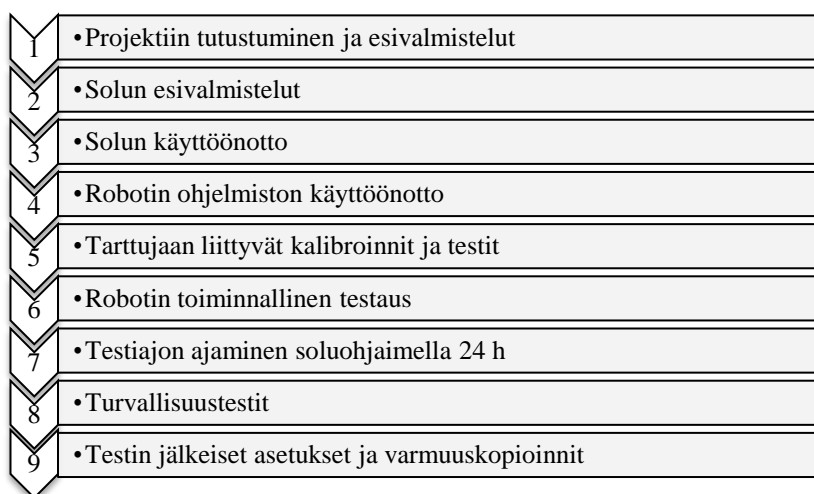


Kuva 5. Laitetestauspisteellä on telineet joihin soluun liittyvät turvakomponentit saadaan asennettua väliaikaisesti testauksen ajaksi.

Mukaan laitetestaukseen otetaan kaikki solun turvakomponentit jotka asennetaan robotin loppusijoituspaikkaan. Robottisolun yleisimmät turvakomponentit ovat ovi-lukko, hätäseis painikkeet ja valoverhot. Komponentit on liitetty robottisolun turva ASI-väylällä ja niiden konfigurointi tehdään Asimon ohjelmistolla.

Laitetestauksessa robotille asennetaan kaikki kyseisen robottimallin standardiohjelmistot ja muokataan ne projektikohtaisesti. Robottisolussa käytetään projektin omaa soluohjainta ja ohjauspaneelia. Robotti otetaan käyttöön testaamalla robotin kaikki liikkeet manuaalisesti ja lopuksi automaattilla.

Robotille suoritetaan lopuksi 24 tuntia kestävä testiajo todellisen koeajomateriaalin kanssa maksimaalisilla kuormilla, sekä tehdään turvallisuuteen liittyvät testaukset.



Kaava 4. Laitetestauksen prosessikaavio

7 LAADUNHALLINNAN NYKYTILANNE

7.1 Laadunhallintajärjestelmä Cimcorpilla

Standardi määrittää, että laadunhallintajärjestelmä kattaa toiminnot, joilla organisaatio määrittelee tavoitteensa ja määrittää prosessit ja resurssit, joita tarvitaan haluttujen tulosten saavuttamiseen. Cimcorpilla on ISO 9001 laatusertifikaatti, johon yrityksen laadunhallintajärjestelmä perustuu ja jota kaikessa toiminnassa noudatetaan.

Standardin mukaan laadunhallintajärjestelmä koostuu toisiinsa liittyvistä prosesseista. Kun organisaatiossa ymmärretään, kuinka tämä järjestelmä tuottaa tuloksia, järjestelmä ja sen suorituskyky voidaan optimoida. (Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2015)

Cimcorpin koko toiminnasta on tehty IMS-toimintajärjestelmällä prosessimaiset kuvaukset ja ne ovat henkilökunnan luettavissa sisäisessä intranetissä.

Standardi ei anna suoranaisia tarkkoja ohjeita kuinka laadunhallinta tulisi esimerkiksi kokoonpanon yhteydessä suorittaa, vaan käsittelee laadunhallintaa suurempana kokonaisuutena. Kokoonpanotason laadunhallinta on kuitenkin käytännön työkalu, jolla laatu tieto saadaan siirtymään koko organisaatioon.

7.2 Laadunhallinta kokoonpanolinjalla

Portaalirobottien laadunhallinnassa jokaisesta robotista tehdään Cimcorpin oma sisäinen tarkastusraportti (D268734), johon jokaisessa kokoonpanovaiheessa merkataan vaaditut työvaiheet suoritetuksi tai tarkistetuksi. Jokainen työvaihe kuitataan kokoonpanon valmistuttua hyväksytyksi allekirjoituksella. Raportti kiertää robotin mukana tarttujan ja mekaanisen kokoonpanon pisteillä, sekä lopuksi laitetestausalueella.

Sähköasennuskokoonpano ei merkitse tarkistusraporttiin mitään, vaan käyttää erillistä dokumenttia tarkistuksien kuittaamiseen. Sähköasennuksen omaan tarkastusdokumenttiin merkataan myös käyttöönottomittausten tulokset ja kuitataan allekirjoituksella. Dokumenttia ei ole viety winchilliin.

Tätä opinnäytetyötä tehdessä Cimcorp oli juuri ottanut käyttöön uuden CIMO nimisen tuotannonohjausjärjestelmän. Uuden järjestelmän myötä tullaan tarkastusraportointi siirtämään päätteellä tehtäväksi ja paperilla tehtävistä listoista luovutaan.

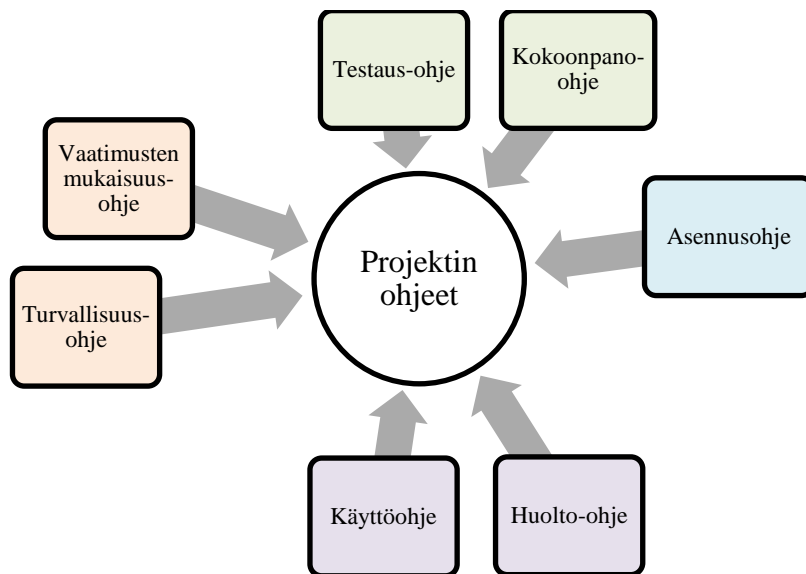
Mekaniikka- ja sähkökuvien yhteydessä on palautekortti johon asentaja merkitsee kuvissa havaitsemansa virheet. Kortti toimitetaan asennuksen päätyttyä suunnittelijalle, joka korjaa kuvat oikeiksi.

Laitetestauksessa laadunhallinnan apuna käytetään ”Robot startup document” (D264882) excel-tiedostoa, johon kuitataan soluun ja robottiin tehdyt tarkastukset, testaukset ja toimenpiteet. Tiedosto jakaantuu kahteen osaan, laitetestausalueella ja asiakkaan tiloissa tehtävien toimenpiteiden kesken. Dokumentista on olemassa pohja winchillissä, mutta usein projektiin osallistuvalla robotti-insinöörillä on oma tiedosto jota on täydennetty omilla huomioilla.

Laitetestauksen lopuksi kirjataan dokumenttiin (D258336) testauksen aikana esiintyneet viat, niiden aiheuttajat ja ratkaisu. Jos vika on aiheuttanut merkittäviä tuntihäviöitä, kirjataan aiheutuneet tuntimäärät. Jos vikaan liittyy virhekoodeja, merkitään ne ylös kuvauksen yhteyteen, jotta voidaan myöhemmin etsiä ratkaisuja vastaavissa virhetilanteissa.

8 TYÖOHJEIDEN LAADINTA

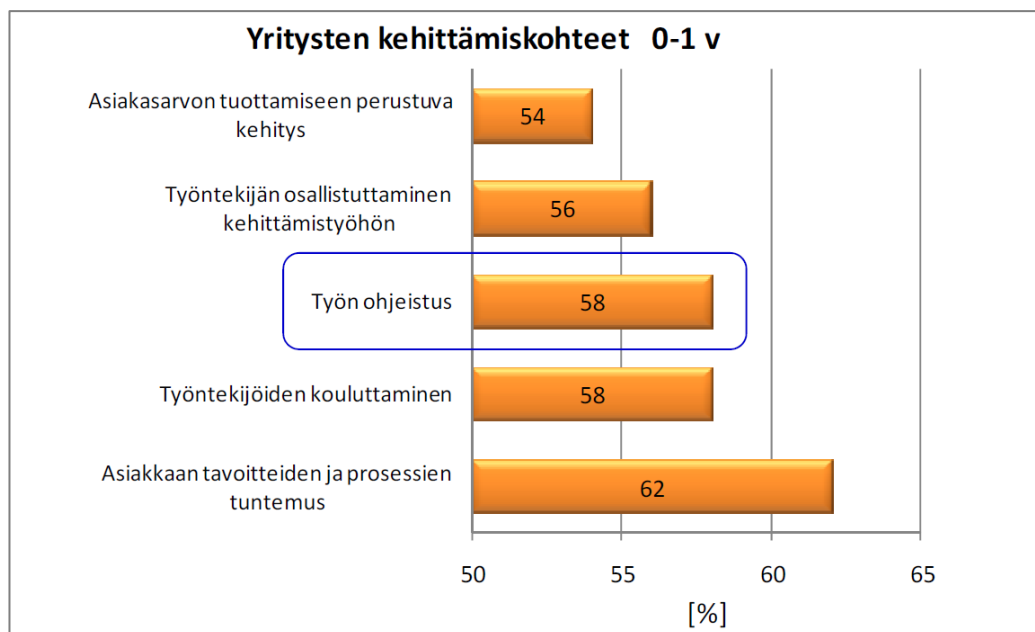
Projektiin liittyy yleisesti useita eri ohjeita sen eri vaiheissa. Projektin hallinnointi, suunnittelu ja kokoonpano käyttävät kaikki useita eri ohjeita. Myös asiakkaalle toimitetaan projektista käyttö- ja huolto-ohjeita. Tässä työssä keskityin nimenomaan työn ohjeistuksen liittyvien ohjeiden luomiseen.



Kaava 5. Projektiin liittyviä ohjeita on useita.

Ohjeiden kirjoittamisen tarkoituksena on saada dokumentoitua mahdollisimman tarkasti robotille tehtävän laitetestauksen ja käyttöönoton vaiheet ja kirjoittaa niistä Cimcorpin sisäiseen käyttöön ohje. Hyötynä on, että kun jokin työvaihe dokumentoidaan ohjeen muotoon, saadaan kirjattua ylös kaikki syntynyt tietotaito ja pystytään varmistamaan siitä, että työvaihe toteutetaan aina samalla tavalla.

VTT:n vuonna 2010 tekemän ”Uuden valmistavan teollisuuden tutkimusagenda” projektiin liittyvän kyselytutkimuksen mukaan juuri työn ohjeistuksen kehittäminen oli yritysten yksi tärkeimmistä kehittämistavoitteista. (VTT, 2011)



Kaava 6. Yritysten kehittämistavoitteet vuoden sisällä. Kuvan lähde: (VTT, 2011)

Ennen ohjeen kirjoittamista on hyvä luoda tyyliopas, jota noudattamalla ohjeesta tulee yhtenäinen. Periaatteena on, että informaatio on esitettävä ohjeissa mahdollisimman yksinkertaisesti ja tiiviisti, ja termejä ja yksiköitä on käytettävä johdonmukaisesti. Lauserakenteen on oltava yksinkertainen ja niiden on oltava lyhyitä sekä kieliopillisesti virheettömiä. Olisikin hyvä noudattaa periaatetta ”Yksi ilmaus, yksi yksinkertainen virke”. (Standardisoimisliitto, 2012)

8.1 Työohjeiden laadinnan suunnitelma

Aikaisemmin laitetestauksesta ei ollut tehty ohjetta, vaan tukena oli käytetty muun muassa robotin käyttöönottoon tarkoitettua yleisohjetta ”Comissioning manual” (D235431) ja kirjoitettu ylös erilliseen dokumenttiin muistiinpanotyyppisesti huomioita.

Tässä työssä syntynyttä ohjetta käytettäisiin jatkossa apuna ja tukena nykyisten laitetestaajien työssä sekä uusien robotin testaukseen tai käyttöönottoon tulevien henkilöiden koulutuksessa.

Ohjetta laatiessa käytin apuna Suomen standardisoimisliiton standardia ”Käyttöohjeiden laatiminen. Jäsentäminen, sisältö ja esittäminen”, SFS-EN 82079-1. Standardi antaa yleisiä periaatteita ja vaatimuksia kaikenlaisten ohjeiden suunnittelulle ja laatimiselle. Vaikka standardi onkin suunniteltu lähinnä kuluttajakäyttöön tehtävien käyttöohjeiden laadintaan, antaa se silti erinomaisia ohjeita myös yrityksen sisäisen ohjeistuksen tekemiselle.

Standardia mukaillen tein taulukkomuotoisen tyylioppaan teknisten ohjeiden kirjoittamiseen (liite 1), jossa on lueteltuna asioita joihin ohjetta luotaessa tulisi kiinnittää huomiota. Näitä ohjeita myös itse noudatin portaalirobotin laitetestauksen ohjetta kirjoittaessa. Koska pakollista tarvetta standardin noudattamiselle ei kuitenkaan ole, ei ohjeesta tarvitse tehdä standardin mukaista vaatimuksenmukaisuuden arviointia.

Ohjeen pitää noudattaa loogista järjestystä jotta sitä on helppo seurata sivu kerrallaan, eikä sitä tarvitse selata turhaan. Tästä syystä tein laitetestauksen etenemisestä prosessikaavion (kaava 4), joka selkeytti ja auttoi hahmottamaan myös ohjeen sisällysluettelon rakennetta. Ohjeen kirjoittamisen prosessi on selkeä, kun sille oli luotu selkeä sisällysluettelo ja tyyli oli alusta alkaen yhtenäinen.

8.2 Työohjeiden kirjoittaminen

Itse ohjeen kirjoittaminen tapahtui varsinaisen työn ohella. Olin jo aikaisemmin työskennellyt laitetestauksessa, joten minulle oli syntynyt hyvä kuva työvaiheisen suorittamisesta. Koska oli pilkkonut työvaiheet niin pieniin osiin kuin mahdollista, pystyi ohjeita kirjoittamaan sekalaisessa järjestyksessä eri laitteiden testauksen edetessä. Seuraavaan laitteen tullessa testiin, pystyin tarkistamaan edelliskerralla kirjoittamani ohjeen paikkansapitävyyttä ja tekemään siihen korjauksia.

CIMCORP

OHJE

42 (64)

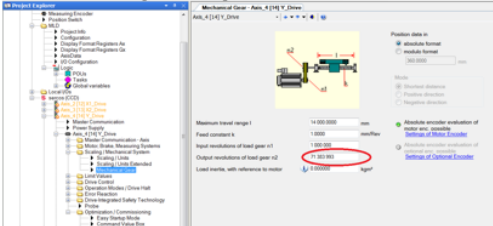
MBR+ PORTAALIROBOTIN LAITE-
TESTAUS JA KÄYTTÖNOTTO

Doc. number: - Ver: - Updated: -
 File location: -
 Created/Modified: J.Lauhala / J.Lauhala

9.8 Y-akselin välityssuhteen korjaus

Y-akselin todellisen kulkeman matkan pituus riippuu vaihteen välityksistä, joten se pitää korjata kerronta muuttamalla. Robotin sillan alapintaan on asennettu referointimerkin lisäksi toinen merkki, jonka etäisyys referointimerkistä on määritetty mekaniikkasuunnittelussa. Mittaus tehdään näiden merkkien välillä.

1. Aja robotti "RATIO CHK" merkille.
2. Merkitse ylös tarkka ACS arvo.
3. Lue nykyinen välityssuhteen arvo Y-akselin valikosta "Scaling/Mechanical System / Mechanical Gear" kohdassa "Output revolutions of load gear n2".



4. Laske uusi suhde kaavalla:

$$\frac{\text{Merkkien välinen etäisyys}}{\text{ACS arvo merkillä}} = \text{Nykyinen välityssuhde}$$

Tai käytä valmiista excel-taulukkoa, joka löytyy
 S:\cs\BoschRexroth\SW\Ratio check laskenta.xlsx

Ratio check distance	7500
Acs value	7500,7
Current ratio value	7141.725
Korjattu tulos	71405061

5. Vaihda laskettu tulos välityssuhteeksi ja sulje ikkuna.
6. Aja "Safety technology" Y-ohjaimelle.
7. Tarkista, että Y:n ACS-arvo on merkillä todellinen.

Cimcorp Oy | Satakunnantie 5, FI-28400 ULVILA, FINLAND | Phone +358 10 2772 000 | Fax +358 10 2772 200
 Registered in Ullvila | Y-tunnus 1852828-4 | Business ID FI18528284 | www.cimcorp.com

Kuva 6. Valmiin ohjeen sivu jossa käsitellään Y-akselin välityssuhteen korjausta.

Ensimmäisessä ohjeen versiossa oli jokaisesta työvaiheesta yksinkertainen malli, jossa oli jo kuitenkin kaikki välttämättömät askeleet työvaiheen suorittamiseksi. Seuraavassa vaiheessa lisäsin työvaiheiden suorittamista kuvaavat kuvat vaiheiden väliin. Tietokoneella tehtävien työvaiheiden kuvien ottamisessa käytin Greenshot nimistä ohjelmaa, jossa on Windowsin omaa "Snipping toolsia" huomattavasti paremmat muokausominaisuudet ja tallennuksen saa tehtyä automaattisesti määritettyyn kansioon.

Toiminnallisesta testauksesta otin valokuvia työvaiheiden yhteyteen. Vaikka osa kuvista ei ole ohjeen seuraamisen kannalta välttämättömiä, on niillä kuitenkin selkeyttävä vaikutus koko ohjeen kokonaisuuden kannalta. Mitä enemmän kuvia on, sitä paremmin käyttäjä voi samaistua ohjeeseen omaa työtään suorittaessa ja vertaamalla nykytilanteeseen. Kuvat hahmottavat myös näkemään työvaiheen paremmin mielessään jos ohjetta luetaan jo ennen varsinaista työvaiheen suoritusta.

Ohjeen ensimmäisessä osassa kerrottiin mitä esivalmisteluja pitää tehdä ennen robotin saapumista laitetestiin. Koska testauksen alkaessa pitää olla välttämättömiä dokumentteja vähintään kahdeksan ja tiedostoja seistämän, on niiden muistaminen hankalaa. Tästä syystä tein dokumenteista ja tiedostoista taulukon, jossa on niiden toimittajan vastuuhenkilö sekä tieto mistä sen pitäisi löytyä.

Koska robotin käyttöönottoon liittyy paljon eri tiedostoja, oli tärkeää että ne ovat helposti löydettävissä koneelta. Oli kuitenkin tekijästä kiinni millainen kansiorakenne projektille luodaan. Ratkaisuksi loin ehdotuksen kansiorakenteesta joka olisi mahdollisimman selkeä. Tämän valmiin kansiorakenteen on tarkoitus yhtenäistää ja helpottaa projektin robottien testauksessa ja käyttöönotossa työskentelevien työtä.

8.3 Kokoonpano-ohjeiden laadinta robottien kokoonpanoon

Kokoonpano-ohjeiden pitää kuvata, mitä on tehtävä ja missä järjestyksessä sekä millä työkaluilla kokoonpano suoritetaan. Työohjeiden tulee minimoida työntekijän opettelu-aika, ja niiden luomisen, ylläpidon ja jakamisen tulee olla taloudellisia. (VTT, 2011)

Tällä hetkellä Cimcorpin portaalirobottien sähköistyksen kokoonpanossa ei ole olemassa minkäänlaista ohjetta, vaan ohjeet kulkevat asentajien suullisen opastuksen mukana. VTT:n laatiman raportin mukaan työohjeistuksen puuttumisen tärkeimmät perustelut ovat, että ammattitaitoiset työntekijät eivät tarvitse työohjeita sillä työt osataan jo tehdä. Haasteena pidetään myös sitä, että työohjeita pitäisi päivittää säännöllisesti sillä tuotteet uudistuvat ja vaihtelevat projektikohtaisesti. Vaikka ohjeita päivitetäisiinkin, olisi silti täysin työntekijän aktiivisuudesta kiinni noudatettaisiinko niitä.

Ohjeiden puuttumisen vuoksi ongelmaksi muodostuu kuitenkin se, että uusien työntekijöiden kohdalla tulee tuotteeseen helposti laatuvariaatioita, sillä kaikkia asioita ei suullisesti onnistuta omaksumaan ja muistamaan. Ohjeistuksen avulla saataisiin heti

karsittua pois turhat oppimiseen käytetyt virheet. Ohjeistusta käyttämällä voitaisiin myös varmistua asennuksen tasalaatuisuudesta ja säästettäisiin aikaa.

Kokoonpano-ohjeiden ei tarvitse sisältää paljon tekstiä, vaan niiden olisi hyvä perustua niin pitkälle kuin mahdollista kuvalliseen ohjeistukseen. Huomautuksia ja arvoja olisi kuvien yhteydessä, jolloin niiden havaitseminen ja sisäistäminen olisi helppoa.

Ohjeen kirjoittajana toimisi kokoonpanolinjalla pitkään työskennellyt henkilö, jolla olisi tarkka käsitys työvaiheista ja niiden sisältämistä erityishuomioista.

Kokoonpano-ohje olisi helposti saatavilla kansioon tulostettuna versiona kokoonpanopisteellä. Ohjetta tarkistaisi ja päivittäisi säännöllisin väliajoin tehtävään nimetty vastuuhenkilö.

9 LAITETESTAUKSEN KEHITYSTYÖ

Laitetestauksen ohjeiden tekemisen lisäksi opinnäytetyö sisälsi laitetestauksen kehitystyötä. Laadunhallintaa parannettiin päivittämällä robottien tarkistuslista selkeämmäksi ja vastaamaan tarkistusjärjestykseltään samaa prosessijärjestystä kuin ohjeikin noudattaa. Kehitystyön tuloksena syntyi myös useita läpimenoaikaa nopeuttavia toimenpiteitä.

9.1 Laitetestauksen tarkistusdokumentin uudistus

Laitetestauksessa oli käytetty ”Robot startup document” (D277404) excel-tiedostoa, johon oli kuitattu soluun ja robottiin tehdyt tarkastukset, testaukset ja toimenpiteet, sekä kirjattu muistiin lopullisessa käyttöönotossa huomioon otettavia asioita. Dokumentti on vain Cimcorpin sisäisessä käytössä ja toimii muistin ja laadun omavalvonnan tukena. Dokumenttia ei toimiteta asiakkaalle.

Dokumentti oli alun perin vain laitetestauksen muistilista suoritettavien työvaiheiden ja tarkistusten tekemiseen, mutta vuosien saatossa se laajeni ja kehittyi nykyiseen muotoonsa, jossa oli lähes 150 kuitattavaa työvaihetta.

Samaa dokumenttia käytetään myös robotin lopullisessa käyttöönotossa, mutta tässä työssä keskityin vain testaukseen liittyviin kohtiin.

Koska dokumentti oli testauksen kannalta tärkeä ja sitä käytettiin paljon, oli ajankoh- taista tarkistella dokumentin käytettävyyttä ja päivittää se korjaamalla suurimpina pi- dettyjä ongelmakohtia.

	A	B	C	D	E	F	G
		C01	R01	C02	R02	C03	R04
1	1. Laitetestauksen ohjeiden tekeminen						
2	2. LPS						
3	3. LPS mode						
4	4. LPS address						
5	5. Profibus addresses						
6	6. Cigital's settings						
7	7. Robot's parameterization						
8	8. LPS -> recipe file						
9	9. LPS control (LPS file)						
10	10. Robot's Control file						
11	11. LPS connection verification (LPS adaptation) -> LPS huonon toimivuutta?						
12	12. Check LPS settings (LPS & Serial)						
13	13. Check LPS PLC status						
14	14. Check LPS						
15	15. Robot Fan (Fan out to in)						
16	16. Robot's Fan (Fan out to in)						
17	17. Check connection between cell PLC and R1						
18	18. Check connection between cell PLC and R2						
19	19. Check connection between cell PLC and R3						
20	20. Safety device check						
21	21. Light curtain, sensor's status						
22	22. Light curtain, sensor's status						
23	23. Light curtain, sensor's status						
24	24. Light curtain, sensor's status						
25	25. Light curtain, sensor's status						
26	26. Light curtain, sensor's status						
27	27. Light curtain, sensor's status						
28	28. Light curtain, sensor's status						
29	29. Light curtain, sensor's status						
30	30. Light curtain, sensor's status						
31	31. Light curtain, sensor's status						
32	32. Light curtain, sensor's status						
33	33. Light curtain, sensor's status						
34	34. Light curtain, sensor's status						
35	35. Light curtain, sensor's status						
36	36. Light curtain, sensor's status						
37	37. Light curtain, sensor's status						
38	38. Light curtain, sensor's status						
39	39. Light curtain, sensor's status						
40	40. Light curtain, sensor's status						
41	41. Light curtain, sensor's status						
42	42. Light curtain, sensor's status						
43	43. Light curtain, sensor's status						

Kuva 7. Kuvakaappaus aikaisemmasta tarkistusdokumentista

Suurimpana ongelmana dokumentissa pidettiin seuraavia asioita;

- Tarkistuskohteet olivat sekaisin riveillä, eivätkä ne seuranneet testauksen kulua. Kohteita joutui etsimään pitkästä listasta, sillä lista oli jaettu vain solun ja robotin välisiin tarkistuksiin.
- Osa tarkistuskohteista oli lähes samaa tarkoittavia, vain eri sanamuodoin esitettyinä.
- Joissakin kohdissa tarkistettavan kohdan kuvaus oli niin lyhyt ja ilman selityksiä, että jäi epäselväksi mitä toimenpide käytännössä tarkoittaa ja miten se pitäisi tehdä.
- Sekavuutta, koska osa toimenpiteistä oli kirjoitettu Englanniksi, osa Suomeksi.
- Dokumentti sisälsi vanhentunutta ja yksityiskohtaista projektikohtaista tietoa. Mukana oli myös paljon mekaanisia ja sähköisiä toimenpiteitä, joita pystyisi tarkistamaan helpommin jo linjakokoonpanolla kokoonpanon yhteydessä.

Toimenpiteitä, joilla dokumentin käytettävyyttä parannettiin;

- Tarkistuskohteet jaoteltiin samaan järjestykseen jossa työvaiheet tehdään. Järjestys seuraa nyt laitetestauksen prosessikaavion ja laitetestauksen ohjeen mukaista järjestystä ja kohteet on eroteltu selkeällä vaakaviivalla.
- Poistettiin vanhentuneet, projektikohtaiset ja samaa tarkoittavat kohdat. Siirrettiin mekaanisia ja sähköisiä tarkistuksia linjakokoonpanon tarkistuslistaan. Lisättiin uusia tarkistettavia kohtia.
- Selkeyden vuoksi työvaiheen tyypit jaoteltiin kolmeen kategoriaan ja jokaiselle annettiin oma tunnusvärinsä; Check (tarkista), Do (tee) ja Test (testaa)
- Lisättiin lisätietoja ja työohjeita sisältävä kommenttikenttä kaikkiin sellaisiin työvaiheisiin joita ei pysty riittävän tarkasti selittämään yhdellä lauseella.

Kommenttikenttä ohjeineen lisättiin myös kaikkiin testauskategoriaan kuuluviin toimenpiteisiin.

- Työvaihe muutettiin alkamaan aina verbillä. Esimerkiksi; aseta, vaihda, tarkista, määritä tai testaa. Tämä selkeyttää työvaiheen hahmottamista merkittävästi.
- Koska samaa dokumenttia käytetään useilla eri sovellustyypeillä, lisättiin testattavan kohdan eteen solu joka kertoo mitä sovellusta kyseinen toimenpide koskee. Jos toimenpide ei koske kyseistä robottia, voidaan rivi automaattisesti himmentää näkyvistä kirjoittamalla ”n/a”.
- Muutettiin dokumentin pääkieleksi suomi, mutta jätettiin myös englanti rinnalle.

Robot StartUp document - Laitetestausta						Cell10	R101	R102	Cell20	R201	R202
PROJEKTINUMERO, PROJEKTIN NIMI, KOHDE											
11	SOLUKAAPPI JA TURVALAITTEET					CELL CABINET AND SAFETY DEVICES					
12	Aseta Asi-osoitteet tunarallelle, osille ja valoverhoille					BW Nodet					
13	Aseta IP-osoite BW:lle ja PLC:lle					IP-address					
14	Aseta Profibus osoite 5 BW:lle					Profibus addresses					
15	Tarkista UPS asetukset (3.4Ah & 5min)					Check UPS settings (3.4Ah & 5min)					
16	Tarkista hätäsisä painikkeiden asennus ja toiminta					Check safety devices					
17	Tarkista valoverhojen asennus ja toiminta					Check light curtains					
18	Tarkista valoverhojen ja Reset-nappulan toiminta 2-suuntaisessa kulettimessa										
19	Tarkista huoltoasiantunturaiden asennus ja toiminta										
20	Tarkista turvarajojen asennus ja toiminta					Check sliding door safety limits					
21	Testaa solukaapin tuuletin/lämmitin/lyymäläite					Test cabinet fan (from out to in)					
22	Testaa, että PC sammuu UPS:n varassa ja tieto UPS:ilta PLC:lle					Test UPS PC shutdown					
23	Testaa HMI-paneelin painikkeiden toiminta					Test UI tatti + nappulat functionality					
24	SOLU PLC					CELL PLC					
25	Muokkaa IndraWorks projektia vastaavaksi					IndraWorks parametrization					
26	Tarkista Firmwaren päivitysterve					Update Firmware if necessary					
27	Tarkista onko S-aseamalla uudempiä L25 archive										
28	Vaihda Englanti kieleksi					Vaihda Englanti kieleksi					
29	Tarkista cell:in IP1					C1_Station / Config INI					
30	Tarkista EXT turvasignaalin toiminta in / out					EXT E- & S-stops in / out					
31	Tarkista PLC:n ja BW:n välinen yhteys					Check connection between cell PLC and BW					
32	Tarkista PLC:n ja UI:n välinen yhteys					Check connection between cell PLC and UI					
33	SOLUN VARMUUSKOPIOINTI					CELL BACKUPS AFTER TEST					
34	Tallenna PC layout					Save PC layout					
35	Tallenna safety plantext.log (BW)					Save safety plantext.log (BW)					
36	Tallenna BW					Save BW					
37	Tallenna INI-tiedostot (Solun)					Save INI-files (L25)					

Kuva 8. Kuvakaappaus päivitetystä testausdokumentista

9.2 Kokoonpanolinjan laadunhallinnan kehitystyö

Huonoistakin osista voi valmistaa toimivan tuotteen kokoonpanemalla huonot osat toimivaksi kokonaisuudeksi. Laadullisesti hyvät osat voi puolestaan pilata huonolla kokoonpanolla, jolloin tuotteesta ei tule toimivaa. Ei siis ole aivan yksikäsitteistä, mistä tuotteen laatu syntyy. Tärkeintä on kuitenkin oikea kokoonpano, koska kokoonpanolla ratkaistaan koko tuotteen lopullinen laatu. (VTT, 2011)

Koska kokoonpanolla on merkittävä osa robottien laadun kannalta, piti laitetestauksen kehitystyö ulottaa koko kokoonpanolinjan toiminnan tarkisteluun. Laitetestauksessa pyritään saamaan esille komponenteissa olevat ja kokoonpanossa tehdyt virheet, joten on olennaista selvittää mitä toimenpiteitä voidaan tehdä jotta saadaan minimoitua testaukseen päätyvät virheet.

Ideoita tehtäviksi toimenpiteiksi laadun parantamiseksi linjakokoonpanossa;

- Kokoonpano-ohjeiden kirjoittaminen mekaniikka ja sähköasennukseen vähentäisi asennusvirheiden mahdollisuutta etenkin asentajien vaihtuessa.
- Vastaavan asentajan osoittaminen mekaaniseen ja sähköiseen kokoonpanoon parantaisi asennuksen hallittavuutta. Vastaava asentaja ohjaisi ja vastaisi oman kokoonpanokohtansa aikataulun pitävyydestä, osien saatavuudesta ja laadunhallinnasta. Koska roboteihin ja soluun liittyvä sähköosien esivalmistelu on tärkeässä osassa, voisi vastaava asentaja myös hallita ja varmistaa myös näiden osien valmistusta.
- Roboteista löydettyjen virheiden listan julkaiseminen kokoonpanolinjan ilmoitustaululla ja listan läpikäyminen laitetestauksen ja asennuksen kesken taasisin väliajoin parantaisi merkittävästi tiedonkulkua. Löydetyt asennusvirheet saataisiin kokoonpanolinjalle ja niihin reagoitaisiin.

9.3 Tuotannonohjausjärjestelmään integroidut tarkistuslistat

Cimcorpin uuden IFS-pohjaisen tuotannonohjausjärjestelmän tultua käyttöön, mahdollisuudet laadunhallintaan kokoonpanolinjastolla kasvoivat merkittävästi. Osana tätä opinnäytetyötä on tarkoitus kartoittaa ne työvaiheet, jotka ovat tärkeimpiä siirtyessään paperisilta tarkistuslistoilta tuotannonohjausjärjestelmän kautta tehtävään raportointiin.

Jatkossa kaikista kokoonpanon vaiheista tehdään sen suorituksen jälkeen kuittaus. Työvaiheeseen voidaan kuitenkin lisätä ehtoja jotka pitää olla suoritettuna ennen kun

kuittaus on mahdollista tehdä. Näitä ehtoja tulen työssä määrittelemään. Ensimmäinen projekti jossa työvaiheiden raportointi tulee käyttöön, on huhtikuussa 2018.

VT no	Toimitus	Järjestysno	Vaihe	Kuvaus	Vahe	Vaheen tilitys	Vahega	Jaa vaiheesta	Huom	Järjestä huomautukset	Nimike	Nimikekuvaus
22	*	30	Kokoonpano	Umpinosa	750	20					440324	SÄPPIENI A...
23	*	30	Kokoonpano	Grippersä	745	20					444752	SUPPORT ASE...
30	*	10	Machining		139	10					380300	BEAM D20 M1
41	*	30	Ei asennus		167	30					446032	CABLE DRUM
CA0	1	1	10	Mech. assembly	594	10					325285	BEARING WHE...
6	*	10	Materiaalin kausu	Grippersä	6	10					455040	ROLLER COM...
9	*	10	Materiaalin kausu	Grippersä	14	10					455099	ROLLER COM...
6	*	20	Mech. assembly		7	20					455040	ROLLER COM...

Kuva 9. Cimcorpin uuden tuotannonohjausjärjestelmän tuotannonraportointi.

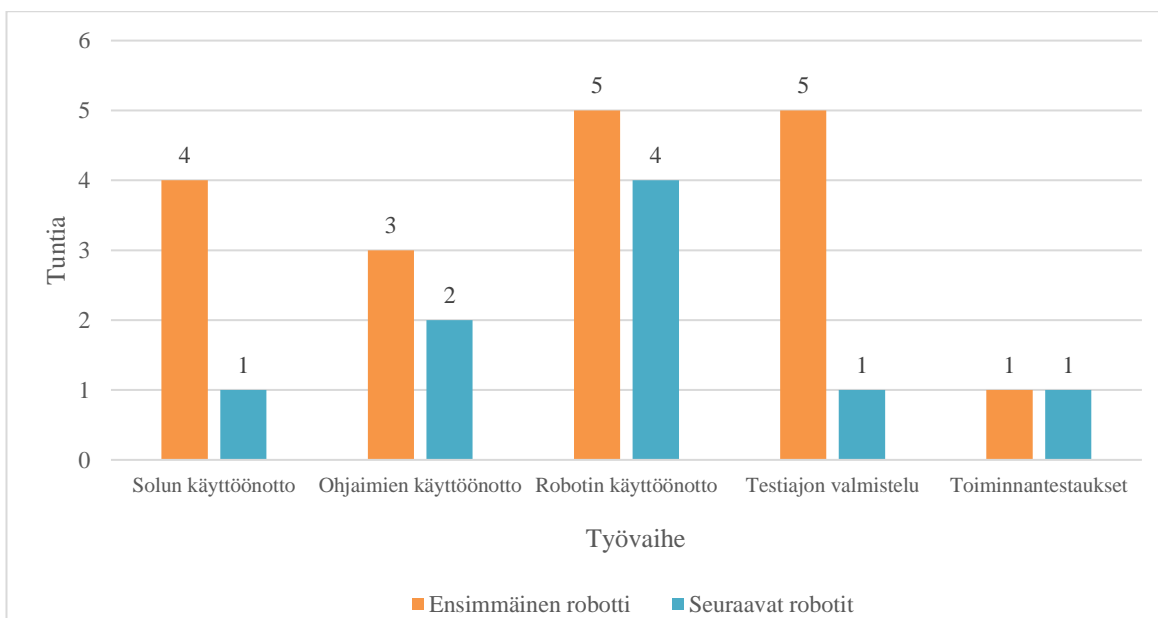
Ensimmäinen toimenpide oli tutkia millaisia tarkistuskohteita aikaisemmin linjakoonpanossa oli käytössä ja miten ne tehtiin. Portaalirobottien laadunhallinnassa jokaisesta robotista tehtiin Cimcorpin oma sisäinen tarkastusraportti (D268734), johon jokaisessa kokoonpanovaiheessa merkattiin vaaditut työvaiheet suoritetuksi tai tarkistetuksi. Raportti kiersi robotin mukana tarttujan ja mekaanisen kokoonpanon pisteillä, sekä lopuksi laitetestausalueella. Sähköasennuksella oli käytössä oma kaksisivuinen tarkistuslistansa johon merkattiin myös käyttöönottomittaukset.

Mekaanisten vaiheiden kuittaukset pystyivät siirtämään sellaisenaan myös uuteen tuotannonohjausjärjestelmän listaan. Laitetestauksen tarkistuslistasta siirrettiin lisäksi muutamia sellaisia mekaniikkaan liittyviä tarkistuskohtia jotka on helpompi tarkistaa jo kokoonpanolinjalla robotin vielä ollessa lattialla pukkien päällä. Laitetestauksen osalta lisättiin muutama uusi kohta, kuten viittauksen laitetestauksen täydennettyyn testausdokumenttiin.

Yhdistämällä erikseen tarkistettavia kohteita saman kohdan alle, sain tiivistettyä tuotannonohjausjärjestelmään siirrettävien sähköasennuksen tarkistettavien kohteiden lukumäärän alle kahteenkymmeneen. Käyttöönottomittausten siirtämisessä sähköiseen muotoon, päädyttiin sähkötöiden johtajan kanssa ratkaisuun, jossa suojajohtimen jatkuvuuden ja eristysvastusmittauksen tulokset pitää myös kirjata järjestelmään, eikä pelkkä kuittaus saavutetusta turvatasosta riitä. Myös käytetty mittalaite vaaditaan kirjattavaksi jokaisen robotin kohdalla erikseen järjestelmään.

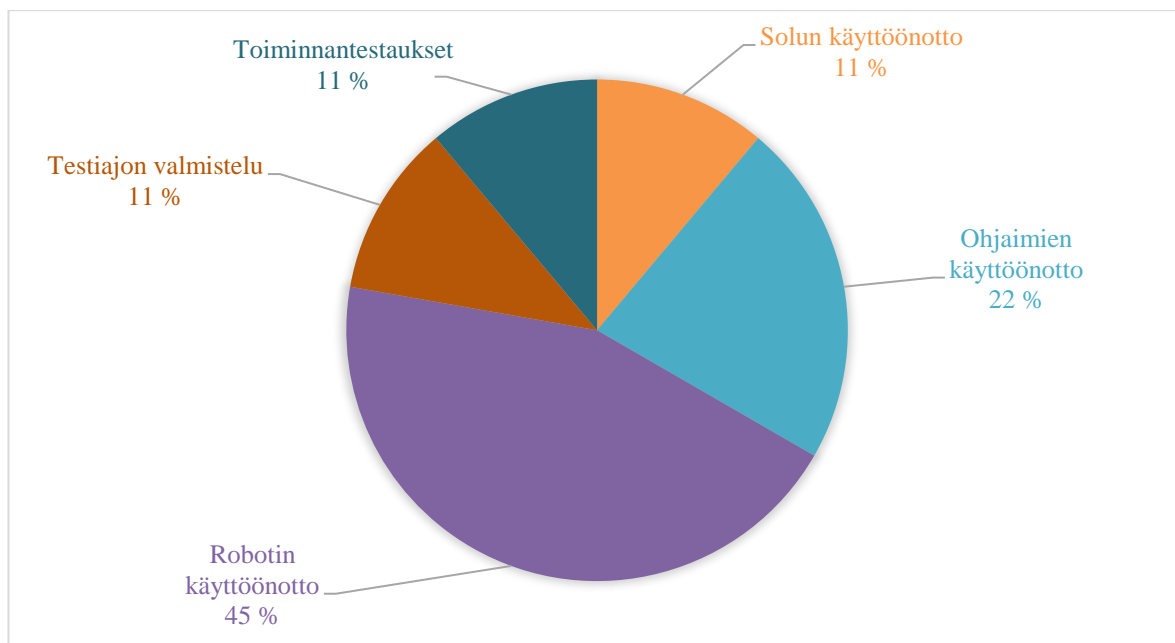
10 LAITETESTAUKSEN LÄPIMENOAJAN NOPEUTTAMINEN

Linjakokoonpanossa yksi toimivuuden edellytys on, että asennettavien osien materiaalivirta on häiriötöntä, mutta myös hyvällä tuotteen suunnittelulla pystytään vaikuttamaan merkittävästi valmistuksessa ja kokoonpanossa syntyvään aikaan. Logistiikan ja tuotannon suunnittelulla voidaan vaikuttaa siihen, kuinka nopeasti ja paljon robotteja kootaan samaan aikaan. Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus tarkistella toimenpiteitä, joilla läpimenoaikaa voidaan nykyisestäään nopeuttaa linjakokoonpanon viimeisessä lenkissä, eli laitetestauksen yhteydessä.



Kuva 11. Laitetestauksen ensimmäisen testattavan robotin vaikutus ajankäyttöön verrattuna seuraavien saman projektin robottien ajankäyttöön.

Laitetestauksen ajankäyttöä tutkiessa merkillepantavaa on se, että ensimmäisen robotin vaatima ajankäyttö on kokonaisuudessaan 100% suurempaa kuin saman projektin seuraavien robottien. Todellisuudessa ajankäyttöön vaikuttaa merkittävänä osana myös viat ja ongelmat joita lähes aina tulee uutta projektia käyttöönotettaessa. Myös robottityyppi vaikuttaa ajankäyttöön, sillä osa robottityypeistä ei ole vielä standardisoinnissa yhtä pitkällä kuin esimerkiksi MultiPick ja TyrePick FT sovellukset. Näiden yleisempien sovellustyyppien käyttöönotto ja laitetestaus on ohjelmallisten ja mekaanisten alueiden kannalta jouhevaa.



Kuva 12. Laitetestauksen ajankäytön koostumus ensimmäisen robotin jälkeen.

10.1 Toimenpiteitä heti

Nykyisin käytössä olevalla linjakokoonpanon mallilla ei pystytä tuottamaan kokoonpanolinjalta enempää kuin kaksi robottia viikossa. Koska portaalirobotit ovat kokoluokaltaan erittäin suuria, aiheuttaa se ongelmia rajallisen hallitilan kannalta.

Mekaanisessa ja sähköisessä kokoonpanossa on kuitenkin erikoisjärjestelyiden avulla mahdollista koota samaan aikaan kahta robottia, jos henkilöstömäärä kokoonpanolinjalla tuplataan ja varmistetaan osien häiriöttömästä saatavuudesta.

Pullonkaulaksi linjakokoonpanossa muodostuu kuitenkin laitetestauspiste, joka ei pysty testaamaan kuin yhtä robottia kerrallaan. Lisäksi roboteille vaadittava testiajo koeajomateriaalin kanssa on erittäin tärkeä, sillä useat viat ja virheet tulevat esiin vasta pitkän testiajon aikana. Robottien toimintavarmuus on kuitenkin pyrittävä mahdollisimman pitkän testiajon avulla toteamaan jo laitetestauksessa ennen asiakkaalle lähettämistä, jotta säästetään lopullista käyttöönottoaikaa ja pystytään aikatauluissa. Tästä syystä laitetestaukseen käytettävää koeajoaikaa ei voida lähteä kokoonpanolinjalla lyhentämään.

On kuitenkin toimenpiteitä, joilla varsinaiseen laitetestaukseen kuluva aikaa saadaan nopeutettua heti. Näitä toimenpiteitä ovat;

– Tiedonkulun parantaminen

Yhtenä suurimmista ongelmista laitetestauksessa todettiin, että projektin alkuvaiheessa ei ollut saatavilla kaikkia tiedostoja, dokumentteja ja komponentteja joita testauksen alkuvaiheessa olisi välttämätöntä olla saatavilla. Tämä usein hidastaa projektin laitetestauksessa ensimmäisten robottien läpimenoaikaa.

Ongelmia on erityisesti solu-PC:n ja ethernet-kytkimen saamisessa laitetestaukseen aikataulun mukaisesti.

Tiedonkulun parantaminen IT-osaston ja tuotannon kanssa on yhtenä ratkaisuna ongelmaan. Käytännössä tämä tarkoittaa aikataulujen esittämistä IT-osastolle hyvissä ajoin ennen laitetestauksen alkamista.

– Solukaappien käyttöönotto sarjatyönä

Solukaappi saapuu laitetestaukseen suoraan kaappivalmistajalta ja siihen tehdään komponenttien konfiguroinnit, käyttöönotto ja laitetestit. Solukaapit saapuvat hallille kaappivalmistajalta yleensä yhtä aikaa. Solukaapit käyttöönotetaan robottien testauksen edetessä yksi kerrallaan aina solun vaihdon yhteydessä. Solukaapilla voidaan ohjata kahta robottia, joten solukaapin käyttöönottoa ei tarvitse tehdä jokaisen robotinvaihdon kohdalla erikseen mutta siitä huolimatta solun käyttöönottoon kuluu aikaa 10% koko robotin laitetestaukseen käytetystä ajasta. Aika on riippuvainen turvakomponenttien ja modifikaatioiden määrästä.

Solukaapit voidaan kuitenkin ottaa käyttöön jo ennen laitetestaukseen saapumista, jolloin säästetään laitetestauspisteellä käytettävää aikaa. Tätä tapaa on käytetty jo jonkin verran aikaisemmin kiireellisissä projekteissa, mutta yleensä vain yhdelle kaapille kerrallaan.

Jos kaikkiin projektin solukaappeihin kytkettäisiin sähköt ja asennetaan niihin kuuluvat komponentit samaan aikaan, voitaisiin ne ottaa käyttöön sarjatyönä. Tämä nopeut-

taisi solukaappien käyttöönottoa merkittävästi, sillä työvaiheet voitaisiin suorittaa jokaiselle solukaapille peräkkäin. Soluun liittyvät konfiguroinnit ovat viivästyksen yleisin syy, joten toimenpiteellä voitaisiin varmistua siitä, että solu on toimintakunnossa ennen sen saapumista testiin.

– Ohjaimien käyttöönotto ennen nostamista johteille

Laitetestauksen kokonaisajasta 20% kuuluu ohjaimien käyttöönottoon liittyviin toimenpiteisiin. Tämä toimenpide voidaan kuitenkin suorittaa yhtä hyvin jo ennen robotin nostamista testijohteille, jos testisolussa on samaan aikaan toinen robotti. Kun ohjaimet on käyttöönotettu jo valmiiksi, päästään robotilla heti testisolun vapauduttua ajamaan toiminnan testausta. Robotin läpimenoaika laitetestauksessa lyhenee tällä toimenpiteellä noin 20 %. Edellytyksenä on, että robotti on mekaanisesti ja sähköisesti valmiina ja käyttöönottomittaukset on tehty, jotta robottiin voidaan kytkeä sähkö.

– Ohjelmien lataus kaikkiin operaattoripaneeliin

Jokaiseen robottisoluuun tulee mukaan yksi operaattoripaneeli. Yleensä operaattoripaneelin ohjelmisto asennetaan aina ensimmäisen solun robotin yhteydessä. Toimenpide kestää erikseen tehtynä noin 30 minuuttia. Samassa projektissa voi olla operaattoripaneeleita 2-6 kappaletta. Ohjelmat voi kuitenkin ajaa paneeleihin samalla kertaa, jolloin toimenpiteeseen käytetty aika lyhenee huomattavasti ja paneelikohtainen aika on enää noin 10 minuuttia.

10.2 Toimenpiteitä jatkossa

Koska nykyisen hallitilan kannalta pullonkaulaksi linjakokoonpanossa muodostuu laitetestauspiste, pitää pohtia toimenpiteitä joilla tulevaisuudessa saataisiin nopeutettua laitetestauksen läpimenoaikaa. Esiteltyt toimenpiteet vaativat laitetestausalueen nykyisen 135 m² lattiapinta-alan tuplaamista, joka on mahdollista vasta tulevaisuudessa tuotantotilojen laajennuksen yhteydessä. Toimenpiteitä laitetestauksen läpimenoajan nopeuttamiseksi jatkossa ovat;

– Laitetestaussolun pidentäminen

Koska nykyisellä noin 7,5 metrin mittaisella x-johteella ei pystytä ajamaan kuin yhtä robottia kerrallaan, on laitetestauksen läpimenoajan nopeuttamisen kannalta ainoa vaihtoehto pidentää solua toisella x-johteella. Tällä toimenpiteellä saataisiin ajettua kahta robottia samaan aikaan. Toimenpide edellyttää myös testausresurssien määrän nostamista yhdestä kahteen.

Johteiden keskellä tulisi olla stopparit, joilla estettäisiin robottien törmäykset ja pääseminen toisen robotin työskentelyalueelle. Tarvittaessa stoppari voitaisiin laskea paineilmalla pois käytöstä, jolloin olisi mahdollista testata robottien väistelyominaisuuksia ja todellista kahden robotin solun toimintaa. Liikuteltavia stoppareita on toteutettu useisiin projekteihin, joten sen mekaniikkasuunnittelu olisi jo valmiina.

Pidemmän solun keskellä olisi sähkösyötöt kahdelle solukaapille, jotta olisi mahdollista ajaa samaan aikaan kohden eri solun robotteja omilla solukaapeillaan.

Soluun liittyvät turvakomponentit voisivat sijaita liikuteltavilla kärryillä, jollain ne voitaisiin siirtää helposti laitetestauspaikalle valmiiksi käyttöönotettuna.

– Johteiden siirtäminen kiskoilla y-suunnassa

Koska jokaisessa projektissa robottien pituus on erilainen asiakkaan tiloista johtuen, pitää johteiden etäisyyttä siirtää aina y-suunnassa. Siirtäminen tapahtuu mittaamalla johteen jalkojen uudet paikat, poraamalla lattiaan kiinnitysreiät, siirtämällä johteet nostimen avulla paikalleen ja suoristamalla johteet vaakasuoraan. Toimenpide vie linjakokoonpanon mekaniikkahenkilöstön aikaa noin 4-8 tuntia projektia kohden.

Jos x-johteiden slave-puoleinen pää olisi kiskojen päällä, voitaisiin sitä siirtää helposti ilman lattian poraamista ja koko johteen nostamista. Johteiden jalkojen lisäksi sivutuki pitäisi olla liikuteltavissa kiskojen avulla. Kiskojen asennus johteiden alle on haastava suunnitella, mutta Cimcorpissa on vahva mekaniikkasuunnittelun osaaminen.

– Johteiden korkeussäätö ja solun lattian suoristaminen

Robotit ovat projektikohtaisesti eri korkeudella, joten solun johteita siirretään aina projektien vaihtuessa. Korkeussäätö tapahtuu johteiden jaloissa sijaitsevilla tapeilla, joita voidaan siirtää 100 mm välein. Tavoitteena on saada laskettua tarttuja niin lähelle lattiaa kuin mahdollista. Tämä väli on kuitenkin liian karkea, sillä usein lattiatasolle ei päästä ja lattialle joudutaan asentamaan korotuslevyjä. Jos korkeussäätö olisi 50 mm, voitaisiin robotin jalat asentaa lähemmäs lattiaa ja korotuslevyjen käytöstä voitaisiin luopua. Optimaalisin vaihtoehto olisi se, että korkeussäätö voitaisiin tehdä portaattomasti. Tätä vaihtoehtoa kannattaisi mekaniikkasuunnittelussa tutkia.

Varaston lattian suoruus on erittäin tärkeässä osassa varsinkin laatikoita ja kaasupulloja käyttävissä robottisovelluksissa. Lattian vinous saisi olla enintään 2 mm / m. Nykyinen varaston lattia on paikoitellen vinossa jopa 15 mm / m, ja lattialle joudutaan tästä syystä asentamaan vanerilevyjä, jotka suoristetaan mellalevyjen avulla. Vanerilevyjen asentaminen ja suoristaminen vie laitetestauksen aikaa noin 4-8 tuntia projektikohtaisesti. Levyjen käyttö aiheuttaa myös sen, että varastopaikkoja ei ole käytössä kuin levyjä vastaava määrä. Tämä tarkoittaa sitä, että mahdollisia varastopaikkoja voi esimerkiksi olla 85 kappaletta, mutta vanerilevyjä on varastoon asennettu vain 7 kappaletta, jolloin muut paikat joudutaan poistamaan solun käytöstä soluohjaimella.

Lattia tulisi suoristaa ja pinnoittaa laitetestausalueella uudelleen, jotta vanerilevyjen asentamisesta päästäisiin ja saataisiin koko varaston lattia käyttöön.

11 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saada dokumentoitua mahdollisimman tarkasti portaalirobotille tehtävän laitetestauksen vaiheet ja kirjoittaa niistä ohje sekä tehdä laitetestausalueen kehitystyötä. Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin, sillä työn tuloksena syntyi yli 70 sivuinen ohje laitetestaukseen ja käyttöönottoon. Työn tilaaja oli tyytyväinen työn tulokseen ja työn tuloksena syntynyt ohje otettiin heti käyttöön. Jatkossa ohjetta on tarkoitus täydentää ja päivittää laitetestauksen yhteydessä siten, että se on käytössä kaikkien erityyppisten sovellusten kanssa. Myös laadunhallinnan uudet työkalut, sekä uusia työtapoja läpimenoajan nopeuttamiseksi on otettu onnistuneesti käyttöön.

Työ oli mielestäni mielenkiintoinen ja työtä tehdessä tapahtui paljon ammatillista oppimista, sillä jouduin pohtimaan useita laitetestaukseen liittyviä kokonaisuuksia. Ohjetta kirjoittaessa tarkistelin työvaiheita hyvinkin tarkkaan ja selvitin asioita useiden eri työntekijöiden kanssa, jolloin oppimista tapahtui paljon.

LÄHTEET

- AG, B. R. (2008). *Rexroth IndraDrive - Rexroth IndraMotion MLD. Application Manual*.
- Cimcorp Oy sisäinen dokumentti. (2017). *D123456 TECHNICAL DESCRIPTION MBR700+ GANTRY ROBOT*. Cimcorp Oy.
- Cimcorp Oy:n intranet. (2018). *Cimcorp Oy:n intranetsivut*. Luettu 20.1.2018
- Cimcorp Oy:n sisäinen tiedote. (1995). Automaation taitajana 20 vuotta. 1 osa. *CIMposti*, 1-4.
- Pöri, M. (2008). *Testaus Scrum-prosessimallissa*. Noudettu osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/21431/testauss.pdf> Luettu 4.2.2018
- Standardisoimisliitto, S. (2012). *SFS-EN 82079-1 Käyttöohjeiden laatiminen. Jäsentäminen, sisältö ja esittäminen. Osa 1: Yleiset periaatteet ja yksityiskohtaiset vaatimukset*.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS. (2015). *SFS EN ISO 9000 Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto*. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- TEKES. (2001). *Keskiraskas ja raskas kokoonpanotoiminta. Teknologiaohjelmaraportti*.
- VTT. (2011). *Työohjeiden laadintamenetelmiä kappaletuotannossa. Loppuraportti*. (H. Nikael;S. Tapio;S. Pekka;S. Juha;& J. Paula, Toim.)
Noudettu osoitteesta <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2011/W162.pdf>
Luettu 4.2.2018

Taulukko: Kirjoitustyyli

Suositus	Suosittelava muoto	Vältettävä muoto
Käytä verbien aktiivimuotoja	Katkaise virta	Varmista, että virta on katkaistu
Käytä käskymuotoja	Älä irrota liitintä	Liitintä ei pitäisi irrottaa
Käytä toimintaa ilmaisevia verbejä abstraktien substantiivien sijaan	Tarkista, asenna, kytke, vaihda, käytä, huolla	Tarkistus, asennus, kytkeminen, vaihto, käyttö, huolto
Puhu suoraan käyttäjälle	Tarkista maadoituksen oikea kytkentä	Asentajan tulisi tarkistaa maadoituksen oikea kytkentä
Sano asiat yksinkertaisesti	Käytä vain yhteensopivia työkaluja	Älä käytä muita kuin yhteensopivia työkaluja
Vältä liiallisia varoituksia	Pidä ohjaimet kuivana, kun puhdistat niitä.	Älä pese ohjaimia käyttämällä vettä.

Taulukko: Ohjeiden tyyliopas

Kohde	Selite	Esimerkkejä
Muokattava kohta	Lihavoidaan tehtävä toimenpide tai arvo. Jos arvoa ei voi ohjeessa määrittellä, käytetään < >	Tarkista että termostaatin asetusarvo on 35 ° c Osoite: < Osoite >
Toimenpide kun työjärjestys	Lihavoidaan tehtävä toimenpide tai arvo.	1. Klikkaa OK 2. Vaihda arvoksi 35° c
Siirtyminen hakemistopolkuun kun työjärjestys	Lihavoidaan polku	1. Siirry kohtaan Asetukset / Muokkaus
Viittaus kohteeseen kun ei työjärjestystä	Viittaus ”lainausmerkkien sisään”	Klikkaa ”Asetukset” ja siirry kohtaan ”Muokkaus”

- MBR+ Portaalirobotin laitetestaus ja käyttöönotto. 74 sivua. LIITE 2
Liite on Cimcorp Oy:n sisäinen ja luottamuksellinen dokumentti ja saatavilla vain asiakkaan versiossa.
- Linjakokoonpanon kuitattavia työvaiheita. 1 sivu. LIITE 3
Liite on Cimcorp Oy:n sisäinen ja luottamuksellinen dokumentti ja saatavilla vain asiakkaan versiossa.
- Linjakokoonpanon sähköasennuksen tarkistusdokumentti. 2 sivua. LIITE 4
Liite on Cimcorp Oy:n sisäinen ja luottamuksellinen dokumentti ja saatavilla vain asiakkaan versiossa.
- StartUp dokumentti. Excel-tiedosto. 3 sivua. LIITE 5
Liite on Cimcorp Oy:n sisäinen ja luottamuksellinen dokumentti ja saatavilla vain asiakkaan versiossa.