

Samuli Nukala

# **Varastojärjestelmän integrointi 2D- laserleikkauskoneeseen**

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Samuli Nukala

Työn nimi: Varastojärjestelmän integrointi 2D-laserleikkauskoneeseen

Ohjaaja: Jarkko Pakkanen

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 39

---

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Seinäjoella toimiva Finn-Power Oy. Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa kattava toimintaohje ja dokumentaatio CTL-varaston ja 2D-laserleikkauskoneen integroinnista. Opinnäytetyön aihe syntyi toimeksiantajan pyynnöstä suunnitella ja toteuttaa ohje Prima Power Academyyn, joka on yrityksen oma Moodle-pohjainen ympäristö. Työn tavoitteena on selkeyttää ja auttaa asiakkaalla tulevia epäselviä tilanteita käyntiinajajille ja huoltohenkilöille.

Työssä käydään läpi CTL-varaston ja LG 2D -laserleikkauskoneen toimintaperiaatteet, kommunikaatio laitteiden välillä ja tutustutaan koneiden toimintasykleihin. Työohjeen toteutuksessa käydään läpi laitteiden ylemmän ja alemman tason kommunikaatio, kuinka kommunikaatiokuvaus on toteutettu ohjeeseen ja esitellään pääkoneen ja optiolaitteiden toiminta ja osat. Työhön on etsitty tietoa automaatioalan kirjallisuudesta. Tietoa haettiin myös yritysten ja valmistajien verkkosivuilta. Työssä käytettiin yrityksen omia TwinCAT 3 -ohjelmia ja muita dokumentteja.

Työ dokumentoitiin ja siirrettiin yrityksen omaan Moodle- järjestelmään eli Prima Power Academyyn. Työhön saatiin kuvattua ylemmän ja alemman tason kommunikaatiot selkeästi ja helposti luettavaksi. Toimintasyklit, mitä ohjeeseen oli suunniteltu laitteesta, saatiin toteutettua ohjeeseen. Työtä pystytään jatkokehittämään tulevaisuudessa.

Avainsanat: TwinCAT, toimintaohje, Moodle, kommunikaatio, toimintasykli

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Machine Automation

Author: Samuli Nukala

Title of thesis: Storage System Integration to a 2D-Laser Cutting Machine

Supervisor: Jarkko Pakkanen

Year: 2019

Number of pages: 39

---

The purpose of this thesis was to produce a functionality description of a CTL storage system and produce the instructions for the integration of the CTL storage system and an LG 2D-laser cutting machine. This thesis was ordered by Finn-Power Oy. The goal was to expand the instructions of the company and to reduce machine start-up time required from the engineer.

The functionality description was made mainly by functional cycles. The description focused on presenting the machine, the main devices and the optional devices that can be added to the machine. The description includes blocks that are divided into upper and lower level communication. The description was planned to have the large scale functionality of the main machine cycles and different optional device cycles. Information for the description was found from TwinCAT 3 software, the documentation of the company and technical literature.

The functionality description was imported to the Moodle- management system. Upper and lower level communication and the planned cycles were included in the description. The description can be developed further in the future.

Keywords: communication, description, integration, documentation, functionality

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
Kuva- ja kuvioluettelo .....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	6
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>7</b>
1.1 Työn tausta .....	7
1.2 Työn tavoite .....	7
1.3 Työn rakenne .....	7
1.4 Yritysesittely .....	8
<b>2 LAITTEIDEN KOMMUNIKAATIO .....</b>	<b>9</b>
2.1 Digitaalinen kommunikaatio .....	9
2.2 Teollinen internet.....	10
2.2.1 Älykäs tehdas.....	10
2.2.2 Etävalvonta .....	10
2.2.3 Etähallinta .....	12
2.2.4 Tietoturva.....	12
<b>3 TIEDONSIIRRON TOTEUTUKSET.....</b>	<b>13</b>
3.1 Kenttäväylä .....	13
3.2 EtherCAT .....	13
3.3 ProfiBus-kenttäväylä .....	15
3.4 DeviceNet-kenttäväylä .....	17
3.5 Tulus-soluohjain .....	18
<b>4 TYÖOHJEEN PERIAATTEET .....</b>	<b>20</b>
4.1 Ohjeen odotettu käyttötarkoitus.....	20
4.2 Tiedon tarkkuuden määrittäminen ohjeessa.....	20
4.3 Ohjeen runko.....	21
4.4 Työohjeen valmisteluprosessi .....	21
<b>5 LAITTEET .....</b>	<b>23</b>
5.1 Combo Tower Laser – CTL.....	23
5.2 Laser Genius.....	24
5.3 Laitteisiin perehtyminen .....	25
5.3.1 Nosturi.....	25

5.3.2 Tarttuja.....	26
5.3.3 Siirtovaunu .....	27
5.3.4 Piikkipöytä.....	28
<b>6 TOIMINTAOHJE .....</b>	<b>30</b>
6.1 Työohjeen tausta.....	30
6.2 Työohjeen valmistelu .....	30
6.3 Ylemmän tason kommunikaatio .....	31
6.4 Alemman tason syklikaaviot .....	33
<b>7 TULOKSET JA JATKOKEHITYS .....</b>	<b>37</b>
<b>8 YHTEENVETO.....</b>	<b>38</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>39</b>

## Kuva- ja kuvioluettelo

Kuva 1. CTL-Nosturi .....	26
Kuva 2. CTL-tarttuja.....	27
Kuva 3. Siirtovaunu.....	28
Kuva 4. LG-piikkipöytä .....	29
Kuvio 1. Etävalvontaan liittyvät muut sovellusalueet.....	11
Kuvio 2. EtherCAT master- ja slave-laitteet.....	14
Kuvio 3. ProfiBus-kaapeli ja -liittimet.....	16
Kuvio 4. ProfiBus-kaavio.....	17
Kuvio 5. DeviceNet ja OSI-malli.....	18
Kuvio 6. Tulus-ohjaimen näkymä.....	19
Kuvio 7. Suositeltu prosessi ohjeen tekoon .....	22
Kuvio 8. CTL- ja LG-liitäntä.....	24
Kuvio 9. Laser Genius.....	25
Kuvio 10. Ylemmän tason tiedonsiirto.....	32
Kuvio 11. Laitteiden välinen kommunikaatiopohja .....	33
Kuvio 12. Syklikaaviopohja .....	34

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>CTL</b>	Combo Tower Laser -varastojärjestelmä
<b>LG</b>	Laser Genius 2D -laserleikkuri
<b>Resonaattori</b>	Lasersäteilyn lähde
<b>Tulus</b>	Skaalautuva ohjelmistotyökalu
<b>PLC</b>	Ohjelmoitava logiikka (Programmable logic controller)
<b>Master</b>	Ylätason ohjainlaite
<b>Slave</b>	Alatason ohjainlaite
<b>ASIC</b>	Sovelluskohtainen mikropiiri (Application-specific integrated circuit)
<b>FPGA</b>	Digitaalinen mikropiiri (Field-programmable gate array)
<b>CAN</b>	Tietoliikenneväylä (Controller Area Network)
<b>I/O</b>	Sisään ja ulostulot (Input / Output)
<b>OPC-UA</b>	Laitteiden välinen kommunikaatioprotokolla (Open Platform Communications Unified Architecture)

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Prima Power Oy:llä on tarve saada asennukset ja käyntiinjaoajat vähenemään omassa toimipisteessään ja asiakkaalla. 2D-laserleikkaukoneen ja varaston integroimisesta ei ole tehty ohjeita tai dokumentteja, vaan tieto on ollut vain perehtyneiden henkilöiden muistissa. Yritys haluaa saada selkeät ohjeet omaan Moodle-pohjaiseen ympäristöön eli Prima Power Academyyn. Kattavilla ohjeilla kokemattomatkin työntekijät pystyvät saamaan tiedon, miten kone toimii, ja miten sen pitäisi toimia. Prima Power Academystä pystytään saamaan helposti selville, miten kyseiset laitteet yhdistetään ja miten ne saadaan kommunikoimaan. Lisäksi pystytään selvittämään vikatilanteita ja toimintaa omatoimisesti, ilman että henkilön tarvitsee käydä erillisillä kursseilla opiskelemassa kyseistä asiaa tai soittamaan tukihenkilöille. Ohjeilla pystytään pienentämään asiakkaalla käytettyä aikaa epäselvyyksien vähennettyä ja näin parantamaan yrityksen tehokkuutta.

## 1.2 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoite on saada yritykselle varaston ja 2D-laserleikkurin integroimisesta kattava dokumentoitu ohje Prima Power Academyyn, joka selkeyttää näiden koneiden yhteenliittämistä ja kommunikointia käyntiinjossa ja tulevaisuudessa tapahtuvassa huollossa. Ohjeen tavoite on helpottaa vian etsintää vikatilanteissa ja auttaa epäselvissä tilanteissa. Ohjeella saadaan näin pienennettyä vian etsimiseen käytettyä aikaa ja pystytään selkeyttämään kyseisten koneiden käyntiinjoa ja huoltoa vähentäen asiakkaalla tapahtuvaa kallista aikaa.

## 1.3 Työn rakenne

Tämä työ on aloitettu ensimmäisessä luvussa johdannolla, jossa kerrotaan työn taustasta, työn tavoitteesta ja yrityksestä. Toisessa luvussa kerrotaan digitaalisen kommunikaation perusteista, johon lukeutuu myös teolliseen internetiin ja



etäkäyttöön liittyviä asioita. Kolmannessa luvussa pureudutaan kenttäväylien periaatteeseen ja muutamaan kenttäväyläesimerkkiin, joita markkinoilla on tarjolla. Neljännessä luvussa käydään läpi, mitä prosesseja työhjeen kirjoittamisessa on, ja mitä asioita on ohjeen kirjoittamisessa tärkeää muistaa. Viidennessä luvussa esitellään opinnäytetyöhön liittyvät pääkoneet ja käydään läpi koneissa olevia laitteita. Kuudennessä luvussa käydään läpi toimintaohjeen suunnittelua ja toteutusta liittyviä asioita. Seitsemännessä luvussa tarkastellaan työn tuloksia ja selvitetään, mitä jatkokehitysmahdollisuuksia työllä on. Kahdeksannessa luvussa pohditaan työn tuloksia ja työtä kokonaisuudessaan.

#### **1.4 Yritysesittely**

Työn toimeksiantaja on Finn-Power Oy. Yritys valmistaa leikkaavia ja lävistäviä levyntyöstökoneita ja monipuolisia linjastoja, joissa levyä voidaan automaattisesti muokata asiakkaiden toivomusten mukaan. Yrityksellä on asiakkaita maailmanlaajuisesti, yritys on yksi johtavista levyntyöstökoneiden valmistajista maailmassa. Finn-Power Oy:llä oli vuonna 2018 noin 380 työntekijää. (Prima Power 2019a.)

Finn-Power Oy on perustettu 1969, jolloin yritys valmisti hydraulikkaliittimiä tullen maailman johtavaksi hydraulikkaliittimien valmistajaksi. Vuonna 1983 yritys alkoi tekemään hydraulisia levyntyöstökoneita nimellä Finn-Power. Prima Industrie Group hankki Finn-Power Oy:n omistukseensa vuonna 2008. Vuonna 2011 koko organisaatio otti käyttöönsä kaikille palveluille ja tuotteille tunnuksen Prima Power. (Prima Power 2019a.)

## 2 LAITTEIDEN KOMMUNIKAATIO

### 2.1 Digitaalinen kommunikaatio

Digitaalinen kommunikaatio on datan siirtoa kahden älykkään laitteen välillä molemminpuolin sovitussa formaatissa, esimerkiksi ASCII-koodina. Komponentteja, joilla datan siirtoa kahden älykkään laitteen välillä voidaan toteuttaa, ovat datan lähde, lähetinelektroniikka, vastaanotinelektroniikka ja kommunikaatioon käytettävät välineet. (Marshall & Rinaldi 2017, 7.)

Kommunikaatiostandardit määrittelevät sopimuksen avainasioista:

1. **Fyysiset yhteydet:** Kuinka signaali kulkeutuu laitteelta toiselle
  - Fyysisten yhteyksien oikea muoto
  - Signaalien laajuus, maadoitus, fyysiset välineet (coaksaalijohto, valokuitujohto, jne.)
  - Lähettäminen, vastaanottaminen, johdotusten maadoitus
  - Turvatoiminnot vikatilanteissa. (Marshall & Rinaldi 2017, 8.)
  
2. **Protokolla:** Kuinka viestit on alustettu ja lähetetty
  - Bittien järjestys
  - Ylä- ja alatunniste bitit
  - Tiedon virtausmäärän ohjaus
  - Virheiden tunnistus
  - Priorisointi
  - Uudelleen yritykset ja puuttuvan viestin tunnistus
  - Viestitapahtumien synkronointi. (Marshall & Rinaldi 2017, 8.)
  
3. **Koodaus:** Kuinka 1- ja 0-bitit, jotka lähettävät tietoa toiselle laitteelle järjestetään. Viestien koodaus kuvailee kuinka vastaanotin kokoaa viestipaketin, jossa on 1- ja 0-bittejä. (Marshall & Rinaldi 2017, 8.)

## **2.2 Teollinen internet**

Teollisuuden älykkäässä kommunikaatiossa käytetään vahvasti uusinta teollista vallankumousta eli teollista internetiä. Teollinen internet tarkoittaa digitalisaation ja ict-teknologian pureutumista pitkälle teollisuudessa, missä niitä ei ole ennen käytetty. Pääpiirteisenä asiana tässä on datavetoisuus. Kun fyysiset laitteet, esimerkiksi koneet ja niissä olevat anturit liitetään yhteen digitaalisen maailman, esimerkiksi pilvialustan, käyttöliittymän tai ohjelmistopohjaisen palvelun kanssa saadaan älykäs järjestelmä. Digitaalisen ja fyysisen maailman yhteenliittäminen tuo älykkyyttä palveluihin ja laitteisiin, missä ne pystyvät yhdistymään isompaan järjestelmään ja ekosysteemiin. (Collin & Saarelainen, 2016, 17.)

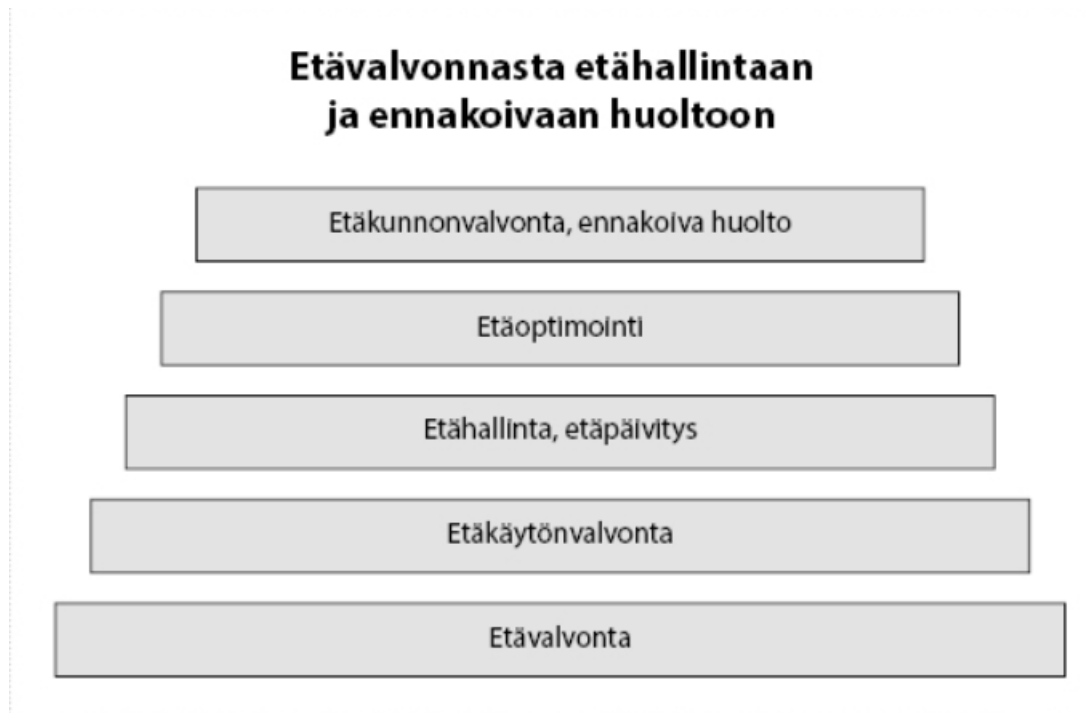
### **2.2.1 Älykäs tehdas**

Älykkäässä tehtaassa kaikki laitteet on varustettu antureilla jotka on liitetty samaan verkkoon tai analytiikkajärjestelmään, ja näin ne on kytketty toisiinsa kiinni. Älykkäässä tehtaassa tai järjestelmässä jokainen laite tietää oman paikkansa ja tehtävänsä. Laitteet tietävät myös, mitä tapahtuu ennen ja jälkeen laitteen omaa toimintaa. Laitteet pystyvät näin ennakoimaan ja optimoimaan itseään kokonaisuudessa. Laitteet pystyvät pienentämään hukka-aikaa ja ylituotantoa. Älykkäässä tehtaassa laitteet pystyvät tilaamaan alihankkijoilta juuri oikean määrän tarvittavaa materiaalia juuri oikeaan aikaan. (Colin & Saarelainen, 2016, 86.)

### **2.2.2 Etävalvonta**

Etähallinta ennen teollista internetiä on tarkoittanut alkeellisempaa ja yksinkertaisempaa tietoa laitteesta. Silloin tiedettiin, missä laitteet ovat, paljonko laitteita on ja missä käytössä laitteet ovat. Teollisen internetin avulla etähallinnassa ollaan päästy paljon tästä eteenpäin. Laitteissa vaaditaan anturoinnit, liitos internetiin ja pilvipalvelu, jolloin laitteesta pystytään keräämään paljon erilaista reaaliaikaista dataa. Dataa voidaan kerätä tällöin esimerkiksi koneiden käytöstä, vikatilanteista, huolloista tai tuotannon määrästä. Etävalvontaan liittyy monta eri tärkeää sovellusaluetta. Näitä ovat etäkäytönvalvonta, etähallinta, etäpäivitys,

etäoptimointi, etäkunnonvalvonta ja ennakoiva huolto (kuvio 1). Näillä sovelluksilla pystytään tuomaan hyvä etu, koska eri asioita voidaan hoitaa etänä. On mahdollista ennakoida laitteiden toimivuutta ja nähdään reaaliajassa, mitä laitteessa tapahtuu. (Colin & Saarelainen, 2016, 63.)



Kuvio 1. Etävalvontaan liittyvät muut sovellusalueet (Collin & Saarelainen 2016, 63).

Etäkäytönvalvonta voi sisältyä etävalvontaan. Etäkäytönvalvonnalla tarkoitetaan tietoa siitä, missä, miten ja kuka laitetta käyttää. Etäkäytönvalvonnalla voidaan varmistua siitä, että käyttäjällä on lupa ja vaatimukset kunnossa laitetta käyttäessään. Laitteen oikeanlaista käyttöä voidaan valvoa etäkäytönvalvonnalla ja pystytään näkemään käytetäänkö laitetta oikein. Etäkäytönvalvonnassa pystytään tekemään myös suorituskyvyn seurantaa, jolla saadaan rakennettua reaaliaikasta dataa, millä nähdään, kuinka tehokkaalla käytöllä laite on ollut ja kuinka paljon materiaalia laitteen läpi on kulkenut. Datan perusteella laite voi kertoa mahdollisista rikkoutumisista tai väärinkäytöistä, joista nähdään tarkalleen, mistä väärinkäyttö tai rikkoutuminen johtui, ja millä ajanhetkellä. (Colin & Saarelainen, 2016, 64.)

### **2.2.3 Etähallinta**

Etähallinta mahdollistaa laitteiden tai järjestelmäkokonaisuuksien etäohjaamista esimerkiksi toisella puolella maapalloa. Hallinta voi olla kokonaan laitteen ohjaamista ja käyttämistä tai yksinkertaisia ohjauksia laitteessa, esimerkiksi yksittäisen venttiilin päälle ja pois laittamista. Etähallinta voi koskea vain yrityksen omaa laitteistoa, ja asiakas voi päättää haluaako etähallinnan vai haluaako pitää laitteen toiminnan omissa käsissään. Laitteen ollessa etähallinnassa pystytään tekemään laitteelle etänä monia eri asioita. Laitteelle pystytään tekemään etäoptimointia ja etäpäivityksiä, joilla saadaan taattua laitteen jatkuva toimivuus ja tehokkuus. (Colin & Saarelainen, 2016, 63-65.)

### **2.2.4 Tietoturva**

Teollisten järjestelmien liittäminen internetiin merkitsee uudenlaisia huolenaiheita yritykselle. Järjestelmiin voi kohdistua uhkia, jotka voivat sekoittaa järjestelmän toimivuutta, varastaa järjestelmän tietoja tai tuhota järjestelmän. Tietoturva on vaarassa myös silloin, kun kyseessä on suljettu järjestelmä, eli järjestelmää ei ole yhdistetty internetiin. Tietoturvasuoja on erittäin tärkeä asia teollisissa järjestelmissä järjestelmän turvallisuuden ja toimivuuden takia. (Colin & Saarelainen, 2016, 242-243.)

Järjestelmät voidaan turvata keskittämällä yhteydet. Kaksisuuntaisia verkkoyhteyksiä tulee vähentää, ja miettiä voidaanko kyseisessä yhteydessä pärjätä yksisuuntaisella verkkoyhteydellä. Kaksisuuntaisessa verkkoyhteydessä tieto kulkee päätepisteen ja lähtöpisteen välillä molempiin suuntiin. Yksisuuntaisessa verkkoyhteydessä tieto kulkee vain lähtöpisteestä päätepisteeseen. Tietoturvan kannalta on tärkeää huolehtia, että vain välttämättömät portit ovat auki tietoliikenteelle. Valtuuttamattomia yhteyksiä koneiden välillä ei saa sallia. Moderneilla standardeilla, protokollilla ja arkkitehtuureilla saadaan iso apu tietoturvassa. Tällainen on esimerkiksi OPC-UA. OPC-UA sallii laitteiden kommunikoinnin vain silloin, kun laitteet on määritelty laitekohtaisesti. (Colin & Saarelainen, 2016, 245-249.)

## **3 TIEDONSIIRRON TOTEUTUKSET**

### **3.1 Kenttäväylä**

Kenttäväylä on digitaalinen, kaksisuuntainen ja kiertävä linjajärjestelmä. Se on joustava sarjakommunikoiva verkko suljettuun ohjaukseen ja kenttälaitteisiin. Jokaisella kenttäväylässä olevalla laitteella on rakennettu laskentatehoa. Näin laitteet pystyvät itse tekemään yksinkertaisia toimintoja, esimerkiksi tuottamaan ohjausta, luomaan huoltotoimintaa tai antamaan vianmäärityksiä. Kenttäväylässä on yksinkertainen kahdella johdolla toteutettu yhteys ohjainyksikön ja kenttälaitteen välillä. Tieto kulkee kenttäväylässä täysin digitaalisesti. Väylässä kulkee ohjaus- ja prosessidata sekä laitteen kalibrointi ja vianmääritykset. Kenttäväylä kuljettaa tietoa laitteiden parametreista ja komennoista laitteiden käyntiinajossa. (Zhang 2012, 497-498.)

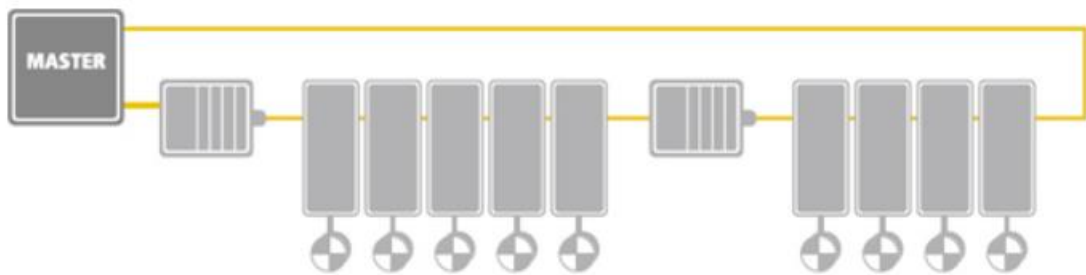
Mukautuva kenttäväyläjärjestelmä mahdollistaa täysin erilaisten laitteiden yhteenliitettävyyden, jota voidaan ohjata jatkuvasti. Tällaisia voivat olla esimerkiksi anturit ja venttiilit. Kuitenkaan laajaa laitteiden skaalaa ei aina vaadita. Erilaisia kenttäväyliä on tarjolla enemmän kuin sata, mutta vain muutamat kenttäväylät ovat vakiintuneet standardeiksi. Teollisen tietokoneverkon protokollia, joissa on reaaliajan jaettu ohjaus, on standartisoitu IEC-6115-standardin mukaan. IEC-6115-standardin omaavat kenttäväylät ovat tärkeimpiä teollisille sovelluksille. (Zhang 2012, 498.)

### **3.2 EtherCAT**

EtherCAT on reaaliajassa toimiva teollinen Ethernet, jonka alunperin on suunnitellut Beckhoff. EtherCAT on julkistettu 2003 vuoden alussa ja saman vuoden lopussa perustettiin EtherCAT Technology Group. Yrityksestä on kasvanut maailman suurin kenttäväyliä ja teollisen Ethernetin organisaatio (EtherCAT 2019a.)

EtherCAT master lähettää tietoa jokaiselle laitteelle, joka on liitetty samaan järjestelmään. EtherCAT slave -laite lukee masterilta tulleen sille tarkoitetun tiedon

ja sijoittaa datan sen ohjelmarunkoon kun ohjelma etenee. Viimeinen laite lohossa huomaa vapaan portin ja lähettää datan takaisin EtherCAT master -yksikköön. EtherCAT master on ainoa laite, joka pystyy lähettämään aktiivisesti EtherCAT-tietosolua, kun muut laitteet lähettävät tietoa alempiarvoisiin laitteisiin. Tällä menettelyllä ehkäistään yllättäviä viivästyksiä ja varmistetaan reaaliajan toimivuus. Kuviossa 2 on esitetty tiedonsiirtokaavio, jossa on yksi master-ohjain ja monta slave-ohjainta. (EtherCAT 2019a.)



Kuvio 2. EtherCAT master- ja slave-laitteet (EtherCAT 2019b).

EtherCAT master -laite pystytään liittämään yhdellä kaapelilla muihin Ethernet-verkon laitteisiin tai se pystytään liittämään suoraan internetiin. EtherCAT-järjestelmässä slave-yksiköt järjestävät tiedon omassa yksikössään ja lähetettyä on tiedon master-laitteelle, jolloin master-laitteen ei tarvitse järjestellä tietoja erikseen. Tällöin kokonaisuuden suorituskyky riippuu täysin muiden laitteiden suorituskyvystä. EtherCAT master -laitteet voidaan jakaa kahteen ryhmään: A-luokan master ja B-luokan master. A-luokan master on yleisemmin käytetty master-laite, B-luokan master on samanlainen kuin A-luokan master, mutta vähemmillä toiminnoilla. (EtherCAT 2019a.)

EtherCAT slave -laitteet (ESC) käyttävät ASIC- tai FPGA-muotoa tai integroitua mikro-ohjainta. Yksinkertaiset slave-laitteet eivät tarvitse erillistä mikro-ohjainta, koska sisään- ja ulostulot voidaan suoraan kytkeä EtherCAT slave -ohjaimen. Slave-ohjaimen laitteistoasetukset ovat vakaassa muistissa esimerkiksi EEPROM-muistissa. Slave information interface on kansio, joka sisältää laitteen perusominaisuudet, josta master-yksikkö pystyy lukemaan slave-ohjainta käynnistyessään, vaikka laitteen kuvaustiedostoa ei ole saatavilla. EtherCAT slave information -kansio tulee laitteen mukana. Se on pakattu XML-tiedostona ja sisältää täyden kuvauksen laitteen internetliitettävyyksistä. (EtherCAT 2019a.)

### 3.3 ProfiBus-kenttäväylä

ProfiBus eli prosessikenttäväylä on laajalti hyväksytty kansainvälinen verkkostandardi, joka on usein käytetty laajoissa prosessin hallinnan, kokoonpanon ja materiaalien käsittelyn koneissa ja linjastoissa. ProfiBus on melko universaali ratkaisu Euroopassa ja yleinen Pohjois-Amerikassa, Etelä-Amerikassa ja jossain osissa Afrikkaa ja Aasiaa. ProfiBus tukee yhden kaapelin johdotuksia monituloisissa anturijärjestelmissä, pneumatiikan venttiileissä, monimutkaisissa älykkäissä laitteissa, pienemmissä aliverkoissa ja käyttöliittymässä. (Mackay, Wright, Reynders & Park 2010, 181.)

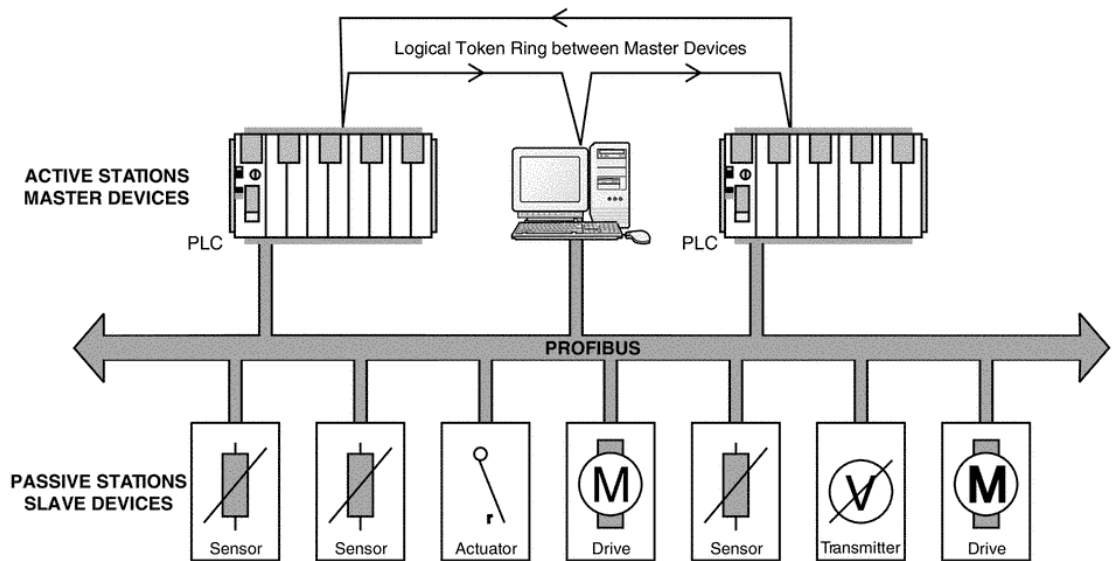
ProfiBus käyttää yhdeksänpinnisiä liittimiä tai 12mm:n liittimiä, joissa on pikalukitus. ProfiBus-järjestelmä tukee maksimissaan 127 liitosta. Tuettu matka, mitä voidaan käyttää, on 24 kilometriin saakka, jos järjestelmässä käytetään kuituoptiikkaa ja välivahvistimia. ProfiBus-yhteyksien nopeudet vaihtelevat välillä 9600 bps -12Mbps ja maksimitiedon määrä yhdeltä liitokselta, yhdellä viestillä on 244 bittiä. ProfiBus tukee pääasiassa kahta erilaista laitetta: pääyksikköä (master) ja oheisyksikköä (slave). Järjestelmässä master-yksikkö kontrolloi väylää ja pystyy lähettämään viestejä järjestelmään ilman pyyntöjä muilta laitteilta, koska master-yksiköllä on valtuudet päästä väylän sisään. Slave-laitteet ovat yleensä oheislaitteita, esimerkiksi antureita ja muita toimilaitteita. Slave-yksiköt poimivat vain tulevia viestejä ja lähettävät viestejä master-yksikölle vain, kun master viestiä pyytää. (Mackay, Wright, Reynders & Park 2010, 182.)





Kuvio 3. Profibus-kaapeli ja -liittimet (Industrial Data Xchange 2019).

Profibus tukee pääasiassa kahta erilaista mekanismia, tunnisteohitusta tai kiertokyselyä. Tunnisteohjausta käytetään silloin, jos väylään on liitetty kaksi tai enemmän master-yksiköitä, jolloin tunnisteet siirtyvät yhdeltä master-yksiköltä toiselle master-yksikölle. Profibus-väylä voidaan asettaa tunnisteohjaukseen, kiertokyselyyn tai näiden kahden sekoitukseen. Tunnisteohjauksessa toinen master-yksikkö on saa tunnisteens ensimmäiseltä master-yksiköltä, toinen master-yksikkö voi tämän jälkeen lähettää tietoa slave-yksiköille tai muille master-yksiköille. Kiertokyselymekanismissa yhdellä master-yksiköllä on tunniste käytössään, se voi jatkuvasti lähettää tietoa slave yksiköille tai muille oheislaitteille. Kuviossa 4 on esitetty Profibus-väylän liitännät master- ja slave-yksiköiden osalta. Kuvioista nähdään, kuinka tunnisteet liikkuvat master-yksiköiden välillä (kuvio 4). (Mackay, Wright, Reynders & Park 2010, 184-185.)

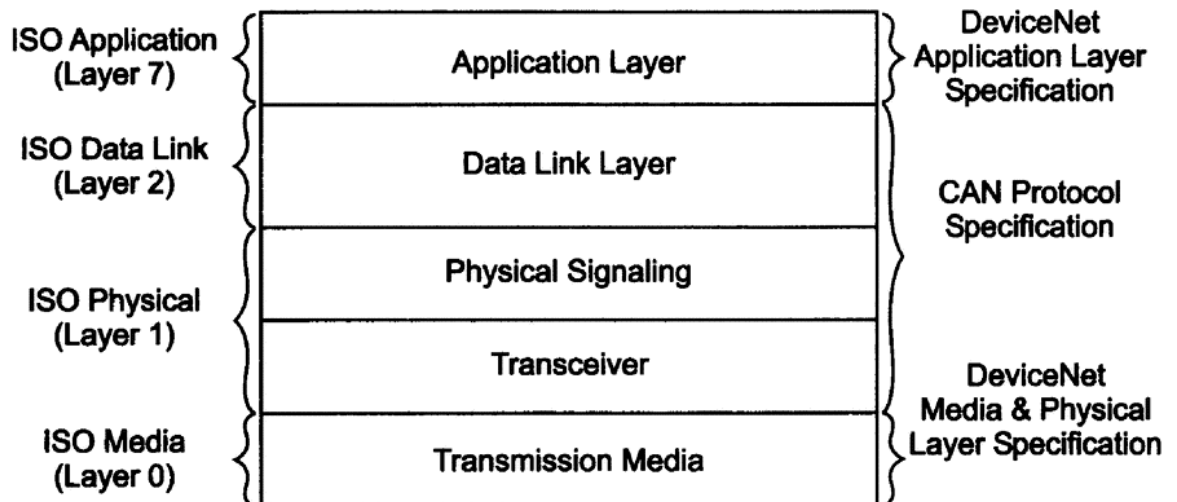


Kuvio 4. Profibus-kaavio (Mackay, Wright, Reynders & Park 2010).

### 3.4 DeviceNet-kenttäväylä

DeviceNet on matalan tason laitteisiin painottuva verkko, joka pohjautuu CAN-verkkoon. DeviceNet on suunniteltu matalantason laitteiden, esimerkiksi antureiden ja säätimien yhdistämiseen. Matalantason laitteet yhdistetään korkeamman tason laitteiden, esimerkiksi ohjaimen, kanssa. DeviceNet tukee kuuttakymmentäneljää liitosta, jolloin yhdistettäviä laitteita voi olla maksimissaan 2048 kappaletta. DeviceNet yhdistetään laitteiden välillä neljä johdinta sisältävällä kaapelilla. Nämä johtimet kuljettavat virran ja tiedonsiirron. (Park, Mackay & Wright 2003, 266-267.)

Koska DeviceNet on suunniteltu toimimaan matalan ja korkean tason laitteiden yhdistäjänä, kehitettiin tähän ympärille CAN-protokolla. Tämä protokolla on melko samanlainen kuin master/slave-tekniikka, mutta siinä on hyödynnetty nopeustekijöitä, joita alkuperäinen CAN tarjoaa. Kuviossa 5 esitetään DeviceNetin ja OSI-mallin yhteneväisyyteen. Tärkeä on huomata että vain tasot 1 ja 2 ovat yhdistettynä CAN protokollaan, muut tasot ovat suunniteltu vain DeviceNetin käyttöön. Eli CAN-protokollaan on liitetty lähetin-vastaanotin-signaalit, fyysiset signaalit ja datayhteystaso. Sovellus ja viestinnän siirto DeviceNetiin tapahtuu tasoilla 0 ja 7. (Park, Mackay & Wright 2003, 267.)



Kuvio 5. DeviceNet ja OSI-malli (Park, Mackay & Wright 2003)

### 3.5 Tulus-soluohjain

Tulus-soluohjain on integroitu ja skaalautuva ohjelmistotyökalu. Yrityksellä on käytössä tuotteissaan Tulus-soluohjain, jolla saadaan koneeseen ohjaava ohjelmisto. Tällä ohjelmistolla pystytään hallinnoimaan laitteita, antamaan uusia tuotantotilauksia ja ohjaamaan laitteita manuaalisesti. Tulus-soluohjaimella mahdollistetaan yrityksen eri laitteiden yhteenliitettävyys ja kommunikointi. Tuluksella pystytään hallinnoimaan ja optimoimaan tuotteiden valmistumista, seuraamaan reaaliajassa tuotteiden läpimenoa ja seuraamaan visuaalisesti koneen tilatietoja. (Prima Power 2019b.)

Tulus-soluohjain on yhdistetty Beckhoffin PC-laitteeseen, josta Tulus saa dataa ja I/O tietoa koneiden PLC-laitteita EtherCAT-kenttäväylää pitkin. PC-laitteeseen asennetaan verkkokaapeli asiakkaan omasta verkosta, näin pystytään siirtämään dataa suoraan Tulukseen. Verkkokaapelin yhdistämisellä PC-laitteeseen saadaan koneet yhdistettyä yrityksen omaan verkkojärjestelmään ja tällöin hallinnoimaan esimerkiksi tuotantotilauksia ja I/O tietoa. (Prima Power 2019b.)

Tuluksen liitäntä koneisiin tapahtuu EtherCAT-kenttäväylän avulla. Tulukselta tuleva tieto siirtyy Beckhoffin PC-laitteelle, josta tiedot siirtyvät liitetyn koneen PLC-laitteelle. Sähkökaapissa oleva PLC syöttää tietoa koneen eri laitteille, oli kyseessä pneumatiikan ohjaukset, akselin pulssianturi tai muu I/O-tietoa vaativa laite. Laitteet



## **4 TYÖOHJEEN PERIAATTEET**

Ohjeen tekijän on otettava huomioon kolme pääkohtaa, joilla on suuret vaikutukset hyvään työohjeeseen. Nämä pääkohdat ovat tärkeitä, että ohjeesta saadaan hyödyllinen ja käytettävä. Ensimmäisessä kohdassa pohditaan, mikä on ohjeen käyttötarkoitus. Seuraavaksi päätetään, millä tietotasolla asioita esitetään ohjeessa ja määritetään standardi, miten yksityiskohtaisesti asioita esitetään. Kolmannessa kohdassa täytyy miettiä, minkälainen ohjeen runko tulee olemaan. (Inaba, Parsons & Smillie 2004, 5.)

### **4.1 Ohjeen odotettu käyttötarkoitus**

Ohjeen kaikki lukijat eivät tarvitse samoja tietoja, riippuen lukijan kokemuksesta ja tietotasosta. Vaativin ryhmä ohjeelle on henkilöt, joilla on todella vähän tai ei yhtään kokemusta kyseisestä laitteesta, johon ohje on suunnattu. Odotettu ohjeen lukutapa näille henkilöille on ohjeen läpikäyminen askel kerrallaan. Odotettu ohjeen lukutapa kokeneimmille henkilöille on varsin erilainen kuin kokemattoman. Kokenut henkilö käyttää ohjetta odotetusti vain silloin kun on tarve, eli silloin kun tuotteessa tai laitteessa on jokin uusi asia, johon henkilö ei ole ennen perehtynyt. Kun käyttäjä tarvitsee tietoa laitteesta, kokenut ja kokematon henkilö tarvitsevat samanlaista ja yhtä tarkkaa tietoa. Tässä ainoana erona on se, miten usein tietoa tarvitsee ohjeesta hakea. Kokeneen ja kokemattoman henkilön tarvitsee ohjeesta saada selville neljä asiaa: mikä asia tekee toiminnon ja koska toiminto tapahtuu, mikä on toimintojen järjestys, missä toiminto tapahtuu ja miltä toimintoa tekevä osa näyttää. (Inaba, Parsons & Smillie 2004, 6-7.)

### **4.2 Tiedon tarkkuuden määrittäminen ohjeessa**

Ohjeen tarkkuutta tulee miettiä, eli miten tarkasti asioita kerrotaan. Epätarkalla ohjeella henkilö ei saa ohjeesta mitään irti. Liian tarkalla selostuksella ohje voi tuntua liian puuduttavalta ja vaikealta, joten henkilö voi jättää ohjeen syrjään ja etsiä tietoa muuta kautta. Standardisoitu tiedon tarkkuus tarjoaa suosituksen

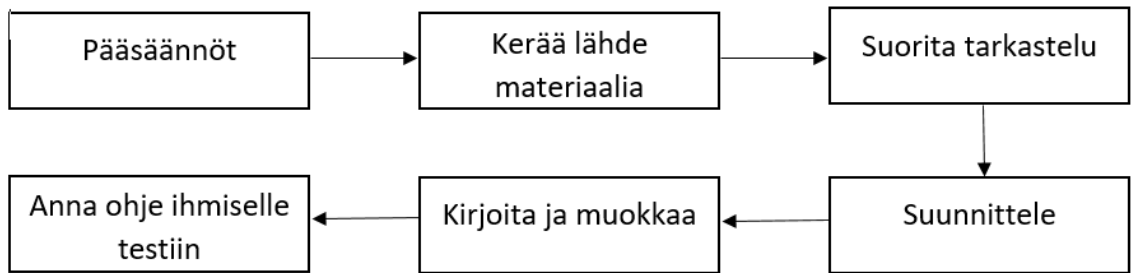
määritettäessä ohjeiden tarkkuutta. Ohjeen suunnittelussa perusmäärite on askel, tällä viitataan askeleesta askeleeseen olevaan ohjeeseen, joka kuvaa, miten jotain asiaa tehdään. Kaikki ohjeen lukijat eivät käy ohjetta askel askeleelta läpi, mutta ohjeen lukijalle täytyy antaa se tieto, että ohjetta voidaan käydä läpi askel askeleelta. Askeleeseen sisältyy vähintään yksi toiminto tai enemmän toimintoja. Askeleesta yksi ylempi ohjeen taso on tehtävä. Tehtävä on monia askelia sisältävä ryhmä, jossa on looginen alku ja loppu ja tehtävät voivat toimia moduuleina erilaisissa ryhmissä. (Inaba, Parsons & Smillie 2004, 9-10.)

### **4.3 Ohjeen runko**

Askel askeleelta -rungossa täytyy tulla esiin tiettyjä asioita. Ohjeen täytyy tarjota tieto siitä, mitä pitää tehdä ja kuinka asiat toteutetaan. Lisäämällä ohjeeseen kuvia voidaan selventää lukijan näkökulmaa asioihin. Ohjeen toteuttaminen pelkällä tekstillä voi olla lukijalle hankalaa ymmärtää. Kuvilla ja kaavioilla varustettu ohje tekevät ohjeen helppolukuiseksi ja tehokkaaksi. Ohjeen lukijan lukiessa ohjetta voi ilmaantua vaikeita asioita ymmärtää tai omaksua. Vaikeasti omaksuttavissa tapauksissa ohjeen lukija jättää todennäköisesti ohjeen lukemisen ja yrittää etsiä tietoa muusta lähteestä. Tämä voi johtua ohjeen epäselvyydestä, tuntemattomien termien käytöstä, tiedon puutteesta tai muusta vastaavasta epäselvyydestä. (Inaba, Parsons & Smillie 2004, 13-15.)

### **4.4 Työohjeen valmisteluprosessi**

Yksinkertaisen ja helposti luettavan käyttöohjeen kehittäminen vaatii erilaista kuria kuin perinteisen tekstin tekeminen. Helposti luettavan ohjeen varsinainen kirjoittaminen on melko yksinkertaista, kun kirjoittaja noudattaa yksinkertaista muotoilua ja lähestymistä. Kuitenkin on monia yhdistyviä tekijöitä, jotka määrittelevät sopivimman tavan lähestyä eri asioihin suunniteltua prosessia. Kuviossa 7 näkyy yleinen lähestyminen suositeltuun prosessiin. (Inaba, Parsons & Smillie 2004, 89.)



Kuvio 7. Suositeltu prosessi ohjeen tekoon

## 5 LAITTEET

### 5.1 Combo Tower Laser – CTL

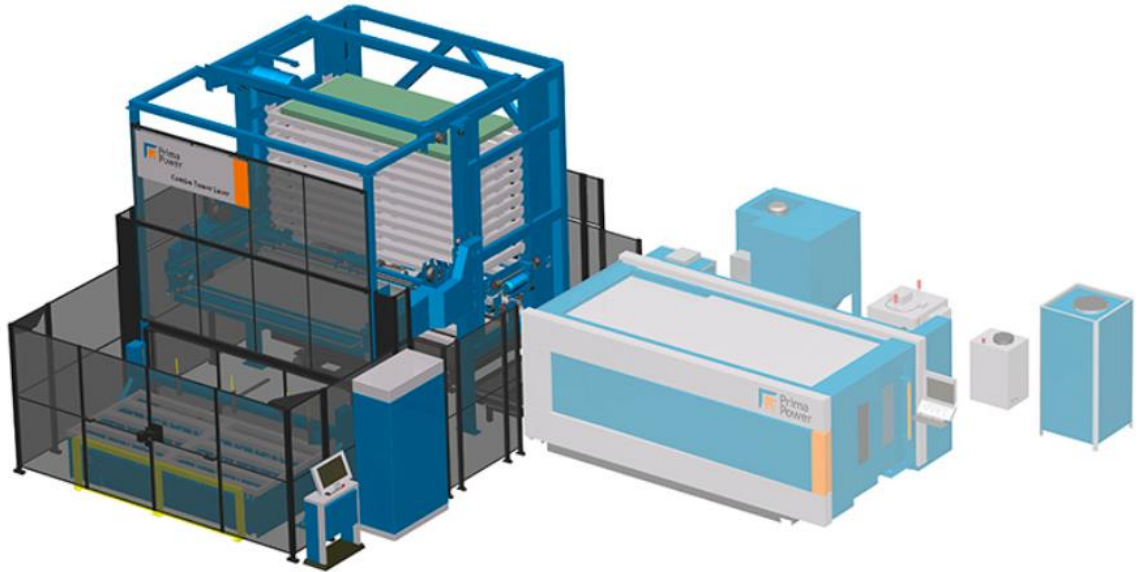
Combo Tower Laser on PrimaPower Oy:n suunnittelema varastojärjestelmä, joka toimii yhdessä 2D-laserleikkauskoneen eli Laser Geniuksen kanssa. Combo Tower Laser on automaattinen varasto, johon syötetään raakaa metallilevyä, koneeseen suunniteltujen kasettien päälle. Kone pystyy viemään tällöin uuden kasetin omalle suunnitellulle varastopaikalleen ja automaattisesti tarjoamaan tiettyä kasettia ja metallilevyä silloin, kun 2D-laserleikkauskone sitä pyytää. (Prima Power 2019d.)

CTL-varastoja valmistetaan asiakkaan toivomusten mukaan. Varastossa voidaan ajaa suurimmillaan 1,5 m x 3,0 m metallilevyä. Asiakas määrittää yrityksen myyjän kanssa, kuinka monta hyllypaikkaa halutaan, montako hyllypaikkaa määritetään ranka-asemiksi ja montako hyllypaikkaa halutaan materiaaliasemiksi. CTL-varastojen korkeudet vaihtelevat 4,3 metristä 8,3 metriin riippuen asiakkaan toiveesta. Asiakas voi halutessaan saada optiona hihnakuljettimen varastoon, Hihnakuljettimella pystytään tuomaan yksi leikattu metallilevy käsin purettavaksi, josta käyttäjä voi tarkastaa metallilevyn leikkauksen lopputuloksen. (Prima Power 2019d.)

Combo Tower Laser tarjoaa 2D-laserleikkurille yhtä metallilevyä kerrallaan imukupitarttujen ja haarukoiden avulla. 2D-laserleikkurin leikattua levyn syöttää leikkuri rankalevyn takaisin piikkipöydällä varaston purku- ja hakuasemalle, jolloin varasto poimii rangan haarukoiden avulla ja vie sen määritetylle rankahyllylle säilöön jatkotoimenpiteitä odottamaan. (Prima Power 2019d.)

Combo Tower Laser eroaa muista yrityksen varastojärjestelmistä sillä, että se pystyy poimimaan yhtä metallilevyä kerrallaan koneeseen suunniteltujen haarukoiden ja 2D-laserleikkurin piikkipöydän takia. Combo Tower Laseria voidaan käyttää vain sellaisissa 2D-laserleikkaus malleissa, joissa pystytään piikkipöydällä kuljettamaan levyjä. Kuviossa 8 on esitetty Combo Tower Laser liitettynä Laser Geniukseseen. (Prima Power 2019d.)





Kuvio 8. CTL- ja LG-liitäntä (Prima Power 2019e).

## 5.2 Laser Genius

Laser Genius on Prima Power Oy:n 2D-laserleikkauskone, jolla pystytään leikkaamaan tehokkaasti eripaksuisia metallilevyjä materiaalista riippuen. 2D-laserleikkurin ympärillä on säteensuojakoppi, etteivät lasersäteet pääse ulos vahingoittamaan silmiä. (Prima Power 2019f.)

Laser Geniuksessa voidaan valita optiona, halutaanko laserleikkurin kappaleita purkaa käsin vai halutaanko leikkurin perään purkurobotti, joka hakee kappaleet piikkipöydältä, ja lajittelee kappaleet halutuille lavoille, joista kappaleet voidaan hakea trukilla. (Prima Power 2019f.)

Laser Geniuksessa on muihin yrityksen laserleikkureihin verrattaessa x- ja y-suuntaan liikkuva leikkauspää, kun muissa yrityksen 2D-laserleikkureissa metallilevy liikkuu koordinaattipöydän mukana ja leikkauspää pysyy paikoillaan. Tämä mahdollistaa Laser Geniuksessa paksujen levyjen leikkaamisen, koska metallilevy pysyy paikoillaan ja käytettävää voimaa painavan levyn liikuttamiseen ei tarvita. Laser Geniuksen akselinopeus on maksimissaan 170 m/min. Leikkurin leikkauskapasiteetti riippuu leikattavasta materiaalista, paksuudesta ja laadusta. Asiakas määrittelee 2D-laserleikkuria hankitessaan, kuinka paksua ja minkälaista levyä laserleikkurilla tullaan leikkaamaan. Leikattavan materiaalin paksuus

määrittelee, kuinka tehokas resonaattori laserleikkuriin asennetaan. Resonaattorin tehot vaihtelevat välillä 2kW - 6kW. (Prima Power 2019f.)



Kuvio 9. Laser Genius (Prima Power 2019g).

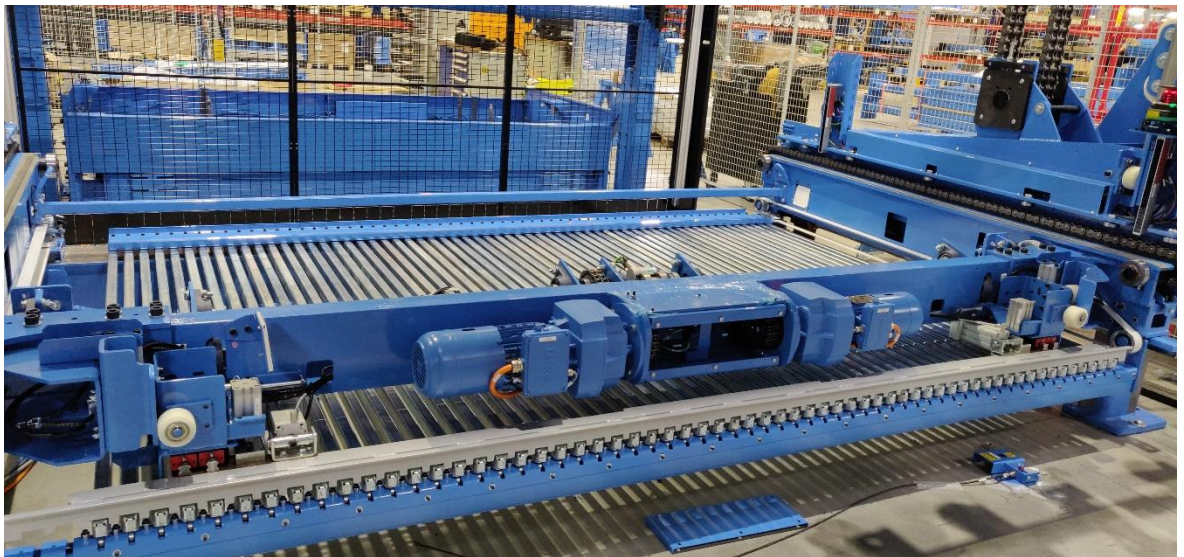
### 5.3 Laitteisiin perehtyminen

Laitteisiin perehtyminen aloitettiin seuraamalla CTL:n ja muiden yrityksen varastojen käyntiajaja yrityksen toimipisteessä Seinäjoella käyntiajohallissa. Varastossa perehdyttiin nosturiin, varaston eri akseleiden toimintaan, toimintasykleihin, tarttujan, kaksoislevyntunnistajan, purkuharavan ja siirtovaunun toimintaan.

#### 5.3.1 Nosturi

Varastossa olevassa nosturissa on kaksi akselia (y ja z). Y-akselin periaate on ajaa varastossa oleva nosturi kasetinhakupaikkoihin ja siirtovaunun hakupaikkaan.

Nosturi on kiinni ketjulla varaston ylärungossa, ja nosturi liikkuu ketjun varassa oikosulkumoottorin voimalla. Kasetin maksimipaino, jota nosturille voidaan lastata, on 3000 kiloa. Kasetin ylittäessä tämän rajan nosturi ei ota kasettia kyytiin ja antaa käyttäjälle virheilmoituksen. Z-akselin toimintaperiaate on y-akselin paikoituksen jälkeen poimia varaston kasetti hyllypaikalta tai siirtovaunulta nosturin kyytiin ja purkaa kasetti määritetyille hyllypaikalle tai siirtovaunulle. Molemmilla akseleilla on pulssianturit, joilla saadaan tarkka paikkatieto, missä akselit ovat. Nosturissa on akseli ja moottori muihin yrityksen varastomalleihin poiketen haravassa. Harava liikkuu CTL-mallissa z-suunnassa piikkipöydän piikkien väliin vieden tai poimien metallilevyä.



Kuva 1. CTL-Nosturi

### 5.3.2 Tarttuja

Varastossa on imukupeilla varustettu tarttuja, jolla tartutaan metallilevyyn ja nostetaan ja lasketaan metallilevyä imukupeilla alipaineen avulla. Tarttujaa käytetään CTL-varastossa metallilevyjen poimintaan materiaalikasetilta ja purkamaan metallilevyä haarukoille. Tarttuja nousee ylös ja laskee alas, kun levy on kiinni tarttujassa tai laskee poimiakseen levyn. Tarttujassa on 32 imukupia, joilla saadaan nostettua maksimissaan 960 kilon metallilevy. Levynipun tullessa tarttujan alapuolelle nostoa varten ottavat tarttujan alapuolelle asennetut magneetit levynipun kiinni ja asettavat ja varmentavat nipun referenssiasemaan, josta tarttuja pystyy turvallisesti sen nostamaan. Tarttujan tartuttua ja nostettua metallilevyn



turvallisesti, koneeseen asennettu kaksoislevyntunnistin mittaa metallilevyn paksuuden varmistaen, että tarttuja on nostanut vain yhden metallilevyn kasetilla olevasta metallilevynipusta. Tarttujan nostaessa kaksi levyä nipusta, kaksoislevyntunnistin antaa tällöin virheilmoituksen, jolloin tarttuja laskeutuu, pudottaa levyn ja yrittää uudestaan poimia vain yhtä metallilevyä. Levyn onnistuneen noston jälkeen työntää nosturi haravan metallilevyn alle, tällöin tarttuja pudottaa levyn haarukoiden päälle.



Kuva 2. CTL-tarttuja

### 5.3.3 Siirtovaunu

Siirtovaunu on rautakiskoilla kulkeva vaunu. Vaunu liikkuu oikosulkumoottoreilla, joita ohjataan taajuusmuuttajalla. Moottori on liitetty kiskoilla olevaan vaunun pyörään. Vaunun tarkkaa liikuttamista varten siihen on asennettu pulssianturi, joka kertoo vaunun tarkan paikan jokaisella hetkellä. Varastojärjestelmässä on nosto-ovi, joka on asetettu varaston ja vaunun hakupaikan välille. Nosto-ovella estetään ihmisten pääsy varaston sisälle vaaratilanteiden varalta. Nosto-ovi aukeaa vain, kun vaunu liikkuu sisälle varastoon tai pois varastosta. Vaunun päälle lastataan varaston puolella kasetteja, joissa on rankalevyjä, jotka vaunu toimittaa turvalliselle alueelle purettavaksi trukilla tai muulla nostomenetelmällä. Turvallisella alueella siirtovaunun päällä olevalle kasetille lastataan uusia materiaalilevyjä, jotka vaunu siirtää varaston puolelle. Nosturi poimii kasetin ja vie sen sille määriteltyyn hyllypaikkaan. Vaunun sivuille on asennettu nousevat tapit, jotka lukitsevat kasetin oikealle paikalle, näin estetään kasetin tippumisen vaunun kyydistä. Vaunussa on nostolevy, jolla

nostetaan kasettia, että levynippua on turvallista ja helppoa purkaa kasetin päältä trukilla tai muulla nostomenetelmällä.



Kuva 3. Siirtovaunu

#### 5.3.4 Piikkipöytä

Piikkipöytä on rautakiskoilla toimiva vaunu, jolla kuljetetaan piikkien päälle asetettuja metallilevyjä. Piikkipöytä asennetaan CTL-varaston ja LG:n välille palvelemaan toisiaan. Yhdessä vaunussa on kaksi piikkipöytää. Kaksi piikkipöytää mahdollistaa sen, että toisen pöydän ollessa leikkurin sisällä, toinen pöytä on varaston puolella, jossa lastataan tai puretaan metallilevyä. Pöytään on rakennettu saksinostinominaisuus, jolla voidaan säätää vaunun haluttua korkeutta, ja pystytään palvelemaan molempia liitettyjä laitteita. Alla olevassa kuvassa on kuvattu Laser Geniuksen piikkipöytä (kuva 4).



Kuva 4. LG-piikkipöytä

## **6 TOIMINTAOHJE**

### **6.1 Työohjeen tausta**

Työ aloitettiin pohtimalla yrityksen kanssa, mitä asioita ohjeeseen halutaan sisällyttää. Yritys haluaa ohjeen sisältävän kattavan toimintaselostuksen Combo Tower Laser -varaston toimintasykleistä ja liityntärajapinnasta 2D-laserleikkurin kanssa. Yritys haluaa ohjeen olevan suunnattu yrityksen käyntiinajajille ja huoltohenkilöille. Aiemmin koneen käyntiinajoa ja huoltoa on tehty vain osaavien henkilöiden muistista. Tämä tyyli aiheuttaa ongelmia uusilla työntekijöillä, joilla ei välttämättä ole paljoa kokemusta kyseisestä koneesta. Ohjeella saadaan selvennettyä koneen periaatteita ja saadaan toimintaan dokumentoitua materiaalia. Ohjeella saadaan selkeyttä laitteiden syklien toimintaan, joka auttaa ymmärtämään koneiden toimintaa ja selvennettyä mahdollisia ongelmatilanteita ilman että asiakkaalla olevan käyntiinajajan tai huoltohenkilön tarvitsee ottaa yhteyttä yrityksen tukihenkilöihin.

### **6.2 Työohjeen valmistelu**

Työohjeen teko aloitettiin pyytämällä ohjelmistosuunnittelijoilta TwinCAT 3 -ohjelma. TwinCAT 3 -ohjelmaan on kirjoitettu varaston ohjelmakoodi. Koodista selvitettiin, miten ohjelman puolella varaston kuuluisi toimia. Koodista selvitettiin myös, mitä eri syklejä varastossa ja ohjelmassa siirtyy päälle tietyillä hetkillä, ja mitkä ohjelman muuttujat vaikuttavat eri vaiheissa. Ohjelmia tutkimalla ja käytännössä katsomalla päästiin tekemään karkeaa suunnitelmakaaviota, missä pääpiirteiset syklit saatiin suunnitellaan.

Suunnitelmassa päädyttiin erottelemaan ylemmän tason kommunikaatio laitteiden välillä ja alemman tason kommunikaatio. Ylemmän tason kommunikaatioon sisällytettiin Tuluksen, CTL:n ja LG:n kommunikaatiot, joista nähdään, miten laitteet kommunikoivat eri tehtävissä. Alemman tason kommunikaatioon päädyttiin

valitsemaan varaston syklien toiminta ja näihin sykleihin tarvittavien parametrien merkitys. Alemman tason kommunikaatio tapahtuu PLC-tasolla. Logiikkojen väliset yhteydet on toteutettu ProfiBus-kenttäväylällä. PLC-laitteet kommunikoivat keskenään lähettäen lupa- ja pyyntiviestejä toisilleen.

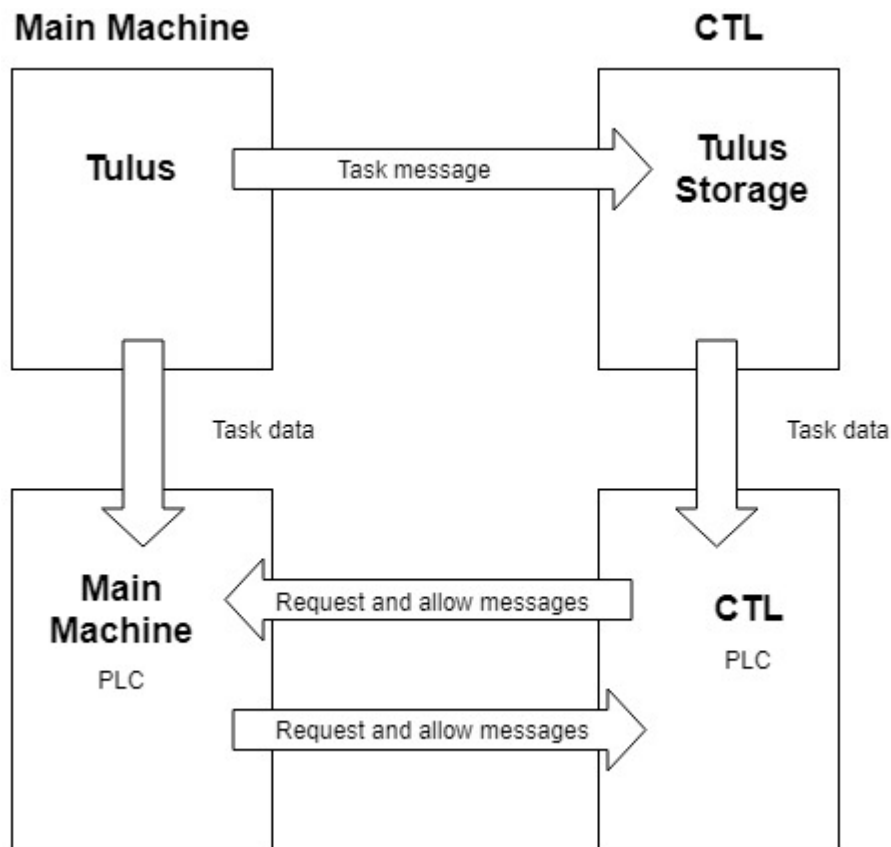
Työohjeen syklikaaviot toteutettiin Draw.io-sovelluksella. Draw.io-sovelluksen valintaan päädyttiin sen helppouden, muokkausominaisuuksien ja hyvän liitettävyyden takia. Sovelluksella saa helposti tallennettua kuvia ja kaavioita Google Drive -palveluun, josta tallennettuja kuvia ja tiedostoja pystytään käyttämään ja muokkaamaan uudestaan.

### **6.3 Ylemmän tason kommunikaatio**

Ohjeen rakenteeseen haluttiin laitteiden välisten kommunikaatioiden kaaviot. Kaaviolla saadaan ohjeeseen selkeä kuva, miten viestit ja toiminnot kulkeutuvat laitteiden välillä. Tässä tapauksessa kuvattiin 2D-laserin Tulusen, CTL:n Tulus storagen, CTL:n PLC:n ja 2D-laserin PLC:n kommunikaatiot. Tavoitteena oli saada yksinkertainen ja selkeä kuva, miten ja mitkä tiedot liikkuvat näiden laitteiden välillä. Ensiksi hahmoteltiin ylemmällä tiedonsiirtotasolla, miten viestit liikkuvat ja mitä viestejä nämä laitteet lähettävät.

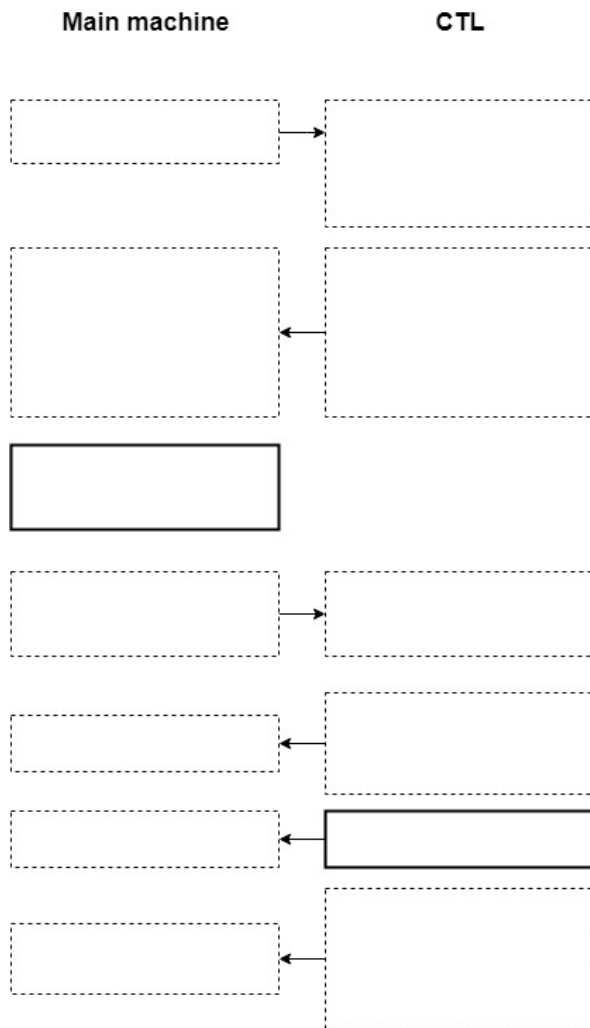
Päälaitteena järjestelmässä toimii 2D-laserin Tulus-ohjelmisto. 2D-laserin Tulus lähettää tehtäväviestejä CTL:n Tulus storageen ja 2D-laserin omaan PLC-laitteeseen. CTL Tulus storage poimii tehtävän ja lähettää tehtävä dataa PLC-laitteelle. Tehtävän aikana molempien koneiden PLC-laitteet kommunikoivat keskenään ProfiBus-kenttäväylän avulla. ProfiBus-kenttäväylällä siirretään pyynti- ja lupatietoja eri syklien aikana. Kuviossa 10 näkyy, miten tiedonsiirto välittyy laitteiden välillä.





Kuvio 10. Ylemmän tason tiedonsiirto

Kuviossa 11 nähdään, miten laitteiden välinen kommunikaatio toteutettiin syklin aikana. Kaaviossa katkoviivalla piirretyt laatikot on tarkoitettu vain datansiirron ilmaisuun syklin aikana. Kommunikaatiosykli, jotka ohjeeseen haluttiin laittaa, olivat levynlastaus 2D-laserin vaunulle ja rangan puron kommunikaatio 2D-laserin vaunulta varaston rankahyllylle. Kyseiset syklit valittiin, koska sykleissä saadaan laitteiden kommunikaatiota eniten esille, kun koneiden välistä dataa tarvitaan syklin läpi viemiseen.



Kuvio 11. Laitteiden välinen kommunikaatiopohja

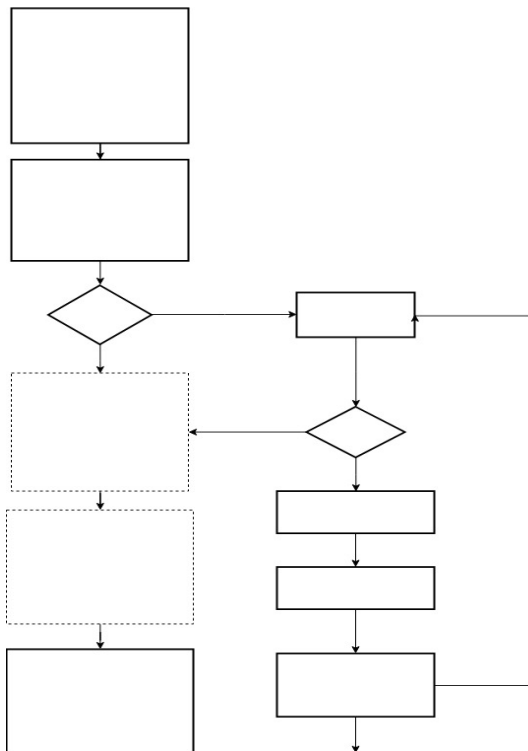
Kun laitteet on asennettu asiakkaan tiloissa ja liitetty verkkoon verkkokaapelilla, voidaan laitteita ohjata verkon kautta myös etänä. Etänä pystytään suorittamaan koneille etähallintaa, etäpäivityksiä ja etävalvontaa. Koneet voidaan tällöin ottaa täysin hallintaan etänä ja tehdä esimerkiksi päivityksiä, korjaustoimenpiteitä tai seuraamaan koneen käyttöastetta. Etänä voidaan tarkistaa vikatilanteissa syitä miksi vika on syntynyt.

#### 6.4 Alemman tason syklikaaviot

Ohjeeseen lisättiin kommunikaatioparametrit, jotka kommunikoivat nosturin, eli crane PLC -ohjelman ja siirtovaunun eli master-PLC-ohjelman kanssa. Nämä

ohjelmat ovat Combo Tower Laserin ohjelmakokonaisuudessa rakennettu yhteen. Ohjelmien kommunikointiparametrien lisäämisellä ohjeeseen saadaan mahdollisia ongelmatilanteita ratkottua, kun ymmärretään, mitkä parametrit välittävät tietoa toiselle PLC-ohjelmalle.

Alla olevassa kuviossa on esitetty alemman tason syklikaavion pohja (kuvio 12). Kuviossa edetään askel kerrallaan loogisesti nuolien osoittamiin suuntiin, mistä ohjeen lukijan on selkeä nähdä, mitä seuraavassa askeleessa tapahtuu.



Kuvio 12. Syklikaaviopohja

Kaavion suunnittelussa tuli visuaalisesti esille kysymys, miten kuvataan ja erotellaan konkreettisesti tapahtuvien asioiden ja sisäisen datansiirron asioita. Tässä päädyttiin kuvaamaan konkreettisesti tapahtuvia asioita ehyellä viivalla tehdyllä laatikolla. Dataliikenteen muutoksia ja tapahtumia päätettiin kuvata katkoviivalla. Tällä jaottelulla pyritään selkeyttämään asiaa tekemällä selvä jaottelu konkreettisten liikkeiden ja datansiirron välillä.

Syklejä, joita ohjeeseen haluttiin sisällyttää olivat:

- Levyn nosto tarttujalla

- Levyn lastaus haarukoille
- Levyn lastaus piikkipöydälle haarukoilta
- Kasetin lastaus nosturiin
- Kasetin purku nosturista
- Rangan purku piikkipöydältä
- Rangan purku rankahyllylle haarukoilta
- FL-laitteen levyn lastaus
- FL-laitteen levyn purku
- Rangan purku mattokuljettimelle

Näistä FL-laitteen ja mattokuljettimen syklit toimivat optioina, mutta syklien tulee sisältyä ohjeessa, että ohjeesta saadaan laajempi ja monikäyttöisempi erilaisiin tilanteisiin.

Sykleihin haluttiin sisältyvän akseleiden liikkeet, oheislaitteiden toiminta ja dataliikenne. Näiden sisällytyksien pohjalta käyntiinajaja tai huoltohenkilö pystyy näkemään tarkasti, miten koneen tulisi toimia, ja pystyy reagoimaan vikatilanteeseen helposti. Ohjeeseen merkittiin tarvittavien tapahtumien yhteyteen vaikuttavan parametrin tiedot, joilla käyttäjä pystyy tarkastamaan parametrin arvot PLC-laitteelta helposti, ilman suurta kokemusta ohjelmistosta.

Sykleissä tapahtuvissa vikatilanteissa ohjelma keskeyttää käynnissä olevan syklin ja käynnistää korjaussyklin tilanteen korjaamiseksi. Näissä tapauksissa ohjeen tekemisessä tulee ongelmia, miten ohjeeseen sisällytetään korjaussyklit niin ettei ohjeesta tule liian sekava. Näissä tapauksissa täytyy miettiä, sisällytetäänkö korjaussykliä ohjeeseen lainkaan, tai miten sykli sisällytetään ohjeeseen järkevästi. Levynnoston syklissä, kun kaksoislevyntunnistin mittaa levyn ja antaa virheilmoituksen, syntyy korjaussykli. Tässä tapauksessa sykli on sisällytettävä ohjeeseen, koska tämä sykli on oleellinen osa koneen toimintaa ja tämä sykli tapahtuu usein. Ohjeeseen toteutettiin korjaussykleille sivuhaara mistä lukija näkee,

mitä toimenpiteitä laite tekee korjaussyklin aikana. Ohjeeseen haluttiin sisällyttää jatkotoimenpiteet näiden syklien jälkeiseen toimintaan. Tällä selvennetään laitteen käyttäjälle, miten vikatilanteessa laitteen tulee toimia.

## 7 TULOKSET JA JATKOKEHITYS

Työ aloitettiin selvittämällä laitteiden toimintaa käyntiinajoa seuraamalla. Käyntiinajoa seuraamalla saatiin peruskäsitys siitä, miten laite toimii konkreettisesti, miten eri akselit liikkuvat, miten koneen oheislaitteet toimivat ja miten koneessa oleva tarttuja toimii. Perustietojen hankinnan jälkeen työssä selvitettiin ohjelmiston ohjelmaa, eli mihin laitteen koodi on kirjoitettu. Koodia luettiin aluksi vain silmämääräisesti. Työohjeen teko aloitettiin, kun perustiedot oli kerätty ja kun ohjeeseen oli määritetty asiat, joita ohjeeseen haluttiin kuuluvan. Ohjeen teko aloitettiin johdannolla eli koneen perustietojen, toimintaperiaatteen ja eri optioiden esittelyllä. Johdannon jälkeen selvitettiin ylemmän tason kommunikaatio laitteiden välillä ja siitä tehtiin visuaalinen kaavio ohjeeseen. Työhön lisättiin CTL-järjestelmän PLC-laitteella olevia kommunikaatioparametreja, joista selviää, minkä parametrin alla tiedot siirtyvät master- ja crane PLC -ohjelmien välillä. Ylemmän tason kommunikaatioon tehtiin kaksi kaaviota, joissa selvitettiin PLC-laitteiden välillä siirtyvää kommunikaatiota levyn lastaukseen ja rangan purkuun liittyviin sykleihin. Näiden ylemmän tason kommunikointien jälkeen selvitettiin alemman tason kommunikaatio, eli CTL-järjestelmän toimintasykleissä tapahtuvia konkreettisia ja tiedonsiirrollisia tapahtumia. Ohjeeseen toteutettiin kymmenen erilaista sykliä, jotka liittyvät koneen toimintaan oleellisesti ja myös optioina olevia syklejä, jotka voivat eri tapauksissa olla relevantteja.

Työohje osoittautui toimivaksi ja selkeäksi. Työohjeeseen saatiin sisällytettyä tärkeitä kommunikaation ja toimintasykleihin liittyviä asioita ja nämä saatiin visualisoitua niin, että ohjetta on yksinkertaista ja selkeää lukea. Toimintaohjeita tullaan jatkossa tekemään myös muille koneille, näin saadaan selvennettyä myös muiden koneiden ja laitteiden toimintaa. Työohjeeseen voidaan tehdä jatkokehitystä niiden oheislaitteiden osalta, joita tähän työhön ei katsottu tarpeelliseksi lisätä. Jatkokehitystä voidaan tehdä syventymällä tarkemmin toimintasykleihin tai laajentaa ohjetta muille laitteille yksilöidymmin.

## 8 YHTEENVETO

Työn tavoitteisiin päästiin osaltaan. Työn lopputulokseksi saatiin toteutettua selkeää ja laaja toimintaohje varaston ja 2D-laserleikkurin yhteenliittämisestä ja näiden laitteiden toimintasykleistä. Työstä saatiin hyvää pohjaa tuleville toimintaohjeille, joita mahdollisesti tullaan tekemään tulevaisuudessa. Työssä oltaisiin haluttu antaa ohje käyntiinajajille testaukseen asiakkaalla tapahtuvassa käyntiinajossa, mutta ajanpuutteen vuoksi tätä ei pystytty toteuttamaan.

Työ oli mielenkiintoinen ja työstä sai hyvää oppia ohjelmistokoodin lukuun. Työ osoittautua monimutkaisemmaksi, kuin aluksi osattiin määritellä. Hankkimalla tietoa kommunikaatiosta ja rajapinnoista saatiin vaikeat asiat selvitettyä ja luotua ohjetta eteenpäin. Hankaluuksia työssä tuotti ohjelmistokoodin ymmärtäminen ja hahmottelu, miten asiat tuotetaan selkeästi dokumenttiin. Yrityksellä ei ollut käyntiinajohallissa tehty opinnäytetyön tekohetkellä CTL- ja LG-liitosta, jolloin rajapintojen ymmärtämisestä tuli hankalaa. Tieto rajapinnoista ja kommunikaatiosta perustui tehtyyn dokumentaatioon ja yrityksen työntekijöiden tietoon.

Toimintaohjeen teosta ja dokumentoinnista syntyy yritykselle ylimääräistä kuluja ja siihen kuluu aikaa. Kuitenkaan ohjeella voidaan säästää paljon aikaa asiakkaalla tapahtuvassa käyntiinajossa ja huollossa, kun vikatilanteiden syntyessä vikojen etsimiseen ei kulu turhaa aikaa. Konekohtaisilla toimintaohjeilla saadaan hukkatunteja minimoitua huomattavasti ja näin parannettua yrityksen liikevoittoa.

## LÄHTEET

Collin, J. & Saarelainen, A. 2016. Teollinen internet. Helsinki: Talentum.

EtherCAT. 2019a. Technical introduction and overview. [WWW-dokumentti]. EtherCAT technology group. [Viitattu 20.02.2019]. Saatavissa: <https://www.ethercat.org/en/technology.html>

EtherCAT. 2019b. Technical introduction and overview. [Valokuva]. EtherCAT technology group. [Viitattu 30.03.2019]. Saatavissa: <https://www.ethercat.org/en/technology.html>

Inaba, K., Parsons, S. & Smillie, R. 2004. Guidelines for developing instructions. [E-Kirja]. Chapman and Hall/CRC. [Viitattu 25.02.2019]. Saatavissa Ebook central Pro quest - tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

Industrial Data Xchange. 2013. ProfiBus Connectors. [Verkkosivu]. Industrial Data Xchange. [Viitattu 01.04.2019]. Saatavissa: <http://blog.idx-online.com/2013/10/profibus-connectors.html>

Mackay, S., Wright, E., Reynders, D. & Park, J. 2010. Practical Industrial Data Networks - Design, Installation and Troubleshooting. [E-Kirja]. Elsevier. [Viitattu 26.02.2019]. Saatavissa Knovel – tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

Marshall, P. & Rinaldi, J. 2017. Industrial Ethernet - How to Plan, Install, and Maintain TCP/IP Ethernet Networks - The Basic Reference Guide for Automation and Process Control Engineers (3rd Edition). [E-Kirja]. ISA. [Viitattu 27.02.2019]. Saatavissa Knovel – tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

Park, J., Mackay, S. & Wright, Edwin. 2003. Practical Data Communications for Instrumentation and Control. [E-kirja]. Elsevier. [Viitattu 07.03.2019]. Saatavissa Knovel – tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

Prima Power. 2019a. Our history. [WWW-dokumentti]. Prima industrie S.p.A. [Viitattu 19.02.2019]. Saatavissa: <https://www.primapower.com/our-history/>

Prima Power. 2019b. Tulus cell. [Prima Powerin sisäinen materiaali]. [Viitattu 24.03.2019]. Saatavissa Prima Power The BOX –tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

Prima Power. 2019c. Tulus® Cell. [Valokuva]. Prima Industrie S.p.A. [Viitattu 07.03.2019]. Saatavissa: <https://www.primapower.com/sheet-metal-fabrication-management-software-tulus/>



Prima Power. 2019d. Combo Tower Laser. [Prima Powerin sisäinen materiaali]. [Viitattu 24.03.2019]. Saatavissa Prima Power The BOX –tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

Prima Power. 2019e. Combo Tower Laser. [Valokuva]. Prima Industrie S.p.A. [Viitattu 07.03.2019]. Saatavissa: <https://www.primapower.com/combo-tower-laser/#1494850968652-4f9a680d-35e4>

Prima Power. 2019f. Laser Genius. [Prima Powerin sisäinen materiaali]. [Viitattu 24.03.2019]. Saatavissa Prima Power The BOX –tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

Prima Power. 2019g. Laser Genius. [Valokuva]. Prima Industrie S.p.A. [Viitattu 07.03.2019]. Saatavissa: <https://www.primapower.com/sheet-metal-fabrication-management-software-tulus/>

Zhang, P. 2012. Advanced industrial control technology. [E-Kirja]. Elsevier. [Viitattu 26.02.2019]. Saatavissa Knovel - tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.