



# Kurssipohjaisen koulutusohjelman suunnittelu automaattisuunnittelijoille

Jerri Tiainen

Opinnäytetyö, AMK

Huhtikuu 2023

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma (AMK)

Tiainen, Jerri

## Kurssipohjaisen koulutusohjelman suunnittelu automaatiosuunnittelijoille

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Huhtikuu 2023, 42

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

### Tiivistelmä

Teollisuuden automatisointi on jatkuvassa kasvussa ja automaationsovelluskohteita syntyy jatkuvasti lisää. Tämä on lisännyt tarvetta osaaville automaatiosuunnittelijoille työmarkkinoilla. Opinnäytetyön toimeksiantaja Etteplan Finland Oy on nopeasti kasvava ja kehittyvä teknologiapalveluyhtiö joka on erikoistunut ohjelmisto- ja sulautettuihin ratkaisuihin, teknisen viestinnän ratkaisuihin sekä suunnitteluratkaisuihin. Etteplanilla on jatkuva tarve rekrytoida uusia automaatiosuunnittelijoita, mutta heidän perehdyttäminen on osoittautunut aikaa ja resursseja kuluttavaksi. Tähän ratkaisuna on toteuttaa koulutusohjelma jossa käsitellään askel kerrallaan oikean projektin mukaisia tehtäviä. Koulutusohjelman tavoitteena on vähentää uuden työntekijän perehdyttämiseen vaadittavaa aikaa ja henkilöresursseja. Ohjelman avulla uusi työntekijä pystyy harjoittelemaan olennaisia taitoja oikeilla esimerkeillä.

Opinnäytetyötä lähdettiin toteuttamaan kehitystutkimuksen toimintamallilla ja sen perusteella laadittiin tutkimuskysymyksiä ohjaamaan opinnäytetyön kulkua. Opinnäytetyön kannalta tärkeitä tutkimuskohteita olivat Suomen tämän hetkinen automaatiokoulutuksen tilanne ja eri koulutuslaitosten eroavaisuudet automaatiokoulutuksen saralla. Lisäksi koulutusohjelman sisältöä ajatellen oli tärkeää tutkia myös nykyisten työntekijöiden työ-, koulutus- ja osaamistaustoja. Tiedon kerääminen toteutettiin suorittamalla haastatteluja ja luomalla yleinen kysely johon työntekijät vastasivat anonymisti. Kyselyissä ja haastatteluissa otettiin huomioon Etteplanilla kertynyt kokemus ja se rajattiin pois jotta saataisiin käsitys aloittavan suunnittelijan tilanteesta.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi haastatteluiden ja toiveiden myötä käsitykset sille, millaiset koulutusohjelmat täytyisi luoda CADMATIC Draw-sovellukseen ja Valmet DNA ympäristön ympärille. CADMATIC Draw-sovelluksen ohjeistuksessa käytäisiin läpi ohjelman perustoimintoja ja määrittelyjä. Valmet DNA koulutusohjelmassa jatkojalostettaisiin koulussa jo opittuja taitoja, sekä opeteltaisiin käsittelemään uusia menetelmiä ja uusia sovelluksia Valmet DNA- sovellusympäristössä.

### Avainsanat (asiasanat)

Automaatiosuunnittelu, automaatiokoulutus, Valmet DNA, CADMATIC

### Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

**Tiainen, Jerri**

**Designing a course-based training program for automation designers**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, April 2023, 42

Degree Programme in Electrical and Automation Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

**Abstract**

Industrial automation is constantly growing, and more and more automation applications are constantly being created. This has created a demand for qualified automation designers in the job market. Etteplan Finland Oy, the supervisor of this thesis is a fast growing technology company that specializes in software and embedded solutions, engineering solutions, and technical communication solutions.. Etteplan Oy has a need for new automation designers but training them for projects handled in real life has proven to consume time and resources. The solution to this is to implement a training program that deals with tasks according to the real-life project step by step. The goal of the program was to reduce the time and human resources required to familiarize a new employee. With the help of the program the new employee can practice essential skills with real examples.

The thesis was carried out using the operational model of development research and based on that research question were drawn up to guide the flow of the thesis. Important research subjects for the thesis were the current situation of the automation education in Finland and the differences between the different educational institutions in the field of automation. Also considering the contents of the training program it was important to investigate the work, education and skill backgrounds of current employees. Gathering the data was done by interviews and carrying out an inquiry to which the employees could answer anonymously. In the survey and the interviews, the experience gained at Etteplan was taken into account and it was narrowed down in order to get an idea of the situation of a starting designer.

As a result of the thesis, through interviews and wishes, outlines were developed for training programs for the CADMATIC Draw application and Valmet DNA applications if they were built. In the instructions for the CADMATIC Draw application the program's basic functions and definitions would be reviewed. In the Valmet DNA training program the main goal would be to further refine the skills already learned at school as well as learn to handle new methods.

**Keywords/tags (subjects)**

Automation design, automation education, Valmet DNA, CADMATIC

**Miscellaneous (Confidential information)**

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Automaatiotekniikka .....</b>	<b>4</b>
2.1	Automaation historia ja nykytilanne .....	4
2.2	Automaatiokoulutus Suomessa .....	7
2.3	Kohderyhmän automaatiotietotausta .....	11
<b>3</b>	<b>Tietokoneavusteinen automaatio suunnittelu .....</b>	<b>13</b>
3.1	Automaatio suunnittelun elinkaarimalli ja -järjestelmän suunnittelun vaiheet .....	14
3.2	Suunnitteluvaihe, laitteisto- ja ohjelmistosuunnittelu .....	16
3.3	Toteutusvaihe .....	17
3.4	Automaatiojärjestelmän vaatimukset, tiedot ja toiminnot .....	18
<b>4</b>	<b>Suunnitteluun valmistava koulutusohjelma .....</b>	<b>19</b>
4.1	CADMATIC Draw .....	19
4.2	Valmet DNA-ohjelmistoympäristö .....	20
4.2.1	Function Block CAD .....	25
4.2.2	Picture Designer .....	29
4.2.3	Help Designer .....	31
4.2.4	Operate Client, IO- ja sovellustestaus .....	36
<b>5</b>	<b>Lopputulos .....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>Pohdinta .....</b>	<b>38</b>
6.1	Opinnäytetyön tulosten luotettavuus .....	39
6.2	Opinnäytetyön eettisyys .....	40
	<b>Lähteet .....</b>	<b>41</b>
	<b>Liitteet .....</b>	<b>43</b>
	Liite 1. Voitelukoneikko 100 PI-kaavio .....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
	Liite 2. Voitelukoneikon IO- lista .....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
	Liite 3. Voitelukoneikon Loop- lista .....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
	Liite 4. Voitelukoneikon Loop- lista .....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
	Liite 5. Koulutusohjelman Valmet DNA ohjeistus (salassa pidettävä)	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
	Liite 6. Koulutusohjelman CADMATIC ohjeistus (salassa pidettävä)	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>

## Kuviot

Kuvio 1: Automaation poikkitieteellisyys kuvattuna (Automaatio ennen, nyt ja tulevaisuudessa 2018) .....	6
Kuvio 2: Ensisijaiset hakijat kevään 2021 yhteyshaussa. (Haku ja valinta, n.d).....	9
Kuvio 3: Automaatiojärjestelmän elinkaaren vaiheet, niiden väliset etapit sekä tärkeimmät tulokset (Automaatiosuunnittelun prosessimalli, 2007) .....	16
Kuvio 4 Kuvakaappaus voitelukoneikkoa varten luodusta Loop-listasta.....	22
Kuvio 5 DNA Explorer kansiohierarkia .....	23
Kuvio 6 Kuvakaappaus voitelukoneiko IO-listasta .....	24
Kuvio 7 Unit outlet pressure-piirin Design Members valikko .....	26
Kuvio 8 Esitys AI8 kortin parametrien ja Design Members:n välisestä linkityksestä.....	28
Kuvio 9: Voitelukoneikon lämpötilanmittauksen symbolin Properties-määrittelyt.....	30
Kuvio 10 Voitelukoneikko 100:n valvomokuva .....	30
Kuvio 11 Lukitukset ja Help-nastat Main pump 1 Intake-piirissä .....	32
Kuvio 12 Help Designer näkymä ja tyhjä mallipohja 1.....	33
Kuvio 13 Help Designer näkymä ja tyhjä mallipohja 2.....	34
Kuvio 14: Help-näkymä valvomossa .....	35
Kuvio 15: Toimiva valvomonäyttö .....	36
Kuvio 16: Hälytyslista .....	37

# 1 Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet

Tämän päiväinen teknologia on kehittynyt huimasti lyhyessä ajassa ja tulee kehittymään kiihtyvällä tahdilla tulevaisuudessakin. Automaatiotekniikka ja erilainen automaatio on tämän hetken suuri ja pysyvä trendi ja automaatiota hyödynnetään teollisuudessa, sekä jokapäiväisissä käyttökohteissa. Kyseinen tilanne luo jatkuvasti uusia mahdollisuuksia hyödyntää teollisuusautomaatiota, mutta tätä varten vaaditaan osaavat automaatio suunnittelijat.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimiva Etteplan Finland Oy on jatkuvasti kasvamassa ja tätä myötä uusia suunnittelijoita rekrytoidaan jatkuvasti. Tästä on syntynyt tarve kouluttaa Etteplanilla aloittavia suunnittelijoita oikeita projekteja varten. Aloittavan suunnittelijan perehdyttäminen uuteen projektiin voi olla resurssirikasta. Perehdytyksen takia voidaan joutua sitomaan kokonaan toinen suunnittelija opastamaan vierestä työtehtäviä tai turvautumaan ulkopuolisiin perehdytysohjelmiin. Tätä varten on opinnäytetyön tavoitteena luoda kurssipohjainen koulutusohjelma tukemaan aloittavien suunnittelijoiden integraatiota käynnissä oleviin projekteihin ja vähentämään perehdytykseen käytettäviä resursseja.

Opinnäytetyössä täytyi tutkia millaisia tehtäviä aloittava suunnittelija mahdollisesti kohtaa aloitessaan projektia. Millaisia harjoitustehtäviä täytyisi luoda, jotta aloittavan suunnittelijan olisi mahdollisimman nopeaa ja tehokasta aloittaa itsenäinen työskentely eri projektien parissa? Mikä on automaatiotekniikan ja automaatio suunnittelun nykytilanne ja mihin suuntaan on ala kehittymässä, onko suunnitteluun tulossa uudenlaisia suunnittelutyökaluja tai menetelmiä? Sekä millainen on tämänhetkinen automaatiokoulutuksen tilanne automaatio suunnittelun kannalta, millaisia opintosuunnitelmia automaatiotekniikan koulutuksissa tarjotaan ja millaisella rakenteella eri koulutuslaitoksissa.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Etteplan Finland Oy, joka on Etteplan Oy:n suomalainen tytäryhtiö. Etteplan on suomalainen maailmanlaajuinen teknologiapalveluyhtiö, joka on perustettu vuonna 1983. Yrityksen perustana toimivat Ensio Joutasniemen, Tero Elomaan, Tapani Mönkkösen ja Esko Polton pienet suunnittelutoimistot. Yhdessä nämä neljä eri toimistoa loivat yhteisen yhteisyrityksen keskittääkseen laitehankintoja. Etteplanin eri toimipisteitä löytyy Suomen lisäksi myös Kiinasta, Yhdysvalloista, Ruotsista, Alankomaista, Saksasta ja Puolasta. Edellä mainittujen toimipis-

teiden yhteenlaskettu henkilöstö on noin 4000, näistä 800 on älykkäitä ratkaisuja luovia ohjelmistokehittäjiä. Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Etteplan Finland Oy:n Jyväskylän toimipiste (Etteplanin historia n.d) Etteplanin Jyväskylän toimipiste sijaitsee Vaajakoskella ja toimipisteen alaisena työskentelee yhteensä noin 110 työntekijää.

Nopeasti kasvava Etteplan on ohjelmisto- ja sulautettuihin ratkaisuihin, tekniseen dokumentointiin sekä suunnitteluun erikoistunut asiantuntijayritys. Suunnittelupalveluita Etteplan tarjoaa todella laajalla toiminta-alueella kuten 3D-tulostukseen, akkuteknologiaan, prosessinohjausautomaatioon, robotiikkaan, järjestelmä-, laitos-, mekaniikka- ja sähkösuunnitteluun, sekä talotekniikkaan. Sulautettujen järjestelmien palveluita on tarjolla antennisuunnitteluun, RF-suunnitteluun, elektroniikka-suunnitteluun ja sulautettujen ohjelmistojen suunnitteluun, sekä myös palveluja kyberturvallisuuden haasteisiin. (Tietoa meistä n.d.)

## **2 Automaatiotekniikka**

### **2.1 Automaation historia ja nykytilanne**

Sana automaatti on alkuperältään hyvin vanha, sitä alettiin hyödyntämään tarkoittamaan ihmisen koskematta toimivia laitteita osoittamaan Ranskassa jo 1500-luvulla. Tuolloin kyseiseen luokitteluun asettuivat esimerkiksi erilaiset kellot, jotka eivät tarvinneet ihmisen ohjausta toimiakseen jatkuvasti. Yleiseen käyttöön sana automaatio ei tullut suoraan tällaisessa muodossa, vaan 1800-luvulla alettiin puhumaan automatisoinnista, josta myöhemmin muodostui yksittäinen sana automaatio. (Aaltonen, Airila, Andersen, Ekman, Kauppinen, Liukko & Pohjala 1992, 9.)

Kaikilla automaation ilmenemismuodoilla on yhteiset perusrakenneosat, joilla on melko vanhat juuret:

- Blaise Pascalin luoma mekaaninen laskukone ja sen kyky suorittaa aritmeettislogisia toimintoja
- James Wattin vuonna 1788 höyrykoneeseen liitetty keskipakoisvoimaan perustuva säätölaite toimi säätösilmukkana eli takaisinkytkennän alkuperänä.
- Ohjelmoinnin periaate syntyi Joseph Marie Jacquardin reikäohjelmoidusta kutomakoneesta 1800-luvulla. Se kutoi kuvioita kankaaseen reikäkortteihin lävistetyn ohjelman mukaisesti.
- Anturit eli sensorit toimivat tilojen ja tilanteiden automaattista mittausta varten.

- Toimilaitteet, kuten venttiilit, joiden avulla saadaan säädettyä massavirtoja. (Aaltonen ym. 1992, 10.)

Ensimmäisiä elektroniputkitietokoneita hyödynnettiin tuotesuunnittelussa niin aikaisin kuin 1950-luvulla. Tällöin niitä käytettiin pääasiassa vain laskemiseen. Tietokonetekniikan kehityksen myötä siirryttiin elektroniputkista transistoreihin ja siitä puolijohdeisiin, tämän kehityskaskeleen mahdollisti puolijohde- ja mikropiiritekniikan kehittyminen 1960-luvulla. Nämä ajat mahdollistivat käyttöjärjestelmien mahdollikaan kehittymisen ja teknisen laskennan paremman hyödyntämisen tuotesuunnittelussa. (Aaltonen ym. 1992, 102.)

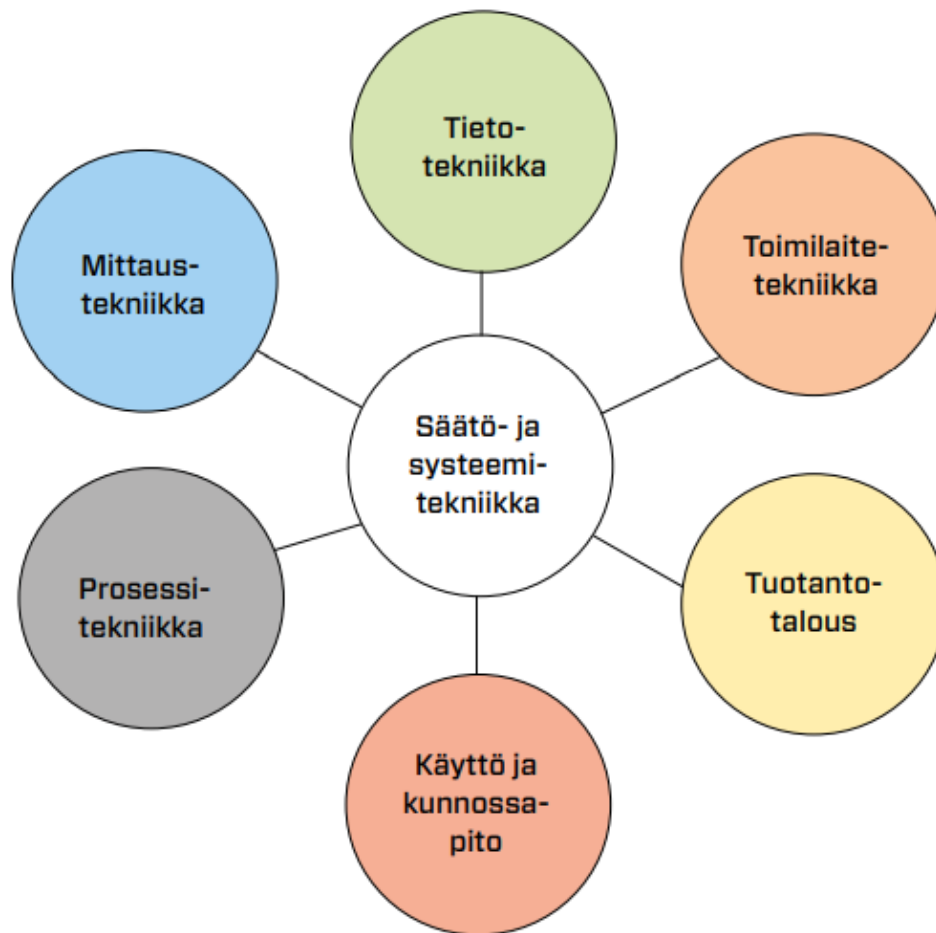
Tärkeimpänä kehityksenä tuotantoautomaation kannalta 70- ja 80-vuosikymmenillä oli mikroprosessorit. Mikroprosessoreja pystyttiin hyödyntämään mikrotietokoneissa sekä erilaisissa mekatronisissa laitteissa kuten työstökoneet, teollisuusrobotit ja kuljetusvälineet. Suomalaisista yrityksistä Valmet, Nokia ja Wärtsilä johtivat tämän teknologian hyödyntämistä. Kyseiset yritykset alkoivat myös hyödyntämään uutta prosessiautomaatiojärjestelmäteknikkaa, jonka kehitys perustui myös mikroprosessoreiden laajaan käyttöön. (Aaltonen ym. 1992, 14)

Nykypäivänä automaation monipuolisuutta kuvastaa hyvin sen poikkitieteellisyys ja sen läsnäolon voi tuntea päivittäin. Vuosituhannen vaihteessa on automaatiotekniikka levinnyt liki kaikkialle infrastruktuuriin ja teollisuuteen. Lisäksi kaikilla tuotantoteollisuuden alueilla on tapahtunut keskeistä kehitystä viime vuosikymmenillä automaatiojärjestelmien integraatiossa muihin järjestelmiin, kuten esimerkiksi tuotannon- ja valmistuksenohjaukseen ja kunnossapidon järjestelmiin. Hyvänä esimerkkinä tässä kehityksessä toimii satamien automaattisten koneiden integroiminen koko työmaan laajuiseen ohjausjärjestelmään. (Automaatio ennen, nyt ja tulevaisuudessa 2018, 8–11.)

Automaatiotekniikan alkuaikoina turvauduttiin erilaisiin analogiatekniikoihin, mutta nykyään tekniikan vallitsevana toteutustekniikkana pidetään tietotekniikkaa. Tekniikan keskustana toimii systeemi- ja säätötekniikka, joita hyödyntämällä pystytään luomaan prosessikohtaiset mallit ja ohjausalgoritmit. Tätä tukee mittaustekniikka, joka kokoaa automaation aistit hyödyntämällä antureiden ja lähettimien toimittamaa prosessi-, toiminta- ja tilatietoja. Aistien ohjaamana lihak-



sistona toimivat erilaiset toimilaitteet, kuten venttiilit ja moottorit. (Automaatio ennen, nyt ja tulevaisuudessa 2018, 8.) Kuviossa 1 on kuvallisesti esiteltynä aiemmin käsitelty automaatiotekniikan osa-alueet.



Kuvio 1: Automaation poikkitieteellisyys kuvattuna (Automaatio ennen, nyt ja tulevaisuudessa 2018)

Yksi iso kehityskohde on nykyhetken automaatiojärjestelmien ja sovellusten rakenne, ne ovat nykyisin suurimmalta osalta ohjelmistoja ja niistä koottuja järjestelmiä. Ohjelmistotekniikka hyödyntää järjestelmätoteutuksien integroinnissa monia eri rajapintoja. Nykyisin monet ohjelmistojärjestelmät saavat ja tuottavat tietoa ulkoistettuihin kolmannen osapuolen palveluihin, kuten erilaiset ”pilvipalvelut”. Tämä ulkoistus ja esineiden internet-tekniikan (Internet of Things, IoT) laajentumi-

nen teollisuudessa ovat luoneet kasvavan huolen tietoturvasta. Kyseisillä ratkaisulla saadaan kerättyä entistä isompaa tietomäärää, sekä kytkettyä automaatiojärjestelmiä ja -sovelluksia esineiden nettiin. (Automaatio ennen, nyt ja tulevaisuudessa 2018, 11.)

Käsitteellä WSN-teknologialla (Wireless Sensor Network) tarkoitetaan langatonta anturiverkkoa. Kyseessä on alueellisesti hajautettujen antureiden verkko, jotka tallentavat ja valvovat ympäristön olosuhteita ja välittävät tiedot eteenpäin. Anturiverkoilla voidaan mitata esimerkiksi lämpötilaa, ääntä, kosteutta ja tuulta (Wireless sensor network, n.d).

Kuten todettiin, että suunnittelutyötä voidaan toteuttaa monella eri tavalla, siksi avoimet standardit ovat yksi edellytyksistä sujuvan automaatio-sovelluksien toteuttamiselle. Näistä standardeista saadaan tekniikoita, jotka ovat koeteltuja ja todettuja toimiviksi. Tilannetta vaikeuttaa WSN-sovelluskehityksessä vallitseva laitevalmistajien takertuminen valmistajakohtaisiin ratkaisuihin ja tuotteiden pitäminen yhteensopivina aikaisempien tuotesukupolvien kanssa. (Automaatio liiketoiminnan tukena 2010, 35.) Mutta kun tarkastelee Ylénin ym. (2010) kirjoittamaa julkaisua siitä kuinka WSN-teknologia päihittää langalliset väyläratkaisut ja kun tämä teknologia lyö läpi, niin liiketoimintamallit muuttuvat. Läpimurto mainisi sitä, että muiden teknologiayritysten tuotteista tulisi vanhentuneita. Näin ei ole vielä päässyt käymään, mutta teknologia on vielä kehittymässä ja kasvamassa. Kun tutkitaan Naikodin (2020) kirjoittamaa teosta WSN-, AI- ja IoT-teknologian nykytilanteesta ja tulevaisuudesta, voidaan edellä mainitun läpimurron tapahtumista vielä odottaa. Teknologian yleistymistä hidastavia heikkouksia ovat sen hidas ja vika-altis tiedon siirto verrattuna langoitettuun järjestelmään, kaistanleveyden, prosessoinnin ja muistin rajoitukset. Lisäksi kustannukset ovat korkeat mitä laajempi verkosto on. Naikodi (2020) listaa WSN-teknologian käyttökohteina olevan sotilas- ja turvallisuus- ja teollisuuskäyttö, terveydenhuolto ja varaston-, ympäristön-, ja eri laatujen kuten veden ja ilman monitorointi. Mitään tarkkaa mainintaa siitä missä käyttökohteissa teollisuudessa sensoriverkostoa ei ole kerrottu.

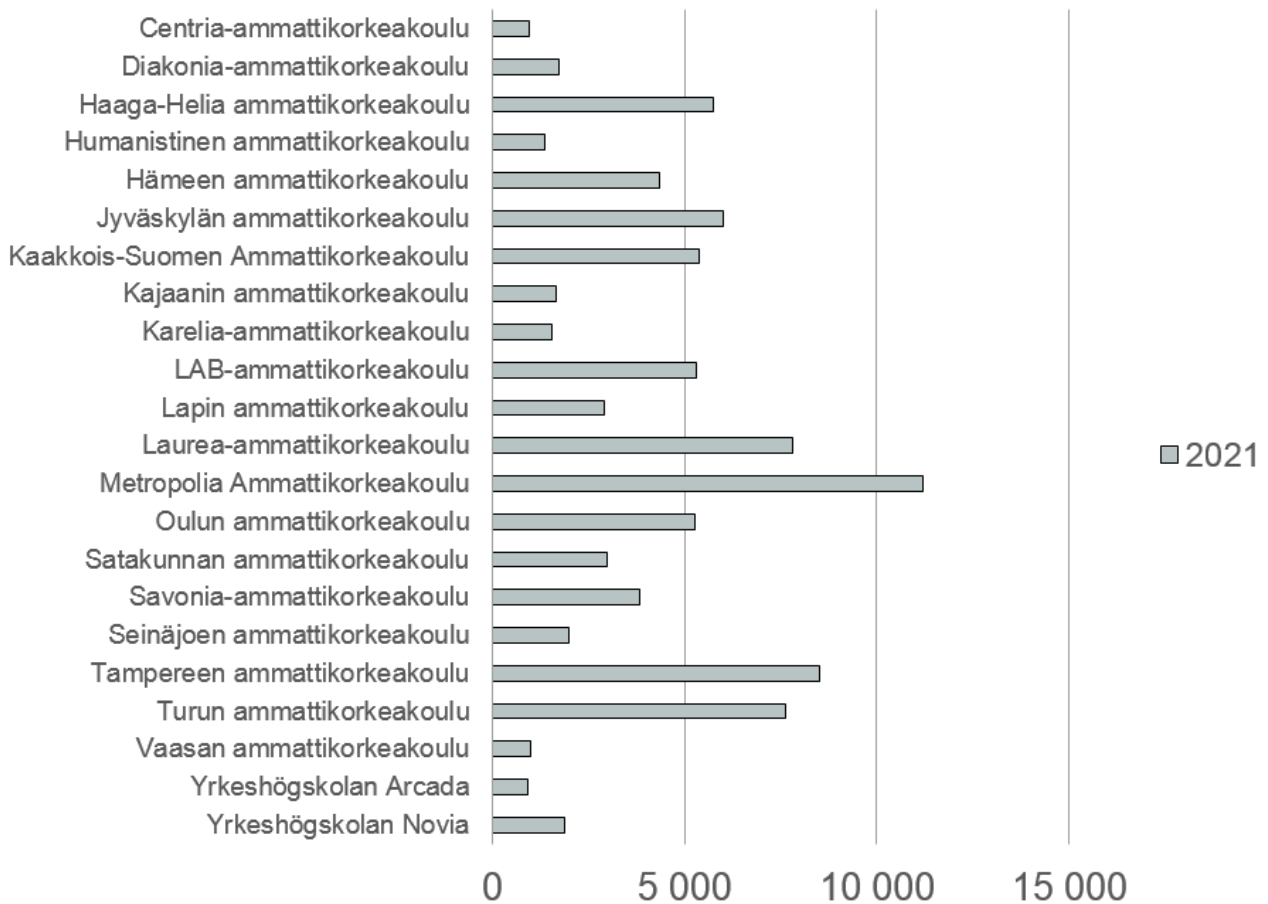
## **2.2 Automaatiokoulutus Suomessa**

Yksi tämän opinnäytetyön tutkimuskysymyksistä käsittelee automaatiokoulutusta ja sen tasoa Suomessa. Tässä kappaleessa käsittelen ja analysoin automaatioinsinööritutkintoja tarjoavia koulutuksia, jotta saadaan kehitettyä kuva siitä, millaiselle osaamisen taustalle opinnäytetyötä raken-

netaan. Tutkintoja tarjoavista koulutuksista tutkin millainen osaaminen tutkinnon suorittaville syntyy automaatiosta vertaillen eri tutkinto-ohjelmien suunnitelmia, monipuolista kurssitarjontaa, pääpainotusta ja laatua.

Sähkö- ja automaatiokoulutus on Suomessa hyvin yleinen ja tavoiteltu koulutus. Koulutus on ollut hyvin suuressa suosiossa ja sen suosio on jatkuvasti kasvussa. Opetushallinnon tilastopalvelu Vipun (n.d) tilastoja tutkimalla pystytään toteamaan tämä kasvu. Toisen asteen sähkö- ja automaatiokoulutukseen on ensisijaisia hakijoita ollut vuonna 2018 2856, vuonna 2019 2868, vuonna 2020 3114 ja vuonna 2021 3738. Opintopolun tämänhetkisen tilanteen mukaan sähkö- ja automaatiotekniikan ammattitutkintoa tarjoaa Suomessa 51 eri koulutuksen järjestäjää. Näistä insinöörin tutkintoja voi suorittaa 15 ammattikorkeakoulussa. Kandidaatin-, maisteri- ja tohtoritutkintoja on mahdollista opiskella 20 eri koulutusohjelmassa.. Suomessa on tällä hetkellä 91 eri ammattikoulua, joista yli puolet siis tarjoavat sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusta, ammattikorkeakouluja 23 eli 65 % ammattikorkeista tarjoaa koulutusta ja 13 eri yliopistoa, jotka tarjoavat keskimäärin 2 erilaista alaan liittyvää tutkintoa jokaista opistoa kohden. Tällaisissa tutkinnoissa suuntaudutaan tarkemmin johonkin tiettyyn tekniikan osa-alueeseen kuten automaatioteollisuuden robotiikkaan tai automaation tietotekniikkaan liittyen. (Yhteishaku, N.d.)

Opetushallinnon tilastopalvelu Vipunen (n.d) kerää vuosittain tietoja koulutusvalinnoista varhaiskasvatuksesta ammattikorke- ja yliopistokoulutukseen ja kokoaa niistä laajat tilastot. Tilastopalvelun tilastot perustuvat tilastokeskuksen, opetus- ja kulttuuriministeriön ja opetushallinnon keräämiin tietoihin. Sivu tarjoaa pääsyn tutkimaan eri koulutuksia ja koulutuksien jälkeisiä sijoituksia. Kun tutkitaan tilastopalvelusta löytyvää tilastoa eri ammattikorkeakoulujen hakijoista ja paikan vastaanottaneista voidaan helposti ymmärtää sähkö- ja automaatiotekniikan suosiota. Kuvio 2 kuvaa kuinka paljon ensisijaisia hakijoita kevään 2021 yhteishaussa oli ammattikorkeakoulua kohti. Jyväskylän ammattikorkeakoulu on ollut viidenneksi haetuin ammattikorkeakoulu vuonna 2021. Muut suosittummat hakukohteet olivat järjestyksessä Metropolia Ammattikorkeakoulu, Tampereen ammattikorkeakoulu, Laurea-ammattikorkeakoulu ja Turun ammattikorkeakoulu. Kuviosta selviää, että Jyväskylän ammattikorkeakouluun ensisijaisia hakijoita oli noin 6000. (Hakeneet ja hyväksytyt, n.d).



Kuvio 2: Ensisijaiset hakijat kevään 2021 yhteyshaussa. (Haku ja valinta, n.d)

Seuraavaksi tarkastellaan sähkö- ja automaatiotekniikan insinöörikoulutuksen päivätoteutukseen hakeneiden määrää. Edellä mainituista viidestä haetuimmasta ammattikorkeakoulusta vain 3 tarjoavat tutkittavaa koulutusta. Nämä ammattikorkeakoulut ovat Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Metropolia ammattikorkeakoulu ja Tampereen ammattikorkeakoulu. Jyväskylään hakijoita vuonna 2021 oli 6000, näistä ensisijaisia hakijoita sähkö- ja automaatiotekniikan päivätoteutukseen oli 147, kaikkiaan paikan vastaanottaneita oli 51. Näin ollen *ensisijainenhakija per aloituspaikka*-suhde oli vuonna 2021 2,88. Metropolia ammattikorkeakouluun hakijoita oli 33117, joista ensisijaisia sähkö- ja automaatiotekniikan insinöörikoulutukseen oli 507, paikan vastaanottaneita 186, jolloin suhde oli 2,73. Tampereelle haki 25851, näistä ensisijaisia sähkö- ja automaatiotekniikkaan 417, paikan vastaanottaneita 51 jolloin suhde 8,18. (Ammattikorkeakoulujen hakeneet ja paikan vastaanottaneet, n.d.).

Edellä tarkasteltiin ammattikorkeakoulujen sähkö- ja automaatiokoulutuksia, tässä kappaleessa katsotaan asioita toisen asteen koulutuksen kannalta. Syitä miksi sähkö- ja automaatiokoulutus on niin suosittua toisen asteen opintona, on monia. Maailman teollistuminen on tehnyt sähkö- ja automaatiotekniikasta välttämätöntä nykyisen teknologian ja infrastruktuurin kehittymiseen ja ylläpitämiseen. Tämä johtaa siihen, että ala on jatkuvasti kehittymässä ja laajentumassa kun uusia haasteita ja tarpeita syntyy. Näiden syiden takia sähkö- ja automaatioala on varma työllistäjä. Tämä on ominaispiirre jatkokoulutukselle, jota moni ammattikouluun toisen asteen opintoja suorittamaan hakeva toivoo. Sähkö- ja automaatioalan ammatillisten opintojen suosio on kasvanut tasaisesti vuodesta 2016 lähtien. Vuonna 2019 2 547 aloituspaikkaa haki yhteensä 8 665 hakijaa, joista 2 940 oli ensisijaisia hakijoita. (Sähkömaailma, 17.6.2020.)

Pyyskänen (2013) kirjoittaa, että Suomessa tarvittaisiin enemmän laadukkaita koulutuksia lisäämään automaatio suunnittelun ammattitaitoa, sillä ammattitaidossa on hänen mielestään Suomessa parannettavaa. Vaikkakin eri teollisuusautomaation sovellusalueilla hyödynnetään samantaisia perusratkaisuja, valmiiden ja testattujen järjestelmäratkaisuiden siirto sovellusalueelta toiselle ei ole helppoa. (Teollisuuden automaatio- ja ohjausjärjestelmät, 22). Ammattikorkeakouluun.fi (n.d) esittelyssä eri AMK-tutkinnoista kerrotaan automaatio suunnittelijan tarvitsevan kattavaa taustakoulutusta ja työkokemusta. Suomessa tarjotaan hyvää koulutusta ja huippuosaamista tutkimustoiminnan parissa, mutta silti yritykset kokevat osaamisen puutteiden rajoittavan toimintaansa. Yritykset kaipaavat eniten uusien teknologioiden ja ideoiden testaamiseen kykeneviä osaajia. Tulevaisuudessa robotiikan yleistyminen aiheuttaa pulaa osaajista esimerkiksi koneoppimisesta vaikkakin automaatio ja robotiikka koulutus vastaa yritysten rekrytointitarpeita. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 16.11.2016)

Sähkö- ja automaatiotekniikan insinööritutkintojen esittelyissä toistuu painotus koulutuksen kykyyn valmistaa osaajia Suomen teollisuudessa käynnissä olevaan rakennemuutokseen. Ammattikorkeakouluun.fi sivuilla kerrotaan sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinnon suorittaneen osaavan monipuolisesti ”suunnitella, kehittää, toteuttaa ja ylläpitää sähköistykseen ja automaatioon liittyviä järjestelmiä” Tällä hetkellä Suomessa käynnissä olevat teollisuuden automaation muutokset keskittyvät laitosten ja prosessien robotisaatioon, digitalisointiin, älykkäisiin sähköverkkoihin ja sähköverkkoratkaisuihin (Koulutukset, n.d).

## 2.3 Kohderyhmän automaatiotietotausta

Opinnäytetyötä tukemaan tuotettiin kysely, jossa kartoitettiin Etteplan Finland Oy:n Jyväskylän automaatiosuunnittelijoiden taustaa ja lähtötietoja. Kyselyllä on tarkoitus luoda osaamisen ja kokemuksen osalta keskiarvo, joka kuvaa yrityksessä aloittavaa automaatiosuunnittelijaa, jotta koulutusohjelma voidaan räätälöidä hänelle sopivaksi. Koska kyselyssä käsitellään henkilötietoja henkilökohtaisella ja yrityksen tasolla, toteutettiin kysely anonymisti, jotta toimitaan JAMK:n eettisten ohjeiden mukaan. Kyselyn tuloksissa ei mainita tarkkoja lukumääriä eikä kuvata tarkasti yhtä kohdehenkilöä anonymiutta kunnioittaen.

Jaetussa kyselyssä tarkennettiin kohderyhmälle kertynyttä opiskelutaustaa, työkokemusta, ohjelmistokokemusta sekä koulutustehtäviin liittyviä toiveita. Kyselyssä ilmeni, että kaikki kyselyyn vastanneet kohdehenkilöt ovat suorittaneet korkea-asteen koulutuksen, suurin osa ammattikorkeakoulussa. Ammattikorkeakoulun suorittaneista, hieman yli puolella ryhmästä on toisen asteen tutkinto sähkö- ja automaatiotekniikan alalla. Kyseessä olevat tutkinnot ovat esimerkiksi automaatioasentaja, sähkökoneasentaja ja elektroniikka-asentaja. Kysely myös osoittaa, että kaikki sähkö- ja automaatioalan toisen asteen koulutuksen suorittaneet jatkoivat alalla korkea-asteelle asteelle suuntautuen automaatioinsinööriksi. Tämä käsittää 80 prosenttia vastanneista. Muilla 20 prosentilla kohderyhmästä on jokin muu korkeampi tekniikan tutkinto tai heillä on yliopistosta ja ammattikorkeakoulusta tutkinnot. Aiempia koulutuksen puolesta kerrytettyjä oppeja ja kokemuksia suunnittelutyökaluista on kohderyhmällä kertynyt laajasti. 90 prosentilla vastanneista on kokemusta CAD-pohjaisista suunnittelutyökaluista, kaikilla perustana AutoCAD, jonka perusteet kursseja tarjotaan laajasti ja eri painotuksella eri ammattikorkeakouluissa. Esimerkiksi Tampereen ammattikorkeakoulussa on opinto-ohjelmassa pakollisena kurssina sähkösuunnittelun perusteet. Tällä kursilla opetellaan CAD-ohjelmiston käyttöä sähkö- ja automaatiosuunnittelussa tekemällä harjoitustehtäviä hyödyntäen eri menetelmiä ja standardikäytäntöjä. Käytännön taitoja kurssilla kerrytetään tutkimalla olemassa olevaa asennusta ja luomalla dokumentointi sen pohjalta, keräämällä tietoja laitteiden teknisistä dokumenteista, komponenttivalintojen ja hankintalistan luomisesta. Lopuksi kurssilla suunnitellaan keskus pienelle automaatiojärjestelmälle. (Opinto-opas, Sähkösuunnittelun perusteet n.d.).

50 prosentilla kyselyyn vastanneista löytyy koulutuksen puolesta saatua kokemusta eri logiikka- tai järjestelmäympäristöissä kuten Valmet DNA, Siemens S7 ja Siemens TIA Portal. Logiikkaohjaukset

ovat yksi pääpaino automaatiotekniikan ohjelmissa ja se on havaittavissa eri korkeakoulujen kursistarjonnoissa. Jyväskylän ammattikorkeakoulussa vuonna 2023 aloittaneille automaatioinsinööriksi suuntautuville on pakollisena logiikkaohjelmointia käsitteleviä kursseja 31 opintopisteen edestä. Kursseilla käsitellään automaatiojärjestelmien perusteista niiden suunnitteluun. Suuressa painotuksessa on myös logiikkaohjelmien perusteisiin sekä niiden rakentamiseen ja hyödyntämiseen kehittyminen. Näitä taitoja harjoitellaan simuloituissa prosessiympäristöissä. (Sähkö- ja automaatiotekniikka, automaatiopuolen suuntautuminen n.d).

Yksi tärkeä tutkinnan kohde on kohderyhmän aiempi työkokemus vuosina ja tehtävinä, lisäksi näissä syntyneinä kokemuksina eri työympäristöissä ja taitoina eri ohjelmia käsitellessä. Joku on voinut työskennellä paperitehtaalla prosessinhoidon tai kunnossapidon puolella, jolloin hänellä on paperikonetta suunnitellessa parempi ymmärrys prosessin toiminnasta käytännössä. Kyselyssä kysyttiin vain tekniikan alan työkokemusta, jotta tulokseen vaikuttaa vain aiheeseen liittyvä data. Kohderyhmän työkertymän keskiarvo vuosina on 5,5 vuotta, mutta tulokseen vaikuttaa suuresti ääripäät. Vastanneista 33 prosenttia on työskennellyt tekniikallisissa työtehtävissä yli 10 vuotta, toisena ääripäänä 33 prosentilla ei ole aiempaa työkokemusta alalla. 20 prosenttia vastanneista kuuluu keskiarvoa vastaavaan 4–6 vuoden työkokemusluokkaan. Kaikki edellistä kokemusta omaavat henkilöt ovat työskennelleet suunnittelijana, projekti- tai teollisuuslaitosinsinöörinä. Yli 10 vuoden kokemuksen omaavilla henkilöillä työkokemus on kertynyt pääasiassa suunnittelutehtävistä. Eri suunnittelijan ja pääsuunnittelijan tehtävistä kokemusta löytyy 10 vuodesta jopa 25 vuoteen.

Työkokemuksen mukana kohderyhmällä on tullut suunnittelutyökaluista ja -sovelluksista käytännön kokemusta erilaisista CAD-ohjelmista kuten AutoCAD, RauAcad, HwCAD, ja CADS, sekä erilaisista logiikkajärjestelmistä kuten Metso DNA ja Simatic S7. Tärkein kurssipohjaisen koulutusohjelman rakenteen ja opinnäytetyön tutkimuskysymyksistä on aloittavan suunnittelijan eniten tarvitsemat opit ja työkaluohjeet. Tähän kysymykseen saatiin todella hyvät vastaukset kysymällä kohderyhmältä, mihin ohjelmiin ja millaisiin työtehtäviin olisit kaivannut eniten perehdytystä aloittaessasi Etteplanilla. Tällöin vastaukset muodostivat kuvan vastaan tulevista työtehtävistä. Kyselyyn vastanneista suuri osa toivoi parempaa koulutusta CADS eli CADMATIC-suunnittelutyökaluun. Vastanneista osa kertoo CADS:in toimivan yhtenä pääsuunnittelutyökaluista ja vaikka Etteplanilla aloittamisesta on kulunut jo hetki, olisi siihen vielä lisäkoulutus toiveena. Lisäksi CADS:in opettelu

on osalla vastanneista tapahtunut pääosin itseopiskeluna. Tämän myötä monet suunnittelun työtavat ovat itsekehitettyjä, eli mahdollista oikeaoppista tapaa ei ole tiedossa. Isoimpia toiveita esitettiin symbolien käyttöön työkalussa sekä CADS:in ja muiden järjestelmien tietokantojen välisen rajapinnan toiminnan läpikäymiseen.

Toisena pääsijaisena koulutuskohteina toivottiin Valmet DNA ympäristön eri ohjelmia kuten Help ja Picture Designer, Function Block CAD ja Operate Client. Etteplanilla monessa ohjelmasuunnittelun projektissa Valmet DNA- sovellusympäristö toimii pääsuunnittelutyökaluna ja siksi siihen on keskityttävä. Muita mainittuja sovelluksia, joihin toivottiin myös enemmän koulutusta ovat PDM ja Eplan, mutta näiden käyttäminen on projektikohtaista joten näitä ei oteta huomioon.

Kyselyyn tuli monipuolisia vastauksia ja kun analysoidaan näitä vastauksia, voidaan luoda karkea arvio aloittavan suunnittelijan taidoista ja luoda räätälöidyt koulutustehtävät tukemaan aloittamista. Tutkimuksen tulosten mukaan koulutusohjelma tulisi olemaan suhteellisen tuoreelle, vasta valmistuneelle tai muutaman vuoden työkokemuksen omaavalle automaatioinsinöörille. Aloittavalla henkilöllä ei ole kymmeniä vuosia kokemusta tai osaamista eri työkaluista, joten tavoitteena on jatkojalostaa koulussa opittuja taitoja ja suunnata ne Etteplanilla olevien projektien mukaisiksi. Kyselyssä puolella vastanneista löytyy aiempaa kokemusta erilaisista logiikka- ja järjestelmäympäristöistä, mutta silti vastanneet toivovat lisää Valmet DNA koulutusta. Tämä johdattelee siihen ajatukseen, että koulussa opitut taidot eivät välttämättä siirry työelämään. Omasta kokemuksesta voin sanoa, että työelämässä vaadittuihin tehtäviin eivät koulussa saadut menetelmät riitä. Koulussa keskitytään piirien luomiseen käsin ja ohjelmalohkojen toiminnan ymmärtämiseen. Työtehtävissä keskitytään enemmän piirien massaluomiseen ja määrittelyihin. Lisäksi työelämässä mukaan tulee lisää sovelluksia Valmet DNA- sovellusympäristöstä. Edellä mainittujen syiden ja kyselyn vastauksien perusteella koulutusohjelmassa keskitytään pääpainoisesti Valmet DNA- sovellusympäristöön.

### **3 Tietokoneavusteinen automaatio suunnittelu**

Termillä suunnittelu kuvataan yleisesti suunnittelun kohteen eli laajennettavan tai rakennettavan järjestelmän esittämistä siten, että sen toteuttamien, käyttö ja ylläpito ovat toteutettavissa. Tästä määrittelystä toimintojen ryppästä syntyy järjestelmän malli, joka yleisesti sisältää joukon doku-



mentteja, eli yhteistä tietokantaa. Tälle dokumenttien kirjolle käytetään termiä tehdasmalli. Tehdasmalli sisältää monipuolisesti erilaisia tietoja suunnitteluun liittyen kuten laitetiedot, toiminnan kuvaukset ja tarvittavat vaatimukset. (Suomen automaatioseura ry 2007, 13)

Tietokoneavusteisesta suunnittelusta ja sen määrittämisestä kertoo Ekman (1992). Hän selittää kuinka tietokoneavusteista suunnittelua tai tekniikkaa määriteltäessä niistä voidaan käyttää termiä CAE. CAE on lyhenne sanoista ”Computer Aided Engineering”. Tätä tekniikkaa pystytään soveltamaan vaiheesta riippumatta suunnitteluprosessin kaikissa tilanteissa. Hän myös kertoo kuinka eri CAE-sovellukset eroavat hyvin paljon toisistaan. Täten yritysten toimintatavat suunnittelussa ja suunniteltavat tuotteet eriyvät toisistaan paljon. (Aaltonen ym. 1992, 103)

Projekteihin kuuluvia suunnittelutehtäviä työstetään monien eri suunnitteluorganisaatioiden ja yksittäisten henkilöiden toimesta, he ovat osa projektin resursseja. On työstäjänä suurempi organisaatio tai yksittäinen henkilö niin jokaisella työntekijällä on apunaan erilaiset työkalut ja menetelmät. Tehdasmallin osien suhteen vastuut on jaettu osittain näille suunnittelijoille. Näin syntyy tilanne, jossa suunnittelija tai suunnittelijaorganisaatio vastaa tehdasmallin osan X toimintakuvauksesta ja Suunnittelija Y vastaa kuvauksen tarkistamisesta. (Suomen automaatioseura ry 2007, 14.) Erilaisia CAD-järjestelmiä tunnetaan maantieteellisesti hajautetusti yli kaksisataa, joissa jokaisessa on eri ratkaisut tiedostojen ja peruselementtien toteuttamiseksi (Aaltonen ym. 1992, 102). On siis tärkeää, että yhteistä projektia työstävillä tahoilla on riittävä osaaminen tulkita ja ymmärtää toisen tuottamaa dokumentaatiota.

Tärkein osa integroitua tuotantoa on tietokoneavusteinen suunnittelu. Tuotetta suunnitellessa, siitä muodostetaan tuotemalli ja sen erilaisista osista mallit, tuotemallien tietokantaa voidaan käyttää pohjana monen muunkin integroidun tuotannon alueiden informaatiosta. (Lehto, Pikkarainen, Pitkänen & Seppänen 1991, 15.)

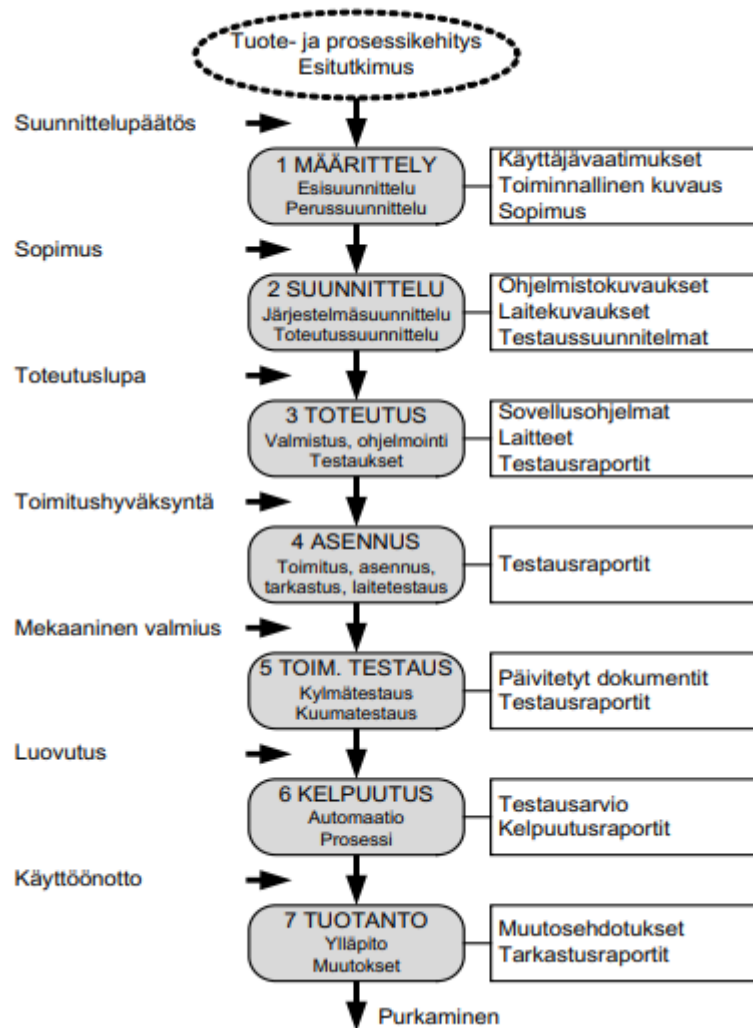
### **3.1 Automaatiosuunnittelun elinkaarimalli ja -järjestelmän suunnittelun vaiheet**

Automaatiosuunnittelun elinkaarimalli on erilaisista toisiaan seuraavista vaiheista kasattu kokonaisuus. Eri aloilla on omat standardit elinkaarimallille, mutta automaatioalalla seurataan mm. IEC 61506 ja 61508 standardeja. Elinkaarimallissa on tarkoitus kuvata erilaisia käsiteltäviä ja tuotettavia tietoja, tukiprosesseja ja käytettäviä suunnitteluresursseja. Elinkaarimallin eri vaiheet ja niiden

määrittelyt ovat seuraavat:

- Määrittely vaihe: Määrittelyvaiheessa tuodaan esille toimittajalle automaatiojärjestelmältä vaaditut vaatimukset sekä toiminnot.
- Esi- ja perussuunnitteluvaihe:
- Suunnitteluvaihe: Tässä vaiheessa toimittaja viimeistelee perussuunnittelusta saadut tiedot järjestelmän luomista varten. Vaiheessa luodaan myös järjestelmän-, toteutuksen-, ja testaussuunnitelmat.
- Toteutusvaihe: Valmistetaan asiakkaalle koottu ja testattu automaatiojärjestelmä. Vaihe päättyy, kun saadaan toimituslupa, joka vaatii tehdastestien hyväksyntää ja järjestelmän valmiiksi toteamista asiakkaan ja toimittajan puolesta.
- Asennusvaihe: Valmistettu automaatiojärjestelmä siirretään asiakkaalle ja asennetaan. Tässä vaiheessa tehdään myös laitostestaus, jolla todetaan järjestelmän toimivuus ja oikeellisuus.
- Toiminnallinen testausvaihe: Kylmä- ja kuumatestausten avulla toimittaja todistaa, että järjestelmä on sopimuksen mukainen ja voidaan luovuttaa.
- Kelpuutusvaihe: Tulos automaation teknisestä loppukelpuutuksesta ja prosessikelpuutuksesta. Vaihe on tärkeä erityisesti turvallisuuden osalta.
- Tuotantovaihe: Edellisten vaiheiden muovaamaa automaatiojärjestelmää hyödynnetään prosessin pyörittämiseen ja tuotteiden valmistamiseen.
- Purkuvaihe. (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 15–16.)

Tässä opinnäytetyössä pysytään mallin suunnittelu-, toteutus- ja asennusvaiheilla, näistä suunnittelu- ja toteutusvaiheet pääpainona.



Kuvio 3: Automaatiojärjestelmän elinkaaren vaiheet, niiden väliset etapit sekä tärkeimmät tulokset (Automaatiosuunnittelun prosessimalli, 2007)

### 3.2 Suunnitteluvaihe, laitteisto- ja ohjelmistosuunnittelu

Edellisessä kappaleessa käsiteltiin automaatiosuunnittelun elinkaarimallia, mutta seuraavaksi tutkitaan tarkemmin laitteistosuunnittelun vaihetta. Vaikkakin automaatiosuunnittelun osuudet eivät etene ennalta määrättyssä järjestyksessä, on se riippuvainen prosessilaitteistoon tai koneen mekaaniseen rakenteeseen tulevista muutoksista. Muutokset voivat tuottaa suuria päivityksiä kyt- kentä- ja ohjelmistokuvauksiin, siksi on laitteistosuunnitteluun (hardware design) ryhdyttävä vasta kun prosessisuunnittelun tuottamat PI-kaaviot ja mekaniikka suunnittelu on valmista. Kun laitteis- toa suunnitellaan, on pyrittävä hyödyntämään tunnettuja vakiokomponentteja valmistajilta, näin

lisätään varmuutta laitteiston sopivuudesta mahdollisimman pienillä muutoksilla. (Laatu automaatioissa – parhaat käytännöt 2012, 49–50.)

Samanaikaisesti voidaan aloittaa ohjelmistosuunnittelua. Ohjelmistosuunnittelua ei kuitenkaan voida tehdä ilman laitteistosuunnittelua, sillä ohjelmistosuunnittelua varten tarvittavat lähtötiedot saadaan laitteistosuunnittelusta. Hyvänä esimerkkinä on laitteistokuvaukset ja laiteluettelot, näiden avulla tiedetään, millaisille instrumenteille rakennetaan ohjelmistoa. Jotta ohjelmiston rakennus ja testaus etenee sulavasti, on suunnittelussa hyvä käyttää jo valmiita ja testattuja ohjelmapohjia, joita on helppo muokata sopiviksi tarpeen mukaan. Kun ohjelmistokuvaus on hyväksytty ja toimitettu, voidaan ryhtyä suunnittelemaan ohjelmistomoduuleita eli piirejä kuten säätö- ja mitauspiirejä, sekä sekvenssejä. Toimittajan täytyy toimittaa kirjallisesti määritellyt menetelmät, kuten ohjelmointistandardit, moduulien nimeämis- ja kommentoimisohteet. Moduulisuunnittelu sisältää kaikkien lähtötietojen ehtojen ja tulostietojen käsittelyn. Edellä mainittujen tehtävien rinnalla on oikeaoppista luoda testaussuunnitelmat, jotka vastaavat edellisiä vaiheita. Suunnittelu työstä syntyneitä laajaa dokumentaatiota käytetään toteutuksessa ja testauksessa hyödyksi, joten täytyy dokumentointiin liittyvät sanalliset kuvaukset, luettelot ja piirustukset olla kelvollisia havainnollistamaan rakennetta, toimintaa ja ominaisuuksia. (Laatu automaatioissa – parhaat käytännöt 2012, 50–51.)

### 3.3 Toteutusvaihe

Suunnitteluvaiheen jälkeen toimittaja valmistaa tai teetättää, kokoaa ja testaa edellisessä vaiheessa luodun järjestelmäkokonaisuuden, joka sisältää ohjelmiston ja laitteet. Kenttälaitteita valittaessa on hyvä noudattaa olemassa olevia standardeja kuten IEC 60534, IEC 60584 ja IEC 60751. Standardeja sovelletaan esimerkiksi venttiilien, mittalaitteiden ja kaapeleiden valinnassa. Ohjauslaitteet on hyvä valita standardin IEC 61297 mukaan. Analyysilaitteita valittaessa on huomioitava laitteiston ominaisuudet, sopiva kotelointi ja asennustapa, esimerkiksi standardit IEC 60528, IEC 60746, IEC 61207 ja IEC 61285 määrittävät tätä. Kun toimittaja on saanut koottua laitteiston, tehdään sille tarvittava kokoonpano, konfigurointi ja testaukset. Toteutus vaiheen keskipisteenä on toimittajan tiloissa suoritettavat tehdastestit eli FAT-testaukset (Factory Acceptance Testing). Toteutusvaiheen päättää automaatiojärjestelmän toimitus, kunhan kaikki osapuolet hyväksyvät automaatiojärjestelmän valmiiksi toimitettavaksi asiakkaan tiloihin. (Laatu automaatioissa 2012, 19.)

### 3.4 Automaatiojärjestelmän vaatimukset, tiedot ja toiminnot

Tarvittavat lähtötiedot automaatiojärjestelmän suunnitteluun syntyvät esisuunnitteluvaiheessa prosessikuvauksen mukaan. Näihin lähtötietoihin lukeutuvat: I/O-, sekä säätöpiirien lukumäärät, toimilaitteiden mitoitus tiedot, erilaisten näyttöjen spesifiointi ja muut tarvittavat tiedot henkilöstöstä ja laitoksesta. Suunnitteluprojektissa yleisesti tilaaja hankkii lähtötiedot, jolloin tilaajalla on suuri merkitys hankkeen onnistumiseen aikataulun ja oikeellisuuden kannalta. Virheellisten lähtötietojen myötä syntyy enemmän virheitä ja ylimääräistä työtä, huomataan virheet ajoissa tai ei. Kun kyseessä on niin sanottu remonttikohde, eli vanhaa laitosta uusitaan, vaatii lähtötietojen laatiminen pahimmassa tapauksessa nykyisen laitoksen läpikäyntiä. Hankkeen alkaessa luodut vaatimukset tarkentuvat projektin edetessä, mutta niiden jäädytysajankohta vaihtelee. Täten saadaan kuva, että vaatimusmäärittely ei välttämättä ole tiukasti lukkoon lyöty dokumentti vaan jatkuvasti yhteistyön mukana kehittyvä määrittely, mutta tämä vaihtelee projektikohtaisesti. Automaatiojärjestelmän vaatimukset sisältävät ympäristöön, siinä toimintaan ja käyttöön liittyvät keskeiset ominaisuudet, jotka on täytettävä toimituksessa. Muut mahdolliset vaatimukset voivat käsitellä suorituskkyä, luotettavuutta, operoitavuutta ja turvallisuutta. Esimerkkejä vaatimuksista esimerkiksi suorituskyvylle on mittauksen tarkkuus ja laitoksen automaattinen alasajo vikatilanteessa. (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 21.)

Tiedot ja toiminnot täsmentää yksityiskohtaisemmin järjestelmän toimintalogiikan, kuvailevia esimerkkejä hyödyntämällä voidaan havainnollistaa toivottuja tapahtumaketjuja ja skenaarioita. Katava tämä määrittely ei kuitenkaan ole vaan toimintojen tarkempaan määrittelyyn hyödynnetään sääntöjä ja erilaisia laskentakaavoja, jotta tavoiteltu toiminta voidaan toteuttaa. Kyseessä on siis positoidut muuttujat, säätöpiirit, sekvenssit, näytöt ja näitä yhdistävät kytkennät. (Automaatiosuunnittelun prosessimalli 2007, 22.)

## 4 Suunnitteluun valmistava koulutusohjelma

Koulutusohjelma käsittelisi automaatiojärjestelmien elinkaarimallista toteutusvaihetta, jossa valmistetaan ja testataan asiakkaalle toimitettava automaatiojärjestelmä. Koulutusohjelman tarkoituksena olisi simuloida oikeaa projektia pienemmässä skaalassa, mutta silti käsittelemällä kaikki isommassa projektissa tarvittavat taidot. Koulutusohjelman aikana uusi automaatio-suunnittelija tulisi käymään läpi tärkeimmät tehtävät, joita isomman projektin aikana tultaisiin tekemään. Koulutusohjelman tehtävissä aloitettaisiin tulkitsemalla eri dokumentteja kuten PI-, piiri- ja IO-luetteloita. Dokumenttien avulla käytäisiin läpi simuloidun prosessialueen ohjelmapiirien, valvomonäyttöjen ja Help-näyttöjen luomista. Viimeisenä ohjelmassa käytäisiin läpi tehtyjen piirien testausta. Koulutusohjelman projekti rakentuisi paperikoneen kuivatusosan voitelukoneikon ympärille. Näin saataisiin rajattua koulutusohjelman laajuutta, mutta silti tutustuttua erilaisiin toimilaitteohjauksiin ja ohjelmatoteutuksiin. Koulutusohjelma rajattaisiin voitelukoneikkoon koska osa voitelukoneikon piireistä sisältävät ehtoja muista ohjelmapiireistä paperikoneen eri alueilla. Täten jos rajausta ei olisi jouduttaisiin seuraamaan ehtoja piiristä toiseen aina syvemmälle ja syvemmälle paperikoneen kokonaisuutta.

Koulutusohjelmasta luotaisiin virallinen ohjeistusdokumentti, jossa käytäisiin läpi esimerkkejä projektin eri tehtävistä käytännössä. Ohjeistuksessa kerrotaisiin mitkä olisivat toimivan projektin edellytykset ja ohjeistettaisiin sen toteuttamista. Ohjeistusdokumentin lisäksi luotaisiin Microsoft Forms-kysely, joka toimisi koulutusohjelman loppukokeena. Kyselyssä esitettäisiin erilaisia projektin toteutukseen ja toteutustapoihin liittyviä kysymyksiä. Dokumentti ja kysely vietäisiin mahdollisesti Etteplanin sisäiseen koulutusympäristöön. Muuten koulutusohjelmaan liittyvät tekniset ohjelmatoteutukset yms. suoritettaisiin virtuaalikoneen avulla. Koulutusohjelman eri vaiheiden toimivuudet todennettaisiin tekemällä koulutusohjelma samalla kun koulutusohjelman ohjeistusta kirjoitettiin puhtaaksi.

### 4.1 CADMATIC Draw

CADMATIC Draw-sovellus on helppokäyttöinen CAD-ohjelmisto joka tuo lisäulottuvuuksia tavalliseen CAD-ohjelmistoon. Ohjelmalla pystytään suunnitella 2- ja 3D-ympäristöissä. Draw on hyvin monipuolinen ja yhteensopiva muiden ohjelmistojen kanssa sillä se pystyy tuottamaan ja käsittele-

mään eri tietotyyppisiä tiedostoja kuten DRW-, DWG-, DXF- ja PDF-tiedostoja. Lisäksi sillä pystytään lukemaan IFC-tietomalleja. CADMATIC Draw-ohjelma tuo perus CAD-suunnitteluun toimialakohtaisia sovelluksia tehostamaan suunnittelua. CADMATIC Draw-ohjelmistoon perustuvat sähkö- ja automaatio-suunnittelu-sovellus CADMATIC Electrical, LVIA-suunnittelu-sovellus -HVAC sekä rakennussuunnitteluohjelmisto CADMATIC Building. (CAD-ohjelmisto – CADMATIC Draw, n.d)

Tutkimuksen aikana teetetyn kyselyn tuloksissa toivottiin CADMATIC-sovelluksiin syvempää ohjausta ja koulutusta. Tutkimuksen tuottama päätelmä rajattiin osittain pois johtuen opinnäytetyön tekijän työkuvaan johtuen. Tekijän työkuvaan on toiminut sovellussuunnittelu johon ei ole tarvittu kyseisissä sovelluksissa. Eikä HW-suunnittelun työtehtäviä ole siksi käyty lävitse työelämän projektien osalta. Siten olisi voitu kerryttää koulutusohjelman suunnittelua varten tarvittavaa kokemusta.

Koulutusohjelmassa lähdetäisiin luomaan CADMATIC Draw-ohjelmalle ohjeistusta ohjelman perustoiminnoista. Tarkoituksena olisi vahvistaa tietoa ja muistia ohjelman perustoiminnoista, jotta suunnittelun aloittaminen olisi saumattomampaa. Koulutusohjelmassa käytäisiin läpi piirikuvien, kotelokuvien ja muiden suunnittelukuvien piirtämistä. Ohjelmassa esitellään näiden eri suunnittelukuvien luomisen eroavaisuudet ohjelman toiminnoissa yms. Ennen kuin itse kuvien suunnittelua lähdetäisiin käymään läpi käytiin läpi asetuksia ja näkymävalintoja, jotta näkymät olisivat optimaaliset suunnittelua varten.

Piirikuvia suunnitellessa käytäisiin läpi siihen liittyvien toimintojen toimintaa. Näitä toimintoja ei löydy kun suunnitellaan kotelo- tai keskuskuvia. Tällaisia toimintoja ovat erilaisten komponenttien ja komponenttikirjastojen hyödyntäminen, sekä piirien generointi Excel-taulukon ja projektin tietokannan perusteella. Ohjeistuksessa käytäisiin läpi myös riviliintinrimojen luomista, pää- ja ohjausvirtapiirien johdottamista sekä erilaisten johdotusviittausten ja -merkintöjen käyttöä.

## 4.2 Valmet DNA-ohjelmistoympäristö

Valmet DNA on yksi isoista hajautetuista ohjausjärjestelmistä (Distributed Control System, DCS) ja se on johtava järjestelmä ratkaisu massa-, metsä-, paperi-, kartonki-, energia- ja prosessiteollisuudessa. Tästä syystä Valmet DNA on isossa osassa nykypäiväistä automaatio-suunnittelua. Valmet DNA:ta hyödyntämällä saadaan täysi ohjattavuus ja muokkaus omaan prosessiin ja automaatiojär-

jestelmään. Valmet DNA ympäristöstä löytää kaikki tarvittavat sovellukset joita automaatiojärjestelmän suunnittelussa tarvitsee. Se sisältää ohjelman yksittäisten ohjaus- ja mittauspiirien luomiseen, valvomonäyttöjen luontiin perustuvan työkalun, erilaisia verkkokonfiguraatiotyökaluja ja erilaisia automaatiojärjestelmän ylläpitotyökaluja. Tässä koulutusohjelmassa keskityttäisiin näistä työkaluista Function Block CAD:iin, Picture Designeriin, Help Designeriin, Operate Clientiin sekä yleisesti DNA Explorerin ominaisuuksiin.

Yksi tärkeä osa automaatio suunnittelijan tehtäviä on kyky lukea ja tulkita prosessi- ja instrumentti-kaavioita. Koulutusohjelmaa varten luotaisiin paperikoneen kuivatusosan voitelukoneikon PI-kaavio, jota koulutusohjelmaa tekevä suunnittelija hyödyntäisi tehtävissään. PI-kaavion avulla suunnittelijan olisi tarkoitus pystyä sijoittamaan oikeat piirien positiot paikoilleen valvomonäyttöä suunniteltaessa. Koulutusohjelman sijoituttua automaatiojärjestelmäsuunnittelun elinkaarimallissa toteutusvaiheeseen, ei oikean projektin kaltaisia lähtötietoja kuten PI-kaavioita saataisi perussuunnittelusta oikeilta hydraulikkasuunnittelijoilta. Tämän takia PI-kaavio toteutettaisiin hyvin yksinkertaistetusti, ottamatta kantaa kaavio oikeellisuuteen toiminnan kannalta. PI-kaavio piirrettäisiin alusta alkaen tyhjästä, mutta sen piirtämiseen käytettäisiin apuna toista kaaviota vastaavanlaisesta voitelukoneikosta. Mallikaavio sisältää yksityiskohtaisemmat laitekuvaukset ja toiminnot, joita karsittiin koulutusohjelman toteutuksesta. Hydraulisessa prosessi- ja instrumentti-kaaviossa käytettäisiin tavallisesta poikkeavia, hydraulisia piirrosmerkkejä ja käytäntöjä. Jotta PI-kaavion hydrauliset piirrosmerkit olivat oikeita vastaavat, käytettiin piirtämisessä standardin SFS-ISO 1219-1 mukaisia piirrosmerkkejä. Standardi esittää hydraulisten ja pneumaattisten piirrosmerkkien ja piirikaavioiden peruselementit.

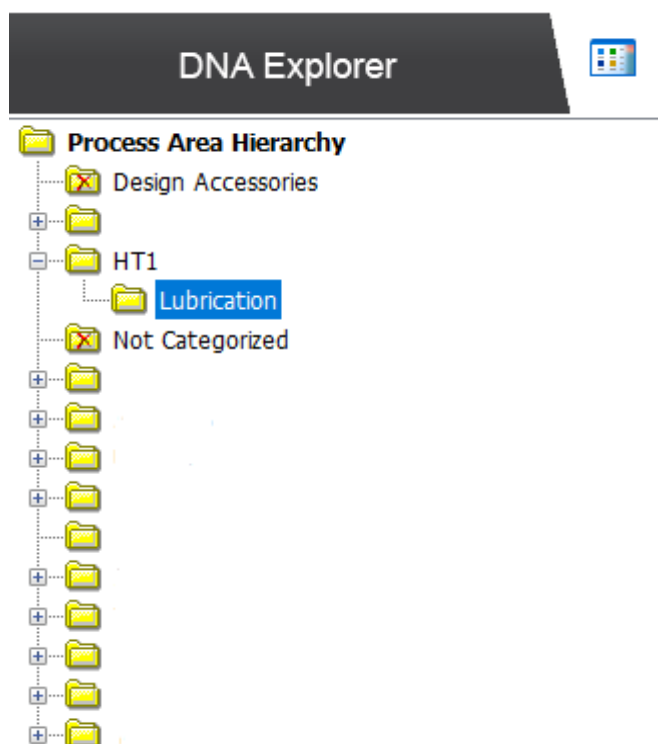
Voitelukoneikon PI-kaavion avulla ei itsestään voitaisi suorittaa koulutusohjelmassa tavoiteltavaa toteutusta, joten PI-kaaviota tukemaan täytyisi luoda Loop- ja IO- lista. Loop- lista voi olla koko paperikoneprojektin laajuinen tai se voidaan jaotella aluekohtaisesti kuten puristinosan, sekä alueiden toimintokohtaisesti kuten puristinosan vakuunit. Loop- lista luodaan elinkaarimallin aikaisemmassa vaiheessa, suunnitteluvaiheessa. Loop- listaa hyödynnetään, kun aletaan luomaan ohjelmapiirejä uuteen projektiin. Loop- lista sisältää ohjelmapiirin luomista varten oleellisia tietoja kaikista projektiin luotavista ohjelmapiireistä, kuviossa 4 on esiteltynä oleelliset tiedot. Kuva on otettu voitelukoneikkoa varten luodusta dokumentista.



Customer Etteplan Finland Oy											
Project Kurssipohjainen koulutusohjelma						Task Voitelukoneikko 100					
Refers to PI-kaavio voitelukoneikko						Creator Jerri Tiainen					
Row	Loop Tag	Name	DI	DO	AI	AO	Template	Process Area ID		Control Room ID	Alarm Group
43	100LM125	Dryend lubecenter 100	Oilheater	3	1		MO_MOTOR	#HT1#Lubrication	DP05	D2	24
44	100LM125L	Dryend lubecenter 100	Oilheater				LU_HEAT_L	#HT1#Lubrication	DP05	D2	24
45	100LM126	Dryend lubecenter 100	Flow reduction pump	3	1		MO_MOTOR	#HT1#Lubrication	DP05	D2	24
46	100LM126I	Dryend lubecenter 100	Flow reduction pump				LU_FLWREDUCT_P	#HT1#Lubrication	DP05	D2	24
47	100HS127	Dryend lubecenter 100	Short circulation valve		2		LU_SHRTCIRC_VLV	#HT1#Lubrication	DP05	D2	24
49	100HS128	Dryend lubecenter 100	Flow reduction valve		1		LU_FLWREDUCT_VLV	#HT1#Lubrication	DP05	D2	24
50	100FS129	Dryend lubecenter 100	Outlet pipe flow switch	1			LU_OUT_FSW	#HT1#Lubrication	DP05	D2	24
51	100LI130	Dryend lubecenter 100	Oil level	1			LU_LEVEL_LT_1	#HT1#Lubrication	DP05	D2	24
52	100LI131	Dryend lubecenter 100	Sump tank 110 Oil level	1			LU_LEVEL_LT_1	#HT1#Lubrication	DP05	D2	24

#### Kuvio 4 Kuvakaappaus voitelukoneikkoa varten luodusta Loop-listasta

Dokumentissa määrätään jokaiselle ohjelmapiirille nimeämistä varten positio Loop Tag- sarakkeeseen. Nimeämiskäytäntönä käytettiin yleistä "ALUE-LAITE-ERITTELY" käytäntöä. Tässä käytännössä position alussa on paperikoneen aluetta kuvaava merkkijono, seuraavaksi toimilaitteen lyhenne ja viimeiset merkit määriteltiin juoksevilla numeroinnilla. Esimerkiksi positio 100HS127 on voitelukoneikko 100:n alueella oleva venttiili. Positio itsessään ei kerro mikä venttiili on kyseessä ja tätä varten jokainen ohjelmapiiri nimetään sen toiminnon mukaan Name- sarakkeisiin joista ensimmäinen kertoo alueen ja toinen toiminnon. IO-lähtöjen määrän ja tyyppin määrittely ei ole listassa pakollista, mutta se voi olla hyödyllistä IO-listaa luodessa. Template- sarake on ohjelmapiirien kannalta yksi tärkein tieto, tämän avulla tiedetään mitä mallipohjaa käyttäen piiri luodaan. Jos tehdään koko paperikoneen laajuinen Loop- lista, on Process Area ID- sarake hyödyllinen koneenosien erittelyyn. Koska koulutusohjelma rajattiin voitelukoneikkoon, luokiteltiin dokumentissa kaikki piirit voitelun alle. Process Area ID kuvastaa DNA Explorerissa käytettävää tiedostojen polkurakennetta, joka on esitettyinä kuviossa 5. Piirien määrittelyssä on tärkeää myös määritellä mille prosessiase- malle, minkä valvomotunnuksen alle ja mille hälytysalueelle piiri kuuluu.



Kuvio 5 DNA Explorer kansiohierarkia

Kun Loop- lista saadaan tehtyä, pystytään luomaan kolmas koulutusprojektissa hyödynnettävä dokumentti. Kyseinen dokumentti oli IO- lista, josta on pieni osa esillä kuviossa 6. IO- lista nimensä mukaan sisältää tietoja projektin piireissä olevista Input- ja Output-korteista. Listassa on Loop- listan mukaisesti järjestetty positiot, lukuun ottamatta piirejä, jotka eivät käytä IO-kortteja. Loop- listassa olevan listauksen avulla pystyttiin määrittelemään kuinka monta ja minkä tyypistä korttia yksittäisessä ohjelmapiirissä on. Tämän avulla jaettiin Loop- listassa jo nimetyt positiot niin moneen eri osaan, kun niissä oli IO-kortteja. Tämä toiminto on esillä kuviossa 6 position 100TC122 kohdalla. Piiri 100TC122 lukee ja syöttää tietoja kolmeen erilaiseen analogiakorttiin, siksi sen tiedot täytyi eritellä kolmelle eri riville. Function Block CAD- sovelluksessa täytyi ohjelmassa antaa jokaiselle tulolle ja lähdölle yksityiskohtainen tunnus eli Device Tag. Tulosten ja lähtöjen nimeämiseen ei ollut tiettyä käytäntöä, joten tässä projektissa Device Tag- sarakkeeseen sijoitettiin itse piirin positiot. Piirin sisältäessä enemmän kuin yksittäisen IO:n, muutettiin nimeämistä koska lähdöt eivät voineet olla saman nimisiä. Position 100TC123 kohdalla hyödynnettiin lähtöjen selitettä. Piirissä ollessa kaksi eri analogisella lähtötiedolla olevaa venttiilin ohjausta, nimettiin nämä lähdöt venttiilien lyhenteen mukaan ZYV1:ksi ja ZYV2:ksi.

I/O-listan tärkein tehtävä on listata ohjelmapiireissä käytettävien tulo- ja lähtömoduulien osoitteet, jotta moduulit käsittelevät oikeita tietoja ja lähtöjä. Osoitteet kuvastavat järjestelmäkaapeissa olevia Input- ja Output-kortteja. Kortit yhdistyvät ristikytkennän ja kenttäkaapeloinnin kautta toimilaitteisiin, jotka tuovat tietoja ja toimivat ohjelmien ohjausten mukaan. Jokaiselle toimilaitteelle määritellään IO- listassa omat kanavat ja niiden määrät riippuen toimilaitteen kytkennästä ja toimintakuvauksesta. Jotta ohjelmat toimisivat ja käyttäisivät oikeita mittaustietoja, täytyy kytkennät järjestelmäkaapissa ja osoitteiden kirjaaminen ohjelmissa tehdä oikein. Kuviossa 6 on esiteltynä pieni osa projektin osoitteiden määrittelystä. FBC-sarake määrittelee minkä kenttäväylämuuntimen kautta IO-kortit keskustelevat ohjelman kanssa. PIC-sarake määrittelee mihin korttiriiviin kortti sijoitetaan järjestelmäkaapissa. Yhteen korttiriiviin mahtuu 16 eri analogista ja digitaalista korttia. Card-sarake kertoo monesko (0–15) kortti korttirivistä on kyseessä. Viimeisenä Channel-sarake määrittelee mihin kortin kanavaan on toimilaite kytketty. Type- sarakkeessa ilmoitetaan minkä tyyppistä korttia käytetään. Comment-, Min-, Max- ja Unit- sarakkeet ovat listassa tuomassa lisätietoja piireistä. Ne sisältävät selitteitä kortin käyttökohteesta, analogisten korttien mitta-alueista ja yksiköistä.

Customer Etteplan Finland Oy														
Project Kurssipohjainen koulutusohjelma		Task Voitelukoneikko 100												
Refers to PI-Diagram Dryend Lubrication center 100		Creator Jerri Tialinen												
Row	Loop Tag \$(TAG)	Device Tag Device Tag	Name \$(NAME40_1)	\$(NAME40_2)	FBC FBC	PIC PIC	Card Card	Channel Channel	Type Type	Comment Comment	Min Min	Max Max	Unit Unit	
51	100PI114	100PI114	Dryend lubecenter 100	Unit outlet pressure	2	0	10	4	AI8P	Measurement	0	25	Bar	
52	100PI115	100PI115	Dryend lubecenter 100	Oil supply pressure	2	0	10	5	AI8P	Measurement	0	25	Bar	
59	100TC122	100TC122	Dryend lubecenter 100	Oil cooling	2	0	10	6	AI8P	Measurement	10	70	°C	
62	100TI123	100TI120	Dryend lubecenter 100	Oil temperature	2	0	10	7	AI8P	Tank Temperature	10	70	°C	
63	100TI123	100TI123	Dryend lubecenter 100	Oil temperature	2	0	12	4	AI8P	Return Oil Temperature	0	100	°C	
80	100LI130	100LI130	Dryend lubecenter 100	Oil level	2	0	12	5	AI8P	Measurement	0	100	%	
81	100LI131	100LI131	Dryend lubecenter 100	Sump tank 110 Oil level	2	0	12	6	AI8P	Measurement	0	100	%	
82	100LI132	100LI132	Dryend lubecenter 100	Sump tank 120 Oil level	2	0	12	7	AI8P	Measurement	0	100	%	
83	100LI133	100LI133	Dryend lubecenter 100	Sump tank 130 Oil level	2	0	13	4	AI8P	Measurement	0	100	%	
60	100TC122	100TC122-ZYV1	Dryend lubecenter 100	Oil cooling	2	0	14	1	AO4P	Cooling Valve Control	0	100	%	
61	100TC122	100TC122-ZYV2	Dryend lubecenter 100	Oil cooling	2	0	14	2	AO4P	Heating Valve Control	0	100	%	
41	100HS110	100HS110	Dryend lubecenter 100	Main pump 1 intake	2	0	9	0	DI16P	Close limit				
42	100HS111	100HS111	Dryend lubecenter 100	Main pump 2 intake	2	0	9	1	DI16P	Close limit				
43	100GS112	100GS112	Dryend lubecenter 100	Valve open limit switch	2	0	9	2	DI16P	Limit Switch				
44	100GS113	100GS113	Dryend lubecenter 100	Valve open limit switch	2	0	9	3	DI16P	Limit Switch				
45	100GS114	100GS114	Dryend lubecenter 100	Valve open limit switch	2	0	9	4	DI16P	Limit Switch				
46	100GS115	100GS115	Dryend lubecenter 100	Valve closed limit switch	2	0	9	5	DI16P	Limit Switch				
47	100GS116	100GS116	Dryend lubecenter 100	Valve closed limit switch	2	0	9	6	DI16P	Limit Switch				

Kuvio 6 Kuvakaappaus voitelukoneiko IO-listasta

Koska koulutusohjelman projekti toteutettaisiin virtuaalisesti ei oikeaa kaapelointia tule, eivätkä osoitteet siis olleet oikeita, mutta ne määriteltiin oikeaoppisesti. Projektin FBC-määrittelyksi valittiin 2 ja PIC:ksi 0 ilman mitään rajoitteita sillä ne eivät kriittisesti vaikuta ohjelmien toimintaan. Korttien IO-jaossa täytyi olla tarkempaa koska ne vaikuttavat kriittisesti ohjelmien toimintaan. Ohjelma tietää osoitteen virheellisyydestä esimerkiksi, jos digitaalisen input-moduulin osoitteeksi

laittaa DI8P-kortin 8 kanavan, sillä sitä ei ole olemassa. Kortit määriteltiin DO-DI-AI-AO järjestykseen ja digitaalisia lähtöjä alettiin listaamaan numerojärjestyksessä. Digitaalilähtöjen DO8P-kortit alkoivat 0. kortista ja seuraavaan korttiin siirryttiin, kun ensimmäiset kahdeksan kanavaa tuli täyteen. Samaa käytäntöä käytettiin myös muiden osoitteiden määrittelyssä, lukuun ottamatta analogisia tulokortteja. Analoginen mittalaite voi toimintatavasta riippuen vaatia kanavan joka pystyy syöttämään 24V jännitettä kentälle. Tällaisia kanavia ovat vain AI-korteissa kanavat 4–7, ne sisältävät dippikytkimet joiden avulla kortti saadaan vaihdettua aktiiviseksi tai passiiviseksi. Koska koulutusohjelman kytkentöjä ei oikeasti toteuteta eikä kenttälaitteita ole määritelty, määrättiin kaikki analogiset kenttälaitteet vaatimaan aktiivista kanavaa varmuuden vuoksi.

#### 4.2.1 Function Block CAD

Function Block CAD on CAD pohjainen suunnittelusovellus, jonka toiminta perustuu graafiseen ohjelmointiin. Sovelluksella rakennetaan ennalta määritellyillä toimintalohkoilla (Function Block) erilaisia toimintalohkorakenteita, eli piirikuvia (Loop Diagram). Piirikuvat kuvaavat jonkin laitteen, prosessin tai sekvenssin toimintaa. Kuviin on helppo rakentaa esimerkiksi venttiilin toiminta ja sen lukitukset. Esimerkiksi kun sitä halutaan ohjata automaattilla, tällöin kaikki tarvittava tieto tämän toteuttamiseksi löytyy yhdestä kuvasta. Jokaisella toimintalohkolla on oma tehtävä riippuen toiminnosta ja käytettävästä tietotyypistä, joten toimintalohkoja on hyvin paljon. Tämän takia yksittelen piirikuvien piirtäminen olisi hyvin hidasta, monimutkaista ja virhealtista laajoissa projekteissa. Tähän ongelmaan on ratkaisuna käyttää ennalta luotuja ja toimiviksi todettuja mallipohjia, eli templateja. Kun esimerkiksi suunnitellaan paperikonetta, tarkemmin vaikka sen viiran kiristystä oli kyseessä sähköinen tai pneumaattinen kiristin, on kiristuksen toiminta suurin piirtein samanlaista koneesta riippumatta. Tämän ansiosta mallipohjia on kertynyt suuri määrä ja niitä on helppo luoda jo olemassa olevista piirikuvista. Näin ollen tulee eduksi käyttää edellä mainittuja mallipohjia, joihin on helppo lisätä tai poistaa määrittelyjä toiminnan kannalta.

Design Members- toiminto on yksi tärkeimmistä toiminnoista piirikuvia suunnitellessa. Kuviossa 7 on esillä kuivatusosan voitelukoneikon syöttöpainemittauksen piirin Design Members- valikko. Design Members- toimintoon on linkitetty kaikkien piirissä olevien lohkojen ja I/O-korttien tiedot, jotta niitä on helppo käsitellä ja kaikki parametrit saadaan täytettyä yhdessä paikassa. Linkitys tapahtuu Function Block CAD:in sisäisellä nimeämiskäytännöllä, jossa jokaiselle parametrille anne-

taan oma tunnus (Identifier). Tunnuksen tunnistaa sen rakenteesta, jossa tunnus alkaa \$-symbolilla ja seuraavaksi sulussa tunnuksen nimi, esim "\$ (TAG)". Identifierin vieressä on Prompt-sarake, joka selventää Identifierin tarkoitusta. Value-sarakkeeseen syötetään tieto mikä halutaan täyttää linkitettyihin kohteisiin, näin ollen piirin tarvitsemat tiedot ja parametrit täytyy lisätä vain yhteen paikkaan.

Editing attributes of --DESIGNMEMBERS

Identifier	Prompt	Value	Formula
\$(TAG)	Loop tag	LU_OUT_PRES	
\$(TEMPLATE)	Template	LU_OUT_PRES	LU_OUT_PRES
\$(NAME40_1)	Loop name (field 1)	DRY END LUBRICATION 100	
\$(NAME40_2)	Loop name (field 2)	UNIT OUTLET PRESSURE	
\$(PACKAGE)	Package identifier	DP02	
\$(CTRLROOM)	Control room identifier	D3	
\$(ALGROUP)	Alarm area	26	
\$(EXE)	Execution interval	1100	
\$(GDID_1)	Hierarchy code of displ		
\$(NAME20)	Name text (26 char)	100 lubr outlet pressure	
\$(USER01)	Main pump 1 run	MO_MOTOR.F:INS	
\$(USER02)	Main pump 2 run	MO_MOTOR.F:INS	
\$(USER03)	Long circulation valves closed	pr:LU_LNGCIRC_LOOP.F:O12	
\$(USER11)	<null>	D_DRV.F:O11	
\$(USER12)	<null>	pr:D_DRV.F:O11	
\$(USER13)	External continuous input name	pr:D_DRV.F:O11	
\$(USER14)	Return oil temp	LU_TANKT.F:O22	
\$(USER15)	Return oil temp meas fault	LU_TANKT.F:O20	
\$(USER16)	USER16	45	
\$(USER17)	USER17	0	
\$(USER18)	USER18	30	
\$(USER25)	am2: H -limit	99999	
\$(USER26)	am2: L -limit	8	
\$(USER27)	am2: LL -limit	5	
\$(USER28)	am2: No of decimals	1	
\$(USER29)	am2: Hysteresis	0.12	
\$(USER33)	ltd: LL-limit delay time	0	
\$(USER35)	USER35	1st DRYER	
\$(USER36)	USER36	4th DRYER	
\$(USER37)	USER37	6th DRYER	
\$(SIMGRP)	Simulation group	SIM1	
\$(DEVICETAG1)	DEVICETAG1 PT AI	LU_OUT_PRES	
\$(DEVICETAG1:SIMCOM)	1:SIMCOM MEASUREMENT	MEASUREMENT	
\$(DEVICETAG1:FBC)	1:FBC	-1	
\$(DEVICETAG1:PIC)	1:PIC	-1	
\$(DEVICETAG1:CARD)	1:CARD	-1	
\$(DEVICETAG1:CHANNEL)	1:CHANNEL	-1	
\$(DEVICETAG1:MIN)	1:MIN	0	
\$(DEVICETAG1:MAX)	1:MAX	25	
\$(DEVICETAG1:UNIT)	1:UNIT	bar	

Hide Formulas    Function formula:    Typehelp

OK    Cancel

Kuvio 7 Unit outlet pressure-piirin Design Members valikko

Harjoitustehtävässä käsiteltävää voitelukoneikkoa varten luotaisiin ennalta olevista mallipohjista koulutustehtävään sopivat. Kuviossa 7 on esimerkki mallipohjan luomisesta. Mallipohja luotaisiin

jo olemassa olevasta pohjasta, joten sen tietoja täytyisi muuttaa. Mallipohjan luomiseen käytettiin hyväksi piirin parametrejä käsittelevää Design Members- toimintoa. Jotta olemassa olevasta piiristä saataisiin luotua mallipohja, täytyi sen Loop Tag- sarakkeeseen sijoittaa sama nimitys kuin Template- sarakkeeseen, näin ollen ohjelma käsittelee ja tallentaa sen mallipohjana. Prompt- saraketta lukemalla alaspäin tiedettiin mitä tietoja mihinkin kohtaan täytyisi täyttää. Näin saataisiin täytettyä piirin nimi, prosessiasema, valvomo tunnus ja hälytysalue. Mallipohjan Design Members- toiminnossa on myös listattuna kaikki piirin sisältämät Input-lohkot, jotka esimerkiksi tuovat binääristä tietoa toisesta piirikuvasta. Näihin täytyisi lisätä niiden piirien mallipohjien nimet, jotta oli helpompi tietää mistä piirikuvasta on kyse, kun aletaan täyttämään jonkin oikean paineenmittauspiirin Design Members:iä. Kuvassa 6 on "Main pump 1 run" tiedot täytettiin sijoittamalla kyseisen pumpun piirin mallipohjan nimi "MO\_MOTOR" ja sen pisteen nimi josta kyseinen tieto tulee eli ".F:INS". Näin ollen, taulukkoa täyttäessä tiedettiin, että täytyi tähän kohtaan lisätä piiri, jossa käytetään MO\_MOTOR mallipohjaa. Sama toimenpide tehtäisiin kaikille muille vastaaville kohdille. Design Members- taulukkoon täytettiin myös kaikkien piirissä olevien I/O-korttien tiedot mistä ne linkityksen kautta viedään itse kortteihin. Kuviossa 7 ovat "\$ (DEVICETAG)" alkuiset tunnuksien I/O-korttien tiedot. Mallipohjassa korttien nimeksi (Device Tag) annetaan mallipohjan nimi ja kanava- ja korttitietojen kohdalle -1, koska nämä tiedot tarkentuvat I/O-listasta. Kuviossa 8 on esiteltynä mallipohjassa olevan analogisen input kortin attribuutit, josta on helppo havainnollistaa tietojen linkitys kuvan 7 Design Members:iin.

Editing attributes of -IO\_AI8

Prompt	Value	Formula
Input module name	pr:LU_OUT_PRES.I	pr:\$(DEVICETAG1).I
FBC slot (2-15)	-1	\$(DEVICETAG1:FBC)
IBC number (0-15)	-1	\$(DEVICETAG1:PIC)
Card place (0-15)	-1	\$(DEVICETAG1:CARD)
Channel number (0-7)	-1	\$(DEVICETAG1:CHANNEL)
Minimum	&mi	
Maximum	&ma	
Range (0-3)	0	
Filter	5	
Line fault high limit	1	
Line fault low limit	1	
Measurement high limit	2	
Measurement low limit	2	
Behavior if "EXT" is on	0	
Additional parameter	=	
Input fault control	0	
Line fault control	2	
Measurement update method	4	
Scale and unit	0 - 25 bar	\$(DEVICETAG1:MIN) - \$(DEVICETAG1:MAX) \$(DEVICETAG1:UNIT)
Comment text	MEASUREMENT	
-- Simulation parameters --		
Simulation Group	SIM1	\$(SIMGRP)
Enable simulation	1	
Location		
Document link 1		
Document link 2		
Document link 3		
Document link 4		
Document link 5		
IO-mapping		
Device tag [*]		
Related Tags [*]		
Cycle time for func.gen. [*]	60	
Number of decimals [*]	2	
Interface type [*]		
Additional info		
Comment	MEASUREMENT	\$(DEVICETAG1:SIMCOM)

Hide Formulas    Function formula:    Typehelp    ai8

OK    Cancel

Kuvio 8 Esitys AI8 kortin parametrien ja Design Members:n välisestä linkityksestä

Koulutusohjelmassa käsiteltävä voitelukoneikko vaatisi toimiakseen monen erilaisen toimilaitteen ja prosessin yhteistyötä. Toimilaitteet vaihtelivat mittauksista, venttiileihin ja moottoreihin. Lisäksi keskenään samanlaiset toimilaitteet eivät välttämättä toimineet samalla tavalla. Tämän takia samaa mallipohjaa ei pystyittäisi käyttämään kaikkiin samanlaisiin ohjauksiin. Aiemmin voitelukoneikkoa varten luodusta Loop- listasta löytyisi erittelynä jokaiselle ohjaukselle käytettävä mallipohja. Koulutusohjelmaa varten täytyisi luoda 26 erilaista mallipohjaa toimivaa voitelukoneikkoa varten. Koska koulutusohjelma rajattiin voitelukoneikkoon, joitakin piirejä pystyittäisi luomaan koska ne vaativat tietoja toisilta paperikoneenosilta. Tällaisia piirejä olisivat esimerkiksi hätäseis ja palohälytyksen piirit. Molemmat ovat voitelukoneikon kannalta kriittisiä piirejä toimintaan nähden, sillä ne

toimivat kaikkien pumppujen lukituksina. Toimivuuden takia luotaisiin yksinkertainen simulointipiiri, jota valvomonäytöllä olevat painonapit ohjasivat. Näin ollen saataisiin simuloitua nappia painamalla tulipalo, muuttamatta pumppujen lukituksia. Piirejä koulutusohjelmassa luotaisiin yhteensä 56 eri kappaletta.

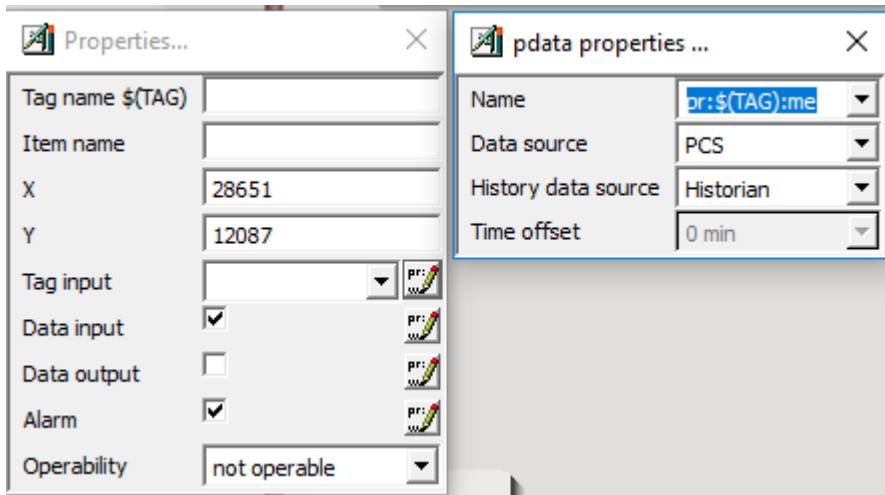
#### 4.2.2 Picture Designer

Picture Designer on sovelluspohjainen suunnittelutyökalu valvomonäkymän käyttöliittymän suunnitteluun. Työkalulla voidaan rakentaa valvomonäyttöjä yksittäisistä prosesseista ja mittauksista, mutta täysin sovellusta hyödyntämällä voidaan luoda valvomonäyttöjä kokonaisista paperikoneen alueista ja toiminnoista. Jokaiselle koneen osalle voidaan luoda päänäyttö, jossa on esimerkiksi esitettyä kyseisen koneenosan päätoimintojen kuten kuormituksen, päänniennin ja suihkuventtiilien yleisiä tilatietoja ja mittauksia. Tämän jälkeen päänniennille voidaan luoda oma yksityiskohtaisempi valvomonäyttö, josta voidaan ohjata ja seurata päänniennin prosessia. Sovellusta on myös hyvä hyödyntää erilaisten mittausten seurantaan ja analysointiin. Sovelluksella voidaan luoda erilaisia Trend- näyttöjä, jossa halutuiden mittausten mitta-arvot piirretään jatkuvalla käyrällä. Trend-näytöt ovat hyödyllisiä laadun valvontaan ja vian etsintään, sillä sen avulla voidaan katsoa tarkasti mittausten ja laitteiden tilaa tietyllä ajankohdalla.

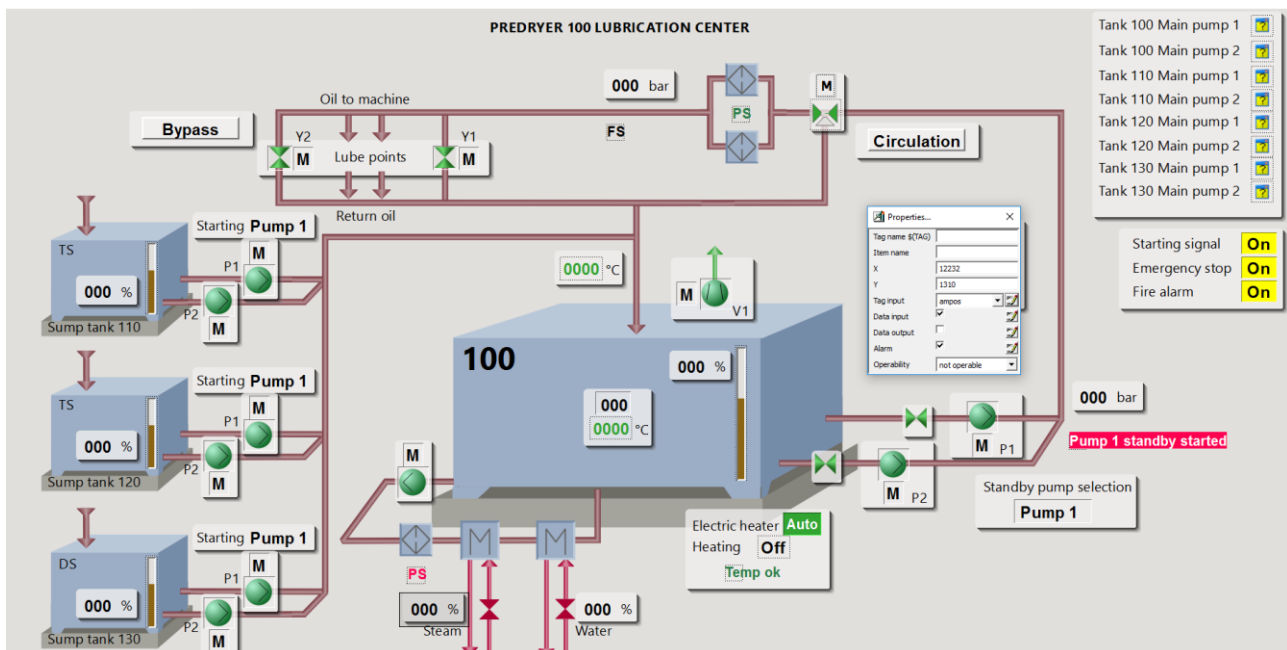
Sovelluksen avulla pystytään luomaan monipuolisia ja vakuuttavia prosessikuvauksia piirtotyökaluja ja laajaa valmista symbolikirjastoa hyödyntämällä. Kirjastosta löytyy valmiita ohjattavia ja graafisia symboleita tavallisimmille toimilaitteille kuten pumpuille, venttiileille, säiliöille ja erilaisille analogisille mittauksille. Symbolit ovat interaktiivisia eli niillä voidaan valvomosta käsin ohjata prosessia symbolia klikkaamalla ja ne voidaan ohjelmoida vaihtamaan väriään, ilmaisemaan asennon muutosta. Koulutusohjelmassa ei ollut tarkoituksena luoda uutta valvomonäyttöä voitelukoneikolle PI-kaavion avulla. Koulutusohjelmaa varten muokattaisiin jo ennalta olemassa olevaa voitelukoneikon valvomokuvaa koulutusohjelmaan sopivaksi. Voitelukoneikon voiteluöljyn kierrätyslinjaan täytyi tehdä muutoksia PI-kaavion mukaan. Lämmönsiirtimet siirrettiin kierrätyslinjaan jotta toteutus vastaisi enemmän oikeaa. Valvomokuvassa olevien symbolien Properties-valikosta poistettiin kaikki viittaukset ohjelmapiireihin. Properties-valikko on esiteltynä kuviossa 9. Valikossa määritellään \$(TAG) kohtaan ohjelmapiirin positio josta haetaan tietoja symboliin. Tarkempi mittapiste täytyy tarkentaa Data Propertiesin alta aukeavaan kenttään. Kenttään linkitetään automaattisesti merkkijonon avulla oikea positio, mutta haluttu mittapiste voidaan määritellä sen



jälkeen kuten kuvassa ”:me”. Näin lämpötilan arvo muuttuu ohjelmapiirin mittauspisteen mukaan. Koulutusohjelmaa tekevän täytyy siis olemassa olevan dokumentaation avulla luoda vaadittavat ohjelmapiirit ja osata PI-kaavion avulla sijoittaa luotujen ohjelmapiirien positiot valvomokuvan symboleihin. Koulutusohjelman voitelukoneikon valvomokuva on esiteltynä kuviossa 10. Kuvaan lisättiin linkitykset pumppujen Help-näkymiin sekä simulointipainikkeet käynnistys-, hätäseis- ja tulipalolle.



Kuvio 9: Voitelukoneikon lämpötilanmittauksen symbolin Properties-määrittelyt

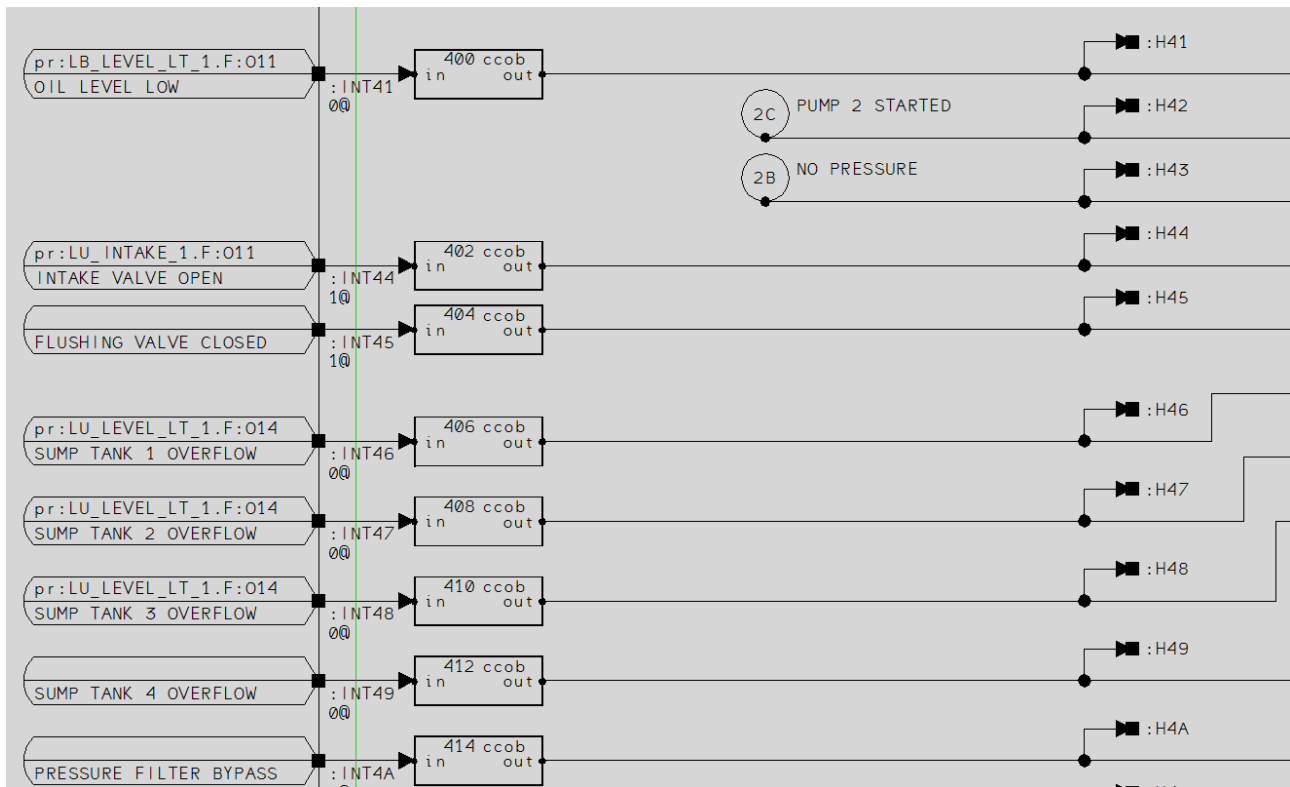


Kuvio 10 Voitelukoneikko 100:n valvomokuva

### 4.2.3 Help Designer

Valmet DNA Help Designer on Excel- pohjainen suunnittelusovellus, joka luo selkeän tilanne- ja vaatimuskuvan prosessin eri toimintojen tiloista, kuten paperikoneen puristinosan 1. puristimen kuormituksen tilasta. 1. puristimen kuormitusta pystytään säätämään vain tietyillä liikkeillä ja tiettyjen vaatimusten täytyessä. Kyseinen toiminto sisältää 4 mahdollista tilaa Open, Relief, Preload ja Load. Jotta kuormitusta saataisiin säädettyä johonkin tilaan, täytyy sen kyseisen tilan ohjelmalliset ehdot täyttyä. Nämä ehdot määräytyvät paperikoneen toimintasuunnitelman mukaan ja voivat vaihdella koneittain. Kuormituksen fyysistä ja ohjelmallista sen hetkistä tilaa on silmämääräisesti lähes mahdotonta seurata koska kuormituksen ohjelmasta löytyy monia eri lukituksia ja ehtoja, joita täytyisi seurata monesta eri ohjelmakuvasta ja paikanpäältä samanaikaisesti. Help Designer on kehitetty tämän ongelman ratkaisemiseksi. Sovelluksella luodaan selainpohjainen näkymä jota operaattori voi seurata valvomosta käsin. Näkymässä on esiteltynä prosessin tila, mahdolliset lukitukset toiseen tilaan siirtymistä varten ja näkymä ilmoittaa tilanteen tullen minkä takia esimerkiksi jokin pumppu pysähtyi.

Puristimen kuormituksen toiminta suunnitellaan Function Block CAD piirikuvaan, johon tuodaan puristimen toimintaan nähden relevantteja lukituksia ja ehtoja muista ohjelmapiireistä. Edellä mainitusti ohjelmapiirit luotaisiin usein valmista mallipohjaa käyttäen, jota muokataan kyseiseen projektiin sopivaksi. Nämä mallipohjat on rakennettu sisältämään Help-nastoja, joista Help Designer lukee ohjelman ja ehtojen tilaa. Nämä nastat erottavat muista merkistään, ne nimetään alkamaan H-kirjaimella kuten kuviossa 11. Näin tiedetään sen viittaavan Help Designeriin. Kuviossa 11 nähdään myös, että eri lukitusten täytyy olla tietyssä tilassa samanaikaisesti muiden lukitusten kanssa. Kuviossa 11 on osittain esitetty mahdollisen koulutusohjelman voitelukoneikon toisen pääpumpun lukituksia.



Kuvio 11 Lukitukset ja Help-nastat Main pump 1 Intake-piirissä

Edellä mainitusti Help Designer keskustelee ohjelmapiirien kanssa H-nastojen avulla. Kuviossa 12 ja 13 on esitelty Help Designerin rakennetta. Kuten ohjelmapiirit, ovat Help-näkymät myös monesti tehty valmiista pohjista. Kuvioissa 12 ja 13 on täysin täyttämätön mallipohja koulutusohjelmassa käytettävästä voitelukoneikon pääpumpusta. Help Designerin täyttäminen on paikoittain kuin pisteiden yhdistämistä, solut monesti kertovat mitä tietoja siihen täytyy syöttää. Help-mallipohja nimetään sen ohjelmapiirin mallipohjan nimen mukaan, johon se viittaa, näin ollen on helppo tietää mihin piiriin Help-näkymä tehdään. Help-pohjan ensimmäisillä riveillä on listattuna ohjauspiirin päätoiminnot, nämä tunnistavat "main" tyypistä. Voitelukoneikon pääpumpun tapauksessa päätoiminnot ovat STOP- ja RUN-toiminnot. Tyyppeä "Title" käytetään otsikoimiseen ja Help-näkymän organisointiin, jos eri lukituksia vaativia toimintoja on monia. Tässä tapauksessa kaikki lukitukset vaikuttavat samaan RUN-toimintoon ja jos kaikki vaaditut lukitukset eivät toteudu, tilana on STOP. Ohjelman lukitukset määritellään tyypiltään binääreiksi koska seurataan vain päällä-/poistietoa. Jos ohjelmassa on lukituksia peräkkäisten AND- ja/tai OR-lohkojen takana, pystytään samanlainen rakenne tekemään Help-näkymään. Tag- sarakkeeseen \$(TAG):n tilalle täyttyy sijoittaa piirin positio johon Help Designerissä viitataan, näin muodostuu yhteys viitattuun piiriin.

Help Designerissa näkyvä OK State- sarake määrittelee kumpi tila on haluttu H-nastassa. Esimerkiksi kuviossa 11 imuventtiiliin täytyy olla auki, jotta pumppu voidaan käynnistää. Näin ollen H44-nastan OK state- määrittely täytyy olla 1. Sarakkeisiin OK Text ja NOT OK Text syötetään tilaa kuvaava tieto helpottamaan operaattoria. Mask- sarakkeiden avulla saadaan piilotettua lukitusten tilatiedot, kun ne ovat siinä tilassa, joka on linkitettyinä sarakkeessa. Kuten kuvassa, maskaukset linkitetään useasti päätoimintoihin.

Filename	Save	Directory	Maintag	Header	CR	Background	Description Tag	Comments
LUBR_MPUMP.xml	1	Machine\HT1\Lubrication\Interf...	\$(TAG)	Dry end lubrication cent...	A5	lubrication.j...	\$(TAG)	mo_lubmp...

Interlockings								
Filename	Type	Level	Tag	OK State	OK Text	NOT OK Text	Mask 1	1/0
LUBR_MPUMP.xml	main	0	\$(MO_MOTOR).F.INS	0	Status: STOP			1
LUBR_MPUMP.xml	main	0	\$(MO_MOTOR).F.INS	1	Status: RUN			
LUBR_MPUMP.xml	title	0	\$(MO_MOTOR).F.INS	1	Run state requires:			
LUBR_MPUMP.xml	bin	0	\$(TAG).F.H31	1	Oil temperature sufficient in lubrication center	Oil temperature too low in lubrication center	\$(MO_MOTOR).F.INS	1
LUBR_MPUMP.xml	bin	0	\$(TAG).F.H41	1	Oil level ok in lubrication center	No oil in lubrication center	\$(MO_MOTOR).F.INS	1
LUBR_MPUMP.xml	bin	0	\$(TAG).F.H42	0	Main pump 2 is not running	Main pump 2 is running	\$(MO_MOTOR).F.INS	1
LUBR_MPUMP.xml	bin	0	\$(TAG).F.H43	0	Oil pressure not low while feed is on	Oil pressure low	\$(MO_MOTOR).F.INS	1
LUBR_MPUMP.xml	bin	0	\$(TAG).F.H44	1	Main pump intake valve open	Main pump intake valve not open	\$(MO_MOTOR).F.INS	1
LUBR_MPUMP.xml	bin	0	\$(TAG).F.H46	0	Sump tank 1 oil level normal	Sump tank 1 overflow	\$(MO_MOTOR).F.INS	1
LUBR_MPUMP.xml	bin	0	\$(TAG).F.H47	0	Sump tank 2 oil level normal	Sump tank 2 overflow	\$(MO_MOTOR).F.INS	1
LUBR_MPUMP.xml	bin	0	\$(TAG).F.H48	0	Sump tank 3 oil level normal	Sump tank 3 overflow	\$(MO_MOTOR).F.INS	1
LUBR_MPUMP.xml	bin	0	\$(TAG).F.H49	0	Sump tank 4 oil level normal	Sump tank 4 overflow	\$(MO_MOTOR).F.INS	1
LUBR_MPUMP.xml	bin	0	\$(TAG).F.H4B	0	No fire alarm	Fire alarm	\$(MO_MOTOR).F.INS	1
LUBR_MPUMP.xml	bin	0	\$(TAG).F.H4C	0	No emergency stop	Emergency stop	\$(MO_MOTOR).F.INS	1
LUBR_MPUMP.xml	bin	0	\$(TAG).F.H4R	0	Frequency converter ready	Frequency converter fault	\$(MO_MOTOR).F.INS	1
LUBR_MPUMP.xml	bin	0	\$(TAG).F.H4S	0	Safety switch closed	Safety switch open	\$(MO_MOTOR).F.INS	1

Kuvio 12 Help Designer näkymä ja tyhjä mallipohja 1

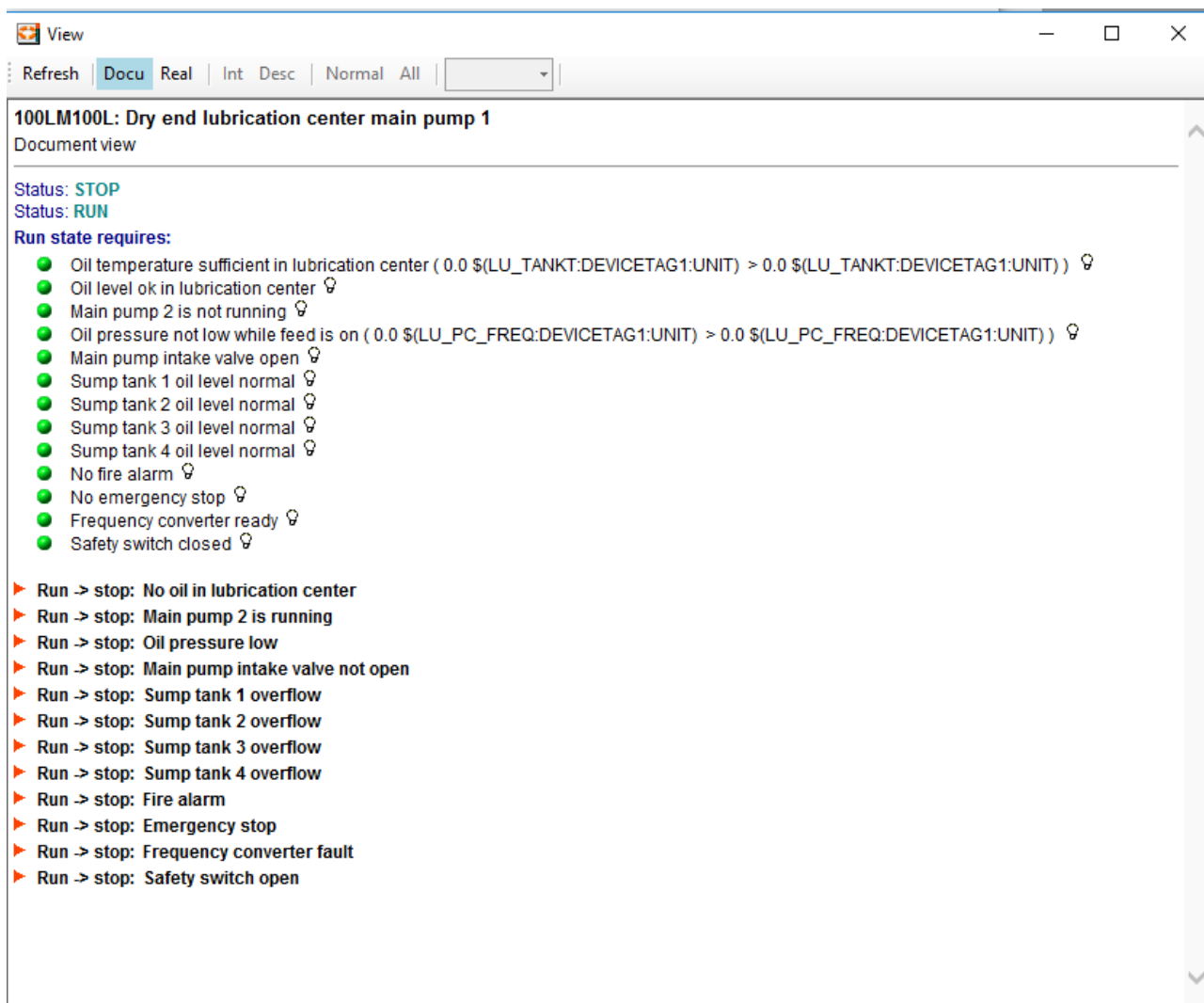
Kuviossa 13 on esitelty loput Help-ohjelman sarakkeista. Nämä sarakkeet toimivat lukitusten ilmoituksina ja tarkennuksina. Trigger Tag- sarakkeessa määritellään nasta josta luetaan Help- ja valvomonäytölle tuleva tilanmuutoksen hälytys. Sarakkeessa Trigger Text -määritellään teksti kuvaamaan mistä tilasta siirryttiin toiseen. Nämä tekstit helpottavat operaattoria seuraamaan minkä takia pumppu pysähtyi. Jos lukituksena toimii jokin mittaus seuraaviin sarakkeisiin saadaan rakennettua mittauksen seuranta Help-näkymään. Sovellukseen täytyy määritellä mittausarvojen tietotyypit ja ohjelmapiirien tai -lohkojen tunnukset. Lopuksi vielä vertailu tyyppi ja mittauksen yksikkö riippuen toiminnasta. Viimeisimpänä Info Tag- sarakkeeseen sijoitetaan ohjelmapiirin tai -lohkon tunnus josta voidaan vikatilanteessa lukituksen toiminta. Ohjelmapiirien ja -lohkojen tunnuksien sijoittamista helpottamassa valmiiksi asetellut haluttujen lohkojen mallipohjan ja pisteen nimet. Tunnukset vastaavat mainittua mallipohjaa käyttävän piirin Design Member- luettelosta löytyviä tunnuksia.

Tunnusten asettamista helpottaa sarakkeessa oleva mallipohjan nimi ja mistä pisteestä mittausta otetaan, näiden avulla voidaan varmistaa, että oikea piiri sijoitetaan.

Interlockings											
0	Trigger Tag	Trigger Text	Measurement Type	Measurement Value	Compare Type	Compare Value	Compare	Unit	Condition	Info Tag	Info Instruction
			ANA	\$(LU_TANKT.DEVICE...	FLOAT	\$(LU_TANKT.DEVICE...	>	\$(L...		\$(LU_TANKT.DEVICETAG1)	LU
	\$(TAG) 51	Run -> stop:								\$(LU_LEVEL_SW.DEVICETAG1)	LU
	\$(TAG) 52	Run -> stop:								\$(MO_MOTORx)	LU
	\$(TAG) 53	Run -> stop:	ANA	\$(LU_PC_FREQ)me	FLOAT	\$(LU_PC_FREQ)mell	>	\$(L...		\$(LU_PC_FREQ.DEVICETAG1)	LU
	\$(TAG) 54	Run -> stop:								\$(LU_INTAKE.DEVICETAG1)	LU
	\$(TAG) 56	Run -> stop:								\$(LU_SUMPLS.DEVICETAG3)	SU
	\$(TAG) 57	Run -> stop:								\$(LU_SUMPLS.DEVICETAG3)	SU
	\$(TAG) 58	Run -> stop:								\$(LU_SUMPLS.DEVICETAG3)	SU
	\$(TAG) 59	Run -> stop:								\$(LU_SUMPLS.DEVICETAG3)	SU
	\$(TAG) 5B	Run -> stop:									Fire detection system
	\$(TAG) 5C	Run -> stop:									Drives
	\$(TAG) 5R	Run -> stop:									MCC
	\$(TAG) 5S	Run -> stop:									LU

### Kuvio 13 Help Designer näkymä ja tyhjä mallipohja 2

Kuviossa 14 on esiteltyä kuva valmiista Help-näkymästä valvomossa. Näkymässä on listattuna Help- designerissa määritellyt lukitukset ja niiden tilat määriteltynä merkkivalolla. Mittauksien tilaa ja niiden vertailut ovat esiteltyä näkymässä, jotta prosessin seuranta olisi helppoa. Mittausarvojen vieressä olevasta hehkulamppu-symbolista klikkaamalla operaattori saa selville piirin jossa lukituksen vertailu tapahtuu, tämä tieto tuodaan kuvion 13 Info Tag- sarakkeesta. Alhaalla on esiteltyä miksi pumppu on pysähtynyt ja nämä tiedot saadaan Trigger Tag- ja Trigger Text- sarakkeiden avulla.

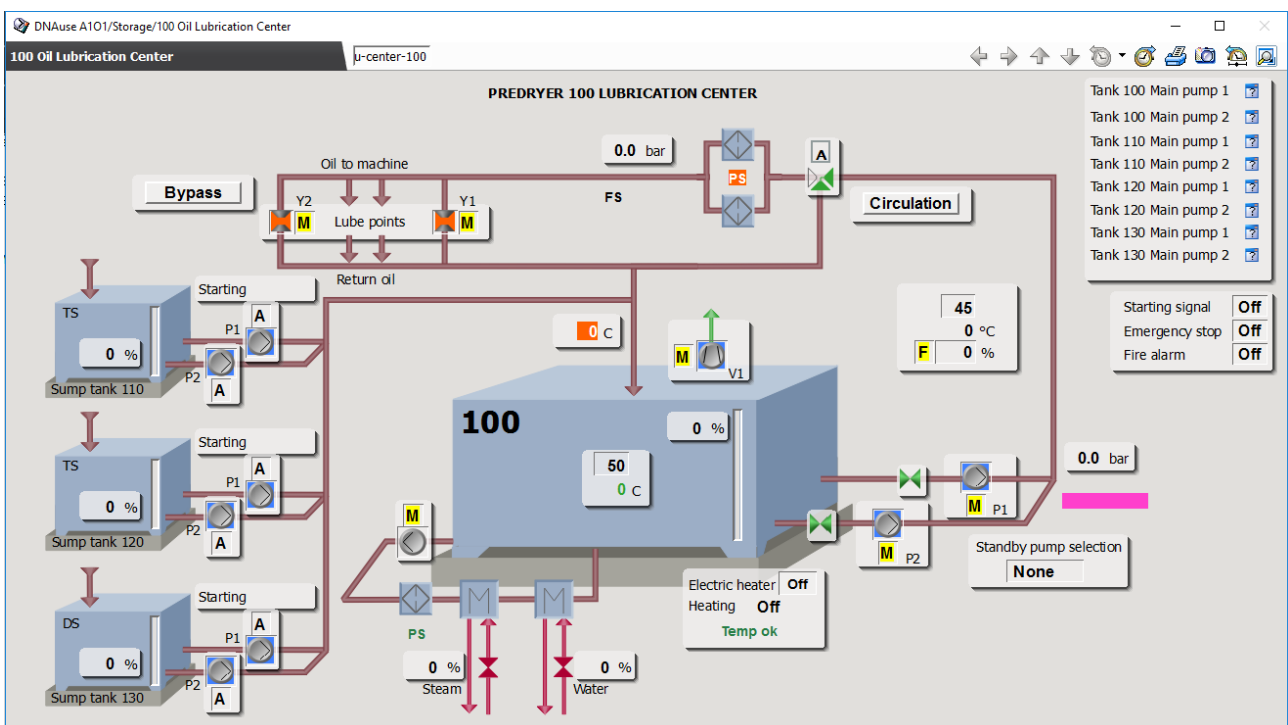


Kuvio 14: Help-näkymä valvomossa

Koulutusohjelmaa varten täytyisi luoda mallipohjat Help-näkymää tarvitseville piireille. Tällaisia piirejä olivat voitelukoneikon pääpumppujen ohjauspiirit. Mallipohjat nimettäisiin vastaamaan ohjelmapiireissä käytettäviä mallipohjia, näin ollen tiedettäisiin mitä mallipohjaa täytyi missäkin käyttää. Koulutusohjelmaa suorittavan tehtävä on tutkia ohjelmapiirejä ja Help- pohjaa joiden avulla hän pystyy täydentämään Help-pohjan. Pohjasäiliön pääpumppujen ohjaukset olivat toiminnaltaan yksinkertaisempia, mutta niille pystyisi tarvittaessa luoda myös helpin. Tälle jätettäisiin tarkoituksella luomatta sopiva mallipohja koska yhtenä koulutusohjelman tehtävistä olisi opettaa mallipohjan muokkaamista sopimaan toiseen piiriin.

#### 4.2.4 Operate Client, IO- ja sovellustestaus

Operate Client on Valmetin valvomokäyttöliittymä, jota käytetään ohjaamaan ja monitoroimaan prosessia Picture Designerillä luotujen valvomokuvia hyödyntäen valvomosta käsin. Valvomokuva on reaaliaikainen ja päivittyy prosessien ja kenttälaitteiden tilojen mukaan. Prosessin ohjaaminen valvomosta käsin tapahtuu klikkaamalla näytöllä olevia symboleja, jolloin niistä aukeaa eri toimintoja riippuen siitä mitä Picture Designerissa on sille luotu. Yksi tärkeimpiä Operate Clientin toiminnoista on sen hälytyksien ja vikojen ilmaisu. Valvomonäytöllä vika- tai hälytystilassa olevat toimilaitteet vilkkuvat oransseina kuten kuviossa 15. Tämän lisäksi Operate Clientissa on oma valvomonäyttö hälytyslistalle jonne lähetetään tieto hälytyksestä ja siihen liittyvistä tiedoista. Hälytyslistasta on esiteltynä kuviossa 16. Valvomonäytön avulla pystytään jo automaatioprojektin toteutusvaiheessa toteuttamaan sovelluksellista laite- ja IO-testausta. Operate Client- sovellukseen on rakennettu sisälle IO-simulointityökalu, jonka avulla testaus on mahdollista. Työkalu avaa kaikki halutun piirin IO:t listalle, josta niiden tilaa voidaan muuttaa binäärisesti ja analogisesti, jonka ansiosta näytöllä olevien symbolien ja ohjelmapiirien toiminta voidaan testata.



Kuvio 15: Toimiva valvomonäyttö

DNAuse A101/Storage/Event Browser

Event Browser 6

Automatic scroll Automatic Column Width Events: 30 Page 00/00

UTC

Ack.	Time	Pri. Level	Area	Origin	Tag	Tag Description	Message	Operation Description	Masked	Active	Last Inact
✓	18-03-15 18:38:24:583	▲▲▲▲		P	100GS112.1	100 Lube circ valve open	Wrong status		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:38:25:359	▲▲▲▲		P	100HS112	100 DE Lube circ. long	Disturbance		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:38:25:360	▲▲▲▲		P	100HS113	100 DE Lube circ. long	Disturbance		OFF	yes	
	18-03-15 18:38:28:201	■ ■ ■ ■		P	100LM100L.54	DE lube pump 1 stop	intake valve closed		no	yes	
	18-03-15 18:38:31:556	■ ■ ■ ■		P	100LM101L.54	DE lube pump 2 stop	intake valve closed		no	yes	
	18-03-15 18:38:41:553	■ ■ ■ ■		P	100LM124L.21	DE lube heater stop	oil overtemp		no	yes	
	18-03-15 18:38:41:562	■ ■ ■ ■		P	100LM124L.22	DE lube heater stop	oil level low		no	yes	
	18-03-15 18:38:41:575	■ ■ ■ ■		P	100LM124L.23	DE lube heater stop	main pmp stop		no	yes	
	18-03-15 18:38:41:858	■ ■ ■ ■		P	100LM125L.21	DE lube heater stop	oil overtemp		no	yes	
	18-03-15 18:38:44:554	■ ■ ■ ■		P	100LM125L.22	DE lube heater stop	oil level low		no	yes	
	18-03-15 18:38:44:565	■ ■ ■ ■		P	100LM125L.23	DE lube heater stop	main pmp stop		no	yes	
	18-03-15 18:38:44:944	■ ■ ■ ■		P	100LM126L.23	DE flow red. p stop	main pumps stop		no	yes	
	18-03-15 18:38:44:945	■ ■ ■ ■		P	100LM126L.24	DE flow red. p stop	Circ. viv open		no	yes	
✓	18-03-15 18:38:47:897	▲▲▲▲		P	100PSH134	100 DE lube oil filter	blocked		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:38:48:279	▲▲▲▲		P	100TI120	100 DE lube center temp	Meas. < LL		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:38:48:279	▲▲▲▲		P	100TI120	100 DE lube center temp	Meas. < LLL		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:38:51:069	▲▲▲▲		P	100TI123_1	100 DE lube center temp	overheat		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:38:54:776	▲▲▲▲		P	51GHS-112	HB slice difference	Meas. < LL		OFF	yes	
	18-03-15 18:39:00:893	■ ■ ■ ■		P	51GX-111.10	HB slice opening M->A	abnormal change		no	yes	
✓	18-03-15 18:39:07:744	▲▲▲▲		P	51LS-130	HB slice wwater tank	level low		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:39:07:989	▲▲▲▲		P	51PZ106-PS1	HB top profiler air purge	pressure low		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:39:08:061	▲▲▲▲		P	51TDC-128-3	HB wire pit temperature	Io-fault		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:39:11:040	▲▲▲▲		P	AP01-AM1	AM test loop	Meas. < LL		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:39:11:040	▲▲▲▲		P	AP01-AM1	AM test loop	Meas. < LLL		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:39:11:054	▲▲▲▲		P	AP01-BIN1	Binary test loop	LEVEL HIGH		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:39:11:140	■		P	AP01-PID1	PID test loop	Meas. < LL		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:39:11:140	▲▲▲▲		P	AP01-PID1	PID test loop	Meas. < LLL		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:39:11:140	▲▲▲▲		P	AP01-PID1	PID test loop	Control < LL		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:39:11:170	▲▲▲▲		P	AP01_MTR1	MTR test loop 1	MCC FAULT		OFF	yes	
✓	18-03-15 18:39:11:331	▲▲▲▲		P	AP01_MTR2	MTR test loop 2	MCC FAULT		OFF	yes	

Kuvio 16: Hälytyslista

Koulutusohjelma tulitaisiin toteuttamaan yhteisellä virtuaalikoneella jolle olisi asennettuna Valmet DNA ympäristö. Virtuaalikoneelta täytyisi selvittää mille virtuaaliselle prosessiasemalle on konfiguroitu toiminta. Virtuaalisen prosessiaseman konfigurointi saatiin selvitettyä DNA System configurator sovelluksella. Sovellus tarjoaa keskitetyn tavan kaikkien DNA järjestelmän ACN- ja Windows-nodejen määrittelyyn. Prosessiasemamäärittelyn avulla pystyttiin määrittelemään ohjelmapiirien prosessiasemat IO- ja loop-listoissa. Prosessiaseman määrittely on elintärkeää ohjelmien toiminnalle koska väärälle prosessiasemalle ladatut piirit eivät keskustele keskenään toistensa ja Operate Clientin kanssa. Prosessiaseman lisäksi sovelluksella määriteltiin valvomo- ja hälytysmoduulien käyttämä sovelluspaketitunnus (application package). Näiden avulla hälytykset saatiin tuotua hälytyslistalle toimivasti.

Koulutusohjelman tässä vaiheessa koulutusta tekevä opettelee testaamaan luomiensa piirien ja valvomonäytön toimintaa. Tekijä käy läpi piirien toiminnan yksi toiminto kerrallaan ja seuraa sen vaikutusta valvomonäyttöön. Piiriä testatessa tekijän täytyy seurata hälytyksien välittymistä Operate Clientiin ja varmistaa, että kaikki hälytykset tulevat näytölle hälytyspalkkiin näkyville.



## 5 Lopputulos

Koulutusohjelmaa ja sen ohjeistusta lähdettäisiin toteuttamaan valitsemalla paperikoneenosa jonka automaatio suunnittelullisessa toteutuksessa käytäisiin läpi samoja tehtäviä eriävillä tavoilla. Tarkoituksena olisi varmistaa, että jotain opittua toimintoa osattaisiin hyödyntää erilaiseen kohteeseen. Hyväksi tällaiseksi kohteeksi havaittiin kuivatusosan voitelukoneikko. Koulutusohjelmaa varten täytyisi luoda voitelukoneikon toteuttamista varten tarvittavat dokumentit kuten PI-kaavio sekä IO- ja Loop- listat. Ohjeistuksen rakenteen suunnittelun ja aikaisemman kertyneen kokemuksen avulla luotaisiin ohjeistukseen tehtäviä kronologiseen järjestykseen. Ensin luotaisiin ohjeistukset PI-kaavion tulkitsemiseen ja sen hyödyntämiseen. Näitä taitoja käsiteltäisiin seuraavassa tehtävässä kun PI-kaavion ja muiden listojen avulla koulutettava tulee luomaan ohjelmapiirit toteutuksen toimilaitteille. Piirien luomisen jälkeen koulutettava kävisi läpi valvomonäyttöjen käyttämistä ohjelmapiirien ilmaisuun, luo piireille toimintaohjaukset ja testaa lopulta piirien toiminnan.

Koulutusohjelmaa tehdessä tehtäisiin itse mukana koulutusohjelman ohjeistuksen mukaan. Ohjeistusta käytäisiin läpi PI-kaavion ja listojen tulkinnasta piirien luomiseen yksityiskohtaisesti. Ohjeistus sisältäisi paljon yksityiskohtaista tietoa, joten tämä oli toimiva ratkaisu varmistamaan, ettei väärää tietoa tulisi ohjeistukseen. Väärä tieto voisi tehdä voitelukoneikon toiminnasta viallisen. Näin saatiin reaaliaikaista palautetta oliko ohjeistus oikean mukainen vai vaatiiko se tarkennusta joistakin kohdista.

## 6 Pohdinta

Ohjeistusta lähdettäisiin suunnittelemaan kohderyhmän haastattelusta saatujen toiveiden ja tietojen mukaan. Suurimpana ohjeistuksen rakenteen määrittelijänä toimi omakohtainen työkokemus. Työkokemusta ohjeistuksessa käsittelevistä asioista on ehtinyt kertyä yli puolivuotta. Lisäksi otettiin huomioon toimeksiantajan toiveet opinnäytetyöhön liittyen. Näin ollen saatiin varmistettua, että koulutusohjelma olisi rajattu oikein ja sisältäisi vain oleellista ohjeistusta. Ohjeistuksen rakenne suunniteltiin huolellisesti seuraamaan oikean projektin toimintavaiheita, jotta opitut taidot olisi helppo siirtää käytäntöön oikeassa projektissa.

Opinnäytetyön tuotoksena syntyi laaja käsitys tarvittavasta koulutusohjelmasta Valmet DNA sovel-lusympäristön ympärille. Koulutusohjelman tavoitteena on vähentää uuden automaatio-suunnitte-lijan kouluttamiseen vaadittavaa kuormaa. Ohjelman ohjeistus johdattaisi uuden suunnittelijan si-muloidun projektin erilaisten vaiheiden läpi mahdollistaen suunnittelijan oma-aloitteisen kouluttautumisen. Ohjeistus vietäisiin yhteiselle Teams-kanavalle josta sinne on kaikilla suunnitte-lijoilla pääsy, näin ohjeistus olisi helposti jaettavissa. Opinnäytetyön lopputulos täyttää täysin opin-näytetyölle asetetut vaatimukset Valmet DNA:n osalta. Aloittava suunnittelijan pystyisi omatoimi-sesti aloittamaan harjoitusprojektin tekemistä aloittaessaan ja kun harjoitusprojekti on valmis pystyisi hän helpommin siirtymään oikeisiin projekteihin. Jonkin toimintatavan tarkistaminen on helppoa koulutusohjelmasta, näin ollen esimiestä ei tarvitse kuormittaa yksittäisillä kysymyksillä.

## **6.1 Opinnäytetyön tulosten luotettavuus**

Koulutusohjelmaa varten teetetyn kyselyn myötä saatiin luotettavilta kohdehenkilöiltä hyvin hen-kilökohtaista ja ajankohtaista tietoa automaatio-suunnittelun kehityskohteista. Näin varmistettiin, että opinnäytetyön tuloksena syntyvä mahdollinen koulutusohjelma vastaisi nykyisten ja tulevien työntekijöiden toiveita. Kyselyn avulla saatiin myös muita aiheita esille joille voidaan tulevaisuu-dessa luoda samanlaisia koulutusohjelmia.

Opinnäytetyön tietoperustassa käytettiin suomalaista ja ulkomaista automaatio-suunnitteluun ja -teknologiaan liittyvää kirjallisuutta. Työssä käytettävä kirjallisuus pohjautui Jamkin ja Jyväskylän kirjastosta lainattuihin fyysisiin kirjoihin ja Janet palvelun e-kirjoihin. Osa käytetyistä lähteistä oli-vat muutaman vuosikymmenen takaisia, mutta näistä käytettiin vain tietoa joka pitää paikkaansa nykypäivänä, automaatiotekniikan pääpiirteiden pysyessä samoina. Tietoperustan lähteinä käytet-tiin myös paljon Suomen automaatioseura Ry:n verkkojulkaisuja automaatio-suunnitteluun ja auto-maatiotekniikkaan liittyen. Suomen automaatioseura Ry on perustettu edistämään suomalaista automaatiotekniikan tiedon ja taidon kehittämistä puolueettomasti. Myös muina virallisina läh-teinä käytettiin Opetushallinnon tilastopalvelua, josta löytyy vuosikohtaisia tilastoja suomalaisten koulutuksiin liittyen.

## 6.2 Työn jatkokehitys

Työn lopputulosten perusteena Valmet DNA-koulutusohjelma ajaa asiansa SW-suunnittelijan eli ohjelmistosuunnittelijan kouluttamisessa. Valmet DNA ympäristön kanssa toimintaan oli SW-suunnittelijana työkokemuksen kautta syntynyt enemmän osaamista projektien ja toimintaympäristöjen parissa. CADMATIC-koulutusohjelma on räätälöity enemmän HW-suunnittelijoille ja sen tarkemmalle ohjeistukselle olisi vielä tarvetta. Joku HW-suunnittelijana toiminut tai suunnittelijana aloittava pystyisi tuottamaan paremmat ohjeistukset oikeissa projekteissa käytettäviin toimintamalleihin sekä hyödynnettäviin tietokantoihin ja sovelluksiin.

## 6.3 Opinnäytetyön eettisyys

Opinnäytetyötä varten luotiin sähköinen kysely johon lupa saatiin tutkimuslupa toimeksiantajalta suullisesti. Kyselyä luodessa otettiin huomioon Jamkin eettiset periaatteet. Eettisiä periaatteita käyttäen kysely teetettiin anonymisti ja sen tuloksia tarkasteltiin erittelemättä yksittäistä vastaajaa, jotta vastaajan anonymisyys säilyisi. Kyselyn vastauksia käytiin myös läpi toimeksiantajan kanssa.

## Lähteet

Aaltonen, K. Airila, M. Andersin, H. Ekman, K. Kauppinen, V. Liukko, T. Pohjala, P. 1992. Tuotantoautomaatio. Hämeenlinna: Karisto Oy

CADMATIC. N.d. CAD-ohjelmisto – CADMATIC Draw. Viitattu 2.4.2023.

<https://www.cadmatic.com/fi/construction/ohjelmistoratkaisut/cadmatic-draw/>

Etteplan OY. N.d. Etteplanin historia. Viitattu 12.12.2022.

<https://www.etteplan.com/fi/tietoa-meista/etteplanin-historia>

Etteplan OY. N.d. Tietoa meistä. Viitattu 12.12.2022.

<https://www.etteplan.com/fi/tietoa-meista>

Koulutukset. N.d. Ammattikouluun.fi:n kuvaukset eri AMK-tutkintoihin johtavista koulutuksista sivuillaan. Viitattu 6.12.2022.

<https://www.ammattikorkeakouluun.fi/koulutukset/>

Lauhikari, A. Lehto, T. Pikkarainen, E. Pitkänen, J. Seppänen, P. 1991. Integroitu tuotantolaitos. Helsinki: Pasilan VALTIMO

Liikenne- ja viestintäministeriö. 16.11.2016. Datan ja automaation täysi hyödyntäminen vaatii moniosaamista. Viitattu 28.3.

<https://www.lvm.fi/-/datan-ja-automaation-taysi-hyodyntaminen-vaatii-moniosaamista-912225>

Naikodi, L. Chandrakant, L. Suresh, L. 2020. The Today and Future of WSN, AI and IoT. Viitattu 14.1.2023.

<https://janet.finna.fi/> (Skillsof Books ITPro on tietokanta, josta jamkilaiset voivat lukea e-kirjan.)

Opetushallinnon tilastopalvelu Vipunen. N.d. Ammattikorkeakoulujen hakeneet ja paikan vastaanottaneet. Viitattu 10.2.2023.

<https://vipunen.fi/fi-fi/layouts/15/xlviewer.aspx?id=/fi-fi/Raportit/Haku-%20ja%20valintatie-dot%20-%20korkeakoulu%20-%20amk%20-%20hakukohde.xlsb>

Opetushallinnon tilastopalvelu Vipunen. N.d. Hakeneet ja hyväksytyt. Viitattu 10.2.2023.

<https://vipunen.fi/fi-fi/amk/Sivut/Hakeneet-ja-hyv%C3%A4ksytyt.aspx>

Sähköinfo OY. N.d. Ennätysmäärä hakijoita sähkö- ja automaatioalan perustutkintoon-artikkeli. Viitattu 12.12.2022.

<https://www.sahkomaailma.fi/ennatysmaara-hakijoita-sahko-ja-automaatioalan-perustutkintoon/>

Opinto-opas, Sähkö- ja automaatiotekniikka, Automaatiopuolen suuntautuminen 2023. N.d. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 2.3.2023.

<https://opetussuunnitelmat.peppi.jamk.fi/fi/48/fi/5288/TSA2023SS/year/2023/specialisation/122>

Opinto-opas, Sähkösuunnittelun perusteet. N.d. Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 15.1.2023.

<https://opinto-opas-ops.tamk.fi/167/fi/50/49582/2960/0/32061>

Suomen automaatioseura Oy. 2018. Automaatio ennen, nyt ja tulevaisuudessa-artikkelisarja. Viitattu 3.2.2023.

[https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1380/automaatio\\_ennen\\_nyt\\_ja\\_tulevaisuudessa\\_av\\_artikkelisarja\\_2018.pdf](https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1380/automaatio_ennen_nyt_ja_tulevaisuudessa_av_artikkelisarja_2018.pdf)

Suomen automaatioseura Oy. 2010. Automaatio liiketoimintaprosessin tukena. Viitattu 21.12.2022

[https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/automaatio\\_liiketoiminnan\\_tukena2010.pdf](https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/automaatio_liiketoiminnan_tukena2010.pdf)

Suomen automaatioseura Oy. 2007. Automaatiosuunnittelun prosessimalli. Viitattu 30.11.2022

[https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/automaatiosuunnittelun\\_prosessimalli.pdf](https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/automaatiosuunnittelun_prosessimalli.pdf)

Suomen automaatioseura Oy. 2012. Laatu automaatiossa- parhaat käytännöt. Viitattu 21.12.2022

<https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/laatuautomaatiossa.pdf>

Suomen automaatioseura Oy. 2013. Teollisuuden automaatio- ja ohjausjärjestelmät. Viitattu 21.12.2022

<https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/standardikirja.pdf>

Yhteishaku. N.d. Opintopolun hakutilastot sivultaan. Viitattu 20.11.2022.

[https://opintopolku.fi/konfo/fi/haku?koulutustyyppi=koulutustyyppi\\_26&order=desc&size=20&sort=score](https://opintopolku.fi/konfo/fi/haku?koulutustyyppi=koulutustyyppi_26&order=desc&size=20&sort=score)

## Liitteet