

Keijo Outinen

VARASTOAUTOMAATION LOGIIKKA- OHJELMAN TEKO JA KÄYTTÖÖN- OTTO

Opinnäytetyö

Insinööri

Sähkö- ja automaatiotekniikka

2022



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri
Tekijä/Tekijät	Keijo Outinen
Työn nimi	Varastoautomaation logiikkaohjelman teko ja käyttöönotto
Toimeksiantaja	Sähköryhmä Muukka Oy
Vuosi	2022
Sivut	34
Työn ohjaaja(t)	Teemu Manninen

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön aiheena oli Hamina–Kotka-sataman alueelle tulleen uuden lannoitehallin automaatiojärjestelmän logiikkaohjelman teko käyttöönotto. Asiakkaalla oli ennestään kaksi lannoitehallia, ja tämä uusi halli on laajennus vanhoille halleille.

Opinnäytetyössä pohjustetaan teollisuuden automaatiojärjestelmiä, mutta pääpaino on uuden lannoitehallin logiikkaohjelman teossa, käyttöönotossa ja testauksessa.

Ohjelmoinnin pohjana käytettiin asiakkaan vanhemman varastohallin ohjelmaa, sillä uusi halli käyttää monilta osin samoja komponentteja sekä samaa toimintaperiaatetta kuin vanhemmat lannoitevarastot. Ohjelmamuutoksia tehtiin myös vanhemman varastohallin logiikkaohjelmaan, koska valvomo oli kytketty siihen ja tiettyjen toiminnallisuuksien saavuttamiseksi uuden ja vanhan logiikan täytyi kommunikoida keskenään. Järjestelmän käyttöönottoa tehtiin sitä mukaa, kun mekaanisia osuuksia tuli valmiiksi, ja samaan aikaan tehtiin logiikkaohjelmaan muutoksia asiakkaan toivomusten mukaan.

Projektin lopputuloksena käyttöönotto saatiin suoritettua onnistuneesti, vaikka alkuperäinen asiakkaan vaatima aikataulu hieman venyikin. Asiakas oli kuitenkin lopputulokseen erittäin tyytyväinen.

Käyttöönotosta tehtiin pakollinen dokumentointi, ja logiikkaohjelmista otettiin varmuuskopiot, jotta vastaavan tyyppiset projektit olisivat jatkossa helpompi ja nopeampi toteuttaa.

Asiasanat: automaatio, logiikkaohjelmointi, käyttöönotto, Siemens

Degree	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Keijo Outinen
Thesis title	Warehouse automation PLC programming and commissioning
Commissioned by	Sähköryhmä Muukka Oy
Time	January 2022
Pages	34
Supervisor	Teemu Manninen

ABSTRACT

The objective of this thesis was to build a PLC program and to make a commissioning for a fertilizer warehouse in Hamina-Kotka port. Our customer had already two existing warehouses and this new one was an expansion to get more storage area.

Automation systems are overviewed briefly in this thesis but main interest is in the PLC programming, commissioning and testing of this new warehouse automation system.

As a base for the PLC program, we were able to use program from one of the older warehouses of this same customer. The new warehouse used a lot of same devices (like belt conveyors and fertilizer elevators) as the older warehouses but in the new warehouse there was a lot more of these, also the idea of belt conveyor control was very similar. This made the old PLC program to be perfect base for the new program. Changes needed to be made to the old PLC as well because control room computer was directly connected to the old PLC and for some functionality it was also necessary to have direct communication between the PLC:s. Commissioning of the automation system was done bit by bit as mechanical work was made. At the same time changes were also made to the PLC program as customer tested the functionality and wanted something to be changed.

As a result for the project, commissioning was done successfully although a little bit late for the deadline originally given by the customer. The customer was nevertheless very happy about the finished warehouse and PLC application.

Mandatory documentation was made from the commissioning and backups were taken from the PLC programs. PLC program backups make future projects easier and quicker to implement.

Keywords: automation, PLC programming, commissioning, Siemens

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TEOLLISUUDEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT	7
2.1	Historiasta nykypäivään	7
2.2	Nyky aikaisten automaatiojärjestelmien toimintaperiaate	10
2.2.1	Ohjelmoitava logiikka	11
2.2.2	Toimilaitteet	12
2.2.3	Anturit	12
2.2.4	Kaapelointi	13
2.2.5	Valvomo	13
3	SATAMISSA KÄYTETTÄVÄ AUTOMAATIO	14
4	KOORTEENA OLLUT LANNOITEVARASTO	14
4.1	Automaation suunnittelu	15
4.2	Hihnakuiljettimilla ja hisseillä käytettävät anturit	18
4.2.1	Hihna sivussa -anturit	18
4.2.2	Pyörimisvahdit	20
4.2.3	Tukosvahdit	21
4.3	Logiikkaohjelmointi	22
4.3.1	Logiikkaohjelman perusominaisuudet	23
4.3.2	Logiikkaohjelman toiminta eri tilanteissa	25
4.4	I/O-testaus	26
4.5	Käyttöönotto	30
4.5.1	Junapurku uuteen lannoitehalliin	30
4.5.2	Lastaus varastohallista vanhalle laiturille	32
4.5.3	Lastaus junista vanhalle laiturille	33
4.5.4	Lastaus hallista tai junista uudelle laiturille	34
4.5.5	Lastaus vanhasta varastohallista uudelle laiturille	35

4.6	Vanhan varastohallin ohjelmamuutokset.....	36
4.7	Dokumentointi	37
5	POHDINTA.....	37
	LÄHTEET	39

Käsitteet

Logiikka / PLC	P rogrammable L ogic C ontroller; Pienikokoinen tietokone, joka hallitsee automaatiojärjestelmää, lukee antureita ja ohjaa laitteiden toimintaa logiikkaan lähetetyn logiikkaohjelman pohjalta
Logiikkaohjelma	tikapuurakenteena tai tekstinä kirjoitettu tietokoneohjelma, jonka logiikka lukee usein tuhansia tai miljoonia kertoja sekunnissa ja toteuttaa ohjelmassa annetut käskyt
Väylä	tiedonsiirtotekniikka, jonka avulla ohjelmoitavat logiikat ja taajuusmuuttajat sekä jotkin anturit voivat kommunikoida keskenään, väylä vaatii laitteiden välille vain yhden kaapelin, joka väylästä riippuen sisältää 2–8 johdinta
Profibus DP	Yksi automaatiojärjestelmissä käytettävä väylätekniikka, muita väylätekniikoita ovat muun muassa. Profibus PA, Profinet, Modbus, Modbus TCP ja Foundation Fieldbus
Etäyksikkö	Kun antureita pitää sijoittaa kauas logiikasta, käytetään kaapeloinnin helpottamiseksi etäyksiköitä, joihin voidaan kytkeä kyseisellä alueella olevat anturit ja etäyksikkö kytketään vain käytettävään väylään.
HMI	Human Machine Interface; Valvomoissa ja hallintapaneeleissa käytettävä valvomo-ohjelmisto, joka mahdollistaa prosessin hallinnan ja seurannan

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä logiikkaohjelma ja käyttöönotto uuteen lannoitevarastoon, joka oli laajennus kahden vanhemman lannoitehallin taakse. Varastohallit sijaitsevat Hamina–Kotka-sataman alueella.

Kaikki lannoitehallit toimivat välivarastoina. Lannoitteet tuodaan junilla satama-alueelle ja siirretään laivaan. Junat ja laivat eivät kuitenkaan ole aina samassa aikataulussa, joten tuotteita joudutaan usein säilyttämään varastohalleissa päiviä tai viikkoja.

Varastohalleissa on taajuusmuuttajilla ohjattavia hihnakuljettimia, joiden avulla irtonaista lannoitetta voidaan siirtää paikasta toiseen. Hihnakuljettimissa on antureita, joiden avulla seurataan että kuljettimet toimivat halutulla tavalla. Koko järjestelmän toimintaa ohjataan valvomosta.

2 TEOLLISUUDEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT

2.1 Historiasta nykypäivään

Teollisuudessa käytetään paljon automaatiota helpottamaan ja nopeuttamaan yksinkertaisia toistuvia työtehtäviä. Ihmisten korvaamisesta automaatiolla saadaan monia hyötyjä. (Enright 2020.) Tällaisia hyötyjä ovat muun muassa (Enright 2020)

- Tehtävässä työssä kuluu vähemmän aikaa, suuria tilauseriä saadaan nopeammin asiakkaalle.
- Tuotteet ovat halvempia.
- Tuotteet ovat tasalaatuisempia, kun ne tehdään liukuhihnalla sen sijaan, että tuotteet tehtäisiin käsityönä.
- Monet käsin tehtävät työt, joita korvataan automaatiolla, ovat erittäin työläitä ja tylsiä, automaatio lisää työmukavuutta.
- Asiakkaat ovat tyytyväisempiä, kun tuotteet ovat halvempia, tasalaatuisempia ja niitä voidaan tuottaa nopeammin.

Ennen tietokoneiden keksimistä automaatio saatiin aikaan mekaanisilla tai sähkö-mekaanisilla järjestelmillä. Sähkö-mekaanisten järjestelmien jälkeen käytettiin myös tyhjiöputkista, transistoreista tai releistä kasattuja logiikkapii-

reja, jotka eivät kuitenkaan olleet vielä tietokoneita (Nexperia 2017). Logiikkapiirit ovat muutamista tyhjiöputkista, transistoreista tai releistä koostuvia kokonaisuuksia, joilla saadaan yksinkertaisia loogisia tapahtumia aikaan (Bestavros 1995). Kaikki logiikkapiirit (sekä monimutkaisemmat järjestelmät, kuten tietokoneet) koostuvat yksinkertaisuudessaan kolmesta logiikkapiiristä: OR, AND sekä NOT (Sangosanya 1997). Nämä piirit saadaan toteutettua käyttämällä vain muutamia transistoreja (Sangosanya 1997):

- **OR-piiri** ottaa sisään kaksi signaalia ja päästää ulos yhden signaalin: Jos kumpi tahansa (tai molemmat) sisään tulevista signaaleista on 1, ulostulo on 1. Jos kumpikin sisään tulevista signaaleista on nolla, ulostulo on 0.
- **AND-piiri** ottaa myös sisään kaksi signaalia ja päästää ulos yhden signaalin: Jos kumpikin sisään tulevista signaaleista on 1, ulostulo on 1. Kaikissa muissa tilanteissa ulostulo on 0.
- **NOT-piiri** ottaa sisään vain yhden signaalin ja päästää ulos yhden signaalin. Kun sisään tuleva signaali on 1, ulostulo on 0. Kun sisään tuleva signaali on 0, ulostulo on 1. Piiri siis vain kääntää signaalin toisin päin.

Näitä kolmea piiriä voidaan yhdistellä ja sitä kautta tuottaa monimutkaisempia logiikkapiirejä (Sangosanya 1997). Varhaiset automaatiojärjestelmät käyttivät näitä logiikkapiirejä. Piirejä voitiin kasata releistä, tyhjiöputkista tai transistoreista suoraan käyttökohdetta varten, mutta 1960-luvulla transistoreista kasatut tehdasvalmisteiset RTL-piirit (resistor-transistor circuit) sekä TTL-piirit (transistor-transistor circuits) alkoivat yleistyä. (Nexperia 2017) Automaatiossa releillä toteutetut piirit pysyivät kuitenkin yleisinä ohjelmoitavien logiikoiden saapumiseen saakka. (Process Solutions 2020.)

Kun tietokoneet syrjäyttivät vika-alttiit ja monimutkaiset relepiirit, paljon turhia seisokkeja jäi pois: relepiirien vianetsintä ja muokkaus oli erittäin työlästä. Näistä tietokoneista alettiin käyttää nimeä ohjelmoitavat logiikat (PLC: Programmable Logic Controller). Ohjelmoitava logiikka nimitys kuvaa tällaista tietokonetta hyvin, sillä ohjelmointi toteutettiin useimmiten käyttämällä samanlaista loogista rakennetta kuin fyysisissä piireissä, mutta nyt piirit vain ohjelmoitiin tietokoneen muistiin. Tällä tavalla toteutettuja ohjelmia oli huomattavasti helpompi muokata kuin fyysisiä piirejä. Ohjelmoitava logiikka oli myös luotettavampi kuin liikkuvia releen kärkiä sisältävä relepiiri. Logiikkaohjelmien tyyli on pysynyt samana tähän päivään saakka. (Process Solutions 2020.)

Tietokoneille tarkoitettujen ohjelmien ohjelmointi eroaa jonkin verran ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmoinnista. Tietokoneiden ohjelmointikielet ovat usein miten tekstipohjaisia, eikä niissä ole varsinaista tikapuurakennetta. Ohjelmoitavassa logiikassa käytettävä tikapuuohjelma muistuttaa ominaisuuksiltaan replepiirien rakentamista, ja tarkoitus on, että sähköstä paljon ymmärtävä ohjelmoitsija hahmottaa myös ohjelman toiminnan helposti. Ohjelmoitavien logiikoiden tikapuu kielet ovat tyypillisesti rajoittuneempia kuin tietokoneiden ohjelmointikielet. (PanelShop.com 2019.)

Kuvassa 1 on esimerkki C-koodista. C on vanha tietokoneiden ohjelmointiin tarkoitettu ohjelmointikieli, jonka avulla on tehty suurin osa nykyään käytössä olevista käyttöjärjestelmistä ja tietokoneohjelmista (Powell 2021). Esimerkkikuva on Linux-käyttöjärjestelmän ytimen koodista.

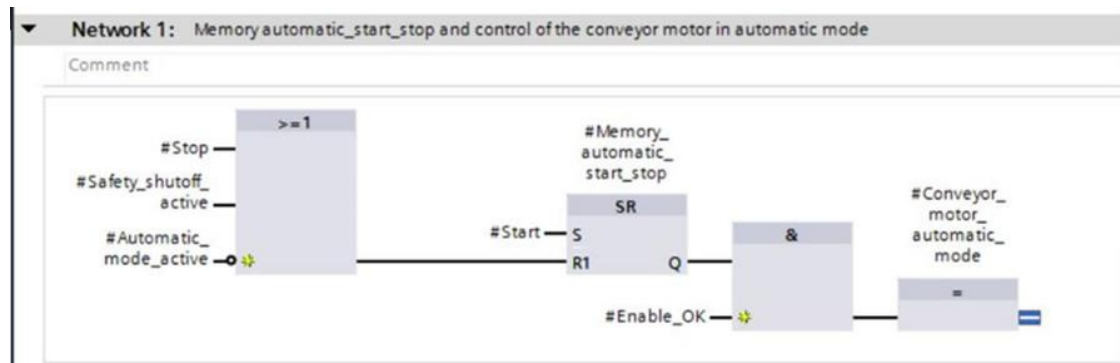
```

66 █
67 int acct_parm[3] = {4, 2, 30};
68 #define RESUME      (acct_parm[0]) /* >foo% free space - resume */
69 #define SUSPEND    (acct_parm[1]) /* <foo% free space - suspend */
70 #define ACCT_TIMEOUT (acct_parm[2]) /* foo second timeout between checks */
71
72 struct bsd_acct_struct {
73     struct fs_pin          pin;
74     atomic_long_t         count;
75     struct rcu_head        rcu;
76     struct mutex           lock;
77     int                    active;
78     unsigned long          needcheck;
79     struct file             *file;
80     struct pid_namespace   *ns;
81     struct work_struct      work;
82     struct completion       done;
83 };
84
85 static void do_acct_process(struct bsd_acct_struct *acct);
86
87 static int check_free_space(struct bsd_acct_struct *acct)
88 {
89     struct kstatfs sbuf;
90
91     if (time_is_after_jiffies(acct->needcheck))
92         goto out;
93
94     /* May block */
95     if (vfs_statfs(&acct->file->f_path, &sbuf))
96         goto out;
97
98     if (acct->active) {
99         u64 suspend = sbuf.f_blocks * SUSPEND;
100        do_div(suspend, 100);

```

Kuva 1. Esimerkki C-ohjelmointikielestä. Kyseinen koodipätkä on osa Linux-käyttöjärjestelmän ydinkoodia. (Linux 5.10.85 2021, kernel/acct.c)

Kuvassa 2 on esimerkki Siemensin ohjelmoitavien logiikoiden FBD-koodista. Kuvien 1 ja 2 välillä nähdään selvä tyyliero. Kuva 1 on esimerkki tietokoneissa käytettävästä ohjelmointikielestä, kuva 2 on esimerkki ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmointikielestä.



Kuva 2. Esimerkki TIA Portal-ohjelmointiympäristön FBD-koodista (Learn-/Training Document 2018, 14)

Kuvassa 2 näkyvät laatikot ovat logiikkapalikoita ja mustat viivat ovat ”johtoja”, joiden avulla logiikkapalikat liitetään toisiinsa. Ensimmäinen laatikko on OR-piiri, ja sen jälkeen tulee Set/Reset-keinu, joka todellisuudessa koostuu useista yksinkertaisemmista piireistä. Set/Reset-keinun jälkeen on AND-piiri, ja viimeisenä on laatikko, jolle voidaan antaa tunnetun muuttujan osoite. Kun signaali laatikolle on 1, muuttuja vaihdetaan arvoon 1. Muussa tapauksessa muuttuja pysyy arvossa 0.

2.2 Nykyaikaisten automaatiojärjestelmien toimintaperiaate

Nykyaikaiset automaatiojärjestelmät koostuvat tyypillisesti seuraavista osista:

- Ohjelmoitava logiikka
- Toimilaitteet
- Anturit
- Kaapelointi
- Valvomo.

2.2.1 Ohjelmoitava logiikka

Automaatiojärjestelmää ohjaa ohjelmoitava logiikka. Logiikan muistiin on kirjoitettu ohjelmakoodi, jonka logiikka suorittaa useita kertoja sekunnissa. (Unitronics s.a.)

Ohjelmoitavaan logiikkaan asennetaan Input/Output-kortteja, ja näiden korttien perään kytketään digitaaliset ja analogiset anturit sekä toimilaitteet. Jos matka antureille tai toimilaitteille on pitkä, voidaan Input/Output-kortit asentaa ohjelmoitavan logiikan etäyksikköön lähelle antureita ja toimilaitteita. Etäyksikön ja ohjelmoitavan logiikan välille tarvitsee tällöin vetää ainoastaan väyläkaapeli.

Input/Output-kortit kykenevät yleensä tekemään vain yhtä tehtävää. Digital Input -kortti kykenee ainoastaan lukemaan 0/1-arvoja siihen kytketyistä johtimista. Analog Output -kortti kykenee ainoastaan lähettämään analogiasignaaleja korttiin kytkettyihin johtimiin. Ohjelmoitaviin logiikoihin löytyy erilaisia laajennuskortteja erittäin paljon, mutta oleellisimmat kortit ovat seuraavat (Unitronics s.a):

- Digital Input -kortti lukee 0/1-arvoja
- Digital Output -kortti lähettää 0/1-arvoja (jännite päälle tai pois)
- Analog Input -kortti lukee jännitettä tai virtaa
- Analog Output -kortti lähettää jännitettä tai virtaa
- Väyläkortti mahdollistaa väylän kytkemisen logiikkaan.

Logiikan laajennuskorteissa on tyypillisesti enemmän kuin yksi kytkentäpaikka: Siemensin logiikoissa Digital Input -korteille voidaan kortista riippuen kytkeä 8–16 anturia samanaikaisesti (6ES7136-6BA00-0CA0 Data sheet 2021, 2; 6ES7321-1BH10-0AA0 Data sheet 2021, 1).

Logiikka lukee anturien arvot sekä valvomosta annetut käskyt ja näiden tietojen pohjalta ohjaa toimilaitteita (Unitronics s.a).

2.2.2 Toimilaitteet

Toimilaitteita on monenlaisia. Tyypillisiä toimilaitteita ovat taajuusmuuttajilla ohjattavat moottorit, edestakaista liikettä tekevät solenoidit, venttiilit, moottori-venttiilit sekä servomoottorit. Jos moottoreiden nopeutta ei tarvitse säätää, voidaan moottoreita ohjata taajuusmuuttajan sijaan myös kontaktoriohjauksella, jolloin PLC vain käynnistää tai sammuttaa moottorin. (SMLease Design s.a.)

2.2.3 Anturit

Antureina on kahta päätyyppiä: digitaalisia ja sekä analogisia. Digitaaliset anturit antavat vain arvon 1 tai 0 riippuen anturin tilasta. Yksinkertaisimmillaan digitaalinen anturi voi olla rajakytkin, joka painuu pohjaan jonkin laitteen osuessa siihen ja täten oikosulkee anturille tulevat johtimet. Tällaisessa tilanteessa logiikalle tuleva signaali muuttuu tilasta 0 tilaan 1. Myös induktiivisia ja kapasitiivisia antureita käytetään tällä yksinkertaisella 0/1-arvolla. Induktiiviset anturit havaitsevat lähellä olevan teräskappaleen, kapasitiiviset anturit taas havaitsevat minkä tahansa lähellä olevan kappaleen. Induktiiviset ja kapasitiiviset anturit ovat tyypillisesti kalliimpia kuin mekaaniset anturit, mutta koska niissä ei ole liikkuvia osia, eivät ne hajoa yhtä helposti kuin mekaaniset anturit. Digitaalisilla antureilla voidaan myös mitata esimerkiksi lämpötilaa, mutta tällöin mitattavalla suureella pitää olla raja-arvo, jossa anturi vaihtaa tilansa 0/1 välillä. (Advanced Controls & Distribution 2019.)

Analogia antureita käytetään tilanteissa, joissa 0/1-arvo ei riitä, vaan halutaan tarkempaa tietoa, esimerkiksi lämpötila, äänenpaine, valomäärä tai kiihtyvyyys. Analogiset anturit kytketään logiikan analogiatulokortille, josta logiikka voi suoraan lukea muuttuvan suureen. Informaation siirtämisessä muuttuva suure on tyypillisesti jännite tai virta. Logiikkaohjelmassa anturin lähettämä arvo skaalataan mitattavaan suureeseen, jotta saadaan näkyviin lopullinen arvo. (Wat Electrical 2020.)

2.2.4 Kaapelointi

Ohjelmoitavan logiikan, valvomon, toimilaitteiden ja antureiden välille tarvitaan tiedonsiirtoyhteys. Nykyaikaisessa toteutuksessa taajuusmuuttajat kytketään tyypillisesti väylään, valvomo voidaan kytkeä väylään tai nettijohdolla logiikkaan. Digitaaliset ja analogiset anturit kytketään tilanteeseen soveltuvilla kaapeleilla. Etäisyydestä riippuen anturit kytketään joko suoraan logiikkaan tai pitkällä matkoilla logiikan etäyksikköön ja etäyksikkö kytketään väylään. Taajuusmuuttajat on mahdollista kytkeä suoraan logiikkaan ilman väyläyhteyttä, mutta tämä hankaloittaa kaapelointia. (Kunbus s.a.)

2.2.5 Valvomo

Valvomoista käytetään nimitystä HMI, joka on lyhenne sanoista Human Machine Interface (Inductive automation 2018). Valvomo ei ole automaation toiminnan kannalta pakollinen ominaisuus, jos automaatio tekee jatkuvaa yksinkertaista tehtävää, jota ei tarvitse käynnistää, pysäyttää tai seurata valvomosta tai paneelistä. Tällaisia järjestelmiä käytetään muun muassa joissakin palovesipumppaamoissa: logiikka seuraa palovesilinjan vedenpainetta, jos veden paine tippuu palovesiventtiin avauksen vuoksi; logiikka käynnistää palovesipumput ja lähettää esimerkiksi tekstiviestihälytyksen pumppujen käynnistyksestä.

Valvomon avulla voidaan tuoda käyttäjän näkyviin helposti ymmärrettävässä visuaalisessa muodossa mitä tahansa tietoja siihen kytketystä ohjelmoitavasta logiikasta. Laitoksen toimintaa voidaan tarkastella sekä reaaliajassa että tapahtumahistoriasta. (Sermatech s.a.)

Valvomo-ohjelmistoa valittaessa voidaan ottaa käytettävän logiikan valmistajalta ohjelmisto, mutta logiikkavalmistajien omat valvomo-ohjelmistot eivät useinkaan toimi muun merkkisten logiikoiden kanssa. On myös valvomo-ohjelmistoja muun muassa Wonderware Intouch, jonka valmistaja (Wonderware) ei valmista ohjelmoitavia logiikoita. Tällaiset valvomo-ohjelmistot toimivat yleisimpien ohjelmoitavien logiikoiden kanssa.

3 SATAMISSA KÄYTETTÄVÄ AUTOMAATIO

Satama-alueita käytetään laivojen lastaukseen ja purkamiseen. Kun tavaraa siirretään maasta laivoihin, junat tai kuorma-autot, joilla tavara tuodaan satama-alueelle, harvoin tulevat samaan aikaan laivan kanssa. Tämän vuoksi tavaraa on syytä säilyttää satamassa väliaikaisesti.

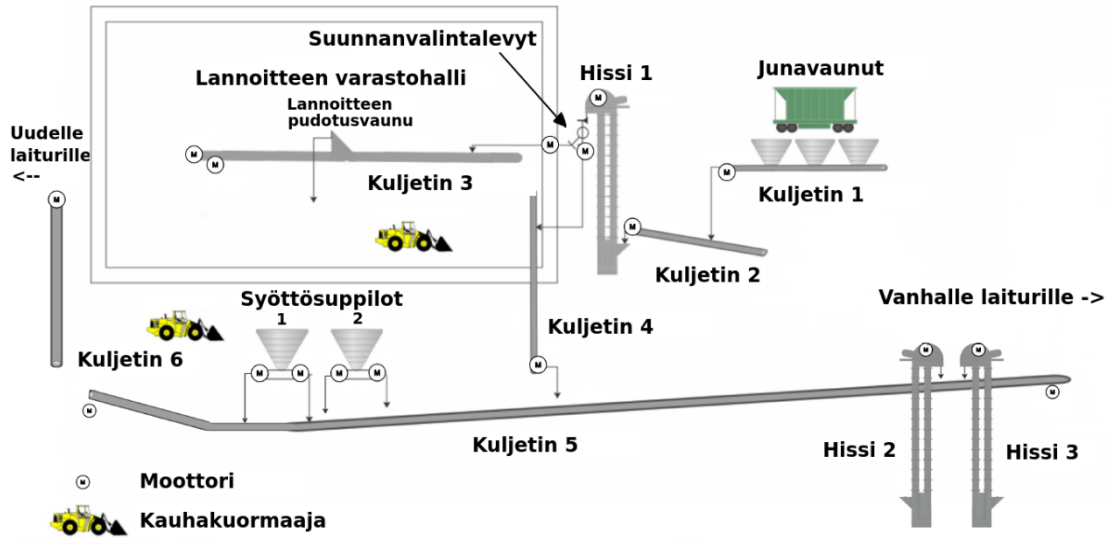
Satama-alueilla säilytetään suuria määriä erilaisia nesteitä, irtotavaraa sekä pakattuja tuotteita. Pakatuilla tuotteilla käytetään välivarastoina usein yksinkertaisia katoksia, mutta irtotavaralla ja etenkin nesteillä tarvitaan usein myös hihnakuljettimia tai pumppuja. Hihnakuljettimia ja pumppuja ohjataan usein miten ohjelmoitavalla logiikalla, ja järjestelmään kytketään antureita, jotka pysäyttävät tavaran siirron, jos jokin menee vikaan. Tuotteiden siirtämistä voidaan myös seurata automaation kautta valvomosta, jolloin tiedetään, kuinka paljon jotakin tuotetta on siirretty. Tämä on erityisen oleellinen ominaisuus nestemäisillä tuotteilla, koska tuotteet menevät putkissa, eikä niitä pääse näkemään.

4 KOHTEENA OLLUT LANNOITEVARASTO

Opinnäytetyön kohteena oli uusi Hamina–Kotkan satama-alueelle Mussalon satamaan rakennettu lannoitevarasto, jonka automaatiojärjestelmälle tehtiin logiikkaohjelma ja käyttöönotto. Lannoitevarasto on pelkkä pressukatos asfalttikentällä, ja kiinteä jauhemainen lannoite säilytetään varastossa irtotavarana. Lannoitevaraston suuren koon vuoksi asiakas haluaa kuitenkin käyttää valvomosta ohjattavia hihnakuljettimia helpottamaan lannoitteen siirtelyä.

Lannoitteet tulevat lannoitevarastoon junanvaunuissa, junia varten lannoitehallin viereen on tehty junanraiteet. Junanvaunuista lannoitteet puretaan kokonaan kuljettimien avulla lannoitevarastoon tai junanvaunuista suoraan laitureille, jossa automaatiojärjestelmästä erilliset renkailla siirreltävät hihnakuljettimet lastaavat lannoitteen laivaan. Lannoitevarastossa oleva lannoite lastataan laivaan siirtämällä ensin lannoite kauhakuormaajalla lannoitteen syöttösuppiloihin, jotka annostelevat lannoitteet hihnakuljettimelle. Lannoitteita ei voi siirtää laivasta varastoon, laivasta junanvaunuihin tai varastosta junanvaunuihin. Lannoitteen suunta on aina junanvaunuista varastoon ja varastosta laivaan tai

suoraan junasta laivaan. Kuva 3 havainnollistaa, miten kuljettimet ja hissit on sijoitettu toisiinsa ja varastohalliin nähden.



Kuva 3. Asetelmakuva kuljettimista ja hisseistä suhteessa varastohalliin, laitureihin ja junavaunuihin

Uudessa lannoitevarastossa on

- Kuusi hihnakuljetinta
- Kolme hissiä
- Kaksi lannoitteen syöttösuppiloa
- Kaksi lannoitteen suunnanvalintalevyä
- Lannoitteen pudotusvaunu.

Hihnakuljettimet ja hissit asiakas halusi toimimaan automaattisilla ohjelmilla. Valvomosta valitaan, mistä mihin lannoite halutaan siirtää, ja tarvittavat kuljettimet käynnistyvät automaattisesti oikeassa järjestyksessä.

4.1 Automaation suunnittelu

Automaation suunnittelun pohjana käytettiin kahta vanhempaa saman asiakkaan omistuksessa olevaa lannoitevarastoa. Käytettävät anturit olivat monilta osin samoja kuin vanhemmissa halleissa, ja osa antureista oli asiakkaan hankkimia. Koska automaatiossa oli tarkoitus käyttää mahdollisimman paljon samaa tekniikkaa kuin vanhemmissa halleissa, automaation suunnittelussa

oleellisin osuus oli päättää, mitä logiikkaa uudessa hallissa tullaan käyttämään ja mikä on järkevä tiedonsiirtotapa antureiden ja logiikan välillä.

Vanhimmassa hallissa käytössä oleva logiikka on Siemens S7-300 ja kaikki anturit sekä taajuusmuuttajat toimivat analogisesti ja/tai digitaalisesti. Vanhimmassa hallissa käytetään väylää vain valvomotietokoneen ja logiikan välillä sekä vanhimman hallin ja pienimmän hallin välisessä kommunikoinnissa.

Pienin halli on tehty vanhimman hallin laajennukseksi ja käyttää sekä lannoitteiden purkamiseen että lastaamiseen osittain vanhimman hallin hihnakuuljettimia. Vanhimman ja pienimmän hallin välillä on Profibus-väyläyhteys, jotta logiikat voivat kommunikoida keskenään. Pienimmässä hallissa oleva logiikka on Siemens S7-1500 ET200SP. Taajuusmuuttajia ohjataan Profinet-väyläohjauksella, anturit ovat digitaalisia ja kaikki anturit on kytketty suoraan logiikan digitaalikorteille.

Uudessa hallissa ei voitu käyttää suoraan vanhimman tai pienimmän hallin automaatiototeutusta: vanhimmassa hallissa käytössä oleva logiikka on turhan vanhanaikainen uudisrakennukseen ja taajuusmuuttajia on syytä ohjata väylän avulla, taajuusmuuttajien ohjaaminen digitaalisesti/analogisesti monimutkaistaa kaapelointia ja muutokset esimerkiksi taajuusmuuttajalta saataviin suureisiin on hankalampi toteuttaa. Anturit olivat digitaalisia, koska asiakas halusi, että uudessa hallissa käytetään samoja antureita kuin kahdessa vanhemmassa hallissa. Suurin osa antureista kuitenkin kytkettiin logiikan sijaan väyläyksiköihin ja väyläyksiköt väylän kautta logiikkaan. Tätä tekniikkaa kutsutaan hajautetuksi verkoksi. Tässä projektissa oli syytä käyttää hajautettua verkkoa, koska lannoitehallin suuren koon vuoksi anturit olivat logiikasta 30–150 metrin päässä. Kaapelointi jokaiselta anturilta logiikalle olisi ollut työlästä ja erittäin kallista.

Pienimmässä hallissa käytössä oleva Siemens ET200SP -prosessori oli soveltuva prosessori myös uuden hallin käyttöön. Pienimmässä hallissa käytössä oleva logiikkaohjelma oli myös saatavilla, joten siitä sai otettua mallia uuden hallin logiikkaohjelman tekoon. Pienimmässä hallissa käytetään Profinet-väylä-

lää, mutta Profinet-väylän kantama on liian lyhyt uuden hallin käyttöön. Profinet-väylän suurin sallittu pituus väylälaitteiden välillä kuparikaapelia käytettäessä on 100 metriä (PROFINET System Description 2014, 17). Profinet-väylän pituutta voidaan jatkaa lisäämällä Profinet-kaapelin reitille kytkin, mutta tällöin kytkin olisi pakko sijoittaa ulos erilliseen muovikoteloon ja kytkimelle pitäisi rakentaa erillinen sähkönsyöttö. Profinet-väylää voidaan myös käyttää valokuidulla, jolloin väylä saa olla useita kilometrejä pitkä ilman, että tarvitaan kytkimiä tai vahvistimia (PROFINET System Description 2014, 17). Valokuidun käyttäminen ei kuitenkaan ollut uuden hallin kohdalla käytännöllinen vaihtoehto: valokuitua käytettäessä linjan alkupäässä on oltava mediamuunnin, jonka avulla kupariverkko muutetaan ensin valokuiduksi, ja linjan toisessa päässä toinen mediamuunnin, jonka avulla kuitu muunnetaan takaisin kupariverkoksi. Valokuitu on käytännöllinen erittäin pitkiä yksittäisiä vetoja varten, joissa ei ole matkan varrella väylälaitteita. Koska uudessa hallissa on paljon taajuusmuuttajia ja hajautetun verkon etäyksiköitä, on helpompi vaihtoehto käyttää Profibus-linjaa. Profibus-linjan suurin sallittu pituus ilman vahvistinta on siirtonopeudesta riippuen 100–1000 metriä (PROFIBUS Network Manual 2009, 42, 46).

Uudessa hallissa päädyttiin käyttämään logiikkana Siemens ET200SP -prosessoria ja väyläksi valittiin Profibus DP, koska sen kantama on huomattavasti pitempi kuin Profinet-väylän. Kaikki anturit kytkettiin Siemens ET200 -etäyksiköihin ja etäyksiköt kytkettiin Profibus-väylään. Hihnakuljettimien ja hissien moottoreita ohjaaviksi taajuusmuuttajiksi otettiin Vacon 100 -taajuusmuuttajat, jotka nekin kytkettiin suoraan Profibus-väylään.

Profibus-väylä täytyy normaalisti toteuttaa yhtenä linjana, jonka molemmissa päissä on päätevastukset. Prosessori voidaan kuitenkin kytkeä linjan varrelle, joten prosessorista väylä voi lähteä kahteen eri suuntaan. Tähtimäinen verkko, jossa yksittäisestä pisteestä väylä haaroittuu useaan suuntaan, ei tavallisesti ole mahdollista Profibus DP -väylää käytettäessä (Profibus PA -väylällä tähtimäinen verkko on mahdollista toteuttaa, mutta Profibus PA on tarkoitettu lähinnä väyläantureille, Vacon 100 -taajuusmuuttajat ja ET200-etäyksiköt eivät tue Profibus PA -väylää). Siemens ET200 -etäyksiköiden sijoituspaikkojen vuoksi väylä oli kuitenkin pakko jakaa neljään eri suuntaan prosessorilta,

jolloin ainut mahdollisuus on käyttää Profibus Repeateriä. Tätä tehtävää varten valittiin käyttöön Simatic RS485 Repeater, joka mahdollistaa neljän erillisen linjan kytkemisen laitteeseen. Repeater asennettiin automaatiokeskukseen logiikan viereen.

Profibus DP -väylää voidaan käyttää useilla eri väylänopeuksilla. Suurella väylänopeudella saavutetaan nopea tiedonsiirto laitteiden välillä, mutta suuri väylänopeus rajoittaa väylän suurinta sallittua pituutta. Suurin mahdollinen väylänopeus Profibus-väylässä on 12MB/s, mutta silloin väylän suurin sallittu pituus on 100 metriä (PROFIBUS Network Manual 2009, 46). Käytettäessä 500kB/s siirtonopeutta väylän suurin sallittu pituus on 400 metriä, joka oli riittävä tähän projektiin (PROFIBUS Network Manual 2009, 42).

Automaation toteuttaminen hajautetusti tarkoitti, että Siemens ET200 -etäyksiköitä pitää saada tiettyihin paikkoihin kentälle. Koska kaikki tilat kentällä automaatiokeskushuonetta lukuun ottamatta ovat kylmää tilaa, etäyksiköt asennettiin lämmitettyihin kosteustiiviisiin muovikoteloihin. Samoihin "kenttäkoteloihin" asennettiin myös hätäseis-napit ja kenttäkotelon lähellä olevien kuljettimien, hissien sekä muiden automaatiolaitteiden paikalliset ohjausnapit. Ohjausnappeja ei kuitenkaan käytetä normaalissa käytössä, vaan kaikki ohjaus tehdään valvomosta. Kenttäkoteloiden ovet ovat paikalliskäyttönapit ovat tarkoitettu lähinnä vianetsintään. Kenttäkoteloiden asennettiin varastohallin ympäristöön kaikkiaan seitsemän.

4.2 Hihnakuljettimilla ja hisseillä käytettävät anturit

Hihnakuljettimilla ja hisseillä käytetään antureita, joilla havaitaan, jos hihna kuljettimen hihna ei ole paikoillaan tai hihna pääsee sutimaan. Näiden lisäksi tietyissä paikoissa on tukosvahdit, joilla havaitaan, jos lannoitetta yritetään siirtää liian nopeasti ja kuljettimet tukkeutuvat.

4.2.1 Hihna sivussa -anturit

Kuljettimissa on hihnan molemmin puolin anturit hihnan molemmissa päissä, jotka valvovat, että hihna pysyy hihnapyörillä. Pisimmässä hihnakuljettimessa (kuljetin 5) hihnan puolivälissä on lisäksi yksi pari antureita, joten antureita on

kyseisessä kuljettimessa kuusi. Alla oleva kuva 4 on mekaanisesta hihna sivussa -anturista, tällaisia antureita käytetään hihnakuljettimilla. Hisseissä käytetään mekaanisten sijaan tilanpuutteesta johtuen laahausantureita, jotka mittaavat lämpötilaa. Jos hihna alkaa laahaamaan anturiin, alkaa anturin lämpötila nousta ja tietyn lämpötilarajan ylittyminen laukaisee hälytyksen.



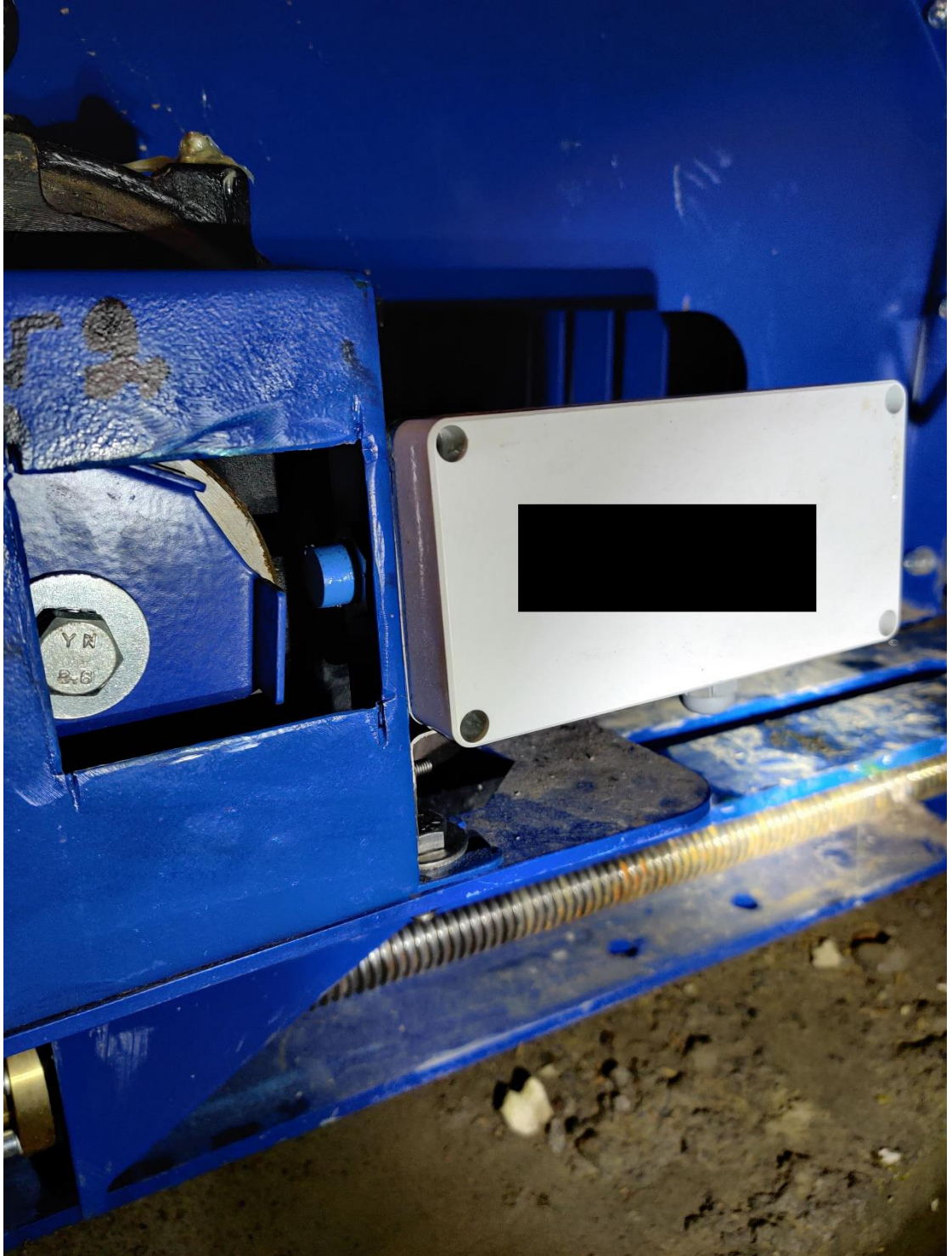
Kuva 4. Mekaaninen hihna sivussa anturi, joka kääntyy vinoon, jos hihna siirtyy hihnarullan reunaan

Mekaanisissa hihna sivussa -antureissa on kaksi avautuvaa kärkeä, ja niistä saadaan kaksi digitaalista tietoa ulos. Jos anturin varsi kääntyy vinoon vain senttimetrin verran, ensimmäinen kärki avautuu ja tästä tulee varoitus valvomoon. Anturin varren mennessä vinoon yli viisi senttimetriä avautuu toinenkin kärki, jolloin valvomoon tulee hälytys, ja viiden sekunnin viiveen jälkeen hihna

pysäytetään (jos hihna oli käynnissä automaattijolla, manuaalikäyttö ohittaa anturit, jotta sitä voidaan käyttää vianetsintään).

4.2.2 Pyörimisvahdit

Hihnakuljettimissa ja hisseissä on toisen pään hihnapyörässä moottori (kuljettimessa 5 moottorit on molemmissa päissä) ja toisen pään hihnapyörässä pyörimisvahti. Pyörimisvahdit ovat induktiivisia antureita, jotka lähettävät pulssin, kun kuljettimen rullan akseliin hitsattu teräslevy pyörähtää riittävän lähelle induktiivisen anturin päätä. Logiikkaohjelmalla seurataan näitä pulsseja. Jos pulsseja ei tule kahteen sekuntiin, mutta taajuusmuuttajan käyntikäsky on päällä, aiheuttaa tämä hälytyksen. Kuvassa 5 näkyy yksi pyörimisvahdeista.



Kuva 5. Pyörimisvahti. Induktiivinen anturi lähettää digitaalisignaalin joka kerta, kun teräslevy on kohdakkain anturin pään kanssa. Kuvasta on tässä opinnäytetyössä peitetty laitteen positiomerkki.

4.2.3 Tukosvahdit

Tiettyjen kuljettimien (kuljettimet 1, 2, 5 ja 6) loppupäässä on tukosvahti. Tukosvahtien avulla voidaan ajaa suurempia lannoitemääriä kuin ilman tukos-

vahteja: jos lannoitetta on liikaa, tukosvahti hälyttää ja käyttäjä tietää, että kulljettimien nopeutta on syytä tiputtaa. Vikaherkkyytensä vuoksi asiakas halusi, että tukosvahdit voidaan ohittaa valvomo-ohjelmasta tarvittaessa. Tulostavahdistista ei ole kuvaa, jonka voisi näyttää tässä opinnäytetyössä.

4.3 Logiikkaohjelmointi

Logiikkaohjelmointi toteutettiin Siemensin TIA Portal -ohjelmistolla, joka mahdollistaa sekä logiikkaohjelman kirjoittamisen että testauksen ja helpottaa viaretsinnässä. TIA Portal mahdollistaisi myös Siemensin WinCC-valvomo-ohjelmiston tekemisen, mutta tässä projektissa valvomona käytettiin kahden vanhemman hallin käytössä olevaa valvomoa, joka oli toteutettu Wonderware In-touch -ohjelmistolla. Valvomo-ohjelman muutokset teki asiakas.

Logiikan ohjelmoinnin pohjana pystyttiin käyttämään pienimmän hallin logiikkaohjelmaa, joka oli toteutettu TIA Portal V13 -ohjelmistolla. TIA Portal -ohjelmisto kuitenkin sallii versiomuutokset vanhemmasta uudempaan, joten uuden hallin käyttöön valittiin TIA Portal V15.1, joka oli ohjelmointitietokoneella uusim TIA Portal -versio.

Logiikkaohjelmointi aloitettiin noin kolme kuukautta ennen työmaalle menoa, ja pohjana käytettiin pienimmän hallin logiikkaohjelmaa sekä olemassa olevia sähkösuunnitelmia. Logiikkaohjelmointia helpotti huomattavasti se, että pienimmän hallin ohjelman tehnyt käyttöönottoinsinööri antoi tarvittaessa ohjeita ohjelmointiin. Ohjelmaa piti kuitenkin muuttaa työmaalla vielä erittäin paljon, koska sähkösuunnitelmissa oli epätarkkuuksia, jotka johtuivat isoilta osin kieli-muurista asiakkaan kanssa. Suurin osa asiakkaan henkilöstöstä puhui ainoastaan venäjää. Kokouksissa käytettiin tulkkia, joka ei ymmärtänyt automaatiotekniikkaa eikä laitoksen toimintaperiaatetta. Tulkki ei osannut kääntää kysymyksiä ja vastauksia riittävän selvästi, jotta kommunikointi olisi ollut sujuvaa.

Logiikkaohjelman teko helpottui työmaalle menemisen jälkeen, sillä työmaalla oli asiakkaan työntekijä, joka puhui englantia ja tiesi erittäin tarkasti, miten

vanhemmat hallit toimivat ja mitä eroavaisuuksia uudessa hallissa tulee olemaan. Tämän henkilön kanssa suoritettiin myös suuri osa I/O-testauksista ja käyttöönnotosta.

4.3.1 Logiikkaohjelman perusominaisuudet

Logiikkaohjelman perusidea on hallita kaikkia hihnakuljettimia, hissejä, syöttösuppiloita, lannoitteen suunnanvalintalevyjä ja lannoitteen tiputusvaunua valvomosta annettavilla käskyillä. Hihnakuljettimia ja hissejä käytetään automaattisilla purkuohjelmilla: valvomosta valitaan, mistä mihin lannoitteen pitää mennä, ja kyseisen reitin kuljettimet sekä hissit käynnistyvät automaattisesti oikeassa järjestyksessä. Logiikkaohjelma sallii tiettyjen automaattiohjelmien yhtäaikaista käytön, mutta estää käynnistämästä ohjelmia, joissa hihnakuljetimen pitäisi mm. pyöriä kahteen eri suuntaan yhtä aikaa. Syöttösuppiloita, lannoitteen tiputusvaunua ja lannoitteen suunnanvalintalevyjä käytetään valvomosta manuaalisesti. Automaattiohjelmat eivät kuitenkaan käynnisty, jos suunnanvalintalevyt ovat väärässä asennossa. Hihnakuljettimia ja hissejä on mahdollista käyttää manuaalisesti valvomosta sekä paikallisesti kenttäkoteista, mutta manuaalinen käyttö on kuljettimien ja hissien osalta tarkoitettu vain ongelmatilanteiden korjaamiseen ja vianetsintään.

Automaattiset purku- ja lastausohjelmat ovat seuraavat:

- Purku junavaunuista varastohalliin
- Purku junavaunuista laiturille vanhalle laiturille
- Purku junavaunuista laiturille uudelle laiturille
- Lastaus varastohallista laiturille vanhalle laiturille
- Lastaus varastohallista laiturille uudelle laiturille.

Logiikkaohjelma seuraa kuljettimien antureita ja ongelmatilanteissa pysäyttää tarvittavat kuljettimet laitevaurioiden välttämiseksi. Logiikka myös seuraa hätäseis-nappeja: jos hätäseis-nappia painetaan, logiikka pysäyttää automaattiset purku- ja lastausohjelmat, estää laitteiden käytön ja antaa valvomoon tiedon hätäseis-järjestelmän laukeamisesta. Jotta hätäseis-järjestelmä täyttää turvallisuusvaatimukset, hätäseis-napit on kytketty suoraan hätäseisreleisiin, joiden laukeaminen aiheuttaa taajuusmuuttajien STO (Safety Torque Off)-piirin laukeamisen ja täten estää taajuusmuuttajien käyttämisen. Logiikalle annetaan kuitenkin tieto hätäseis-järjestelmän laukeamisesta, jotta kaikki automaattiset

ajot voidaan sammuttaa ja täten estää kuljettimien automaattinen käynnistyminen, kun hätäseis-järjestelmä kuitataan.

4.3.2 Logiikkaohjelman toiminta eri tilanteissa

Kaikkea, mitä logiikkaohjelman tarvitsee normaalisti tehdä, hallitaan Intouch-valvomosta. Jokaisessa kentältä löytyvässä kenttäkotelossa on kyseisen alueen kuljettimien ja muiden automaatiolaitteiden paikalliskäyttönäpit, mutta niitä ei normaalisti käytetä.



Kuva 6. Yksi kenttäkoteloista. Kyseisessä kenttäkotelossa on kolmen kuljettimen paikallisohjausnapit. Kotelojen positiotunnukset ja kuljettimien oikeat nimet on peitetty tässä opinnäytetyössä.

Kenttäkoteloissa on paikalliskäyttöä varten ”Local run permission” -nappi, jonka avulla saadaan oikeus käyttää kuljetinta paikallisesti, ja ”Local run permission indicator” -valo, joka indikoi käyttäjälle, että paikalliskäyttöoikeus on päällä. Paikalliskäyttöoikeuden ollessa päällä automaattiohjelmaa, joka vaatii kyseisen kuljettimen toimiakseen, ei voi käynnistää. Jos kyseistä kuljetinta käyttävä automaattiohjelma on jo käynnissä, paikallisajolupa ei mene päälle, vaikka nappia painaa. Jotta vianetsintä olisi paikallisajolla helpompaa, paikallisajo menee päälle ”Start”-napista ja jää päälle, kunnes ”Stop”-nappia painetaan tai kun paikalliskäyttöoikeus laitetaan pois. Kuljetinta viisi voidaan ajaa molempiin suuntiin, koska kuljetin siirtää tavaraa molemmille laitureille riippuen sen pyörimissuunnasta.

4.4 I/O-testaus

I/O-testaus vaatii tyypillisesti vähintään kaksi henkilöä ja radiopuhelinyhteyden (tai muun vastaavan) henkilöiden välille. Toinen henkilö seuraa esimerkiksi ohjelmointitietokoneelta logiikalle tulevia arvoja, ja toinen henkilö muuttaa anturin arvoa anturin päästä. Jos kyseessä on mekaaninen liikuteltava anturi, voi anturia liikuttaa esimerkiksi kädellä, jotta hälytystieto saadaan aikaan. Induktiiviset anturit, jotka havaitsevat metallia, täytyy laukaista käyttämällä metallinpalaa tai vastaavaa anturin edessä. Joissakin tilanteissa anturi on äärimmäisen hankalassa paikassa, jolloin voidaan testaukseen käyttää jotakin vaihtoehtoista menetelmää, mutta aina pyritään testaamaan itse anturin toiminta. On olemassa tapauksia, joissa anturin todellinen toiminta on miltei mahdoton testata anturin toimintaperiaatteen tai asennuspaikan vuoksi. Tällaisissa tilanteissa testataan linjan muu toimivuus: jos anturi on esimerkiksi digitaalinen anturi, jossa on avautuva kärki, otetaan johdot irti liittimistä mahdollisimman läheltä anturia ja kokeillaan johtoja yhdessä ja irti. Tietokoneelta todetaan, että linja toimii ja saatu digitaaliarvo tulee oikeaan osoitteeseen logiikalla.

Tässä projektissa hihnakuljettimien hihna sivussa anturit ja tukosvahdit olivat mekaanisia, pyörimisvahdit olivat induktiivisia. Hissien hihna sivussa anturit

olivat analogisia lämpötila-antureita, ja niitä varten oli analogisesta–digitaaliseksi-muuntimet. Logiikalle tuli pelkkä hälytystieto, jos hissien hihna sivussa -anturi ilmoitti liian suuren lämpötilan. Tämän projektin kohdalla kaikki testattavat anturit olivat kohtalaisen helpoissa paikoissa, joten pääsimme kokeilemaan niiden toiminnan helposti.

I/O-testausta suoritettiin pikkuhiljaa koko projektin ajan sitä mukaa, kun laitteita saatiin asennettua kentälle ja kytkettyä. Alkuvaiheessa kaikki I/O-testaus tehtiin käyttämällä ohjelmointitietokoneen TIA Portal -ohjelmistoa. TIA Portal -ohjelmistolla voi ottaa yhteyden ohjelmoitavaan logiikkaan ja nähdä reaaliajassa, mitä logiikassa tapahtuu. I/O-testauksen ensimmäinen vaihe ei vaatinut kahta henkilöä, sillä ensimmäisessä vaiheessa vain käynnistetään logiikka sekä väylä ja tarkistetaan, löytääkö logiikka kaikki taajuusmuuttajat ja ET200-etäyksiköt.

Heti logiikan käynnistyksen jälkeen todettiin, että logiikkaan ei saa tietokoneella yhteyttä ja logiikan virhevalo sekä huoltovalo vilkuttavat tietyssä tahdissa. Siemens ET200SP -manuaalista löytyivät logiikan vikakoodit, joista paljastui, että kyseessä on muistivirhe. Vanhemmilta insinööreiltä tuli tieto, että ET200SP-sarjan logiikat vaativat muistikortin toimiakseen, mutta muistikorttia ei ollut.

Muistikortin hankkimisen ja asentamisen jälkeen logiikkaan sai tietokoneella yhteyden ja väylän tilan pääsi näkemään. Kaikki ET200-etäyksiköt puuttuivat väylästä, vaikka ne olivat päällä ja niissä oli oikein määritellyt osoitteet. Osa Vacon 100 -taajuusmuuttajista kuitenkin näkyi väylässä. Väylästä paljastui parin päivän aikana useita vikoja:

- Osa väylän päätevastuksista oli kytketty päälle väylän varrella, joka leikkaa koko loppuväylän pois näkyvistä
- Laitetunnukset, joiden avulla kaikki komponentit lisätään väylään (et200-etäyksiköt, etäyksikköjen I/O-kortit, logiikan I/O-kortit), eivät täsmänneet tilattuihin laitetunnuksiin, joiden pohjalta alkuperäinen hardware-config oli logiikkaohjelmaan tehty. Jos laitetunnus on väärä, etäyksikkö ei näy välttämättä väylässä ollenkaan tai se näyttää ristiriitaa laitetunnuksen kanssa.

- Väylän päätyviä osia ei ollut päätetty laittamalla päätevastuksia päälle väyläliittimestä tai Vacon 100 -taajuusmuuttajien tapauksessa taajuusmuuttajan omalta Profibus DP -kortilta, joka tuottaa signaalin heijastuksia pitkään väylään.
- Ensimmäisen ET200-etäyksikön väyläosoitteeksi oli määritelty osoite 2, mutta osoite 2 on Profibus DP-väylässä varattu "master"-laitteelle eli esimerkiksi ohjelmoitavalle logiikalle.
- I/O-kortit asennetaan Siemensin ET200-sarjassa korttipohjiin, korttipohjia on harmaita ja valkoisia. Harmaa korttipohja ottaa sähkönsyötön viereiseltä (vasemmanpuoliselta) kortilta, valkoinen pohja vaatii erillisen sähkönsyötön. Käytettävät korttipohjat pitää määritellä logiikan hardware-configiin. Jos hardware-configissa ja fyysisessä asennuksessa on ristiriita, aiheuttaa se tuntemattoman I/O-korttivirheen, mutta useimmiten eri kortissa kuin missä vika oikeasti on. Korttipohjien fyysinen toteutus pitää täsmätä täydellisesti hardware-configiin, jotta I/O-kortit toimivat ilman virheitä.

Myös Vacon 100 -taajuusmuuttajien kanssa ilmeni ongelma. Taajuusmuuttajiin oli tehtaalla asennettu STO-kortti, jolla mahdollistetaan hätäseis-pysäytykset. Tämä samainen kortti on käytössä myös räjähdysvaarallisten tilojen moottoreita ohjaavissa taajuusmuuttajissa, jolloin moottorilla pitää olla lämpötila-anturi, joka kytketään suoraan taajuusmuuttajaan. Jos moottorin lämpötila nousee vaarallisen korkeaksi, taajuusmuuttaja pysäyttää moottorin ja jää virhetilaan. Tätä ominaisuutta ei kuitenkaan tarvittu, jolloin STO-kortille pitää asentaa hyppyohto lämpötila-anturin riviliittimiin. Tämä tieto selvisi Vacon 100 STO-manuaalista (DANFOSS 2015, 22).

4. OPTBJ BOARD LAYOUT

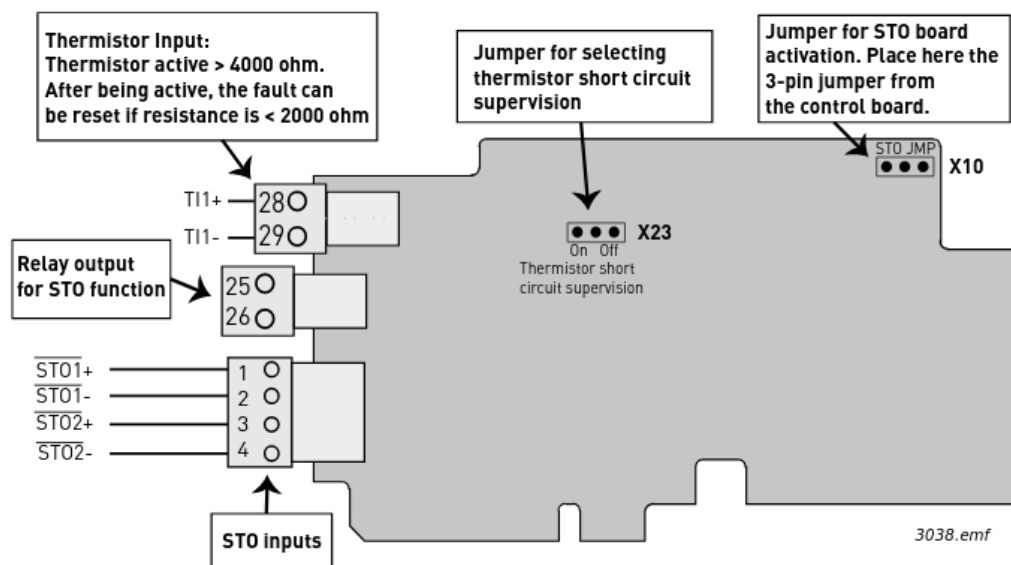


Figure 1. OPTBJ board layout

Kuva 7. Kuvakaappaus Vacon 100 STO-kortin manuaalista (DANFOSS 2015, 15)

Kuvassa 7 nähdään Vacon-taajuusmuuttajiin tarkoitettu STO-kortti. Kortilla näkyvä riviliitin 28,29 on moottorin lämpötila-anturia varten. Jos lämpötila-anturia ei käytetä, tähän riviliittimeen tarvitaan hyppyjohdin. X23-”jomppi” määrittää, havaitseeko STO-kortti oikosulun lämpötila-anturissa, hyppyojohtoa käytettäessä X23-”jomppi” pitää olla Off-asennossa, jottei hyppyojohdin aiheuta hälytystä.

Kun kaikki laitteet oli saatu väylään näkyviin, päästiin aloittamaan antureiden I/O-testaus. Logiikan I/O-listaa katsottaessa näkee, missä tilassa mikäkin tulo ja lähtö logiikalla on. Kun yhteys valvomoon saatiin toimimaan, tehtiin I/O-testauksesta suuri osa katsomalla arvoja suoraan valvomon näytöltä. Tällä tavalla testattaessa saadaan myös varmistettua, että osoitteet on kirjoitettu oikein uudessa logiikassa, uuden ja vanhan logiikan väliin asennetussa Profibus DP/DP Couplerissa sekä vanhan logiikan I/O-listalla. Pyörimisvahtien lopullinen testaus tehtiin käynnistämällä testauksen kohteena ollut hihnakuljetin ja visuaalisesti valvomosta tarkastamalla, että pyörimisvahtien toiminta näkyy valvomon näytöllä.

Alkuvaiheen I/O-testauksessa tarkistettiin, että anturit olivat kytketty oikein, anturit toimivat ja osoitteet oli määritelty oikein. Antureita, jotka oli kytketty väärin liittimiin tai väärällä tavalla, oli paljon. Kun yhteys valvomoon saatiin toimimaan, antureita testattiin suoraan valvomosta anturiarvoa seuraamalla, joten testaukseen ei tarvittu enää ohjelmointitietokonetta. Lopullisessa käyttöönotossa kuitenkin vielä testattiin, että hihna sivussa -anturit, pyörimisvahdit ja tukosvahdit pysäyttävät kohteena olevan kuljettimen. Näin saadaan testattua, että myös ohjelma toimii antureiden kanssa halutulla tavalla.

4.5 Käyttöönotto

Hihnakuljettimia otettiin käyttöön sitä mukaa, kun tiettyjä kokonaisuuksia saatiin valmiiksi ja testattua. Asiakkaalla oli projektin osalta kiire ja tiettyjä merkki-paaluja haluttiin saavuttaa projektissa tietyllä aikataululla, vaikka projekti oli kokonaisuudessaan vielä isoilta osin kesken.

Automaattisten ohjelmien toiminnan pohjana oli, että tietyt ristiriidat pitää ohjelmallisesti estää, esimerkiksi tilanteet, joissa Kuljettimen 5 pitäisi pyöriä kahden eri suuntaan yhtä aikaa, mutta kaikki mahdolliset kombinaatiot, joissa ristiriitoja ei ole, tulisi sallia. Näin toteutettuna asiakas voi tehdä useita purkuja sekä lastauksia yhtäaikaisesti. Yhtäaikaisia toimivia yhdistelmiä ovat esimerkiksi:

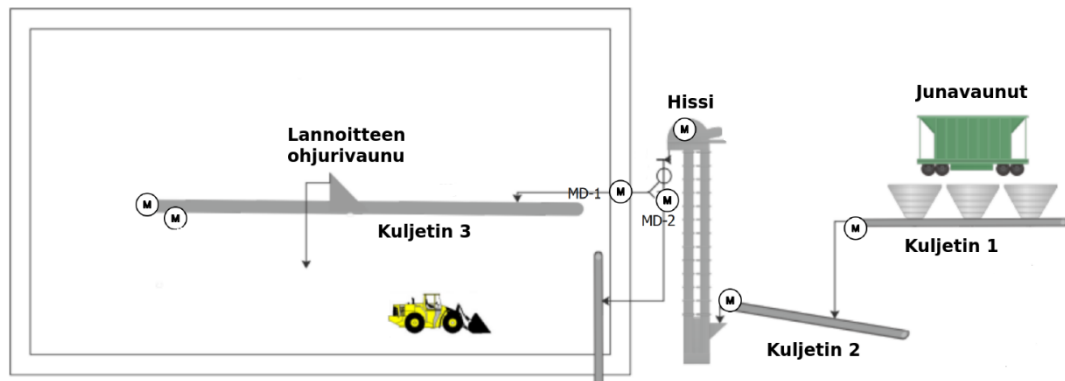
- Junapurku uuteen halliin + Lastaus hallista vanhalle laiturille
- Junapurku uuteen halliin + Lastaus hallista uudelle laiturille
- Junapurku vanhalle laiturille + Lastaus hallista vanhalle laiturille
- Junapurku uudelle laiturille + Lastaus hallista uudelle laiturille
- Junapurku uudelle laiturille + Lastaus uudesta hallista uudelle laiturille + Lastaus vanhasta hallista uudelle laiturille.

Yllä mainitut sekä monet muut yhdistelmät ovat mahdollisia, eikä niihin paneuduta tässä opinnäytetyössä sen tarkemmin.

4.5.1 Junapurku uuteen lannoitehalliin

Ensimmäisenä tehtiin käyttöönotto kuljettimille ja hissille, joiden avulla lannoite kuljetetaan junanvaunuista uuteen lannoitehalliin. I/O-testauksien ja hätäseis-

järjestelmän testaamisen lisäksi oli oleellista testata, että logiikkaohjelma käynnistää hihnakuljettimet oikeassa järjestyksessä ja pysäyttää ne oikeassa järjestyksessä, kun junapurku pysäytetään tai jokin hihnakuljettimien antureista hälyttää.



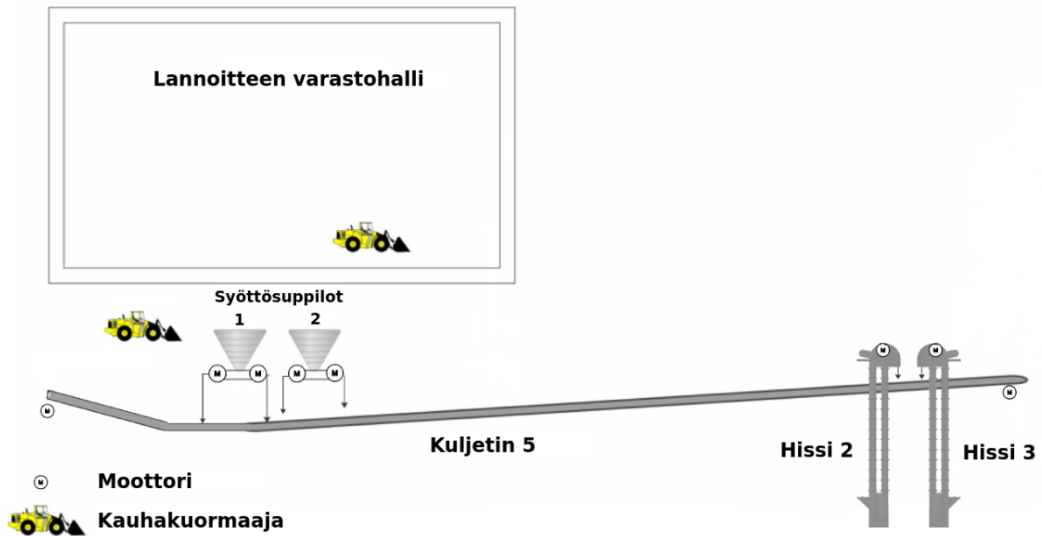
Kuva 8. Lannoitteen purkureitti junavaunuista lannoitehalliin

Purettaessa lannoitteita junanvaunuista lannoitehalliin käytössä on kolme kuljettinta (kuljettimet 1, 2 ja 3), hissi 1 sekä manuaalisesti valvomosta ohjattava lannoitteen tiputusvaunua. Automaattisen purkuohjelman pystyy käynnistämään ainoastaan, jos hissistä kuljettimelle 3 suunnanvalintalevy on auki ja hissistä kuljettimelle 4 suunnanvalintalevy on kiinni. Suunnanvalintalevyt pitää avata ja sulkea manuaalisesti joko valvomo-ohjelmasta tai paikallisesti.

Kahdessa ensimmäisessä hihnakuljettimessa (kuljettimet 1 ja 2) on tukosvahdit, ja kaikissa kuljettimissa sekä hississä on pyörimisvahti ja hihna sivussa -anturit. Hissin hihna sivussa -anturit antavat hälytyksen valvomoon, mutta eivät pysäytä hissiä, koska hissi ei täydessä lannoitelastissa jaksa käynnistyä pysäytyksen jälkeen. Kaikki muut anturit pysäyttävät sen kuljettimen, jonka anturi antaa hälytyksen, ja kaikki hälyttävää anturia edeltävät kuljettimet. Hälyttäneen anturin jälkeisiä kuljettimia ei ole syytä pysäyttää, koska kuljettimien pysäyttämistä muutoin kuin tyhjänä on syytä välttää. Hälyttäneen anturin takana olevat kuljettimet on kuitenkin syytä pysäyttää, koska muuten syntyy tulos ja laitteistoa voi pahimmassa tapauksessa myös rikkoutua.

4.5.2 Lastaus varastohallista vanhalle laiturille

Kun junapurku uuteen varastohalliin oli saatu käyttöönotettua, oli aika tehdä käyttöönotto kuljetinreitille, jolla siirretään lannoitteita uudesta varastohallista vanhalle laiturille. Tämä kuljetinreitti käyttää osittain vanhoja kuljettimia, jonka vuoksi käyttöönotto vaati myös vanhimman varaston logiikkaohjelmaan muutoksia.



Kuva 9. Lannoitteen reitti uudesta varastohallista vanhalle laiturille. Vanhan hallin kuljettimia ei ole näkyvissä.

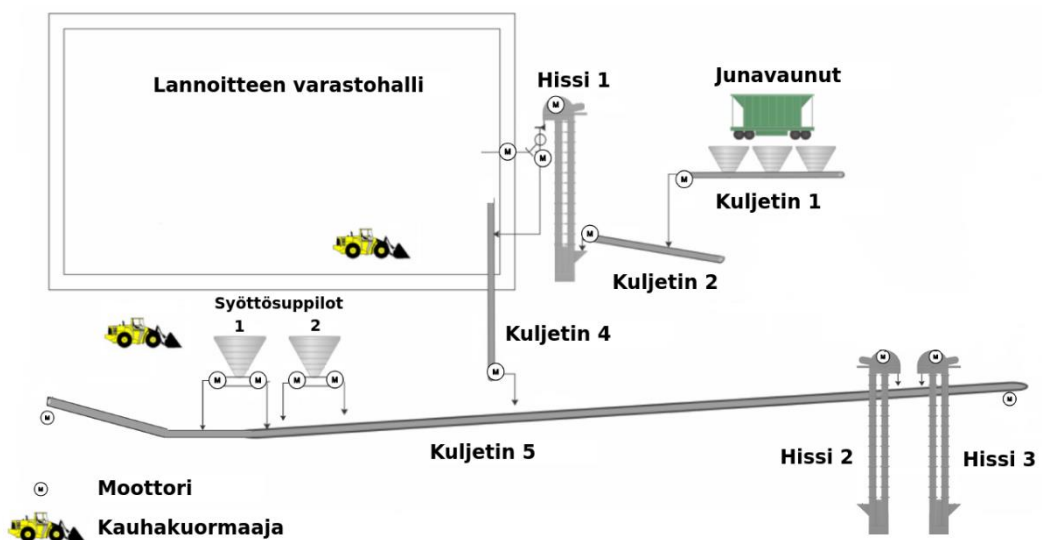
Lastattaessa vanhalle laiturille uudesta varastohallista tarvitaan uuden hallin laitteista ainoastaan kuljetin 5 sekä syöttösuppilot. Syöttösuppilot kytketään päälle ja pois manuaalisesti valvomosta, joten automaattisen ohjelman ominaisuudet eivät vaatineet paljoa ohjelmointia. Kuvassa 8 on nähtävillä myös hissit 2 ja 3, mutta niitä käytetään ainoastaan, jos vanhasta varastohallista halutaan lastata uudelle laiturille. Vanhan varastohallin hihnakuljetin on asennettu alemmas kuin uuden hallin kuljetin 5. Kun tavaraa siirretään kuljettimelta 5 vanhan hallin kuljettimelle, lannoitteet vain tiputetaan ohjauskourua pitkin, mutta toiseen suuntaan tarvitaan hissit, jotta lannoitteet saadaan nostettua korkeammalla olevalle hihnakuljettimelle.

Aina kun jotakin halutaan lastata uuden varastohallin suunnasta vanhempaan, vanhemman varastohallin "lastaus laiturille" -ohjelma pitää olla päällä. Tämä vanhan varastohallin ohjelma käyttää valmiiksi niitä kuljettimia, jotka tarvitaan,

kun jotakin lastataan vanhasta tai uudesta varastosta laivaan, joten muita muutoksia ei vanhalle laiturille lastattaessa tarvitse tehdä. Vanhimman varastohallin logiikkaohjelman kannalta ei ole oleellista, tapahtuuko lastaus uudesta hallista vai suoraan uuden hallin junanpurkupaikalta. Vanhimman varastohallin logiikalta tarvitaan vain kaksi bittitietoa: ”Lastaus vanhalle laiturille päällä” ja ”Ensimmäinen kuljetin käynnissä”. Kun nämä kaksi bittiä ovat päällä, voidaan käynnistää uuden hallin logiikasta ohjelma ”Lastaus vanhalle laiturille”. Jos jompikumpi vanhimman hallin biteistä menee pois, uuden hallin ”Lastaus vanhalle laiturille” -ohjelma pysähtyy.

4.5.3 Lastaus junista vanhalle laiturille

Seuraavaksi tehtiin käyttöönotto automaattiohjelmalle, joka mahdollistaa lannoitteiden siirron suoraan uuden hallin junanpurkupaikalta vanhalle laiturille.



Kuva 10. Lannoitteen reitti uuden varastohallin junanpurkupaikalta vanhalle laiturille. Hissin 1 jälkeen näkyvien suunnanvalintalevyjen täytyy olla oikeassa asennossa ennen kuin automaattiohjelmalla voidaan käynnistää. Tätä ohjelmaa käytettäessä voidaan laivaan lastata lannoitteita yhtä aikaa myös varastohallista, mutta syöttösuppilot pitää käynnistää manuaalisesti valvomosta.

Lastaus suoraan junasta vanhalle laiturille oli erittäin yksinkertainen täydennys edelliseen osuuteen, jossa tehtiin automaattiohjelma uudesta varastohallista vanhalle laiturille. Ensimmäiset kuljettimet ja hissi 1 olivat jo käytössä ”Junanpurku uuteen varastohalliin” -ohjelmapätkässä. Kuljetin 5 oli jo käytössä ”uudesta varastohallista vanhalle laiturille” -ohjelmapätkässä, ainut uusi hihnakuljetin oli kuljetin 4.

Uuden kuljettimen lisäksi ohjelmaan piti lisätä tarkistus, että hissien 1 perään asennetut suunnanvalintalevyt ovat oikeassa asennossa, kun ohjelmaa käyteen. Suunnanvalintalevyt voivat olla ainoastaan auki tai kiinni, ja molemmissa suunnanvalintalevyissä on induktiiviset rajakytkimet, jotka kertovat logiikalle levyn asennon. Automaattiohjelman ”junasta uuteen varastohalliin” voi käynnistää ainoastaan, jos Hissi 1 -> Kuljetin 4 levy on kiinni ja Hissi 1 -> Kuljetin 3 levy on auki. Jos taas halutaan käynnistää automaattiohjelman ”Junasta vanhalle laiturille”, suunnanvalintalevyjen on oltava asennoissa Hissi 1 -> Kuljetin 3 levy kiinni ja Hissi 1 -> Kuljetin 4 levy auki. Jos levyjen asento muuttuu, kun automaattiohjelman on päällä, ohjelma pysähtyy välittömästi. Levyjä hallitaan manuaalisesti valvomo-ohjelmasta, ja valvomosta näkee molempien levyjen asennon.

4.5.4 Lastaus hallista tai junista uudelle laiturille

Tässä vaiheessa kaikki automaattiohjelmat oli saatu testattua ja käyttöönotettua vanhan laiturin suuntaan. Uuden laiturin kuljettimet tulivat viimeisenä valmiiksi, ja uudella laiturilla oli vähemmän kiire kuin muilla ominaisuuksilla, koska vanhaa laituria pystyttiin käyttämään kaiken lannoitteen lastaukseen käyttöönoton aikana.

Uudelle laiturille lastattaessa käytettiin kuljettimen 5 jälkeen kuljetinta 6 sekä laivanlastauskuljettimia. Laivanlastauskuljettimet on jätetty tämän opinnäytetyön ulkopuolelle, joten niitä ei käsitellä sen tarkemmin. Kun lannoitteita lastataan uudelle laiturille, kuljetinta 5 pitää pyörittää eri suuntaan. Koska kuljetin 5 on ainut kuljetin, jota pyöritetään kahdella moottorilla ja kahteen eri suuntaan, on sille logiikkaohjelmassa kokonaan oma osio. Muut kuljettimet toimivat kaikki samalla ohjelmakoodilla, mutta ohjelmakoodia kutsutaan eri tiedoilla ja eri tallennusalueilla kuljettimesta riippuen. Kuljettimessa 5 on myös ylitäyttöanturit molemmissa päissä kuljetinta, logiikkaohjelma seuraa automaattisesti oikeaa ylitäyttöanturia pyörimissuunnasta riippuen.

Käyttöönotot uudelle laiturille oli helppo tehdä, koska melkein kaikki tarvittavat ominaisuudet oli jo käytössä edellisissä automaattiohjelmissa. Ainoastaan

kuljetin 6 tuli uutena ja kuljettimen 5 hallintaohjelmaa piti hieman muokata, jotta ohjelma käyttäytyy oikein kaikissa tilanteissa, kun kuljetinta voidaan ajaa kumpaan tahansa suuntaan.

4.5.5 Lastaus vanhasta varastohallista uudelle laiturille

Viimeisenä tehtiin käyttöönotto lannoitteen reitille vanhasta varastohallista uudelle laiturille. Kaikista halleista haluttiin mahdollisuus siirtää tavaraa kaikille laitureille, koska laiturit ovat erikokoisia. Uudelle laiturille mahtuu suurempi laiva, joten myös vanhasta hallista pitää olla mahdollisuus lastata uudelle laiturille. Pienimmästä hallista voi myös lastata uudelle laiturille, mutta tämä toiminnallisuus ei vaatinut ohjelmamuutoksia, koska pienimmän hallin lastaus- sekä purkuohjelmat on integroitu vanhimman hallin logiikan toiminnallisuuksiin ja kaikkiin pienimmän hallin ominaisuuksiin käytetään osittain vanhimman hallin kuljettimia. Sillä ei siis ole merkitystä, tuleeko lannoite vanhimmasta vai pienimmästä hallista, jos halutaan lastata uudelle laiturille. Sama automaattiohjelma toimii molemmissa tilanteissa. Lastausta voidaan niin haluttaessa suorittaa myös yhtäaikaisesti molemmista halleista.

Uuden varastohallin logiikkaan tehtiin automaattiohjelma tätä toiminnallisuutta varten, mutta se ei automaattisesti kuitenkaan käynnistä vanhan varastohallin kuljettimia. Vanhan varastohallin logiikalle lähetetään neljä bittitietoa: "Lastaus vanhasta hallista uudelle laiturille käynnissä", "Kuljetin 5 käynnissä uuden laiturin suuntaan", "Hissi 2 käynnissä" sekä "Hissi 3 käynnissä". Vanhan varastohallin logiikkaan tehtiin oma automaattiohjelma, joka sallii kuljettimien toimimisen halutulla tavalla. Automaattiohjelma voidaan käynnistää vain, jos vähintään yksi hisseistä 2 tai 3, jompikumpi tai molemmat ovat päällä ja samaan aikaan "Kuljetin 5 käynnissä uudelle laiturille"- sekä "Lastaus vanhasta hallista uudelle laiturille" -bitit ovat päällä.

Vanhan hallin logiikkaohjelma ottaa automaattiohjelman käynnistyshetkellä muistiin hissien käyntitilan, ja jos tila muuttuu, automaattiohjelma pysähtyy. Näin toimittiin, koska useimmissa lastaustilanteissa tarvitaan vain yhtä hissiä, mutta jos tavaraa lastataan enemmän, käytetään molempia hissejä. Auto-

maattiohjelman pitää siis tietää, aloitettiinko lastaus yhdellä vai kahdella hissillä. Jos ohjelma käynnistettiin kahdella hissillä, toisen hissien pysähtymisen pitää pysäyttää ohjelma. Jos taas lastaus aloitettiin yhdellä hissillä, ohjelma pysähtyy vain, jos se hissi sammuu, jolla ohjelma käynnistettiin. Automaattiohjelma pysähtyy myös, jos kuljetin 5 pysähtyy tai jos uuden hallin automaattiohjelma "Lastaus vanhasta hallista uudelle laiturille" pysähtyy.

4.6 Vanhan varastohallin ohjelmamuutokset

Vanhan varastohallin logiikkaohjelmaan piti tehdä muutoksia, koska valvomo oli suoraan kytketty vanhaan logiikkaan ja kaikki Intouch-valvomo-ohjelmistolle lähetettävät arvot pitää lähettää suoraan kyseistä väylää hallinnoivalta logiikalta.

Sähköryhmä Muukka Oy on tehnyt kaikki asiakkaan hallit, joten vanhimman hallin logiikkaohjelmasta oli kopio. Olemassa oleva kopio ei kuitenkaan kelvannut muokkaukseen, sillä asiakas oli muokannut ohjelmaa vuosien varrella omien tarpeidensa mukaan. Asiakkaalta pyydettiin uusin versio ohjelmasta, mutta siinä oli ristiriitaisuuksia logiikan fyysisten osien määrityksessä. Tämä johti pitkään kestäneeseen vianmääritykseen, sillä yksikään olemassa olevista ohjelmakopioista ei käynyt sellaisenaan. Logiikalta on mahdollista myös ladata olemassa oleva ohjelma tietokoneelle, mutta tämä poistaa ohjelmasta kaikki kommentit, ja koska vanha ohjelma oli erittäin vaikealukuista, kommenttien katoaminen olisi ollut suuri menetys.

Ratkaisuksi saatiin lopulta käyttää erillistä logiikalta ladattua kopiota fyysisitä määrityksistä ns. hardware configista ja asiakkaalta saatua kopiota logiikkaohjelmasta. Nämä kaksi osuutta on normaalisti nidottu yhdeksi paketiksi, mutta niitä voidaan käsitellä myös erillisinä projekteina. Ilmennyt ongelma johtui todennäköisesti ohjelmointitietokoneella olevan projektin vaurioitumisesta jossakin vaiheessa vuosien saatossa, mutta asiakas ei ollut huomannut tätä, koska asiakas muokkasi ainoastaan logiikkaohjelmaa eikä siis ikinä lähettänyt logiikalle logiikan fyysisiä määrityksiä, vaikka ne ovat osa samaa projektia. Ongelma kuitenkin ilmeni, kun hardware configia piti muuttaa lisätyn Profibus DP/DP Couplerin vuoksi.

Suurin osa vanhan varastohallin logiikkaohjelman muutoksista oli vain I/O-listalle lisättyjä muuttujia, jotka logiikka lukee Profibus DP/DP Couplerista. Kaikkine muuttujat, jotka valvomo-ohjelman pitää lukea tai valvomo-ohjelman pitää lähettää uuden hallin logiikalle, pitää kierrättää vanhan logiikan kautta: Wonderware Intouch ei kykene lukemaan muuttujia suoraan DP/DP Couplerista.

Muutoksia piti tehdä myös vanhan logiikan toiminnallisuuksiin. Jotta lastaus vanhasta varastohallista uudelle laiturille olisi mahdollinen, piti vanhaan logiikkaan tehdä tätä varten automaattiohjelma vanhojen ohjelmien rinnalle. Yksi vanhan varastohallin kuljettimista piti myös saada pyörimään toiseen suuntaan lastattaessa uudelle laiturille.

Vanhan varastohallin ohjelmamuutokset olivat koodimäärällisesti pieniä verrattuna uuden hallin ohjelmaan, mutta sitoivat huomattavasti ohjelmointiaikaa, koska vanha logiikka oli ohjelmoitu ilman ajatusta tulevista laajennuksista. Muutokset saatiin kuitenkin tehtyä, eikä asiakas enää kiirehtinyt muutosten kanssa, koska kaikki tärkeät automaattiohjelmat toimivat tässä vaiheessa.

4.7 Dokumentointi

Käyttöönoton yhteydessä dokumentointiin sähköasennusten käyttöönottotestaukset sekä I/O-testaukset ja asiakkaalle tehtiin huolto-ohjeet. Myös uuden sekä vanhan varastohallin logiikkaohjelmista otettiin varmuuskopiot siltä varalta, että jompikumpi ohjelmoitavista logiikoista rikkoutuu.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli saada ohjelmointi ja käyttöönotto tehtyä kohteena olleelle uudelle lannoitevarastolle asiakkaan aikatauluvaatimusten mukaisesti. Asiakkaan aikataulu oli alkuvaiheissa erittäin tiukka, mutta löystyi loppua kohden, kun käyttöönoton oleellisimmat osuudet saatiin tehtyä. Lopullinen kohteen luovutus myöhästyi muutamalla viikolla asiakkaan alkuperäisestä tavoitteesta. Tämä ei asiakasta kuitenkaan haitannut, sillä myöhästymisen ei vaikuttanut asiakkaan suunnitelmiin ja asiakas oli erittäin tyytyväinen lopputulokseen.

Usein tiukat aikataulujen takarajat aiheuttavat sen, että jotain jää tekemättä tai asioita tehdään ”sinne päin”. Tämän projektin osalta aikataulun annettiin myöhästyä sen verran kuin nähtiin tarpeelliseksi, jotta työn jälki on laadukasta.

Näin toimittaessa saadaan seuraavat hyödyt:

- Asiakas on tyytyväinen lopputulokseen ja mahdollisuus, että samalta asiakkaalta saadaan uusia projekteja, kasvaa.
- Työmaalla ei tarvitse projektin jälkeen käydä tekemässä ”jälkien siivoamista”, kun kaikki on saatu kerralla tehtyä.

Kokonaisuutena ohjelmointi sekä käyttöönotto olivat molemmat erittäin opettavaisia tapahtumia ja kasvattivat ymmärrystä logiikkaohjelmoinnista, testauksista, asiakkaan kanssa toimimisesta ja työmaakäytännöistä. Ohjelmointia tehtiin kahdella eri ikäluokan Siemens-prosessorilla, joiden ohjelmointi eroaa jonkin verran toisistaan. Tutustuminen sekä Simatic Managerilla että Tia Portalilla ohjelmointiin mahdollistaa liki kaikkien Siemensin valmistamien ohjelmoitavien logiikoiden kanssa työskentelyn, mikä ehdottomasti helpottaa tulevaisissa projekteissa ja antaa myös paremmat mahdollisuudet työnhakuun.

LÄHTEET

Advanced Controls & Distribution. 2019. Discrete Sensors 101. Blogi. Saatavissa: <https://blog.acdist.com/discrete-sensors-101> [viitattu 05.01.2022].

DANFOSS. 2015. Vacon 100 STO and ATEX Option Board Safety Manual. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://files.danfoss.com/download/Drives/Vacon-100-OPTBJ-STO-Board-User-Manual-DPD00470C1-UK.pdf> [viitattu 20.12.2021].

Enright, C. 2020. Why automation is vital for the future of business. Phixflow. Blogi. Päivitetty 2020. Saatavissa: <https://www.phixflow.com/why-automation-is-vital-for-the-future-business/> [viitattu 04.01.2022].

Inductive automation. 2018. What is HMI?. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi> [viitattu 05.01.2022].

Kunbus. s.a. Fieldbus Basics. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kunbus.com/fieldbus-basics.html> [viitattu 05.01.2022].

Linux 5.10.85. 2021, kernel/acct.c. Tiedosto. Saatavissa: <https://cdn.kernel.org/pub/linux/kernel/v5.x/linux-5.10.85.tar.xz> [viitattu 15.12.2021].

PanelShop.com. 2019. Inside Machines: PC vs. PLC – Comparing Control Options. Blogi. Saatavissa: <https://info.panelshop.com/blog/inside-machines-pc-vs-plc-comparing-control-options> [viitattu 04.01.2022].

Powell, Z. 2021. A Brief Introduction to the C Programming Language. MUO. Verkkoartikkeli. Saatavissa: <https://www.makeuseof.com/what-is-c-programming-language/> [viitattu 05.01.2022].

Process Solutions. 2020. A Brief History of Programmable Logic Controllers. Blogi. Saatavissa: <https://processsolutions.com/a-brief-history-of-programmable-logic-controllers-plcs/> [viitattu 04.01.2022].

PROFINET System Description. 2014. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://us.profinet.com/wp-content/uploads/2012/11/PROFINET_SystemDescription_ENG_2014_web.pdf [viitattu 22.11.2021].

Sangosanya, W. 1997. Basic gates and functions. University of Surrey. WWW-dokumentti. Päivitetty 2005. Saatavissa: <http://www.ee.surrey.ac.uk/Projects/CAL/digital-logic/gatesfunc/index.html> [viitattu 04.01.2022].

Sermatech. s.a. Valvomot osana automaatiojärjestelmää. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sermatech.fi/valvomot-osana-automatiojarjestelmaa/> [viitattu 05.01.2022].

SIEMENS. 2009. PROFIBUS Network Manual. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/591/35222591/att_105793/v1/mn_pbnets_76.pdf [viitattu 22.11.2021].

SIEMENS. 2018. Learn-/Training Document. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.automation.siemens.com/sce-static/learning-training-documents/tia-portal/basics-programming-s7-1200/sce-031-200-fb-programming-s7-1200-r1709-en.pdf> [viitattu 15.12.2021].

SIEMENS. 2021. 6ES7136-6BA00-0CA0 Data sheet. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/catalog/product/6es7136-6ba00-0ca0> [viitattu 17.12.2021].

SIEMENS. 2021. 6ES7321-1BH10-0AA0 Data sheet. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/6ES7321-1BH10-0AA0> [viitattu 17.12.2021].

SMLease Design. s.a. What is an Actuator? Different Types of Actuator and their Applications. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.smlease.com/entries/automation/what-is-an-actuator-types-and-applications/> [viitattu 05.01.2022].

Unitronics. s.a. What is the definition of "PLC"? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.unitronicsplc.com/what-is-plc-programmable-logic-controller/> [viitattu 05.01.2022].

Wat Electrical. 2020. What are Analog Sensors: Typer and Their Characteristics. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.watelectrical.com/what-are-analog-sensors-types-and-their-characteristics/> [viitattu 05.01.2022].