

# **Reaktorilaitteistojen automaatiomodernisoinnin suunnittelu**

Miikka-Matias Tyynelä

Opinnäytetyö

Helmikuu 2016

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Automaatiotekniikka

Tekijä(t) Tyynelä, Miikka	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Helmikuu 2016
	Sivumäärä 40	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Reaktorilaitteistojen automaatiomodernisoinnin suunnittelu</b>		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, automaatiotekniikka		
Työn ohjaaja(t) Markku Ström		
Toimeksiantaja(t) Kemira Oyj		
Tiivistelmä <p>Tavoitteena oli reaktorilaitteistojen automaatiomodernisoinnin suunnittelu. Suunnitelman jälkeen on tarkoitus asentaa suunnitelman mukainen järjestelmä Kemira Oyj:n tiloihin. Toimeksiantajana toimi kansainvälinen kemianyhtiö Kemira Oyj ja tarkemmin Espoon tutkimuskeskus.</p> <p>Suunnittelua ja toteutusta tehtiin käyttäen AutoCADIä, TIA Portalia, Exceliä sekä Crimson 3.0:aa. AutoCADilla luotiin kytkentäkuvat, PI-kaaviot, väyläkuvat ja kokoonpanokuvat. Excelillä puolestaan luotiin I/O-luettelo ja piiriluettelo. TIA Portalilla luotiin logiikkaohjelma vanhan logiikkaohjelman perusteella. TIA Portalilla luotiin myös käyttöliittymä laitteistoille. Crimson 3.0 ohjelmalla toteutettiin protokollamuuntimen määrittäminen.</p> <p>Tuloksena työstä saatiin valmis tavoitteiden mukainen suunnitelma tulevaa asennusta varten. Työstä jäi puuttumaan asennus, jotta olisi voitu todeta modernisointisuunnitelma täysin onnistuneeksi. Modernisoinnin suunnittelussa pystyttiin paljon hyödyntämään jo valmiina olleita laitteistoja ja näin ollen saatiin minimoitua investointikustannuksia.</p> <p>Modernisoinnin suunnitelman seurauksena tulleita dokumentteja pystytään käyttämään hyväksi uuden järjestelmän rakentamisessa. Teoriaosuudessa käsitellään laitteistoja, Extilaa ja automaatiojärjestelmää.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> )  TIA Portal, Siemens, suunnittelu, PLC, mittaukset, sarjaliikenne, valvomo		
Muut tiedot		

Author(s) Tyynelä, Miikka	Type of publication Bachelor's thesis	Date February 2016 Language of publication: Finnish
	Number of pages 40	Permission for web publication: X
Title of publication <b>Automation modernization design of reactor facilities</b>		
Degree programme Automation Engineering		
Supervisor(s) Ström, Markku		
Assigned by Kemira Oyj		
Abstract  <p>The purpose of the thesis was to conduct an automation modernization design of reactor facilities. After the design the system is to be installed at Kemira Oyj. The project was assigned by a global chemicals company Kemira Oyj, their research center at Espoo, Finland.</p> <p>The thesis was designed with AutoCAD, TIA Portal, Excel and Crimson 3.0. Wiring diagrams, bus diagrams, PI diagrams and configuration diagrams were made with AutoCAD. I/O catalog and circuit catalog were carried out with Excel. TIA Portal was used to design the new logic program that was implemented on the basis of the older Alcont logic program. TIA Portal was also used for the design of the user interface for the control room. The protocol was conversed using Crimson 3.0.</p> <p>The result was a complete design of the automation modernization for the reactor facilities. The installation of the design was not within the scope of the thesis, therefore it was not tested. During the project it was possible to take advantage of some old facilities.</p> <p>The documents gained as a result of the modernization design can be used in the installation of the new system. The theory part of the thesis discusses facilities, Ex-zone and the automation system.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> )  TIA Portal, Siemens, design, PLC, measurements, serial communication, control room		
Miscellaneous		

## Sisältö

1	Opinnäytetyön lähtökohdat.....	3
1.1	Opinnäytetyön tavoitteet.....	4
1.2	Kemira Oyj .....	5
2	Automaatiojärjestelmä .....	6
2.1	Reaktorilaitteistot.....	7
2.2	Ex-tila .....	8
2.3	Suunnittelu .....	11
2.4	Valvomo & työskentely .....	11
2.5	Käyttöliittymän suunnittelu .....	13
2.6	Ohjelmoitava logiikka .....	14
2.7	Taajuusmuuttajat .....	15
3	Automaatiomodernisointi.....	16
3.1	Automaatiojärjestelmän uusiminen.....	18
3.2	Suunnittelun toteutus .....	21
3.3	Mittaustulosten käsittely .....	23
3.4	Protokollamuuntimet.....	29
4	Pohdinta .....	33
	Lähteet.....	37
	Liitteet .....	39

## Kuviot

Kuvio 1. Ex-tilan varoitusmerkit. ....	8
Kuvio 2. Työvälineen valintaprosessi (Tukes, 2015).....	10
Kuvio 3. Kemiran suurempi valvomotila ennen modernisointia.....	12
Kuvio 4. STL (ylhällä), LAD (keskellä) ja FBD (alhaalla) eroavaisuus.....	15
Kuvio 5. Järjestelmän kuvaus .....	19
Kuvio 6. Vacon 100 ohjauk kortin liittimet (Vacon, 2012) .....	20
Kuvio 7. Signaalin viestin valinta .....	22
Kuvio 8. Mittausten normiointi skaalaus .....	24
Kuvio 9. Kommunikointilohkot TSEND_C ja TRCV_C.....	25
Kuvio 10. MB_COMM_LOAD-lohko .....	27
Kuvio 11. MB_MASTER-lohko .....	29
Kuvio 12. Red Lion CSMSTRLE protokollamuunnin yksikkö .....	31
Kuvio 13. Crimson 3.0 - ohjelma .....	32

## Taulukot

Taulukko 1. Ex-tilaluokan määritelmät .....	9
Taulukko 2. Vanhat taajuusmuuttajat.....	16

## 1 Opinnäytetyön lähtökohdat

Yrityksessä oli opinnäytteen alkaessa useampia reaktorilaitteistoja ja jäähdytyslaitteisto, joita ohjattiin Honeywellin automaatiojärjestelmällä. Jäähdytyslaitteisto oli reaktorilaitteistojen yhteinen. Näistä reaktorilaitteistoista haluttiin modernisoitavaksi kaksi reaktorilaitteistoa sekä jäähdytyslaitteisto. Muut reaktorilaitteistot ajateltiin jättää tämän modernisointisuunnittelutyön ulkopuolelle eikä laitteistoja päätetty purkaa fyysisesti. Tästä Honeywellin automaatiojärjestelmästä tuli maksaa ylläpito-kustannusta. Laitteistoja käytettiin kuitenkin satunnaisesti, joten tämä automaatiojärjestelmä ei ollut enää järkevä. Joitain laitteistoja käytettiin harvemmin kuin ker- ran vuodessa. Automaatiojärjestelmä oli myös vanha, sillä vanhimmat osat järjestelmästä olivat 1980-luvulta ja etenkin virtalähteet tuntuivat vikaantuneen usein. Honeywellin järjestelmää ei myöskään haluttu päivittää uuteen Honeywellin automaatiojärjestelmään, koska uudella järjestelmällä haluttiin alentaa käyttökustannuksia ja modernisoinnin katsottiin tulevan edullisemmaksi vaihtoehdoksi. Yritys halusi itse ylläpitää tätä uutta järjestelmää, jonka takia päädyttiin modernisoimaan tämä järjestelmä Siemensin logiikoilla ohjattavaksi järjestelmäksi.

Vanhasta järjestelmästä oli olemassa kuvauksia järjestelmästä ja piirikaavioita pape- rilla dokumenttikansioissa. Näiden dokumenttien perusteella tuli suunnitella järjes- telmään kuuluvat mittaukset ja toimilaitteet sekä näiden signaalit, jonka jälkeen teh- tiin kustannusarvio. Tämän jälkeen haettiin hyväksyntää opinnäytteen aloittamiselle Kemira Oyj:ltä. Hyväksynnän jälkeen toimitettiin aihe-ehdotus koululle. Aihe-ehdo- tuksen hyväksynnän jälkeen luotiin sopimus opinnäyteyhteistyöstä. Lähtökohtaisesti lähdettiin modernisoimaan kahden eri tilassa toimivan reaktorilaitteiston automaa- tiojärjestelmää. I/O-tietoja (I/O = Tulo/lähtö) selviteltiin niin dokumenteista, ohjel- masta kuin fyysisestikin.

Ennen modernisointia reaktorilaitteistoja ohjattiin automaatiojärjestelmän avulla kahta eri käyttöliittymää käyttäen. Molemmissa valvomoissa oli kaksi näyttöpäätettä, joilta ohjaus tapahtui. Toinen valvomoista sijaitsi pienemmän Ex-tilan (Ex-tila = räjäh- dysvaarallinen tila) vieressä ja tätä käytettiin pääosin 25 litraisien reaktorilaitteiston ohjaukseen, koska tästä valvomosta oli suora näköyhteys 25 litraiseen laitteistoon. Toinen valvomoista sijaitsi suuremman Ex-tilan vieressä ja täältä pääosin ohjattiin

400 litraisen reaktorilaitteiston lisäksi muita vanhaan automaatiojärjestelmään kuuluneita laitteistoja. Tästä valvomosta ei ollut suoraa näköyhteyttä ohjattavaan 400 litraiseen reaktorilaitteistoon, vaan näköyhteys vaati Ex-tilaan menemisen. Molemmista valvomonäytöistä kuitenkin pystyttiin ohjaamaan koko prosessia.

## 1.1 Opinnäytetyön tavoitteet

Tavoitteena oli tehdä suunnitelma vanhan Honeywellin automaatiojärjestelmällä ohjatun laitteiston modernisoimiseksi. Järjestelmästä haluttiin modernisoitavaksi kaksi reaktorilaitteistoa sekä jäähdytyslaitteisto Siemensin ohjelmoitavia logiikoita käyttäen. Uudeksi logiikaksi haluttiin Siemensin ohjelmoitava logiikka, koska yrityksessä on käytetty Siemensin logiikoita muiden järjestelmien ohjaamiseen, joten näistä logiikoista oli eniten kokemusta. Yrityksen vanhan Siemensin kokemuksen ansiosta yrityksellä katsottiin olevan tarvittava tietotaito ylläpitää itsenäisesti Siemensin logiikoilla ohjattua järjestelmää. Tavoitteena oli hyödyntää vanhassa järjestelmässä käytettyjä laitteita mahdollisimman paljon, jotta voitaisiin säästää investointikustannuksissa.

Tavoitteena oli myös päivittää koko järjestelmää koskeva dokumentointi. Dokumentoinnissa tuli olla mukana kytkentäkuvat, väyläkuvat, PI-kaaviot, kokoonpanokuvat, IO-luettelo sekä piiriluettelo. Dokumentointi päätettiin suorittaa kuvien ja kaavioiden osalta käyttämällä AutoCAD-sovellusta ja luetteloiden osalta Exceliä. Työstä tuli myös tehdä vanha Alcontin ohjelmaa vastaava logiikkaohjelma Siemensin TIA Portalia käyttäen. TIA Portalilla tuli myös tehdä käyttöliittymä eli valvomonäyttö PI-kaavion perusteella. Vanhasta järjestelmästä tulleiden vaakojen mittaustiedot tuli muuntaa uuteen järjestelmään sopiviksi. Mittaustietojen muuntaminen päätettiin suorittaa protokollamuuntimia käyttäen.

Modernisoinnin jälkeen laitteistojen ohjaus tullaan toteuttamaan Siemensin operointipaneeleita käyttäen. Toinen operointipaneeleista päätettiin sijoittaa pienemmän reaktorilaitteiston viereen, koska tältä tilalta voitiin ottaa pois Ex-luokitus. Pienemmän Ex-tilan valvomotilaan haluttiin kuitenkin jättää näyttöpäätte, jolla voidaan ohjata koko prosessia. Toinen operointipaneeleista korvasi isomman Ex-tilan valvomotilan näytön, koska operointipaneeli ei ollut Ex-laite. Myös molemmilta paneeleilta haluttiin ohjata koko prosessia.

## 1.2 Kemira Oyj

Kemira on globaalisti toimiva yhtiö, joka palvelee kemikaaleja vettä käyttäville yrityksille. Kemira on perustettu vuonna 1920, tällöin yritys tunnettiin nimellä Valtion Rik-kihappo- ja Superfosfaattitehtaat. Kemiran pääkonttori sijaitsee Helsingin Ruoholahdessa. Kemira keskittyy toiminnassaan massa & paperi-, öljy & kaasu- ja kaivosteollisuuteen sekä vedenkäsittelyyn. Kemiran tavoitteena on olla vuonna 2020 valituilla markkinoilla toimiala- ja teknologiajohtaja. (Kemira, 2015 & Kemira, N.d)

Kemiran suurimmat arvot on sitoutua asiakkaiden menestykseen, välittää ihmisistä ja ympäristöstä, edistää toiminnan kehittämistä ja uuden luomista sekä menestyä yhdessä. Asiakkaiden menestykseen sitoutumalla Kemira osoittaa, että asiakas on tärkein. Kemira myös pyrkii rakentamaan molemminpuolisesti palkitsevia ja kestäviä asiakassuhteita sekä pyrkii aina ylittämään asiakkaiden odotukset. Välittämällä ihmisistä ja ympäristöstä Kemira tuo esiin, kuinka turvallisuus on yrityksen prioriteetti numero yksi. Kemira haluaa olla esikuvana turvallisuudessa ja ympäristönsuojelussa niin yhteistyökumppaneilleen sekä asiakkailleen. Edistämällä toiminnan kehittämistä ja uuden luomista Kemira haluaa näyttää, että rohkaisemalla uusiin ideoihin ja kehittämällä tehokkaampia työtapoja saadaan aikaan tekemisen meininki ja opitaan kokemuksista ja saavutetaan tuloksia. Kemira sitoutuu yhdessä menestymiseen, jolloin Kemira työskentelee yli organisaatorajojen saavuttaakseen yhteiset tavoitteet. (Kemira, N.d.)

Vuoden 2014 lopussa Kemiralla oli työntekijöitä 4248 maailmanlaajuisesti. Kemiralla on työntekijöitä 40 eri maassa. 97,3 % kaikista työntekijöistä ovat vakituisia ja vain 2,7 % määräaikaisia. (Kemira, N.d.) Vuonna 2014 Kemiran liikevaihto oli 2136,7 miljoonaa euroa (-4 %), Käyttökate ilman kertaluontoisia eriä 252,9 miljoonaa euroa (+0,4 %) ja liikevoitto 152,9 miljoonaa euroa (+358 %). Suluissa näkyy ero vuoteen 2013. (Kemira, 2015)

Kemiralla on kolme tutkimuskeskusta kolmessa eri maassa. Suomessa sijaitseva tutkimuskeskus on Espoossa, Kiinassa sijaitseva Shanghaissa ja Yhdysvaltain tutkimuskeskus sijaitsee Atlantassa. Tutkimuskeskusten toimenkuvaan kuuluu Kemiran tuotevalikoiman muokkaaminen sopivaksi paikallisiin oloihin. Espoossa osaamista löytyy var-



sinkin vedenkäsittelystä kunnallisten vesilaitosten ja vesi-intensiivisten teollisuudenalojen osalta. Shanghaissa keskitytään sopivanlaatuiseen raakaveden saamiseen vesi-intensiivisten teollisuudenalojen tarpeisiin. Ekologisesti kestävä vedenkäsittelyn järjestämiseen ja öljy- ja kaivosteollisuuden tehokkaaseen tutkimukseen perehtyy puolestaan eniten Atlantan tutkimuskeskus. (Kemira, N.d.)

## 2 Automaatiojärjestelmä

Automaatiojärjestelmällä tarkoitetaan laitteiston tai laitteistojen toiminnan ohjaamista. Lähtökohtana automaatiojärjestelmässä on palveltavien prosessien ja sidosryhmien tarpeet. Tämän pohjalta saadaan järjestelmän toiminnoista ja sisällöstä tarkempi kuva. Teknisesti järjestelmää katsottaessa se koostuu antureista ja toimilaitteista sekä niihin kytkeytyvistä ohjaimista, jotka hoitavat sekvenssejä, säätöjä ja loogisia operaatioita, eli perusautomaation toimintoja. Konfigurointityökalut, historiatietokannat ja valvomoasemat kuuluvat monimutkaisempiin automaatiojärjestelmiin. (Suomen Automaatioseura, 2010)

Tietyt trendit nousevat esiin automaatiojärjestelmien kehityksessä. Yhä useampi toiminto hajautetaan älykkäille laitteille, jotka sijaitsevat lähempänä itse prosessia. Toisaalta taas prosessi hajautuu entistä enemmän laajalle alueelle ja tämän vastapainoksi järjestelmältä vaaditaan toiminnallista integraatiota enemmän. Tietoturvan takaaminen tulee olemaan entistä suurempi haaste verkottumisen ja integraation myötä. (Suomen Automaatioseura, 2007)

Kemiran vanhana automaatiojärjestelmänä toimi Honeywellin vuoden 1980 järjestelmä. Järjestelmään kuului neljä prosessiasemaa, kaksi hajautettua I/O-yksikköä, neljä näyttöpäätettä, kymmenisen taajuusmuuttajaa sekä lukuisia toimilaitteita itse prosesseissa. Vanhassa järjestelmässä prosessit sijaitsivat kahdessa eri Ex-tilassa ja osa toimilaitteista näiden tilojen ulkopuolella sekä osa kokonaan talon ulkopuolella. 25 litraisella laitteistolla oli oma pienehkö Ex-tilansa. Isommassa Ex-tilassa olikin sitten huomattavasti enemmän laitteistoja, jossa sijaitsi myös 400 litrainen reaktorilaitteisto. Isomman Ex-tilan muut laitteistot jäivät modernisoinnin ulkopuolelle. Osa järjestelmän ulkoisista komponenteista oli yläkerran sähkökaapeissa ja osa alakerrassa.

Pääosin 25 litraisen reaktorilaitteiston mittaukset ja ohjaukset tulivat alakerran sähkökaapeille ja 400 litraisen reaktorilaitteiston sekä jäähdytyslaitteiston mittaukset ja ohjaukset yläkerran sähkökaapeille. Hajautettu I/O-järjestelmä oli erillisen huoneen sähkökaapissa. Järjestelmästä jääneet dokumentit olivat eriäviä, kun tietoja löytyi samalla päiväyksellä erilaisia. Esimerkiksi piirikaaviossa väitettiin ohjauksen tapahtuvan BOU-kortilta (Binäärinen ulostulo) ja järjestelmän kuvauksessa tämän väitettiin tapahtuvan sarjaliikenteen kautta.

Vanha järjestelmä oli toteutettu Honeywellin Alcont ohjelmistolla, josta saatiin selville signaalien tyypit (4-20mA). Fyysiset sijainnitkin saatiin selville tällä ohjelmistolla. Alcont ohjelmisto muistutti omaan silmään hieman Metso DNA käyttöliittymää. Alcontista ei ollut mitään kokemusta ennen työn aloittamista.

## 2.1 Reaktorilaitteistot

Suunnittelutyön alla oli kaksi eri reaktorilaitteistoa, pienempi näistä sekoitussäiliöreaktoreista oli 25 litrainen ja suurempi 400 litrainen. Molempiin laitteistoihin liittyi myös näille yhteinen jäähdytyslaitteisto. Reaktorilaitteistot sijaitsivat molemmat Ex-tiloissa. 25 litrainen sekoitussäiliöreaktori sijaitsi pienemmässä Ex-tilassa, jolta poistettiin Ex-luokitus. Ex-luokituksesta päästiin eroon lopettamalla räjähdysvaarallisten yhdisteiden kierrättäminen reaktorilaitteistossa. 400 litrainen sekoitussäiliöreaktori on niin suuri, että se sijaitsi kaksi kerroksisessa Ex-tilassa. Sekoitussäiliöreaktori on säiliö, jonne pystytään lisäämään haluttua yhdistettä ja samanaikaisesti poistamaan ainetta reaktion aikana. Sekoitussäiliöreaktorissa on sekoitin, joka huolehtii seoksen sekoittamisesta. Sekoittamalla yhdistettä saadaan varmuus siitä, että koko säiliössä vallitsee yhtenäinen lämpötila. Sekoittamisen johdosta sillä on myös parempi seurata yhdisteen pH-arvoa.

Molempia reaktorilaitteistoja käytettiin valvomossa olleiden näyttöpäätteiden avulla automaatiojärjestelmää ohjaten. Reaktorilaitteistoihin kuului pumppuja, lämpötilanmittauksia, venttiileitä, vaakoja, painemittauksia ja pintakytkimiä. Jäähdytyslaitteisto sijaitsi Ex-tilan ulkopuolella lukuun ottamatta yhtä pumppua, joka oli suuremmassa Ex-tilassa. Kylmäkone sijaitsi talon ulkopuolella, joka oli osa jäähdytyslaitteistoa. Reaktorilaitteistoissa kierrätettiin kemiallisia yhdisteitä.

## 2.2 Ex-tila

ATEX-lainsäädäntö tuli voimaan 2013. ATEX-lainsäädäntö koskee räjähdysvaarallisia tiloja ja tiloissa käytettäviä laitteita. ATEX lyhenne tulee ranskankielisistä sanoista ”atmosphères explosibles”. Kolmion muotoinen varoitusmerkki, jossa on mustat reu-  
nat, keltainen tausta ja mustat kirjaimet (EX) tulee löytyä Ex-tilojen sisäänkäyntien tai Ex-alueiden yhteydestä. Vähintään 50 prosenttia varoitusmerkin alasta tulee olla kel-  
taista osuutta. Kuviossa 1 nähdään varoitusmerkit Kemiran Ex-tilan ovesa. (Tukes, 2015)



Kuvio 1. Ex-tilan varoitusmerkit.

Ex-tilalla tarkoitetaan tilaa, jossa voi esiintyä räjähdyskelpoista ilmaseosta sellaiset määrät, että työntekijöiden suojaamiseksi toimenpiteet räjähdysvaaran varalta ovat

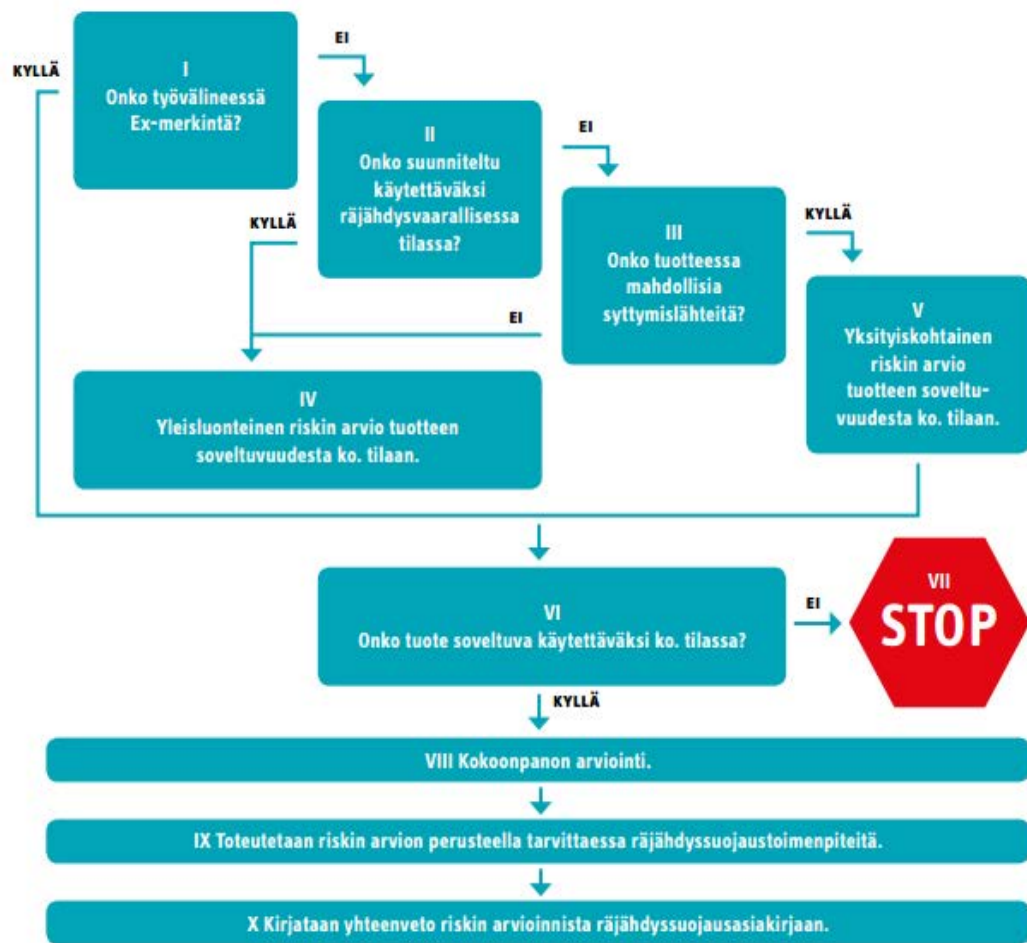
tarpeen. Laajuuden määräytymisperusteena käytetään räjähdyskelpoisten ilmaseosten esiintymistodennäköisyyttä Ex-tilassa. Perusvaatimukset Ex-tilojen laitevalinnoille on esitetty asetuksessa [576/2003](#). Jollei räjähdysuojakirjassa muuta todeta, niin tulee ATEX-lainsäädöksissä määriteltyjen luokkien mukaisesti valita suojausjärjestelmät ja laitteet. Tilaluokan määritelmät nähdään taulukosta 1. (Tukes, 2015)

Taulukko 1. Ex-tilaluokan määritelmät

Tilaluokka	Räjähdyskelpoinen ilmaseos	Todennäköisyys	Laiteluokan laite
0	Kaasu, höyry tai sumu	Usein	1
20	Palava pöly	Usein	1
1	Kaasu, höyry tai sumu	Satunnaisesti	1 tai 2
21	Palava pöly	Satunnaisesti	1 tai 2
2	Kaasu, höyry tai sumu	Epätodennäköinen	1,2 tai 3
22	Palava pöly	Epätodennäköinen	1,2 tai 3

Ex-luokitettut laitteet jaetaan ryhmiin I ja II. Ryhmään I kuuluvilla laitteilla tarkoitetaan laitteita, jotka ovat tarkoitettu kaivoksiin, joissa kaivoskaasu eli metaani ja/tai pöly aiheuttaa räjähdysvaaran. Ryhmään II kuuluvat kattaa muissa paikoissa käytetyt laitteet. Esimerkiksi Ex-laitteella voi olla merkintä II 2 G, jolloin se tarkoittaa että laite kuuluu ryhmään II (laite ei ole tarkoitettu kaivoksiin, joissa kaivoskaasu ja/tai pöly aiheuttaa räjähdysvaaran), laiteluokkaan 2, tilaluokkiin 1 tai 2 ja sen palavana aineena esiintyy kaasu. (Tukes, 2015)

Vaatimustenmukaisuuden arviointi tulee tehdä laitteen valmistajan tai muun markkinoille saattajan toimesta. Laitesäädöksissä on kuvattu sovellettavat vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyt eri laiteluokille. Vaatimustenmukaisuuden osoitusmenettely on riippuvainen laiteluokasta, mutta tuotekohtaista tarkastusta voidaan soveltaa kaikissa laiteluokissa, jossa jokaisen valmistetun laitteen on tarkastanut ja hyväksynyt ilmoitettu laitos. Ex-tilassa käytettävien työvälineiden valintaprosessia kuvaava malli nähdään kuviossa 2. (Tukes, 2015)



Kuvio 2. Työvälineen valintaprosessi (Tukes, 2015)

Räjähdysuojausasiakirjassa esitetään vaaran arvioinnin tulokset ja tekniset ja organisatoriset suojaustoimenpiteet. Tämän lisäksi asiakirjassa esitetään myös tilojen luokittelu. Sähkölaitteiden ja muiden laitteiden (jos niissä on mahdollisia omia syttymislähteitä) valinnasta vastaa toiminnanharjoittaja ja työnantaja. Räjähdysuojakirja tulee laatia ennen työn aloittamista ja laitoksen käyttöönottoa toiminnanharjoittajan ja työnantajan toimesta. (Tukes, 2015)

## 2.3 Suunnittelu

Suunnittelulla tarkoitetaan tässä modernisoitavan järjestelmän kuvaamista siten, että sen toteutus, käyttö ja ylläpito mahdollistuisivat. Tuloksena saadaan joukko erilaisia dokumentteja, kuten väyläkuvia, kokoonpanokuvia ja kytkentäkuvia. Suunnittelussa tulee lähteä liikkeelle ottamalla selvää asiakkaan ja käyttäjän tarpeista ja toiminnoista. (Suomen Automaatioseura, 2007)

Suunnittelussa on hyvä olla selkeä aikataulu, jolloin suunnittelu noudattaakin hyvin yleisesti samoja vaiheita. Ensimmäiseksi projektin alkaessa on vaihe nimeltä ”määrittely”, jossa katsotaan läpi käyttäjävaatimukset, kuvaukset, suunnitelmat ja saadaan mahdollisesti investointipäätös, jonka jälkeen tehdään sopimus. Toisena vaiheena on itse suunnittelu, jossa tuotetaan laite- ja ohjelmistokuvaukset ja testaussuunnitelmat, joiden jälkeen saadaan toteutuslupa. Toteutus onkin seuraava vaihe, jossa tuotetaan ohjelmakoodi, testiraportit ja käyttö- ja huolto-ohjeet, josta siirrytään toimintushyväksyntään. Neljäntenä vaiheena on asennusvaihe, josta saadaan uudet testiraportit. (Suomen Automaatioseura, 2010)

## 2.4 Valvomo & työskentely

Valvomo on suunniteltu tietyn prosessin hallintaa varten tietyille toimijoille. Valvomossa tulee olla kaikki prosessista tuleva tieto esillä laajasti ja keskitetysti. Valvomossa työskentelevän operaattorin työ voi vaatia myös työskentelyä prosessitiloissa. Operaattoreista osa saattaa olla niin sanottuja kenttäoperaattoreita, joiden tehtävät sijoittuvat pääsääntöisesti lähelle prosessilaitteita. Kenttäoperaattorina toimiminen antaa paremman valmiuden valvomossa työskentelyyn, koska kentällä hahmotetaan prosessilaitteisto paremmin. (Suomen Automaatioseura, 2010)

Viihtyisästä ja tarkoituksenmukaisesta työympäristöstä muodostuu hyvä valvomo. Operaattorin työ yleensä kohdistuu prosessilaitteistoon, mutta muihinkin järjestelmiin ja organisaatioihin saattaa olla liittymäkohtia. Valvomon ei ole pakko sijaita prosessilaitteiston läheisyydessä, vaan tietotekniikan ansiosta se voi kulkea vaikkapa operaattorin mukana. Työympäristön tulee olla rauhallinen ja vapaa häiritsevistä taustamelusta, koska valvomotyö saattaa vaatia operaattorilta tiukkaa keskittymistä.

Operaattorilla tulisi olla mielekästä tekemistä, jotta operaattori pysyy virkeänä. Turvallisuudentunnekin nostaa paljon työrauhaa ja viihtyisyyttä valvomossa. (Suomen Automaatioseura, 2010)

Molemmilla reaktorilaitteistoilla oli oma valvomonsa. Reaktorilaitteistoja kuitenkin pystyttiin ajamaan molemmista valvomoista. Pienemmässä valvomossa oli suora näköyhteys prosessilaitteistoon eli 25 litraiseen reaktorilaitteistoon. Pienemmässä valvomossa oli kaksi näyttöpäätettä, jolla voitiin ohjata reaktoreita. Suuremmassa valvomossa ei ollut suoraa näköyhteyttä isompaan 400 litraiseen reaktorilaitteistoon. Suuremmassa valvomotilassakin oli kaksi näyttöpäätettä, jolta voitiin ohjata reaktoreita. Kuviossa 3 on esillä Kemiran suurempi valvomotila ennen modernisointia. Kuvassa näkyvät ohjaukseen käytettävät näyttöpäätteet. Valvomon toisella pöydällä oli ohjelmointikone, jossa tehtiin muutokset vanhaan järjestelmään. Tämä ohjelmointikone ei näy kuvassa.



Kuvio 3. Kemiran suurempi valvomotila ennen modernisointia

Valvomotyöskentelyssä voidaan tarkastella ihmisen toimintaa. Päätöksenteko onnistuu ihmiseltä tavoitteellisesti ja joustavasti, vaikka käytettäviin saatava tieto olisikin puutteellista. Tällainen päätöksenteko ei onnistu tietokoneelta. Tietokoneella on puolestaan paljon parempi laskentakyky ihmisen rajoitetun työmuistikapasiteetin vuoksi. Inhimillisiä virheitä on pohdittu paljon suuronnettomuuksien johdosta. Tunnetuimman virheluokituksen mallin on luonut James Reason vuonna 1990. Tässä mallissa vaarantavat teot ovat jaettu kahteen eri kategoriaan: ”tahattomat teot” ja ”tarkoitukselliset teot”. Tahattomat teot pitävät sisällään lipsahduksen ja muistivirheen. Tarkoituksellisilla teoilla puolestaan tarkoitetaan ajatteluvirhettä ja rikkomusta. Lipsahduksessa ihmisen tekemässä suorituksessa tapahtuu jotain poikkeavaa, vaikka ihminen aikoikin tehdä oikeaa asiaa. Muistivirheellä tarkoitetaan tekoja, joissa ei muisteta koko toimintasarjaa oikein vaikka ollaankin menossa kohti oikeaa päämäärää. Ajatteluvirheellä tarkoitetaan tekoja, jossa ihminen on alun perinkin valinnut väärän päämäärän, jonka takia toiminta on virheellistä. Rikkomuksella tarkoitetaan tekoa, joita tehdään tieteen tahtoen, kun ei noudateta ohjeita tai kieltoja. James Reason lisäsi rikkomuksen virheluokituksen malliinsa vasta Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuuden jälkeen. (Suomen Automaatioseura, 2010)

## 2.5 Käyttöliittymän suunnittelu

Käyttöliittymän suunnittelussa tulee ottaa huomioon prosessin käyttötarkoitus sekä käyttötilanne. Tehokas käyttöliittymä puoltaisi näytön ulkoasun ja operoinnin yksinkertaisuutta. Opettava ja turvallinen käyttöliittymä taas vaatii lisätietojen näyttämistä ja ylimääräisiä vaiheita toimenpiteisiin esim. jonkin toiminnon suorittamisen vahvistamista ennen sen suorittamista. Selkeä ja helposti hahmotettava käyttöliittymä tulisi olla informatiivinen, mutta siltikin helppolukuinen. Ihmisten ajatustoiminta jäsentää sisältöä, ennen kuin sitä tajuaa itse. Jäsentäminen noudattaa tekstin lukusuuntaa eli vasemmalta ylhäältä oikealle alas, joten prosessin keskeisin informaatio tulisi olla heti vasemmassa ylänurkassa. Kun tiedot ovat tarpeeksi hyvin esillä, niin ei rasiteta turhaan ihmisen muistia ja päättelykapasiteettia. (Suomen Automaatioseura, 2010)



Näytön hahmottamisen kannalta myös elementtien asettelu ja värit ovat tärkeitä seikkoja. Elementit tulisi sijoittaa samaan linjaan muiden kanssa. Elementtien värytyksessä tulisi käyttää vain hillittyjä värejä ja niitäkin vähän ja johdonmukaisesti. Liian räikeät värit voi aiheuttaa sellaisen efektin, jossa mikään ei korostu entisestään ja näin poikkeustilanteet jäävät huomiotta. (Suomen Automaatioseura, 2010)

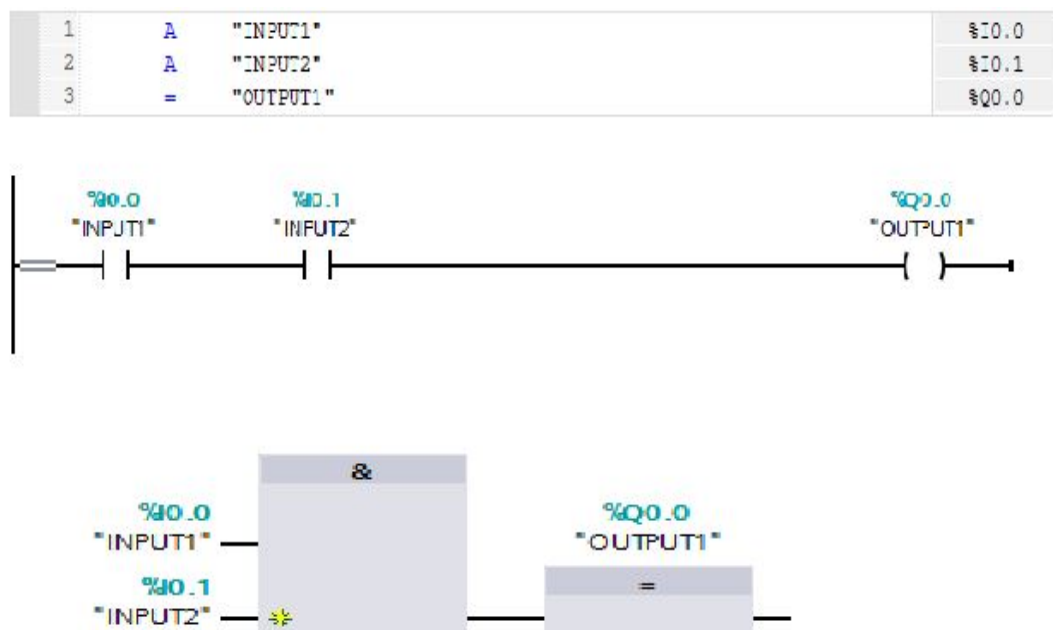
Suunnittelussa tulee ottaa huomioon ihmisten virhealttius. Virheiden välttämiseksi operaattorilta voidaan pyytää vahvistuksia kriittisissä toimenpiteissä. Virhetapauksessa operaattorin on saatava selkeä palaute epäonnistuneesta komennosta. Virheilmoituksen tulee sisältää virheen aiheuttaja sekä virheen korjaamiseen vaadittavat toimenpiteet. (Suomen Automaatioseura, 2010)

Hälytyksen antamisessa tulee noudattaa tiettyjä periaatteita. Hälytys tulee antaa äänimerkillä, jotta saadaan operaattori havahtumaan. Ei voida olettaa operaattorin olevan aina tuijottamassa näyttöä. Operaattori voi heti hälytyksen havaitsemisen jälkeen hiljentää äänen. Hälytyksiä saa tulla vain, jos tilanne vaatii toimenpiteitä. Operaattorille ei voi antaa syytä sekoittaa hälytyksiä ja ilmoituksia keskenään. Ilmoitukset tulee sijoittaa erikseen ilmoituslistoille. (Suomen Automaatioseura, 2010)

## 2.6 Ohjelmitava logiikka

Ohjelmitava logiikka on hyvin oleellinen osa automaattista konetta. Logiikan tuloihin kytketään erilaisia kytkimiä ja mittaustietoja kerääviä antureita. Lähtöihin taas kytketään toimilaitteet. Toimilaitteena voi olla esim. kolmitieventtiili. Ohjelman osat voidaan kirjoittaa järjestyksestä riippumatta, koska ohjelmaa suoritetaan pyyhkäisevän logiikan toimintaperiaatteen mukaan. Tämä tarkoittaa sitä, että sovellusohjelmaa luetaan tietyin väliajoin. Tyypillisesti pyyhkäisy kestää millisekunteja. Logiikkaa voidaan myös ohjelmoida toimimaan askeltavasti esim. graafisella työkalulla. Ohjelmaa käsitellään ja toteutetaan rivi kerrallaan käymällä jokainen virtapiiri läpi ylhäältä alaspäin. Eli jos syötetään tiettyyn muuttujaan arvon "0" ja seuraavalla rivillä samaan muuttujaan "1", niin tämän muuttujan arvoksi kirjoitetaan 1. Yksinkertaisia binääriohjauksia varten kehitettiin aikoinaan ohjelmitavat logiikat, mutta nykyään ohjelmitavat logiikat pystyvät myös mutkikkaimpiin laskentoihin ja säätöihin. (Suomen Automaatioseura, 2010)

Ohjelmaa voidaan tehdä Siemensin Tia Portal ohjelmalla viidellä eri ohjelmointiperiaatteella, jotka ovat SCL, STL, LAD, FBD ja GRAPH. SCL lyhenne tulee englannin kielen sanoista "Structured Control Language" ja se pohjautuu Pascaliin, tämä soveltuu hyvin esim. matemaattisten funktioiden ohjelmointiin. STL lyhenne tulee englannin kielen sanoista "Statement List" ja se on tekstuurinen kieli. LAD kieli tarkoittaa "Ladder Logic" eli suomeksi tikapuu logiikkaa. FBD lyhenne tulee englannin kielen sanoista "Function Block Diagram", tässä kielessä logiikka esitetään laatikoissa. GRAPH on graafinen ohjelmointiperiaate, jonka avulla tehdään sekvenssiohjelmointia. Kuviossa 4 nähdään STL, LAD ja FBD kielen eroavaisuus.



Kuvio 4. STL (ylhällä), LAD (keskellä) ja FBD (alhaalla) eroavaisuus

## 2.7 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttajalla säädetään taajuutta muuttamalla moottorin tai pumpun nopeutta portaattomasti. Oikosulkumoottoreiden eli vaihtovirtasähkömoottoreiden säätäminen ilman taajuusmuuttajaa ei ole tehokasta tai tarkkaa. Taajuusmuuttajalla saavutetaan huomattava energiansäästö, kun säädetään pyörimisnopeutta prosessin mukaan. Taajuusmuuttaja soveltuu hyvin osaksi automaatiojärjestelmää, näin saa-

daan yksinkertaistettua prosessin ohjausta ja säätöä. Taajuusmuuttajia voidaan ohjata paikallisesti tai etäohjauksella. Taajuusmuuttajia ohjataan etäohjauksella, kun niitä ohjataan ohjelmoitavaa logiikkaa käyttäen. (JAO, N.d)

Modernisoinnin seurauksena vanhasta järjestelmästä tuli uusia seitsemän taajuusmuuttajaa. Taajuusmuuttajat piti modernisoida, koska näiden lähettämä/vastaanotettava signaali ei sopinut Siemensille, eikä muuntimien ostaminen ollut taloudellisesti kannattavaa. Taajuusmuuttajat sijaitsivat Ex-tilan ulkopuolella olevassa sähkökaapissa. Yhteen taajuusmuuttajaan tuli varolaitteena termistori, jota käytettiin ylikuumenemisen laukaisulaitteena Ex-tilassa käytettävässä moottorissa. Viisi moottoria näistä sijaitsi Ex-tilan ulkopuolella rakennuksen sisällä ja yksi moottori kokonaan ulkoilmassa. Taulukossa 2 on esillä vanhojen taajuusmuuttajien tiedot. Kaikki taajuusmuuttajat olivat Vaconin valmistamia.

Taulukko 2. Vanhat taajuusmuuttajat

Malli	INPUT	INPUT	INPUT			
CO1.1CXL4G710	3~380– 440 V 50/60 Hz	3,5/4,5 A	1,1/1,5 kW	3~0-U1 0-500 Hz	3,5/4,5 A	1,1/1,5 kW
CO2.2CXL4G70	3~380– 440 V 50/60 Hz	6,5/8,0 A	2,2/3,0 kW	3~0-U1 0-500 Hz	6,5/8,0 A	2,2/3,0 kW
CO4.0CXL4G7C0	3~380– 440 V 50/60 Hz	10/13 A	4,0/5,5 kW	3~0-U1 0-500 Hz	10/13 A	4,0/5,5 kW

### 3 Automaatiomodernisointi

Modernisoinnin tarkoituksena on saavuttaa hyötyä verrattuna modernisoitavaan järjestelmään. Modernisoinnilla voidaan saada taloudellisia säästöjä samalla kun parannetaan järjestelmää. Monesti uusien osien tilaaminen ja vaihtaminen koetaan halvemmaksi vaihtoehdoksi, mutta kun tarkastellaan asiaa tarkemmin, niin huomataan

että saadaankin säästöä aikaiseksi modernisoimalla järjestelmä uuteen. Selkeä taloudellinen hyöty voidaan saada irtisanoutumalla kuukausimaksullisesta järjestelmästä, jos tällaiselle ei ole suurta tarvetta. Tässä työssä nimenomaan ei ollut tarvetta toisen yrityksen ylläpitämälle kuukausimaksulliselle järjestelmälle, koska laitteistojen käyttäminen oli satunnaista. Käsitteellä automaatiomodernisointi voidaan myös tarkoittaa järjestelmää joka automatisoidaan. Tällöin tulee ottaa huomattavasti enemmän kustannuksia huomioon.

Automaatiomodernisointi alkaa niin kuin muutkin suunnittelutyöt. Aloitetaan siis järjestelmän kuvauksilla, suunnitelmilla ja vaatimuksilla, joiden perusteella pystytään luomaan kustannusarvion. Kustannusarvion jälkeen saadaan investointipäätös ja luodaan sopimus. Näiden jälkeen päästään itse suunnitteluvaiheeseen missä tuotetaan halutut dokumentit uudesta järjestelmästä (laite- ja ohjelmistokuvaukset sekä testaussuunnitelmat). Modernisointityön kolmantena vaiheena on toteutus, jossa luodaan ohjelmakoodi, testiraportit ja käyttö- ja huolto-ohjeet. Näiden jälkeen jäljelle jää asennusvaihe, josta saadaan vielä uudet testiraportit.

Myös osa prosessista voi olla vain modernisoinnin kohteena. Kun vain osa vanhasta isosta kokonaisuudesta on modernisoitavana, on oltava tarkka mitä otetaan mukaan uuteen järjestelmään, ettei jää mitään olennaista pois eikä myöskään oteta mitään turhaa mukaan. Työtä tuleekin lisää tätä kautta, kun ei voida ottaa kaikkea vanhaa mukaan suoraan, vaan tämäkin vaatii erillistä suunnittelua.

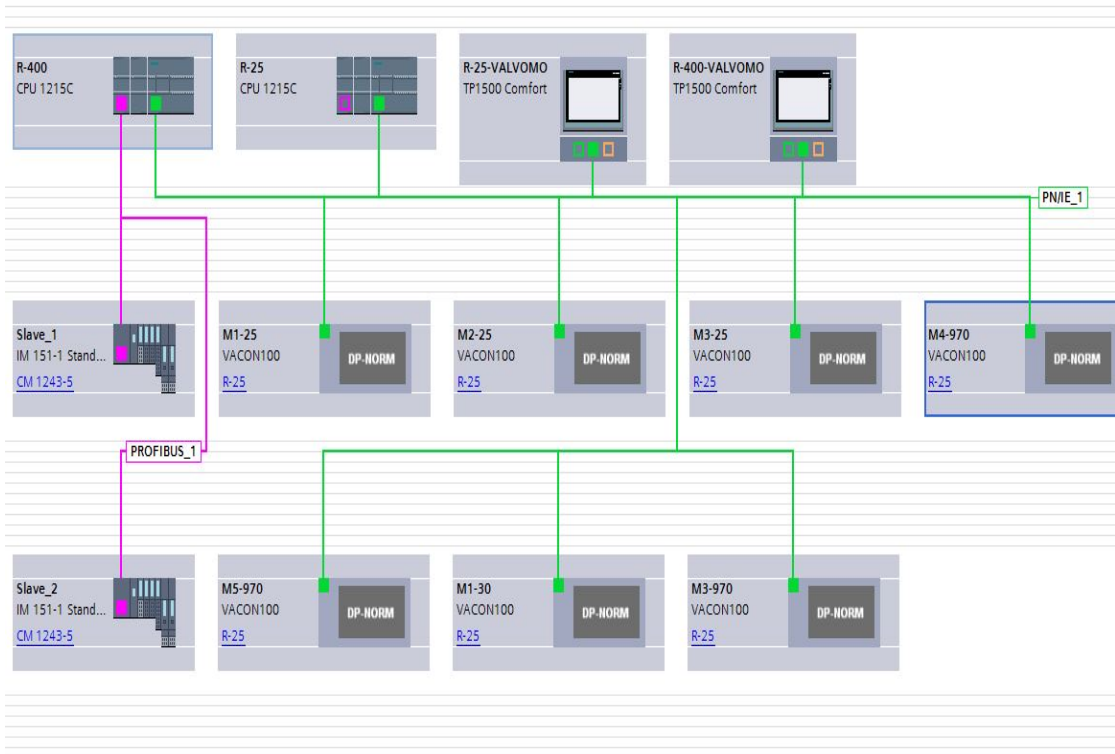
Modernisoinnilla pyritään leikkaamaan kustannuksia. Tällä modernisointisuunnittelulla haettiin pysyvää kustannusten leikkaamista, kun päästään irti kuukausimaksullisesta järjestelmästä. Työtä kuitenkin tulee olemaan enemmän, koska modernisoidun järjestelmän ylläpidosta huolehtiminen jää yritykselle. Vanha järjestelmä oli aikansa palvelut, joten modernisointi toiseen järjestelmään oli paras vaihtoehto. Tähän lisäksi se, ettei laitteistoja käytetty kovinkaan usein, niin maksettiin aivan turhaa ylläpitokustannusta.

Modernisointisuunnittelun seurauksena syntyneitä dokumentteja tehtiin eri ohjelmia hyväksi käyttäen. Suunnittelun alkuvaiheessa luotiin Excel-taulukko johon tehtiin piiriluettelo. Tästä nähtiin kaikki mahdolliset positiot ja näiden signaalit ja alkuperäinen sijoituspaikka. Tähän taulukkoon oli myös helppo lisäillä kokoajan eteen tulleita uusia

positioita. Tämän jälkeen tehtiin toiseen Excel-taulukkoon I/O-luettelo, missä tehtiin suunnitelma positioiden jakamiseksi piiriluetteloä hyväksi käyttäen Siemensin I/O-moduuleille. KytKentäkuvat, väyläkuvat, kokoonpanokuvat ja PI-kaaviot luotiin AutoCAD-ohjelmalla tämän jälkeen. KytKentäkuvista nähtiin jokainen I/O moduuli lähemmin, niin että niistä näkyi mikä positio tuli mihinkin tuloon/lähtöön. KytKentäkuvista nähtiin myös mitta- tai toimilaitteen ja logiikan välisen barrierin osoite ja sijainti. Väyläkuvista tuli käydä ilmi koko laitteisto. Piirrettiin erikseen molemmat logiikat. Toiselle logiikalle tuli taajuusmuuttajat ja toiselle tuli hajautettu I/O-järjestelmä. Kokoonpanokuvista nähtiin kunkin sähkökaapin sisältö. PI-kaavioissa näkyi prosessilaitteistot kokonaan. PI-kaavion piirtämisen jälkeen oli helpompi luoda valvomon käyttöliittymä poistamalla vain turhat kierrot kuvista.

### 3.1 Automaatiojärjestelmän uusiminen

Prosessin uutena ohjainlaitteena päätettiin käyttää Siemensin logiikkaa. Siemensin ohjelmoitava logiikka valittiin yrityksen aikaisempien kokemusten perusteella. Logiikan ohjelmointi toteutettiin käyttämällä TIA Portal ohjelmaa. Tähän modernisoitavaan osaan järjestelmää kuului kaksi Siemensin 1215C logiikkaa, kaksi Siemensin ET200S asemaa, kaksi protokollamuunninta, kaksi Siemensin 15 tuumaista operointipaneelia, seitsemän taajuusmuuttajaa, kymmenen I/O-moduulia sekä neljä kommunikatiomoduulia. Molempia laitteistoja varten oli oma ohjelmoitava logiikka. Kuvissa 5 nähdään kuvaus järjestelmästä. Profinet-väylään tuli näiden lisäksi myös eWon (reititin) ja Red Lion protokollamuunnin, jotta saatiin Honeywellin käyttämä viesti sopivaksi Siemensille (RS232 → Ethernet).

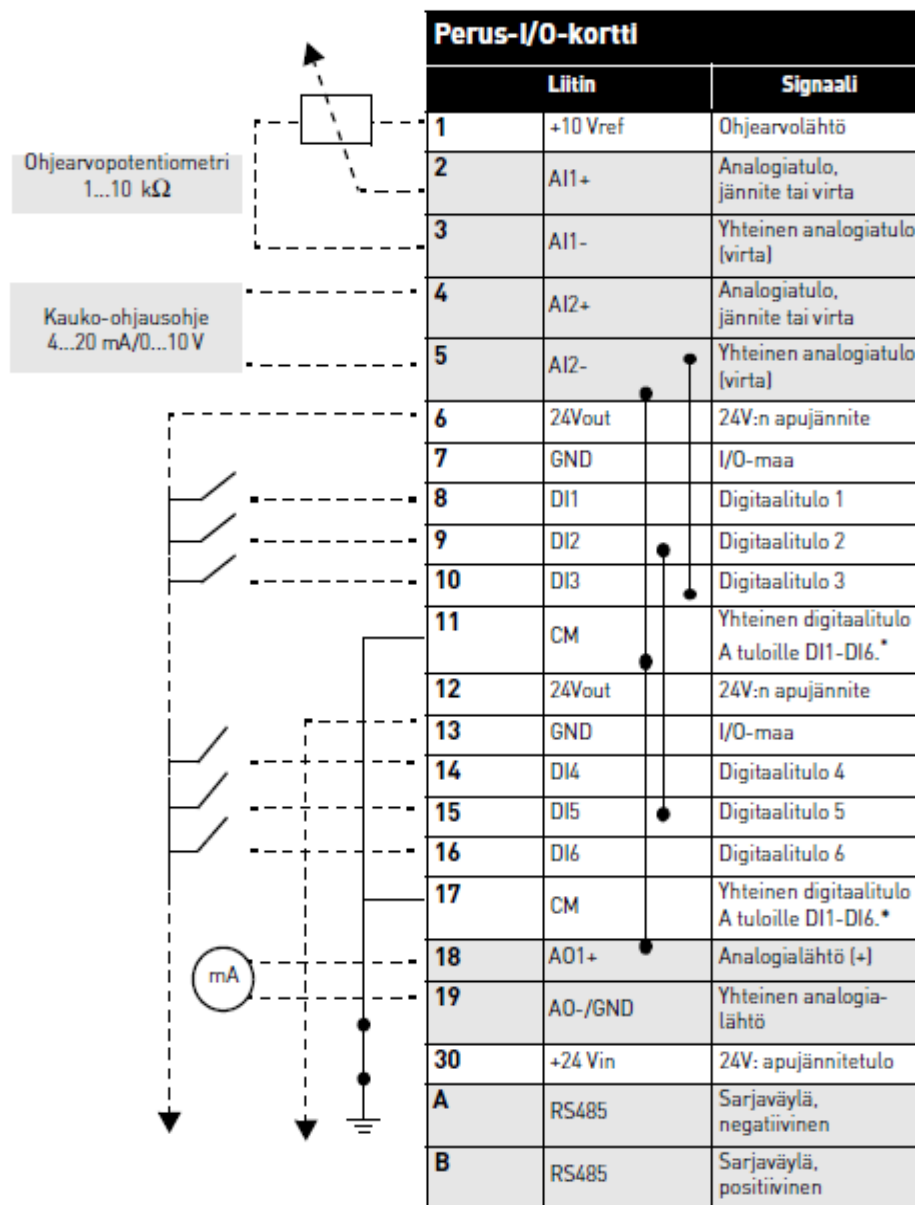


Kuvio 5. Järjestelmän kuvaus

Opinnäytetyönä olleessa modernisointisuunnittelussa oli vain osa vanhasta järjestelmästä. Vanhassa automaatiojärjestelmässä oli viisi reaktorilaitteistoa ja yksi jäähdytyslaitteisto. Näistä modernisoidaan vain kaksi reaktorilaitteistoa, joita katsottiin eniten käytetyiksi. Suunnittelun mukaisesti myös jäähdytyslaitteisto tullaan modernisoimaan. Molempia reaktorilaitteistoja varten hankittiin oma Siemensin 1215C logiikka ja myöskin oma Siemensin 15 tuumainen operointipaneeli. Modernisointiin hankittiin myös eWoneita, joilla saatiin siirrettyä mittaustulokset Kemiran omaan palveluun eli KemConnectiin. Suunnitelmassa sijoitukset logiikoille tehtiin vanhan järjestelmän mukaisesti, eli katsottiin Honeywellin Alcont ohjelmasta näiden sijoitukset. Tällä haluttiin helpottaa tulevaa asennustyötä, kun ei tarvitse uusia kaapeleita. Kaapit johon logiikat sijoitettiin, sijaittivat eri kerroksissa. Suunnitelmassa ei otettu kantaa vanhasta järjestelmästä jääneiden ”ei-modernisoitavien”-osien kohtaloon.

Uudet taajuusmuuttajat olivat Vacon 100 sarjaa. Vacon 100 taajuusmuuttajien ohjausosassa on ohjaukorteja sekä mahdollisesti optiokorteja. Normaalisti siis toimitetaan vain ohjaukortti sekä relekortti ja optiokortit tulee tällöin erikseen tilata. Ohjaukortille virta voidaan tuoda suoraan (+24VDC, 100mA). Tällä jännitteellä pidetään

huoli siitä, että voidaan asettaa parametreja sekä pidetään kenttäväylä aktiivisena. Kenttäväylän päätevastus asetetaan DIP-kytkimellä, kytkin on nimeltään RS485 ja tämä tulee siirtää ON-asentoon. Kuviossa 6 nähdään ohjauk kortin liittimet. Kuviossa tähdellä merkityt digitaalitulo voidaan eristää maadoituksesta. Nämä eristetään maadoituksesta ohjauk kortin DIP-kytkin OFF-asentoon siirtämällä (Kytkin DGN D). Yhtein taajuusmuuttajaan tuli optiokortti BJ Ex-tilassa sijaitsevaa moottoria varten. Taajuusmuuttajia ohjattiin etäältä käyttäen ohjelmoitavaa logiikkaa. Taajuusmuuttajasta haluttiin käyttöliittymään tieto moottorin käynnistä ja pyörimisnopeudesta. (Vacon, 2012)



Kuvio 6. Vacon 100 ohjauk kortin liittimet (Vacon, 2012)

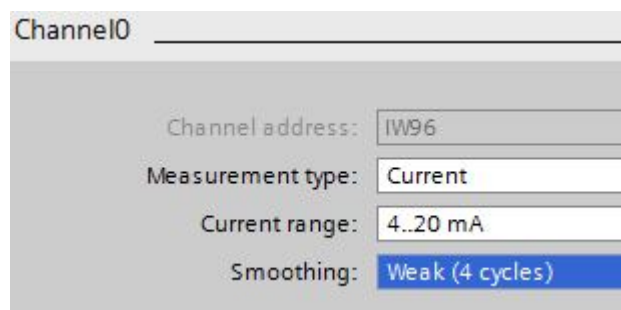
## 3.2 Suunnittelun toteutus

Ensimmäiseksi luotiin piiriluettelo modernisoitavien osien perusteella, johon sisällytettiin mittausten ja ohjausten positiot, asennuskaapit, I/O yksiköt sekä näiden signaalien tyypit. Piiriluettelosta nähtiin lopullinen tarvittava I/O määrä. Tämän jälkeen pystyttiin luomaan I/O-luettelo, jossa tehtiin signaalien jako I/O korteille. Vanhan järjestelmän kaavioista katsottiin mallia, jotta saadaan hyödynnettyä jo valmiiksi asennettuja kaapeleita tulevassa asennustyössä. Jäähdytyslaitteiston mittaus- ja toimilaitteiden signaalit pyrittiin sijoittamaan omille I/O-korteilleen. I/O-korteille jätettiin myös tyhjää tilaa mahdollisia lisäinvestointeja varten. KytKentäkuvat voitiin luoda I/O-luettelon avustuksella. KytKentäkuviin merkittiin mistä mikäkin signaali lähtee tai tulee logiikalta tai logiikalle. Analogiasignaalit kulkevat barrierien läpi. Barrierin tarkoituksena on johtaa ylimääräinen sähköenergia maadoitukseen zener-diodeja, vastuksia tai sulakkeita hyväksi käyttäen. Mittaus- tai toimilaitteen ja logiikan välillä tulee olla aina barrieri, jos mittaus- tai toimilaitte sijaitsee Ex-tilassa. Näiden jälkeen luotiin väyläkuvat, josta nähtiin laitteiden sijoitus ja tarve. Kokoonpanokuvat suunniteltiin tyhjiin kaappeihin, joita oli Kemira Oyj:n tiloissa riittävä määrä. PI-kaavio piirrettiin ensin käsin fyysisesti paikan päällä, jonka jälkeen tämä tehtiin AutoCADilla ja myöhemmin hyödynnettiin käyttöliittymää tehdessä.

Ennen logiikan käyttöönottoa tuli tehdä HW-konfigurointi, jossa logiikalle kerrotaan mitä laitteita siihen on kytketty. Tässä työssä oli kaksi ohjelmoitavaa logiikkaa. 400 litraista reaktorilaitteistoa ohjanneeseen logiikkaan kytketyi kolme analogiatulokorttia, yksi analogiatulo/lähtökortti, kaksi analogialähtökorttia, yksi Profibus-väylä sekä yksi RS485-väylä. Näiden lisäksi HW-konfiguroinnissa kerrottiin tähän liittyvän Profibus-väylän kautta kaksi hajautettua I/O-asemaa sekä operointipaneeli Profinet-väylän kautta. Profibus-moduuli tarvitsee oman +24 VDC jännitteensyötön. Jäähdytyslaitteiston signaalit kytketyivät myös 400 litraista reaktorilaitteistoa ohjanneen logiikan analogiakorteille. 25 litraista reaktorilaitteistoa ohjanneeseen logiikkaan puolestaan kytketyi kaksi analogiatulokorttia, yksi analogiatulo/lähtökortti, yksi analogialähtökortti, yksi Profibus-väylä sekä yksi RS485-väylä. Näiden lisäksi konfiguroinnissa tuli kertoa, että tähän logiikkaan kytketyi Profinet-väylän kautta operointipaneeli ja



seitsemän taajuusmuuttajaa. Taajuusmuuttajille tuli ladata GSDML-tiedosto Vaconin omilta sivuilta, joka tulee englannin kielen sanoista ”General Station Description Markup Language”. Tämän lisäksi logiikoiden tuli ”keskustella” keskenään, jotta saatiin mittaustulokset ja ohjaukset molemmille operointipaneeleille. Mittaustulosten siir-  
rosta logiikalta toiselle kerrotaan lisää kohdassa 3.3. Korttien tuloille ja lähdöille an-  
nettiin symboliset nimet, jotka kuvaavat paremmin kuin pelkkä ”IW0”. Signaalien tie-  
dettiin käyttävän 4-20 mA viestiä, joten määriteltiin tämäkin HW-konfiguroinnissa.  
Valintaruutu nähdään kuvioista 7. Viestin tyyppiä voitiin valita joko +/- 2,5 V, +/- 5 V,  
+/- 10 V, 0...20 mA tai 4...20 mA.



Kuvio 7. Signaalin viestin valinta

Ohjelman toteutuksessa lähdettiin liikkeelle siitä kuinka voidaan muuntaa mittausar-  
vot haluttuun muotoon. Eli kun kentällä olevasta mittalaitteesta saatiin integer-tyyp-  
pinen luku, niin muunnettiin se vastaamaan haluttua mittayksikköä vaikkapa lämpöti-  
lamittauksessa celsiusta. Suunniteltiin myös kuinka muuntaa käyttäjän syöttämä oh-  
jausarvo kentällä sijaitsevalle toimilaitteelle. Näistä molemmista lisää kohdassa 3.3.

Työssä käytettiin kahta eri Siemensin S7-1215C logiikkaa ja ohjelma tehtiin FBD ohjel-  
mointikielellä. Näitä logiikoita olisi ollut mahdollista ohjelmoida joko SCL, LAD tai FBD  
kielellä. Käytetyistä logiikoista löytyi muistia 125 kilotavua. Logiikat yhdistettiin tieto-  
koneeseen ohjelmointia varten käyttämällä Profinet-väyliä, joita näissä logiikoissa oli  
kaksi kappaletta. Logiikoiden Profinet-väyliin yhdistettiin myös operointipaneelit,  
eWonit sekä protokollamuuntimet. 400 litraisen reaktorilaitteiston logiikan kommu-  
nikointimoduuleihin tuli Profibus-väylän kautta hajautetut I/O-asetat sekä RS485-  
väylän kautta suurin osa lämpötilamittauksista ja myös digitaalisia tuloja. 25 litraisen

reaktorilaitteiston logiikan Profibus-väylään jäi varaus suunnitelman ulkopuolelle jääneistä Profibus taajuusmuuttajista. 400 litraisen reaktorilaitteiston logiikan tavoin myös 25 litraisen reaktorilaitteiston logiikan RS485-väylään tuli lämpötilamittauksia. 25 litraisen reaktorilaitteiston logiikan Profinet-väylään tuli myös taajuusmuuttajia seitsemän kappaletta. Väyläkuva on esillä liitteessä 1, josta käy ilmi nämä laitteet. RS485-väylään tulleista mittauksista lisää kohdassa 3.3.

Suunnittelun mukaisessa työssä molemmille reaktorilaitteistoille tuli oma 15 tuumainen Siemensin operointipaneeli, jolla prosessin ohjaus onnistui. Molemmilta paneeleilta onnistui myös toisen laitteiston ohjaaminen sivua vaihtamalla. Liitteessä 2 näkyy suuremman reaktorilaitteiston (400 litraisen) operointinäyttö. Käyttöliittymien näyttösuunnitelmat tehtiin AutoCAD ohjelmalla ennen varsinaisen käyttöliittymän tekemistä. Operointipaneeliin tehtiin käyttöliittymä, josta nähtiin 25 litrainen reaktorilaitteisto (R-25), 400 litrainen reaktorilaitteisto (R-400), jäähdytyslaitteisto, koottu sivu koko järjestelmän mittauksista sekä ”Status”-sivu mistä nähtiin väyläkuva hyväksi käyttäen onko jokin yhteys poikki. Jos jokin mittaustuloksista oli epäluotettava tai esim. mittari rikki niin valvomonäytön tuli kertoa tämä punaisella viivalla mittaustuloksen päällä. Käyttöliittymien suunnittelussa otettiin huomioon myös operoijien mieltymykset ja hyväksytettiin käyttöliittymät heillä. Operoijilta saatiinkin hyvää informaatiota koskien epäolennaisia mittaustuloksia, jotka heitä vain häiritsivät entisessä valvomossa.

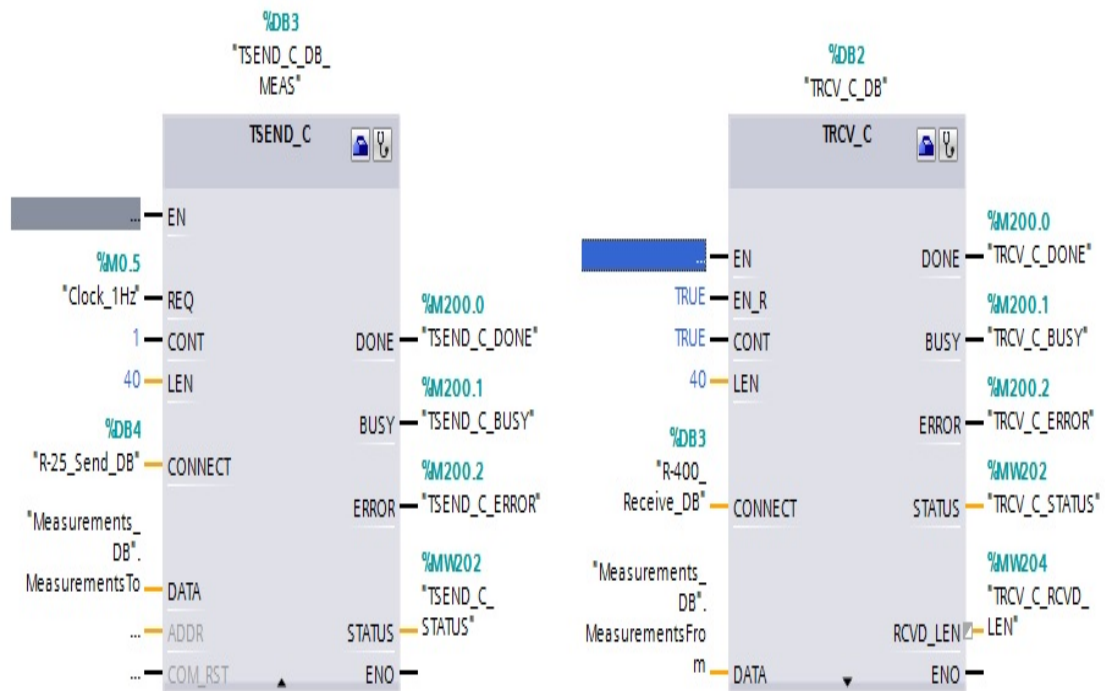
### 3.3 Mittaustulosten käsittely

Mittaustulokset tuli muuntaa luettavaan muotoon logiikkaohjelmassa. Mittalaitteilta tulevat viestit olivat 4-20mA, jolloin ne tuli muuntaa helpommin luettavaan muotoon. Tehtiin yksi toimilohko, joka oli yleispätevä kaikille mittauksille. Kuviossa 8 nähdään tämä tehty lohko. Myös ohjauksille tehtiin oma lohkonsa, jolla saatiin muunnettua operaattorin antama 0-100 arvo 4-20 mA signaaliksi toimilaitteelle.



Kuvio 8. Mittausten normiointi skaalaus

Mittaustulokset tuli siirtyä logiikalta toiselle. Tätä varten tehtiin "Program blocks"-kansion alle oma "COMM"-kansio, jossa oli tarvittavat lohkot näiden mittaustulosten siirtämiseen. Siemensissä on lohko TSEND\_C, jolla saatiin lähetettyä Ethernetin kautta dataa toiseen logiikkaan. Datan koko on välillä 1-8192 tavua. Puolestaan lohko TRSV\_C vastaanotti dataa Ethernetin kautta. Nämä lohkot ovat esillä kuviossa 9. Tehtiin omat siirrot mittauksia varten. Tässä siirrossa tuli muistaa määrittää lähetetyn ja vastaanotetun datan määrä, muuten dataa ei siirtynyt tarpeeksi. Kuviossa 9 näkyvässä esimerkissä datan määrä on 40 tavua, koska mittauksia oli 10 kappaletta ja yksi reaalityttö tarvitsee 4 tavua. Siirrot toteutettiin käyttäen siis kummankin ohjelmistossa yhtä TSEND\_C lohkoa ja yhtä TRCV\_C lohkoa. Kerrallaan voitiin siirtää kaikki mittaustulokset taulukkoa (array) käyttäen. Mittaustuloksia siirrettiin sekunnin välein hertsin taajuudella toimivan pulssin avulla.



Kuvio 9. Kommunikointilohkot TSEND\_C ja TRCV\_C

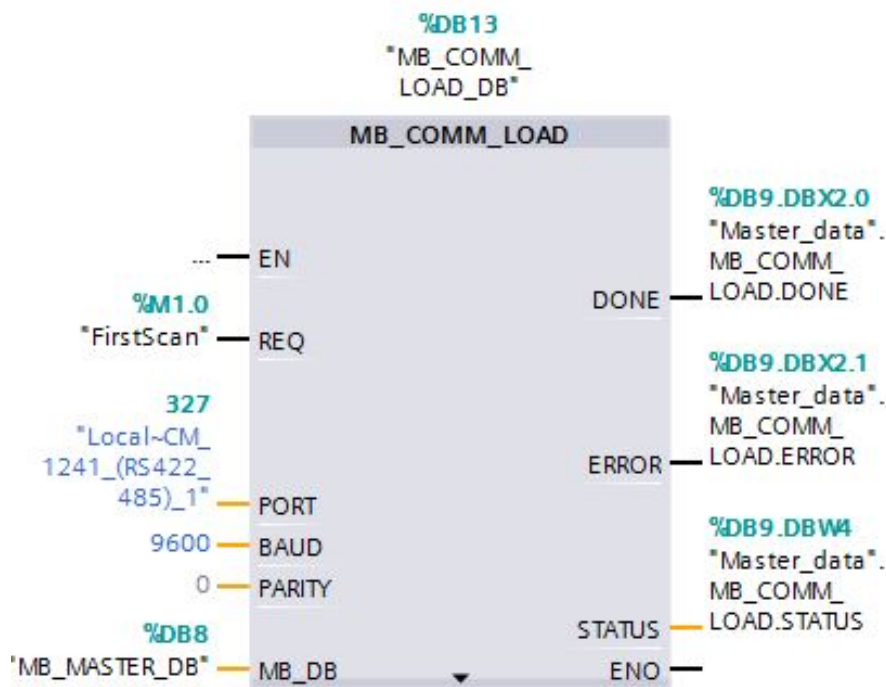
Ohjaukset siirtyivät suoraan operointipaneelilta isäntä logiikalle. Näin ohjauksia varten ei tehty omaa taulukkoa niin kuin mittauksia varten. Ensin lähdettiin tekemään tätäkin siirtoa samalla tavalla kuin mittauksia, mutta todettiin tämä erittäin vaikeaksi, koska ohjaustiedot menivät aina päällekkäin. Ohjaustiedon tuli myös päivittyä molempiin operointipaneelisiin samanaikaisesti, jotta ohjauksissa ei tullut päällekkäisyyksiä.

TSEND\_C lohkoissa sisääntuloina oli REQ, CONT ja LEN. Sisään-/ulostuloina CONNECT ja DATA. Ulostuloina DONE, BUSY, ERROR ja STATUS. REQ aloitti datan lähettämisen nousevasta reunasta, tähän laitettiin hertsin taajuudella toimiva pulssi, jotta saatiin uudet tulokset siirrettyä aina sekunnin välein. CONT tuli olla 1, tällöin se piti yhteyttä auki. LEN määritteli lähetettävän datan tavujen määrän. CONNECT kohtaan tuli valmiiksi tehty yhteys (Properties->Configuration->Connection). DATA kohtaan tuli lähetettävän datan osoite. DONE kohtaan saatiin tieto läpi menneestä lähetyksestä, BUSY kohta kertoi oliko työ vielä kesken ja ERROR kohta kertoi, jos jokin epäonnistui. STATUS kohta näytti mahdollisen virheen tiedon. (Siemens, 2014)

TRSV\_C lohkossa sisääntuloina oli EN\_R, CONT ja LEN. Sisään-/ulostuloina CONNECT ja DATA. ulostuloina DONE, BUSY, ERROR, STATUS ja RCVD\_LEN. EN\_R kohdassa tuli olla 1, jotta lohko oli valmis ottamaan dataa vastaan. RCVD\_LEN kohta kertoi kuinka monta tavua on vastaanotettu dataa. (Siemens 2014)

Kaikki mittaustulokset siirtyivät myös Kemiran verkkoon eWonin avulla. Kemiran kaikki mittaukset menivät KemConnectiin, josta voitiin helposti seurata eri mittauksia. Siemensin logiikka oli kytkettynä eWoniin Ethernet kaapelin avulla, eWon tarvitsi toimiakseen 24 VDC syötön. Laitteen virittäminen tapahtui eBuddy nimisellä ohjelmalla, jossa annettiin eWon-laitteelle IP-osoite sekä päivitettiin laitteen ohjelmisto. Jos kyseessä olisi ollut sarjatuotannossa oleva mittalaite niin olisi voitu ladata eBuddy ohjelmalla asetukset suoraan backup tiedostosta.

RS485-väylään liitetyt mittaukset tulivat kentältä multiplekserin kautta pakattuna tietona. Multiplekserillä voidaan ohjata tulevat signaalit yhteen ulostuloon. Multipleksereitä tuli toiselle logiikalle liitteen 1 mukaisesti 5 kappaletta ja toiselle yksi. Yhteen suurempaan multiplekseriin saatiin 32 sisääntuloa (mittausta) ja näillä oli yksi ulostulo (RS485) ja näitä oli tässä työssä yhteensä 3 kappaletta. Kyseessä oli siis niin sanottu 32 to 1 multiplekseri, jolla tarkoitetaan että siinä on 32 sisääntuloa ja yksi ulostulo. Multiplekseriltä tuleva RS485 signaali, joka tuotiin RS485-väylään logiikalle, pystyttiin lukemaan valmiita MODBUS-lohkoja hyväksi käyttäen. Kuviossa 10 on esillä käytetty MB\_COMM\_LOAD-lohko. Tässä lohkossa valittiin kommunikointimoduuli sekä asetettiin kommunikointiparametrit. Lohkossa myös määriteltiin yhteys joko MODBUS isäntä- tai orjalaitteeseen, joka tässä tapauksessa määriteltiin isäntälaitteeseen.

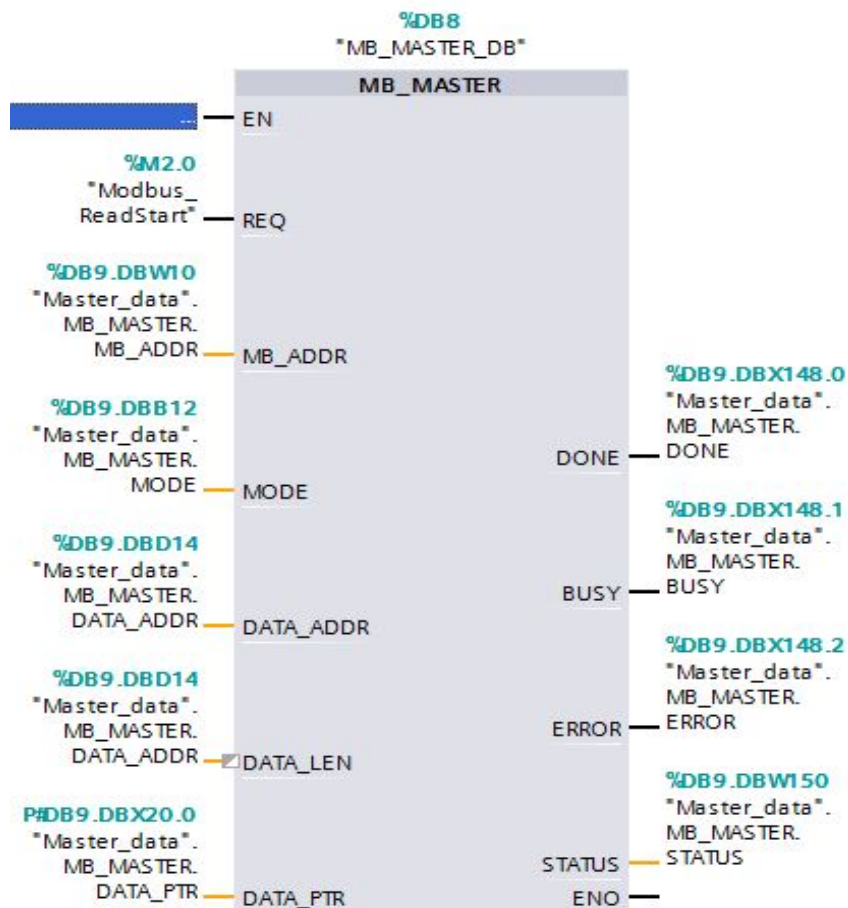


Kuvio 10. MB\_COMM\_LOAD-lohko

Tarvittavat sisääntulot tässä lohkoissa olivat REQ, PORT, BAUD sekä PARITY. Sisään-/ulostulona MB\_DB. Ulostuloina DONE, ERROR ja STATUS. REQ kohtaan tuli asettaa boolean muuttujana (true/false=1/0) aloituskäsky lohkolle, jota tässä ohjattiin muuttujalla M2.0. Muuttujaa M2.0 ohjasi 2 sekunnin pulssi ja sen resetoiti puolen sekunnin pulssi. Toiminto alkoi kun REQ kohtaan saatiin positiivinen reuna. PORT kohtaan tuli määrittää laitteiston portin numero, joka oli tässä tapauksessa 273. Tämä löytyi HW-konfiguroinnista nimellä "Hardware ID". BAUD kohdassa valittiin datan lähetysnopeus, joka oli vakiona 9600 bittiä sekunnissa, tämän tieto pystyttiin vaihtamaan multiplekserin dippi-kytkimillä. Vaihtoehtoisesti tähän voitiin määrittellä 300, 600, 1200, 2400, 4800, 19200, 38400, 57600, 76800 tai 115200 bittiä sekunnissa. PARITY kohtaan määriteltiin pariteettibitti, jota ei ollut käytössä tässä multiplekserissä. Vaihtoehtoina oli: 0=ei, 1=pariton ja 2=parillinen. Tällä siis olisi pakotettu koodaussana pariteetiltaan samanlaiseksi, eli jos koodaussanassa olisi ollut parillinen määrä ykkösiä, niin olisi käytetty pariteettia parillinen. Tämän tarkoituksena oli tarkastella koodaussanaa. Esimerkiksi tavussa 100 0110 ykkösten määrä on 3 ja jos haluttiin tästä pariteetiltaan parillinen, niin tavun eteen lisättiin "1", joten uusi sarja oli 1100 0110.

MB\_DB kohtaan tuli asettaa viite lohkon MB\_MASTER datalohkoon, joka oli luotu automaattisesti MB\_MASTER lohkon lisäyksen jälkeen. DONE kohtaan tuli tieto, jos viimeisin lohkon toiminto oli saatettu loppuun ilman virheitä. ERROR kohtaan tuli tieto, jos viimeisin lohkon toiminto oli suoritettu virheellisesti. STATUS kohta puolestaan kertoi tämän virheen koodin. Luotiin muuttujat DONE, ERROR ja STATUS tiedoille, jotta näitä voitiin tarkastella helpommin. (Siemens, N.d.)

MB\_COMM\_LOAD-lohko tarvitsi parikseen tässä työssä MB\_MASTER lohkon, joka on esitelty kuviossa 11. Tässä lohossa tarvittavina sisääntuloina olivat REQ, MB\_ADDR, MODE, DATA\_ADDR sekä DATA\_LEN. Sisään-/ulostulona DATA\_PTR. Ulostuloina DONE, BUSY, ERROR sekä STATUS. REQ, DONE, ERROR sekä STATUS vastaavat aikaisemmassa kappaleessa kerrottuja MB\_COMM\_LOAD-lohkon sisään- ja ulostuloja. MB\_ADDR kohtaan tuli kertoa MODBUS aseman (orjalaitteen) osoite. Orjalaitteen osoitteen pystyi valitsemaan multiplekserin dippikytkimillä, tässä valittu osoite oli 1. Osoitealue oli tyypillisesti väliltä 1-247, mutta laajennettu osoitealue oli väliltä 1-65535. MODE kohdassa valittiin mitä tyyppiä tämä isäntälaitte on, eli oliko tämä kirjoittamista, lukemista vai diagnostiikkaa varten. MODE kohtaan asetettiin 0, joka tarkoitti sitä että pystyttiin lukemaan mittaustulokset alueelta 30001–39999. DATA\_ADDR kertoi orjalaitteen sisältämän tiedon aloitusosoitteen, joka oli tässä tapauksessa 30015, koska siihen tuli ensimmäinen sisääntulo. Tämä aloitusosoite nähtiin kytkettävän laitteen manuaalista. DATA\_LEN kertoi bittien tai sanojen ("Word") lukumäärän. DATA\_PTR osoitti datan paikan, eli DB osoitteen minkä data tuli lukea tai kirjoittaa. BUSY kohta kertoi onko jokin isäntälaitteen toiminto vielä kesken. (Siemens, N.d.)



Kuvio 11. MB\_MASTER-lohko

### 3.4 Protokollamuuntimet

Protokollamuuntimet ovat käteviä, jos halutaan vaihtaa pelkkää signaalin protokollaa eikä koko mittauslaitetta. Protokollamuuntimella onnistutaan muuntamaan signaalit halutunlaisiksi, jolloin säästetään aikaa ja rahaa, kun ei tarvitse vaihtaa koko laitetta. Ei myöskään tarvita lisämoduuleja ohjelmoitavaan logiikkaan, jos saadaan muunnettua signaali Siemensin logiikalle sopivaksi.

Työssä tarvittiin muunninta, joka pystyisi muuntamaan kolme RS232 signaalia yhdeksi Ethernet signaaliksi. Siemensin logiikkaan ei saanut kuin kolme kommunikointimoduulia kytkettyä samaan aikaan ja tarvitsimme myös RS485 signaalille kommunikointimoduulin, joten tämän takia jouduimme etsimään protokollamuunninta.



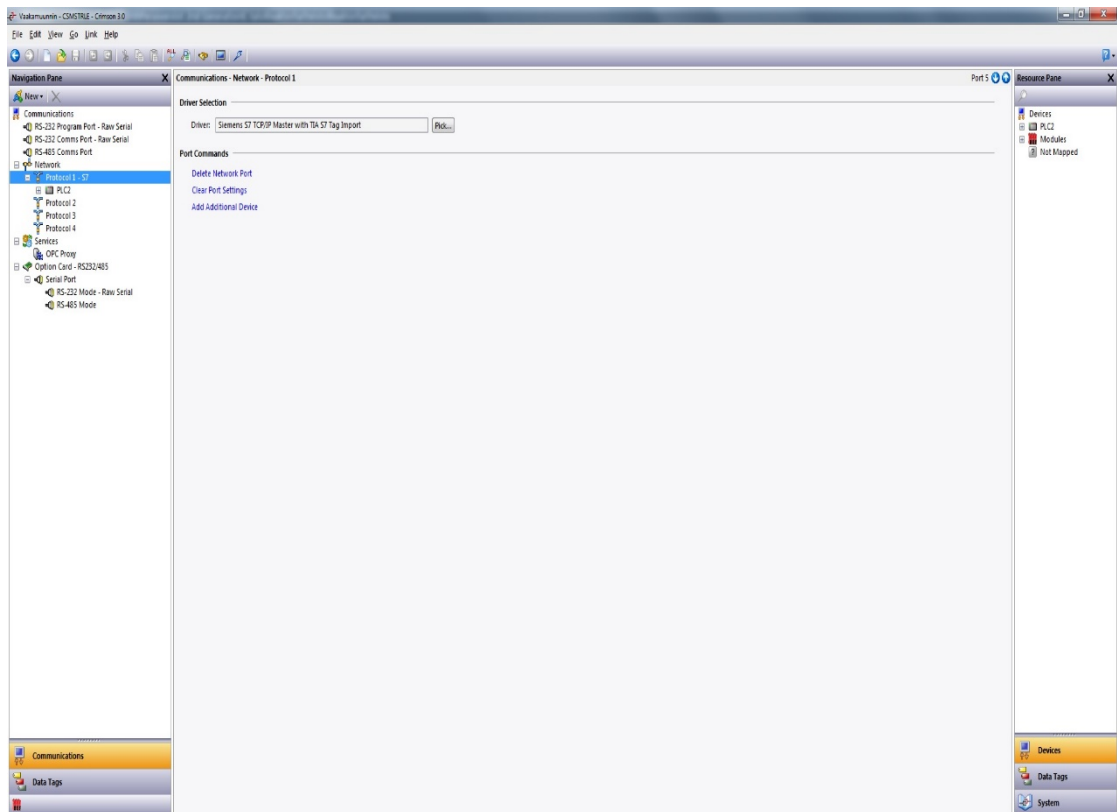
RS232:n datapaketti on kooltaan vain yhden tavun verran. Datapaketin käyttämä muisti on pieni ja niinpä sitä voidaan käyttää pienen muistitilan omaavissa laitteissa. Datapaketti alkaa START-bitillä ja loppuu STOP-bittiin. Näiden kahden avulla vastaanotin tunnistaa tavun. Tämän lisäksi viestissä voi olla pariteettibitti, joka on viimeisen bitin ja STOP bitin välissä. Tieto lähtee aina ulos lähettävän laitteen TX-pinnistä ja tulee vastaanottavan laitteen RX-pinniin.

Päätimme käyttää työssä Red Lionin CSMSTRLE mallista protokollamuunninta, koska tällä muuntimella onnistuimme muuntamaan kaksi RS232 signaalia Ethernetiin. Tähän tuli myös kiinnittää laajennuskortti XCRC, jolla saatiin tarvittava kolmas RS232 signaali muunnettua ja päästiin haluttuun tavoitteeseen. Kuviosta 12 näkyy tämä muunnin laajennuskortti kiinnitettynä. CSMSTRLE on laite, joka on suunniteltu kommunikointiin ja ohjaukseen. Tähän voidaan liittää 16 orjalaitetta samaan yhteyteen, jossa isäntälaitte jakaa virtaa näille kaikille. CSMSTRLE tarvitsee syöttöjännitteeksi 24 VDC ja syöttövirraksi 400 mA. RS232 signaalit tulivat muuntimelle RJ12 liitintä pitkin. RJ12 on tuttavallisemmin puhelinkaapeliliitin, jota käytettiin lankapuhelimissa. Vanhassa vaa'assa ulostulona oli DIN8 liitin, joten tätä varten jouduttiin tekemään oma kaapeli. Tätä varten tehdyssä kaapelissa toisessa päässä oli Red Lioniin tuleva RJ12 liitin ja kaapelin toisessa päässä vaakaan tuleva urospuolinen DIN8 liitin. Muuntimessa oli viisi eri lediä: STS, TX, RX, Ethernet sekä CF. STS ledi viestitti isäntälaitteen tilan eli "statuksen". TX ledi viestitti kun sarjaliikenteen lähetys oli käynnissä ja RX ledi puolestaan viestitti kun sarjaliikenteen vastaanotto oli käynnissä. Ethernet ledi ilmaisi Ethernetin aktiivisuuden. CF ledi puolestaan ilmaisi CompactFlash muistikortin aktiivisuuden, mikäli tällaista muistikorttia olisi käytetty. Käyttömuistia laitteella oli 4 megatavua haihtumatonta flash-muistia. Tämä tarkoittaa sitä, että ilman virransyötöäkin muistien sisältö säilyy. Kirjoitusmuistia laitteelta löytyi 2 megatavua SDRAMia, joka tulee englannin kielen sanoista "Synchronous Dynamic Random Access Memory". (Red Lion Controls, 2015)



Kuvio 12. Red Lion CSMSTRLE protokollamuunninyksikkö

Tätä muunninta varten oli oma ohjelma nimeltään Crimson 3.0, joka oli vapaasti ladattavissa Red Lionin sivuilta. Crimson 3.0 ohjelma näkyy kuviossa 13. Vasemmalla puolella ollut osaa kutsuttiin navigointi-ikkunaksi. Sieltä löytyi eri kategorioita jotka on esillä myös kuviossa (Communications, Data Tags jne.) Oikeanpuoleinen osa oli nimeltään resurssi-ikkuna ja sitä käytettiin erilaisten kohteiden hakuun ja muokkaamiseen. Keskimäinen osa oli nimeltään muokkaus-ikkuna ja tätä käytettiin nimensä mukaisesti muokkaamaan valittua kohdetta. Navigointi-ikkuna ja/tai resurssi-ikkuna voitoin piilottaa, jos haluttiin enemmän näkyvyyttä muokkaus-ikkunalle. (Red Lion Controls, 2015)



Kuvio 13. Crimson 3.0 - ohjelma

Ensimmäinen vaihe Crimsonin tietokannan määrittämisessä oli kommunikaatioporttien konfigurointi. Tähän päästiin valitsemalla navigointi-ikkunasta "Communication"-kategoria. Tämän jälkeen siirryttiin "RS232 Comm Port" valinnan ylle, jolloin muokkaus-ikkunaan avautui näkymä mistä tuli valita muunnettavan laitteen valmistaja. Crimsonista ei kuitenkaan löytynyt suoraan Mettler Toledoa, jonka vaakojen signaalia oli tarkoitus muuntaa, joten "Manufacturer"-kohta jätettiin tyhjäksi ja "System"-kohtaan valittiin "Raw Serial Port". Tällä valinnalla päästiin itse määrittelemään portin asetukset. Signaalista tuli tietää Baud Rate, Data Bits, Stop Bits ja Parity. Signaalin tiedot nähtiin Mettler Toledon manuaalista ja tässä tapauksessa ne olivat: Baud Rate 2400, Data Bits 7, Stop Bits 1 ja Parity parillinen. Laitettiin myös portin "On Update" kohtaan lähetyskäsky vaa'alle, joka tässä tapauksessa oli "ACK". Tämä sama toimenpide tehtiin kaikille kolmelle RS232 portille. Ethernet asetuksiin tuli laittaa Siemensin logiikan tiedot. Tämä määriteltiin samaa kautta kuin kommunikaatioporttien konfiguroinnissa, mutta tällä kertaa valittiin "Station Network" valinnan alta "Protocol 1". Täältä saatiin valittua valmistajaksi Siemens ja määriteltyä IP-osoite. Näiden perusasetusten jälkeen siirryttiin navigointi-ikkunassa kategoriaan "Data Tags". Tässä

ikkunassa pystyttiin luomaan "Arvonluku"-tagi, johon kirjoitettiin millä ehdoilla vaa'an arvo luetaan ja näytetään. Ensimmäiseksi syötettiin vaa'alle "SI", jotka on sarjaliikenneviestin aloituksen ensimmäiset merkit. Tämän jälkeen syötettiin vielä desimaali muodossa luvut 13 ja 10, jotka vastaavat ASCII-koodissa merkkejä "C<sub>R</sub>" ja "L<sub>F</sub>". Nämä puolestaan olivat viestin viimeiset merkit, joten itse vaa'an arvo tuli näiden väliin (SI\_\_\_\_C<sub>R</sub>L<sub>F</sub>). Näiden komentojen jälkeen luettiin viesti vaa'alta string (string= merkkijono tyyppijnen muuttuja) muodossa. Merkkijonon lukemisessa tuli määrittää portin numero mistä tietoa haetaan, viestin aloitusmerkki, viestin viimeinen merkki joka poistuu ja merkkijonon maksimipituus. Portin numeron näki Crimson 3.0 – ohjelman muokkaus-ikkunassa, kun haluttu portti oli valittuna navigointi-ikkunassa. Merkkijonoa ei kuitenkaan pystytty sellaisenaan lukemaan, vaan tarvittiin toinen funktio, jolla muutettiin se reaaliluvuksi. Merkkijonon pilkkominen reaaliluvuksi tapahtui määrittelemällä mistä kohtaa luku alkaa kun lähdetään viestin alusta liikkeelle ja kun tiedettiin että arvossa voi olla 10 merkkiä (xxxxxx,xxx) ja viestin alussa on kolme merkkiä (10+3=13), niin tähän saatiin luku 6, jonka avulla jätettiin huomiotta alkuviesti ja vaa'an arvosta 3 ensimmäistä merkkiä. Merkkijonon muuntamisessa tuli antaa myös halutun arvon pituus, joka tässä tapauksessa oli 6, koska haluttu vaa'an arvo oli maksimissaan 120,00kg. Kun konfigurointi oli valmis, voitiin muunninta käyttää tarkoituksensa mukaisesti muuntamaan RS232 signaalit Ethernetiin, eli Mettler Toledon vaaoilta Siemensin logiikalle.

## 4 Pohdinta

Lopputulena saatiin valmis tavoitteiden mukainen suunnitelma vanhan automaatiojärjestelmän korvaamiseksi. Uudessa järjestelmässä laitteistoja voidaan ohjata Siemensin operointipaneeleita hyväksi käyttäen. Uusiin valvomosivuihin tuli ekstrana ominaisuus, jonka avulla nähtiin mittaustuloksen luotettavuus. Uusiin valvomosivuihin lisäyksenä tuli myös sivu, josta nähtiin väylän yhteyksien diagnostiikka. Tässä suunnitelman mukaisessa järjestelmässä käytetään suurin osa vanhan järjestelmän laitteista, jotta saadaan hyödynnettyä niitä. Uusiin mitta- tai toimilaitteisiin ei tarvitse investoida. Vanhojen vaakojen takia tuli kuitenkin investoida protokollamuuntimiin. Myös taajuusmuuttajat tuli päivittää uudempiin, jotta saatiin Siemensille tuettu

viesti. Tavoitteiden mukaisesti luotiin dokumentointi, joka piti sisällään järjestelmän kytkentäkuvat, väyläkuvat, PI-kaaviot, kokoonpanokuvat, IO-luettelon sekä piiriluettelon. Dokumentoinnin päivittämisellä pidettiin huoli siitä, ettei tuleva asennustyö olisi liian haastava. Dokumentointi saatiin tavoitellun mukaiseksi ja se kansioitiin paperisena, sekä koottiin muistitikulle ja verkkolevyille.

Työssä suunniteltiin ja tehtiin myös valmiit sivut valvomoa varten. Projektissa tehtiin myös logiikkaohjelman muunnos vanhan ohjelman mukaisesti. Käyttöliittymän suunnittelussa käytettiin oppeja, jotka saatiin Suomen Automaatioseuran ”Valvomo”-kirjasta. Käyttöliittymä pyrittiin tekemään informatiiviseksi ja silmälle hyväksi samaan aikaan. Käyttöliittymän toteutus tehtiin suunnittelun mukaisesti, joskin hieman operoijien mieltymyksiä kuunnellen. Käyttöliittymiin tehtiin viisi sivua: 25 litrainen reaktorilaitteisto, 400 litrainen reaktorilaitteisto, jäähdytyslaitteisto, mittaussivu ja status sivu. Suunnittelun aikana tavoitteet hieman muuttuivat ja lisäinfoakin tuli saataville. Nämä hieman sekoittivat ja hankaloittivat suunnittelutyötä. Suunnittelua tehtiin päätoimisesti paikan päällä Kemira Oyj:n tiloissa.

Valmista suunnitelmaa ei testattu oikeassa ympäristössä koko prosessin osalta. Suunnitelmassa testattiin yhden vaa’an arvo protokollamuuntimen jälkeen ja multiplekse- riltä tulleet mittaustulokset. Testejä tehtiin kuitenkin simuloimalla ja niiden perusteella oltiin tyytyväisiä. Ohjelmoitavat logiikat ja muuntimet sijoitettiin kaappeihinsa ja operointipaneelit paikoilleen. Toinen operointipaneeleista sijoitettiin 25 litraisen reaktorilaitteiston viereen ja toinen operointipaneeli 400 litraisen reaktorilaitteiston valvomoon. Uusia taajuusmuuttajia ei asennettu paikoilleen. Hajautetuista I/O-ase- mista poistettiin ylimääräisiä kortteja.

Valmiin suunnitelman seurauksena tulleiden dokumenttien perusteella pystytään ot- tamaan käyttöön uusi järjestelmä. Uuden järjestelmän logiikoiden asennuksessa voi- daan hyödyntää vanhoille prosessiasemille tulleita kaapeleita, koska uusien logiikoi- den sijoitus tehtiin tämän perusteella. Dokumenteista saa selvää myös minkä bar- rierin läpi analogiasignaali kulkee ja missä tämä barrieri sijaitsee. Dokumenteissa on myös esillä sähkönjako logiikoille, protokollanmuuntimille, Profibus-moduuleille ja eWoneille. Kun asennustyöt on tehty, voidaan logiikkaohjelmat ladata Siemensin lo- giikoille TIA Portalin avulla. Samaisella ohjelmalla voidaan ladata myös käyttöliittymät

operointipaneeleihin. Molempiin logiikoihin tulevat mittaustulokset näkyvät molemmissa käyttöliittymissä. Myös ohjaukset toimivat molemmilta käyttöliittymiltä molempiin logiikoihin.

Työssä tuli paljon pohdiskeltua ja ratkottua ongelmia. Eniten ongelmia aiheutti vanhat ja toisistaan eriävät dokumentit. Osa vanhoista dokumenteista oli päivätty samalle päivälle eri tiedoilla, joten oli hankalaa tietää mikä piti paikkaansa. Tämän johdosta suunnitelmat monesti epäonnistuivat ja niinpä joutuikin ikään kuin aloittaa suunnittelun alusta. Myös protokollanmuunnos meinasi olla todella suuri kompastinkivi, koska vaakojen valmistajaa ei löytynyt suoraan muunnokseen käytetystä ohjelmasta (Crimson 3.0) ja kyseessä oli entuudestaan täysin tuntematon ohjelma. Tätä protokollanmuunnosta pohdiskeltiin eniten, jos työn jakaa jälkeinpäin osiin.

Vaa'alta ei meinattu millään saada tietoa Crimsonin näytölle saati sitten Siemensin logiikalle. Vaa'alta saatiin lukemaa vasta suunnittelun loppuvaiheilla. Aika nopeasti tämän jälkeen pystyttiin muuntamaan tämä myös oikeaan muotoon. Protokollanmuunnosta varten piti myös tehdä oma kaapeli, jonka toisessa päässä oli vaa'alle sopiva DIN8 urosliitin ja toisessa päässä Red Lionille sopiva RJ12. Pohdiskelua seurasi lisää kun modernisoitiin vain osa vanhasta automaatiojärjestelmästä, niin tuli pohtia mitä otetaan mukaan uuteen järjestelmään. Piti katsoa tarkalleen mitkä mittaukset ovat kytköksissä toisiinsa. Haastavaksi koettiin myös kesken suunnittelun tulleet lisäykset. Lisäyksenä tuli joitain mittaustietoja toisista prosesseista, joita operaattorit halusivat nähdä vielä modernisoinnin jälkeen. Näin aluksi tilatut I/O-moduulit eivät riittäneetkään loppuun asti, vaan jouduttiin tilaamaan lisää. Haastavuutta lisäsi logiikoiden välinen kommunikointi, koska tästä ei ollut aikaisempaa kokemusta. Mittaukset saatiin kuitenkin siirrettyä onnistuneesti logiikalta toiselle, kuten tavoiteltiin. Asian ratkettua tämäkin tuntui helpolta ja voidaankin todeta oppimista tapahtuneen.

Työstä opittiin paljon uusia asioita, kuten protokollan muunnosta, Logiikoiden välisestä kommunikoinnista, käyttöliittymän teosta ja itse logiikkaohjelman teosta. Käytetyistä ohjelmistakin tuli paljon hyödyllistä lisäkokemusta tulevaisuutta varten. Työssä käytettiin dokumenttien tekemiseen AutoCADiä sekä Exceliä, logiikkaohjelman ja käyttöliittymän tekoon TIA Portalia ja Red Lionin protokollamuuntimen määrittelyyn Crimson 3.0:aa.

Työn aikataulun laatiminenkin oli alussa todella haastavaa, kun ei ollut tarkkaa selvyyttä työn luonteesta ja vaatimuksista. Alussa ei osattu lähteä oikein liikkeelle, kun ajateltiin laajasti koko työtä, kun olisi pitänyt lähteä pala palalta etenemään. Työn edetessä huomattiin, ettei aina aikataulussa voitu pysyä. Aikataulu kuitenkin tarkoituksella suunniteltiin haastavaksi alkuun ja jätettiin loppuun hieman tyhjää tilaa. Tämän seurauksena tahtia kiristettiin huomattavasti työn lopussa. Aikatauluja häiritsi myös kesken kaiken tulleiden tietojen lisäys. Aikataulua eniten sotkenut aihe oli protokollamuunnin, jonka ratkaisu venyi aina viimeiselle viikolle asti.

Kehitysideana tuli 400 litraisien reaktorilaitteiston valvomisen parantaminen, koska nykyisestä valvomosta ei nähdä laitteistoa. Räjähdyssuojatun (ATEX) kameran lisääminen reaktorilaitteiston läheisyyteen parantaisi prosessin seuraamista. Kameran avulla voitaisiin varmistua, ettei vaan laitteiston lähellä ole ihmisiä. Kameran avulla voitaisiin myös varmistua käsiventtiilien asennosta.

## Lähteet

Annual Report 2014. 2015. Kemira. Internet-osoite. Viitattu 21.12.2015.

<http://www.kemira.com/SiteCollectionDocuments/newsroom/publications/annual-reports/2014/kemira-annual-report-2014.pdf>

ATEX Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus. 2015. Tukes. Internet-osoite. Viitattu 19.11.2015.

[http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset\\_aineet/esitteet\\_ja\\_oppaat/ATEX\\_opas.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_oppaat/ATEX_opas.pdf)

Automaatiosuunnittelun prosessimalli. 2007. Helsinki: Suomen Automaatioseura. Verkkojulkaisu. Viitattu 11.12.2015. <http://www.automaatioseura.fi/ANTI-2.pdf>

Crimson 3 User Manual revision 2.9. 2015. Red Lion Controls. Manuaali. Viitattu 11.1.2016. [http://files.redlion.net/filedepot\\_download/1288/4198](http://files.redlion.net/filedepot_download/1288/4198)

Kemira in Brief. 2015. Kemira. Internet-osoite. Viitattu 20.11.2015.

<http://www.kemira.com/SiteCollectionDocuments/newsroom/kemira-facts/kemira-fact-sheet.pdf>

Konserni. N.d. Kemira. Internet-osoite. Viitattu 24.11.2015.

<http://www.kemira.com/fi/konserni/sivut/default.aspx>

MODELS CSMSTRLE – ENHANCED MODULAR CONTROLLER SERIES MASTER. 2015. Red Lion Controls. Tuotemanuaali. Viitattu 10.1.2016.

[http://files.redlion.net/filedepot\\_download/213/3817](http://files.redlion.net/filedepot_download/213/3817)

S7-1200 Programmable controller. 2014. Siemens. Verkkojulkaisu. Viitattu 18.12.2015. [http://www.sivart.siv-art.net/s71200\\_system\\_manual.pdf](http://www.sivart.siv-art.net/s71200_system_manual.pdf)

Siemens TIA Portal V13 sisäinen manuaali. N.d. Viitattu 10.1.2016.

Taajuusmuuttajat. N.d. JAO. Internet-osoite. Viitattu 20.12.2015.

<http://blogit.jao.fi/sahkonet/kappaletavara-automaatio/taajuusmuuttajat/>



Vacon 100 Application Manual. 2014. Vacon. Manuaali.

[https://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id\\_4352/cf\\_2/Vacon-100-Application-Manual-DPD00927F-UK.PDF?635270359304000000](https://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_4352/cf_2/Vacon-100-Application-Manual-DPD00927F-UK.PDF?635270359304000000)

Vacon 100 asennusopas. 2012. Vacon. Verkkojulkaisu. Viitattu 30.12.2015.

[http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id\\_4796/cf\\_2/Vacon-100-HVAC-Installation-Manual-DPD00504G-FI.PDF](http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_4796/cf_2/Vacon-100-HVAC-Installation-Manual-DPD00504G-FI.PDF)

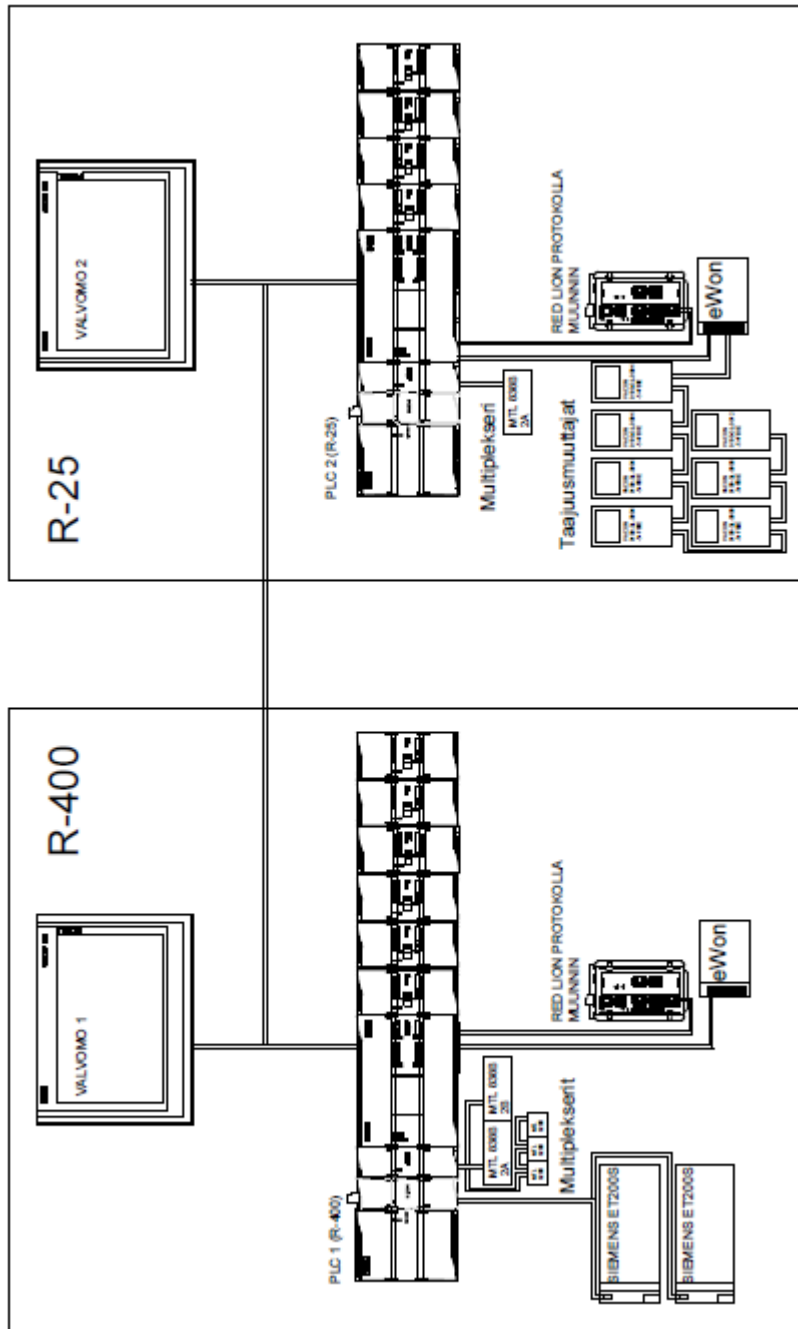
Vacon 100 Integrated Profinet IO Installation Manual. 2013. Vacon. Manuaali.

[http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id\\_4855/cf\\_2/Vacon-100-Profinet-IO-Installation-Manual-DPD01031.PDF?634977390328100000](http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_4855/cf_2/Vacon-100-Profinet-IO-Installation-Manual-DPD01031.PDF?634977390328100000)

Valvomo – Suunnittelun periaatteet ja käytännöt. 2010. Suomen Automaatioseura. Helsinki: Copy-Set. Viitattu 17.12.2015.

## Liitteet

Liite 1. Järjestelmän väyläkuva.



Liite 2. 400 litraisen reaktorilaitteiston käyttöliittymä.

