

# QR koodilukijan integrointi kemikaalien turvalliseen annosteluun.

LAB-Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Konetekniikka

2023

Roman Valtonen

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Roman, Valtonen	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 50	Valmistumisaika 2023
Työn nimi <b>QR koodilukijan integrointi kemikaalien turvalliseen annosteluun.</b>		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajaorganisaatio Jani Lundqvist, teknologiajohtaja, omistaja, TAS - Power Oy Jukka-Pekka Sirviö, Manager, Kemira Oyj		
Tiivistelmä <p>Oppinäytetyön aiheena on kemikaalien purkutyön turvallistaminen rakentamalla automaatiojärjestelmä, jossa hyödynnetään QR-koodilukija. Projekti suunnitellaan ja automatisoidaan asiakkaan vaatimuksien mukaisesti. Kemikaalien sekoittamiseen liittyvät riskit analysoidaan ennen projektin suunnittelua. Riskien analysointia käytetään laitteen turvatoimintojen ohjelmoinnissa. Projektin kemikaalien nimityksissä yrityksenpyynnöstä on käytetty nimiä Kemikaali 1 ja Kemikaali 2.</p> <p>Kemikaalien syöttölaitteen säiliöt on asennettu alustaan, jossa on tilaa kahdelle säiliölle. Ohjausyksikössä on painonappeja, QR-koodilukija ja HMI-näyttö, joilla sallitaan ja säädetään kemikaalien syöttöä. Kemikaalien syöttöä hallitaan PLC logiikan ohjauksella venttiileillä. Venttiilien tila osoitetaan indikaattorien avulla.</p> <p>Projektin suunnittelu on monivaiheinen ja sisältää ohjausyksikön sähkökuvien suunnittelun, alustan suunnittelun, logiikan ohjelmoinnin, käyttöliittymän muotoilun ja projektin dokumentoinnin.</p> <p>Työ toteutetaan käyttäen asiakkaan valitsemia komponentteja. Projektissa on mahdollista tuoda esille kehitysideoita ja vaihtoehtoisia komponentteja.</p> <p>Oppinäytetyö kehitti ymmärtämistä koodilukijan toiminnasta ja kommunikointi protokollista. Tämän lisäksi opin käyttämään erilaisia sähkö- ja automaatio suunnittelu ohjelmia projektin kehityksen aikana.</p> <p>Asiakkaan toiveet projektin kehityksessä olivat prioriteetissa. Projektin jatkuva kehitys ja ongelmatilanteiden ratkaiseminen mahdollisti kehittämään toimiva kokonaisuus, joka vastasi asiakkaan tarpeita ja odotuksia.</p>		
Asiasanat Kemikaalit, ohjausyksikkö, PLC, QR- koodilukija		

## Abstract

Author(s) Roman, Valtonen	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2023
	Number of Pages 50	
Title of Publication <b>QR-code reader integration for chemical safe dispensing of chemicals</b>		
Degree, Field of Study Bachelor of engineering, Mechanical Engineering		
Name, title and organization of the client Jani Lundqvist, Chief technology officer, owner, TAS – Power Oy Jukka-Pekka Sirviö, Manager, Kemira Oyj		
Abstract <p>The subject of the thesis is the safety improvement of chemical dismantling work by building and automation system utilizing QR-code reader. The project is the risks associated with mixing chemicals are analyzed before planning a project. Risk analysis is used in the programming of the safety functions of the device. Due to the agreement with the customer, the names of the chemicals are being referred to as Kemikaali 1 and Kemikaali 2.</p> <p>The chemical dismantling containers are mounted on the platform with space for two different chemicals. The control unit includes push buttons, QR code reader and an HMI display, which allows user to regulate and control the feeding of the chemicals. Chemicals feeding is regulated by the valves which are connected to the PLC unit. The status of the valves is indicated by the light indicators.</p> <p>The design of the project is multiphased and includes the design of the electrical diagrams of the control unit, the design of the platform for the control unit and design of the HMI and documentation.</p> <p>The project is carried out using the customers specified components. In the project it is possible to offer further development ideas and components.</p> <p>The thesis developed my understanding of the operation of a code reader and communication protocols. In addition, I have learned to use various electrical and automation design software during the project development.</p> <p>Customer requirements were a priority in the development of the project. Continuous development of the project and problem resolving allowed to create a functional solution that met the customers' needs and expectations.</p>		
Keywords Chemicals, control unit, PLC, QR - code reader		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Kemira, TAS-Power yrityksen esittely.....	2
2.1	Kemira .....	2
2.2	TAS-Power .....	3
2.3	Ohjauskeskusten suunnittelu vaiheet .....	4
2.4	Tuotantoprosessin esittely.....	5
3	Projektin toiminnallinen kuvaus .....	7
3.1	Projektin kuvaus .....	7
3.2	Laitteen kuvaus .....	7
3.3	Laitteen käytön kuvaus.....	9
4	Teoriatausta.....	11
4.1	QR – koodi .....	11
4.2	PLC – ohjelmitava logiikka .....	12
4.3	Viiva- ja QR-koodin skanneri.....	14
4.4	Fieldbus gateway device .....	16
4.5	Profinet IO .....	17
4.6	RS232 .....	18
4.7	Handshaking .....	20
4.8	Käyttöliittymä .....	21
5	Järjestelmän toteutus .....	22
5.1	Autocad Sähkökuvien suunnittelu .....	22
5.2	Koodilukijan ohjelmointi.....	33
5.3	PLC – logiikan ohjelmointi.....	36
5.4	Käyttöliittymän toteutus .....	44
6	Tulokset ja johtopäätös.....	46
6.1	Tulokset.....	46
6.2	Johtopäätös.....	47
	Lähteet.....	48

## **Käsitteet ja lyhenteet**

A/D – Analog/Digital – Analogisen signaalin muuttaminen digitaaliseksi signaaliksi

ASCII – American Standard Code for Information Exchange – Amerikkalainen standardikoodi tiedonvaihtoon

CCD – Charge coupled device – Elektroninen kuva-anturi

CTS – Clear to Send – Valmius vastaanottaa dataa

DCE – Data Communication Equipment – Viestintälaite

DIN – Deutsches Institut für Normung – Saksalainen standardointi instituutio

DTE – Data Transmission Equipment – Tiedonsiirtolaite

HMI – Human machine interface – ihmisen ja koneen välinen käyttöliittymä

PLC – Programmable logics controller – Ohjelmoitava looginen kontrolleri

QR-Code – Quick Response Code – Nopean vastauksen koodi

RS-232 – Recommended Standard 232 – Sarjaväylästandardi

RTS – Request to Send – Lähetyspyyntö

RXD – Receive data – Vastaanotettu dataa

TXD – Transmit data – Lähetys dataa

VAC – Volts alternating current – Vaihtosähkö

VDC – Volts direct current – Tasasähkö

## 1 Johdanto

Oppinäytetyön tavoitteena on suunnitella ja kehittää asiakkaalle ohjausyksikön kemikaalien purkuun annetun toimintakuvauksen mukaisesti. Pää tavoitteena on integroida QR-koodilukija ohjauskeskukseen ja muodostaa kommunikointi PLC:n ja kenttäväylän välillä. Projektin kehitys tapahtuu useassa vaiheessa, ja kehityksen aikana on mahdollista ehdottaa komponentteja ja kehitysideoita, jotka sopivat tehtävän toteutukseen paremmin, kuin asiakkaan antamat tekniset tiedot.

Projektin tarkoitus on luoda turvallinen järjestelmä kemikaalien purkuun ottaen mahdolliset käyttöriskit huomioon. Projektin ulkopuolella oli tehty riskianalyysi ja sen toteutus auttoi selvittämään mahdolliset riskitilanteet sekä auttoi ohjausyksikön ohjelmoitavan logiikan ohjelmoinnissa.

Projektissa käytetään Siemens 1200 - sarjan ohjelmoitavaa logiikka, KTP700 - ohjauspaneelia ja SICK - kenttäväylä. Ohjelmoitava logiikka ja näyttö pysyvät projektin kehityksen aikana muuttumattomana, muut komponentit on mahdollista vaihtaa vastaaviin komponentteihin. QR-koodilukijan dataa siirretään ohjelmoitavan logiikkaan käyttäen SICK:n CDF600 2200 kenttäväylä. Siemensin logiikka ja käyttöliittymä ohjelmoidaan TIA Portal v17 ohjelmointi ympäristössä. Sähkökuvien ja ohjausyksikön alustan suunnittelua toteutuu AutoCAD LT ohjelmalla.

## 2 Kemira, TAS-Power yrityksen esittely

### 2.1 Kemira

Kemira on suomalainen yritys, joka perustettiin vuonna 1920 ja alun perin keskittyi lannoitteiden valmistukseen suomalaisille maanviljelijöille. Nykyään Kemira on yksi maailman johtavista kemikaaliratkaisuja valmistavista yhtiöistä, jotka palvelevat runsaasti vettä käyttäviä teollisuudenaloja. Yrityksellä on yli 40 tuotantolaitosta yli 40 maassa, ja sen tuotteita myydään yli 100 maassa. Kemiran liiketoiminta on jaettu kahteen asiakassegmenttiin: Pulp & Paper- segmentti, joka muodostaa noin 55 % konsernin liikevaihdosta, ja Industry & Water- segmentti, joka muodostaa noin 45 % liikevaihdosta. Vuonna 2022 Kemiran liikevaihto oli noin 3,6 miljardia euroa ja henkilöstön määrä noin 5000. (Sirviö 2023.)

Kemira korostaa turvallisuuden merkitystä toiminnassaan. Yritys on sitoutunut toimimaan turvallisesti ja vastuullisesti sekä vähentämään ympäristövaikutuksiaan. Turvallinen tuotanto ja tuotteiden turvallinen käyttö koko elinkaaren ajan ovat keskeinen osa Kemiran toimintaa. Yrityksen liiketoiminta on riippuvainen prosessien turvallisuudesta tuotantolaitoksilla ja laadukkaiden tuotteiden toimittamisesta asiakkaille ajallaan ja ilman ongelmia. Kemira panostaa myös asiakkaiden koulutukseen, jotta he ymmärtävät, miten yrityksen tuotteita tulee käsitellä ja varmistaa, että lopulliset kuluttajatuotteet olisivat turvallista käyttöä. Kemira pyrkii käyttämään kehittyviä parhaita käytäntöjä ja uusia innovaatioita jatkuvasti toimintansa parantamiseksi. (Sirviö 2023.) Kuvassa 1 nähdään Kemiran yrityksen toimitilat.



Kuva 1. Kemiran toimitilat (Kemira Oyj)

## 2.2 TAS-Power

TAS – Power, jonka toimiala on teollisuusautomaation sähköistys, on suomalainen perheyrittäjä, joka perustettiin vuonna 1992 Espoossa. Vuonna 2022 tapahtui yrityksen laajentaminen ja toimitilan vaihto. Yrityksen nykyinen sijainti on Kirkkonummen Kiilatiellä. Yrityksen on perustanut Lars Lundqvist, nykyinen yrityksen omistaja ja projektienjohtaja on Jani Lundqvist.

TAS – Powerin toiminta perustuu teollisuusautomaation ohjauskeskusten suunnittelun ja valmistuksen. Ohjauskeskukset valmistetaan kemianteollisuuteen, meriteollisuuteen, laitevalmistajille, voimalaitoksille ja pienemmän kokoluokan yrityksille. Ohjauskeskukset valmistetaan IEC 61439 standardin mukaisesti. Standardi määrittelee käyttö – olosuhteet, rakennusvaatimukset, tekniset tunnusmerkit ja todentamisvaatimukset pienjännitekeskuksille. (Lundqvist 2022.)

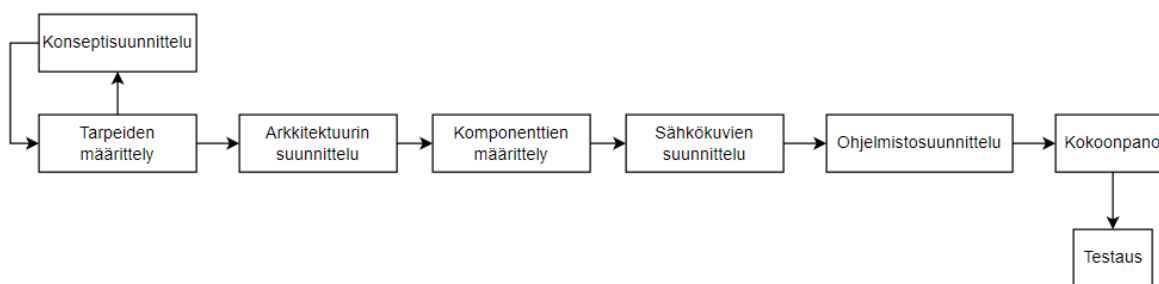
TAS - Powerin tuotannossa työskentelee 20 henkilöä ja suunnittelupuolella 6 henkilöä. Suunnittelu puolella on automaatio suunnittelijoita, sähkösuunnittelijoita ja ohjelmoijia. Tuotannossa olevat henkilöt ovat koulutukseltaan sähkö ja automaatioasentajia. Sähköasentajien vastuualueille kuuluu myös ohjauskeskusten käyttöönotto. Testausosastolla olevat henkilöt vastaavat laitteiston testaamisesta ja testaus tuloksien dokumentoinnista. Kuvassa 2 nähdään TAS-Powerin yrityksen toimitilat.



Kuva 2. TAS – Power Oy toimitilat (Lundqvist 2022)

## 2.3 Ohjauskeskusten suunnittelu vaiheet

Ohjauskeskusten suunnittelu alkaa asiakkaan toimintakuvauksen käsittelystä ja komponenttien määrittelystä. Komponentteja määritellään ottaen huomioon käyttöolosuhteet, saatavuudet, käyttötarkoitukset ja toimitusajat. Komponenttien määrittelyn jälkeen alkaa sähkökuvien suunnitteluvaihe. Sähköinsinööri analysoi automatisoitavan laitteen ominaisuuksia ja tekee sähkökuvia analysoidun datan perusteella. Automaatiosuunnittelija tai ohjelmoija tekee sekvenssikaavion yhteistyössä sähkösuunnittelijan kanssa. Sekvenssikaavion jälkeen alkaa ohjelmakoodin arkkitehtuurin suunnittelu ja koodin toteutus. Kuviossa 1 näkyy projektien suunnitteluvaiheet.



Kuvio 1. TAS-Powerin projektien kehitysvaiheet

Sähkökuvien suunnittelu alkaa tyypillisesti 690–230 VAC komponenttien sijoittelulla pääjännitekaavioon. Se sisältää mm. pääkytkimiä, VAC - VDC tehonlähteitä, vikavirtasuojia, pistorasioita ja ulkopuolisia ohjausyksikön kautta ohjautuvia korkeajännitepuolen kenttälaitteita. Pääjännitekaavion jälkeen suunnitellaan verkkodiagrammia laitteiden välillä. Verkkodiagrammi sisältää ohjausyksikön sisäisiä älylaitteita kuten ohjelmoitavan logiikan, operointipaneelin, Ethernet verkkokomponentit, taajuusmuuntajat ja älylaitteiden välisen kommunikointi kaapeloinnin. Verkkodiagrammin jälkeen toteutetaan 24 VDC ohjauslogiikan tulo/lähtö signaalien määrittelyt.

Pohjapiirustus eli komponenttien ja ohjauskeskukseen ulkopuolelta tulevien johdinten ja kaapeleiden sijoitus ohjausyksikössä tapahtuu suunnittelun lopussa. Komponentteja sijoitetaan DIN kiskoihin ottaen huomioon komponenttien fyysiset mitat ja asennuksen kannalta optimaaliset etäisyydet. Sähkösuunnittelijan tekemä ohjausyksikön käytettyjen komponenttien komponenttilista lisätään sähköpiirustukseen ja listaa käytetään hyödyksi myös komponenttien tilauksessa. Kuviossa 2 nähdään sähkökuvien kehitysvaiheita.



Kuvio 2. Sähkökuvien kehitysvaiheiden järjestys.

Yrityksen käytetyimmät komponentit ovat yhteistyökumppanin Schneider Electric:in tarjoamat ohjelmoitavat logiikat, kytkimet, vikavirtasuojat ja ohjauspaneelit. Asiakkaan määriteltyjen muiden valmistajien komponenttien käyttö on mahdollista projektikohtaiseksi esimerkiksi Siemens, Phoenix – Contact, Ifm ja ABB.

## 2.4 Tuotantoprosessin esittely

Ohjausyksikön valmistus perustuu sähkösuunnittelijan tekemään sähköpiirustukseen. Sähköasentajan/kokoonpanijan tehtävä on toteuttaa ohjausyksikön kokoonpanon sähkökuvien mukaisesti. Ongelmien sattuessa kokoonpanijan on otettava yhteyttä sähkökuvien suunnittelijaan tilanteen ratkaisemiseksi.

Ohjausyksikön kokoonpano alkaa asennuslevyn purkamisesta kytkentäkaapista ja DIN kiskojen asentamisesta määritetyille paikoille. DIN kiskojen asentamisen jälkeen kokoonpanija sijoittaa tuotelistalla olevat komponentit ja numeroi komponentit vastaavasti. Johdotuksessa asentaja haaroittaa johtoja kaapelikouruissa ja kytkee johtimet komponentteihin ja riviliittimiin. Asentajalla on vapaus päättää johdinten optimaalista sijoittelusta ja pituudesta kaapelikouruissa.

KytKentäkaapin pohjapiirustus sisältää etukannessa ohjauspainikkeita, kytkimiä ja operointipaneelin. Ohjauskomponenttien asennus etukannessa vaatii rei'ityksen. Asentaja toteuttaa rei'ityksen pohjapiirustuksessa olevien ohjauskomponenttien välisten mittojen perusteella. Rei'ityksen jälkeen asentaja sijoittaa kootun pohjalevyn kytkentäkaapin sisään ja lähettää ohjausyksikön testausosastolle.

Testausvaiheessa koulutettu sähköasentaja testaa ohjausyksikön jokaisen tulo ja lähtöpisteen yleismittarin avulla, tarkistaa sähkökuvien mukaisen kytkennän ja dokumentoi mahdolliset ongelma kohdat tarkistuspöytäkirjalle. Kuvassa 3 näkyy QR-koodilukijan valmistus prosessi.



Kuva 3. QR-koodilukijan kokoonpano tuotantolinjalla (TAS-Power Oy)

### 3 Projektin toiminnallinen kuvaus

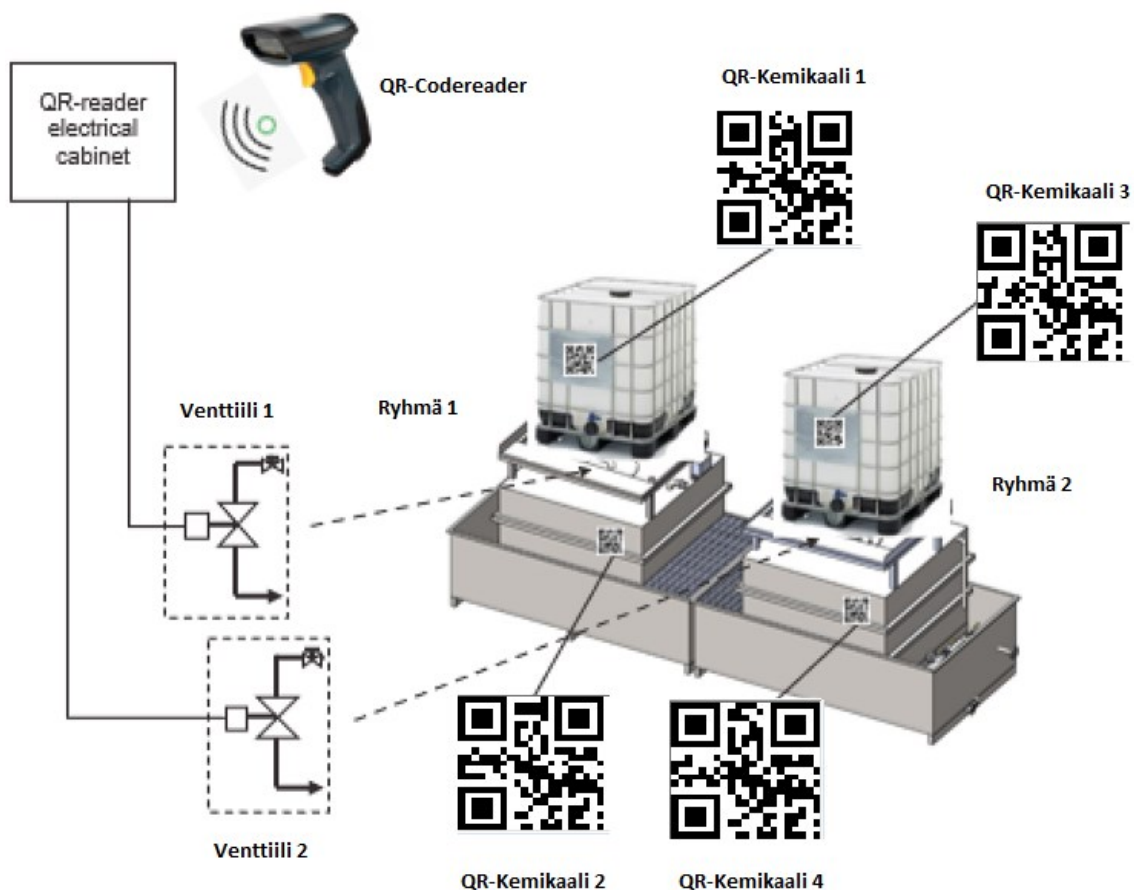
#### 3.1 Projektin kuvaus

Projektin ideana on integroida QR-koodilukija kemikaalien turvalliseen purkuun. Turvallisuusnäkökulmasta päämääränä on estää väärin kemikaalien sekoittuminen keskenään. Yleisesti, kun kyseessä ei ole bulk-toimitus, kemikaalit toimitetaan asiakastehtaalle IBC-säiliöissä. IBC-säiliöt puolestaan puretaan manuaalisesti niille varattuihin varastosäiliöihin pumppaamalla tai valuttamalla. Tähän purkutoimintoon sisältyy inhimillinen riski, jossa käyttäjä voi epähuomiossa purkaa IBC-säiliön väärään varastosäiliöön.

Väärin kemikaalien sekoittaminen voi aiheuttaa vaarallisia kemikaalisia reaktioita, jotka voivat aiheuttaa käyttäjille ja henkilöstölle terveysriskejä. Projektissa suunnitellaan ohjausyksikkö, joka antaa käyttäjille vaiheittaiset ohjeet toimintojen ohjaukseen. Jokaista vaihetta seurataan ja poikkeuksellisen toiminnan sattuessa ongelmasta tulee viesti käyttöpaneelille. Venttiilien ohjaus rajoitetaan vikatilanteessa.

#### 3.2 Laitteen kuvaus

Kemikaalien sovellus sisältää yleensä yhden tai kaksi säiliöparia (IBC ja varastosäiliö). Jokainen säiliöpari muodostaa ryhmän. Kemikaalisäiliöiden kylkeen on tulostettu QR-koodit, jotka ovat jokaiselle säiliölle yksilöllisiä. QR-koodit sisältävät kemikaaleista yksilöidyn tiedon. QR-koodilukijan tehtävä on lukea kemikaalisäiliöissä olevat QR-koodit. QR-koodilukija integroidaan ohjausyksikköön kytkentäkaapin sivulle. Koodilukijan latausasemalta kommunikointi toteutetaan Ethernet kaapeloinnin ja 230/12 V muuntajan avulla. Ethernet kaapelin kautta siirrettään luettu data ASCII - muodossa ohjausyksikön ohjelmoitavaan logiikkaan. Kuvassa 4 nähdään kemikaalien purkujärjestelmä ja QR-koodilukija.



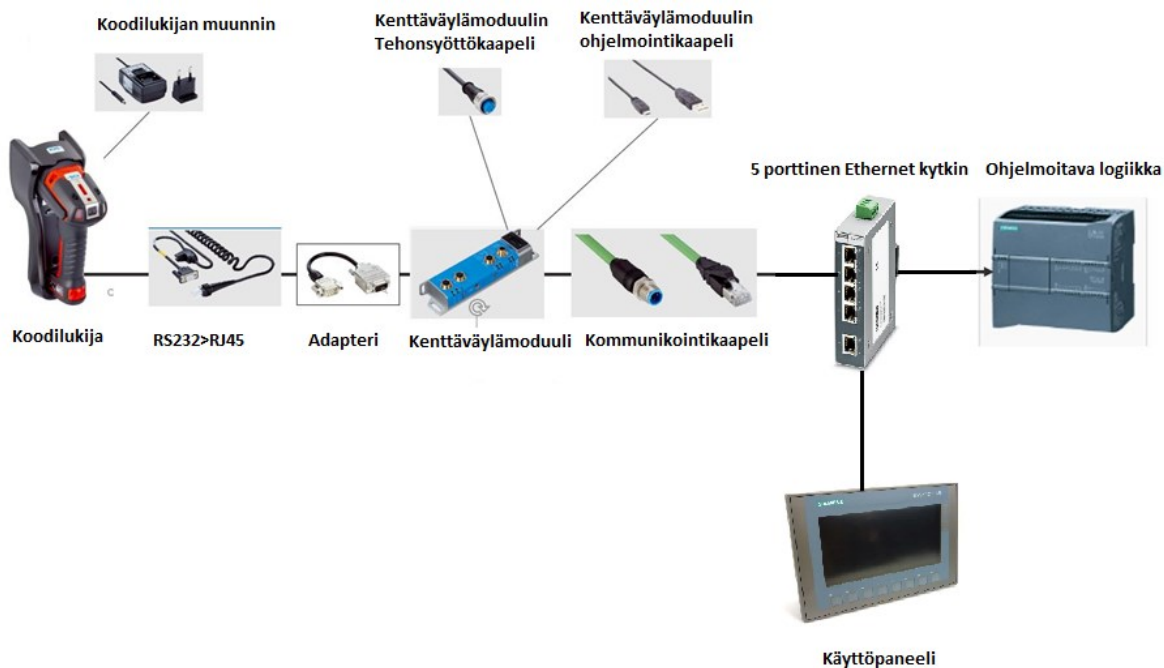
Kuva 4. Kemikaalien purkujärjestelmä sisältäen QR-koodilukija ja ohjausyksikkö.

Ohjausyksikön sisältämä ohjelmoitava logiikka, prosessoi QR- koodilukijasta saadun datan ja antaa käskyjä keloille, jotka ohjaavat venttiilejä auki tai kiinni. Ohjausyksikössä oleva käyttöpaneeli visualisoi laitteessa tapahtuvat prosessit. Käyttöpaneelin valikot on jaettu neljään osaan, joista jokainen osa sisältää laitteen ohjaukseen tai prosessien visualisointiin liittyviä toimintoja.

Pääruudulla olevat elementit sisältävät QR-koodilukijan I/O kenttiä, joihin käyttäjä skannaa tai kirjoittaa QR-koodeja. Pääruutu on tehty mahdollisimman selkeäksi ja minimalistiseksi. Ruudun yläpuolella on yksittäinen I/O kenttä, joka näyttää käyttäjälle skannattujen QR-koodien tilat ja ohjaa käyttäjää prosessissa eteenpäin. Asetussivun sisältö on jaettu neljään osaan: QR-koodien opetustilaan, anturien asetussivuun, QR-koodien muistipaikkaan ja järjestelmän asetussivulle.

Asetussivulle pääsy on tarkoitettu koulutetulle henkilöstölle. Peruskäyttäjän pääsy on rajoitettu pääsivulle, historiavalikkoon ja hälytysvalikkoon. Asetussivulla käyttäjä pystyy

säätämään venttiilien aukioloajat, QR-koodien välisen skannausajan, maksimi käyttöajan ja analogisten anturien skaalauksen. Kuvassa 5 näkyy älylaitteiden kytkentä ohjausyksikössä.



Kuva 5. QR-koodilukijan, kytkimen, ohjelmoitavan logiikan ja käyttöpaneelin välisen kytkennän visualisointi

### 3.3 Laitteen käytön kuvaus

Laitteen käyttö alkaa IBC-säiliön asentamisesta sille tarkoitetulla säiliöpaikalle. Tämän jälkeen käyttäjä valitsee käyttöliittymän päävalikossa halutun säiliöryhmän ja painaa ryhmää vastaavaa painiketta näytöllä. Kun säiliöryhmä on valittu, käyttäjä skannaa säiliöiden QR-koodit. Jos skannatut QR-koodit poikkeavat isäntä QR-koodeista, jotka oli opetettu laitteelle käyttöönoton aikana tai parametroinnin aikana, niin laite menee virhetilaan ja ilmoittaa käyttäjälle ongelmasta. Onnistuneen skannauksen jälkeen, jos QR-koodit vastaa isäntäkoodeja niin laite antaa luvan kemikaalien purkuun IBC-säiliöstä toiseen kemikaalisäiliöön. Kun järjestelmä on antanut luvan aloitukselle, PLC ottaa mahdolliset estot pois ja antaa etupaneelilla olevalla painonapin indikointivalolle signaalin syttyä vihreäksi. Vihreä indikointi tarkoittaa, että järjestelmä on valmis avaamaan säiliöryhmän vastaavan venttiilin. Painonapin indikoinnin syttymisen jälkeen käyttäjä painaa kyseistä painonappia ja aktivoi paineventtiilin kelan, joka avaa purkuventtiilin. Purkuventtiilin avaamisen jälkeen alkaa kemikaalin purku IBC-säiliöstä, ja käyttöliittymässä sekä etupaneelilla olevat indikointi valot alkavat vilkkua noin yhden Hz taajuudella. Vilkkuminen indikoi, että kemikaalien purkuprosessi on käynnissä. Venttiileillä on myös tilatietoindikointi. Jos venttiili aukeaa, sen päällä oleva

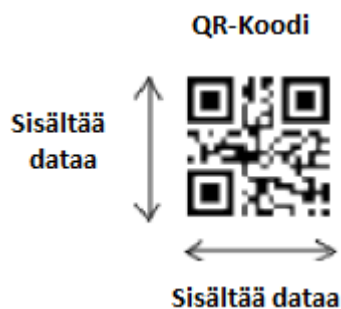
indikointivalo syttyy vihreäksi, jos venttiili on kiinni, indikointi on pois päältä. Käyttäjä voi laittaa purkuventtiilin kiinniasentoon joko painamalla vilkkuvasta painonapista uudelleen tai jos maksimi aukioloaika venttiilille tulee täyteen.

## 4 Teoriatausta

### 4.1 QR – koodi

QR- koodi on Japanilaisen Denso Wave:n keksimä kaksi ulotteinen optinen koodi, johon on mahdollista koodata dataa. QR-koodin voi skannata QR-koodilukijan tai puhelimen kameran avulla. QR-koodeja käytetään erilaisten tietojen, kuten URL- osoitteiden, yhteistietojen tai tuotetietojen tallentamiseen. (Winter 17,18.)

Perinteiseen yksiulotteiseen viivakoodiin verrattuna QR-koodi eroaa tiedon tallennuksen niin, että koodattu dataa on sekä pysty että vaakasuunnassa. Se mahdollistaa suuremman data määrän tallentamisen QR-koodiin. QR-koodi voi sisältää 4 296 merkkiä tietoa. Tiettyissä tilanteissa merkkien määrä on riittämätön, joten QR-koodiin voi käyttää hyper- linkkinä internet sivuille. (Winter 18, 20.) Kuviossa 3 näkyy 2-ulotteinen QR-koodi.

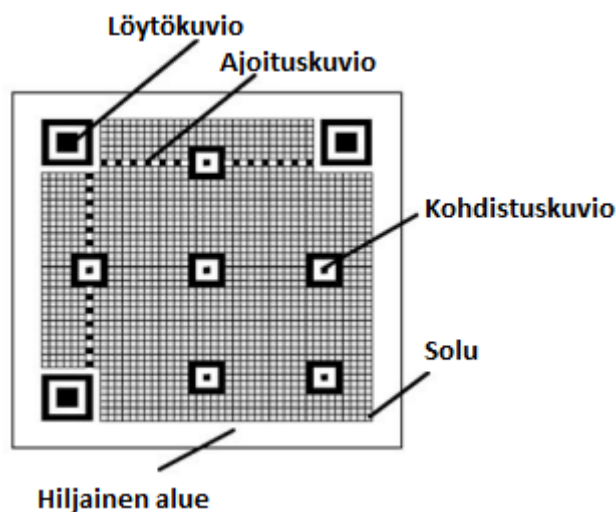


Kuvio 3. Kaksi ulotteinen QR-koodi, sisältää dataa sekä pysty- että vaakasuunnassa (muokailtu Winter 2010, 18)

Tan Jin Soonin (2008, 066–067) mukaan QR-koodin struktuuri koostuu seuraavista peruselementeistä. Kuviossa 4 on esitelty QR-koodin struktuuri.

- Finder Pattern (Löytökuvio) on kuvio, joka auttaa havaitsemaan QR-koodin sijainnin. Symbolin sijainti, koko ja kulma voidaan havaita järjestelmällä löytökuvio symbolin nurkissa. Tämän avulla QR koodi on luettavissa kaikista kulmista (360°).
- Alignment Pattern (Kohdistuskuvio) on kuvio, joka on tarkoitettu vääristymän korjaamiseen. Kohdistuskuviot ovat erittäin tehokkaita epälineaarisen vääristymän korjaamisessa. Kohdistuskuvion keskikohdan koordinaatit tunnistetaan ja niitä käytetään korjaamaan symbolin vääristymän. Tätä varten kohdistuskuviossa sijaitsee yksittäinen musta solu, minkä avulla kohdistuskuvion keskikohdan koordinaatin havaitseminen helpottuu.

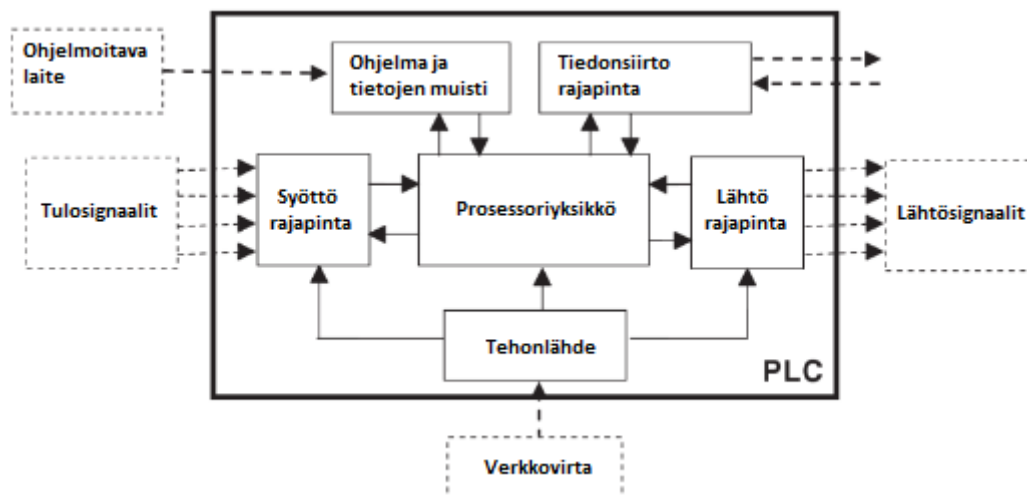
- Timing Pattern (Ajoituskuvio) on kuvio, jonka avulla tunnistetaan jokaisen QR-koodin solun keskikohta mustilla ja valkoisilla kaavoilla, jotka on sijoitettu vuorotellen. Sitä käytetään korjaamaan datasolun keskikohtaan paikkaa, kun symboli vääristyy tai solu on virheellinen. Se on järjestetty sekä pysty että vaakasuunnassa.
- Quiet Zone (Hiljainen alue) QR- koodin reunalla oleva tyhjä tila, jonka tehtävä on helpottaa havaita QR-koodin CCD-anturin avulla. Hiljaiselle alueelle tarvitaan vähintään neljä solua.
- Data Area (Dataa sisältävä alue) on alue, johon QR-koodin tiedot koodataan. Tiedot koodataan 0 ja 1 binäärinumeroilla koodausmääräyksen mukaisesti. Binäärinumerot 0 ja 1 muunnetaan mustiksi ja valkoisiksi soluiksi ja järjestetään datan mukaisesti. Dataa sisältävällä alueella on Reed Solomon virheenkorjauskoodeja tallennetuille tiedoille ja virheenkorjaus toiminnallisuudelle.



Kuvio 4. QR-koodin kuvio ja sen peruselementit (mukailtu Soon 2008, 66)

## 4.2 PLC – ohjelmoitava logiikka

PLC – ohjelmoitava looginen kontrolleri on tietokonetyyppi, jota käytetään teollisuuden hallintajärjestelmissä laitteiden ja prosessien tarkkailuun ja hallintaan. Ohjelmoitavan logiikan yksikkö on mikroprosessoripohjainen, joka käyttää muistia ohjeiden ja toimintojen tallentamiseen, kuten loogisia operaatiota, sekvensointia, aikataulutusta, laskentaa ja aritmetiikka. (Bolton 2015, 5.) Kuviossa 5 esitellään ohjelmoitavan logiikan yksinkertaistettu rakenne.



Kuvio 5. PLC:n peruselementit (mukailtu Bolton 2015, 7)

Ohjelmoitavat logiikat on suunniteltu henkilöille, joilla on rajoitettu tieto tietokoneista ja ohjelmoinnista. Ohjelmointi on yksinkertaistettua ja koostuu perusloogisista operaatioista, kuten IF-THEN- ELSE lausekkeista ja Boolean operaattorista, OR, AND ja NOT. Tyypillisesti PLC koostuu seuraavista peruskomponenteista: prosessoriyksiköstä, muistista, virtalähderyksiköstä, tulo ja lähtökorteista, viestintäliitännästä ja ohjelmointilaitteesta. (Bolton 2015, 21.)

PLC:n edut reletekniikkaan perustaviin ohjausyksikköihin ovat helppo muokattavuus, järjestelmän mahdollinen laajennus, kestävyys, kompaktius, huoltovapaus ja laskentanopeus. (Bolton 2015, 6.)

PLC:t ovat tietokoneiden kaltaisia laitteita, mutta kun tietokoneet on optimoitu laskentatehtäviin ja grafiikkatehtäviin, mutta PLC:t on optimoitu prosessien hallintatehtäviin ja teollisuuden ankariin olosuhteisiin. PLC:t on suunniteltu kestävään koneiden toiminnasta aiheutuvaan värinää, korkeaa lämpötilaa, kosteutta ja melua, jotka ovat yleisiä teollisuusympäristössä. (Bolton 2015, 5.) Kuvassa 6 esitelty Siemensin PLC.

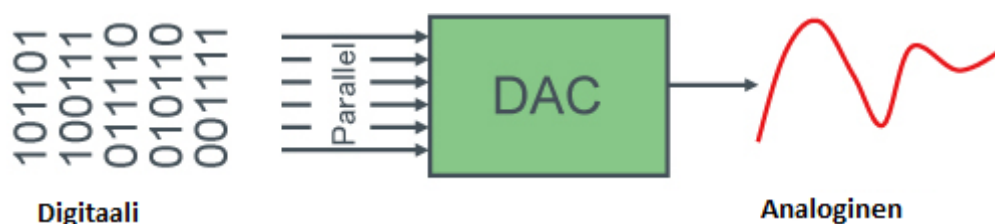


Kuva 6. Siemens 1215 DC/DC/DC sarjan PLC (Siemens a)

### 4.3 Viiva- ja QR-koodin skanneri

Viivakoodin/QR-koodin skanneri on laite, joka lukee viiva ja QR koodeja. Se toimii optisella tunnistimella, joka tunnistaa 1D tai 2 D kuvion ja lähettää tiedot skannatusta koodista tietokoneelle tai muulle laitteelle. (Wasp.) Projektissa käytetty kannettava koodilukija voi lukea sekä yksiulotteiset että kaksiulotteiset koodit. Asiakkaan valitsema malli on Honeywell Granit XP 1991iSR.

Yleisesti ottaen koodilukija skannaa mustavalkoiset elementit viivakoodista valaisemalla koodin punaisella valolla. Luettu tieto muunnetaan vastaavaksi tekstiksi. Viivakoodilukijan anturi havaitsee valaistusjärjestelmästä heijastuvan valon ja luo analogisen signaalin, joka muunnetaan digitaaliseksi signaaliksi A/D muuntimen avulla. (Denso-wave.) Dekooderi tulkitsee signaalin ja validoi Bar koodin käyttämällä tarkistusnumeroa. Muunnettu teksti välitetään skannerista tietokonesovellukselle, jossa se prosessoidaan. (Wasp.) Kuviossa 6 esitellään digitaalimuuntimen toimintaperiaate.



Kuvio 6. D/A muuntimen kuvaus (mukailtu ROHM semiconductor)

2D-koodilukija toimii samalla tavalla kuin digitaalikamera. Kuvankaappaus-periaatteella toimivat koodilukijat voivat lukea sekä 1D-että 2D-koodeja. Lasersäteilyn sijaan koodilukija ottaa kameralla kuvan ja käyttää dekodausalgoritmeja paikantaakseen viivakoodin kuvassa ja dekodatakseen tiedot viivakoodista. Kamerateknologiaan perustuva koodilukija ei vaadi, että Bar koodilla tai QR koodilla on tietty suunta, jotta sen voidaan lukea. Suurin osa tämän päivän käytetyistä koodilukijoista on kamerapohjaisia. (Ewell 2019.)

Honeywell Granit XP 1991iSR koodilukija on tehokas ja luotettava kannettava skanneri, joka on suunniteltu toimimaan vaativissa ympäristöolosuhteissa. Laitteessa on integroitu 2450 mAh akku, jonka ansiosta se pystyy skannaamaan jopa 50 000 kuvaa tai toimimaan jatkuvasti jopa 14 tuntia. Tämä tekee siitä erittäin käytännöllisen ja joustavan ratkaisun erilaisten teollisuus ja logistiikka sovellusten tarpeisiin. (Honeywell a.) Kuvassa 7 esitellään Honeywell koodilukija ja latausasema.



Kuva 7. Honeywell Granit XP1991iSR koodilukija ja latausasema (Honeywell b)

#### 4.4 Fieldbus gateway device

Fieldbus on väyläjärjestelmä, jota käytetään koneissa ja järjestelmissä antureiden ja toimilaitteiden yhteydenpidossa toisiinsa ja yhden tai useamman ohjausjärjestelmän hallintaan (teollisuuden tietokoneet, ohjauslogiikat). Kenttäväylät mahdollistavat datan vaihdon eri järjestelmäkomponenttien välillä pitkien etäisyyksien ja korkean ulkoisen kuormituksen alaisina. Kenttäväylät toimivat isäntä - orja vuorovaikutuksessa: isäntälaitte vastaa prosessin hallinnasta, orja laite hoitaa yksittäisiä alitehtäviä. (Nanotec.)

Kenttäväylissä on eroja fyysisessä kerroksessa, eli laiteasolla esimerkiksi CAN, RS485, Ethernet ja protokollatasolla, joka määrittelee datan muodon. On olemassa kenttäväyliä, kuten CANopen ja DeviceNet, jotka käyttävät samaa fyysistä väylää (CAN), mutta toimivat erilaisilla protokollilla. On myös protokollia, joita on mahdollista toteuttaa kahdella eri laitteistotyypillä esimerkiksi Modbus RS232:lla ja Modbus/TCP Ethernetillä. (Nanotec.)

Laitteisto määrittelee väylän perusominaisuudet, kuten kaapelien pituudet ja lähetyskapasiteetin. Protokollataso määrittelee, mitkä standardoidut viestit ja toiminnot ovat saatavilla isäntä- ja orjalaitteiden välillä. (Nanotec.)

Projektissa käytetty kenttäväyläyksikkö on saksalaisen Sickin valmistama CDF600-2200 moduuli, joka on suunniteltu integroitavaksi teollisuusautomaation järjestelmiin. Kenttäväylämoduuli toimii rajapintana kenttäväyläverkkojen ja Sickin tai ulkopuolisten valmistajien koodilukijoiden, anturien ja ohjauslogiikoiden välillä. Tämä moduuli mahdollistaa reaaliaikaisen tiedonsiirron ja tarjoaa tukea erilaisille kenttäväyläprotokollille, kuten PROFIBUS ja PROFINET. (SICK AG.a.) Kuvassa 8 esitellään SICK kenttäväylämoduuli.

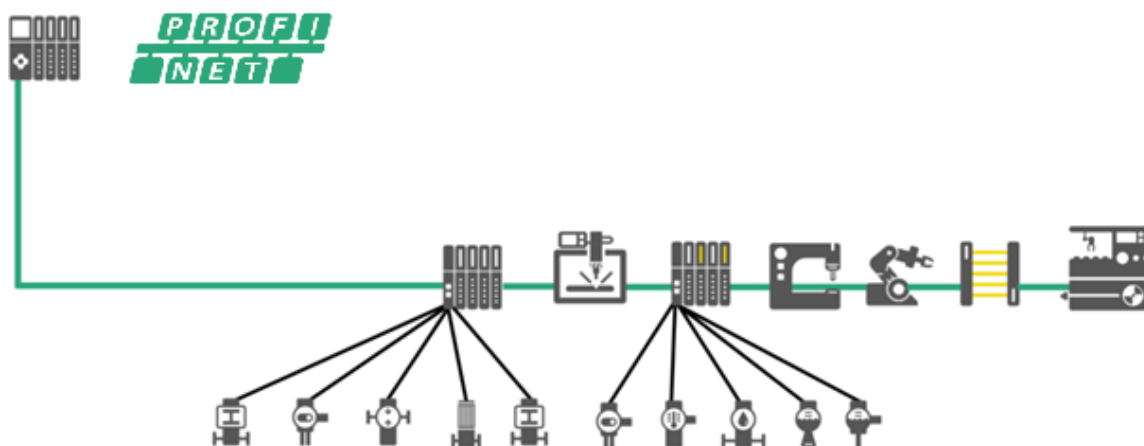


Kuva 8. SICK CDF600-2200 kenttäväylämoduuli (SICK AG b)

## 4.5 Profinet IO

Profinet on avoin kansainvälinen Ethernet pohjainen tiedonsiirtoprotokolla, jota käytetään teollisuusautomaatiossa ja prosessienhallintatehtävissä. Se on kommunikointiprotokolla, joka tarjoaa nopean ja luotettavan tiedonsiirron automaatiojärjestelmissä ohjaimien ja laitteiden välillä. Ensimmäiset versiot kommunikointiprotokollasta esiteltiin vuoden 2000 alkupuolella ja se on teollisuudessa käytetyin kommunikointiprotokolla.

Profinet määrittelee syklisen ja asyklisen kommunikoinnin käytettyjen komponenttien välillä. Se sisältää diagnostiikan, toiminnallisen turvallisuuden, hälytystietoja ja erilaista lisäinformaatiota. Linkittääkseen kyseiset elementit yhteiseen verkkoon PROFINET käyttää standardinmukaista Ethernet-verkkoa viestintävälineessään. Ethernet-kaapelit yhdistävät PROFINET-komponentteja yhteiseen verkkoon mikä mahdollistaa muiden Ethernet protokollien toimimaan samanaikaisesti. PROFINET-protokollan sijaan on mahdollista käyttää muita Ethernet pohjaisia protokollia, kuten OPC UA, SNMP, MQTT tai HTTP. (Bowne 2020.) Kuviossa 7 esitellään tyypillinen PROFINET järjestelmä teollisuudessa.

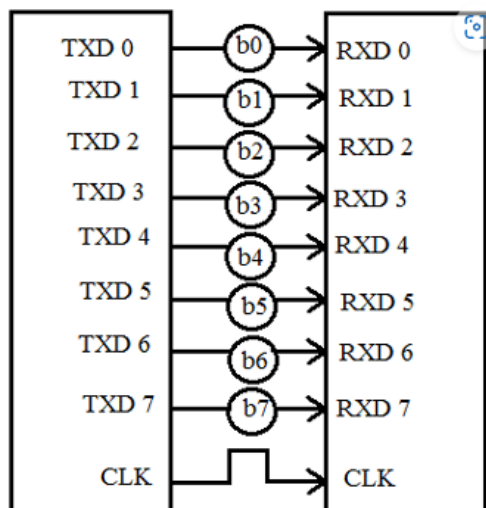
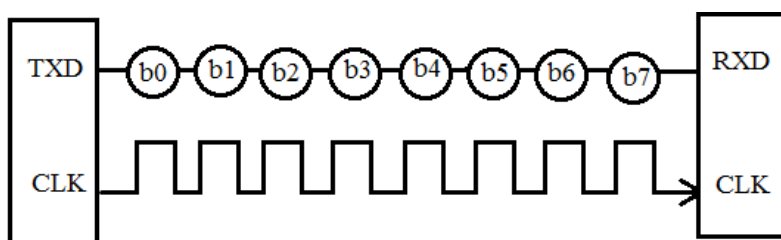


Kuvio 7. PROFINET verkko sisältäen erilaisia teollisuusprosessin osia (Bowne 2020)

## 4.6 RS232

RS-232 tarkoittaa "Recommended standard 232" (Suositeltu standardi) ja se on sarjaviestinnän tyyppi, jota käytetään yleensä tiedonsiirtoon keskipitkillä etäisyyksillä. RS-232 esiteltiin 1960-luvulla ja se on löytänyt tiensä moniin sovelluksiin, kuten tulostimiin, tehdasautomaatiolaitteisiin, viivakoodinlukijoihin ja muihin elektroniikkalaitteisiin.

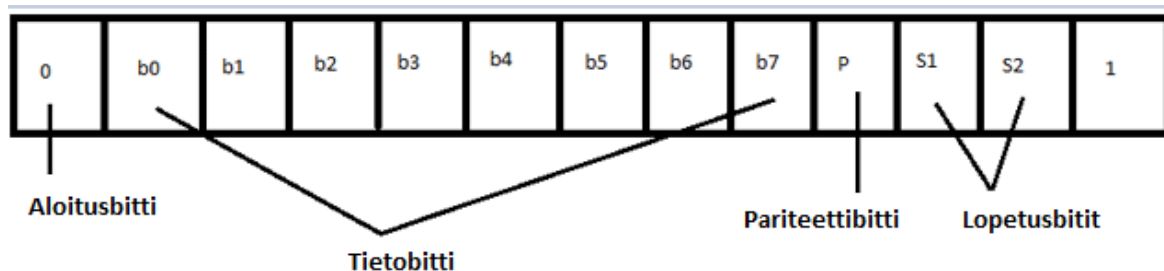
RS-232 väylässä tiedonsiirto tapahtuu bittisarjoina eli sarjakommunikaatio, jossa tiedot lähetetään bitti kerrallaan. Rinnakkaisessa tiedonsiirrossa dataa lähetetään tavuissa tai merkki kerrallaan usealla datalinjalla. Sarjayhteys on hitaampaa kuin rinnakkainen tiedonsiirto, mutta sitä käytetään pitkissä tietoliikenne etäisyyksissä sen alempien kustannusten ja käytännön syiden takia. (Sharma 2018.) Kuviossa 8 näkyy sarjaviestinnän ja rinnakkaisen viestinnän eroavaisuuksia.



Kuvio 8. Sarjaviestinnän ja rinnakkaisenviestinnän tapaa siirtää bittejä. (Sharma 2018)

Tiedonsiirtonopeus RS-232 standardissa mitataan baudeina ja se kuvataan bittien määränä, joka kulkee yhdessä sekunnissa. Esimerkiksi jos baudinopeus on 200, niin se vastaa 200

bitiä sekunnissa. Stop bitit ovat bittejä, jotka pysäyttävät yhden paketin lähetyksen, joka merkitään viestissä T:lla. Tyypillisiä arvoja ovat 1, 1.5 ja 2 bittiä. Parity bit eli pariteettibitti on yksinkertaisin tapa tarkistaa virheet lähetyksessä. On olemassa neljä eri pariteettityyppiä, parillinen, pariton, merkitty ja välilyönnillä erotettu. Esimerkiksi jos, numero on 011, pariteettibitti on 0 eli parillinen pariteetti ja pariteetti on 1, eli pariton pariteetti. (Sharma 2018.) Kuviossa 9 esitellään RS-232 sarjaviestinnän datalohkoa.

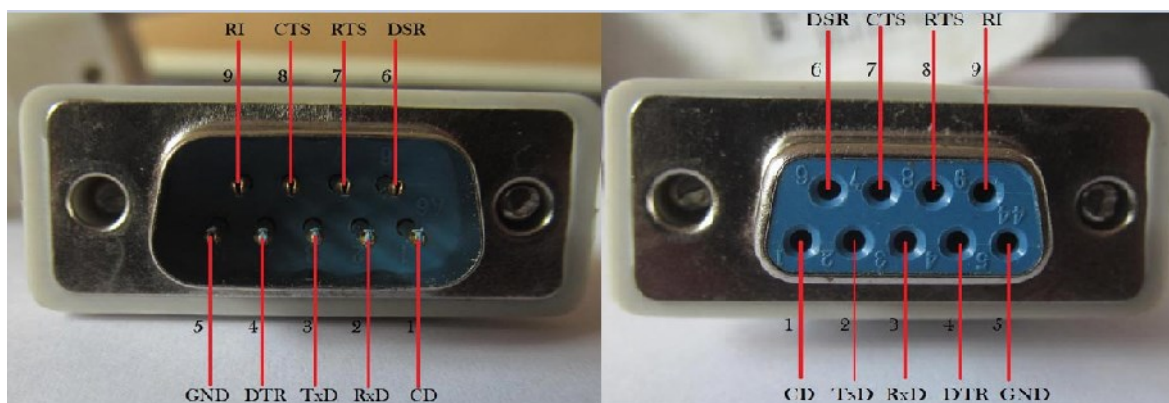


Kuvio 9. Sarjaviestinnän yhden paketin datalohkon bitit. (mukailtu Sharma 2018)

RS-232 toimii kahdensuuntaisessa kommunikoinnissa, jossa kaksi laitetta vaihtaa dataa keskenään. Laitteet ovat Data Transmission Equipment (DTE) – tiedonsiirtolaite ja Data Communication Equipment (DCE) tietoliikennelaite, joilla on pinnit, kuten TXD, RXD, RTS ja CTS. DTE-lähde lähettää pyynnön lähettää tietoja RTS:n kautta, jonka jälkeen vastakkaisen DCE:n CTS selkeyttää reitin vastaanottamista varten. Kun reitti on selkeytetty, DTE:n RTS:stä annetaan signaali tiedon lähettämistä varten. Tämän jälkeen bitit lähetetään DTE:ltä DCE:lle. Nyt DCE – lähteestä RTS:n ja CTS:n avulla voidaan generoida uusi pyyntö ja DTE lähteen CTS selkeyttää reitin vastaanottamista varten ja antaa merkin tiedon lähettämistä varten. Tämä on koko prosessi, jonka kautta tieto lähetetään RS232-protokollan avulla. (Sharma 2018.)

Projektissa käytetyn koodilukijan tiedonsiirtoliittimen malli on DB-9, ja kenttäväyläyksikössä oleva liittimen malli on DB-15 joka tarkoittaa, että koodinlukijan ja kenttäväyläyksikön välillä on käytettävä adapteria.

DB-9 eli yhdeksän pinnistä liittintä on olemassa kahta eri tyyppiä: urosliitin (DTE) ja naarasliitin (DCE). Liittimen ylärivillä on 5 pinniä ja alarivillä 4 pinniä. Sitä kutsutaan myös DE-9 tai D-tyypin liittimeksi. Kuvassa 9 nähdään DTE ja DCE naaras ja uros liittimien pinnit.



Kuva 9. DTE ja DCE liittimien pinnien fyysiset sijainnit (Sharma 2018)

#### 4.7 Handshaking

RS-232 sarjaviestinnässä kättely eli handshaking on prosessi, jota käytetään signaalien siirtämiseen DTE:ltä DCE:lle yhteyden luomiseksi ennen varsinaista tiedonsiirtoa. Viestintä lähettäjän ja vastaanottajan välillä voidaan toteuttaa kättelyn avulla. (Sharma 2018.)

Kättelyn on olemassa kolme erityyppistä prosessivaihtoehtoa: ei kättelyä (No Handshaking), laitteiston tason kättely (Hardware Handshaking) ja ohjelmallinen kättely (Software Handshaking).

Jos kättelyä ei ole, DCE lukee jo vastaanotetut tiedot, kun taas DTE lähettää seuraavat tiedot. Kaikki vastaanotetut tiedot tallennetaan muistipaikkaan, jota kutsutaan vastaanottimen puskuriksi. Tämä puskurin voi tallentaa vain yhden bitin, joten vastaanottimen on luettava muistipuskuri ennen kuin seuraava bitti saapuu. Jos vastaanottaja ei pysty lukemaan tallennettua bittiä puskurista ja seuraava bitti saapuu, tallennettu bitti menetetään. (Sharma 2018.)

Laitetason kättelyssä laite käyttää tiettyjä sarjaportteja, kuten RTS ja CTS, hallitakseen tiedonsiirron virtausta. Tässä prosessissa lähettäjä kysyy vastaanottajalta, onko se valmis vastaanottamaan dataa. Vastaanottaja tarkistaa, onko puskurin tyhjä. Jos se on tyhjä vastaanottaja antaa signaalin lähettäjälle, että se on valmis vastaanottamaan dataa. Vastaanottaja antaa lähettäjälle signaalin, ettei lähetä dataa, kun vastaanotettua dataa ei voida lukea.

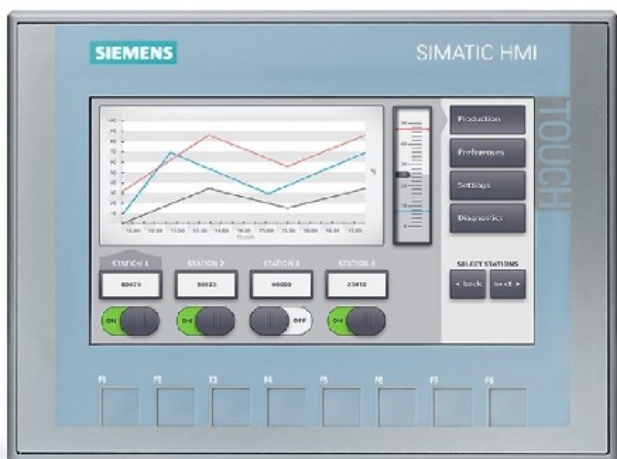
Ohjelmallinen kättely eli kaksimuotoinen X-ON ja X-OFF, on ohjelmallisesti toteutettu tiedonsiirtoprosessi. Kun vastaanottaja on valmis vastaanottamaan tietoja, se lähettää XON-merkin lähettäjälle, joka lopettaa tiedonsiirron. (Sharma 2018.)

## 4.8 Käyttöliittymä

HMI (Human Machine Interface) tarkoittaa ihmisen ja koneen välistä rajapintaa, joka mahdollistaa käyttäjän kommunikoinnin koneen, järjestelmän tai laitteen kanssa. Teknisesti termiä HMI voisi soveltaa mihin tahansa näyttöön, mutta yleensä se kuvaa näyttöjä, joita käytetään teollisuussovelluksissa. HMI:t näyttävät reaaliaikaista tietoa ja mahdollistavat laitteen käytön käyttöliittymän avulla. (Copadata 2018.)

Teollisuusympäristössä HMI voi ilmetä useassa eri muodossa. Se voi olla itsenäinen näyttö, kojetaulussa oleva näyttö tai tabletti. HMI:t kommunikoivat ohjelmoitavien logiikkaohjaimien ja myös anturien ja toimilaitteiden kanssa visualisoidakseen tietoja. HMI voi esittää tämän tiedon diagrammeina, kaaviona tai muuna visualisena esityksenä, jonka vuoksi prosessin ymmärtäminen helpottuu. HMI:n avulla voi tarkastella kaikkien laitoksen laitteiden suorituskykytietoja yhdessä paikassa mikä parantaa järjestelmän, laitteiden ja prosessien toiminnan analysointia, HMI:n avulla voi myös tarkastella ja hallita hälytyksiä ja virhetilanteita. (Copadata 2018.)

Projektissa käytetty HMI-näyttö on Siemensin KTP700 Basic Panel joka on suunniteltu erityisesti Siemensin automaatiojärjestelmiin. KTP700-näyttö käytetään Siemensin 1200 sarjan ohjelmoitavan logiikan yhteydessä. Logiikka ja näyttö kommunikoi EtherNet/IP protokollan avulla Ethernet verkkokaapelilla. Siemensin KTP700 näyttö on tarkoitettu tehdas olosuhteisiin ja sen IP luokitus paneelin puolella on IP65. HMI:n resoluutio on 800x480 pikseliä ja paneelin etupuolella on 8 ohjelmoitava painiketta. Kuvassa 10 nähdään Siemens KTP700 Basic käyttöpaneeli, jossa näkyy myös ohjelmoitavien nappien sijainnit.



Kuva 10. Ohjausyksikössä käytettävä KTP700 Basic paneeli (Siemens b)

## 5 Järjestelmän toteutus

### 5.1 Autocad Sähkökuvien suunnittelu

Ensimmäisessä vaiheessa projektin suunnittelu alkoi laitteen toimintakuvauksen ja määritettyjen komponenttien käsittelystä. Projektin toteutus oli jaettu neljään eri osaan: sähkökuvien suunnitteluun, logiikan ohjelmointiin, jalustan suunnitteluun ja laitteen testaukseen.

Sähkökuvien suunnittelu toteutui Autocad suunnitteluohjelmistolla, Autocad oli optimaalinen ratkaisu hinta-laatu-suhteeltaan ja symbolien/tietokantojen kattavuudeltaan. Autocadissa oli myös helppo tehdä tarvittavia muutoksia ja päivityksiä suunnitelmiin, ja ohjelman avulla oli mahdollista luoda selkeitä ja tarkkoja sähkökuvia erilaisista moduuleista.

Sähködokumentaatio muodostui seuraavista perusosista: sisällysluettelo, pohjapiirustus, 230 VAC/24 VDC piirustukset, verkkokytkentäkaavio, I/O kaaviot, kaapelointipiirustukset sekä osaluettelo. Sisällysluettelo toimii yleensä kuvien ja niiden numeroinnin luettelona. Pohjapiirustus tarjoaa yleiskuvan sähköjärjestelmän komponenttien sijainnista ja muodosta. 230VAC/24VDC piirustukset kuvaavat sähköjärjestelmän käytettyjen komponenttien kytkentöjä. Verkkokytkentäkaavio esittää älykomponenttien verkkokytkennät ja sähköliitännät. I/O- kaaviot esittävät tulo ja lähtö signaalien kytkennät. Kaapelointipiirustukset osoittavat kaapelien sijainnin. Osaluettelo listaa kaikki projektissa käytetyt komponentit ja niiden tyypit.

#### Sähkökuvien toteutus

Projektissa käytetyt komponentit oli jaettu 230 VAC ja 24 V DC komponenteiksi. Tämä jako helpotti järjestelmän kehityksen hahmottamista. 230 VAC komponentteja olivat Phoenix Contact tehonlähde ja Honeywell QR-koodilukijan latausasema. 24 VDC jännitetason komponentit muodostuivat Siemensin 1214C sarjan logiikkaohjaimesta, Phoenix Contact verkkokytkimestä, SICK CDF600-2200 kenttäväylästä ja Honeywell 1991iSR QR-koodilukijasta.

Ensimmäisen sähkökuvan toteutus alkoi projektin luomisesta Autocad ohjelmassa. Projektin nimeksi oli valittu QR-koodilukija ja version numeroksi Ver1.0. Projektissa oli arvioitu tulevien sähkökuvien määrä noin 10-15 sivuksi, joten piirustuksia oli luotu 15 sivua, joita oli mahdollista lisätä tai poistaa projektin kehityksen aikana, piirustukset oli numeroitu sivujen lukumäärän mukaisesti.

Sähkökuvien tekeminen alkoi 230 VAC piirustuksen suunnittelusta, joten kuvan numeroksi oli valittu 2, koska kuva 0 ja 1 oli varattu sisällysluetteloksi ja pohjapiirustukselle. Pohjapiirustuksen tekeminen aloitettiin 230 VAC, 24 VDC ja I/O piirustuksien valmistuksen jälkeen,

kun kaikki käytetyt komponentit laitteen toiminnan kannalta oli määritelty. Sisällysluettelo tehtiin projektin valmistusvaiheen jälkeen.

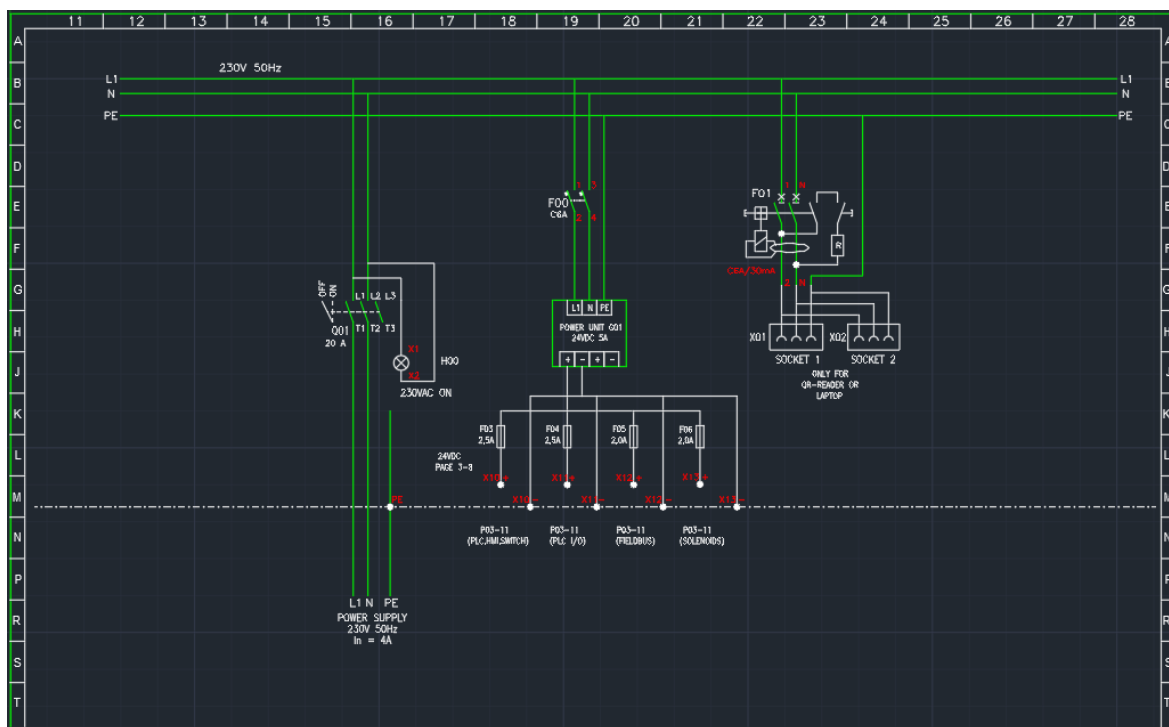
### **230 VAC**

Ennen kuvan varsinaista piirtämistä oli piirustus pohjalle laitettu yrityksen oma piirustusarkki mikä, sisälsi projektin liittyvät tiedot, kuten yrityksen logo, tekijän nimi, projektin sarjanumero ja projektin nimi. Ohjauksyksikkö oli tarkoitettu yleisverkon jännitetason käytettäväksi, joten tämän jälkeen alkoi 230 VAC pääjännitekuvan toteutus. Siihen oli piirretty piirustuksen ylätasolle 230 voltin 50Hz yksivaiheinen piiri sisältäen L1- vaihejohdon, N- nollajohdon ja PE-maadoitusjohdon. Jännite pääjännitepiirille oli johdotettu ulkopuoliselta laitteelta eli yleisverkolta. Kuvassa ulkopuoliset moduulit tai laitteet oli eroteltu katkoviivalla ja ulkopuolelta tulevan kaapelin ja pääjännitepiirin väliin oli laitettu päävirtakatkaisija. Päävirtakatkaisijan tehtävä on katkaista tai kytkeä sähkön syöttöä. Päävirtakatkaisijaksi oli valittu ABB:n OT25F3 3-napainen malli, joista käytössä oli vain kaksi tulo vaihetta L1 ja N. Sähkökeskuksen päävirtakatkaisijan lähtövaiheiden L1 ja N väliin oli asennettu 230 VAC merkkivalo, jonka tehtävä oli indikoida, että päävirtakatkaisija ja pääjännite ovat päällä. Merkkivalo oli asennettu etukannen päävirtakatkaisijan viereen.

Projektissa käytetyn Honeywell Granit 1991iSR koodilukijan latausaseman tehtävä on ladata koodilukija ja siirtää luettu data RJ45>RS232 DB9 kaapelilla kenttäväyläyksikköön. Latausaseman toimintajännite on 4–5.5 VDC mikä tarkoittaa, että jännite pitää muuntaa 230 VAC jännitteestä 5.2 VDC jännitteeksi. Latausaseman mukana oli tilattu latausjohto sisäänrakennetulla jännitemuuntimella ja sitä varten 230 VAC sähkökuvaan oli lisätty kaksi pistorasiaa, joista toinen oli yleiskäyttöön ja toinen QR-koodilukijan jännitemuuntimeen. Koska QR-koodilukijan latausasema on keskuksen ulkopuolella, niin kyseinen jännitemuunnin oli jätetty 230 VAC kuvasta pois ja merkattu tekstillä, että pistorasiat on tarkoitettu vain QR-koodilukijan latausasemalle ja kannettavalle tietokoneelle tai toiselle pienitehoiselle laitteelle. Pistorasiat on suojattu vikavirtasuojakytkimen ja johdonsuojakatkaisijan yhdistelmäsuojalaitteella. Pistorasiaan liitettävien laitteiden yhteistehoksi arvioitiin enimmillään 100 W joka vastasi noin 0.5A virtaa. Vikavirtasuojakatkaisijaksi valittiin yleisesti pienin käytössä oleva koko C6A.

Sähkökeskuksessa olevat 24 VDC komponentit ja laitteet kuten PLC, HMI, PLC:n tulot/lähdöt, solenoidit ja kenttäväylä vaativat sopivan kokoisen teholähteen. Arvioidun keskikulutuksen perusteella oli valittu teholähde Phoenix Contact:in QUINT malli, joka pystyy muuntamaan 230 VAC vaihtojännitteen 24 VDC tasajännitteeksi ja antaa enimmillään 5A virran. Kaikkien 24 VDC komponenttien yhteiskulutukseksi arvioitiin 2A. Tehonlähde oli suojattu 6A johdonsuojakatkaisijalla, joka täsmää valmistajan suositteluun etukojeeseen.

Komponentit oli jaettu ryhmiin ja jokaisen ryhmään eteen oli asennettu sopivankokoiset lasiputkisolakkeet. 2.5A ryhmiä oli kaksi, joista PLC, HMI ja Ethernet-kytkin muodostivat yhden ryhmän ja PLC:n tulo/lähdöt muodostivat toisen ryhmän. 2.0A ryhmiä oli kaksi kappaletta, kenttäväylälaitteelle ja solenoidille. Kuviossa 10 nähdään miten 230 VAC komponentit ovat kytketty piirikaaviossa.



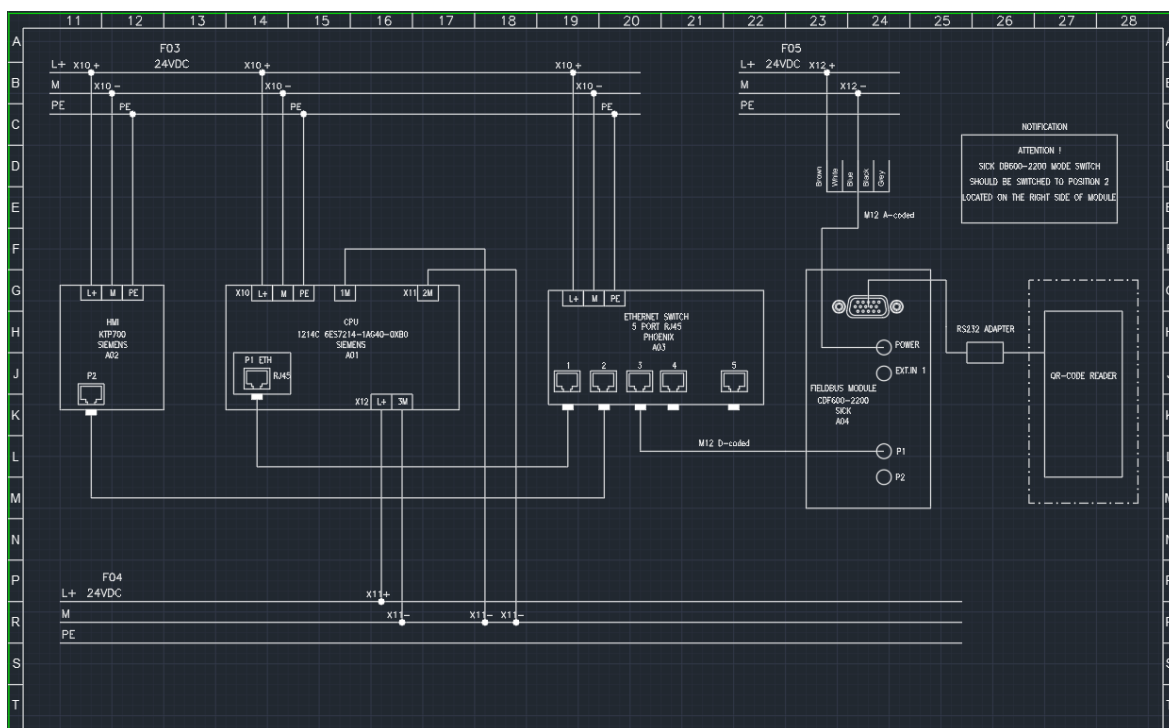
Kuvio 10. 230 VAC piirikaavio

## 24V Verkkodiagrammi

Verkkodiagrammi on visuaalinen esitys verkkotopologiasta, joka kuvaa tietokoneiden, reitittimien ja muiden verkkolaitteiden fyysisiä tai loogisia yhteyksiä. Verkkodiagrammissa on esitelty 24V älylaitteet, kuten PLC, HMI, kenttäväylälaitte, QR-koodilukija ja Ethernet-kytkin.

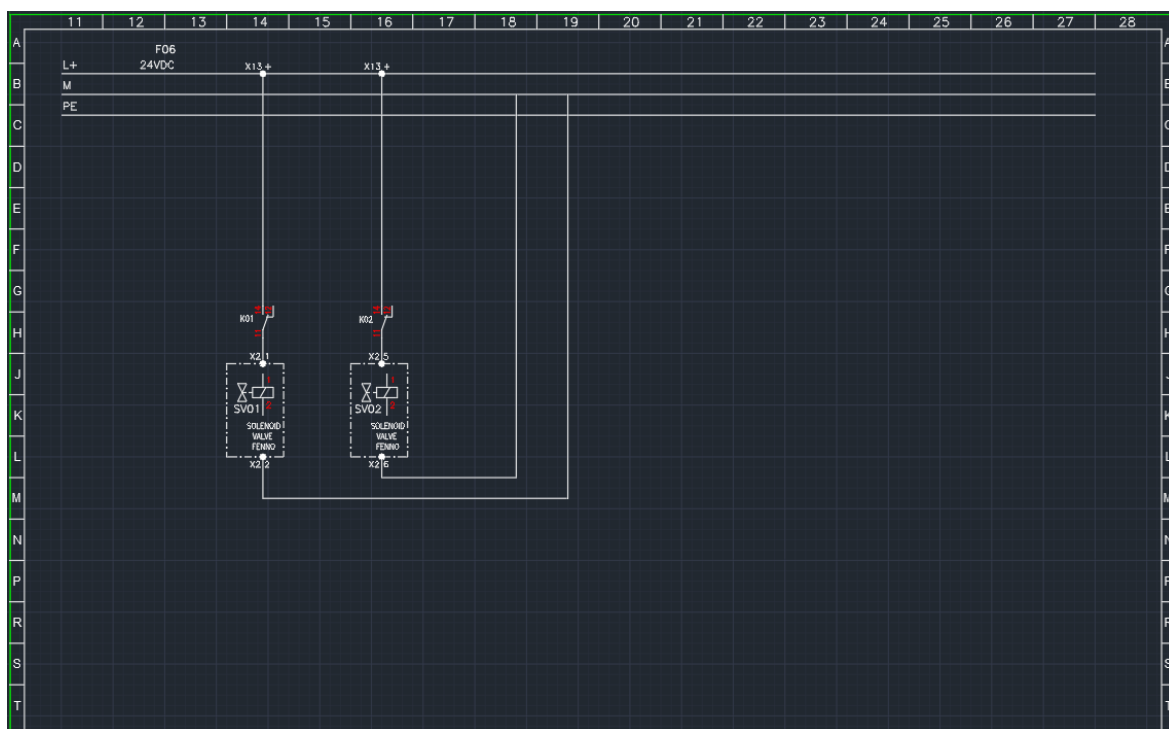
Ethernet-kytkimeksi oli valittu 5- porttinen Phoenix Contact: FL Switch 5TX-50k malli. Valinta perustui käytettyjen älylaitteiden välillä olevan verkkoon. Ethernet-kytkin on verkko-laite, joka yhdistää laitteita yhteiseen verkkoon. Laitteet kytketään kytkimen portteihin Ethernet-kaapeleilla ja tämän jälkeen kytkin lukee jokaisen saapuvan tietopakettien osoitteen ja ohjaa sen oikeaan paikkaan. Se mahdollistaa tehokkaasti tietoliikenteen usean laitteen välillä. Ethernet-kytkimeen oli johdotettu kolme Ethernet johtoa: PLC:sta, HMI:sta ja kenttäväylälaitteesta. Yksi Ethernet kytkimen porteista oli varattu järjestelmän päivittämistä varten ja toinen järjestelmän konfigurointiin kannettavan tietokoneen avulla.

Kenttäväylälaitteen SICK CDF600-2200 tehonsyöttöön POWER ja datansiirtoporttiin P1 tulevat kaapelit ovat M12-liittimellä varustettuja ja verkkodiagrammissa merkattuna M12 A koodatuksi ja M12 D koodatuksi. M12 A koodattu kaapeli on tarkoitettu toimilaitteen 24VDC tehonsyöttönä. Kaapelin toinen pää on kuorittu valmiiksi ja se muodostuu viidestä johdosta: ruskea, sininen, valkoinen, musta ja harmaa. M12 A koodatun kaapelin johtimista vain ruskea ja sininen ovat 24VDC diagrammissa käytössä. M12 D koodattu kaapeli on datansiirto-kaapeli, jonka yksi pää on nelinapainen M12 liittimellä varustettu ja toinen Ethernet-liittännällä. Kenttäväylälaitteen CDF600 2200 QR-koodilukijasta tuleva RS-232 kaapeli on DB 9 liittimellä varustettu ja kenttäväylälaitteessa oleva sisäänrakennettu on DB 15. Numerot liittimissä vastaavat fyysisten pinnien määrää eli projektissa on käytettävä adapteria, joka mahdollistaa kytkennän ja datansiirron kahden erikokoisen liittimen välillä. Kuviossa 11 nähdään 24 VDC komponenttien kytkentöjä ja verkkodiagrammia.



Kuvio 11. Verkkodiagrammi ja 24 VDC kytkennät

Venttiilit SV01 ja SV02 ovat solenoidiventtiilejä ja ne on esitelty kuviossa 12. Venttiilit ohjataan 24 VDC kelan kosketuskontakteilla K01 ja K02 PLC:n lähtökorteissa olevasta 2.5W tehonrajoituksesta. Kuviossa 12 nähdään 24 VDC kontaktireleiden ohjaamat solenoidiventtiilit.



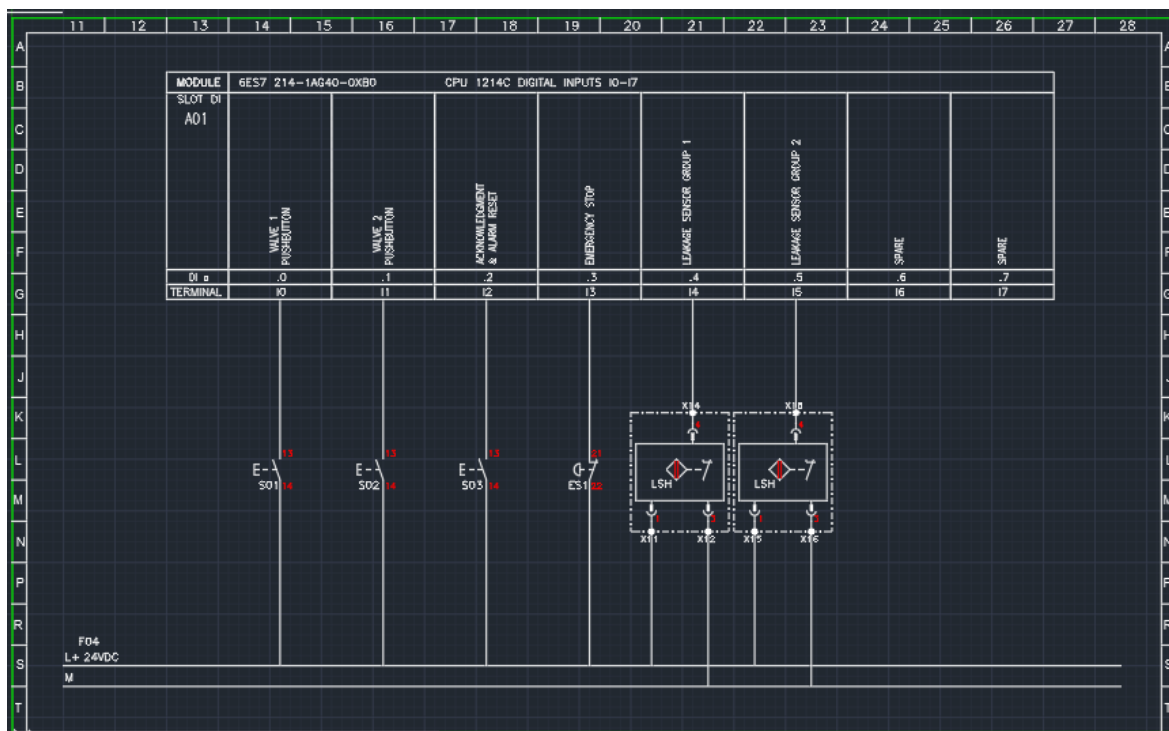
Kuvio 12. Solenoidiventtiilien S01 ja S02 piirikaavio

## PLC:n I/O

Verkkodiagrammin valmistuksen jälkeen alkoi anturien ja ulkopuolisten laitteiden sijoittaminen PLC:n tulo ja lähtöliittimiin. PLC:n tulevat ja lähtevät anturit ja laitteet on eroteltu ulkopuoliseksi ja ohjausyksikköön sisällä oleviin. Siemensin 1214 DC/DC/DC ohjelmoitavan logiikan tulot ja lähdöt vaativat oman tehonsyötön ja kuvissa ne ovat suojattu 2A sulakkeella. 1214 DC/DC/DC ohjauslogiikan tulot ja lähdöt on toteutettu transistoriteknikalla ja on tarkoitettu tasasähkösignaalien käsittelyyn. Valmistajan määrittelemä tulo ja lähtö signaalien maksimitehoksi on 5W. Suuritehoisten laitteiden ohjauksessa on sen vuoksi käytettävä reletekniikka. PLC:ssa olevien tulojen määrä on 14 ja lähtöjen 10. Ohjauslogiikassa on myös mahdollista käyttää kahta analogiasignaalia. Analogiaa signaalit ovat yleensä 4-20 mA tai 0-20 mA ja ovat laajasti käytettyjä anturitekniikassa lämpötila mittauksessa, painemittauksessa, nesteiden pinta mittauksessa ja muissa vastaavissa sovelluksissa.

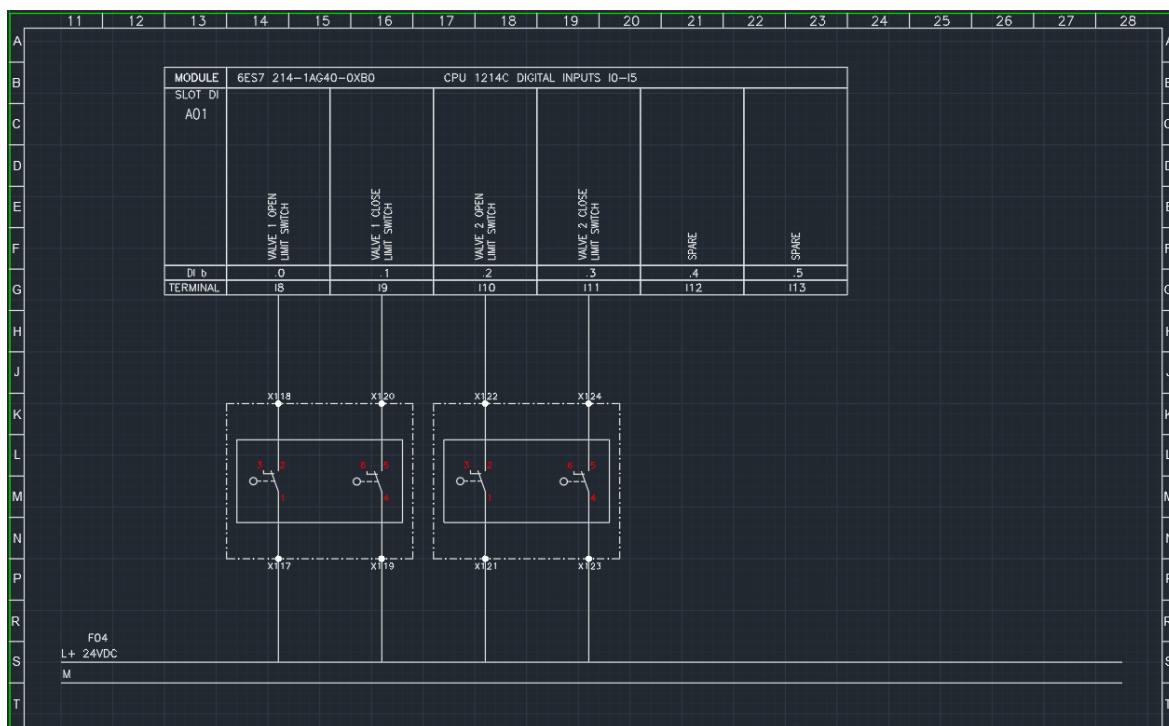
Ohjelmoitavan logiikkaan tulevat signaalit ovat sähködokumentaation sivuilla 5-7 (Kuvio 14-16) ja lähtevät signaalit sivulla 8 (Kuvio 17). Tulo ja lähtösignaalit on sähkökuvissa esitelty komponenttien kohtaisesti ja sijoitettu ohjelmoitavan logiikkaan tulo ja lähtöliittimiin järjestyksessä. Tulo ja lähtösignaalit Siemensin 1214c PLC:ssa havaitsevat jännite-eroa 0-24VDC, joten tulojen puolella on käytettävä 24VDC jännitettä positiivisella napaisuudella ja lähtöpuolella 24VDC negatiivisella napaisuudella.

Sivulla 5 (Kuvio 14) tulosignaaleja on 6 joista ensimmäiset kaksi signaalia ovat venttiiliin S1 ja venttiiliin S2 jousipalautteisia painonappeja, joilla avataan venttiilejä. Kolmas tulosignaali on resetointi painikkeen S03 kontakti ja signaali neljä on normaalisti kiinni (NC) - tilassa oleva hätäseispainike ES1. Ulkopuolelta tulevat ensimmäisen ja toisen ryhmän kemikaalien vuotoanturit on asennettu tulosignaaleiksi 5 ja 6. Signaalit aktivoituvat, jos säiliöstä alkaa valumaan kemikaaleja valusäiliöön. Kuviossa 14 nähdään tulokanavan a tulosignaalien sijainnit PLC:n input liittimissä.



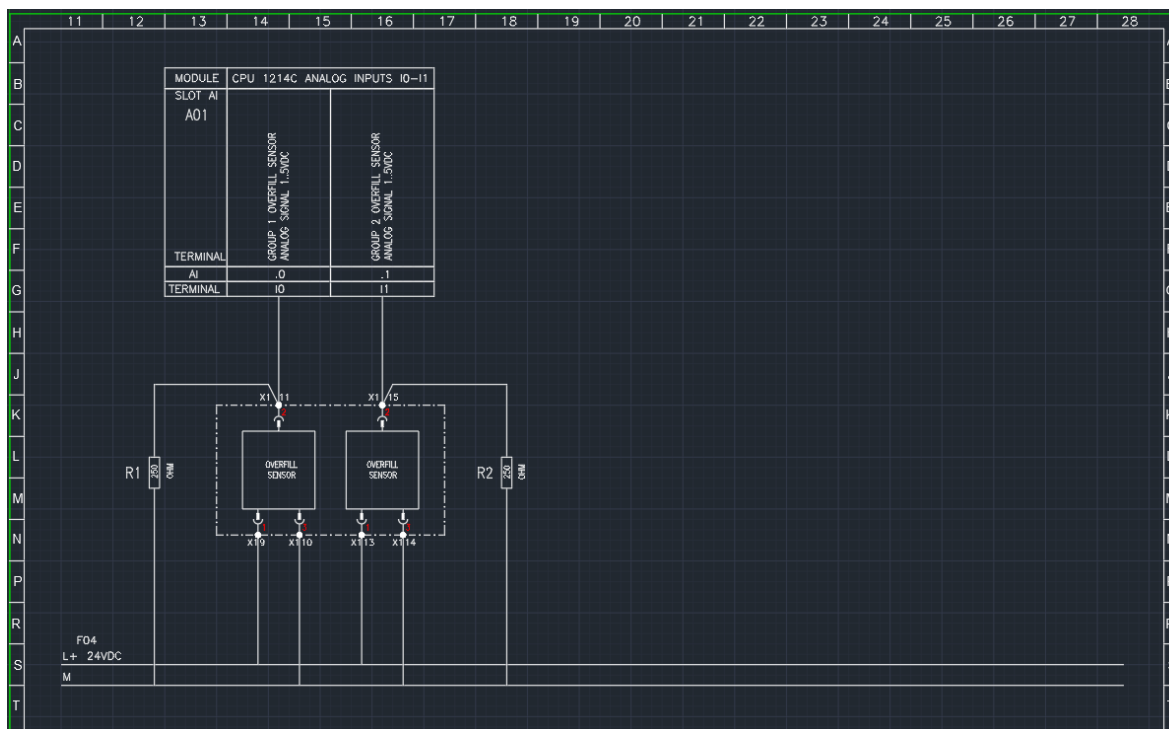
Kuvio 14. Tulokanavan a. kytketyt painonappien ja vuotoanturien tulosignaalit.

Sivulla 6 (Kuvio 15) on PLC:n toisen tulokanavan, DI b tuloliittimiin asennettu venttiilien tilatiedot, kaksi tilatietoa (auki/kiinni) jokaiselle venttiilille. Kuviossa 15 nähdään tulokanavan b tuloja.



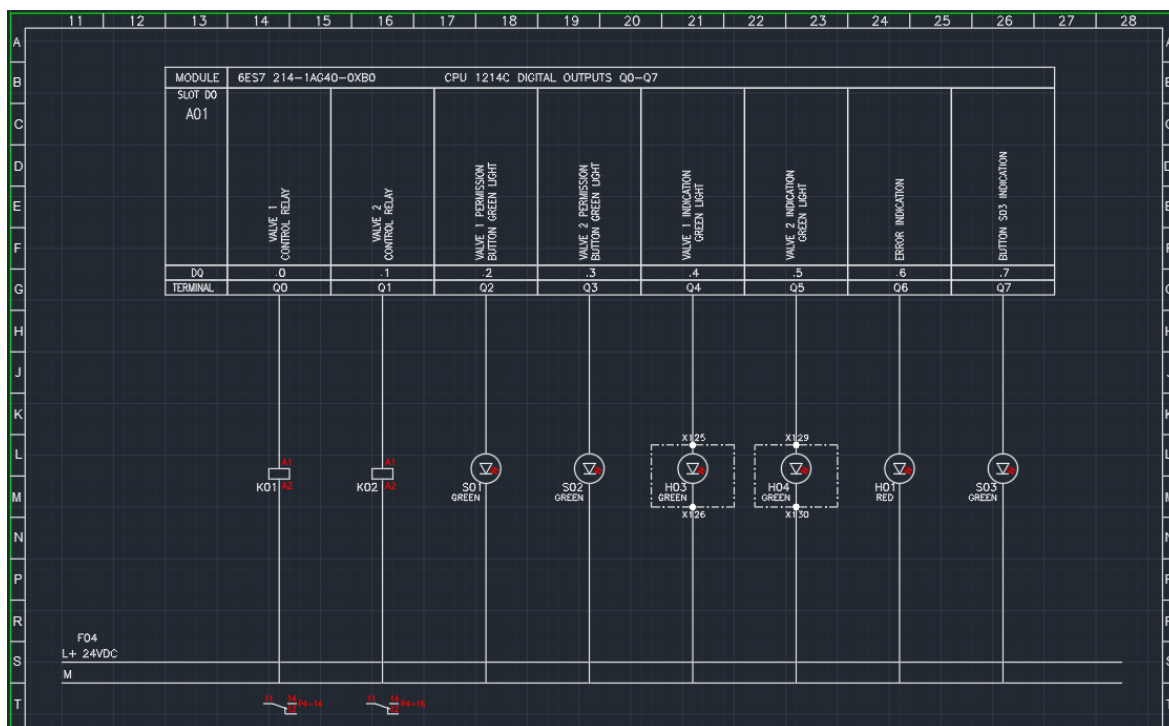
Kuvio 15. Tulokanavan b. kytketyt venttiilien tilatietosignaalit.

Analogiaviestiä antavat pintamittaus anturit ovat sivulla 7 (Kuvio 16). Anturien analogia signaalit ovat mA muodossa ja Siemensin PLC:n analogia tulot käsittelevät vain mV signaaleja. 250 Ohm vastuksia on lisätty analogiatulojen rinnalle muuttamaan signaaleja mA:sta mV:ksi. Kuviossa 16 näkyy analogia signaalien kytkennät analogiatuloissa.



Kuvio 16. Analogia ylitäyttöanturien kytkennät analogiatuloissa.

PLC:n lähtösignaalit ovat sivulla 8 (Kuvio 17), venttiilien ohjausreleitä K01 ja K02 sekä painonappien indikointi valot S01 ja S02, joilla annetaan visuaalinen indikointi venttiilien ohjaukseen. H03 ja H04 symboleja käytetään venttiilien tilatietojen indikointiin, H01 symbolia virheindikointiin ja S03 kuittauspainonapin indikointiin. Kuviossa 17 näkyy lähtösignaalien kytkennät ohjauslogiikan lähteissä.



Kuvio 17. Releiden ja indikointivalojen lähtösignaalien kytkennät ohjauslogiikan lähtökana-  
vassa.

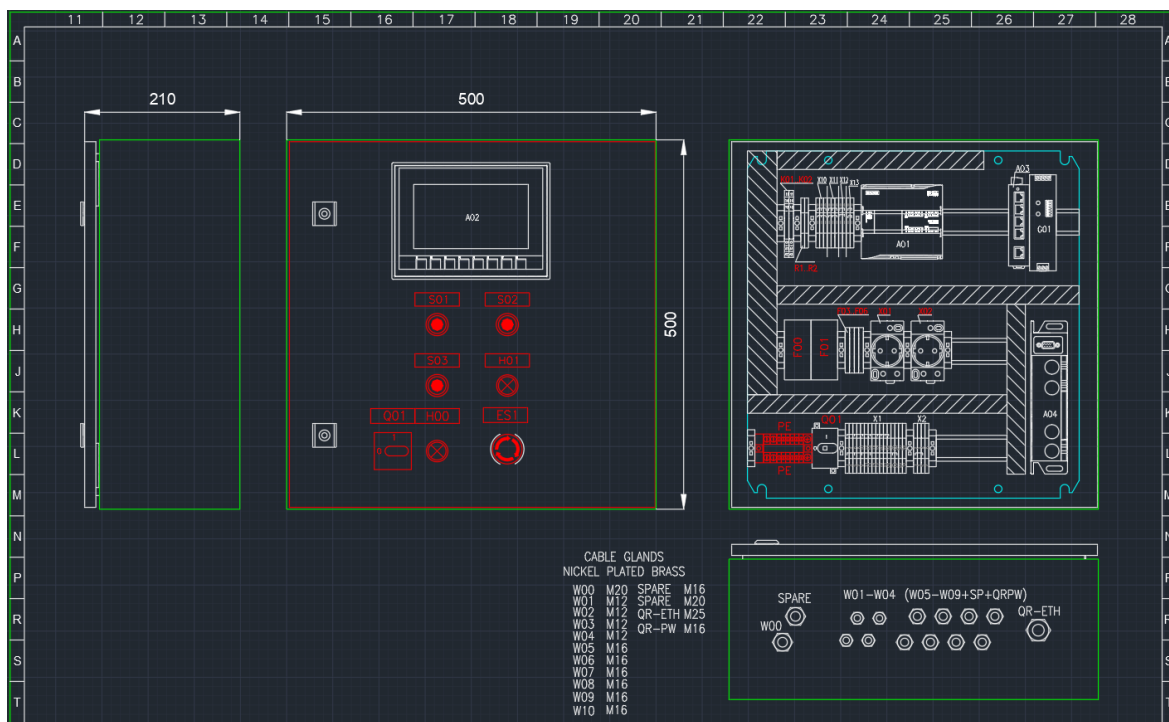
## Layout

Layout kuvassa kuvataan fyysisten laitteiden tai järjestelmän eri osien fyysistä sijaintia ja niiden välisiä yhteyksiä. Layout kuva auttaa asentajia ymmärtämään, miten komponentit tulisi asentaa sähkökeskuksen sisään. Kuvaa voidaan myös käyttää suunnittelijan ja kokoonpanijan välisenä kommunikointivälineenä. Tämä voi auttaa vähentämään virheitä ja kustannuksia valmistusprosessissa ja parantaa lopputuotteen laatua ja luettavuutta.

Komponenttien sijoitus ohjausyksikön sisälle layout kuvassa alkoi tulo/lähtö kuvien valmistamisen jälkeen ja kun kaikki tarvittavat komponentit olivat tiedossa. Ensimmäinen vaihe sisälsi kytkentäkaapin tyyppin ja fyysisten mittojen määrittelyn. Ohjausyksikkö on tarkoitettu vaativiin olosuhteisiin, missä voi esiintyä korkeita lämpötiloja, kosteutta, pölyä ja muita

ympäristötekijöitä, jotka voivat vaikuttaa laitteen suorituskykyyn ja kestävyys. KytKentäkaapiksi valittiin 500x500x210 mm Rittal AE 1007.600 sarjan malli. KytKentäkaapin valmistusmateriaali on ruostumatonta terästä ja vesitiiviydeltään IP66. Tämä tarkoittaa, että kaappi on pölytiivis ja vesisuihkuilta suojattu. KytKentäkaapin fyysiset mitat määriteltiin ottaen huomioon komponenttien fyysiset koot, ulkopuolelta tulevien kaapelien määrän ja KTP700 7” tuumaisen näytön perusteella.

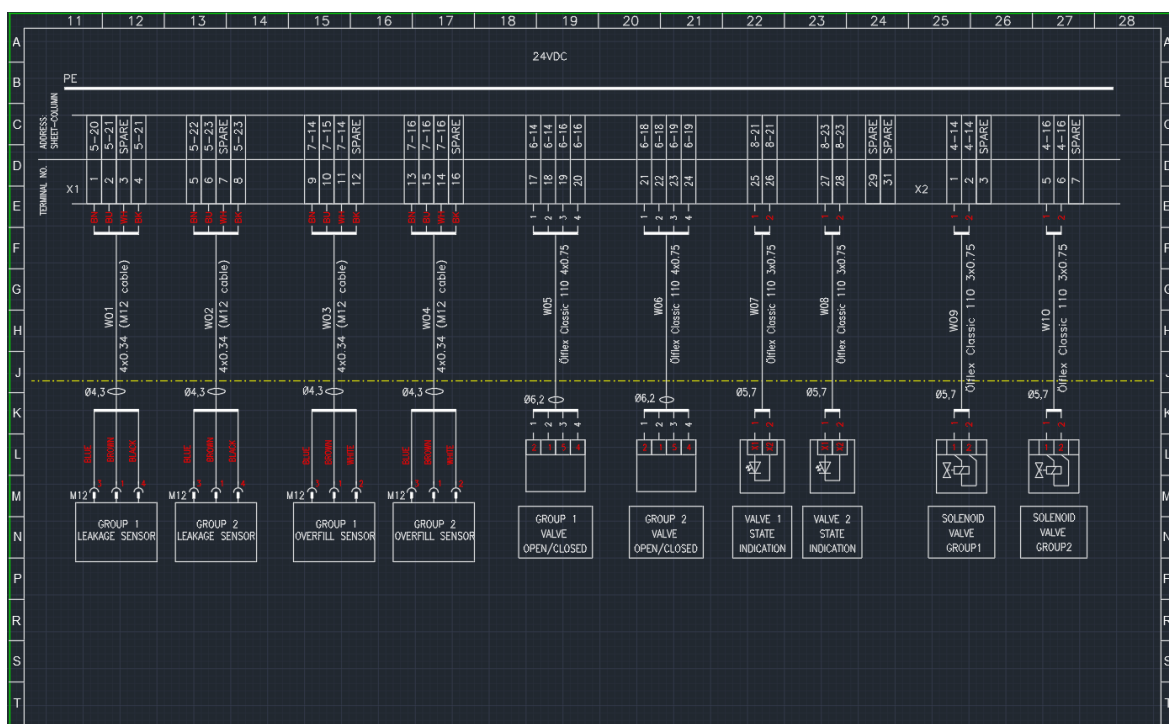
DIN-kiskojen asettelu kytKentäkaapin asennuslevylle oli seuraava vaihe. DIN kiskot ovat standardoituja metalliprofiileita, jotka on suunniteltu sähkö ja elektroniikkalaitteiden asentamiseen ja kiinnittämiseen. DIN-kiskoa on saatavana eri pituuksina ja muodoissa, mutta yleisin koko on 35 mm leveä ja 7,5 mm korkea. Layout kuvassa DIN-kiskoja on asennettu 3 kappaletta. Ohjausyksikön alapuolella oleva DIN-kisko on tarkoitettu 230 VDC:n pääjännitteen kytkimelle, maadoituskiskolle ja riviliitinryhmille X1 ja X2. Riviliitinryhmä X1 on tehty ulkopuolelta tuleville antureille ja osittain venttiilien tilan indikointiin. Riviliitinryhmä X2 on eroteltu venttiilien solenoidien ohjaukseen. Keskellä oleva DIN kisko sisältää 230 VAC johdonsuojakatkaisijoita (F00 JA F01). 24 VDC lasiputkisulakkeita (F03, F04, F05, F06) ja pistorasioita (X01 ja X02). Kolmas DIN-kisko sisältää 24VDC releitä (K01 ja K02), 24 VDC komponenteille tarkoitettuja riviliitinryhmiä (X10, X11, X12 ja X13), PLC:n, Ethernet kytkimen (A03) ja tehon lahteen (G01). DIN-kiskojen väliin on asennettu erimittaisia kaapelikouruja, jotka on tarkoitettu johtojen ja kaapelien järjestelyyn. Kaapelikourujen avulla kaapelit voidaan asettaa siististi ja järjestyksessä, mikä helpottaa kaapelien huoltoa ja vianetsintää. Kenttäväylälaite on asennettu asennuslevylle ilman DIN-kiskoa käyttäen itseporautuvia ruuveja. Kuviossa 18 nähdään layout kuvio ohjausyksiköstä.



Kuvio 18. Ohjausyksikön layout kuvio eri projektioidissa.

## Kaapelointi ja osaluettelo

Kaapelointidiagrammissa esitetään kaapelien ja johtimien tyypit, johtimien kytkennät riviliittimissä ja johtimien värit. Kaapelointidiagrammissa on käytetty M12-liittimellä varustettuja kaapeleita vuotoantureihin ja ylitäyttöantureihin. Kaapeleihin on myös merkattu halkaisijamittoja ja kaapeliläpivientien koot. Kaapelit, jotka eivät ole M12 liittimellä varustettuja, ovat halkaisijaltaan 6,2 mm ja 5,7 mm ÖLFLEX:n kaapeleita. Kuviossa 19 näkyy erityyppisten kaapeleiden kytkennät riviliittimissä.



Kuvio 19. Kaapelointikaavio ja kaapelien johtimien kytkennät.

Osaluettelo on luettelo kaikista sähköpiirustuksissa käytetyistä osista ja komponenteista, kuten kytkimistä, releistä, kaapeleista, liittimistä ja älylaitteista. Se sisältää yksityiskohtaiset tiedot jokaisesta komponentista, kuten sen tyypin, mallin, valmistajan ja kokonaismäärän. Osaluettelon hankitaan tarvittavat osat ja varmistetaan, että kaikki tarvittavat komponentit ovat käytettävissä ennen sähköasennustöiden aloittamista.

## 5.2 Koodilukijan ohjelmointi

Ennen TIA-portaalin käyttöä QR-koodilukijaan oli ohjelmoitava perustoimintoja ja yhdistettävä koodilukija kenttäväylälaitteeseen. Koodilukijan ohjelmointi oli mahdollista toteuttaa

skannaamalla valmistajan käyttöohjeessa annettuja viivakoodeja. Jokainen skannattu viivakoodi aktivoi koodilukijassa tietyn toiminnon. QR-koodilukijan kommunikointi kenttäväylälaitteen kanssa tapahtuu RS-232-liitännän kautta, eli koodilukijalla oli skannattava viivakoodi, joka aktivoi RS-232-sarjaportin kommunikointitoiminnon. Tämän lisäksi koodilukijaan RS-232-sarjaportille oli tarkoituksena määrittää kommunikointinopeus koodilukijan ja kenttäväylälaitteen välille. Nopeudeksi oli skannaamalla valittu 57600 baudia. Nopeuden valinta perustui latausaseman käyttöönotto-manuaalin suositeltavan nopeuteen. Sarjaliikenneprotokollan datamuodoksi oli koodilukijaksi valittu 8 databittiä, ei pariteettia ja 1 stop- bitti. Se tarkoittaa, että datan pituudeksi valitaan yksi tavu, ei pariteettibittiä datan eheyden tarkistamiseen, ja stop bitti tiedon siirron lopetusmerkiksi.

Tietyissä tilanteissa QR-koodin lukeminen voi tapahtua koodilukijan ja latausaseman Bluetooth-kantaman ulkopuolella, joten koodilukijalle oli aktivoiduttava erätilassa (Batch mode). Erätilan tehtävä on pitää luettu tieto koodilukijan muistissa, kunnes koodilukija saa-vuttaa Bluetooth-kantaman ja voi lähettää tiedon latausasemalle. Kuviossa 20 nähdään esi-merkki koodilukijan Batch-toiminnon viivakoodista, jonka avulla voidaan aktivoida Batch-toiminto.



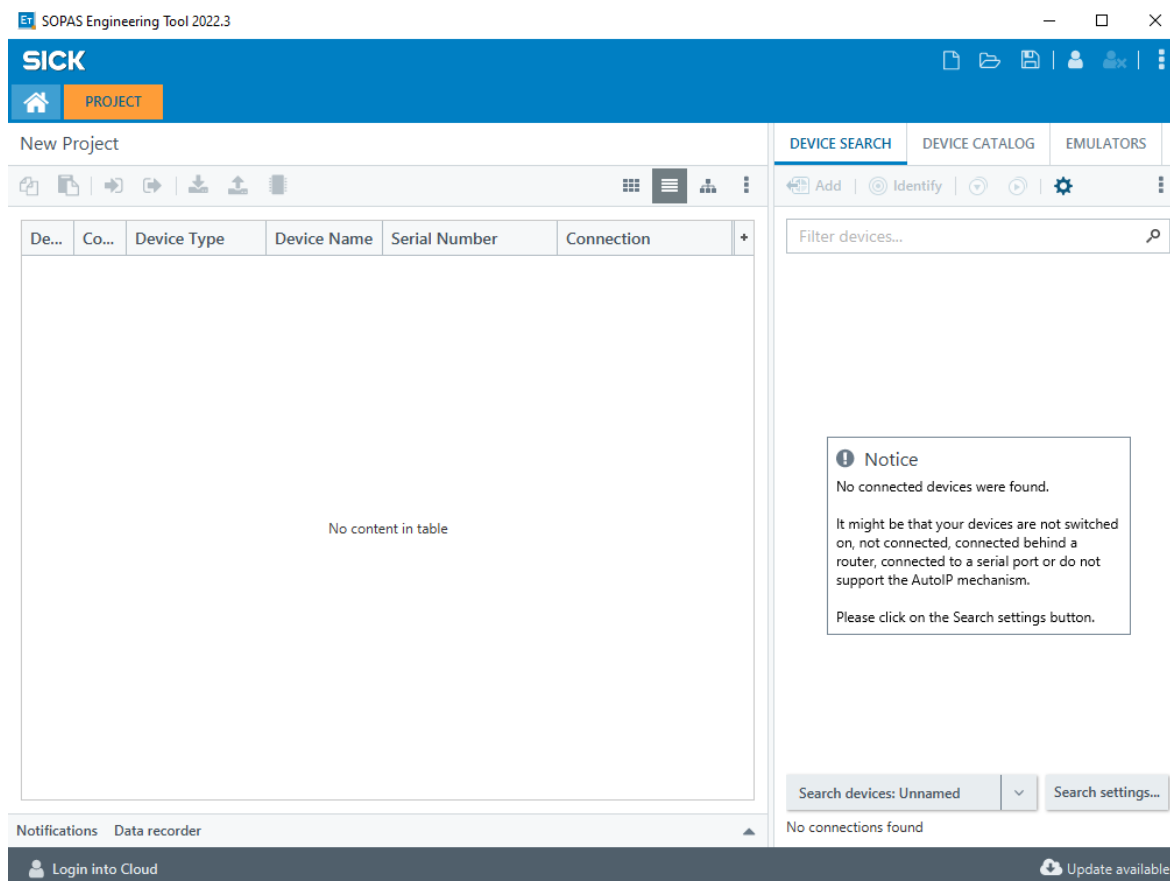
Kuvio 20. Esimerkki Batch-toiminnon viivakoodista (Honeywell b)

Kenttäväyläläite SICK CDF600-200:n tehtävä on lukea ja välittää ASCII-dataa koodiluki-jasta PLC:lle. Kenttäväyläläite tarvitsi koodilukijasta siirrettävien merkkijonojen etu- ja takaliitteitä. Etuliite STX ja takaliite ETX täytyi ohjelmoida skannaamalla koodilukijalla ASCII-taulukon merkkejä vastaavia viivakoodeja, sillä kenttäväyläläite ei pystynyt havaitsemaan merkkijonoja ilman etu- ja takaliitteitä. Kun etu- ja takaliitteet olivat lisätty viimeisenä vai-heena koodilukijaan, oli ohjelmoitava koodilukijaan QR-koodien lukutoiminto. QR-koodien lukutoiminto aktivoi ohjelman, joka pystyi havaitsemaan ja tulkitsemaan QR-koodeja viiva-koodien lisäksi.

## SOPAS Engineering Tool

SOPAS (Smart Object Programming and Administration System) on SICK AG:n tarjoama ohjelmistokehitystyökalu. Se on tarkoitettu SICK-sensoreiden ja laitteiden ohjelmointiin ja konfigurointiin. Työkalulla on myös mahdollista kehittää mukautettuja sovelluksia SICK-sensoreille ja laitteille käyttäen eri ohjelmointikieliä, kuten C++, C#, Python ja Java.

SICK CDF 600-2200 kenttäväylälaite oli konfiguroitava käyttäen SOPAS-ohjelmistokehitystyökalua. Ennen konfigurointia laitteessa täytyi vaihtaa tilakytkimen asentoon kaksi, mikä tarkoittaa, että laite voi toimia porttina ID-tunnistimille, jotka tukevat porttimoodia. Tämän jälkeen alkoi laitteen konfigurointi, jossa kenttäväylälaitteelle määriteltiin oma IP-osoite, ali-verkon osoite, laitteen nimi ja malli. Kuvassa 11 näkyy SOPAS Engineering Tool-ohjelmistokehitystyökalu SICKin tai ulkopuolisten valmistajien laitteiden konfigurointiin.



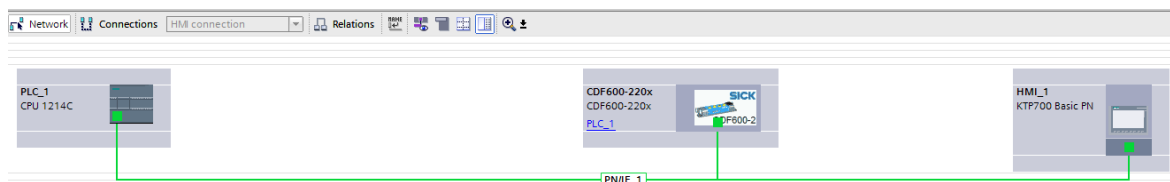
Kuva 11. SOPAS Engineering Tool

### 5.3 PLC – logiikan ohjelmointi

Ohjelmointi toteutettiin Siemensin TIA-portaali-ohjelmistoalustalla (Totally Integrated Automation Portal). Projektissa ohjelmointi tapahtui käyttäen FBD (Function Block Diagram) ja SCL (Structured Control Language) -ohjelmointikieliä. SCL on tekstipohjainen ohjelmointikieli, joka mahdollistaa monimutkaisempien ohjelmien luomisen verrattuna graafiseen ohjelmointiin. SCL:ssa ohjelmat kirjoitetaan koodimuodossa ja se tukee kaikkia perinteisiä ohjelmointirakenteita, kuten silmukoita ja ehtolauseita.

FBD on graafinen ohjelmointikieli, jossa ohjelma esitetään lohko-kaaviona, jotka sisältävät erilaisia lohkoja, joita yhdistetään toisiinsa. Lohkot edustavat tiettyjä toimintoja, jotta käyttäjän ei tarvitse käyttää aikaa toistuvien lohkojen kirjoittamiseen. FBD:lla lohkot yhdistetään toisiinsa nuolilla, jolloin syntyy ohjelma. FBD:n suurin etu on sen helppokäyttöisyys ja koodissa tapahtuvien prosessien visualisointi, joka auttaa ohjelman käyttöönotossa ja virheiden etsinnässä.

Siemensin 1214-sarjan PLC:n ohjelmointi alkoi projektin luomisesta ja ominaisuuksien määrittelystä, kuten projektissa käytettävät ohjelmointikielet ja automaatiojärjestelmän tyyppi. Kun projekti oli luotu, alkoi laitteiden ja moduulien konfigurointi, jossa määriteltiin Profinet-verkossa käytettävät älylaitteet ja moduulit. SICK CDF600-2200 kenttäväylälaitteelle oli ladattava erillinen GSD (General Station Description) tiedosto. DSG on TIA-portaalin tiedostomuoto, joka sisältää tietoa Profinet-laitteen toiminnasta ja ominaisuuksista, kuten laitteen identiteetin, toimintatiloja ja parametreita. DSG-tiedoston lisäämisen jälkeen kenttäväylälaitte, PLC ja HMI oli yhdistettävä verkkotopologiassa yhteen ja määriteltävä jokaiselle laitteelle oma IP- ja aliverkko-osoitteet. Ennen koodin varsinaista kirjoittamista oli Tag-taulukkoon lisättävä ohjausyksikössä käytetyt I/O-komponentit ja annettava jokaiselle oma osoite PLC:n muistissa. Kuvassa 12 nähdään konfiguroidut (PLC, kenttäväylämoduuli ja HMI) laitteet yhdessä verkossa yhdistettynä.



Kuva 12. Konfiguroidut älylaitteet yhdessä verkossa

Ohjausyksikön toiminta moduulit TIA-portaalissa oli jaettu FC (Function) ja FB (Function-Block) -ohjelmalohkoihin. FC-ohjelmalohkoissa oli toteutettu ohjauslogiikka, joka huolehti erilaisten toimintojen hallinnasta ja koordinoinnista. FC lohkot käsittelevät anturitietoja, laitteen toimintaa ja käyttäjän syötteitä. FB-ohjelmalohkot puolestaan keskittyvät erilaisiin toimintoihin, kuten venttiilien ohjaukseen ja analogisten anturien skaalaamiseen. FB-toimintalohkot helpottavat ohjelmointia ja vähentävät koodin toistoa. FB-toimintalohkoihin voi määrittää niiden toiminnallisuuden kerran ja käyttää sitä sen jälkeen useissa ohjelman osissa. Yhdessä FC- ja FB-ohjelmalohkot muodostavat kokonaisvaltaisen ohjausjärjestelmän.

Seuraavat FC- ja FB-lohkot muodostettiin projektissa: (FC\_Pääohjaus, FC\_Venttiiliohjaus, FC\_Käyttöpaneeli, FC\_Hälytykset, FC\_Ajanohjaus, FC\_Analog, FC\_Ledohjaus FB\_Analogian skaalaus ja FB\_Venttiiliohjaus).

**FC\_Pääohjaus** sisältää ohjausyksikön sekvenssiohjausta. Se on toteutettu SCL-ohjelmointikielillä. Ohjaussekvenssi on kirjoitettu käyttäen CASE OF-toimintoa. CASE OF- toiminto on rakenteellinen ohjelmointikielen elementti, joka mahdollistaa useiden erilaisten ehtojen tarkistamisen ja niihin liittyvien toimintojen suorittamiseen. Se alkaa tarkistamalla ensimmäistä ehtoa ja jos se täyttyy, suoritetaan siihen liittyvät toiminnot. Muussa tapauksessa CASE OF-siirtyy seuraavaan ehtoon, kunnes se löytää ensimmäisen täyttävän ehdon.

FC\_Pääohjauksen sekvenssiohjaus vastaa keskuksen ohjauslogiikasta. Se käsittelee käyttäjän syöttämät tulosignaalit, kuten venttiilien ohjausnappien painallukset ja skannatut QR-koodit. Skannattujen QR-koodien vertailu tapahtuu samassa CASE OF-lohkossa. Ohjelma on toteutettu niin, että jos käyttäjän skannatut QR-koodit täsmää ennen määritelyihin isäntä- QR-koodeihin, niin ohjelma antaa positiivisen vastauksen ja sallii pääsyn venttiilien ohjaukseen. Jos koodit eivät täsmää, ohjelma antaa negatiivisen vastauksen ja estää laitteen käyttöä lukitsemalla venttiilien toimintoa ja ilmoittamalla käyttäjälle neuvontapaneelilla tekstipalautteen.

Myös venttiilien toimintaan liittyvät ajastimet kuten, maksimiauukioaika, avausviive, käyttöoikeuden aikaraja ja skannaukseen liittyvä aikaraja oli toteutettu CASE OF-lohkossa. Maksimiauukioaika tarkoittaa, että venttiili sulkeutuu, kun venttiilille määritelty maksimiaika auki tilassa on kulunut. Avausviive on aika, jonka kuluttua käyttäjä voi lukea toisen säiliön QR-koodin ja avata toisen venttiilin ensimmäisen venttiilin avaamisen jälkeen. Ajastin käynnistyy, kun ensimmäinen venttiili on avattu ääriasentoon. Käyttöoikeuden aika on aika, jona venttiili voidaan avata QR-koodin lukemisen jälkeen. Kun aika on kulunut, QR-koodi on luettava uudelleen. Skannauksen viiveaika on maksimiaika, jonka aikana koodit on luettava uudelleen. Kuvassa 13 nähdään sekvenssiohjauksen osa, CASE OF lohkon sisällä olevasta koodista.

```

9 CASE "DB_QR_DataBase".iState1 OF
10
11     0: //Start
12         "DB_HMI".sStepString1 := 'Choose Group';
13     IF "R_TRIG_ChooseGroup1".Q AND "DB_stValve".stValve_AV2.OPN AND NOT "TON_Vlv2OpeningDelay".Q THEN
14         "DB_QR_DataBase".iState1 := 5;
15     ELSIF "R_TRIG_ChooseGroup1".Q AND "DB_QR_DataBase".iState2 <> 10 THEN
16         "DB_QR_DataBase".iState1 := 10;
17     END_IF;
18
19     "DB_HMI".xGroup1Match1 := FALSE;
20     "DB_HMI".xGroup1Match2 := FALSE;
21     "DB_HMI"."sQR-1Group1" := '';
22     "DB_HMI"."sQR-2Group1" := '';
23
24
25     "TON_Group1Match".TON(IN := FALSE,
26         PT := T#0S);
27
28     "TON_Vlv1Permission".TON(IN := FALSE,
29         PT := T#0S);
30
31     "TON_Vlv1Open".TON(IN := FALSE,
32         PT := T#0S);
33
34     "TON_Vlv1OpeningDelay".TON(IN := FALSE,
35         PT := T#0S);
36
37     "TON_AutoReturnGroup1".TON(IN := FALSE,
38         PT := T#0S);
39
40     5: //Wait time
41         "DB_HMI".sStepString1 := 'Opening delay is ON';
42     IF "TON_Vlv2OpeningDelay".Q THEN
43         "DB_QR_DataBase".iState1 := 10;
44     END_IF;
45
46     10: //Group 1 QR's analyze and insert into right string field in Main
47         "DB_HMI".sStepString1 := 'Group 1 > Reading QR';
48     IF "DB_SICK".xRcvDone AND "DB_QR_DataBase".sReceivedString <> '' THEN
49         IF "DB_QR_DataBase".sReceivedString = "DB_QR_DataBase".sOUTGroup1[1] THEN
50             "DB_HMI"."sQR-1Group1" := "DB_QR_DataBase".sReceivedString;
51             "DB_HMI".xGroup1Match1 := TRUE;

```

Kuva 13. CASE OF ja sen sisällä olevat toimintalogiikat

**FC\_Käyttöpaneeli** sisältää käyttöpaneelin ohjaamiseen ja visualisointiin liittyvät toiminnot. Funktiolohko käsittelee eri näyttövalikkojen älytoiminnot kuten, QR-koodien muistivalikon vertailulogiikat I/O-kentissä, historiavalikon skannattujen QR-koodien sijoittaminen I/O-kentille, näyttövalikkojen animaatiot ja käyttöpaneelin valikkojen ohjausnappien ohjaustoiminnallisuudet. Lisäksi FC\_käyttöpaneelissa on käyttöoikeuksien hallintaan liittyviä toimintoja, joiden avulla voidaan rajoittaa käyttäjän pääsyä tietyille toiminnoille tai valikoille.

QR-koodien muistivalikon vertailulogiikka I/O-kentissä vastaa sitä, että FC\_Käyttöpaneelissa olevan koodin avulla voidaan tarkistaa QR-koodien oikeellisuutta ja vertailla niitä tallennettuihin tietoihin. Tämä on tärkeää koska kemikaalityyppien sekoittaminen voi aiheuttaa vakavia riskejä, joten on tärkeää varmistaa, että oikea kemikaali siirretään oikeaan säiliöön.

QR-koodien muistivalikon vertailulogiikat I/O-kentissä tekevät tämän tarkistuksen automaattisesti ja nopeasti, mikä vähentää virheiden riskiä ja parantaa turvallisuutta.

Historiavalikon skannattujen QR-koodien asettaminen I/O-kentille tarkoittaa sitä, että skannattujen QR-koodien tietoja voidaan tallentaa järjestelmään, ottaen huomioon skannauksen aika, skannatun kemikaalin tyyppi ja säiliön tunniste. Näitä tietoja voidaan myöhemmin käyttää esimerkiksi raportointiin ja analysointiin.

Näyttövalikkojen animaatioiden logiikka puolestaan vastaa koodista, joka ohjaa animaatioita ja niiden käyttäytymistä eri tilanteissa. Animaatiot voivat esimerkiksi ilmoittaa käyttäjälle onnistuneesta toiminnosta tai virheestä, tai ne voivat havainnollistaa jonkin prosessin etenemistä.

Käyttöpaneelin valikkojen ohjausnappien toimintalogiikka määrittelee, mitä tapahtuu, kun käyttäjä painaa jotakin käyttöpaneelin nappia. Toimintalogiikka sisältää ohjeet siitä, mitä toimintoja suoritetaan, kun tiettyä nappia painetaan, ja kuinka näytön sisältöä päivitetään. Esimerkiksi, jos käyttäjä painaa "Skannaa QR-koodi"-nappia, toimintalogiikka määrittelee, että skannaus käynnistetään ja sen jälkeen käyttöliittymä päivitetään näyttämään skannauksen edistyminen ja skannattujen tietojen syöttökentät. Kuvassa 14 nähdään esimerkki skannausnapin toimintalogiikasta, joka on toteutettu käyttäen FOR toimintoa.

### Network 3: Scan button operational logics due to screen's limitations

Comment

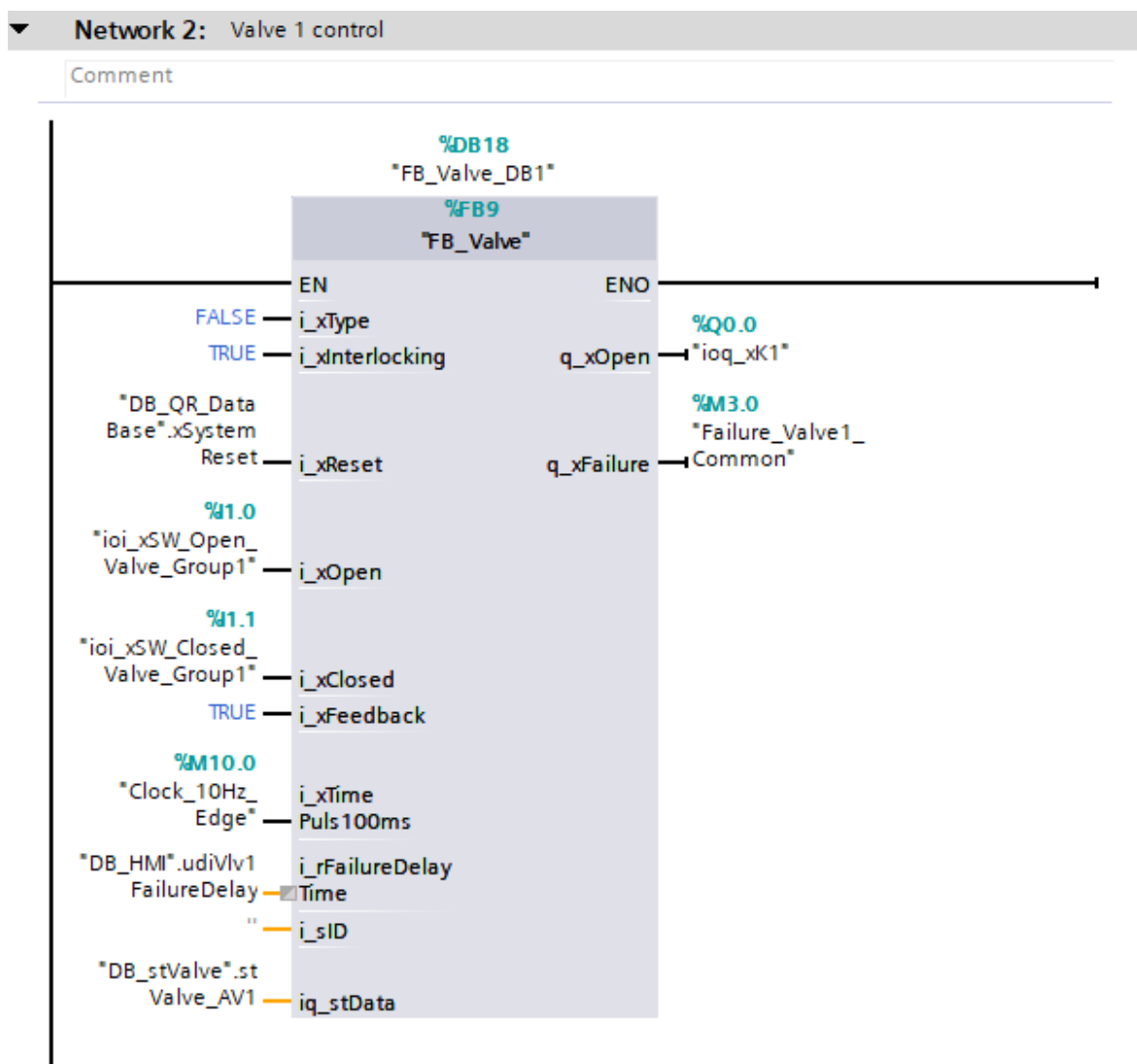
```

1 FOR #Index10 := 1 TO 12 DO
2   IF "DB_HMI".IBC_IO_FieldNumber[#Index10] AND NOT "DB_QR_DataBase".xIBCMem[#Index10] THEN
3     "DB_QR_DataBase".xIBCMem[#Index10] := "DB_HMI".IBC_IO_FieldNumber[#Index10];
4     FOR #index11 := 1 TO 12 DO
5       "DB_HMI".IBC_IO_FieldNumber[#index11] := FALSE;
6       "DB_HMI".TANK_IO_FieldNumber[#index11] := FALSE;
7     END_FOR;
8     "DB_HMI".IBC_IO_FieldNumber[#Index10] := TRUE;
9   END_IF;
10  IF "DB_HMI".TANK_IO_FieldNumber[#Index10] AND NOT "DB_QR_DataBase".xTankMem[#Index10] THEN
11    "DB_QR_DataBase".xTankMem[#Index10] := "DB_HMI".TANK_IO_FieldNumber[#Index10];
12    FOR #index11 := 1 TO 12 DO
13      "DB_HMI".IBC_IO_FieldNumber[#index11] := FALSE;
14      "DB_HMI".TANK_IO_FieldNumber[#index11] := FALSE;
15    END_FOR;
16    "DB_HMI".TANK_IO_FieldNumber[#Index10] := TRUE;
17  END_IF;
18  IF NOT "DB_HMI".IBC_IO_FieldNumber[#Index10] THEN
19    "DB_QR_DataBase".xIBCMem[#Index10] := FALSE;
20  END_IF;
21  IF NOT "DB_HMI".TANK_IO_FieldNumber[#Index10] THEN
22    "DB_QR_DataBase".xTankMem[#Index10] := FALSE;
23  END_IF;
24 END_FOR;
25

```

Kuva 14. Skannausnapin toimintalogiikka.

**FC\_Venttiiliohjaus** käsittelee venttiiliohjauksen FB-toimintalohkoja. Venttiilien FB-toimintalohkot sisältävät venttiilien ohjaukseen tarvittavia tietoja ja parametreja. Venttiilien toimintalohko on suunniteltu tukemaan erilaisten venttiilityyppien ohjausta ja käyttöä, kuten avoimen ja suljetun asennon säätöä sekä hälytyksien hallintaa. Toimintalohkossa on toteutettu reaaliaikainen (Feedback) ominaisuus, joka mahdollistaa venttiin tilan jatkuvan seurannan ja tarvittaessa nopean reagoinnin vikatilanteisiin. Feedback-ominaisuus perustuu venttiin sensoritietoihin, jotka kerätään venttiin tilasta ja jotka välitetään toimintalohkolle. Näiden tietojen avulla venttiiliohjausjärjestelmä pystyy reagoimaan nopeasti muutoksiin, kuten paineen tai virtauksen muutoksiin, ja säätämään venttiin asentoa tarvittavalla tavalla, jos automaattinen ohjaus on päällä. Kuvassa 15 nähdään miltä FC\_Venttiiliohjauksen FB\_Valve toimintalohkoon on kytketty tulo- ja lähtö signaaleja.



Kuva 15. FC\_Venttiiliohjauksessa oleva FB\_Valve toimintalohko

**FC\_Hälytykset** toimilohko vastaa järjestelmän hälytyksistä ja sisältää hälytysten käsittelyyn liittyvät toiminnot. Toimilohko seuraa jatkuvasti järjestelmän tilaa ja aktivoi hälytyksiä tarvittaessa. Kun hälytys aktivoituu, toimilohko välittää hälytysviestin käyttöliittymälle ja toimittaa samalla tarkempaa tietoa hälytyksen syystä ja sijainnista. Käyttöliittymässä hälytys tulee näkyviin merkinä tai ilmoituksena, joka varoittaa hälytyksen tilasta.

Lisäksi FC\_Hälytys-toimilohkossa on määritelty hälytysten prioriteetit, joiden perusteella hälytykset käsitellään järjestelmässä. Tärkeimmät hälytykset käsitellään välittömästi, kun taas vähemmän priorisoidut hälytykset voidaan käsitellä myöhemmin. Kuvassa 16 nähdään, miten osa hälytyksistä toimii FC\_Hälytys-toimilohkossa.

#### Network 1: Move Active fault bits > DB\_Hmi

Comment

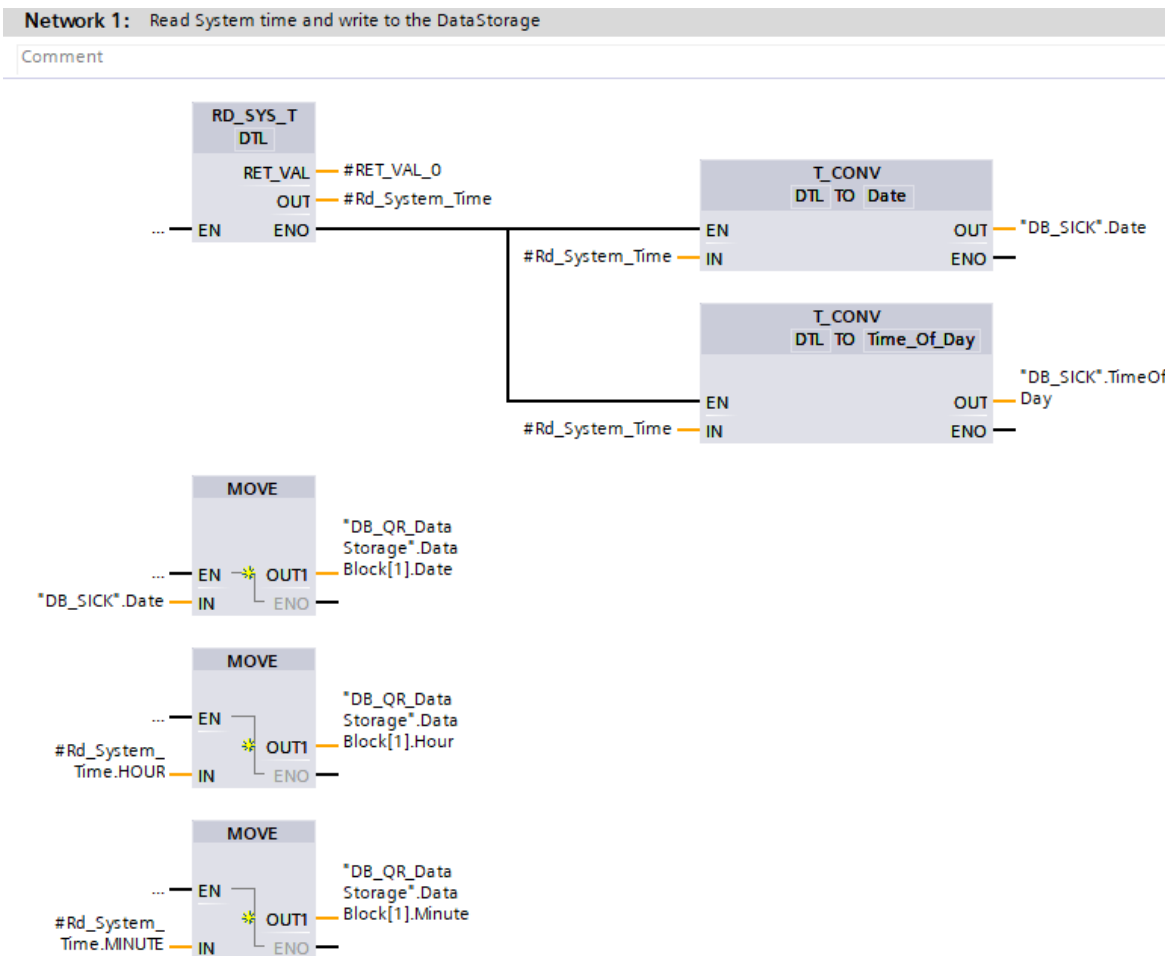
```

1
2 IF "TON_Leakage1Act".TON(IN := "ioi_xLeak_Group1" AND "DB_HMI".xGroup1LeakageAct,
3   PT := UINT_TO_TIME("DB_QR_DataBase".uiAlarmsLimitTime) * 1000);
4 IF "TON_Leakage1Act".Q THEN
5   "w_xAlarms1".%X1 := "DB_Alarms".ioi_xLeak_Group1 := TRUE;
6 END_IF;
7
8
9 IF "TON_Leakage2Act".TON(IN := "ioi_xLeak_Group2" AND "DB_HMI".xGroup2LeakageAct,
10  PT := UINT_TO_TIME("DB_QR_DataBase".uiAlarmsLimitTime) * 1000);
11
12 IF "TON_Leakage2Act".Q THEN
13   "w_xAlarms1".%X2 := "DB_Alarms".ioi_xLeak_Group2 := TRUE;
14 END_IF;
15
16
17 IF "Failure_Valve1_Common" THEN
18   "w_xAlarms1".%X3 := "DB_Alarms".Failure_Valve1_Common := TRUE;
19 END_IF;
20

```

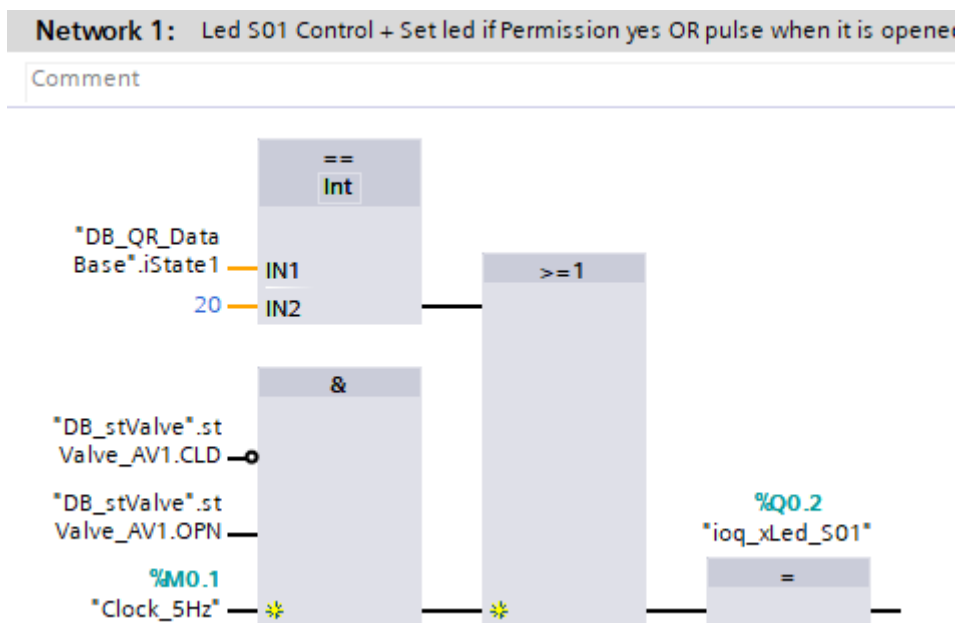
Kuva 16. FC\_Hälytyksen hälytyksien toimintalogiikka

**FC\_Ajanohjaus** käsittelee systeemin aikaan liittyvät toiminnot. Toimilohko sisältää funktioita, jotka pitävät järjestelmän ajan tasaisuutta ja tarkkuutta. Ajanohjaus vastaa myös ajastettujen tehtävien suorittamisesta, kuten esimerkiksi automaattisten laitteiden käynnistämisestä tai sammuttamisesta määriteltynä aikoina. Kuvassa 17 nähdään esimerkki, miten systeemin aika luetaan ja kirjoitetaan FC\_Ajanohjaus toimilohkossa datalohkoon.



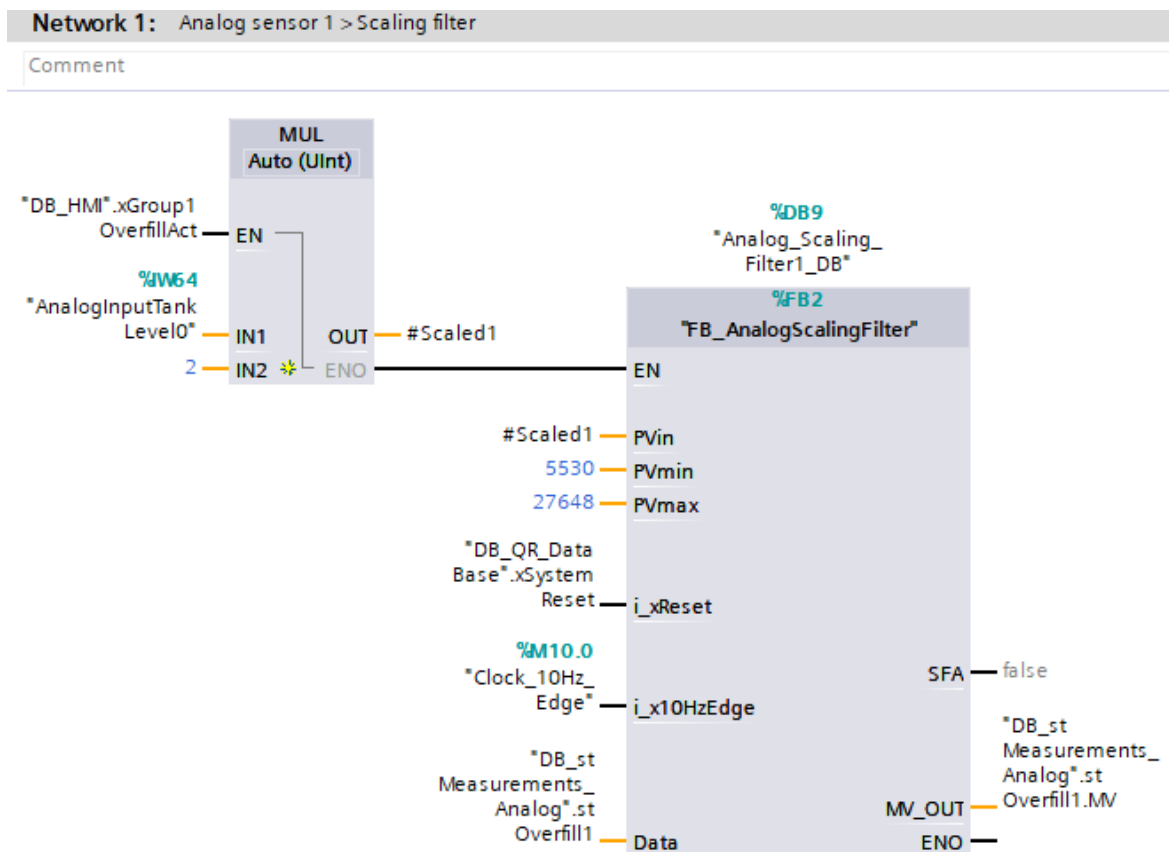
Kuva 17. FC\_Ajanohjauksessa olevat toimintalohkot

**FC\_Ledohjaus** ohjaa järjestelmän LED-indikaatioita ja sisältää ledien päälle- ja poiskytken-  
nän ohjauksen sekä vilkkumisen ohjaukseen. Toimilohkossa määritellään ledien vilkkumis-  
taajuus ja vilkkumislogiikan, jotta käyttäjä voi helposti erottaa eri tilanteet laitteen toimin-  
nasta toisistaan. FC\_Ledohjauksen koodi oli toteutettu käyttäen FBD (Function block dia-  
gram) ohjelmointia. Kuvassa 18 nähdään esimerkki siitä, miten painonapin S01 indikointi-  
valon toimintalogiikka on toteutettu.



Kuva 18. Painonapin S01 indikointivalon toimintalogiikka

**FC\_Analogiaskaalaus** tehtävä on muuntaa analoginen signaali pintamittausanturista ymmärrettäväksi digitaalimuotoiseksi signaaliksi. Toimilohkon avulla voidaan asettaa skaalauksen alue, muuntamaan 4–20 milliampeerin pintamittausanturin signaali vastamaan 0–100 %:n mittakaavaa. Projektissa on käytössä kaksi toimilohkoa, yksi toimilohko jokaiselle säiliöparille. Kuvassa 19 nähdään miten FB\_Analogiaohjaukseen on kytketty tulo- ja lähtösignaaleja.



Kuva 19. FC\_Analogiaohjauksessa oleva FB\_Analog toimintalohko

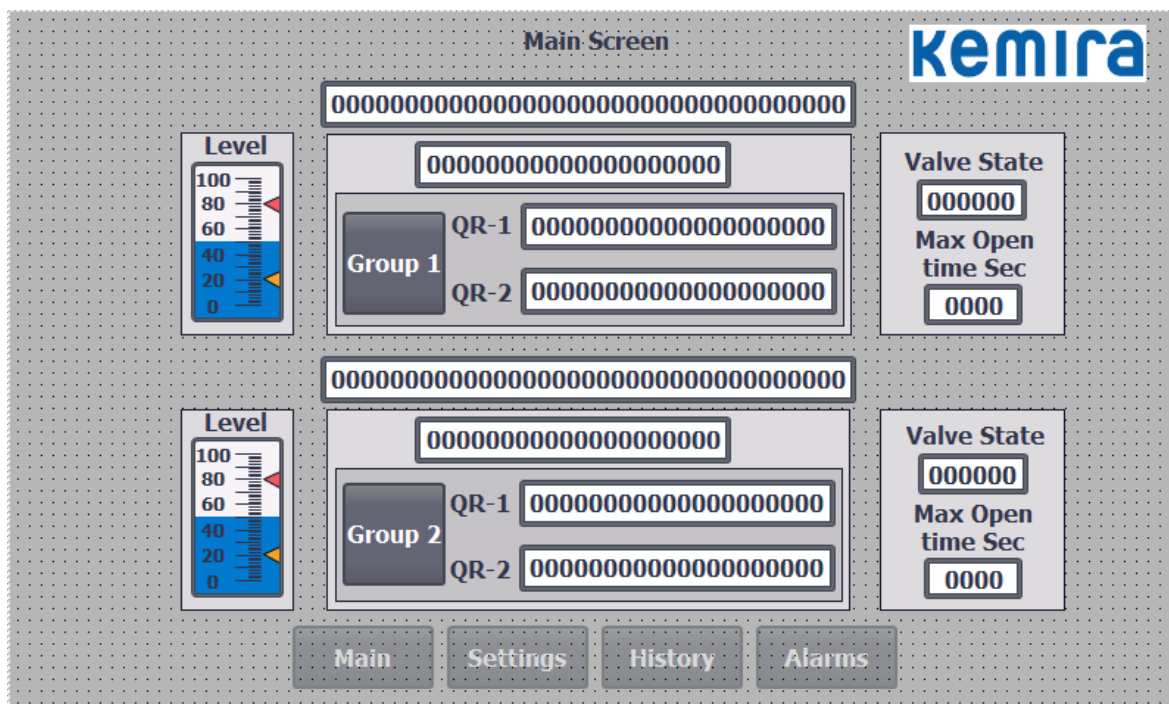
#### 5.4 Käyttöliittymän toteutus

Ohjausyksikön käyttöliittymän tekeminen toteutui Siemens TIA Portal V17-ohjelmistolla. TIA portaalin ohjelmiston avulla määriteltiin käyttöliittymän ulkoasu, graafiset elementit ja niihin liittyvät toimintalogiikat. TIA portaalissa on graafisia työkaluja ja valmiita käyttöliittymäelementtejä, kuten painikkeita, tekstikenttiä, I/O kenttiä ja muita käyttöliittymän komponentteja.

Projektin käyttöliittymä oli kehitetty ottaen huomioon KTP700 Basic Paneelin fyysiset mitat ja ominaisuudet. Käyttöliittymän kehityksessä oli painostettu käyttäjäystävällisyyteen, tehokkuuteen ja muotoilun jatkuvuuteen.

Ohjausyksikön käyttöliittymä oli jaettu valikkoihin, joihin oli mahdollista päästä aloitusnäytöltä. Käyttöliittymän jokainen valikko vastasi järjestelmän tietyistä toiminnoista. Käyttöliittymä muodostui seuraavista valikoista: (SC\_Pääsivu, SC\_Asetukset, SC\_QR-Muisti 1/2, SC\_QR-koodimuisti, SC\_Anturit, SC\_Systeemi, SC\_Hälytykset ja SC\_Historia). Asiakkaan pyynnöstä käyttöliittymästä jätettiin näyttämättä valikot, joita ei haluttu oppinäytetyön esittämiseen. Oppinäytetyössä demonstroidaan vain SC\_Pääsivu valikko ja kuvataan sen toimintaa.

**SC\_Pääsivu** on aloitussivu, josta käyttäjä aloittaa ohjausyksikön operoinnin käynnistyksen jälkeen. Pääsivu sisältää järjestelmän ohjaukseen tärkeimmät elementit kuten, kemikaaliryhmien valinta napit, QR-koodien I/O kentät, joihin skannattu koodi esitellään tai kirjoitetaan käsiin, jos koodilukija on viallinen. Lisäksi sivulla näytetään säiliöiden venttiilien tilat (kiinni tai auki), venttiilien maksimiauukioaika sekunteina, neuvojan lähtökenttä ja käsiin kirjoitettavat kemikaalien tulokentät, sekä visualisoidaan kemikaalien tasot säiliöissä. Kuvassa 20 nähdään SC\_Pääsivun valikon käyttöelementit ja muotoilu.



Kuva 20. SC\_Pääsivu on järjestelmän käynnistysikkuna

## 6 Tulokset ja johtopäätös

### 6.1 Tulokset

Oppinäytetyön tuloksena onnistuttiin kehittämään ohjausyksikkö ottaen huomioon asiakkaan tarpeet ja vaatimukset. TAS-Powerin kehittämä ohjausyksikkö kemikaalien turvalliseen purkuun vastasi teollisuuden standardeja ja oli suunniteltu täyttämään alan vaatimukset ja säädökset. Ohjausyksikön testaukseen oli käytetty huolellista suunnittelua ja simuloitua erilaisissa käyttötilanteissa ja olosuhteissa. Testauksen tuloksena havaitut mahdolliset ongelmat ja puutteet korjattiin ja optimoitiin ennen ohjausyksiköiden lähettämistä asiakkaalle. Ohjausyksikkö integroidulla QR-koodilukijalla on uusi tuotemalli asiakkaan tuotevalikoimassa, joka tarjoaa tehokkaan ja turvallisen tavan käsitellä kemikaalien purkua ja seurata niihin liittyviä tietoja reaaliaikaisesti. Kuvassa 20 nähdään ohjausyksiköt integroidulla QR-koodilukijalla ja jalustat mihin yksiköt on sijoitettu.



Kuva 20. Ohjausyksiköt kemikaalien turvalliseen purkuun

## 6.2 Johtopäätös

Projektin kehityksen aikana ilmeni ongelmia kommunikoinnin muodostamisessa kenttäväylämoduulin ja PLC:n välillä. Lisäksi ohjausyksikön ja käyttöliittymän erilaisten toimintojen ohjelmointi aiheutti haasteita. Projektin edetessä myös aikataulutukseen liittyi haasteita, kuten viivästyksiä komponenttien toimituksissa ja ulkoisten tekijöiden vaikutuksia aikatauluun. Projektin johtaminen ja resurssien hallinta olivat tärkeitä osa-alueita projektin onnistumisen kannalta.

Näistä haasteista huolimatta projekti saatiin suoritettua onnistuneesti aikataulussa. Oikea resurssien allokaatio, tiimin tehokas johtaminen ja projektin seuranta olivat keskeisiä osia projektin onnistumisen kannalta. Projektin kehityksen aikana opittiin paljon uutta projektien kehitysvaiheista, kuten projektin suunnittelusta, toteutuksesta, testauksesta ja käyttöönotosta.

Kaiken kaikkiaan projekti tarjosi arvokkaita oppimiskokemuksia. Projektin aikana saadut tiedot ja taidot voidaan hyödyntää yrityksen tulevissa projekteissa.

Eriytyiset kiitokset pääsuunnittelijalle Pekka Alaselle, joka osoitti poikkeuksellista asiantuntemusta ja johtajuutta projektin aikana.

## Lähteet

Alanen, P. 2022, 2023. Pääsuunnittelija, projektijohtaja. TAS-Power Oy. Projektinjohto.

Bolton, W. 2015. Programmable Logic Controllers. E-kirja. Oxford: Newnes. Google Play. Viitattu 15.01.2023. Saatavissa rajoitetusti

[https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=sDqnBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=programmable+logic+controller&ots=-bfw6p7kev&sig=-DNwi1SNIPtDOWHtxtKn3mGncpo&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=sDqnBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=programmable+logic+controller&ots=-bfw6p7kev&sig=-DNwi1SNIPtDOWHtxtKn3mGncpo&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

Barry J.Ewell. 2019. 21 Interesting Facts About Barcode Scanners That Will Help Your Business. Viitattu 8.02.2023. Saatavissa

<https://sps.honeywell.com/us/en/support/blog/productivity/interesting-facts-about-barcode-scanners>

Copadata.com. 2018 – What is HMI? Viitattu 20.03.2023. Saatavissa

<https://www.copadata.com/en/product/zenon-software-platform-for-industrial-automation-energy-automation/visualization-control/what-is-hmi/>

Denso-wave – Mechanism of barcode scanning. Viitattu 08.02.2023. Saatavissa

<https://www.denso-wave.com/en/adcd/fundamental/barcode/scan/index.html>

FieldComm Group – Foundation fieldbus. Viitattu 11.02.2023. Saatavissa

<https://www.fieldcommgroup.org/technologies/foundation-fieldbus/foundation-technology-explained>

Honeywell a. – GRANIT XP 1991iSR Technical Specifications. Viitattu 08.02.2023.

Saatavissa <https://prod-edam.honeywell.com/content/dam/honeywell-edam/sps/ppr/en-us/public/products/barcode-scanners/rugged-handheld/granitxp/documents/sps-ppr-granit-xp-1991isr-scanner-data-sheet-en.pdf?download=false>

Honeywell b. – GRANIT XP 1991iSR User Guide. Viitattu 05.04.2023. Saatavissa

<https://prod-edam.honeywell.com/content/dam/honeywell-edam/sps/ppr/en-us/public/products/barcode-scanners/rugged-handheld/granitxp/documents/sps-ppr-199x-en-ug.pdf?download=false>

Sirviö, J. Sr.Manager. Kemira Oyj. Yritys esittely 20.04.2023

Kemira Oyj, 2016 – Kemira celebrates significant improvements for production capacity increase at San Giorgio chemicals plant in Italy. Viitattu 20.04.2023. Saatavissa

<https://www.kemira.com/company/media/newsroom/news/kemira-celebrates-significant-improvements-for-production-capacity-increase-at-san-giorgio-chemicals-plant-in-italy/>

- Mick, W, 2010. Scan Me – Everybody’s Guide to the Magical World of Qr Codes. Viitattu 4.02.2023. Saatavissa rajoitetusti  
[https://books.google.fi/books?id=s5ZxqwwYKk8C&printsec=frontcover&dq=qr+code&hl=fi&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=qr%20code&f=false](https://books.google.fi/books?id=s5ZxqwwYKk8C&printsec=frontcover&dq=qr+code&hl=fi&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=qr%20code&f=false)
- Lundqvist, J. 2022. Teknologiajohtaja, projektijohtaja. TAS-Power Oy. Yritys esittely.
- Lundqvist, J. 2022. Teknologiajohtaja, projektijohtaja. TAS-Power Oy Haastattelu. 25.09.2022
- Michael Browne, 2020. The difference between Profibus and Profinet. Viitattu 13.02.2023. Saatavissa. <https://us.profinet.com/the-difference-between-profibus-and-profinet/>
- Michael Browne, 2020. What is Profinet? Viitattu 13.02.2023. Saatavissa [What is PROFINET? – PROFINET Explained – PI North America](#)
- Nanotec Electronic GmbH & Co – Fieldbus Systems & interfaces. Viitattu 11.02.2023. Saatavissa <https://en.nanotec.com/knowledge-base-article/fieldbus-systems>
- ROHM semiconductor – What are A/D Converter and D/A Converters? Viitattu 05.04.2023 <https://www.rohm.com/electronics-basics/ad-da-converters/what-are-ad-da-converters>
- Soon, T.J. 2008. QR code Viitattu 8.02.2023. Saatavissa rajoitetusti  
[https://scholar.google.com/scholar?cluster=12416089291660311324&hl=fi&as\\_sdt=0,5](https://scholar.google.com/scholar?cluster=12416089291660311324&hl=fi&as_sdt=0,5)
- Siemens a. SIMATIC S7-1200 Controllers. Viitattu 04.04.2023. Saatavissa <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>
- Siemens b. SIMATIC HMI Basic Panels. Viitattu 08.04.2023  
<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels/basic-panels.html>
- SICK AG a. 2021 – Operating instructions. Viitattu 11.02.2023. Saatavissa [https://cdn.sick.com/media/docs/0/30/030/operating\\_instructions\\_cdf600\\_2200\\_profinet\\_i\\_o\\_en\\_im0060030.pdf](https://cdn.sick.com/media/docs/0/30/030/operating_instructions_cdf600_2200_profinet_i_o_en_im0060030.pdf)
- SICK AG b. – Device family review. Viitattu 05.04.2023. Saatavissa [https://cdn.sick.com/media/familyoverview/2/52/052/familyOverview\\_Connection-Device-Fieldbus\\_g272052\\_fi.pdf](https://cdn.sick.com/media/familyoverview/2/52/052/familyOverview_Connection-Device-Fieldbus_g272052_fi.pdf)

Tamanna Sharma, 2018. RS-232 Serial Communication Protocol, working and specifications. Viitattu 18.02.2023. Saatavissa <https://circuitdigest.com/article/rs232-serial-communication-protocol-basics-specifications>

Wasp Barcode technologies. Viitattu 08.02.2023. Saatavissa <https://www.waspbarcode.com/buzz/how-barcode-scanners-work>