



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# HYDRAULIPRÄSSIN MODERNISOINTI

Matti Alatalo

Opinnäytetyö  
Elokuu 2018  
Konetekniikka  
Koneautomaatio



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka  
Koneautomaatio

ALATALO MATTI:  
Hydrauliprässin modernisointi

Opinnäytetyö 51 sivua, joista liitteitä 1 sivu  
Elokuu 2018

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli rakentaa CSI Composites Oy:lle komposiitin puristusprässi. Työ suunniteltiin ja valmistettiin Metecno Oy:n tiloissa. Vastaavia valmiita tuotteita ei juurikaan maailmalta löydy, ja CSI:n omistamaan valmiiseen hydrauliprässin runkoon oli hyvä lähteä suunnittelemaan juuri tilaajan toiveiden mukaista laitetta. Projektin käynnistyessä käytiin keskusteluja laitteen toiminnasta, ja suunnitelmat olivat alusta alkaen kohtuullisen selkeitä. Työ jakautui kolmeen osa-alueeseen: hydrauliiikka, sähkö ja ohjelmointi, jotka sisälsivät niin suunnittelun kuin laitteen kasaamisen. Opinnäytetyön kirjallisessa osuudessa ei julkaista sähköpiirustuksia tai logiikkaohjelmaa toimeksiantajan pyynnöstä.

Työn tuloksena kehitettiin toimiva hydrauliprässi komposiitin puristukseen. Komposiitti puristetaan muotin sisälle kahden lämmitettävän leuan väliin. Alkuperäisen hydrauliprässin toiminnan monimutkaisuuden takia oli epäilyksiä, toimiiko laite ajatellulla tavalla. Laitteen hydrauliiikkaa suunniteltaessa oli muutama olettamus, joiden pohjalta uudet komponentit valittiin, mikä aiheutti hieman epäluuloa laitteen testaamisvaiheessa. Muutamaa hienosäätöä logiikkaohjelmaan lukuun ottamatta laite toimi erinomaisesti.

Opinnäytetyötä voidaan pitää kokonaisuudessaan onnistuneena projektina. CSI Composites Oy oli tyytyväinen laitteen toimintaan ja projektin kulku sujui jouhevasti, pois lukien joidenkin komponenttien pitkät toimitusajat. Toimitusaikojen takia projektin valmistuminen viivästy hieman, mutta siitä ei muodostunut sen suurempaa ongelmaa. Valmiiseen laitteeseen pystytään lisäämään helposti toimintoja, kuten esimerkiksi rajakytkimiä, joiden avulla laitteen toimintaa kyetään automatisoimaan lisää. Tilaja halusi, että laite on yksinkertainen, joten yhteisymmärryksessä päätettiin pitää laite mahdollisimman pelkistettynä.

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Machine Automation

**ALATALO MATTI:**  
Modernization of a Hydraulic Press

Bachelor's thesis 51 pages, appendices 1 page  
August 2018

---

The purpose of this thesis was to design and build a hydraulic press which is intended to compress composite. The customer of this hydraulic press was CSI Composites Oy and manufacturing of the product took place at Metecno Oy. Customer ordered this press, because similar hydraulic presses can't be found. Customer delivered an old hydraulic press, which was excellent to modify for the clients demands. The project started with discussions of how modified hydraulic press should work. The project divides into three areas: hydraulics, electrics and programming. Electric diagrams and logic program will not be published by the request of the manufacturer.

The result of this thesis was a machine which compresses composite. Composite is in mold, which is compressed between two heated plates. The structure of the old hydraulic press was very complicated and there were few assumptions made when designing new hydraulic schematic. These assumptions caused some uncertainty about functionality of the machine but except few changes in the code, the machine worked well.

In conclusion, the modified hydraulic press can be considered successful. The machine meets the goals that were set for it. The feedback from the CSI Composites was positive and CSI will use the machine in the manufacturing of composite products. The project was delayed slightly due to long delivery times of some components. The electrical designing of the machine allows to add more functions to the machine, like limit switches. The customer wanted to keep the hydraulic press as simple as possible, so it was decided to leave everything unnecessary out of the machine.

---

Key words: hydraulic press, electrical designing, programmable logic, TwinCAT

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TOIMEKSIANTAJA JA TILAAJA .....	8
2.1	Metecno Oy.....	8
2.2	CSI – Composite Solutions and Innovations Oy .....	8
3	MODERNISOIDUN PRÄSSIN TOIMINTA .....	9
4	HYDRAULIIKKA .....	10
4.1	Prässin komponentit.....	11
4.1.1	Pumppu ja moottori.....	12
4.1.2	Paineenrajoitusventtiili.....	13
4.1.3	Sekvenssiventtiili .....	13
4.1.4	Proportionaalinen virtauksensäätöventtiili.....	14
4.1.5	Suuntaventtiili .....	14
4.1.6	Istukkaventtiili .....	15
4.1.7	Paineakku .....	16
4.1.8	Sylinteri.....	17
4.2	Prässin alkuperäinen hydrauliiikka .....	17
4.3	Prässin uudistettu hydrauliiikka.....	19
5	SÄHKÖ .....	23
5.1	Kenttä.....	23
5.1.1	Solenoidi .....	23
5.1.2	Anturointi .....	23
5.1.3	Painelähttimet.....	24
5.1.4	PT100-anturi .....	24
5.2	Ohjauskeskus .....	24
5.2.1	I/O kortit.....	26
5.3	Sähköturvallisuus.....	29
6	OHJELMOINTI .....	31
6.1	Ohjelmointikielet .....	31
6.1.1	Stuctured Text (ST).....	32
6.1.2	Instuction List (IL) .....	32
6.1.3	Ladder Diagram (LD) .....	33
6.1.4	Function Block Diagram (FBD).....	33
6.1.5	Sequential Function Charts (SFC) .....	34
6.2	Datatyypit.....	34
6.3	Rakenneyksiköt.....	35

6.4	Ohjelmoitavan logiikan peruskomponentit.....	36
6.4.1	Virtalähde.....	36
6.4.2	Keskusyksikkö.....	36
6.4.3	I/O-kortit.....	36
6.5	Beckhoff Automation ja TwinCAT.....	37
6.5.1	Beckhoff Automation.....	37
6.5.2	TwinCAT 3.....	37
6.6	Prässin ohjelmointi.....	38
6.6.1	Projektin luominen.....	38
6.6.2	Program Organization Units (POUs).....	40
6.6.3	Function Block (FB).....	42
6.6.4	Global Variable List (GVL).....	42
6.6.5	Visualization Manager (VISU) ja laitteen ohjaaminen.....	43
6.6.6	I/O:n määrittely.....	48
7	POHDINTA.....	49
	LÄHTEET.....	50
	LIITTEET.....	51
	Liite 1. Ohjauskeskus.....	51

**LYHENTEET JA TERMIT**

PID-säädin	Proportional-integral-derivative-säädin
bar	Paineen yksikön baarin tunnus
rpm	Revolutions per minute, kierroksia minuutissa
PT100	Vastuslämpötila-anturi (0 °C = 100 ohmia)
I/O	Input/Output
PWM	Pulse Width Modulation
RFID	Radio Frequency Identification
PLC	Programmable Logic Controller
ST	Structured Text
IL	Instruction List
LD	Ladder Diagram
FBD	Function Block Diagram
SFC	Sequential Function Charts
POU	Program Organization Unit
FB	Function Block
CPU	Central Processing Unit
FAE	Faults and Errors
GVL	Global Variable List

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja valmistaa CSI Composite Solutions and Innovations Oy:lle komposiitin puristusprässi. Sillä on tarkoitus puristaa komposiittia muottiin lämmitettävien leukojen avulla. Puristusvoiman ja leukojen lämpötilan pitää olla säädettävissä, jotta erilaisia komposiittimateriaaleja voidaan puristaa niiden valmistuksen vaatimalla tavalla. Puristus voi kestää muutaman tunnin, ja puristusvoiman tarkkuus on oltava viiden tonnin luokkaa. Laitteen toimittaja ja opinnäytetyön toimeksiantaja on Hämeenkyröläinen Metecno Oy, jonka tiloissa laite suunniteltiin ja valmistettiin.

Laite rakennettiin CSI Composites:n toimittamaan vanhaan hydrauliseen prässiin, josta suurin osa hydraulisista komponenteista korvattiin sähköisesti ohjattavilla komponenteilla. Myöhemmin prässiin on tarkoitus rakentaa peltinen runko avattavilla ovilla, johon lopuksi sijoitetaan sähkö- ja ohjauskeskus. Keskuksen kylkeen asennettiin painikkeet pikaliikkeen ylös- ja alasohjauksille, prässäyspainike, hätäseispainike sekä näyttö, josta säädetään laitteen asetuksia. Laitteen ohjauksessa käytettiin Saksalaisen Beckhoff Automationin ohjelmoitavaa logiikkaa, jonka ohjelmointi suoritettiin TwinCAT 3 ohjelmistolla.

Opinnäytetyö jakautuu selkeästi kolmeen osa-alueeseen: hydrauliseen suunnitteluun, sähköiseen suunnitteluun ja logiikkaohjelmointiin. Opinnäytetyön pääotsikot on jaettu näiden osa-alueiden mukaan, ja niiden alaotsikoissa kerrotaan kunkin alueen suunnittelusta, sekä niissä käytettyjen komponenttien/laitteistojen teoriasta. Laitteeseen tulee peltinen runko, jonka suunnittelu ja kasaus eivät kuulu opinnäytetyöhön, vaan se tapahtuu tilaajan toimesta.

## **2 TOIMEKSIANTAJA JA TILAAJA**

### **2.1 Metecno Oy**

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Metecno Oy. Yritys sijaitsee Hämeenkyrössä ja on perustettu vuonna 2008. Yrityksen toimialana on automaatio suunnittelu ja koneenrakennus. Yrityksellä ei ole varsinaisesti omaa tuotetta, joten jokainen projekti lähtee asiakkaan tarpeesta. Toimiala on hyvin laaja ja se käsittää teollisuusautomaation (modernisointi, automaatio suunnittelu, keskusvalmistus) ja laitevalmistuksen (erikoiskoneet, robotiikka, CNC-työstökoneet).

Metecnolla on oma tuotemerkki MeteCNC®. MeteCNC-työstökoneet ovat erilaisia G-koodipohjaisia työstökoneita. Jokainen työstökone valmistetaan myös asiakkaan tarpeiden mukaan ja ne on myös mahdollista liittää valmiiseen tuotannonohjausjärjestelmään. Metecno tarjoaa asiakkailleen laitteen suunnittelun ja rakentamisen lisäksi toimituksen aina käyttöönottoon ja koulutukseen saakka.

### **2.2 CSI – Composite Solutions and Innovations Oy**

CSI Composites on suunniteltavan laitteen tilaaja. Yritys on perustettu 2006 ja se toimii sijaitsevat Vilppulassa. CSI tarjoaa ratkaisuja komposiittituotteiden kehityksestä sarjavalmistukseen asti. Yritys tekee aktiivista yhteistyötä materiaalitoimittajien kanssa eri puolilla maailmaa ja osallistuu uusia komposiittiteknologiaa tutkiviin hankkeisiin. Näin ollen yrityksellä on tarjota vaihtoehtoja ja uusimpia menetelmiä asiakkaidensa tuotteiden elinkaaren aikaisten kustannusten alentamiseksi. Yrityksen palveluihin kuuluu komposiittimateriaalien tuotekehitys, kappaleiden suunnittelu sekä valmistus.



### 3 MODERNISOIDUN PRÄSSIN TOIMINTA

Modernisoidun prässin toiminta:

1. Puristusvoima (tonneina), puristusvoiman toleranssi sekä puristusaika ovat säädettävissä näytön asetuksista.
2. Ylä- ja alaleuan lämmitysvastukset käynnistetään näytöltä, ja niiden säätö tapahtuu PID-säätimeltä, jonka arvoja on mahdollista muuttaa näytön asetuksista.
3. Pumpun moottori käynnistyy pikaliikepainikkeilla tai prässäyspainikkeella.
4. Fyysisiä ylös/alas nappeja painamalla sylinteri liikkuu pikaliikkeellä (säädettävä), ja sylinteri pystytään painamaan muottia vasten ilman suurta puristusvoimaa.
5. Puristus käynnistyy ohjauskeskuksen fyysiseltä napilta, valo indikoi puristuksen tilaa.
6. Näyttöpaneelista näkyy reaaliaikainen tieto puristusvoimasta, leukojen lämpötiloista sekä kulunut puristusaika.
7. Paineakut pitävät puristuspaineen, jos prässi vuotaa öljyä. Paineakkujen tyhjetessä pumpun moottori käynnistyy automaattisesti ja järjestelmään syötetään lisää öljyä, kunnes haluttu paine saavutetaan, minkä jälkeen pumpun moottori sammuu.
8. Valo/äänimerkkimajakka ilmoittaa laitteen tilan. Lyhyt äänimerkki ilmoittaa prässäyksen valmistuneen, pitkä äänimerkki laitteessa olevasta viasta. Vihreä, oranssi ja punainen valo kertovat laitteen tilasta. Vihreä valo ilmoittaa laitteen olevan valmis prässäykseen/prässäyksen valmistuneen. Oranssi valo ilmoittaa prässäyksen olevan käynnissä. Punainen valo ilmoittaa vian laitteessa tai leukojen olevan lämmitysvaiheessa.

## 4 HYDRAULIIKKA

Hydrauliijärjestelmällä tarkoitetaan tehonsiirtoketjua, jonka avulla mekaaninen teho muutetaan hydrauliseksi, josta se välitetään haluttuun kohteeseen ja muunnetaan takaisin mekaaniseksi tehoksi. Tehon välittävänä aineena on neste, jossa teho sidotaan paineena sekä tilavuusvirtana.

Digitaalielektronikassa tapahtuneen kehityksen ansiosta hydrauliijärjestelmistä pystytään nykyään tekemään yhä monipuolisempia ja helposti ohjelmoitavia. Tämä yhdistettynä hydraulikomponenttien suuren tehon ja sen portaattoman säädettävyyden kanssa tekee hydrauliijärjestelmistä houkuttelevia vaihtoehtoja, ja niiden avulla on hyvät mahdollisuudet toteuttaa pitkälle automatisoituja suuritehoisia ja tarkkoja järjestelmiä. (Kauranne H., Kajaste J. & Vilenius M. 2013. 1.)

Hydrauliikan etuja,

- Suuret voimat ja momentit pienillä ja kevyillä komponenteilla
- Helppo toteuttaa lineaarinen ja pyörivä liike
- Voiman, momentin ja nopeuden muuttaminen on helppoa
- Ylikuormituksen eston toteuttaminen
- Useimmat komponentit on standardoitu
- Sähköhydrauliset toimilaitteet mahdollistavat sähköisen ohjaustekniikan liittämisen hydrauliikkaan

Hydrauliikan haittoja,

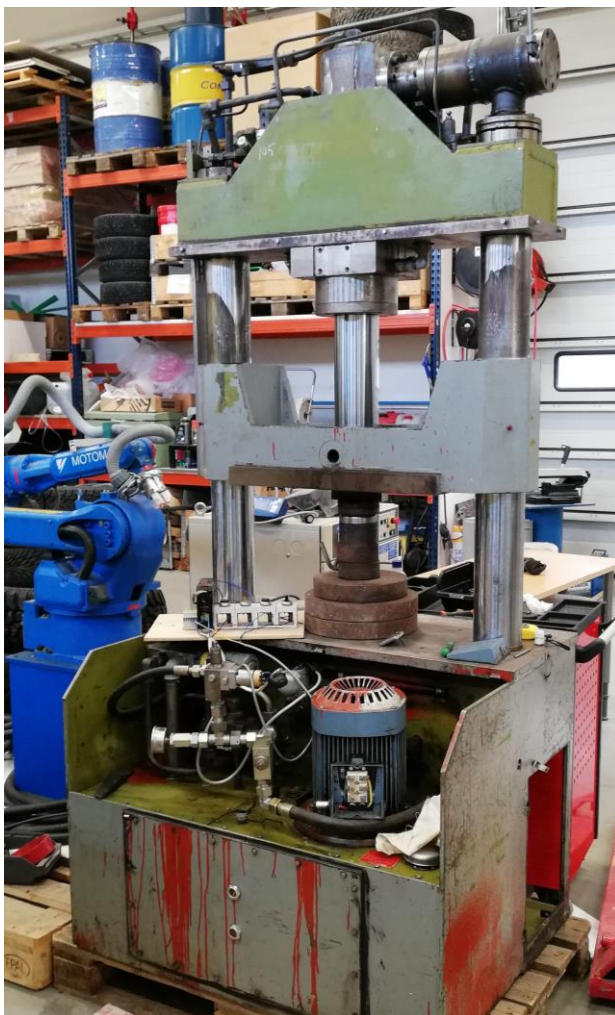
- Korkea paine ja jatkuva käyttö vaativat huoltoa öljyvuotojen estämiseksi
- Komponenttien toimivuus ja pitkä kestoikä edellyttävät puhdasta järjestelmää
- Tehonsiirrossa voi esiintyä tehohäviöitä

(Fonselius, J. 1993, 3.)

Hydraulisessa prässissä muunnetaan moottorin mekaaninen teho pumpun avulla nesteen virtaukseksi. Hydraulikomponenttien avulla neste ohjataan hydraulisylinterille, joka liikkuu nesteen pakkautuessa sen kammioon paineen pakottamana. Hydrauliprässin perimmäisenä tarkoituksena on puristaa kappaletta pöytää vasten suurella paineella.

#### 4.1 Prässin komponentit

Seuraavassa kappaleessa esitellään uudistetussa prässissä käytettäviä komponentteja. Prässin vanhat poistettavat komponentit on jätetty opinnäytetyöstä pois, sillä niiden toiminnalla ei ole suurta merkitystä valmistettavan laitteen ymmärtämisen kannalta. Hydrauliiikan perusteita käsitellään myös vain laitteen toiminnan kannalta oleellisin osin. Hydrauliiikan piirrosmerkkejä avataan komponenttien esittelyn ohessa. Kuvassa 1 on hydrauliprässin runko alkuperäisillä osilla.

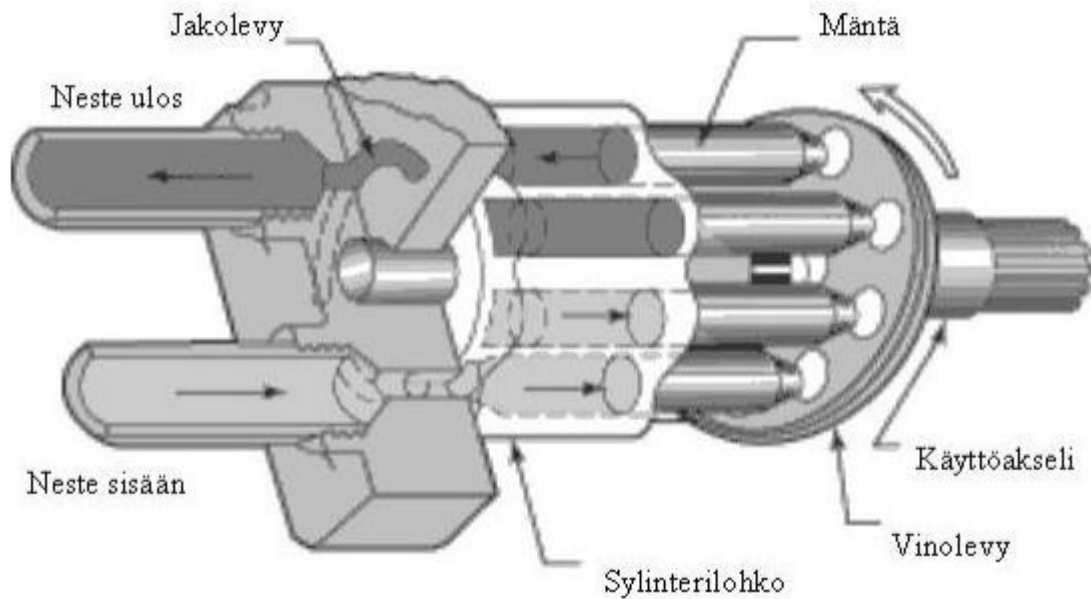


KUVA 1. Hydrauliprässin runko alkuperäisillä osilla

#### 4.1.1 Pumppu ja moottori

Hydrauliprässin moottori on Asea merkinen kolmivaiheinen oikosulkumoottori. Asea on fuusioitunut 1986 ABB:n edeltäjän kanssa, joten prässin voidaan päätellä olevan todella vanha. Moottorista ei löytynyt kilpitietoja, mutta sen laipan koko kertoi sen olevan 4 kW moottori. Moottorin pyörimisnopeus on 1500 rpm, jonka pystyi päättelemään pumpun kilpitiedoista. Pumppu maksimituotto on 350 baaria, mutta prässätessä se kykeni tuottamaan vain hiukan yli 200 baarin paineen.

Pumppu on tyypiltään aksiaalimäntäpumppu, tarkemmin staattoriaksaalipumppu. Staattoriaksaalipumpussa mäntien liike tapahtuu akselin suuntaisesti ja ne saavat liikkeensä pyörivästä vinolevystä. Moottorin pyörittäessä vinolevyä männät liikkuvat edestakaisin aiheuttaen imuvoiman. Kuvassa 2 on esitetty staattoriaksaalipumpun toimintaa.



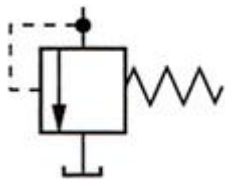
KUVA 2. Staattoriaksaalipumppu (Ruohonen, T. 19)

Staattoriaksaalipumput ovat avoimiin järjestelmiin tarkoitettuja vakiotilavuuspumppuja. Niiden etu on yksinkertainen rakenne, pienet vuotohäviöt sekä lyhyet pienihäviöiset virtauskanat. (Kauranne H., Kajaste J. & Vilenius M. 2013. 168-169.)

### 4.1.2 Paineenrajoitusventtiili

Paineenrajoitusventtiilin tehtävä on rajoittaa järjestelmäpaine haluttuun arvoon ja estää paineen rajattoman kasvun aiheuttamat vauriot. Paineenrajoitusventtiili (Kuva 3) on yleisin hydraulikkajärjestelmää suojaavista komponenteista, ja sitä käytetäänkin lähes jokaisessa hydraulikkajärjestelmässä.

Paineenrajoitusventtiilit ovat normaalisti suljettuja, ja karan siirtoon tarvittava ohjauspaine saadaan sisäisesti venttiilin tuloliitännästä. Venttiili kytketään järjestelmää korkeapainelinjan ja säiliön väliin, jolloin ohjauspaineen saavuttaessa avautumispaineen venttiili aukeaa ja neste virtaa tuloliitännän puolelta suoraan tankkiin. (Kauranne H., Kajaste J. & Vilenius M. 2013. 259.)



KUVA 3. Paineenrajoitusventtiili

Kuvasta nähdään kuinka jousi pitää venttiilin suljettuna, kunnes avautumispaine ylitetään, ja katkoviivalla kuvattu ohjauspainelinja avaa venttiilin ja neste virtaa takaisin tankkiin.

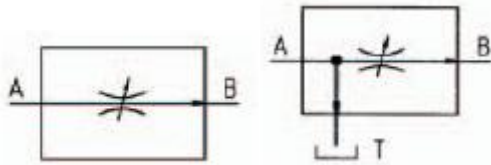
### 4.1.3 Sekvenssiventtiili

Sekvenssiventtiili on paineenohjausventtiili, joka muistuttaa toiminnaltaan paineenrajoitusventtiiliä. Yleensä sitä käytetään ohjaamaan virtausta toisaalle paineen ylitettyä sen asetusarvon. Venttiili on joko suoraan- tai esiohjattu ja sen avautumista ohjaava paine voidaan ottaa sisäisesti tai ulkoisesti.

Alkuperäisen prässin hydraulikassa on kaksi sekvenssiventtiiliä. Ne ovat sylinterin varren puolella, ja niiden avulla estetään sylinterin laskeutuminen pelkän painovoiman avulla. Molempien avautumispaine on säädettävissä ja toisessa niistä on esiohjaus. Molemmat sekvenssiventtiilit on tarkoitus jättää paikalleen.

#### 4.1.4 Proportionaalinen virtauksensäätoventtiili

Virtauksensäätoventtiili (Kuva 4) nimensä mukaisesti säädetään tilavuusvirtaa. Käytännössä sen avulla rajoitetaan virtauspinta-alaa. Virtauksensäätoventtiilejä on 2- ja 3-teisiä.



KUVA 4. 2- ja 3-tie Virtauksensäätoventtiili

Proportionaaliohjatulla komponentilla tarkoitetaan ohjaustavan olevan portaaton. Tavallisesti komponentit ovat ON/OFF, jolloin ne voivat olla päällä tai pois päältä. Proportionaalitekniikalla voidaan esimerkiksi ohjata tavallista suuntaventtiiliä päästämään nestettä läpi halutun määrän, eikä koko virtausta, joka siihen tulevassa putkessa/letkussa virtaa. Toimintaperiaatteeltaan proportionaali ovat jatkuvatoimisia vahvistimia, joissa tuleva sähköinen muunnetaan ja vahvistetaan hydrauliseksi lähtösignaaliksi (Kauranne H., Kajaste J. & Vilenius M. 2013. 332.).

Laitteessa käytetään proportionaalista 3-tieventtiiliä, eli ylimääräinen neste virtaa takaisin tankkiin. Käytetyssä venttiilissä maksimivirtausnopeus on 16 litraa minuutissa.

#### 4.1.5 Suuntaventtiili

Suuntaventtiileillä ohjataan tilavuusvirran suuntaa ja siten toimilaitteiden liikesuuntia. Suuntaventtiilit erotetaan toisistaan sekä liitäntöjen että kytkentäasento lukumäärän perusteella. Esimerkiksi venttiiliä, jossa on neljä liitäntää ja kolme kytkentäasentoa kutsutaan siis 4/3-suuntaventtiiliksi. Piirrosmerkeissä (Kuva 5) kutakin asentoa kuvataan laatikolla, jonka sisällä olevat symbolit ilmaisevat liitäntöjen väliset yhteydet kyseisessä asennossa.



KUVA 5. Erilaisia suuntaventtiileitä (Paavilainen 2009. 11.)

Laitteessa käytetään kahta sähköisesti ohjattua 4/3-suuntaventtiiliä (Kuva 6). Piirrosmerkinnän reunoilla olevat jouset pitävät sen normaalisti keskiasennossa ja neliöt, joiden sisällä on poikkiviiva kertovat niiden olevan solenoidi- eli sähköohjattuja. Tästä kerrotaan myöhemmin sähköä käsittelevässä kappaleessa.



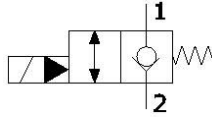
KUVA 6. Laitteessa käytetyt suuntaventtiilit

Venttiilit ovat toiminnaltaan muuten samanlaisia, mutta niiden keskiasento eroaa toisistaan. Ensimmäisessä venttiilissä keskiasennossa kaikki kanavat ovat suljettuja, mutta toisessa venttiilissä A & B kanava on kytketty tankkiin. Venttiilit ovat solenoidiohjattuja ja jouset pitävät ne keskiasennossa, mikäli solenoideihin eli keloihin ei vaikutetta.

#### 4.1.6 Istukkaventtiili

Venttiilit jaetaan yleisesti niiden sisäisen rakenteen mukaan luisti-, istukka- tai kiertyväkaraisiin venttiileihin. Luistirakenteet ovat yleisimpiä ja koneessa käytetyt suuntaventtiili-

lit ovat luistirakenteisia. Niille on tyypillistä kuitenkin välysvuoto, ja koska laitteessa pyritään minimoimaan vuodot useamman tunnin puristuksen takia, siinä käytetään myös istukkaventtiiliä (Kuva 7), joka on puolestaan hyvin tiivis. (Metropolia 2009)



KUVA 7. Sähköohjattu istukkaventtiili, 2/2

#### 4.1.7 Paineakku

Paineakun avulla saadaan varastoiduksi hydraulijärjestelmän energiaa, minkä jälkeen paineakku voidaan käyttää energialähteenä. Kaasulla toimivat paineakut koostuvat kahdesta kammioista, jotka erottavat kaasun ja nesteen sekoittumisen estävä väliseinä. Energia varastoidaan akkuun siten, että akun nestetilaan johdatetaan paineistettua nestettä, jolloin väliseinä alkaa siirtyä ja puristaa kaasutilavuutta kokoon. Energia purkautuu takaisin järjestelmään vastaavasti nestepuolen paineen laskiessa, jolloin korkeampi kaasupaine työntää väliseinää nestepuolelle ja vapautuva neste virtaa järjestelmään. (Kauranne H., Kajaste J. & Vilenius M. 2013. 259.)

Kaasulla toteutettavat paineakut jaetaan rakko-, kalvo- ja mäntäakkuihin. Laitteessa käytetty akku on tyypiltään mäntäakku. Se ylläpitää riittävän puristuspaineen järjestelmässä, vaikka pumpun moottori sammutettaisiin. Kuvassa 8 on esitetty paineakun piirrosmerkki.



KUVA 8. Paineakku



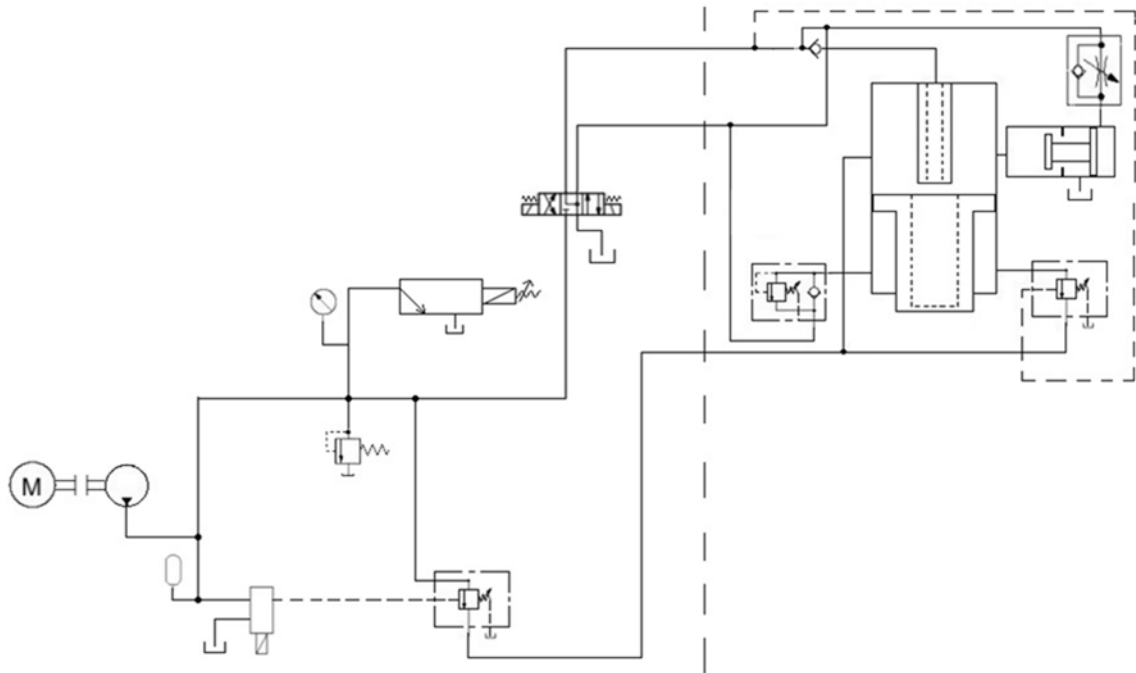
#### 4.1.8 Sylinteri

Prässin sylinteri eroaa tavallisista sylintereistä huomattavasti. Suurimpana erona tavallisiin sylintereihin on siihen tulevat kolme kanavaa tavallisen kahden sijaan. Kahdella kanavalla sylinteriä liikutetaan alaspäin, ja vain toinen niistä puristaa sylinteriä suurella voimalla. Sylinterin toiminnasta on esitetty tarkempi kuvaus seuraavassa kappaleessa, joka käsittelee prässin alkuperäistä toimintaa.

#### 4.2 Prässin alkuperäinen hydraulikka

Opinnäytetyö aloitettiin tutkimalla vanhan prässin (Kuva 1) toimintaa. Prässin kyljessä ei ollut minkäänlaista tyyppikilpeä, eikä siitä ei löytynyt alkuperäistä hydraulikkakaaviota. Komponenttien tyyppikilpien perusteella prässin pystyi arvioimaan ainakin 30 vuotta vanhaksi, eikä kaikista komponenteista löytynyt minkäänlaista tietoa. Prässistä oli tarkoitus uudistaa vain alakerta (Kuva 1), joten yläkerran putkistojen toiminta oli tärkeä saada selville uuden hydraulikkakaavion piirtämistä varten.

Hydrauliprässin toimintaa tutkittiin ohjaamalla sen venttiilien keloja testipöydän avulla, jolloin nähtiin miten sylinteri reagoi venttiileihin. Testailemalla toimintaa ja purkamalla yläkerta saatiin selvitettyä laitteen toiminta, ja pystyttiin hahmottelemaan hydraulikkakaavio (Kuva 9).



KUVA 9. Alkuperäinen hydraulikkakaavio

Prässiä tutkiessa huomattiin, että siihen on lisätty jälkikäteen komponentteja, ja tästä syystä hydraulikkakaaviossa on epäloogisuuksia. Toiminta pääpiirteittäin on kuitenkin se, että ylempää suuntaventtiiliä ohjatessa sylinteriä kyetään liikuttamaan alas ilman, että paine nousee korkealle. Tämä selittyy oikealla näkyvästä poistokanavasta, josta öljy pääsee purkautumaan vapaasti tankkiin. Alaspäin liikkeessä öljyä virtaa kuitenkin sen verran paljon, että vasemmalla alhaalla näkyvä paineenohjausventtiili päästää öljyn kulkemaan lävitseen, jolloin sylinteri liikkuu painovoiman avustamana alaspäin. Ylöspäin ohjatessa poistokanava on myöskin auki, jolloin prässi nousee todella nopealla liikkeellä ylös. Alemmasta venttiilistä ei löytynyt kilpitietojen avulla tietoa sen toiminnasta tai piirrosmerkistä, mutta sitä ohjatessa prässin paine nousi noin 200 baariin, eli tähän venttiiliin vaikuttaessa laite prässää isolla voimalla.

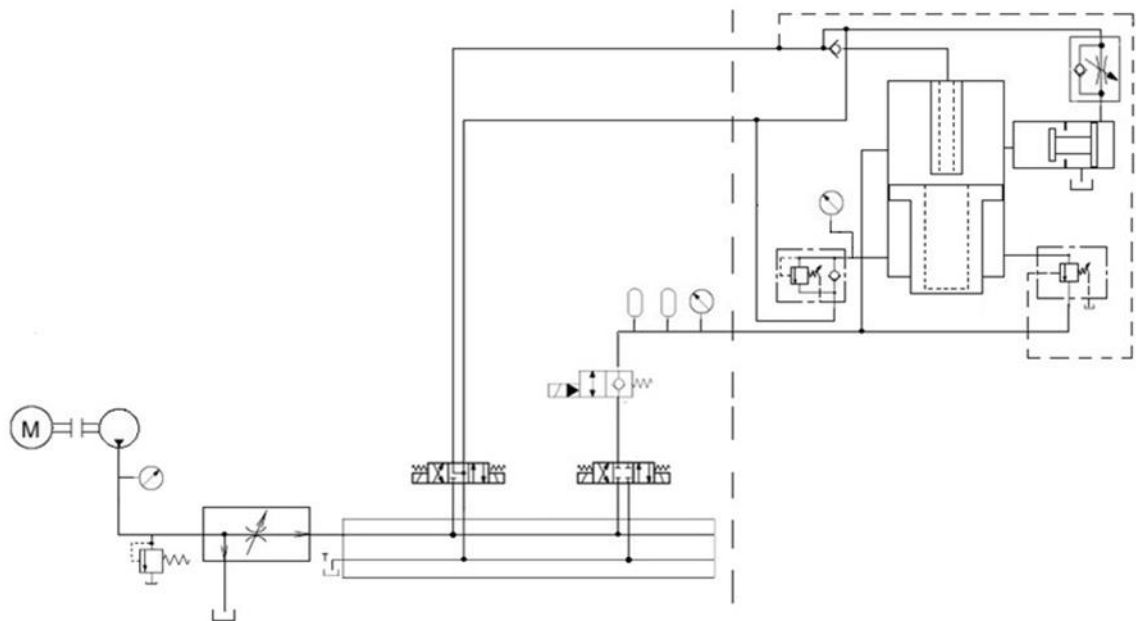
Prässin alkuperäinen hydraulikka mahdollistaa hyvin uuden toimintatavan, koska siinä on valmiiksi kaksi sylinteriä laskevaa putkea, joista toinen ei nosta painetta korkealle.

Kuvasta 9 näkyvästä hydraulikkakaaviosta katkoviivan oikealla puolella olevat komponentit ja putket on tarkoitus jättää ennalleen, ja vasemmalla puolella näkyvä hydraulikka korvata uusilla komponenteilla, lukuun ottamatta moottoria ja pumppua.

### 4.3 Prässin uudistettu hydraulikka

Pumppu tuottaa maksimissaan 350 baarin paineen. Valittujen komponenttien maksimipaineet vaihtelevat 280-350 baarin välillä, joten paineraja asetettiin 250 baariin. Tällä suojataan hydraulisia komponentteja rikkoutumisilta.

Kuvan 10 kaaviossa katkoviivan oikealla puolella olevat komponentit ovat muuten samoja, mutta sinne on lisätty painelähetin. Paineletin on lisätty todellisen prässäyspaineen saamiseksi, sillä sylinterin varren puolella vaikuttava vastapaine on myös otettava huomioon todellisessa paineessa.



KUVA 10. Prässin uudistettu hydraulikkakaavio

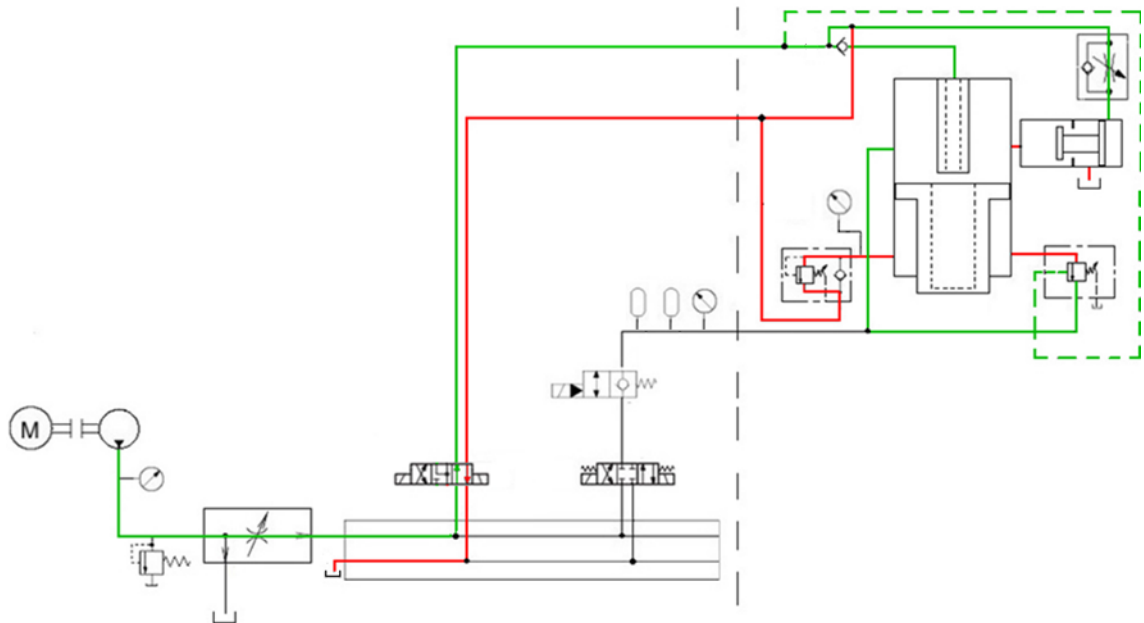
Katkoviivan vasemmalla puolella on pumpusta eteenpäin liikkuessa ensimmäisenä painemittari, joka tuodaan pikaliittimellä varustetusta letkusta peltirungon ulkopuolelle. Painemittarilla ei ole suoranaista virkaa toiminnan kannalta, mutta siitä on helposti luettavissa kokonaispaine esimerkiksi pumpun vajaatoiminnan huomaamiseksi.

Seuraavana komponenttina on paineraja, joka on sijoitettu heti mittarin jälkeen suojelemaan hydraulikkajärjestelmää. Paineen noustessa yli säädetyn rajan se päästää öljyn suoraan tankkiin. Seuraavana komponenttina on proportionaalinen virtauksensäätöventtiili, jolla on järjestelmässä kaksi käyttötarkoitusta. Toisena niistä on säätää pikaliikkeen nopeutta rajoittamalla sen läpi virtaavaa öljymäärää, ja toinen on rajoittaa sen läpi virtaava

öljymäärä hyvin pieneksi puristusvaiheessa, koska siten saavutetaan tarkemmin haluttu puristusaine. Virtauksensäätöventtiilin avulla suoritetaan myös vapaakierto, eli kun järjestelmään ei tarvitse syöttää öljyä, sen kautta ei pääse virtaamaan öljyä.

Koska prässi on todella vanha, siinä esiintyy todennäköisesti vuotoja, jolloin järjestelmään on syötettävä lisää öljyä. Öljyn syötön on tapahduttava rajoitetusti, sillä mikäli öljyä syötettäisiin ilman virtauksenrajoitusventtiiliä, puristusvoima nousisi liian suureksi ja saattaisi rikkoa muotin.

Virtauksen rajoitusventtiilin jälkeen on Cetop-venttiilipakka, johon on liitetty kaksi suunta-venttiiliä. Molemmat suunta-venttiilit ovat 4/3 venttiileitä, mutta toisessa A ja B kanava on kytketty takaisin tankkiin. Tankkiin yhteydessä olevalla venttiilillä ohjataan pikaliikkeitä. Kuvassa 11 ja 12 on esitetty öljyn kulkusuunnat pikaliikkeissä. Vihreä viiva kuvaa menevää öljyä ja punainen poistuvaa. Kuvassa 11 näkyy vihreän ja punaisen linjan yhdistyvän, mutta kyseinen putki on niin pieni, että siitä pääsee virtaamaan vain pieni määrä öljyä vapaasti tankkiin.

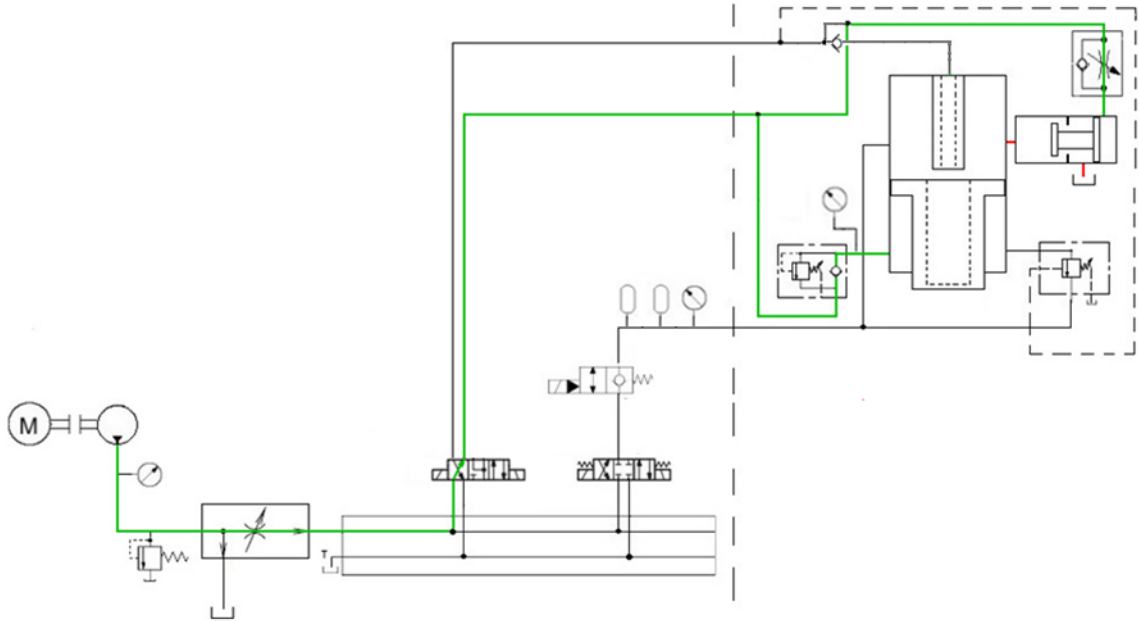


KUVA 11. Öljyn virtaussuunnat sylinterin liikuessa pikaliikkeellä alas

Järjestelmän toiminta on melkoisen monimutkainen. Kuva 11 selittää, miksi sylinteriä alaspäin liikuttaessa pikaliikeventtiiliin avulla paine ei nouse. Se selittyy kahdella asialla: vihreä ja punainen linja yhdistyvät ohuella putkella, jolloin sylinterin saadessa vastusta

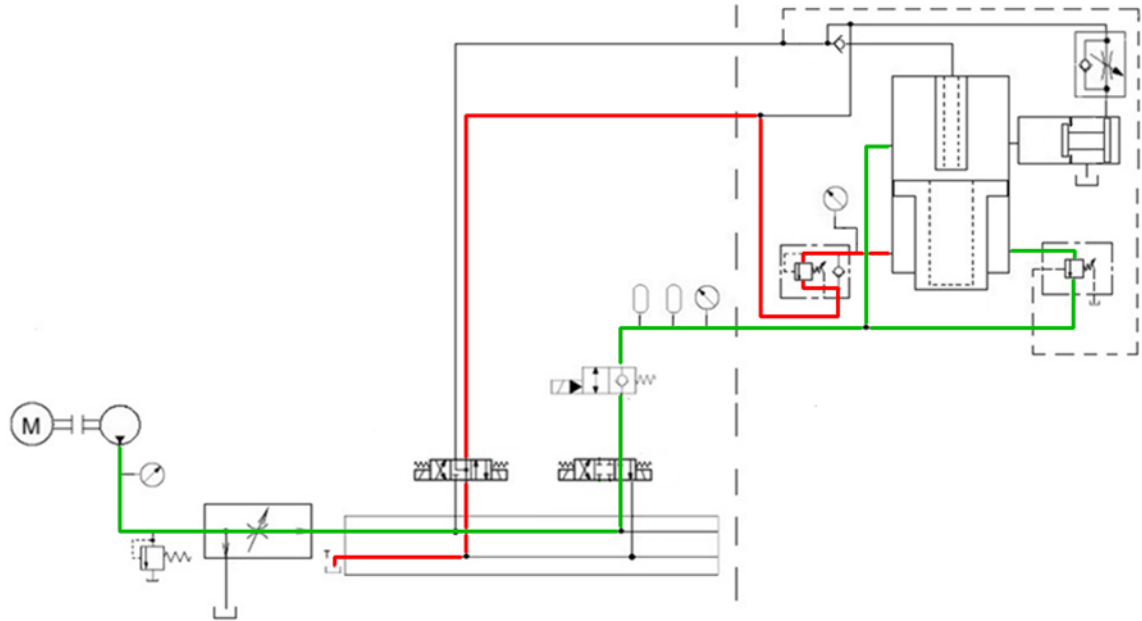
öljy virtaa sitä kautta pois. Toinen vapaa virtausreitti on oikealla näkyvästä poistokanavasta, joka on auki pikaliikeventtiiliin vaikuttaessa.

Öljyn virtaus on yksinkertaisempaa sylinteriä nostaessa pikaliikkeen avulla. Öljy pääsee virtaamaan 4/3 venttiilin kautta sekä poistokanavan aukaisevalle sylinterille ja sylinterin varren puolelle. Poistokanavan ollessa auki, öljyllä on iso poisto reitti, jolloin sylinteri nousee todella nopeasti.



KUVA 12. Öljyn virtaussuunnat ajettaessa pikaliikkeellä ylös

Kun prässillä halutaan puristaa muottia, sitä ohjataan toisella venttiilillä. Silloin öljy virtaa sitä kautta männän puolelle ja poistokanavan ollessa suljettuna se ei pääse virtaamaan vapaasti tankkiin, jolloin puristusaine nousee. Öljy vapautuu varren puolelta tankkiin toisen venttiilin normaaliasennon kautta. Kuvassa 13 näkyy t-haara, josta öljyä ei kuitenkaan juuri virtaa toiseen haaraan, sillä putki on todella ohut. Purkautuvan öljyn paine on myös niin pieni, ettei se avaa poistokanavaa.



KUVA 13. Öljyn virtauksen prässätessä

Puristusvaiheessa myös paineakut latautuvat, joten pumpun moottori on mahdollista pysäyttää tässä vaiheessa. Akut syöttävät järjestelmään lisää öljyä puristuspaineen ylläpitämiseksi öljyvuotojen sattuessa. 2/2 istukkasuuntaventtiili on lisätty järjestelmään tavallisen suuntaventtiilin vuotojen takia.

Jos sylinterin puolelle syötetään liikaa öljyä, painetta on myös mahdollista laskea vaikuttamalla suuntaventtiilin kelaan, sekä 4/3 suuntaventtiilin toiseen kelaan. Tällöin öljy pääsee virtaamaan vapaasti tankkiin, kunnes päästään taas haluttuun paineeseen, jolloin venttiilin palautetaan normiasentoon.



KUVA 14. Prässin uudet hydraulikkakomponentit

## **5 SÄHKÖ**

Prässin sähkökaaviota ja laiteluetteloa ei julkaista toimeksiantajan pyynnöstä, eikä sitä kuvata niin yksityiskohtaisesti kuin hydrauliiikan toimintaa. Sähköinen toiminta selitetään ainoastaan sanallisesti ja joistakin toiminnalle tärkeistä komponenteista kerrotaan hiukan enemmän.

Kentälle eli prässiin sijoitettavat sähköiset komponentit ovat virtauksensäätö- ja suunta-venttiilejä ohjaavat solenoidit, leukojen lämpötilaa ja prässin puristusvoimaa mittaavat anturit sekä ovien rajakytkimet. Loput sähköisistä komponenteista tulevat ohjauskeskukseen.

### **5.1 Kenttä**

#### **5.1.1 Solenoidi**

Laitteen toiminnan kannalta on tärkeää ymmärtää solenoidin toiminta, sillä useat laitteen hydrauliset osat ovat solenoidilla ohjattavia. Solenoidi on sähkömekaaninen laite, jonka avulla pystytään muuttamaan sähkömagneettisuus mekaaniseksi liikkeeksi. Sen toiminta perustuu sähkövirran ohjaamiseen kelaan eli käämiin, sekä sen sisällä liikkuvaan rautasydämeen. Käämiin muodostuu magneettikenttä, kun siihen johdetaan sähkövirta, jonka seurauksena magneettikenttä vetää rautasydäntä, synnyttäen siihen lineaarisen liikkeen.

#### **5.1.2 Anturointi**

Anturit ovat komponentteja, joiden avulla pystytään tarkkailemaan prosessin tilaa sekä siirtämään tilatietoja ohjausjärjestelmään. Prässiin tulee neljä anturia, kaksi painelähetintä sekä kaksi PT100-lämpötila-anturia. Antureiden tietojen avulla säädetään lämmitettävien leukojen vastuksia, sekä säädetään virtauksensäätöventtiilin läpi kulkevaa virtausnopeutta prässäysvaiheessa.

### 5.1.3 Painelähttimet

Painelähttimessä mitattava paine pullistaa lähttimen ulkoista mittauskalvoa. Lähttimen sisällä oleva öljy välittää paineen sisäiselle mittauskalvolle, joka paineen vaikutuksesta pullistuu. Tämä venyttää mittauskalvon päälle kiinnitettyjä venymäliuskoja, jotka muodostavat elektroniikkapiirin vastukset. Vastusarvon kasvaessa lähttimeltä lähtevä signaali kasvaa, josta se saadaan luettua logiikan avulla. Signaali on tavallisesti 4-20 mA tai 0-10 V. (Prosessin ohjaus, 2017.)

Laitteessa käytetään 4-20 mA:n signaalia lähettävää 400 baarin painelähttimiä. Ne on kuvattu hydraulikkakaaviossa painemittarin piirrosmerkillä.

### 5.1.4 PT100-anturi

PT100-lämpötila-anturi on mittauspää, jonka toiminta perustuu vastusmittausperiaatteen. Sen resistanssi siis vaihtelee lämpötilan mukaan. Resistanssin muutos lämpötilan suhteen on (lähes) lineaarinen. PT100 nimen se saa vastuksen arvon olevan 100  $\Omega$ , kun lämpötila on 0 °C. Anturi valmistetaan platinasta, jolla on positiivinen resistanssin lämpökerroin, eli sen vastus kasvaa lämpötilan noustessa. PT100-anturi on hyvin yleinen lämpötila-anturi, sillä se on pitkäikäinen ja kestää hyvin erilaisia olosuhteita.

## 5.2 Ohjauskeskus

Kuten aikaisemmin mainittu, laitteen ohjaus tapahtuu ohjauskeskukselta, joka toimii myös sähkökeskuksena. Käyttöliittymänä eli HMI:nä toimii Beckhoffin 7” näyttöpaneeli/PC. Näyttöpaneeli siis toimii laitteen ”aivoina”, josta sen toimintaa säädetään sekä nähdään reaaliaikaista tietoa laitteen tilasta. Sähkökeskuksena on Rittal:n 600x600x380 mm sähkökeskus. Sähkökeskus on syvyydeltään (380 mm) niin suuri että käyttöliittymä mahtuu keskuksen kylkeen. Näyttöpaneelin lisäksi keskuksen kylkeen tulee fyysiset ylös ja alas-painikkeet, prässäyspainike, prässäyksen merkkivalo sekä hätäseispainike. Muuten ohjaus tapahtuu kokonaan näyttöpaneelilta.



Prässissä valmiina ollut 4 kilowatin kolmivaiheinen oikosulkumoottori on tarkoitus jättää paikalleen. Sähkökeskukseen tuotiin kolmivaiheinen syöttökaapelointi (32 A). Syöttökaapeloinnin jälkeen on päävirtakytkin, josta kolmivaihesähkö jatketään moottorille sekä lämmitettäville leuoille. Ennen leukojen lämmitysvastuksia on puolijohdekomponentteja, joiden avulla leukojen lämmitystä kontrolloidaan antamalla ohjausjännite logiikalta. Itse lämmitysvastukset ovat teholtaan 2 kW. Lämmitysvastusten tehon takia käytetään 32 ampeerin syöttöä.

Moottoria ohjataan logiikalta saatavalla ohjausjännitteellä. Ohjausjännitteen saadessaan kela vetää apukoskettimet kiinni ja moottori käynnistyy. Tätä ennen on kuitenkin vielä moottoria suojaavat komponentit. Niitä käsitellään lisää kappaleessa ”Sähköturvallisuus”.

Yksivaiheinen sähkö tuodaan pistorasialle, termostaatin kautta tuulettimelle ja virtalähteelle, jolla muunnetaan vaihtosähkö 24 voltin tasajännitteeksi, koska suuri osa laitteen sähkökomponenteista tarvitsee toimiakseen kyseisen jännitteen. Virtalähteenä käytetään OMRON:n 24 V virtalähdettä, josta jännite viedään MICO:n virranjakelumuodulille, joka toimii myös pienjännitteen sulakkeena. Se valvoo virranjakelua ja reagoi oikosulkuihin sammuttamalla kanavan heti kun se on tarpeellista. Virtalähteessä on 4 lähtökanavaa, joista käytetään kolmea: hätäseispiiri, logiikan I/O-kortit ja logiikan mikroprosessori. Virranjakomodulin laukaisuvirta on 4 ampeeria.



KUVA 15. Sähkökeskus

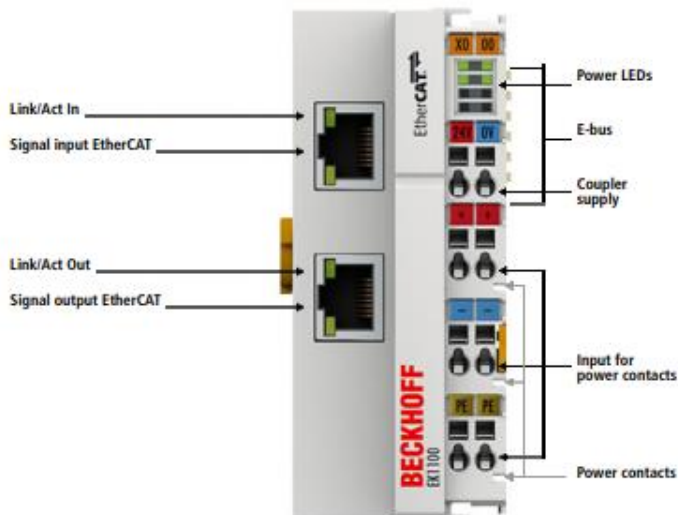
Kuvassa 15 ei näy keskuksen ovesta sijaitsevaa tuuletinta ja poistosuodatinta. Tuuletin on kytketty termostaattiin, jonka asetusarvoksi on säädetty 40 °C, eli tuuletin käynnistyy, kun keskuksen lämpötila nousee yli neljäkymmenen celsiusasteen.

Kuvan 15 alareunassa näkyy riviliittimet, joihin tuodaan syöttökaapelointi ja kentällä sijaitsevien sähkölaitteiden johdot. Vasemmalla kyljessä näkyy laitteen ohjaukseen käytetyt kytkimet (hätäseis, prässäyspainike, ylös ja alas-painikkeet) ja aukko, johon paneeli/PC kiinnitetään.

### 5.2.1 I/O kortit

Logiikan I/O on yhdistetty EK1100 väyläliittimen kautta logiikan paneeli/PC:hen. EK1100 on EtherCAT väyläliitin, jonka tarkoituksena on yhdistää terminaalit toisiinsa. Kuvassa 16 on esitetty EK1100 väyläliittimen kytkentäkaavio. Ylempään EtherCAT-porttiin kytketään paneeli/PC:hen kiinni. Alempi portti on output eli lähtöportti. Siihen ei tule kytkentää prässäissä. Oikealla puolella näkyy terminaalien jännitesyöttö, johon tuodaan

jännite virtalähteeltä. Ylimpänä vasemmalla on prosessorin tarvitsema 24 V ja sen vieressä 0 V. Myös yhteen + ja – liittimiin tuodaan 24 V ja 0 V. Nämä ovat I/O korttien tarvitsemat jännitteet.



KUVA 16. EK1100 väyläliittimen kytkentäkaavio (Beckhoff)

Ensimmäisenä varsinaisena korttina on EL6070-kortti, joka mahdollistaa käyttöoikeuksien hallinnan EtherCAT-terminaalin kautta. Sitä käytetään siis lisenssiavaimena. Tämän jälkeen tulee varsinaiset I/O-kortit, joiden avulla laite suorittaa toimintojaan.

Korttien numerointi noudattaa seuraavaa järjestystä:

- Kortit ovat nimeltään ELXXXX, jossa ensimmäinen numero kertoo, onko kyseessä digitaalinen tulo, digitaalinen lähtö, analoginen tulo vai analoginen lähtökortti. Digitaalisessa on vain kaksi tilaa, 1 ja 0. Tämä tarkoittaa, että lähtö/tulo on joko päällä tai pois päältä. Analogisessa kortissa on virtaviesti, useimmiten 0-10 V tai 4-20 mA. Näiden avulla voidaan lukea anturidataa, esim. lämpötilaa, tai säätää jokin arvo halutun suuruiseksi.
- Viimeinen luku kertoo käytettävien tulojen/lähtöjen lukumäärän, esimerkiksi viimeisen luvun ollessa 8 kortissa on kahdeksan lähtö- tai tuloporttia.
- EL1XXX kortit ovat digitaalisia input -kortteja, eli digitaalisia tuloja.
- EL2XXX ovat digitaalisia output -kortteja, eli digitaalisia lähtöjä.
- EL3XXX ovat analogisia tuloja.
- EL4XXX ovat analogisia lähtöjä.

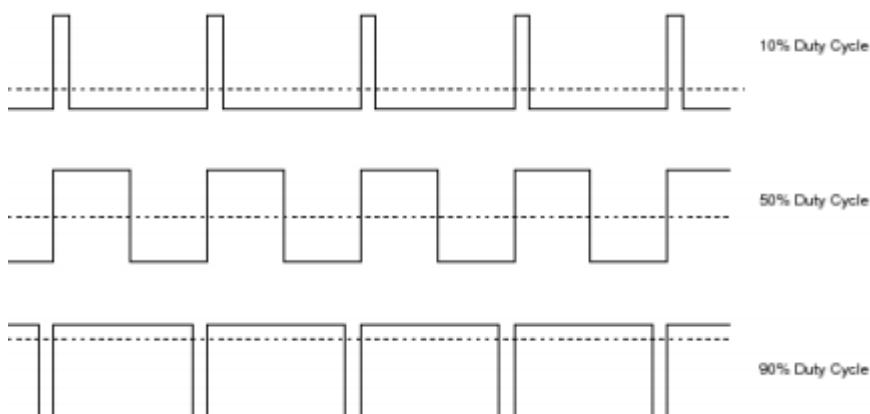
I/O kortteja on hyvin paljon erilaisia, ja seuraavassa paneudutaan vain laitteessa käytettyihin I/O kortteihin. Käytetyt kortit on listattu taulukkoon 1.

TAULUKKO 1. Käytetyt I/O kortit

Kortti	EL1008	EL2008	EL2008	EL2535	EL3204	EL3052
Tulo/lähtö	Tulo	Lähtö	Lähtö	Lähtö	Tulo	Tulo
Digitaalinen/Analoginen	Digitaalinen	Digitaalinen	Digitaalinen	Digitaalinen (pwm)	Analoginen	Analoginen
Kanavien lkm	8	8	8	2	4	2

Ensimmäiset kolme korttia ovat tavallisia digitaalisia tulo-/lähtökortteja, joihin kytketään ON/OFF dataa. Tulokorttiin kytketään ohjauskeskuksen painikkeet, sekä tilatiedot moottoria ja lämmitysvastuksia suojaavilta komponenteilta. Lähtökortteihin kytketään käsky-signaalit moottorin kytkimelle, lämmitysvastusten puolijohteille, prässäysvalolle, ääni-/valomajakalle sekä öljyn virtausta kontrolloiville venttiileille.

EL 2535 kortti on digitaalinen lähtökortti, joka eroaa tavallisesta lähettämällä PWM-signaalia. PWM (Pulse-Width Modulation) eli pulssinleveysmodulaatio tarkoittaa virran/jännitteen syötön katkomista, jotta saavutettaisiin haluttu jännitesignaali. Sillä siis pätkitään täyttä esim. 24 V signaalia katkaisemalla- ja kytkemällä signaalia hyvin nopealla tahdilla. ON/OFF jaksojen suhde määrittää lopullisen signaalin. Esimerkiksi jos signaalin päällä- ja pois päällä olo kestää yhtä pitkään, suhde on 50 %. Kuvassa 17 on esitetty havainnollistava kuva PWM-signaalista. (Lunkka, K. 2)



KUVA 17. Erilaisia PWM-signaaleja

PWM-signaalilla ohjataan virtauksensäätöventtiiliä, jonka läpi päästävä virtausnopeus on kyettävä säätämään halutunlaiseksi.

EL3204 on nelikanavainen analogiatulo-kortti, joka on tarkoitettu 2-johtoiselle anturille. Tähän korttiin kytketään lämmitettäviin leukoihin PT100 anturit, joiden lämpötilatiedon avulla pystytään säätämään leukojen lämpötilat oikeaksi. Kortin antama luku kerrotaan 0,1 celsiusasteella, jotta saadaan oikea lämpötilatieto. (Beckhoff)

EL3052 on kaksikanavainen analogiatulo-kortti, joka on tarkoitettu 4-20 mA virtaviestille. Siihen kytketään 400 baarin painelähettimet. Painelähettimien tieto on siis skaalattava oikeaksi ohjelmassa. Tästä kerrotaan lisää ”Ohjelmointi” kappaleessa. (Beckhoff)

### 5.3 Sähköturvallisuus

Logiikkaan olisi mahdollista saada myös turvallisuuskortteja, mutta koska laite on kohtuullisen yksinkertainen, siihen laitettiin ainoastaan turvallisuuspiiri. Turvallisuuspiirissä on kolme pumpun moottorin pois päältä kytkevää komponenttia; hätäseispainike ja ovien turvarajakytkimet (Telemecanique, Preventa XCSRC). Turvarajakytkin on yksinkertainen RFID-tekniikalla toteutettu turvaraja, joka tunnistaa oven olevan kiinni. RFID-tunniste on pieni laite, joka sisältää antennin pystyen lähettämään ja vastaanottamaan radioaajuisia kyselyitä lähetin/vastaanottimelta.

Moottorin sammuttavat komponentit on kytketty sarjassa turvareleeseen (Allen-Bradley, MSR127), joka on hyvä valinta yksinkertaiseen turvapiiriin. Kun turvarele saa tiedon hätäseispainikkeelta tai turvarajoilta, se katkaisee virrankulun moottorin kytkimiltä. Turvareleillä on mm. seuraavia käyttötarkoituksia:

- Hätäseispainikkeiden, turvarajakytkimien, turva valoverhojen sekä muiden turvalaitteiden valvonta.
- Kontaktorien, venttiileiden jne. valvonta.
- Turvapiirien oikosulkujen valvonta.
- Kuittauksen valvonta.
- Viiveellinen pysäytys.

- Moottorin pysähtymisen valvonta.
- Laajennusyksiköiden valvonta.
- Jännitekatkoksien valvonta.
- Oman toiminnan valvonta.

Standardien mukaan johdot on suojattava ylivirtasuojille, mikäli johtimien lämpeneminen voi olla vaarallista. Ylivirtasuojat jaetaan ylikuormitus- ja oikosulkusuojiin. Oikosulkusuoja katkaisee oikosulkuvirran mahdollisimman nopeasti. Yleisesti oikosulkusuoja toimii niin suurella ylivirralla, että se ei suojaa johtoja ylikuormitukselta. Yleisimmät oikosulkusuojat ovat sulakkeet tai releiden ohjaamat katkaisijat. Ylikuormitussuojan tehtävä on suojata johtoa, mikäli kuormitusvirta nousee normaalia suuremmaksi. Se katkaisee virran, kun johdon lämpötila on ylittämässä sallitun arvon (Digma).

Turvareleen lisäksi moottorilla on moottorinsuojakytkin. Se toimii moottorin oikosulkusuojana ja ylivirtasuojana. Moottorinsuojakytkintä valittaessa on huomioitava käynnistysvirta, joka voi olla jopa 5-7 kertainen moottorin nimellisvirtaan nähden.

Lämmitysvastuksilla on myös oma suojauksensa, vikavirtasuoja. Se on herkkä suojalaite, joka täydentää sulakkeiden suojausta. Vikavirtasuojakytkin laukaisee virtapiirin jännitteettömäksi, mikäli sähkölaitteeseen syntyy eristysvika, josta voi aiheutua ihmiselle vaarallinen vuotovirta. Vikavirta voi siirtyä maihin myös muilla tavoilla, esim. purkausvirrana, jonka vaarana on tulipalo. Vikavirtasuoja toimii seuraavanlaisesti: Mikäli sähkölaite toimii normaalisti, menevä sekä ulostuleva sähkövirta on yhtä suuri. Jos menevän ja tulevan sähkövirran välillä on ero, tapahtuu vikavirtailmiö. Vikavirran saavuttaessa vaarallisen rajan virransyöttö katkeaa. Vikavirtasuoja katkaisee virransyötön noin sekunnissa, joten pienelle sähköiskulle on mahdollista silti altistua. (EDU)

## 6 OHJELMOINTI

Ohjelmoitava logiikka eli PLC (Programmable Logic Controller) on nykyaikaisen teollisuusautomaation perusta. Logiikalla pystytään korvaamaan lähes kaikki ennen ohjaukseen tarvittut komponentit, millä säästetään huomattavasti rahaa ja tilaa. Ohjelmoitava logiikka seuraa sen muistiin tallennettua ohjelmaa, jota on myös helppo muuttaa tarvittaessa.

Ohjelmoitava logiikka on mikroprosessoripohjainen laite, johon integroidaan tulo- ja lähtöportteja. Tulo ja lähtöportteihin kytketään prosessin toimintaa seuraavia antureita sekä sen toimintaa ohjaavia toimilaitteita. Ohjelmoitavia logiikoita valmistavat monet eri yritykset, mutta ne ovat periaatteiltaan samanlaisia ja yhden hallitessaan on helppo oppia myös toisen valmistajan ohjelmistoihin.

Prässin ohjelmaa ei myöskään julkaista toimeksiantajan pyynnöstä, lukuun ottamatta yksittäisiä pätkiä koodista. Kappaleessa paneudutaan enemmän logiikkaohjelmointiin yleisesti. Ohjelmointi on suoritettu Beckhoff:n TwinCAT 3 ohjelmistolla. Ohjelmointikielenä käytetään Structured Textiä.

### 6.1 Ohjelmointikieliet

Ohjelmoitavat logiikat käyttävät ohjelmointikieltä, jonka peruselementit muodostuvat logiikkaportteista ja muista käskysanoista, joilla käsitellään esim. ajastimia, laskureita ja apumuisteja. Nämä eivät ole standardoituja komentoja ja ne vaihtelevat eri logiikkavalmistajilla, mutta muistuttavat kuitenkin paljon toisiaan. (Keinänen T., Kärkkäinen P., Lähetkangas M & Sumujärvi M. 2010. 223.)

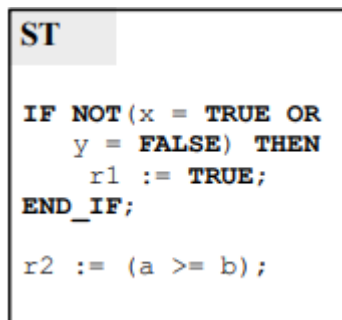
Ohjelmointi tapahtuu nykyään useimmiten tietokonepohjaisilla ohjelmilla, jotka sisältävät erilaisia ohjelmointikieliä. Eri ohjelmointikieliet tarjoavat ohjelmoijalle liikkumavaraa, sillä erilaiset ohjelmat ovat helpompi toteuttaa eri ohjelmakielillä. IEC 61131-3-standardissa määritellään seuraavat ohjelmointikieliet:

- Structured Text (ST).
- Instruction List (IL).
- Ladder Diagram (LD).
- Function Block Diagram (FBD).
- Sequential Function Charts (SFC).

(Keinänen T., Kärkkäinen P., Lähetkangas M & Sumujärvi M. 2010. 224.)

### 6.1.1 Structured Text (ST)

Structured Text eli strukturoitu teksti on tekstipohjainen ohjelmointikieli, joka muistuttaa hyvin paljon Pascal- ja C-kieltä. Structured Textin tärkeimmät elementit ovatkin niistä tutut IF-THEN-ELSE komennot. ST-kieli saattaa olla hiukan monimutkainen, mutta sillä pystytään luomaan monimutkaisimmat ohjelmat yleisimmistä ohjelmointikielistä. ST pohjaista ohjelmaa on myös todella nopea kirjoittaa, ja sitä pidetäänkin parhaana ohjelmointikielenä.



```

ST

IF NOT (x = TRUE OR
    y = FALSE) THEN
  r1 := TRUE;
END_IF;

r2 := (a >= b);

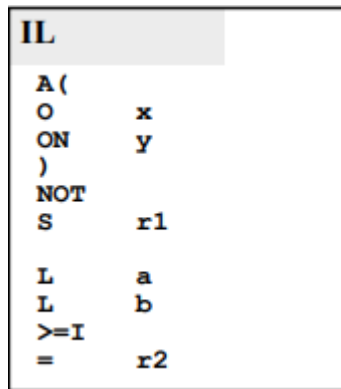
```

KUVA 18. Structured Text-esimerkki

### 6.1.2 Instruction List (IL)

Instruction List eli käskylista on toinen tekstipohjainen ohjelmointikieli. Se muistuttaa läheisesti Assembly-kieltä. IL on käskypohjainen ohjelmointikieli, jossa komentoja kirjoitetaan allekkain ja keskusyksikkö suorittaa niitä yksi kerrallaan.

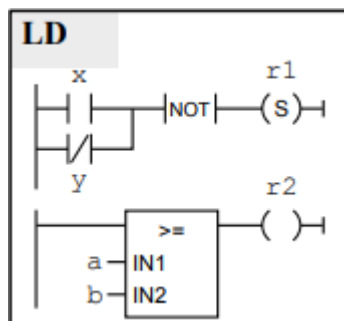




KUVA 19. Instruction List-esimerkki

### 6.1.3 Ladder Diagram (LD)

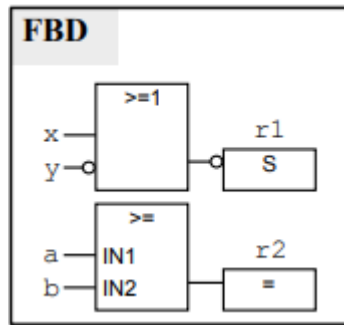
Ladder Diagram eli tikapuukaavio on graafinen ohjelmointikieli, joka muistuttaa relekaaviota. Ohjelma muodostuu suurimmalta osin koskettimista, joita ohjataan eri ohjelmaloikoilla. Ladder Diagram on yksinkertainen, joten se soveltuu hyvin yksinkertaisiin ohjelmiin.



KUVA 20. Ladder Diagram-esimerkki

### 6.1.4 Function Block Diagram (FBD)

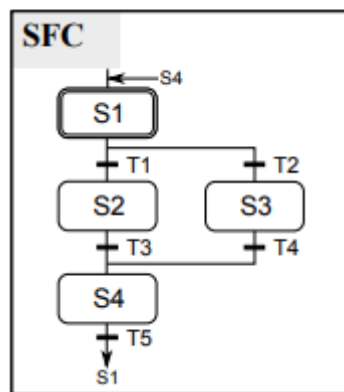
Function Block Diagram eli toimilohkokaavio on toinen graafinen ohjelmointikieli, joka koostuu valmiista funktioista, jotka ovat kielessä ohjelmalohkoita. Funktiot ovat erilaisia loogisia toimintoja kuten and tai or. Lisäksi se sisältää edistyneempiä toimintoja, kuten laskurit ja ajastimet. FBD-kieli on helposti ymmärrettävä ja sillä voidaan tehdä helposti ymmärrettäviä hiukan vaativampiakin ohjelmia.



KUVA 21. Function Block Diagram-esimerkki

### 6.1.5 Sequential Function Charts (SFC)

Sequential Function Chartia eli vuokaavio on askelmainen ohjelmointikieli. SFC ei kielenä tarjoa kovinkaan monipuolista ominaisuuksia itse loogisten toimintojen ohjelmointiin, vaan sitä käytetään usein hallitsemaan ja ohjaamaan ohjelmien suoritusjärjestystä. Se koostuu yhdestä tai useammasta sekvenssistä, jotka sisältävät askeleessa tehtävän toiminnan sekä siirtoehdon seuraavaan askeleeseen.



KUVA 22. Sequential Function Charts-esimerkki

## 6.2 Datatyytit

IEC 61131-3-standardissa määritetään seuraavat alkeistietotyypit (Elementary Data Types); binääriset, etumerkilliset ja etumerkittömät kokonaisluvut, liukuluvut ja aikaa, päivämäärää ja merkkijonoja esittävät tyypit. Standardin määrittämät alkeistietotyypit on lisätty taulukkoon 2. (John & Tiegelkamp 2010, 84.)

TAULUKKO 2. 61131-3-standardin alkeistietotyypit

Binääriset	BOOL, BYTE, WORD, DWORD, LWORD
Etumerkilliset kokonaisluvut	INT, SINT, DINT, LINT
Etumerkittömät kokonaisluvut	UINT, USINT, UDINT, ULINT
Liukuluvut	REAL, LREAL
Aika, päivämäärä & merkkijono	TIME (T), DATE (D), TIME_OF_THE_DAY (TOD), DATE_ AND_TIME (DT), CHAR, WCHAR, STRING, WSTRING

### 6.3 Rakenneyksiköt

POU (Program Organization Unit) tarkoittaa ohjelmaa suorittavia rakenneyksiköitä. IEC-61131-3-standardissa on määritetty kolme erilaista rakenneyksikköä: ohjelma (program), toimilohko (function block) ja funktio (function). (John & Tiegelkamp 2010, 37.)

Program eli ohjelma kuvataan standardissa kaikki ohjelmointikielen elementit ja rakenteen yhdistäväksi rakenneyksiköksi. Ohjelma pystyy kutsumaan muita ohjelmia, toimilohkoja ja funktioita. Ohjelman sisältämät arvot pysyvät muistissa aina ohjelman seuraavalle suorituskerralle.

Function Block eli toimilohko luodaan usein, kun ohjelmarungossa on monta samanlaista tilannetta. Se siis suorittaa tietyn toiminnon, joka voidaan kutsua ohjelmassa. Toimilohkot yksinkertaistavat ohjelmaa ja niitä on helppo muokata. Lisäksi ne vähentävät huomattavasti ohjelmointivirheitä. Toimilohkot säilyttävät muistinsa seuraavaan suorituskertaan asti.

Funktion ulostuloarvot ovat joka kerta samoja sisääntuloarvoja käytettäessä. Niillä ei siis ole muistia, eli muuttujien arvot palautuvat kutsun jälkeen oletusarvoihin. Funktioita käytetään pääasiassa suorittamaan toistettavia aritmeettisiä laskutoimituksia.

## **6.4 Ohjelmoitavan logiikan peruskomponentit**

### **6.4.1 Virtalähde**

Logiikka tarvitsee toimiakseen virtalähteen, joita on saatavilla logiikkavalmistajilta. Virtalähteenä voidaan kuitenkin käyttää mitä tahansa tavallista virtalähdettä, mikäli jännite- ja virtatasot ovat käyttökelpoisia käytettävälle logiikalle. Logiikoilla ei ole suurempia vaatimuksia virtalähteelle ja yleisin logiikan käyttöjännite on 24 voltin tasajännite. Präs- sin logiikan virtalähteenä on Omronin virtalähde, joka on esitelty aikaisemmassa kappaleessa 5.2, ”Ohjauskeskus”.

### **6.4.2 Keskusyksikkö**

Keskusyksikkö eli CPU (Central Processing Unit) toimii logiikan aivoina. Keskusyksikköön ladataan ohjelma, ja sen sisällä tapahtuu tietojenkäsittely sekä ohjelmakierto. Keskusyksikköjä on paljon erilaisia, ja niiden eroina on yleisesti muistin määrä ja prosessointinopeus. Kuten aikaisemmin mainittu, prässiin keskusyksikkönä toimii Beckhoff:n 7” paneeli/PC, jossa on siis kosketusnäyttö sekä keskusyksikkö samassa paketissa. Paneeli/PC:n käyttöjärjestelmä on Windows 10.

### **6.4.3 I/O-kortit**

Tulo- ja lähtökortit (I/O-kortit) eli signaaliyksiköt antavat logiikan keskusyksikölle tietoja, joiden avulla se suorittaa ohjelmaa ja ohjaa komponenttien toimintaa. Laitteessa käytetyt I/O-kortit on esitelty aikaisemmassa kappaleessa 5.2.1, ”I/O-kortit”.

Karkeasti selitettynä logiikka muodostuu edellä mainituista komponenteista. Logiikoita saa kuitenkin yksittäisinä paketteina, joissa komponentit voivat olla integroituna. Suuriin projekteihin käytetään taas huomattavasti enemmän komponentteja.

## **6.5 Beckhoff Automation ja TwinCAT**

### **6.5.1 Beckhoff Automation**

Beckhoff on saksalainen yritys, jolla on toimintaa maailmanlaajuisesti. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2017 810 miljoonaa euroa, ja sillä on työntekijöitä maailmanlaajuisesti n. 3900. Beckhoff toimittaa automaatiojärjestelmiä, jotka pohjautuvat PC-pohjaiseen ohjaustekniikkaan. Tuotevalikoimaan kuuluvat muun muassa kenttäväyläkomponentit, liikkeenohjaustuotteet, teollisuus-PC:t ja ohjauspaneelit sekä automaatio-sovelluksien ohjelmistot. Eri ryhmien tuotteita voidaan käyttää erillisinä komponentteina, tai ne voidaan integroida täydellisiksi ohjausjärjestelmiksi. Beckhoffin tuotteita ja järjestelmäratkaisuja käytetään maailmanlaajuisesti monenlaisissa sovelluksissa nopeista työstökeskuksista aina älykkääseen rakennusautomaatioon. (Beckhoff. 2018)

Beckhoffin PC-pohjainen ohjaustekniikka yhdessä väyläterminaalien ja TwinCAT-automaatio-ohjelmiston kanssa ovat tulleet yleisesti hyväksytyiksi korkean suorituskyvyn vaihtoehtoiksi perinteiselle ohjaustekniikalle. Reaaliaikainen Ethernet-ratkaisu, EtherCAT, mahdollistaa korkean suorituskyvyn ja edistyksellisyyden uuden sukupolven ohjauskonsepteille. (Beckhoff, 2018)

Hyvinkäällä sijaitsevan pääkonttorin lisäksi, toimintaa on Tampereella, Seinäjoella, Oulussa ja jatkossa myös Tallinnassa. Yhtiön toiminta-alue on Suomi ja Viro. Kaikissa konttoreissa ovat edustettuina myynti, tekninen tuki, koulutus, tuotekehitys, sovellukset ja huolto. Näiden lisäksi Hyvinkäällä sijaitsee varasto. Beckhoff on toiminut Suomessa vuodesta 1986, ensin edustajan välityksellä ja vuodesta 2000 Beckhoff-yhtiönä. (Beckhoff, 2018)

### **6.5.2 TwinCAT 3**

TwinCAT 3 ohjelmisto on ladattavissa ilmaiseksi Beckhoffin kotisivuilta. Ilmaisversio sisältää täydet toiminnot, mutta se vaatii viikoittaisen aktivoinnin reaaliajan säilyttämiseksi. TwinCAT 3 XAE (eXtended automation engineerin) toimii integroituna Visual

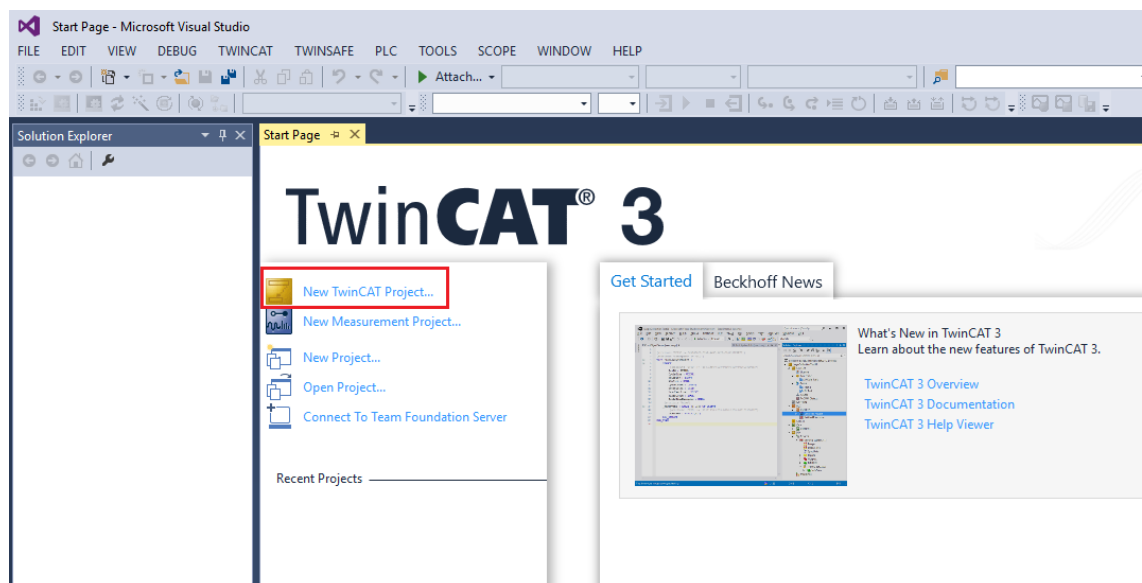
Studio- ohjelmankehitysympäristössä ja se toimii oliopohjaisen moduulien ohjelmoinnin IEC 61131-3-standardin mukaisen PLC-ohjelmoinnin C ja C++ ohjelmointikielien rinnalla. Kehitysympäristöön integroidun TwinCAT System Managerin avulla ohjelmointi, laitteiden konfigurointi, parametrisointi sekä määrittäminen pystytään suorittamaan yhden ohjelmiston sisällä. TwinCAT-ohjelmointiympäristössä ohjelmointi tapahtuu käyttämällä IEC 61131-3-standardin mukaisia ohjelmointikieliä. (Beckhoff, 2018)

## 6.6 Prässin ohjelmointi

Kuten aikaisemmin mainittu, ohjelmaa ei julkaista kokonaisuudessaan toimeksiantajan pyynnöstä. Ohjelma jätetään monelta kohdilta täysin kuvailematta ja siitä julkaistaan ainoastaan muutamia kuvia, joiden perusteella ohjelman toimintaa ei pystytä kopioimaan.

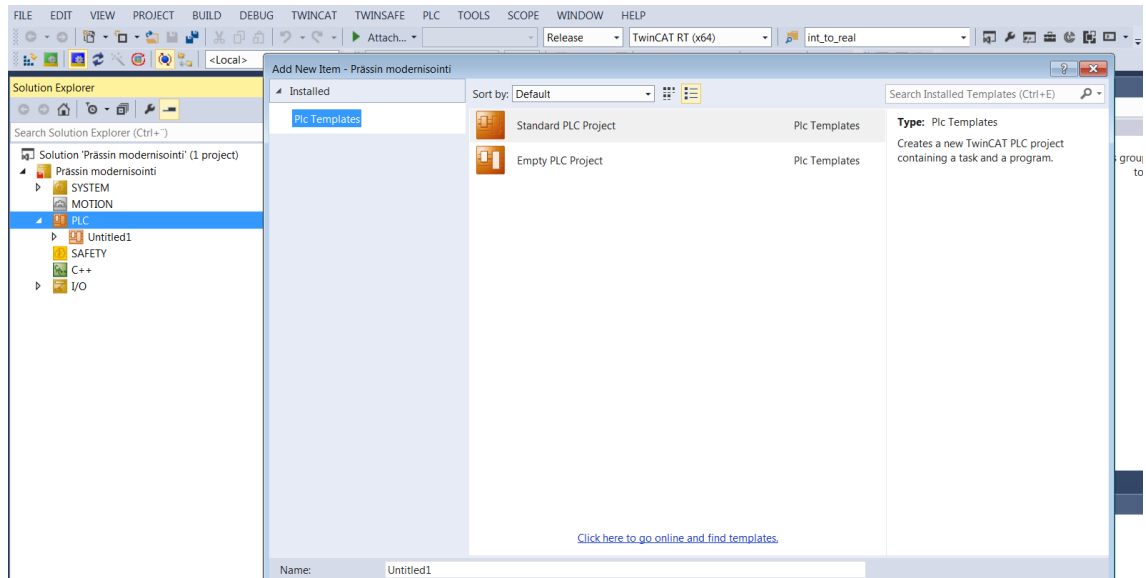
### 6.6.1 Projektin luominen

TwinCAT 3 projektin aloittaminen alkaa luomalla uusi projekti kohdasta ”New TwinCAT Project” (Kuva 23). Tämän jälkeen projektille valitaan nimi ja kansio, johon se tallennetaan.



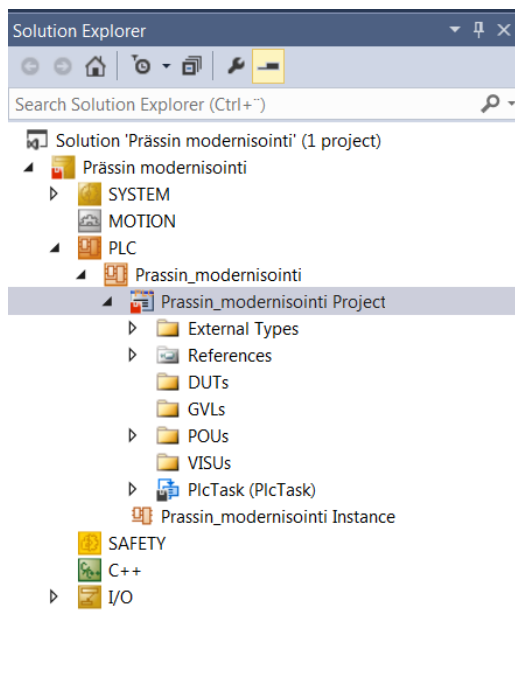
KUVA 23. Uuden TwinCAT projektin luominen

Seuraavaksi puurakenteen kohdasta ”PLC” painetaan hiiren oikealla näppäimellä ja valitaan kohta ”Add New Item” (Kuva 24). Tässä vaiheessa valitaan joko standardiprojekti tai tyhjä projekti. Prässiin valittiin standardiprojekti, joka sisältää valmiiksi useimmiten käytettyjä kansioita ja tiedosta.



KUVA 24. PLC Projektin lisääminen projektiin.

Puurakenne näyttää tämän jälkeen seuraavalta:



KUVA 25. Puurakenne PLC-projektin lisäämisen jälkeen

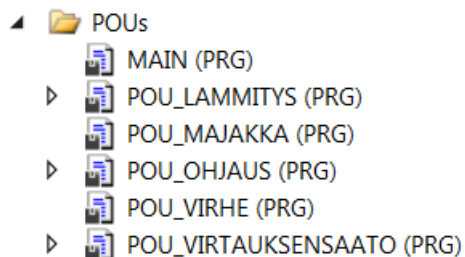
Seuraavaksi alettiin hahmottelemaan PLC-ohjelmaa. Ohjelma rakentuu seitsemästä eri kansioista, jotka ovat esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. PLC-projektin alikansiot

Nimi	Kuvaus
FAE (Faults and Errors)	FAE kansion sisällä on määritetty ohjelman häiriöt, virheet ja tapahtumat
FBs (Function Blocks)	Function Block eli toimilohko. Suorittaa tietyn toiminnon, jota kutsutaan ohjelmassa
GENERAL	GENERAL kansiossa suoritetaan ohjelman käynnistys
GVLs (Global Variable Lists)	Globaalit muuttujat (käytetään eri osissa ohjelmaa)
POUs (Program Organization Unit)	Toimintoja suorittavat ohjelmat
TIME	TIME kansiossa on aikaan liittyvä ohjelma
VISUs	VISUssa on tehty käyttöliittymän visuaalinen ilme

### 6.6.2 Program Organization Units (POUs)

Prässin ohjelmaa suorittavia yksiköitä on kuusi (Kuva 26), joista kolme sisältävät aliohjelmaa. MAIN ohjelmassa kutsutaan kaikki POU:t (myös muiden kansioden alla olevat POU:t) (Kuva 27).



KUVA 26. Ohjelmaa suorittavat yksiköt



```

1 PROGRAM MAIN
2 VAR
3 END_VAR
4
5
6
7
8
9

```

KUVA 27. POU\_MAIN

```

1 PROGRAM POU_MAJAKKA
2
3 VAR
4     tpValmisAani: TP;           // Prässäys valmis
5     tpHalytysAani: TP;         // Hälytysääni
6     tpLampotila: TP;          // Lämpötila toleranssin ulkopuolella
7 END_VAR
8
9 // Äänet
10 tpValmisAani(IN := bPrassaysvalmis,
11             PT := T#1000MS);
12 tpHalytysAani(IN := FAE_INFO.bAlarmAny OR FAE_INFO.bFaultAny,
13              PT := T#3000MS);
14 tpLampotila (IN := bPrassaysPaalla AND (bLammitysYlaToleranssi OR bLammitysAlaToleranssi),
15             PT := T#3000MS);
16
17 bAanimerkki := tpValmisAani.Q OR tpHalytysAani.Q OR tpLampotila.Q;
18
19 // Valot
20 bVihrea := NOT bPrassaysPaalla AND NOT bPunainen;
21 bKeltainen := bPrassaysPaalla AND NOT bPunainen;
22 bPunainen := FAE_INFO.bAlarmAny OR FAE_INFO.bFaultAny OR bLammitysYlaToleranssi OR bLammitysAlaToleranssi;

```

KUVA 28. POU\_MAJAKKA

”POU\_MAJAKKA” toimii esimerkkikuvana (Kuva 28), josta nähdään ylhäällä olevat paikallismuuttujat. Paikallismuuttujat sijoitetaan komentojen ”VAR” ja ”END\_VAR” väliin. Alemmassa ikkunassa määritellään ehdot, milloin mikäkin valo palaa tai summeri antaa äänimerkin. Majakan sisään- ja ulostuloihin linkitettävät muuttujat (bAanimerkki, bVihrea, bKeltainen ja bPunainen) on määritelty globaaleissa muuttujissa.

### 6.6.3 Function Block (FB)

Ohjelmaan on luotu yksi toimilohko eli Function Block (Kuva 29). Toimilohko muuttaa sisällään painelähettimiltä saatavat kokonaisluvut (integer, INT) reaalityluvaksi, jota kutsutaan useassa kohtaa ohjelmaa, esim. virtauksensäädössä. Muuttaminen tapahtuu seuraavasti:

- Integer-kokonaisluku muutetaan reaalityluksi. Koska painelähetin antaa tietoa 0-400 baarin väliltä se skaalataan oikeaan arvoon. Integer-luku sisältää 32767 tilaa, eli 400 baarin painearvo näkyy ohjelmassa integer-lukuna 32767. Anturilta saatavasta tiedosta siis kokonaisluku 1 vastaa n. 0,0122 baaria.
- Painearvot muutetaan baareista tonneiksi.
- Painearvot lasketaan yhteen.

```

1 FUNCTION_BLOCK FB_PAINEANTURIT
2 VAR_INPUT
3     iMannanPainearvo AT%I*: INT;           //Tieto anturilta
4     iVarrenPainearvo AT%I*: INT;         //Tieto anturilta
5 END_VAR
6 VAR_OUTPUT
7     rPaineTon: REAL;                     //Todellinen paine Tonneina
8 END_VAR
9 VAR
10    rMannanPintaAla: REAL := 0.03362101827; //Pinta-ala m^2 (Arvioitu seinämäpaksuus 10 mm)
11    iVarrenPintaAla: REAL := 0.02098665000; //Pinta-ala m^2
12
13    rMannanPainearvoBar: REAL;           //Paine bareina
14    iVarrenPainearvoBar: REAL;         //Paine bareina
15
16    rMannanHalkaisija: REAL := 0.650;   //Männän halkaisija metreinä
17    iVarrenHalkaisija: REAL := 0.365;   //Varren halkaisija metreinä
18
19
20 // Skaalaus bareiksi
21 rMannanPainearvoBar := INT_TO_REAL(iMannanPainearvo)*0.01220740379;
22 iVarrenPainearvoBar := INT_TO_REAL(iVarrenPainearvo)*0.01220740379;
23
24 // Skaalaus tonneiksi (1 bar = 10.19716 ton/m^2)
25 rMannanPainearvoTon := rMannanPintaAla*rMannanPainearvoBar*10.19716;
26 iVarrenPainearvoTon := iVarrenPintaAla*iVarrenPainearvoBar*10.19716;
27
28 // Prässäyspaineen laskeminen (yhteen vastapaineen takia)
29 rPaineTon := rMannanPainearvoTon+iVarrenPainearvoTon;
30
31

```

KUVA 29. Panielähettimien Function Block

### 6.6.4 Global Variable List (GVL)

Globaalit muuttujat jaetaan ohjelmassa viiteen kansioon; GLOBAL, LÄMMITYS, OHJAUUS, SAFETY, VIRTAUKSENSAATO. Jokaisen kansion alla on siis siihen liittyvät

muuttujat, joista osa on linkitettäviä sisään-/ulostuloja. Globaalien muuttujien ero paikallisiin muuttujiin on se, että globaaleja muuttujia on mahdollista kutsua mistä ohjelman kohdasta tahansa. Jos muuttujaa siis käytetään useammassa kuin yhdessä rakenneyksikössä, on hyvä määritellä se globaaliksi muuttujaksi.

```

1  |
2  | VAR_GLOBAL
3  |
4  |     iVirtauksenSaato AT%Q*: INT;           //Virtauksen säätö I/O
5  |
6  |     bAlaToleranssi: BOOL;                 //Todellinen paine < Haluttu paine
7  |     bYlaToleranssi: BOOL;                 //Todellinen paine > Haluttu paine
8  |     bPaineOK: BOOL;                       //Paine toleranssien sisällä
9  |
10 | END_VAR
11 |
12 | VAR_GLOBAL PERSISTENT
13 |
14 |     rPvirtaus: REAL;                       //HMI P-säädön arvo
15 |     rIvirtaus: REAL;                       //HMI P-säädön arvo
16 |     rDvirtaus: REAL;                       //HMI P-säädön arvo
17 |
18 |     rPaineToleranssi: REAL;                //HMI Säätö, Hystereesi raja +/-
19 |     rVirtauksenSaato: REAL;               //HMI Arvo, virtausnopeus prosentteina
20 |     rAnnettupaine: REAL;                  //HMI Arvo, haluttu paine
21 |
22 | END_VAR

```

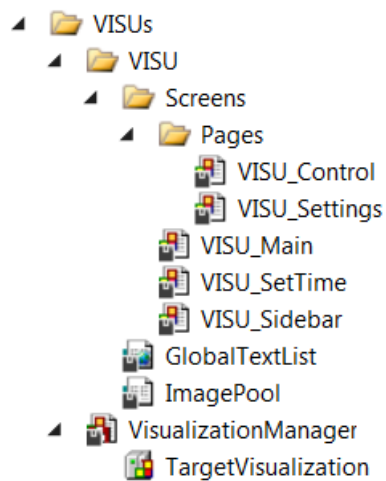
KUVA 30. GVL\_VIRTAUKSENSAATO

GVL\_VIRTAUKSENSAATO (Kuva 30) on esimerkki globaalista muuttujalistasta. ”VAR\_GLOBAL” sisällä on määritelty proportionaalista virtauksen säätöventtiiliä ohjaava I/O lähtötieto (INT), BOOL -tyyppiset muuttujat, jotka ilmoittavat prässäyspaineen olevan toleranssien ulkopuolella tai OK. ”VAR\_GLOBAL PERSISTENT” ovat muuttujia, jotka ohjelma kirjoittaa muistiinsa. Sen sisällä olevat muuttujat on linkitetty VISU:ssa luotuihin visuaalisiin painikkeisiin, jotka näkyvät näytöllä. Niiden avulla voidaan säätää prässin toimintaa.

### 6.6.5 Visualization Manager (VISU) ja laitteen ohjaaminen

Käyttöliittymälle tuleva visuaalinen ilme luotiin TwinCAT:n omalla Visualization Managerilla. Se on helppokäyttöinen ja erittäin toimiva tapa luoda käyttöliittymälle visuaalinen ilme, jolla laitetta ohjataan ja saadaan tietoja sen toiminnasta. VISU:n luominen alkaa painamalla hiiren oikeaa näppäintä ”VISU” kansion kohdalla, josta valitaan ”Add → Visualization Manager”. Tämän jälkeen luotiin kansio ”VISU” (Kuva 31), jonka sisälle

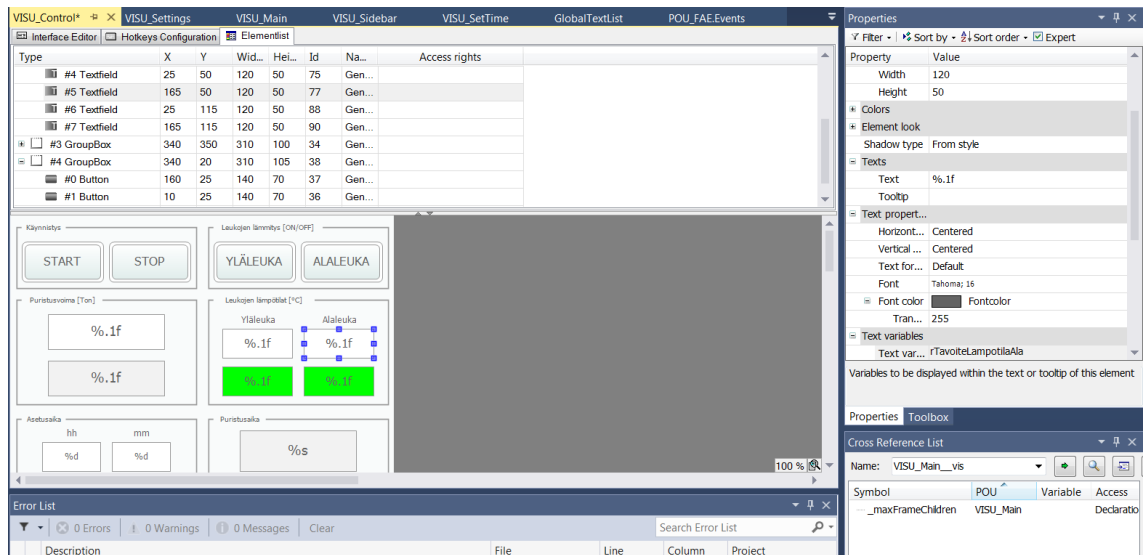
tehdään ruudut ”Add →Visualization”, joista siirrytään joko seuraaviin ruutuihin tai niistä nähdään tilatietoja/ohjataan prässää.



KUVA 31. VISU-kansio

Näistä sivuista ”VISU\_Controlin” ja ”VISU\_Settingsin” ovat tarkoitettu laitteen säätöjen muuttamiseen tai tilatietojen näkemiseen. ”VISU\_Main” on pääsivu, jolle siis valitaan joko ”VISU\_Control”, ”VISU\_Settings” tai FAE-kansiossa sijaitseva ”VISU\_FAE”. Valinta tapahtuu ”VISU\_Sidebar” sivulta.

Kuvassa 32 näkyy miltä ”Visualization” sivun luominen näyttää. Laatikoihin linkitetään muuttujia oikealla näkyvästä ”Properties” välilehdeltä. Esimerkiksi ”Start” ja ”Stop” nappeihin on linkitetty I/O:n muuttuja, jolla ohjataan moottorin kontaktoria. Moottori siis sammutetaan ja käynnistetään näillä napeilla. Toisena esimerkkinä ”Yläleuka” kohdan alapuolella valkoiseen laatikkoon on linkitetty asetusarvo, josta valitaan haluttu yläleuan lämpötila. Alempaan laatikkoon on taas linkitetty PT100-anturilta saatava todellinen lämpötila.



KUVA 32. Visualization -sivun luominen

Kuvissa 33-36 on Visualization Managerin avulla suunnitellut ikkunat käyttöliittymälle. Ensimmäisessä kuvassa on päänäyttö, jonka toiminta on seuraava: ”START” ja ”STOP” nappulat sammuttavat ja käynnistävät moottorin. ”YLÄLEUKA” ja ”ALALEUKA” napit käynnistävät leukojen lämmityksen. Mikäli nappulat ovat oransseja, lämmitys on päällä. ”Puristusvoima”, ”leukojen lämpötilat” ja ”Asetus- & Puristus-aika” sisällä olevissa laati-koissa valkoiset laatikot ovat asetusarvoja. Asetusarvot ovat ohjelmassa ”Persistent” muuttujia, eli ne kirjoitetaan muistiin. Jos laite sammutetaan ja käynnistetään uudestaan, nämä arvot pysyvät ennallaan. Ohjelma lukee näitä asetusarvoja ja vertaa niitä todellisiin arvoihin, sekä ohjaa toimilaitteita näiden tietojen perusteella. Mikäli leukojen lämpötilat ovat toleranssien sisällä +/- 5 celsiusastetta, todellista lämpötilaa indikoiva ruutu on vihreä, ja mikäli se on toleranssien ulkopuolella, ruutu on punainen. Mikäli lämpötila tippuu tai nousee yli sallitun toleranssin, myös äänimerkki antaa ilmoituksen virheestä.



KUVA 33. Ohjaussivu

Asetussivulta voidaan muuttaa harvemmin säädettäviä asetuksia. Näitä ovat puristuksen hystereesi, pikaliikkeen nopeus ja lämmitysten PID-säädöt. Puristuksen toleranssi on raja, jolla suuntaventtiilien avulla joko lisätään tai poistetaan öljyä. Mikäli puristusaine laskee alle asetetun toleranssin, moottori käynnistyy, kunnes prässäyspaine on saavuttanut asetetun arvon. Tämän jälkeen moottori sammuu automaattisesti. Mikäli paine nousee liian korkeaksi, suuntaventtiilit valuttavat öljyä tankkiin, kunnes paine saavuttaa taas halutun arvon.

”Pikaliikkeen nopeus” -kohdasta säädetään pikaliikkeen nopeutta. Toisin sanottuna sen avulla rajoitetaan virtauksensäätöventtiilin läpi menevää tilavuusvirtaa. Virtauksensäätöventtiili päästää läpi maksimissaan 16 l/min, joten esim. 10 % tuottaa noin 2,5 l/min tilavuusvirran. Tässä oli hieman säädettävää, sillä moottori ja pumppu pystyivät tuottamaan vain noin 8-9 l/min tilavuusvirran.

PID-säädöistä kyetään muuttamaan lämmitysvastusten säätimen arvoja. PID-säätimen arvot on jätetty mahdolliseksi muuttaa käyttöliittymästä tilaajan pyynnöstä. Tämä johtuu siitä, että laitteeseen tulevat lämmitettävät leuat asennetaan vasta tilaajan tiloissa, joten PID-säätimelle sopivia arvoja ei päässyt testaamaan Metecno:n tiloissa.

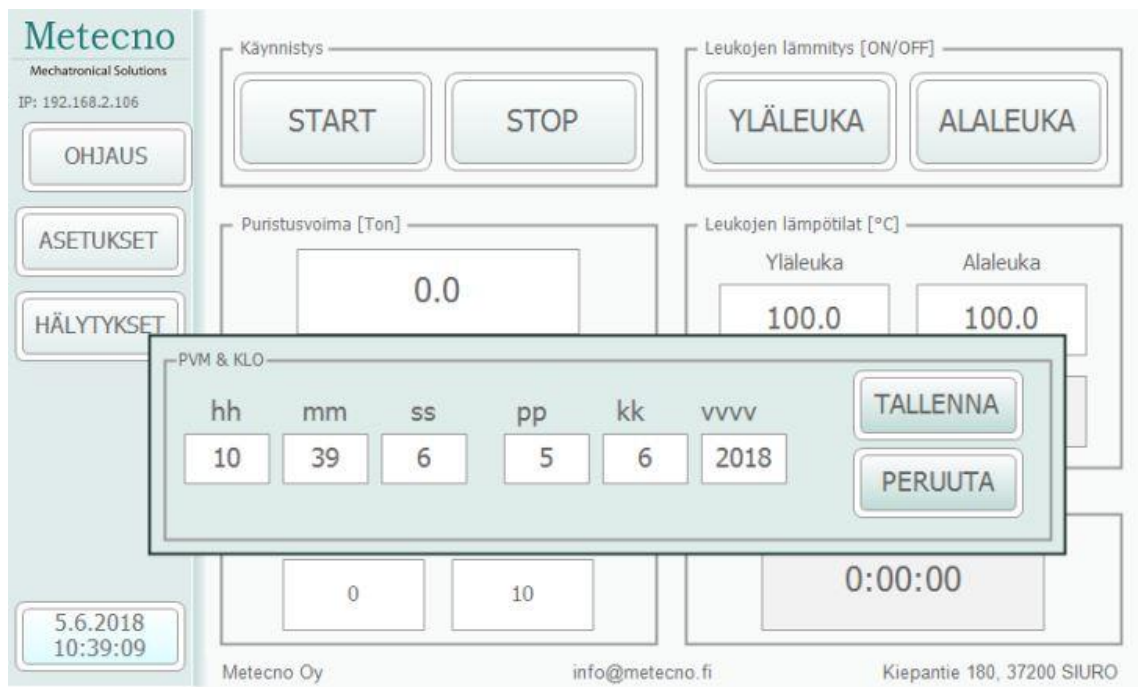
The screenshot shows the 'Asetukset' (Settings) page of the Metecno control system. On the left sidebar, there are buttons for 'OHJAUS', 'ASETUKSET', and 'HÄLYTYKSET', along with a date and time display showing '2.7.2018 11:44:38'. The main area contains two sections: 'Puristuksen toleranssi [Ton]' with a value of 5.0, and 'Pikaliikkeen nopeus [%]' with a value of 50. Below these is the 'Lämmitysten PID-säätö' section, which includes two sub-sections: 'Yläleuka' and 'Alaleuka'. Each sub-section has three input fields for PID parameters: P (0.00), I (0.00), and D (0.00). At the bottom of the page, the company name 'Metecno Oy', email 'info@metecno.fi', and address 'Kiepantie 180, 37200 SIURO' are displayed.

KUVA 34. Asetussivu

Hälytykset sivulla on kolme välilehteä; ”VIAT”, ”HÄLYTYKSET” ja ”ILMOITUKSET”. Vikasivulla ilmoitetaan PT100-antureissa olevasta viasta. Hälytyssivuilla ilmoitetaan jonkin sähköisen suojalaitteen laenneen, mikä estää myös prässin käyttämisen ja vaatii vian kuittaamisen. Ilmoitukset sivuilla kerrotaan tietoja laitteen tiloista (prässäys käynnistetty, prässäys valmistunut yms.).

The screenshot shows the 'Hälytykset' (Alarms) page of the Metecno control system. The left sidebar is identical to the settings page, but the date and time display now shows '5.6.2018 10:36:42'. At the top of the main area, there are three tabs: 'VIAT', 'HÄLYTYKSET', and 'ILMOITUKSET'. Below the tabs is a table with the following columns: 'Pvm', 'Klo', 'ID#', 'Tila', and 'Kuvaus'. The table contains 13 rows, all of which are currently empty. At the bottom of the table, there are two buttons: 'Kuittaa valittu vika' and 'Kuittaa kaikki'. The footer of the page displays 'Metecno Oy', 'info@metecno.fi', and 'Kiepantie 180, 37200 SIURO'.

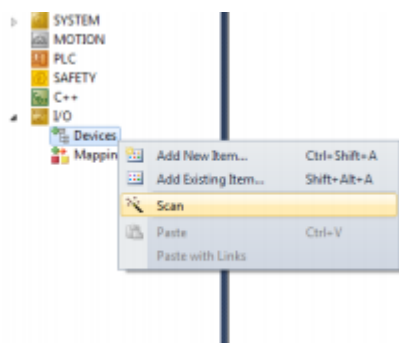
KUVA 35. Hälytyssivu



KUVA 36. Ajan asetussivu

### 6.6.6 I/O:n määrittely

I/O:ta määriteltessä täytyy TwinCAT asettaa Config-tilaan, sekä liittää tietokone Ethernet kaapelilla keskusyksikköön. I/O:n lataaminen tapahtuu yksinkertaisesti valitsemalla ”Scan” komento kohdasta ”I/O, Devices” (Kuva 37).



KUVA 37. I/O:n skannaus

TwinCAT löytää automaattisesti kaikki I/O kortit mitä väyläliittimeen on kytketty. Tämän jälkeen tarvittavat muuttujat linkitetään sisään- ja ulostuloihin.



## 7 POHDINTA

Opinnäytetyössä valmistettiin CSI Composite Solutions and Innovations Oy:lle komposiitin puristusprässi. Toimeksiantaja opinnäytetyölle oli Metecno Oy. Prässillä puristetaan komposiittia halutulla paineella kahden lämmitettävän leuan välissä. Laitteessa käytettiin vanhaa hydraulisen prässin runkoa, johon uudistettiin suuri osa hydraulisista komponenteista. Hydraulisen prässin runkoon kiinnitettiin sähkö/ohjauskeskus, josta prässiä ohjataan. Laitteesta ei julkaista sähkökuvia tai logiikkaohjelmaa toimeksiantajan pyynnöstä.

Pitkien toimitusaikojen vuoksi opinnäytetyö viivästyi jonkin verran. Valmista konetta ei myöskään ollut mahdollista toimittaa tilaajalle heinäkuussa kesälomien takia. Työ sujui kohtalaisen mutkitta, joskin käyttöönottovaiheessa ilmeni muutamia virheitä logiikkaohjelmassa ja laitteen toiminnassa. Aluksi prässiin laitettiin vain yksi paineakku, jonka esitäyttöpainetta piti tiputtaa huomattavasti, minkä seurauksena suurilla paineilla prässätessä puristin ei juurikaan jaksanut pitää painettaan ja moottori käynnistyi liian tiheästi. Tämä ratkaistiin lisäämällä toinen paineakku 150 baarin esitäyttöpaineella vanhan paineakun rinnalle. Muutaman päivän korjauksilla laite saatiin toimimaan kuitenkin alkuperäisen suunnitelman mukaan, joskin laitteen vuotojen takia moottori käynnistyy muutaman keran minuutissa. Tämä on kuitenkin parempi kuin kokoaikainen käyminen, sillä puristuksien pituuksien takia moottori kuumentaisi öljyä. Puristusvoiman tarkkuus saatiin määritettyä n. 200 kilogramman tarkkuuteen.

Opinnäytetyö oli hyvin monipuolinen, sisältäen hydraulikkaa, sähköä ja ohjelmointia. Työ oli mielenkiintoinen tehdä sen konkreettisuutensa vuoksi. Laitteen suunnittelun jälkeen pääsi rakentamaan fyysisesti laitetta, ja tätä kautta huomaamaan mitä olisi voinut suunnitteluvaiheessa tehdä paremmin. Käyttöönoton alkuvaiheessa oli hiukan vaikeuksia, mutta Metecnon osaavan henkilökunnan avustuksella näistä päästiin yli ja opinnäytetyössä saavutettiin tavoite ja onnistuttiin rakentamaan toimiva komposiitin puristusprässi.

## LÄHTEET

Kauranne H., Kajaste J. & Vilenius M. 2013. Hydrauliteknikka. 2. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Fonselius, J. 1993. Hydraulikka, Koneautomaatio. 7. painos. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Paavilainen, H. 2009. Hydraulikka 1. Luentomoniste. Metropolia. Luettu 4.6.2018  
<https://wiki.metropolia.fi/download/attachments/12158203/luentomoniste.pdf>

Venttiilit. 2009. Metropolia. Luettu 4.6.2018.  
<https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/8.+Venttiilit>

Proessin ohjaus. 2017. Verkkomateriaali. Keuda. Luettu 4.6.2018  
<https://keuda.moodle.fi/mod/page/view.php?id=351401&inpopup=1>

Ruohonen, T. 2007. Kouluttavan asennusohjeen laatiminen ja kouluttava asennusohje kaiivinkoneen lisähydrauliikan asentamisesta. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö  
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/8387/Ruohonen.Tapani.pdf?sequence=2>

EtherCAT Coupler. 2018. Beckhoff.  
[https://download.beckhoff.com/download/Document/Catalog/Main\\_Catalog/english/separate-pages/EtherCAT/EK1100.pdf](https://download.beckhoff.com/download/Document/Catalog/Main_Catalog/english/separate-pages/EtherCAT/EK1100.pdf)

Lunkka, K. 2011. Pulssinleveysmodulaation käyttö moottoriohjauksessa. Lahden ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

I/O, EL3204. 2018. Beckhoff Luettu 8.6.2018  
<https://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el3204.htm>

I/O, EL3052. 2018. Beckhoff. Luettu 8.6.2018  
<https://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el3052.htm>

Oppimateriaali, LVI. 2018. EDU, Opetushallitus.  
[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/lvi/aiho4/tietoperusta/tietoperusta\\_6.htm](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/lvi/aiho4/tietoperusta/tietoperusta_6.htm)

Ylivirtasuojaus. 2005. Digma. Luettu 8.6.2018  
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/material/attachments/van-haamk/etuotanto/5hNnuVhBY/ylivirtasuojaus.doc>

New Automation Technology, 2018. Beckhoff. Luettu 25.6.2018  
<https://www.beckhoff.fi/fi/default.htm?beckhoff/default.htm>

Keinänen T., Kärkkäinen P., Lähetkangas M & Sumujärvi M. 2010. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. 2. painos. Helsinki. WSOYpro Oy.

John, K.-H. Tiegelkamp, M. 2010. IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems. 2. painos. Saksa: Sprigner.

## LIITTEET

Liite 1. Ohjauskeskus

