



Lauri Sokura

# Näytteenottojärjestelmän demon suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

2.5.2022

# Tiivistelmä

Tekijä: Lauri Sokura  
Otsikko: Näytteenottojärjestelmän demon suunnittelu  
Sivumäärä: 35 sivua + 1 liitettä  
Aika: 2.5.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Ammatillinen pääaine: Koneensuunnittelu  
Ohjaajat: Kenttäinsinööri, Janne Rätty  
Lehtori, Heikki Paavilainen

---

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin ja toteutettiin Swagelok-Helsingille näytteenotto-paneelin demo. Työssä käsiteltiin hieman yritystä ja yrityksen tuotteita ja kuvailtiin näytteenottojärjestelmän toimintaa sekä prosessin eri vaiheita avattuna.

Näytteenottoprosessissa on tärkeää tietää laadusta, määrä ei riitä kertomaan, että onko tuote hyvää vai ei. Näytteenottoprosessi on kompleksi asia ja sen toimivuus on elintärkeää erilaisille kemiallisille prosesseille, jotta saadaan tietää lisää prosessin tilasta ja tuotteen laadusta. Tässä työssä raapaistaan vain näytteenottoprosessin pintaa.

Suunnittelussa kerrotaan lisätietoa mekaanisesta suunnittelusta sekä eri päätöksistä mitä suunnittelija tekee. Automaation suunnitteluun käytettiin huomattavasti enemmän aikaa, koska suurimmaksi osaksi työssä oli automaatiosuunnittelua eikä mekaanista suunnittelua.

Komponentit valittiin asiakasyrityksen kontakteista ja saatavuuden mukaan. Lopuksi valmistus, testaus sekä loppudokumenttien teko siirtyvät myöhemmälle ajalle, koska komponenttien saatavuus oli heikkoa.

Opinnäytetyön demon valmistuttua luodaan käyttöohjeet, dokumentointi valmistamisesta ja ohjelmoinnin dokumentointi. Käyttöohjeet luodaan siten, että asiaan perehtymättömät osaavat käyttää demoa messuilla. Dokumentointi valmistamisesta sekä ohjelmoinnin dokumentointi luodaan siten, että asiaan perehtyneet osaavat tehdä muutoksia sekä korjata mahdolliset viat.

Avainsanat: näytteenotto, valmistus, automaatio

## Abstract

Author: Lauri Sokura  
Title: Design of demo for grab sample system  
Number of Pages: 35 pages + 1 appendices  
Date: 2 May 2022

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Mechanical Engineering  
Professional Major: Design of Machines  
Supervisors: Janne Rätty, Field Engineer  
Heikki Paavilainen, Lecturer

---

In this bachelor's thesis, the subject is to design and manufacture a demo panel of an industrial grab sampling panel to Swagelok Helsinki. In this thesis we will introduce the company and its products and how the industrial sampling system works and open the sampling processes.

Industrial sampling systems are extremely complicated processes, and it needs time & effort because its fundamental to petrochemical factories, so they could identify the state of the process and quality of the product.

In this thesis, we will only scratch the surface of industrial sampling system. Industrial sampling systems has a diverse application and widely complex in different factories. On the design of a demo panel, we will explore mechanical design choices available.

On the automation design, we will talk about sensors and different systems that could have been incorporated in this project. And also, programmable logic controllers and programming processes. The different components were either selected from ready-made options from the company's contacts or designed in-house from company's 3D-cad library.

In conclusion, the manufacturing, testing, and making of user guides and final documentation for the demon panel of industrial grab sampling system will be executed once the complete list of material for the demo panel has been obtained.

Keywords: industrial sampling systems, automation design, manufacturing

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Näytteenottojärjestelmä	2
2.1	Näytteenottojärjestelmän vaiheet	4
2.1.1	Esikäsitteilypiste	6
2.1.2	Pikakierto	7
2.1.3	Käsinäytteenotto	8
2.1.4	Näytteenkäsitteily ja jako	9
2.1.5	Analysaattori	9
2.1.6	Näytteen hävitys	10
3	Käsinäytteenottopaneelin demo	11
3.1	Demon suunnittelu	12
3.2	Ohjelmitava logiikka	16
3.2.1	Ohjelmitavan logiikan valinta	17
3.2.2	Ohjelmitavan logiikan ohjelmointi	20
3.2.3	TwinSAFE	22
3.3	Antureiden valinta	22
3.3.1	IO-Link	24
3.3.2	Inkrementtianturi	25
3.3.3	Absoluuttianturi	26
3.3.4	Avustavat komponentit	27
4	Tulokset	28
5	Yhteenveto	30
	Lähteet	31
	Kuvaluettelo	34
	Taulukkuuettelo	35
	Liitteet	
	Liite 1: Ohjelman vuokaavio	

## Lyhenteet

PI-Kaavio:	Putkitus- ja instrumentointikaavio, prosessilaitteistojen kuvaamiseen käytetty piirustustyyppi.
PLC:	Programmable logic controller. Ohjelmoitava logiikka, jota käytetään automaatioprosessien ohjauksessa.
PWM:	Pulse-Width Modulation. Pulssinleveysmodulaatio. Modulointitapa, jolla hallitaan pulssin leveyttä.
FBD:	Function Block Diagram. Graafinen ohjelmointikieli, jota käytetään ohjelmoitavissa logiikoissa. IEC 61131-3 standardin mukainen ohjelmointikieli.
LD:	Ladder Diagram. Graafinen ohjelmointikieli. IEC 61131-3 standardin mukainen ohjelmointikieli ohjelmoitaviin logiikoihin.
ST:	Structured text. IEC 61131-3 standardin mukainen ohjelmointikieli ohjelmoitaviin logiikoihin.
IL:	Instruction list. Ohjelmointikieli ohjelmoitaviin logiikoihin. IEC 61131-3 standardin mukainen ohjelmointikieli.
SFC:	Sequential Function Chart. Graafinen ohjelmointikieli, joka on suunnattu ohjelmoitaviin logiikoihin. IEC 61131-3 standardin mukainen ohjelmointikieli
LED:	Light-Emitting Diode. Puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan sähköä.
CAD:	Computer-aided Design, Tietokone-avusteista suunnittelua.

FFF:	Fused filament fabrication, 3D-tulostustekniikka. Myös FDM (tavaramerkitty).
PLA:	Polylactic acid. Uusiutuvista raaka-aineista valmistettu biohajoava termoplastinen alifaattinen polyesteri.
IO:	Input/Output. Tiedon siirtämistä tai signaloimista tietokone-laitteistojen komponenttien välillä.
DUTs:	Data Unit types. Normaalien datatyyppeiden lisäksi, käyttäjä voi luoda omia datatyyppejä kuten rakenteita, luetteluita, referenssejä sekä relaatioita.
GVLs:	Global Variable Lists. Yhteiset muuttujat.
Muuttuja:	Imperatiivisessa ohjelmoinnissa nimettyä, symbolista tietovarastoa, josta tieto voidaan hakea ja johon tietoa voidaan kirjoittaa, mikäli muuttuja ei ole vakio. (Eng. Variable).
POUs:	Program Organization Units, Ohjelmien sekä aliohjelmien järjestelyyn tarkoitettu lista.
VISUs:	Visualizations, Visualisoinnit esim. HMI:n tai HMI-sivuston visualisointia varten.
HMI:	Human Machine Interface. Käyttöliittymä datan visualisointia tai koneen/laitteen hallitsemista kosketusnäytöltä tai näppäimistöltä (Käyttöliittymä).
P/R:	Pulse per revolution. Pulssia per kierros. Tapa ilmoittaa inkrementti/absoluuttianturin tarkkuus.

## 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella näytteenottojärjestelmän demo yritykselle Swagelok Helsinki. Demon tavoitteena on esittää asiakkaille näytteenottojärjestelmän toimintaperiaatetta sekä visualisoida prosessia. Opinnäytetyössä valitaan ohjelmitava logiikka (PLC), tarvittavat komponentit visualisointiin sekä ohjelman teko visualisointia varten.

Tässä raportissa käydään läpi näytteenkäsittelyjärjestelmän toiminta, näytteenottojärjestelmän eri vaiheet ja käsinäytteenotto (eng. grab sample). Käsinäytteenotosta suunnitellaan demo ja toteutetaan se messuja tai asiakasdemonstraatioita varten.

Swagelok® on yhdysvaltalainen instrumentointikomponentteja ja instrumentointikonaisuuksia valmistava yritys, jonka liikevaihto on noin kaksi miljardia dollaria vuonna 2021. Fred Lennon perusti Crawford Fitting Companyn vuonna 1947 valmistukseen liittimiä monille eri toimialoille. Swagelok Helsinki on itsenäinen suomalainen yritys, joka toimii Swagelokin yksinoikeutettuna myynti- ja palvelukeskuksena Suomessa sekä Baltian maissa. (Swagelok Helsinki Yritys.)

Helsinki Valve & Fitting Oy (HVF) perustettiin vuonna 1983.

Tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa käsinäytteenottopaneelista visuaalinen demo messuja ja asiakkaita varten. Demolla selkeytetään käsinäytteenottopaneelin toimintaa, jolla saadaan asiakkaat ja mahdolliset asiakkaat ymmärtämään näytteenoton tärkeys. Suunnittelu hoidettiin niin pitkälle, kun oli mahdollista työn aikataulutuksen ja resurssien puitteissa. Demon valmistus siirtyy loppuvuoteen 2022 tai vuoden 2023 alkuvuoteen, kun komponentit saapuvat tavantoinnittelijalta. Nykyinen komponenttipula aiheuttaa ongelmia elektronisten komponenttien hankinnassa. Tämän vuoksi valmistus myöhästyy tästä opinnäytetyöstä.

## 2 Näytteenottojärjestelmä

Näytteenottojärjestelmien tarkoitus on tarkkailla prosessissa virtaavan aineen laatua. Hyvän tuotteen laatua ei voi varmistaa määrällä. (Waters 2013: s.6.)

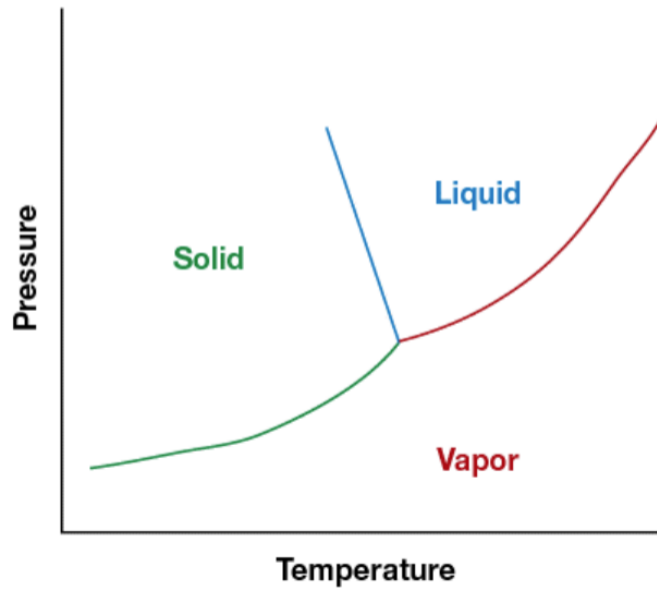
Näytteenottojärjestelmiä käytetään yleisesti esimerkiksi: Lääke-, elintarvike-, bioteknologia-, puunjalostus-, petrokemian-, kemian- ja puolijohdeteollisuuden aloilla. (Näytteenottoventtiilit ja -järjestelmät (CRP).)

Näytteenottojärjestelmissä käytetään joko käsinäytteenottoa (eng. grab sample) tai prosessianalysointoreita. Käsinäytteenottojärjestelmät sekä prosessianalysointorit käydään läpi seuraavissa kappaleissa.

Prosessihana (eng. Process tap) otetaan näytteenottojärjestelmään prosessiaine. Prosessihanan sijoitus vaikuttaa näytteenottojärjestelmän tuloksiin ja se olisi tärkeää sijoittaa sellaiseen paikkaan prosessia, jossa näyte olisi mahdollisimman puhdasta, sopivan lämpöistä sekä sopivassa paineessa olevaa prosessiainetta.

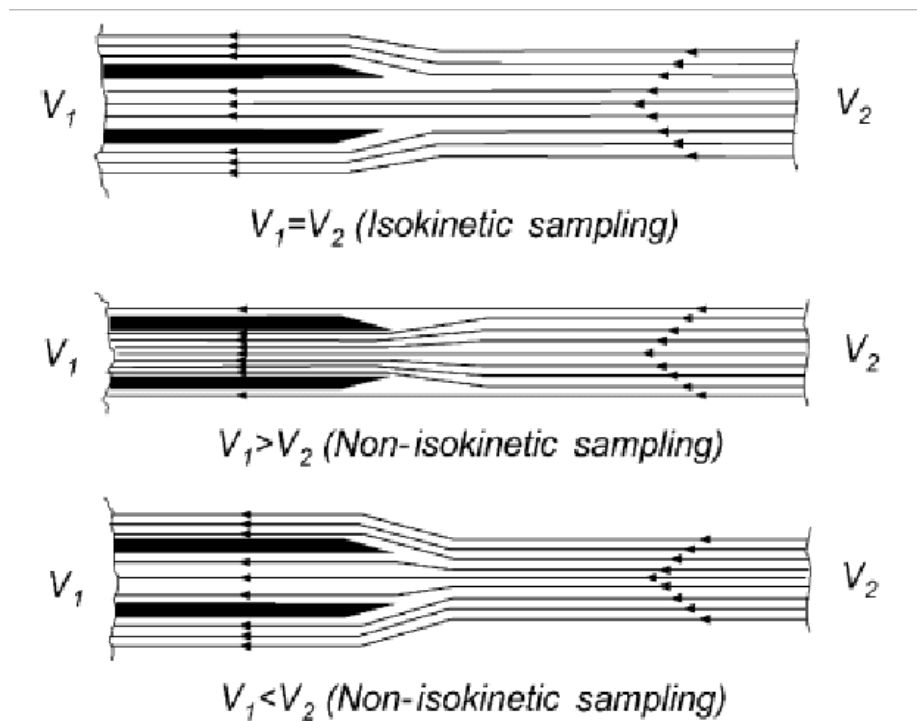
Yleisesti prosessiaineen painetta ja virtausta joudutaan säätämään näytteenottojärjestelmälle sopivaksi ja olisi hyvä pitää nestemäisen näytteen paine mahdollisimman korkealla. (Näytteenottojärjestelmät.) Kuvassa 1 on faasidiagrammi. Aine on luokittelematon.





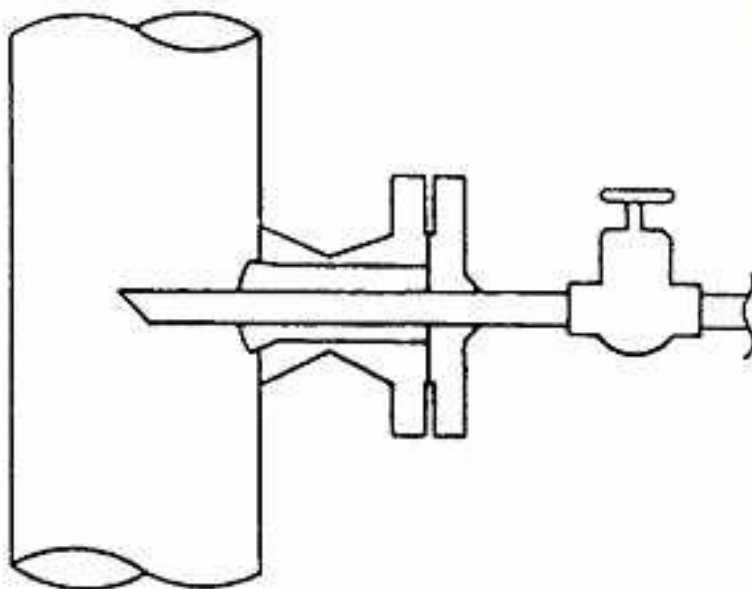
Kuva 1. Faasidiagrammi yksinkertaistettuna (Näytteenottojärjestelmät).

Kuvassa 2 on kahta erilaista tyyppiä prosessihanoja: isokineettinen ja ei-isokineettinen (Gil 2009: s.5). Kuvassa esitetään virtaukset erityyppisillä prosessisondeilla.



Kuva 2. Prosessisondin isokineettisen näytteenoton virtaukset (Gil 2009).

Prosessihanassa on pienempi putki, joka on hitsattu prosessiverkkoon, jota kutsutaan suuttimeksi (Eng. Nozzle). Prosessihananan leikkauspiirustus on esitetty kuvassa 3. Aina tätä tyyppiä eivät prosessihanat ole. Suuttimessa on sondi, joka ohjaa prosessiainetta näytteenottojärjestelmään analysointia varten. (Waters 2013: s.140.)



Kuva 3. Prosessihananan leikkauspiirustus. Havainnollinen.

## 2.1 Näytteenottojärjestelmän vaiheet

Näytteenottojärjestelmä koostuu eri vaiheista:

- 1) Field station (ei aina ensimmäisenä)
- 2) Fast loop
- 3) Grab sample
- 4) Conditioning and Switch stream
- 5) Analyzer
- 6) Sample disposal

Kuvassa 4 on esitetty periaatepiirros näytteenkäsittelyn asemista.

Kenttäaseman sijainti määräytyy prosessissa virtaavan aineen mukaisesti, sen mukaan onko prosessissa virtaava aine nestettä vai kaasua. Kenttäasemassa on yleensä suodatin, joka puhdistaa kiintoaineet prosessiaineesta. Jos aine on nestettä, niin kenttäasema on ennen näytteenkäsittelyä ja jakoa. Jos prosessiaine on kaasua, niin kenttäasema on mahdollisimman lähellä prosessihanaa.

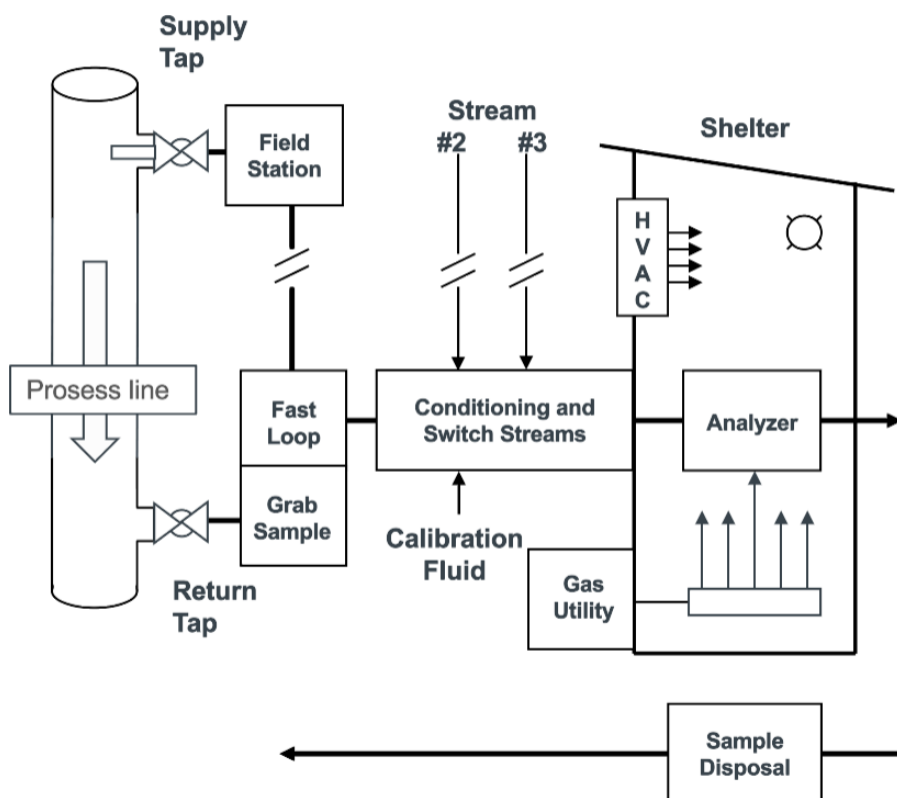
Näytteenoton pikakierto (eng. fast loop) varmistaa, että näytteenottojärjestelmässä on mahdollisimman prosessia vastaava tila, pikakierto vähentää hävitykseen menevää prosessiainetta. On myös olemassa yksiputkinen näytteenottojärjestelmä, josta prosessiainetta menee enemmän hävitykseen.

Grab sample on käsinäytteenotto. Käsinäytteenoton toimintaperiaatetta käytetään yksityiskohtaisemmin kappaleessa 2.3.

Näytteenkäsittely ja jako (eng. conditioning and switch stream) varmistaa näytteen laadun analysaattorille. Paras tilanne olisi, jos analysaattorille menisi vain yksi näytevirta, mutta yleisimmissä tapauksissa analysaattorille ohjataan 4–8 näytevirtaa.

Analysaattorit ovat hintavia, joten yleensä sinne tulee useita eri ainevirtoja. Analysaattorit ovat lämpötilasäädetyissä tiloissa.

Analysaattorin jälkeen näyte viedään näytteen hävittämiseen (eng. sample disposal). Riippuen näytteen aineesta se joko varastoidaan tai viedään soihtuihin poltettavaksi.



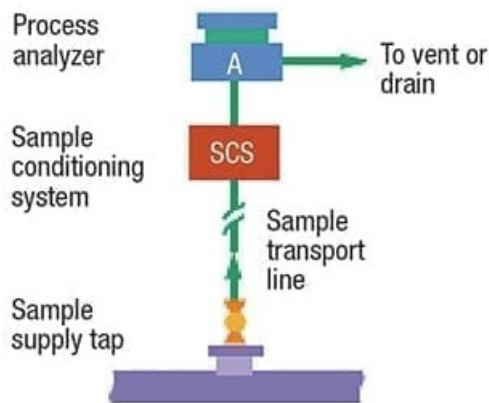
Kuva 4. Esimerkkipiirros näytteenottojärjestelmästä (Näytteenottojärjestelmät).

Näytteenkäsittelyn tavoitteet ovat yhteensopivuus, ajankohtainen ja edustava. (Näytteenottojärjestelmät.)

### 2.1.1 Esikäsittelypiste

Esikäsittelypiste (eng. Field Station) on alikokoonpano, jossa esikäsitellään prosessissa kiertävää ainetta. Riippuen aineen olomuodosta kenttäasema voi olla ensimmäisenä tai sitten ennen käsittely- ja jakoasemaa. Suurimmassa osassa kenttäasemia säädetään näytteen painetta tai lämpötilaa. Kenttäasemalla myös säädetään näytteen puhtautta, onko prosessissa virtaavassa aineessa ylimääräisiä kiinteitä aineita tai nesteitä prosessivirrasta. Jotkut kenttäasemat vaihtavat näytteen olomuotoa höyrystämällä tai tiivistämällä. Osassa kenttäasemista myös on kalibrointikaasun syöttö tai ne sallivat näytteen analyysin näytteen syöttövirrasta. Kaksi yleisintä käyttöä kenttäasemalle ovat paineen alentaminen tai nesteen höyrystäminen. Kummassakin tapauksessa on vaikea palauttaa

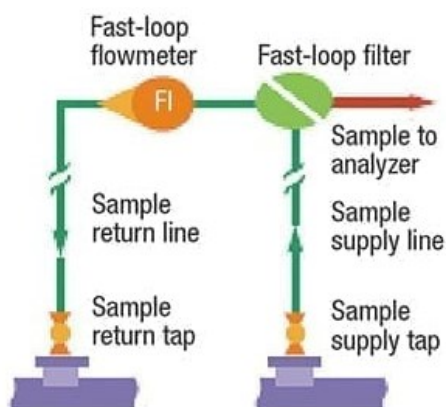
matalapaine kaasu takaisin prosessivirtaan, jolloin tämän tyyppinen kenttä-asema käyttää yksilinjaista syöttöä, jolla ei ole palautusta prosessivirtaan. Jos näyte pitää palauttaa prosessivirtaan, silloin näytteen palauttamisjärjestelmä saattaa olla tarpeellinen. (Waters 2013: s.198.). Kuvassa 5 on esitetty periaatepiirros yhdenlinjan näytteenotosta.



Kuva 5. Yhden linjan näytteenottojärjestelmä. Periaatekuva (Waters 2013).

### 2.1.2 Pikakierto

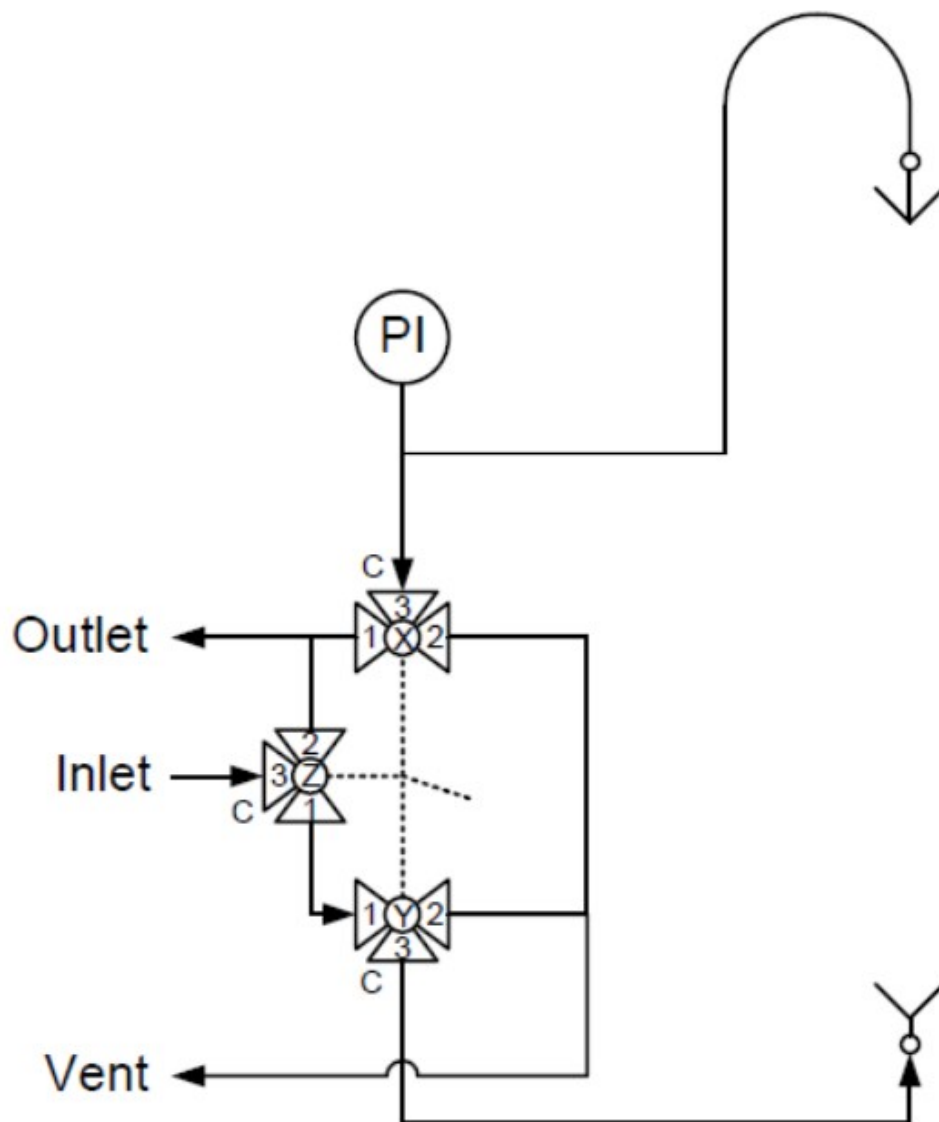
Pikakierto (eng. Fast Loop) on prosessilinjaan liitettävä näytelinja, jossa näyte vastaa mahdollisimman lähelle prosessia virtaavaa nestettä, josta kerätään näyte ja suurin osa prosessiainevirrasta palautuu prosessiin. (2 s.198). Kuvassa 6 on periaatepiirros pikakierrosta.



Kuva 6. Pikakiertoinen näytteenottojärjestelmä. Periaatekuva (Waters 2013.)

### 2.1.3 Käsinäytteenotto

Käsinäytteenotto (eng. grab sample) on näytteenottotyö, josta näyte lähetetään laboratorioon. Käsinäytteenotto ja analysaattori eivät mielellään saa olla samassa näytteenottopisteessä prosessilinjastolla. Kuvassa 7 on projektiin valittu näytteenottopaneelin PI-kaavio. Käsinäytteenotto on huomattavasti halvempi kuin analysaattori näytteenottojärjestelmä.



Kuva 7. Käsinäytteenoton prosessikaavio. Valittu kokoonpano (Näytteenottojärjestelmät).

### 2.1.4 Näytteenkäsittely ja jako

Näytteen pitää olla tietyn lämpöistä, tietyssä paineessa ja puhdasta, jolloin varmistetaan analysaattorin varma ja pitkäaikainen toiminta. Näytteenkäsittelyssä puhdistetaan näyte suodattimen avulla, näyte kuivataan ja jäähdytetään tai lämmitetään. Näytettä laimennetaan, jos on tarve ja annostellaan analysaattoria varten. (Waters 2013: s.6, s.478.)

Näytteenjako (eng. switch stream) syöttää analysaattorille prosessin eri vaiheista näytteitä analysointia varten. Monisyöttöinen systeemi alentaa laitoksen kustannuksia, kun tarvitsee hankkia vain yksi analysaattori. Ideaalitapauksessa analysaattori analysoisi vain yhden näytevirran. Analysointi on hitaampaa monisyöttöisellä järjestelmällä. Analysaattorin tai näytteenottojärjestelmän mahdolliset viat on vaikeampi selvittää. (Waters 2013: s.531–532)

### 2.1.5 Analysaattori

Analysaattori (Eng. Analyzer), toisinaan prosessianalysaattori prosessianalysointilaitteilla tutkitaan nesteen koostumusta. Prosessianalysointilaitteita valitaan, kun tarvitsee monitoroida prosessia muuten kuin paineen, virtauksen, lämmän tai taason osalta. Prosessianalysointilaitteilla mitataan joko koostumusta, Elektrokemiallisia ominaisuuksia, Spektrofotometriä ominaisuuksia tai fyysisiä ominaisuuksia (Prosessianalysointilaitteet.). Prosessianalysointilaitteiden hinnat ovat alkaen 20000 euroa. (Räty 2022.)

Yhden tyyppinen prosessianalysointilaitte on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Prosessianalysointilaitteisto. (Metrohm AG).

### 2.1.6 Näytteen hävitys

Pääasiallisesti näyte joko palautetaan prosessivirtaan, siirretään näyte soihtuun tai vapautetaan näyte ympäristöön. Kaasut ja nesteet tuovat omat ongelmansa näytteen hävittämiseen. Näytteen hävityksessä (eng. sample disposal) on monta hyvää periaatetta, jotka voidaan soveltaa kaasuille ja nesteille. Ensimmäisenä periaatteena on ihmisten, ympäristön ja laitoksen turvallisuus. Toisena periaatteena on ottaa mahdollisimman pienessä määrässä otetaan näytteitä eli tarkoittaen mahdollisimman pieni tilavuusvirta näytevirrassa. Kolmas periaate on näytteiden hävittämisen luotettavuus. (Waters 2013: s.491.)

Kuvassa 9 on esitetty yksi malli vaarallisten nesteiden kontista. Kontti kuljetaan tai tyhjennetään, josta neste vietään hävitykseen.





Kuva 9. Finncont DTWO-Tuplavaippainen nestekontti.

UN-tyyppihyväksytty tuplavaippainen 1000 l IBC-pakkaus jätenesteille, mahdolliset materiaalit 304/316 tai 316 L. (Ongelmajätekontti)

### 3 Käsinäytteenottopaneelin demo

Käsinäytteenottopaneeliksi valittiin sylinterillä oleva paneelin, jossa on kierto (fast loop), ilman puhdistuslinjaa (Eng. Purge). Projektissa käytettävä näytteenottopaneeli on esitetty kuvassa 10. Näytteenottopullo valitaan silloin kun prosessissa olevan nesteen suurin höyrystymispaine on 101kPa (normaalissa ilmanpaineessa). Tämän yläpuolella valitaan näytteenottosylinteri. Näytteenottosylinteri on erittäin yleinen, jolloin valitaan näytteenottosylinterillä oleva näytteenottopaneeli.



Kuva 10. 3D-Malli näytteenottopaneelista. Projektia varten on tehty muutokset.

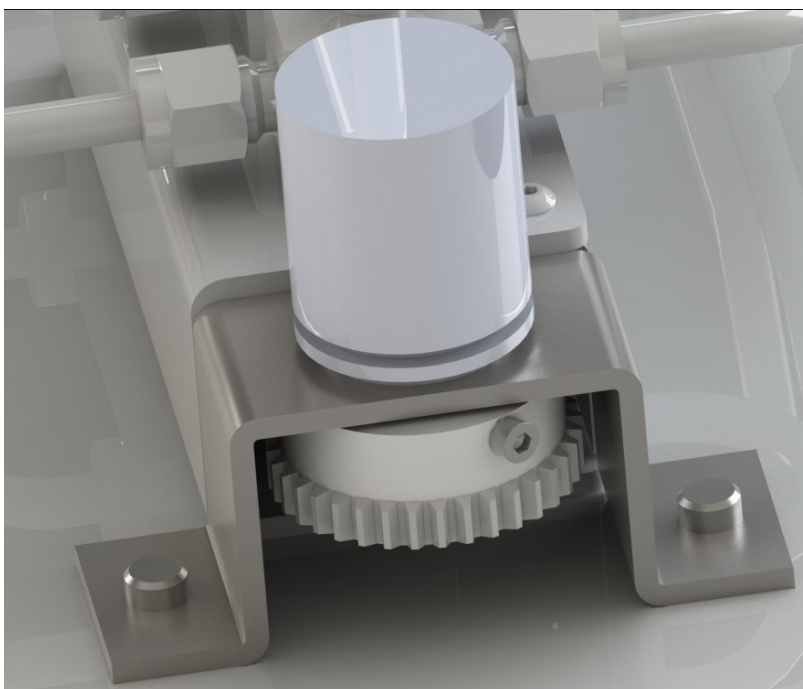
Asiakasyrityksen tarve on saada käsinäytteenottopaneelin demonstrointi messuille tai asiakkaille, jolloin he ymmärtävät näytteenottoprosessia hieman paremmin. Näytteenottoprosessi on monimutkainen ja tässä opinnäytetyössä jouduttiin luopumaan puhdistuslinjan visualisoinnista. Visualisointi suoritetaan LED-nauhoilla, joita ohjataan ohjelmoitavalla logiikalla. Ohjelmoitavaa logiikkaa käydään seuraavassa kappaleessa läpi.

### 3.1 Demon suunnittelu

Mekaaninen kokoonpano suunniteltiin olemassa olevan 3D-CAD-mallin pohjalta, muutokset suunnitelmiin tehtiin Solidworks 2021 -ohjelmalla. (Solidworks 3D-CAD) Itse mallintaminen onnistui helposti ja suunnitelmaa viimeistellään myöhemmin, koska elektroniset komponentit saapuvat myöhemmin.

3-tieventtiin ratas kopioitiin Solidworks-mallista ja koska malli oli huonosti mallinnettu, mallinnettiin se uudestaan Catia V5 6R2014 -ohjelmalla (Catia V5-6R).

Inkrementtianturista tehtiin malli, joka saatiin lisättyä kokoonpanoon, jolla pystytään tarkistamaan rattaan mitoitus sekä toimivuus kokoonpanossa. Kuvassa 11 on esitetty kokoonpano inkrementtianturista, rattaasta sekä kannakkeesta. Inkrementtianturille mallinnettiin kannatin ohutlevystä, jolloin se voidaan täysin valmistaa laserleikkaamalla sekä kanttaamalla.



Kuva 11. Inkrementtianturi, ratas sekä kannake.

Ratas valmistetaan FFF-tekniikalla muovista tulostamalla. Kuvassa 12 on yhden valmistajan PLA-rulla. Osaan ei tule huomattavia rasituksia, jolloin materiaalilta vaaditaan vain kulutuksen kestävyyttä, joten perinteisellä PLA-muovilla saavutetaan se. PLA-muovi on ympäristöystävällistä, kun se on kierrätettävissä. (PLA-materiaali) PLA on myös yksinkertainen tulostaa, jolloin se helpottaa valmistusta. (PLA-Biomuovi)



Kuva 12. PLA Filamenttirulla.

Elektroniikkaa käydään läpi seuraavassa kappaleessa tarkemmin. Rittal valikoitui kotelon toimittajaksi, koska yrityksellä oli valmiiksi asiakasprojekteja varten tilattu erilaisia kotelointilaitteita Rittal:ilta, jolloin kontakti löytyi helposti. Elektroniikka si-



Kuva 13. Rittal Polykarbonaattilaatikko.

joitetaan Rittalin PK-polykarbonaattikoteloon ilman esipuhkaistuja aukkoja, kotelointiluokka on IP66. Kotelon koko on 254 x 180 x 165 mm, joka on esitetty kuvassa 13.

Paneelille tehdään jalat 40 x 40 alumiiniprofiilista, joiden varassa paneeli on messuilla. Paneeli on irrotettavissa telineestä kuljetusta varten.

Näytteenottopaneelin teräslevy valmistetaan laserleikkaamalla ja se valmistetaan 316 L ruostumattomasta teräksestä, jolloin kiinnityspisteet on hyvä suunnitella tarkasti etukäteen ennen valmistusta. Putket ovat swagelok:in standardin mukaisia putkia ja ne löytyvät varastosta. Putket taivutetaan putkitaivuttimella piirustusten mukaisesti.

## 3.2 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitavan logiikan valitsemisessa pitää suunnitella mitä sisääntuloja ja ulostuloja tarvitaan, eli antureitten määrä ja mitä ulostuloja. Sekä 20 prosentin laajennusvara tulevaisuuden muutoksia varten esimerkiksi jos lisätään läheisyysanturi. Tarvitaanko analogisia, digitaalisia vai pulssilähtöjä. Onko tarvetta pulssileveysmodulaatio-ulostuloille tai moottoreiden ohjaukselle. Tulee suunnitella ohjelmoitavan logiikan jännitealue, jossa logiikka toimii (5/24/ 230 v) sekä mahdolliset väyläliitynnät.

Tarvitseeko logiikkaa ohjata etänä, mahdolliset näyttöpaneelit logiikkaan integroituna tai erillisenä. Logiikan nopeus myös tärkeää ymmärtää, kuinka nopeasti halutaan asioiden tapahtuvan. (Sysmac valintakoulutus 2008)

Ohjelmointitapa vaikuttaa valintaan, erilaisia ohjelmointitapoja on:

- FBD
- LD
- ST
- IL
- SFC

Nämä ohjelmointikielet ovat IEC 61131-3 standardin mukaisia. (IEC standardi 2013). Osa yllä olevista ohjelmointikielistä ovat graafisia kuten FBD, LD ja SFC. ST ja IL ovat alkukantaisia koodikieliä.

IL muistuttaa assembly-koodikieltä ja ST muistuttaa Pascal-koodikieltä molemmat ovat yksinkertaisia.

Tässä lopputyössä valikoidaan ohjelmoitava logiikka sisääntulojen ja ulostulojen määrällä. Koodikiielellä ei ole merkitystä, mutta koska yrityksellä ei ole vielä tie-

dossa isoja projekteja, jossa tarvittaisiin ohjelmoitavaa logiikkaa. Swagelok päämiehenä ei salli ohjelmoitavien logiikkojen asentamista laatukäytäntöjen takia, kun ei ole omia tuotteita eikä pystytä takaamaan Swagelok standardin mukaisia asennuksia. Erillisellä luvalla ohjelmoitavien logiikoiden tekeminen asiakasprojekteihin on mahdollista. Tämä opinnäytetyö tulee yrityksen sisäiseen käyttöön, jolloin Swagelokin standardi ei koske tätä projektia (MySwagelokUniversity).

Mahdolliset ohjelmoitavan logiikan toimittajat ovat: Beckhoff, Siemens, Moxa, Phoenix Contact, Festo, Allen Bradley, Mitsubishi Electric, Schneider Electric, ABB, Honeywell Process, IDEC, Hitachi Industrial Equipment Systems ja Bosch Rexroth (Francis 2020).

### 3.2.1 Ohjelmoitavan logiikan valinta

Ohjelmoitavaa logiikkaa kysellään yrityksiltä: Beckhoff, Siemens, Wago, Schneider electric ja ABB. Komponenttipulan takia kysyttiin toimitusaikataulut logiikoille. Alustavat toimitusarviot löytyvät taulukosta 1. Siemens ja Wago olisivat tehneet tarjouksen, mutta toimitusaikataulujen vuoksi tarjoukset eivät olisi ehtineet mukaan tähän opinnäytetyöhön.



Kuva 14. Beckhoff CX7000 ohjelmoitava logiikka.

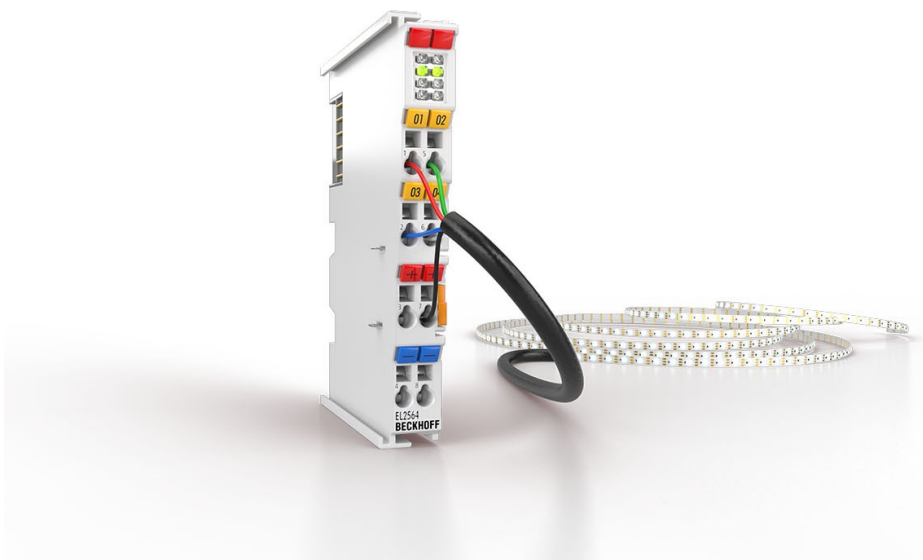
Lopuksi päädyttiin tilaamaan Beckhoffilta CX7000-logiikka on, joka on esitetty kuvassa 14, EL2564-0010 lisäkortit kuvassa 15 esitetty lisäkortti. Virtalähde

kuuluu bechhoffin toimitukseen. Toimitusajaksi muodostui CX7000-logiikalle tehdastoimituksena 43vk ja lisäkorteille 26vk. Beckhoffiin päädyttiin syystä, että heillä oli tuotteena tarjonnassa LED: ien ohjaamiseen olevia lisäkortteja, joissa oli tarpeeksi suuri jännitealue ja sähkövirta (5-48V, 3A).

Kuvassa 15 on lisäkortti, joka valikoitui. Lisäkortissa on yleinen miinusnapa. Virtalähde valikoitu bechhoffilta, koska se yksinkertaisti tilausprosessia ja ostajan työtä. Beckhoffilta valittiin PS1061-2405-0000-virtalähde, jossa on ulostulo 24VDC 5A. Virtalähde asennetaan DIN-kiskoon, joka tulee kytkentälaatikkoon, jolloin komponentit ja kytkennät ovat suojassa.

Muutoksena lisäkorttiin tuli toimittajan puolesta EL2564-0010-lisäkorttiin ei ole vielä saatavissa, joten vaihdettiin se erona -0010 päätteiseen lisäkorttiin on, että kytketään plussa yhteen, kun taas EL2564-0010 lisäkortissa kytketään miinusnapa yhteen. (Piispanen 2022)

Beckhoffilta tilatut tuotteet lähtevät bechhoffin varastosta Hyvinkäältä 2.12.2022.



Kuva 15. Beckhoff EL2564 -lisäkortti.



Yritykset, joilta kysyttiin ohjelmoitavia logiikoita ja toimitusajat:

PLC toimitajat:	Beckhoff	Siemens	Wago	Schneider Electric	ABB
Toimitusaika:	43vk tehdastoimituksena	n. 1 vuosi	Ei tarjoa	Ei vastausta	Ei vastausta
PLC-Malli	CX7000	S7-1200	-	-	-
Mahdolliset lisäkorotit	EL2564 26vk toimitusaika	-	-	-	-

Taulukko 1. Ohjelmoitavan logiikan tarjouskyselyt ja toimitusajat

Kuvassa 16 on esitettyä 3D-mallista kuvankaappaus elektronikkakotelosta, johon sijoitetaan ohjelmitava logiikka sekä virtalähde ja lisäkortit.



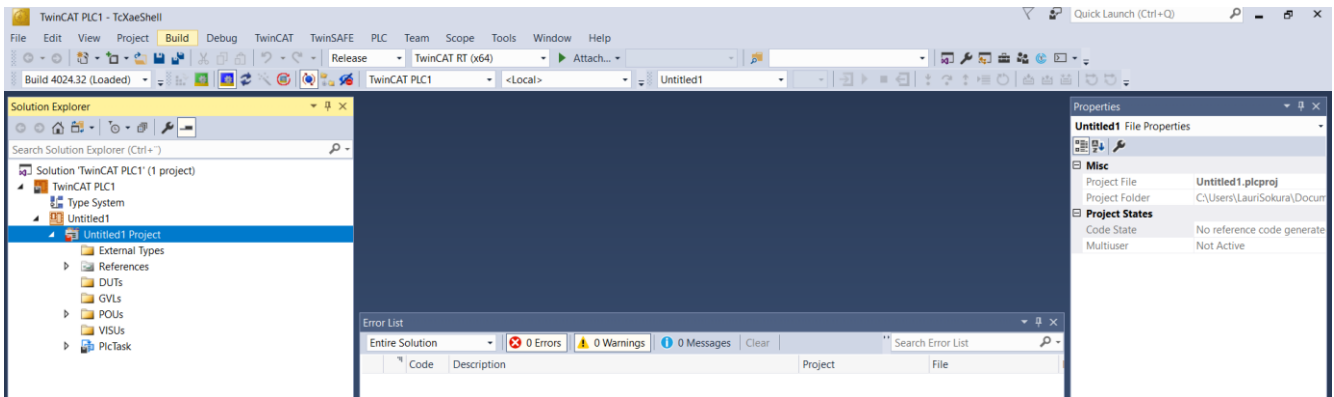
Kuva 16. 3D-Malli elektronikkakotelosta.

### 3.2.2 Ohjelmitavan logiikan ohjelmointi

Logiikka ohjelmoidaan, kun yksikkö saapuu ja kaikki muut komponentit ovat hankittu.

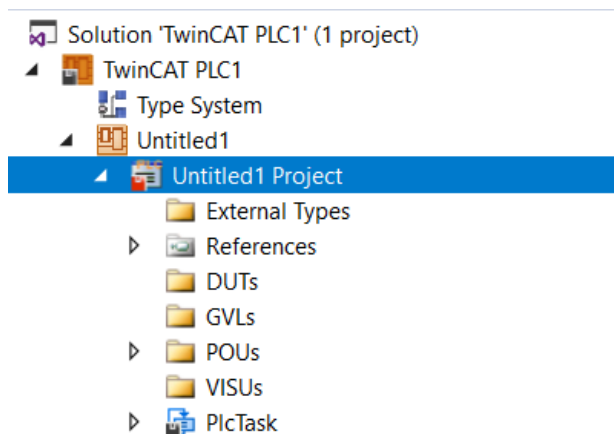
Beckhoff:in ohjelmitava logiikka ohjelmoidaan TwinCAT 3.1 – eXtended Automation Engineering (XAE) -ohjelmalla. TwinCAT 3.1 Engineering on integroitu Visual Studio -ohjelmaan, joka on Microsoftin kehittämä ohjelmointiympäristö. Jos ohjelmitava logiikka halutaan ohjelmoida C++ -ohjelmointikielillä, tarvitaan Visual Studiosta Professional versio. (Microsoft Visual Studio.) Twincat 3 tukee

IEC 61131-3 standardin mukaisia ohjelmointikieliä. TwinCAT 3 on Beckhoffin kehittämä ympäristö. Ohjelman prosessia kuvataan liitteissä vuokaaviossa.



Kuva 17. TwinCAT 3.1 käyttöliittymä.

Kuvassa 17 on TwinCAT 3.1 ympäristö, vasemmalla puolella olevassa palkissa (Solutions Explorer) löytyvät datatyytit (DUTs), globaalit muuttujat (GVLs), ohjelman organisaatio yksiköt (POUs) ja visualisoinnit (VISUs). Kuvassa 18 nämä ovat esitetty. Keskellä ohjelmointiliittymää käytettiin mitä tahansa IEC61131-3 standardin mukaista ohjelmointikieltä. Ohjelmointiliittymän alapuolella on virhelista/varoituslista. Kun koodi testataan ja validoidaan niin ohjelmassa voi olla virheitä, jolloin ohjelma ei toimi ja mahdolliset virheet pitää poistaa.



Kuva 18. Ohjelman muuttujat yms. TwinCAT 3.1 käyttöliittymästä kuvankaappaus.

Varoituksia ei ole pakko poistaa, mutta ohjelman optimointia ajatellen varoituksia olisi hyvä olla mahdollisimman vähän, jolloin ohjelma toimii mahdollisimman nopeasti. Tällöin nopeat operaatiot ovat mahdollisia.

Oikealla puolella kuva 21 on tiedoston ominaisuudet kuten tiedostopolku, tiedostonimi, mahdolliset referenssikoodit ja mahdollisuus projektin monen käyttäjän muokkaamiseen.

Yläpalkissa löytyisivät ohjelmoitavan logiikan malli, testiajo koodille, kaikki mahdolliset asetukset.

### 3.2.3 TwinSAFE

TwinSAFE on tarkoitettu Beckhoff'in Safety linjan tuotteita varten, jolla saadaan turvallisuutta lisättyä laitteisiin eli yhdenmukaisuus kaikki samasta lähteestä, liitettävyyys kaikki pystytään hallitsemaan yhdestä järjestelmästä ja sovellutettavuus järjestelmä on modulaarinen ja skaalattavissa nykyiseen sekä tuleviin vaatimuksiin. (TwinSAFE.)

### 3.3 Antureiden valinta

Anturilla tunnistetaan 3-tie venttiilin asentoa, josta ohjelmoitava logiikka ottaa tiedon ja lähettää signaalin led:ille, joka visualisoi virtausta. Antureita kysyttiin yrityksiltä: SICK, Pepperl+Fuchs sekä ifm electronics. Sick: iltä ja Pepperl+Fuchs:ilta kysyttiin absoluuttia kulma-anturia, jolta pystytään vastaanottamaan suoraan logiikalle.

Ifm electronics'in valikoimassa on venttiilitoimilaitteen paikoitusanturi, joka on tarkoitettu erikokoisten venttiilitoimilaitteiden asennon seuraamiseen IO-linkin avulla. Toimilaite tässä tapauksessa on käsikäyttöinen 3-tie venttiili ja kyseisen anturin huono puoli IO-link:issä on, kun ei ole tarvetta monelle älykkäälle anturille ja se olisi ylimitoitus yhden anturin tilatietoihin. IO-link olisi mainio, jos olisi monta eri anturia ja niiden kunnosta haluttaisiin tietoa. Teollisuuskäytössä IO-

link yksinkertaistaa antureita ja niiden nopea vaihto onnistuu myös IO-linkin avulla.

MVQ-101 olisi yksinkertainen asentaa ja ohjelmoida, mutta io-link toisi turhia kustannuksia sekä monimutkaisuutta yksinkertaiseen käyttötarkoitukseen tässä projektissa (Raski 2022), jolloin päädytään yksinkertaiseen kulma-anturiin joko inkrementti- tai absoluuttianturiin.



Kuva 19. MVQ-101 anturi.

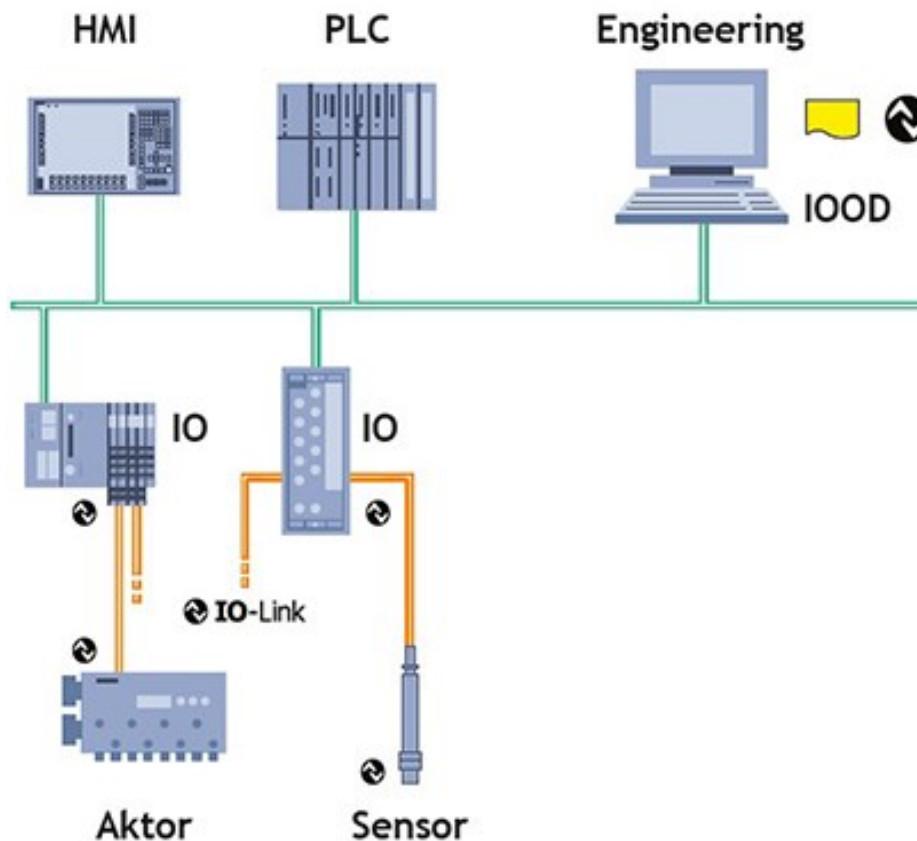
Inkrementtianturiin päädytään, koska tarkkuus on riittävä sekä anturissa on alhaiset kustannukset ja yksinkertainen ohjelmoida. Kulman tunnistamiseen tarvittaisiin vain 180 asteen tunnistusalue, mutta yleisesti kaikki inkrementtianturit tunnistavat 360 astetta eri tunnistusresoluutioilla. Esimerkiksi: Bei Sensors GHM306-inkrementtianturilla on 50P/R-1024P/R tunnistusresoluutio ja tähän

käyttötarkoitukseen valikoitui BEI Sensors GHM306-inkrementtianturi 50P/R resoluutiolla, koska tuo on aivan tarpeeksi suuri resoluutio 3-tie venttiilin asennon tunnistamiseen.

### 3.3.1 IO-Link

IO-linkki on standardisoitu IEC-61131-9 standardin mukaisesti. IO-linkki on kenttäväylästä riippumaton ja se voidaan integroida kaikkiin kenttäväyliin maailmanlaajuisesti. IO-link käyttää standardisoituja liittimiä sekä 3-johtimisia kaapeleita. IO-link lisää diagnostiikkaa antureihin ja aktuaattoreihin, mahdollistaa älykkäiden antureiden käytön, jotka ovat pienempiä kuin normaalit älykkäät anturit. (IO-Link)

Kuvassa 20 on esitetty periaatepiirros IO-link järjestelmästä.



Kuva 20. IO-Link periaatekaavio.

### 3.3.2 Inkrementtianturi

Inkrementti- eli pulssianturit ilmoittavat ohjausjärjestelmälle akselin kulkeman matkan pulsseina ja liikesuunnan. Kuvassa 21 esitetty inkrementtianturi. Jokainen pulssi vastaa tiettyä akselin kulkemaa matkaa tai kiertynyttä kulmaa. Ohjausjärjestelmän tulee tietää käynnistysvaiheessa nivelen alkuasema, jotta se pystyisi laskemaan nivelen todellisen aseman. Tämän takia inkrementtianturia käyttävät laitteet on käynnistysvaiheessa kalibroitava. (Kuivanen 1999: 31)

Tavallisesti inkrementtianturissa on kolme viiden voltin pulssilähtöä, joista kaksi on liikettä ilmaisevia pulssikanavia, joiden vaihe-ero toisiinsa nähden on 90 astetta. Kolmas on tarkistuspulssi yhtä anturin kierrosta kohden. Kun bittikombinaatio muuttuu, voidaan edellisestä ja nykyisestä bittikombinaatiosta päätellä, kumpaan suuntaan akseli liikkuu. Anturin tarkkuus riippuu pulssien määrästä yhdellä anturikierroksella. Tyydyttävään tulokseen riittää jo anturi, jonka yhden kanavan pulssimäärä on 250 pulssia kierroksella. Tällaisella anturilla päästään itseasiassa nelinkertaiseen tarkkuuteen (1000 pulssia/kierros) kun otetaan huomioon molempien kanavien vaihe-eroisten pulssien nousevat ja laskevat reunat. Inkrementtianturin lähtökanavat ovat Kanava A, Kanava B ja kierrospulssi. Liikesuunta saadaan selville A- ja B-kanavien välisestä vaihe-erosta. (Kuivanen 1999: 31.)



Kuva 21. BEI Sensors inkrementtianturi.

Kulmaa mittaavan inkrementtianturin vahvuudet ja heikkoudet

Vahvuudet:

- Akseli voi pyöriä äärettömän määrän akselinsa ympäri
- Tarkka
- Edullinen
- Yksinkertainen toteuttaa
- Nopea

Heikkoudet:

- Tarvitsee alkuasennon määrittämisen
- Vikaantuessaan voi aiheuttaa vaaratilanteen
- Mekaanisesti liikkuvia osia
- Mittaus tapahtuu ennen voimansiirtoa (Kuivanen 1999: 31).

### 3.3.3 Absoluuttianturi

Absoluuttianturit ilmoittavat ohjausjärjestelmälle akselin todellisen sijainnin. Asematieto ilmoitetaan digitaalisena kooditavuna, rinnakkais- tai sarjamuotoisena. Anturista ilmoitetaan suurin pyörintäkierrosten määrä ja yhden kierroksen asematietojen määrä, mikä on suoraan verrannollinen anturin tarkkuuteen. Tavallisia kierroslukuja ovat 512, 1024, 2048 tai 4096, ja yleisimpiä erottelukykyjä ovat 1024, 2048 tai 4096 asematietoa yhdellä anturikierroksella.

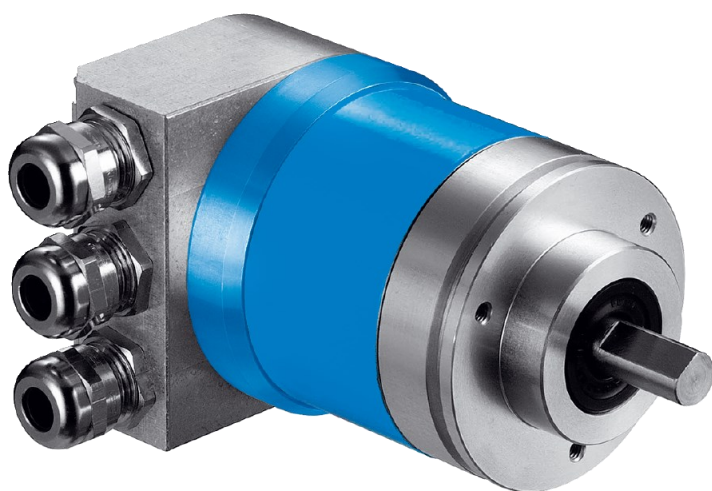
Absoluuttinen pulssianturi tietää jatkuvasti kiertymäkulmansa, eikä pulssien jatkuvaa laskentaa tarvita. Yksikään asematieto ei ole sama. Tästä syystä anturi tietää kiertymäkulmansa. Yhden kierroksen absoluuttisessa nivelkulma-anturissa on useita kaksitilaisia mittauskanavia, jotka muodostavat yhdessä binääri-luvun. Ensimmäinen kanava muuttuu kaksi kertaa kierroksen aikana ja seuraava neljä ja niin edespäin kahden potensseissa, kunnes viimeisellä on sektoreita halutun resoluution verran. Täten jokaista sektoria vastaa eri binääriluku. (Kuivanen 1999: 32.)

Absoluuttianturi sisältää useita koodikiekkosia, jotka on välitetty pyörimään eri nopeuksilla. Valo- tai magneettianturit lukevat koodikiekkosien sijaintimerkinnot



ja välittävät luetun koodin anturissa olevalle mikrokontrollerille. Mikrokontrolleri muuntaa rinnakkaismuotoisen koodin sarjamuotoon ja lähettää sen ohjausjärjestelmälle. Mekaanisesta rakenteesta johtuen anturi voi pyöriä vain rajoitetun määrän kierroksia. Kaikki anturit voidaan muuttaa absoluuttisiksi lisäämällä niihin lisäelektroniikkaa. (Kuivanen 1999: 32.)

Kuvassa 22 on esitetty yksi esimerkki absoluuttianturista.



Kuva 22. Sick absoluuttianturi.

### 3.3.4 Avustavat komponentit

Avustavat komponentit valittiin OEM Finlandin sivuilta ja sen jälkeen lähetettiin tarjouskysely. Valitut komponentit: Inkrementtianturi 3-tieventtiin asennon mitaamiseen, läpivientiliitin DIN-kiskoon ja miinuskiskona käytetään läpivientiliittintä.

Virtalähteelle schukopistoke johdolla, joka syöttää virtaa ohjelmoitavalle logikalle sekä avustaville komponenteille, valitaan keinukytkin pääkatkaisijaksi ja RGB led-nauhaa, jonka teho on 22w/m.

Kuvassa 23 on yksi esimerkki läpivientiliittimestä. Läpivientiliittimiä on erilaisia ja eri tarkoituksiin tarkoitettuja.



Kuva 23. Läpivientiliitin.

Muualta hankitut asennustarvikkeet: PartCo:sta hankitaan asennusjohtoa 1,50mm<sup>2</sup> mustaa ja punaista, 35 mm DIN-kiskoa 250 mm pitkä palanen, kytkin ohjelman aloittamiseen ohjelmoitavalle logiikalle, 100ohm vastus kytkimen led-valolle ja jännitemuuntaja 24 v DC-jännitteen muuntaminen 5 v DC-jännitteeksi led:iä varten.

#### 4 Tulokset

Demon ohjelma alkaa, kun painetaan painonappia paneelissa, jolloin perustilassa pyöritetään pikakierron visualisointia. Kun 3-tieventtiilin kahvasta käännetään näytteenottoasentoon, niin säiliön täyttymistä visualisoidaan yksinkertaistettuna. Kun 3-tieventtiilin kahva käännetään asentoon tuuletus (vent), niin visualisoidaan järjestelmän tyhjentyminen, niin hyvin kuin se on mahdollista toteuttaa.

Demon valmistamiseen liittyvä ongelmia on, jos reikien paikat heittäivät vähän niin paneelia joudutaan muokkaamaan jälkikäteen. On tärkeää, että paneeli on helposti kuljetettava, jolloin se pitää pystyä laittamaan suhteellisen pieneen koon ja kuljetettavaan muotoon. Testaus tulee tehdä kattavasti, jolloin estetään

mahdolliset vikatilat messujen aikana. Virhetilat tulee opettaa messuhenkilöstölle. Ohjelman ohjelmointi sekä käyttöohjeet tulee dokumentoida hyvin kertoen jokaisen käyttövaiheen sekä ohjelmallisen rakenteen, jolloin muutkin asiaan perehtyneet pystyvät tekemään mahdollisia muutoksia ohjelmointiin.

Kaikki komponentit ovat suunniteltu niin, että jos tapahtuu kuljetusvaurioita niin ne ovat pienellä työllä vaihdettavissa. Tärkeää on lisätä johtoihin merkinnät mitä ovat ja mihin ne menevät. Erittäin tärkeä vaihe on merkitä ohjelmoitavan logiikan ohjaus- ja sisääntulo signaalijohdoille. Kuljetusvaurioiden estäminen tapahtuu suojaamalla erityisesti komponentit, jotka eivät kestä vaurioita. Suurin osa komponenteista on hyllytavaraa paitsi ohjelmoitava logiikka ja siihen liittyvät lisäkortit, joten kaikki muut on helppo korvata uusilla komponenteilla. Ohjelmoitava logiikka on ylimitoitettu kyseiseen tarkoitukseen. Tulevaisuudessa on helppo laajentaa visualisointia tai lisätä mahdollisia ominaisuuksia.

Esimerkiksi laajennuksia visualisointiin voi olla HMI-näyttöpääte. HMI-näyttöpääte on kosketusnäyttö, jolla voidaan syöttää käskyjä ohjelmoitavalle logiikalle.

Led-nauhojen vaihto pitää myös onnistua helposti ja nopeasti kun LED:it voivat vikaantua, jolloin LED-valonauha ei toimi. Kun valonauha ei toimi, ohjelma kyllä toimii, mutta visualisointia ei tapahdu vikaantuneen LED-nauhan kohdalta.

## 5 Yhteenveto

Projektin tavoitteina oli suunnitella ja valmistaa asiakasyritykselle käsinäytteenottopaneelista visuaalinen demo messuja varten. Aluksi näytteenotto-prosessien ymmärtäminen oli vaikeaa sekä monimutkaista, mutta projektin edetessä näytteenottojärjestelmän prosessien ymmärtäminen onnistui.

Suunnittelu valmistui hyvin. Suunnittelun kohteena oli näytteenottopaneeliin tehtävät muutokset sekä lisättiin elektroniikka 3D-malliin. Automaatiosuunnittelussa etsittiin sopivat komponentit ja suunniteltiin mahdollisimman yksinkertainen rakenne. Valmistaminen sekä testaus jää loppuvuoteen 2022 tai vuoden 2023 alkuun, koska nykyinen komponenttipula hidastaa komponenttien saatavuutta.

Työn tavoitteisiin päästiin vain osittain, mutta nykyisen komponenttipulan tilanteesta johtuen, komponenttien hankintaa on vaikea nopeuttaa varsinkin, kun komponentit tulevat tehdastoimituksena. Muut komponentit ovat suurimmaksi osaksi hyllytavaraa, joten niiden hankkiminen ei ole mikään ongelma.

Kun komponentit saapuvat, aluksi kootaan kaikki mekaanisesti näytteenottopaneeliin sekä sen jälkeen asetellaan komponentit niille kuuluville paikoille. Ennen inkrementtianturin asentamista pitää 3-tie venttiilin asennon tunnistamiseen käytettävä ratas tulostaa ja koota etukäteen alikokoonpanona, jolloin se helpottaa kokonaisuutta. Kun komponentit ovat tukevasti kiinnitetty, sen jälkeen voi asennuskaapelit katkaista määrämittaan ja asentaa pääteholkit jokaiseen liitokseen, jolloin tulevaisuudessa, jos tarvitsee vaihtaa komponentteja tai lisätä asioita demoon, se onnistuu helposti ja vaivattomasti. Kun komponentit on asennettu sekä johdotettu, sen jälkeen ohjelmoitavan logiikan ohjelmointi ja testaus, jonka jälkeen demo on valmistettu.

Messuilla pääasiassa myynnin henkilöstö pitää messukojua. Tästä syystä demon käyttöohjeet sekä käyttökoulutus tehdään viimeisenä. Käyttöohjeista selviää yleisimmät vikatilat sekä kehen ottaa yhteyttä, kun tarvitaan teknistä tukea kyseiseen laitteeseen.

## Lähteet

Catia V5 6R 3D-CAD. Verkkoartikkeli. [CATIA™ V5 Portfolio - Dassault Systèmes® 3D Software](#). Haettu 20. Kesäkuuta 2022.

Francis Sam. 2020. Ohjelmoitavan logiikan toimittajat. Verkkoartikkeli. [Top 20 programmable logic controller manufacturers \(roboticsandautomation-news.com\)](#). Haettu 11. Toukokuuta 2022.

IEC standardi. Verkkoaineisto. [IEC 61131-3:2013 | IEC Webstore | water automation, water management, smart city](#). Haettu 11. Toukokuuta 2022.

IO-Link. Verkkoartikkeli. [IO-Link](#). Haettu 14. Heinäkuuta 2022.

Kuivanen, Risto, 1999, Robottiikka, Talentum Oyj/Metallitekniikka, Vantaa 1999.

Käyttöliittymä. Verkkoartikkeli. [What is HMI? | Inductive Automation](#). Haettu 18. Heinäkuuta 2022.

Microsoft Visual studio. Verkkoartikkeli. [Visual Studio: IDE and Code Editor for Software Developers and Teams \(microsoft.com\)](#). Haettu 18. Heinäkuuta 2022.

Miguel Gil, 2009, Characterization of a biomass milling pilot plant, Centre of Research for Energy, Resources and Consumption, Espanja. Verkkoartikkeli. [\(PDF\) Characterization of a biomass milling pilot plant \(researchgate.net\)](#). Haettu 18. Heinäkuuta 2022.

MySwagelokUniversity, yrityksen maailmanlaajuinen kurssitarjonta/intranet.

Näytteenottojärjestelmät, yrityksen sisäinen dokumentti.

Näytteenottoventtiilit ja -järjestelmät (CRP). Verkkoaineisto. [Näytteenottoventtiilit ja -järjestelmät \(CRP\) - YTM](#). Haettu 6. Toukokuuta 2022.

Ongelmajättekonti. Verkkoartikkeli. [Vaarallisten jätteiden keräilytuotteet: DTWO -tuplavaippainen nestekonti \(finncont.com\)](#). Haettu 18. Heinäkuuta 2022.

Piispanen, Jussi. 2022. Myyntipäällikkö. Sähköpostikeskustelu 14.06.2022. Beckhoff Automation Oy.

PLA-biomuovi. Verkkoartikkeli. [Usein kysytyt kysymykset \(horecatarvike.fi\)](#). Haettu 20. Kesäkuuta 2022.

PLA-materiaali. Verkkoartikkeli. [Ultimate Materials Guide - Tips for 3D Printing with PLA \(simplify3d.com\)](#). Haettu 20. Kesäkuuta 2022.

Prosessianalysaattorit. Verkkoaineisto. [Control Engineering | Process analyzers](#). Haettu 10. Toukokuuta 2022.

Raski, Raine. 2022. Tekninen tuki. Sähköpostikeskustelu 17.05.2022. ifm electronic Oy.

Räty, Janne, 2022, Kenttäinsinööri, keskustelu. 10.05.2022. Swagelok Helsinki Oy.

Solidworks 3D CAD. Verkkoartikkeli. [SOLIDWORKS 3D CAD | SOLIDWORKS](#). Haettu 20. Kesäkuuta 2022.

Swagelok Helsinki Yritys. Verkkoaineisto. [Yksinoikeutettu Swagelok® Myynti- ja palvelukeskus Swagelok-tuotteille Suomessa ja Baltian maissa | Swagelok](#). Haettu 6. Toukokuuta 2022.

Sysmac valintakoulutus. Verkkoaineisto. [Microsoft PowerPoint - Jämyt Sysmac 12 2008.ppt \(myomron.com\)](#). Haettu 11. Toukokuuta 2022.

TwinSAFE. Verkkoartikkeli. [Safety technology - TwinSAFE | Beckhoff Suomi](#). Haettu 18. Heinäkuuta 2022.

Waters Tony. 2013. Industrial sampling systems. U.S.A. Swagelok Company.

## Kuvaluettelo

Kuva 1. Faasidiagrammi yksinkertaistettuna (Näytteenottojärjestelmät).	3
Kuva 2. Prosessisondin isokineettisen näytteenoton virtaukset (Gil 2009).	3
Saatavissa: Isokinetic and non-isokinetic sampling [17]   Download Scientific Diagram (researchgate.net) [9.8.2022]	
Kuva 3. Prosessihanan leikkauspiirustus. Havainnollinen.	4
Saatavissa: Automation and Control Systems--Sampling (part 1) (industrial-electronics.com) [9.8.2022]	
Kuva 4. Esimerkkipiirros näytteenottojärjestelmästä (Näytteenottojärjestelmät).	6
Kuva 5. Yhden linjan näytteenottojärjestelmä. Periaatekuva (Waters 2013).	7
Kuva 6. Pikakiertoinen näytteenottojärjestelmä. Periaatekuva (Waters 2013.)	7
Kuva 7. Käsinäytteenoton prosessikaavio. Valittu kokoonpano (Näytteenottojärjestelmät).	8
Kuva 8. Prosessianalysaattori. (Metrohm AG).	10
Saatavissa: NIRS XDS Process Analyzer   Metrohm [9.8.2022]	
Kuva 9. Finncont DTWO-Tuplavaippainen nestekontti.	11
Saatavissa: Vaarallisten jätteiden keräilytuotteet: DTWO -tuplavaippainen nestekontti (finncont.com) [9.8.2022]	
Kuva 10. 3D-Malli näytteenottopaneelistä. Projektia varten on tehty muutokset.	12
Kuva 11. Inkrementtianturi, ratas sekä kannake.	13
Kuva 12. PLA Filamenttirulla.	14
Saatavissa: PLA Blue - filamentti 1,75 mm - 750 g - 3DCut.it [9.8.2022]	
Kuva 13. Rittal Polykarbonaattilaatikko.	14
Saatavissa: 9522000 PK-polykarbonaattikotelot ilman esipuhkaistuja aukkoja (rittal.com) [9.8.2022]	
Kuva 14. Beckhoff CX7000 ohjelmoitava logiikka.	17
Saatavissa: CX7000   Embedded PC with ARM Cortex™-M7 processor   Beckhoff Suomi [9.8.2022]	
Kuva 15. Beckhoff EL2564 -lisäkortti.	18
Saatavissa: EL2564   EtherCAT Terminal, 4-channel LED output, 5...48 V DC, 4 A, RGBW, common Anode   Beckhoff Suomi [9.8.2022]	



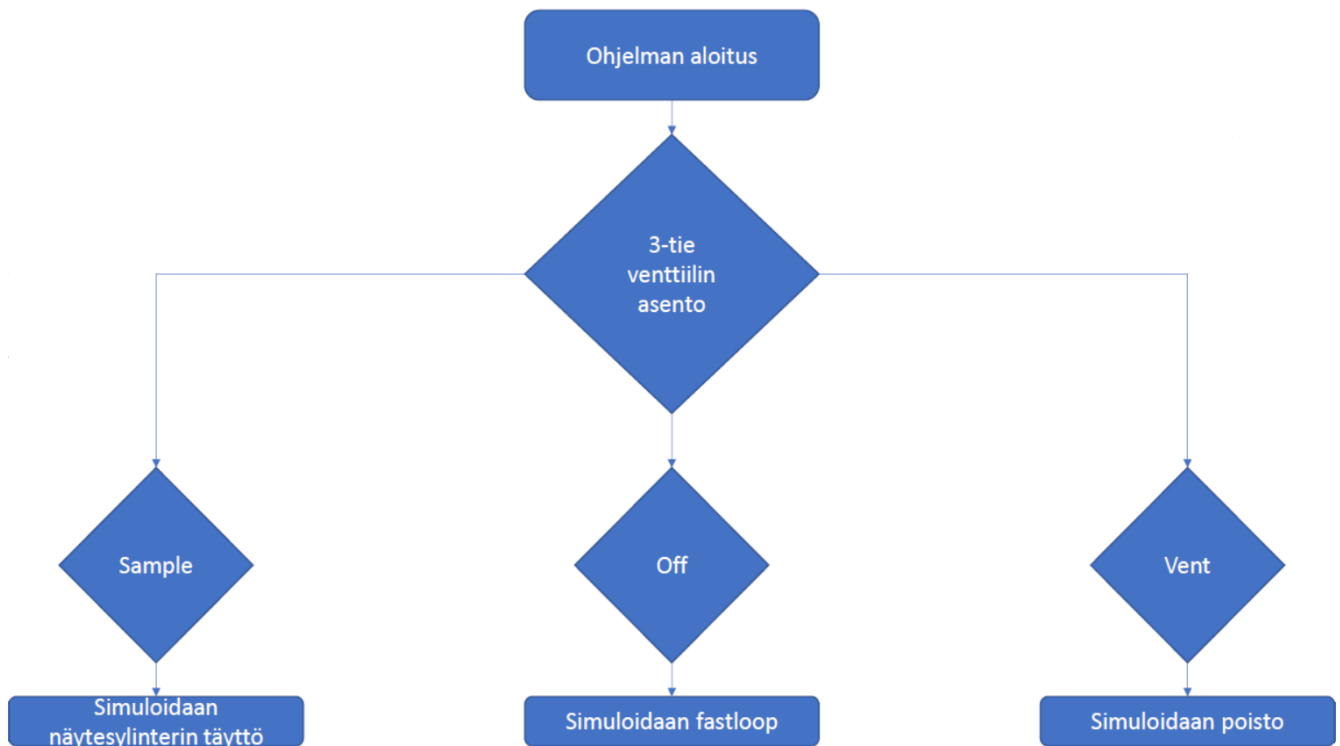
Kuva 16. 3D-Malli elektroniikkakotelosta.	20
Kuva 17. Twincat 3.1 käyttöliittymä.	21
Kuva 18. Ohjelman muuttajat yms. Twincat 3.1 käyttöliittymästä kuvankaappaus.	21
Kuva 19. MVQ-101 anturi.	23
Saatavissa: MVQ101 - Paikannusanturi venttiilitoimilaitteisiin - ifm [9.8.2022]	
Kuva 20. IO-Link periaatekaavio.	24
Saatavissa: IO-Link im Durchblick [9.8.2022]	
Kuva 21. BEI Sensors inkrementtianturi.	25
Saatavissa: DHM9-inkrementtianturi, vaativiin olosuhteisiin DHM9-INKREMENT-TIANTURI   OEM Finland Oy [9.8.2022]	
Kuva 22. Sick absoluuttianturi.	27
Saatavissa: Absoluuttianturit   ATM60   SICK [9.8.2022]	
Kuva 23. Läpivientiliitin.	28
Saatavissa: Läpivientiliittimet 2,5-16 mm <sup>2</sup> 3500.1   OEM Finland Oy [9.8.2022]	

## Taulukkoluetelo

Taulukko 1. Ohjelmoitavan logiikan tarjouskyselyt ja toimitusajat.....	19
--	----

## Vuokaavio

Vuokaavio esittää ohjelman prosessia



Kuva 1. Ohjelman vuokaavio