



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

VALTTERI HELLSTEN

Automatisoidun typpi huuhtelulaitteen tuotekehitysprosessi

KONETEKNIikka

2020

Tekijä(t) Hellsten, Valtteri	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2020
	Sivumäärä 34	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Automatisoidun typpi huuhtelulaitteen tuotekehitysprosessi		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikka		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda typpihuuhtelujärjestelmä, joka pystyisi suorittamaan typpihuuhteluprosessin automatisoidusti. Työ toteutettiin prototyypijärjestelmänä, joka olisi mahdollista kehittää tuotantovalmiiksi laitteeksi, mikäli laitteen ominaisuudet todetaan toimiviksi. Typpihuuhtelujärjestelmässä käytettävää alipaine ominaisuutta voidaan tarpeen mukaan käyttää tiiveystestauksessa.</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Patria Systems Oy:n kanssa yhteistyönä. Projektin suunnittelu alkoi tutkimalla jo käytössä olevan järjestelmän toimintaa sekä keräämällä aineistoa kehitys kohdista. Lähtötietojen avulla tehtiin suunnitelma työn kulusta ja aloitettiin komponenttien vertailu sekä tutkiminen. Työ toteutettiin tuotekehitysprosessina ja keskityttiin erityisesti prototyypin valmistukseen.</p> <p>Lopputuloksena saatiin valmistettua typpihuuhtelujärjestelmän prototyypilaitteisto. Laitte vastasi tavoitteita ja pystyi suorittamaan typpihuuhteluprosessin automatisoidusti. Prototyypin valmistuskustannukset pysyivät kohtuullisina ja lopputuote vastasi toimeksiantajan määrittelemää järjestelmää. Tuotekehitysprosessin mukaisesti prototyypilaitetta voidaan kehittää esimerkiksi tuotannolliseksi laitteeksi.</p>		
Asiasanat automatisointi, tuotekehitys		

Author(s) Hellsten, Valtteri	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2020
	Number of pages 34	Language of publication: Finnish
Title of publication Production development process of automated nitrogen purging device		
Degree programme Mechanical Engineering		
<p data-bbox="312 696 424 723">Abstract</p> <p data-bbox="312 768 1441 909">The subject of this Bachelor's thesis was to create nitrogen purging system that could work automatically. Project was done as a prototype which could be refined to production-ready device. Device were made to be able perform leak test but it wasn't added to this prototype.</p> <p data-bbox="312 954 1441 1128">Thesis was made as co-operation with Patria Systems Oy. Planning of the prototype started with researching model that was used before in same purpose and collecting information about possible development points. With background data it was possible to create schedule and start researching different components. Project was done as a product development process and it was mainly focused on creating the prototype.</p> <p data-bbox="312 1173 1441 1348">As a conclusion a working nitrogen purging system was created. Product was able to work in wanted process automatically. Cost of the prototype stayed settle as the product was still high quality. There were some things left to update in a meanings of product development process and the prototype were left easy to update to production ready device.</p>		
<p data-bbox="312 1776 424 1803">Key words</p> <p data-bbox="312 1839 778 1865">automation, product development process</p>		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET	7
2.1 Patria Oy	7
2.2 Systems	7
2.3 Opinnäytetyön tausta	8
2.4 Opinnäytetyön tavoite	8
3 TYPPIHUUHTELU JA ALIPAINES	9
3.1 Typpi	9
3.2 Typpihuuhtelujärjestelmän toiminta	9
3.3 Tyhjiötekniikka	10
4 VENTTIILIT	11
4.1 Venttiili	11
4.2 Magneettiventtiili	11
4.3 Palloventtiili	12
4.4 Lämpäventtiili	13
5 AUTOMAATIO	15
5.1 Yleistä automaatiosta	15
5.2 Ohjelmoitava logiikka	15
5.3 Ohjelmointi	17
5.4 Ohjelmointikielessä käytetyt komennot	19
6 TUOTEKEHITYSPROSESSI	21
7 TYPPI- JA ALIPAINETESTAUSLAITTEEN VALMISTUSPROSESSI	22
7.1 Valmisteluvaihe	22
7.2 Prototyypin suunnittelu	22
7.3 Ohjelmoitavan logiikan valinta	23
7.4 Venttiilien valinta	23
7.5 Solenoidiventtiilien vertailu	24
7.6 Osien hankintaprosessi	25
7.7 Automaatio-ohjelmointi	25
7.8 Kokoonpano	27
8 TESTAUS	30
8.1 Testaaminen	30
8.2 Tulokset	31
9 OPINNÄYTETYÖN TULOSTEN ARVIOINTI	32

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Patrian Systems -liiketoiminnolle, jonka tarkoituksena on tarjota puolustusvoimille sekä turvallisuusviranomaisille laite- ja järjestelmätoimituksia. Patria Oyj toimii turvallisuus-, puolustus- ja ilmailualalla. Tuotantopaineiden kasvaessa Systemsillä tuli tarve automatisoida typpihuuhteluprosessi.

Tavoitteena opinnäytetyössä on luoda prototyypilaitteisto typpihuuhteluun, jolla prosessi voidaan suorittaa automatisoidusti. Tavoitteena on, että laite on helppokäyttöinen, yksinkertainen ja turvallinen. Prototyypilaitteisto toteutetaan laadukkaista sekä kustannustehokkaista komponenteista. Tavoitteeseen pääsemiseksi, selvitetään erilaisten komponenttien sopivuutta laitteeseen. Tuloksena opinnäytetyöstä luodaan prototyyppi laitteesta, joka voidaan muuttaa tuotantokäyttöön tarpeen vaatiessa.

Tiedonhankintamenetelmänä opinnäytetyössä on käytetty kirjallisuutta sekä internet-lähteitä. Internet-lähteinä on käytetty vieraskielisiä sekä kotimaisia lähteitä. Opinnäytetyössä on aluksi selvitetty opinnäytetyön tausta ja tavoitteet. Teoria -pohjana opinnäytetyössä on selvitetty typpihuuhtelua, alipainetta, venttiilejä sekä automaatiota. Opinnäytetyössä on keskitytty laitteen valmistusprosessiin ja valmiin prototyypilaitteiston testaukseen.

2 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET

2.1 Patria Oy

Patria on kansainvälinen turvallisuus-, puolustus- ja ilmailualan yritys, joka tuottaa elinkaaren tukipalveluita, lentokoulutusta ja teknologiaratkaisuja. Patria tarjoaa suorituskäytännöllistä jatkuvaa kehitystä ja kestävyyttä kalustoille sekä valvonta-, tiedustelu- ja johtamisjärjestelmien palveluita ja tuotteita puolustus- ja ilmailualojen toimijoille. Patrian tavoitteena on olla tae toimintavarmuudesta asiakkailleen, ja visiona olla asiakkaiden ensimmäinen vaihtoehtona kriittisissä toiminnoissa. (Patria www-sivut, 2019.)

Toimipisteitä on Suomen ulkopuolella muuan muussa Norjassa, Belgiassa, Espanjassa ja Virossa. Vuonna 2018 Patrialla toimi 2900 ammattilaista ja konsernin liikevaihto oli 476,1 miljoonaa euroa. Patria on 50,1% Suomen valtion omistuksessa ja 49,9% norjalaisen Kongsberg Defence & Aerospace AS:n omistuksessa. Norjalainen Nammo AS on Patrian omistuksessa 50% ja yhdessä nämä kolme muodostavat johtavan puolustuskumppanuuden. Patrialla on seitsemän eri liiketoimintaa: Aviation, International Support Partnerships, Systems, Aerostructures, Land, Nammo sekä Millog. Tämä opinnäytetyö on tehty Systems liiketoiminnolle. (Patria www-sivut, 2019.)

2.2 Systems

Systems on yksi Patrian liiketoiminnoista, jonka toimintaan kuuluu vaativien laite- ja järjestelmätoimitusten tarjoaminen puolustusvoimille ja turvallisuusviranomaisille. Erityisosaamisalueita ovat muuan muussa johtamis-, valvonta- ja tiedustelujärjestelmät sekä niiden integrointi, ohjelmistot ja elinkaari tuki. Systems on asiantuntija järjestelmäintegraatiossa, jonka vahvuutena on vuosikymmenien kokemus kansainvälisistä sekä kansallisista teknologioista ja hankkeista. Integraattorina Patria varmistaa niin osajärjestelmistä koostuvan kokonaisuuden toimivuuden kuin myös ohjelmistojen ja järjestelmien elinkaarenhallinnan. Osajärjestelmät voivat perustua eri toimittajien tarjoamiin teknologioihin, jolloin toimintaketjun hallinta ja yhteistyö kumppaneiden kanssa korostuu. (Patria www-sivut, 2019.)

2.3 Opinnäytetyön tausta

Opinnäytetyön taustana on tuotantopaineen kasvusta johtuvan testauslaitteiston tarve. Nykyisillä menetelmillä typpihuuhtelu on hidasta ja vaatii jatkuvaa manuaalista työtä. Tarkoituksena on luoda typpihuuhteluun sekä tulevaisuudessa alipainetestaukseen tarkoitettu prototyypilaitte, joka toimii automatisoiduilla venttiileillä sekä pystyy toimimaan itsenäisesti ohjauskomentojen mukaisesti. Kyseinen järjestelmä käyttää apunaan jo valmista typensyöttöjärjestelmää, jonka avulla laitteiston virtausnopeutta voidaan säädellä. Laitte valmistetaan prototyypinä eikä yrityksessä ole tämänkaltaista laitetta aikaisemmin valmistettu.

Patrialla typpihuuhtelua käytetään laitteiden sisäisten epäpuhtauksien poistamiseen sekä kosteuden poistoon elektroniikka komponenttilevyistä. Typpihuuhtelua on aikaisemmin käytetty satunnaisesti, mutta tuotannon lisääntyä on tullut uusia tarpeita luoda laite, jolla voidaan suorittaa prosessi automaattisesti.

2.4 Opinnäytetyön tavoite

Tavoitteena on luoda prototyypilaitteisto, joka pystyy suorittamaan typpihuuhtelun automatisoidusti. Runsaan käytön vuoksi laitteiston operoimisen tulisi olla nopeaa ja yksinkertaista sekä riittävän helppokäyttöistä. Toimeksiantaja on antanut ohjeeksi valita laadukkaat ja kustannustehokkaat komponentit. Valikoiduista komponenteista tulee valmistaa korvaava laitteisto manuaalitestauksen tilalle. Laitteiston käyttöturvallisuuden tulee kiinnittää erityistä huomiota. Komponentti valintojen jälkeen valmistetaan prototyypilaitteisto. Mikäli laitteisto todetaan toimivaksi kokonaisuudeksi, suoritetaan laitteelle tuotantotestaus. Prototyyppi voidaan muuttaa tuotantokäyttöön, jos se todetaan käyttökelpoiseksi.

3 TYPPIHUUHTELU JA ALIPAINNE

3.1 Typpi

Typpi (kemiallinen merkki N) on luonnossa esiintyvä alkuaine, joka esiintyy usein kaasun muodossa. Typpi kaasu on kemialliselta merkiltään N₂, koska kaasu muodossa se sisältää kaksi atomia. Typpi on olemukseltaan hajuton, väritön ja mauton, mikä tekee siitä huomaamattoman kaasun. Typpi on myös hieman ilmaa kevyempää. Typpi on inertti kaasu, mikä merkitsee, että se ei pysty luomaan kemiallisia yhdisteitä. (Työterveyslaitos 2017.) Typpihuuhtelussa typen tehtäviin kuuluu kuivata kappale sisältä ja puhdistaa se. Nestemäinen typpi on loistava kosteuden poistaja sekä se syrjäyttää happea. Käyttölämpötila nestemäisellä tyypellä on noin -70 astetta celsiusta. (Elliot 2011.)

3.2 Typpihuuhtelujärjestelmän toiminta

Typpihuuhtelun tarkoitus on poistaa kosteus elektronisista komponenteista sekä puhdistaa komponentit samalla. Typetyksessä laite paineistetaan yli- ja alipaineeseen, jonka avulla tapahtuu laitteen huuhtelu. Typpi syrjäyttää kappaleen sisältä normaalia ilmaa ja laite täyttyy tyypellä. Typetyksen ensimmäinen vaihe on ylipaineistus, jossa laite paineistetaan ylipaineen raja-arvoon. Tämän jälkeen avataan laitteen venttiili ja tyhjennysventtiili, jonka avulla paine puretaan laitteesta. Seuraava vaihe on laitteen alipaineistaminen tyhjiöpumpun avulla, jossa laite alipaineistetaan laitekohtaiseen raja-arvoon. Kun alipaineistus on suoritettu ja paineen purku suoritettu, voidaan laite taas täyttää tyypellä ylipaineeseen. Typetyksen aikana laitteen sisäinen virtausnopeus ei saa kasvaa liian isoksi. Paineistuksessa virtausnopeutta rajoitetaan sekä alipaineistuksessa säätöventtiilillä ja paineen tyhjennyksen aikana tyhjennysventtiilin linjaa kuristamalla. (Hakala 2017, 4–5)

Tiiveystestissä testattavat laitteet paineistetaan tyypellä tahdottuun raja-arvoon, jonka jälkeen annetaan paineen tasaantua laitteessa. Pitoajan jälkeen laitekohtaisia tuloksia tarkastellaan mahdollisten vuotojen takia. Vuodon tunnistaan laskeneesta paineesta

laitteen sisällä ja vuodon korjaamisen jälkeen on tiiveystesti suoritettava uudestaan. (Hakala 2017, 4–5)

3.3 Tyhjiötekniikka

Yleensä tyhjiö tarkoittaa tilaa, jossa ei ole varautuneita hiukkasia kuten elektroneja, protoneja tai neutroneja eikä myöskään muita aineita. Tyhjiötä voi siis kutsua tyhjäksi tilaksi. Tyhjiön luomiseksi tarvitaan suuri alipaine ja useasti tyhjiötekniikassa ei pyritä luomaan täydellistä tyhjiötä sen ollessa kallista sekä epäkäytännöllistä. (Physics and Radio-Electronics, 2020.) Tyhjiötekniikkaa voidaan hyötykäyttää esimerkiksi vuotojen tarkastelussa tai vuotojen paikantamisessa. Vuodon syntymiseen tarvitaan vuotokohdan yli vallitseva paine-ero. Mahdolliset reiät voivat syntyä valmistusmateriaalissa syntyneistä huokosista. Muita syitä vuodoille voivat olla esimerkiksi liitospintojen pettäminen naarmujen tai roskien toimesta. Myös järjestelmien mahdolliset tiivisteet voivat olla viallisia, jonka vuoksi vuotoja syntyy. Tiivisteitä voi löytää esimerkiksi venttiileistä, tyhjiötilan läpivienneistä tai pumpuista. (Hulkkonen, 2007.)

4 VENTTIILIT

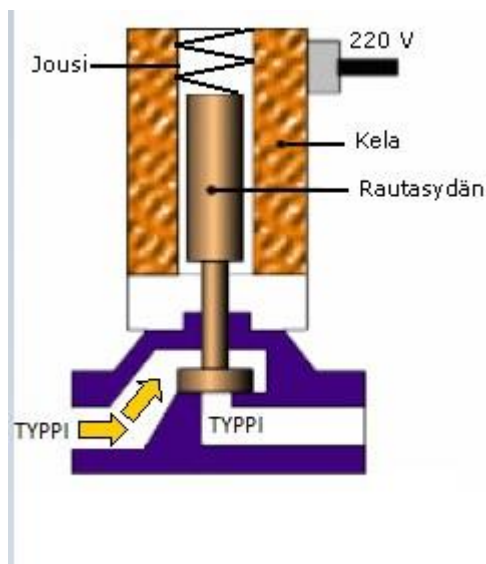
4.1 Venttiili

Venttiili on mekaanista liikettä suorittava laite, joka toimii laitekokonaisuuksissa erilaisten nesteiden ja kaasujen säätelijänä. Venttiili toimii usein kahdessa eri asennossa auki tai kiinni, mutta venttiileillä on myös mahdollista säätää virtausnopeuksia avaamalla niitä eri asetuksiin. Venttiilit ovat tärkeä osa eri laitekokonaisuuksia ja hyviin venttiileihin on syytä panostaa. Usein järjestelmän pettäessä katse kääntyy venttiilien suuntaan, vaikka vika olisikin muualla, niiden ollessa usein viimeinen porras prosessissa. (Koskinen 1990, 15–16.)

Laitteiden käyttäjien sekä toimittajien yhteistyö kasvaa jo tuotekehitysvaiheesta alkaen. Löytääkseen oikean venttiilin juuri oikeaan tarkoitukseen on insinöörien perehdyttävä erilaisten venttiilien ominaisuuksiin ja toimintoihin sekä prosessien tuomiin rajoituksiin. Työhön sopivia venttiilejä valittaessa on otettava selvää venttiilien ominaisuuksista sekä kustannuksista, jotta voidaan päästä parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen. (Pyysalo 1990, 33–35.) Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan kolmea eri venttiilityyppiä: magneetti-, pallo- ja läppäventtiili.

4.2 Magneettiventtiili

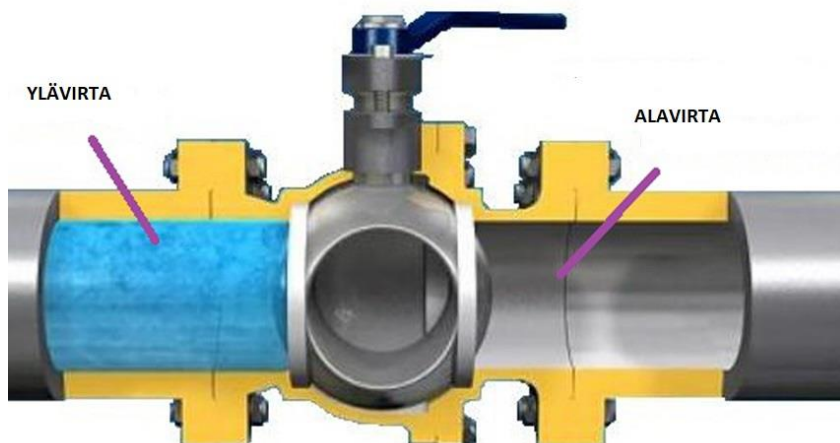
Magneettiventtiili on elektro-mekaaninen venttiilimalli, jota käytetään kaasujen ja nesteiden virtauksen säätämiseen. Magneettiventtiilejä käytetään automatisoiduissa järjestelmissä eikä niitä ohjata manuaalisesti vaan sähköisesti. Venttiilit toimivat lepoasunnoista, jotka ovat kiinni tai auki. Solenoidin saadessa virran luo käämi solenoidin sisään sähkömagneettisen kentän, jonka toimesta venttiilin sulkumekanismi aukeaa tai sulkeutuu riippuen kyseisen venttiilin lepoasennosta (kuva 1). Kyseiset venttiilit ovat helppoja ohjelmoida ja niitä suositaan pienissä automatisoiduissa järjestelmissä. (Omega a spectris company www-sivut, 2019.)



Kuva 1. Magneettiventtiilin läpikuva (Edu [www-sivut](#))

4.3 Palloventtiili

Palloventtiilit ovat venttiilityyppi, jota käytetään pääsääntöisesti kontrolloimaan sekä säätämään nesteiden virtausta. Riippuen työympäristöstä palloventtiilejä voidaan säätää elektronisesti, hydrauliikalla tai pneumatiikalla. On mahdollista myös, että palloventtiiliä kontrolloidaan manuaalisesti säätökahvan avulla. Venttiilin toiminta perustuu venttiilin sisällä olevaan palloon, johon on työstetty läpimenevä reikä (kuva 2). Reiän halkaisijan eri kokoluokilla voidaan valikoida erilaisia virtausnopeuksia venttiiliin. Sulkuelin liikkuu venttiilin sisällä 90 asteen rajoissa. Sulkuelin on täysin auki reiän ollessa samansuuntainen virtauksen kanssa ja vaihtoehtoisesti kiinni reiän ollessa kääntyneenä 90 astetta virtausta kohden. Palloventtiili vaatii ylläpitoonsa vähintään yhden käyttökerran kuukaudessa, jotta sulkuelin ei jäisi jumiin. Kyseiselle venttiilille on myös tehtävä vuosittainen huolto, jossa sulkuelin tulisi putsata ja mahdollisesti vaihtaa, jos sulkuelin on vaurioitunut. (Adamant Live Valves [www-sivut](#), 2018.)



Kuva 2. Palloventtiilin rakennekuva (Adamant Live Valves www-sivut, 2018)

4.4 Lämpäventtiili

Lämpäventtiiliä käytetään virtauksen aloittamiseen, säätämiseen sekä pysäyttämiseen. Lämpäventtiili on liikeventtiili, joka liikkuu neljänneskiertoa. Lämpäventtiilin etuihin kuuluu nopea avaus ja helppokäyttöisyys. Suurimmat lämpäventtiilit sisältävät vaihdelaatikon, joka tekee venttiilin toiminnasta yksinkertaisempaa, mutta samalla venttiilin nopeus kärsii. Lämpäventtiili muodostuu ympyränmuotoisesta rungosta, pyöreästä sulkuelimestä, ylä- ja ala-akselinlaakereista sekä tiivistysrasiasta (kuva 3). Lämpäventtiilin sulkumekanismi perustuu sulkuelimen kääntymiseen virtausta kohtaan. Lämpäventtiilejä käytetään usein korkeiden paineiden sekä korkeiden lämpötilojen olosuhteissa. (Wermac www-sivut, 2020.)



Kuva 3. Lämpäventtiili käsipyörällä (Pamline www-sivut)

5 AUTOMAATIO

5.1 Yleistä automaatiosta

Automaation ensiaskeleet on otettu varhain, jo muinaisessa Kreikassa on kehitetty laite, joka toimii automaattisesti. Tämä laite on kreikkalaisen keksijän Ktesibioksen kehittämä vesikello ja se on keksitty vuonna 270 eaa. Kellon toiminta perustui samaan ideaan kuin tiimalasi. Vesi virtaa pienestä aukosta ja aukon toisella puolella on kelluva kappale, johon on kiinnitetty ajan osoitin. Ajan osoitin näyttää taulusta oikean ajan. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2009, 7–8.)

Automaatio, jolla usein tarkoitetaan itsenäisesti toimivaa, on viime vuosikymmenien aikana saanut uusia merkityksiä teknologian kehittyessä. Tietosanakirjan mukaan perusmuodolla ”automaattinen” tarkoitetaan itsestään, ilman ohjausta tapahtuvaa tai toimivaa. Yleisesti automaatiossa käytetään sovelluksia, joita ohjataan erityistarkoituksiin valmistetuilla tietokoneilla tai PLC:llä (Programmable Logic Control). Edellä mainitut laitteet saavat dataa erilaisilta antureilta sekä sensoreilta, jonka perusteella ne pystyvät ohjaamaan järjestelmien toimilaitteita. (Keinänen, ym. 2009, 7–8.)

Automaation kehittyminen johtuu paljon yrityskilpailusta, jotta yritys pysyy mukana kilpailussa, on sen kannattavaa automatisoida prosessejaan. Useinkaan ei ole kannattavaa pyrkiä alentamaan kustannuksia ja nopeuttamaan prosesseja oikomalla, vaan ottamalla käyttöön uusia tekniikoita tuotekehityksessä mahdollisimman tehokkaasti ja nopeasti. Nopeus on kyky, joka näkyy pienten tuotantoerien tuottamisessa kannattavasti. Tuotantoautomaatio on ensisijaisesti kiinnostanut yrityksiä tuotannon tehokkuuden kasvattamisen sekä tuotannonkustannuksien vähentämisen takia. (Aaltonen & Torvinen 1997, 9–10.)

5.2 Ohjelmoitava logiikka

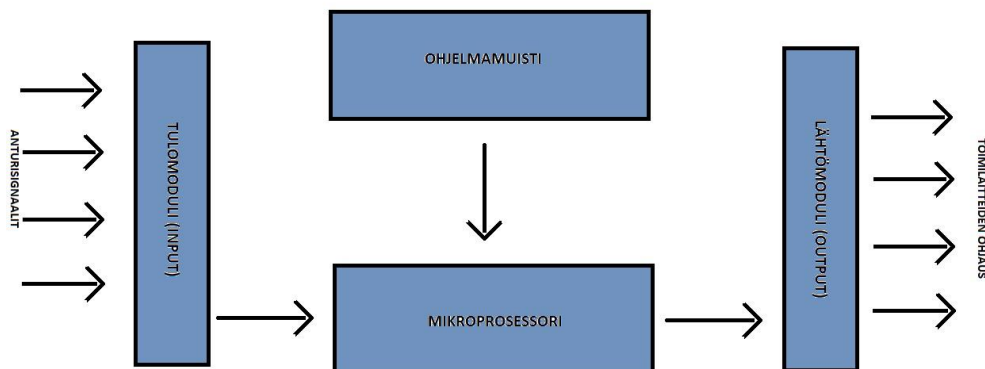
PLC eli ohjelmoitava logiikka on pieni mikroprosessorilla toimiva tietokone, jota käytetään reaaliaikaisten automaatioprosessien kuten tuotantolinjojen tai koneiden oh-

jaukseen. Yhdellä logiikalla voidaan helposti korvata jopa tuhansia releitä sekä ajastimia. Ohjelmoitavien logiikoiden käyttö yleistyi ensimmäiseksi Yhdysvaltojen autoteollisuuden keskuudessa. Kun ohjelmistopäivitykset tulivat, ohjausjärjestelmien uudelleen johdotukset sekä toiminnallisten muutosten tekeminen järjestelmään muuttui paljon helpommaksi. Aikaisemmin releohjausten muokkaaminen oli työllistävää ja paljon aikaa vievää suurien johto määrien vuoksi. Myös vikojen paikantamiseen tuli kehitystä uusien vikadiagnostiikka -ominaisuuksien myötä. Tämä on pienentänyt tuotanto-
seisokkien viemää aikaa, koska vikatilanteet löytyvät helposti. (Keinänen ym. 2009, 211–212)

Mikroprosessori ja käyttöjärjestelmä ohjaavat ohjelmoitavan logiikan sisäisiä toimintoja. Mikäli logiikka on laaja, voidaan käyttää useampiakin mikroprosesseja. Sisäiset tehtävät tulee jakaa mikroprosesseille, mikäli niitä on useampia. Useampi mikroprosessori nopeuttaa laajojenkin ohjausten toimintaa. (MyOmron www-sivut 2009, 7.)

Ohjelmoitava logiikka sisältää eri määrän sisään- ja ulostuloja, joihin käytettävät kenttälaitteet ovat kytketty. Logiikka saa dataa toimilaitteilta ja sensoreilta, jonka avulla se noudattaa luotua ohjelmaa. Markkinoilla on laaja valikoima erilaisia logiikoita, pienistä muutaman releen korvaavista suuriin teollisuudessa käytettäviin, jotka voivat suorittaa erittäin vaativia ohjausteknisiä prosesseja. Aikaisemmin logiikat jaettiin kahden eri lohkon askeltaviin- tai vapaasti ohjelmoitaviin. Nykyään jakoa ei enää ole logiikoiden pystyessä toimimaan kummallakin ohjelmalla ja käyttäjä saa itse valita mieleisensä ohjelmointi tavan. (Keinänen ym. 2009, 211–212.)

Alla olevassa kuvassa (kuva 4) on kuvattu automaatiojärjestelmien yksinkertainen toiminta. Anturisiinaalit tuovat tulomoduuleille tiedon esimerkiksi ohjelman käynnistyksestä. Signaali lähtee liikkumaan mikroprosessorin kautta lähtömoduulille, joka säätelee toimintalaitteiden ohjausta. Mikroprosessori hakee ohjelmamuistista käsittelyohjeet, jotka menevät sen kautta eteenpäin lähtömoduulille. (Keinänen ym. 2009, 211.)

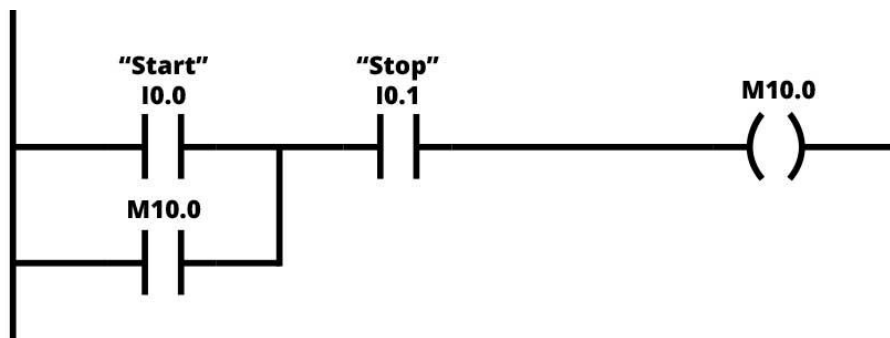


Kuva 4. Ohjelmoitavan logiikan rakenne

5.3 Ohjelmointi

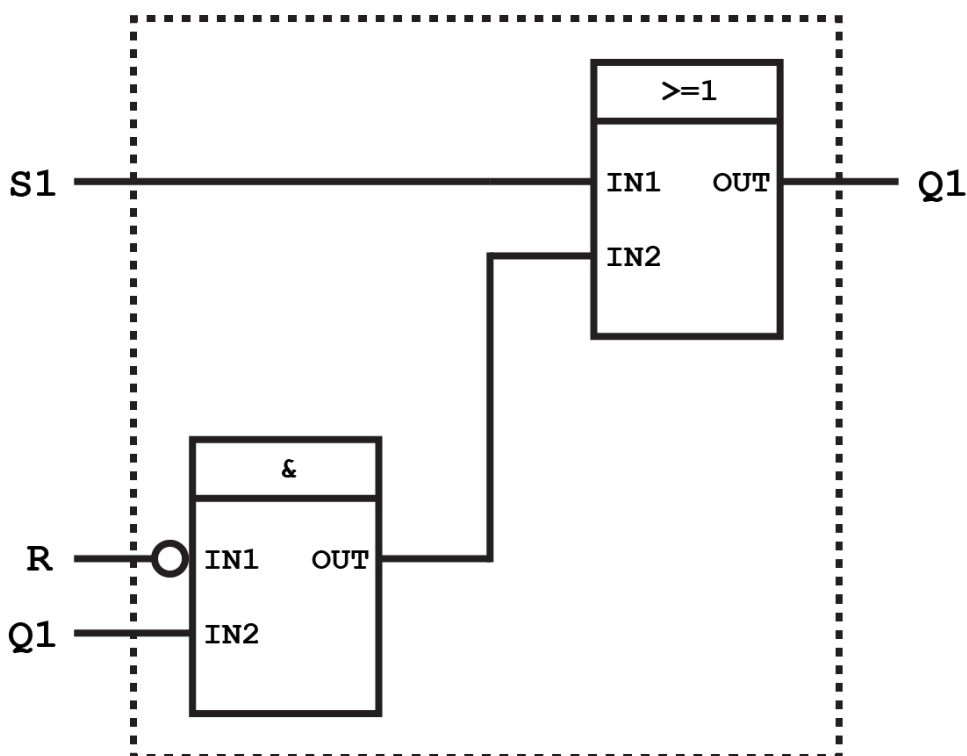
Ohjelmoinnissa käytetään useasti tietokoneeseen asennettavaa ohjelmointiohjelmaa. Ohjelmointia varten on luotu standardi IEC 61131-3, jota tulisi noudattaa. (MyOmron www-sivut, 2009, 9.) Kaikki PLC-valmistajat tuovat markkinoille myös omat ohjelmointiohjelmansa. Tämä luo markkinoille suuret valinnan mahdollisuudet ja logiikan valinta muodostuu usein ohjelmoinnin ennakkotuntemuksiin. Yleisiä ohjelmointi kielinä on tikapuukaavio- sekä toimintalohkokaavio-ohjelmointi. (Keinänen ym. 2009, 224–225.)

Tikapuukaaviot muistuttavat paljolti teollisuuden sähköpiirikaavioilta (kuva 5), jonka takia sen käyttö on suosittua (Keinänen ym. 2009, 224). Tikapuukaaviolla ohjelmoimissa luodaan ohjelma avautuvilla ja sulkeutuvilla koskettimilla, joiden avulla luodaan ehtologiikka bittimuuttujien avulla ja lopuksi sen tila kopioidaan kelalla haluttuun bittiin. Käytännössä ohjelmoinnissa esiintyy monia erilaisia bittejä sekä logiikkakäskejiä, jotka käsittelevät sanoja ja näiden avulla voidaan luoda monimutkaisia operaatioita. (MyOmron www-sivut 2009, 9)



Kuva 5. Esimerkki tikapuukaaviosta (PLC-Academy www-sivut)

Toimintalohkoilla ohjelmointi muistuttaa taas ulkonäöllisesti mikropiireillä tuotettua ohjainkortin kaaviota (kuva 6). Toimintalohkoilla on mahdollista toteuttaa perustoi-minnallisuuksia kuten OR/AND portteja, mutta sillä on myös mahdollista ohjelmoida erilaisia ajastimia tai laskureita. (Keinänen ym. 2009, 224.)



Kuva 6. Esimerkki toimintalohkosta (PLC-Academy www-sivut)

On mahdollista käyttää myös käskytslistaohjelmointia (kuva 7), joka on niin sanottu rakenteellinen tekstieditori (Structured text editor). Käskytslista-ohjelmoinnissa käytetään IF-THEN-ELSE rakennetta. (Keinänen ym. 2009, 224) Käskytslistaohjelmoinnin hyviä puolia on, että sen ohjelmointikoodia pystytään muuttamaan helposti

sopimaan muiden valmistajien ohjelmoitaviin logiikoihin. Käskytyslistaohjelmointi soveltuu hyvin mutkikkaiden laskentaoperaatioiden ja ohjelmasilmukoiden tekemiseen. (MyOmron www-sivut 2009, 9)

```

Blinker (TRUE, t#2s);
Trigger (Blinker.Q);

bSig := Trigger.Q;

Counter (
  bSig,          (* blinking input *)
  not bCommand, (* reset the counter if command *)
  255
);
iValue := Counter.CV;

```

Kuva 7. Esimerkki käskytyslistaohjelmoinnista (Kollmorgen www-sivut)

5.4 Ohjelmointikielessä käytetyt komennot

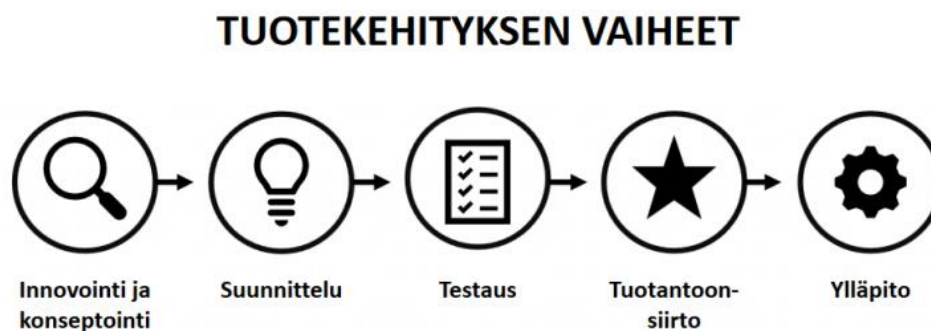
Koska useat eri PLC-valmistajat ovat tuoneet markkinoille omat ohjelmointiohjelmasansa. Tämä on johtanut siihen, että ohjelmoinnista on tullut kirjavaa ja ohjelmointikieli valitaan ohjelmointitavan tuttuuden perusteella. Ohjelmointikieliä varten kehitetty IEC 61131-3 standardi, joka koostuu viidestä eri ohjelmointikielestä. (Keinänen ym. 2009, 224.) Yleisimpiä ohjelmistokielen komentoja (Siemens www-sivut, 87-91):

- AND- komento tarkoittaa sitä, että tulojen ollessa arvossa 1, saa lähtö arvokseen 1. Eli kun kaikki tulot ovat suljettuina niin lähtö on päällä.
- OR- komennolla tarkoitetaan lähdön arvon muuttumista 1, jos yksi tai useampi tulo on 1. Eli yhden tai useamman tulon ollessa suljettuna lähtö on päällä
- NOT- komento tarkoittaa, että lähtö saa arvokseen 1, kun tulon arvo on 0.
- SR/RS eli SET/RESET tai RESET/SET, ovat ohjelmoinnissa käytettäviä komentoja, joiden avulla voidaan käynnistää toiminto tai vaihtoehtoisesti uudelleen käynnistää toiminto.

- TIMER eli ajastin on toiminto, jonka avulla voidaan säätää toimintojen alkamista tai loppumista ajan avulla.
- MUITA KOMENTOJA - lisäksi LOGO 8! -ohjelmointi antaa mahdollisuuden luoda erilaisia releitä tai laskureita. Mahdollisuudet luoda monimutkaisia ohjelmia ohjelmoinnin avulla on laajat.

6 TUOTEKEHITYSPROSESSI

Tuotekehitysprosessilla on tarkoitus tehostaa tuotteiden kehittämistä. Hyvällä tuotekehitysprosessilla varmistetaan, että lopputuote vastaa sille asetetut vaatimukset. Vaatimuksiin luetaan laitteen toiminallisuus, valmistettavuus sekä kustannustehokkuus. Tuotekehitysprosessissa on viisi vaihetta (kuva 7). (Pehutec [www-sivut](#).)



Kuva 7. Tuotekehityksen vaiheet (Pehutec [www-sivut](#))

Ensimmäisessä vaiheessa varmistetaan, että kehitettävä tuote voi toimia valmiina. Toisessa vaiheessa suunnitellaan tuotteen yksityiskohtia sekä varmistetaan, että tuote täyttää sille annetut vaatimukset. Suunnittelussa vaiheessa valmistetaan prototyyppi ja sen toimivuutta testataan. Tuotantoon siirto vaiheessa on jo etukäteen sovittu valmistuspaikat, prototyyppien toimitus ja rakennettu tarpeellinen valmistuskapasiteetti siihen liittyvät toimitusketjut. Uusien tuotteiden kehittämiseen liittyy myös testausympäristöjen varmistaminen sekä valmistukseen tarvittavien laitteiden saatavuus mm. muotit. Ylläpito uusille tuotteille sisältää komponenttien saatavuutta, tuotevariaatioiden kehittämistä, laajentamista uusille markkinoille sekä erilaiset päivityksen esimerkiksi ohjelmistoihin. (Pehutec [www-sivut](#))

7 TYPPI- JA ALIPAINETESTAUSLAITTEEN VALMISTUSPROSESSI

7.1 Valmisteluvaihe

Valmisteluvaiheessa selvitetään typetysprosessissa tarvittavien ohjausjärjestelmien ja komponenttien soveltuvuus prosessiin. Lähtökohtaisesti pyritään etsimään valmiita laitekokonaisuuksia, jotta järjestelmän eri komponentit olisivat yhteensopivia toistensa kanssa. Tekstitiedon keräämisen aikana on saatava riittävän laaja kuva laitteen toiminnasta, jotta tutkimusta on mahdollista käyttää apuna komponenttien valinnassa ja laitekokonaisuuden hahmottamisessa. Valmisteluvaiheen lopuksi valitaan laitteen komponentit ja voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen.

Valmisteluvaiheessa käydään toimeksiantajan kanssa vanha prosessi läpi. Typetys tapahtui manuaalisesti ja työläästi ilman automaatiota. Valmisteluvaiheessa kartoitetaan, millaiset komponentit laite tarvitsee toimiakseen käyttötarkoituksessaan. Prototyypin tulisi typettää tuote automaattisesti. Typetyslaitteen automatisoinnissa keskeisiä komponentteja ovat venttiilit sekä ohjelmoitava logiikka. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin venttiilien sekä ohjelmoitavan logiikan hankintaan, koska toimeksiantajalla on tarjota muut komponentit laitteen rakentamiseen. Peruskomponenteille tarkoitetaan mm. johtoja sekä kytkimiä.

7.2 Prototyypin suunnittelu

Suunnittelutyö tämän kaltaisessa projektissa on merkittävässä asemassa. Ennen suunnittelutyön aloittamista on tärkeä ymmärtää suunnitteilla olevan työn kokonaisuus sekä erilaisia toimintoja, jotka liittyvät prosessiin. Valmisteluvaihe on monilta osin valmistautumista prototyypin suunnitteluun. Prototyypin suunnitteluun sisältyy usein erilaisten komponenttien vertailua ja testaamista. Komponenttien vertailussa tulee huomioida testaamisen lisäksi niiden laatu sekä kustannustehokkuus eli tuotosten ja komponenttien kustannussuhdetta, esimerkiksi verrattuna toiseen yksikköön tai tässä tapauksessa mahdolliseen tuotantomalliin. (Kuntaliitto [www-sivut](http://www.sivut), 2018.)

Laadukkuudella tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä komponentin materiaaleja. Standardit määrittävät materiaalien laatukriteereitä. Standardien mukainen tuote on sellainen, joka täyttää direktiivin turvallisuusvaatimukset. (Aaltonen & Torvinen 1997, 274.) Laadulla tarkoitetaan tuotteen mitattavia ominaisuuksia. Laatuero johtuvat vertailtavien ominaisuuksien eroista. Usein korkeampi hinta tarkoittaa parempaa laatua sekä korkeampia tuotantokustannuksia. On pystyttävä valikoimaan oikeat komponentit, jotka pystyvät sopivassa määrin olemaan kustannustehokaita sekä laadukkaita. Jos komponentit eivät ole tarpeeksi laadukkaita ja ne joudutaan korvaamaan uusilla, kasvavat myös tuotantokustannukset. (Suomen Standardisoimisliitto www-sivut, 2016.)

7.3 Ohjelmoitavan logiikan valinta

Vaihtoehtoina automaatiojärjestelmän luomiseen olivat Siemens sekä Omron. Automaatio logiikoiden tuottajia on useita ja jopa suomalaisia vaihtoehtoja, mutta kilpailutus kuitenkin jäi näiden kahden välille, niiden ollessa tunnetuimpia valmistajia sekä laitteistojen saatavuus Suomessa on hyvä. Omronin ja Siemensin kotisivuihin tutustuessa voi todeta molempien valmistajien pystyvän toimittamaan oikeanlaisen ohjelmoitavan logiikan. Lopulliseksi valinnaksi kuitenkin valikoitui Siemens sen ollessa käyttöominaisuuksiltaan mukavampi sekä LOGO! 8-sovelluksen ollessa helpommin lähestyttävä. Osa syynä valintaan oli Siemensin ohjelmointi sovelluksen tuttuus, jonka vuoksi ehdotin toimeksiantajalle Siemensin valintaa.

7.4 Venttiilien valinta

Prototyypin venttiilien valinnassa ei suunnata välittömästi tunnettujen brändien suuntaan vaan pyritään toimimaan kustannustehokkaasti. Oikeiden venttiilien löytymisessä käytetään apuna tunnettuja venttiilivalmistajia, jotta saadaan laaja sekä kattava kuva mahdollisista ominaisuuksista sekä toiminnoista, joihin venttiilit pystyvät. Tämän avulla pystytään kartoittamaan jossain määrin haluttuja toimintoja valituilta venttiileiltä.

Prototyyppiin on tärkeä valita oikeanlaiset venttiilit, koska valmistettava tuotantolaite käyttää painetta tehtävässään. Venttiilien materiaalin on oltava riittävän laadukasta,

jotta se kestää käyttöä ja mekaanista toimintaa. Typen kanssa toimiessa on huomiotava myös käyttölämpötilat sekä paineistaessa venttiilin mahdolliset rajoitukset paineen suhteen.

Lopputuloksena valittiin magneettiventtiilit tai toiselta nimeltään solenoidiventtiilit. Magneettiventtiilit ovat kustannustehokkaita sekä helposti ohjattavissa olevia venttiilejä. Magneettiventtiilien toiminta perustuu solenoidin luomaan sähkömagneettiseen kenttään, jolla saadaan aikaiseksi venttiilin haluttu liike. Venttiilit voivat aukaista sulkuelintä eri asentoihin kontrolloiden virtausnopeutta, mutta kyseisessä laitteessa kyseenomaiseen toimintoon ei ole tarvetta, mutta valitut magneettiventtiilit toteuttavat kahta liikettä, kiinni ja auki. Tehtävään valitut venttiilit ovat perustilassaan kiinni.

7.5 Solenoidiventtiilien vertailu

Solenoidiventtiilejä valittiin vertailu vaiheeseen yhteensä kolme erilaista venttiiliä (taulukko 1). Venttiilit olivat hintaluokassaan erilaisia sekä toiminnoiltaan poikkeavia. Kuitenkin perustoiminta kaikissa venttiileissä on sama eli solenoidin avulla tapahtuva sulku-/aukaisumekanismi. Kaikki venttiilit olivat saatavilla Suomesta.

Taulukko 1. Solenoidiventtiilien tuotetiedot

Venttiilit	Hinta €/ kpl	Toimintamalli	Hyvät ominaisuudet
Pneumatiikka venttiili	25 €	Solenoidi	Hinta
Magneetti venttiili	40€	Solenoidi	Edullisuus, valmis jännitelähde
Asconumatic - venttiilit	120€	Solenoidi	Monipuoliset ominaisuudet, laadukkuus

Yksinkertaiset pneumatiikkaventtiilit olivat alustava valinta työhön. Venttiilit hankittiin ja niitä käytettiin apuna ohjelmoinnissa. Venttiilit toimivat releiden välityksellä logiikan kanssa ja ne saatiin toimimaan ohjelman mukaisesti. Kyseiset venttiilit eivät kuitenkaan olleet kykeneviä pitämään haluttua painetta testattavassa laitteessa, jonka

vuoksi nämä venttiilit eivät olleet sopivia laitteeseen. Tämän myötä varavaihtoehtona olleet magneettiventtiilit nousivat prototyypin valmistamiseen valittaviksi venttiileiksi. Toimeksiantajalla oli valmiiksi käytössä 24 voltin jännitelähde, jonka avulla kyseisiä magneettiventtiileitä oli mahdollista ohjata. Valintaan vaikutti myös komponenttien hinta, koska opinnäytetyössä tehdään protojärjestelmä. Protojärjestelmän toimituksessa voidaan sama järjestelmä tuottaa laadukkaammilla komponenteilla.

7.6 Osien hankintaprosessi

Hankintaprosessin aikana lähetettiin tiedusteluja eri yrityksille, tiedustellen komponenttien saatavuutta ja toimivuutta halutussa ympäristössä. Vastausten saaminen sähköisten palveluiden kautta oli huonoa, niiden ollessa tarkoitettuja yrityksille tai suurempien erien tilaajille. Komponenttien valmistajien sivuilta kuitenkin pystyi keräämään tietoa sekä toimeksiantajan kautta sai tietoa hyviksi havaituista komponenttien valmistajista. Tutkimustyön seurauksena löytyneet komponentit ilmoitettiin eteenpäin yhteyshenkilölle Patrialle ja osien lopullinen hankinta tapahtui Patrian sisäisen hankinnan kautta.

7.7 Automaatio-ohjelmointi

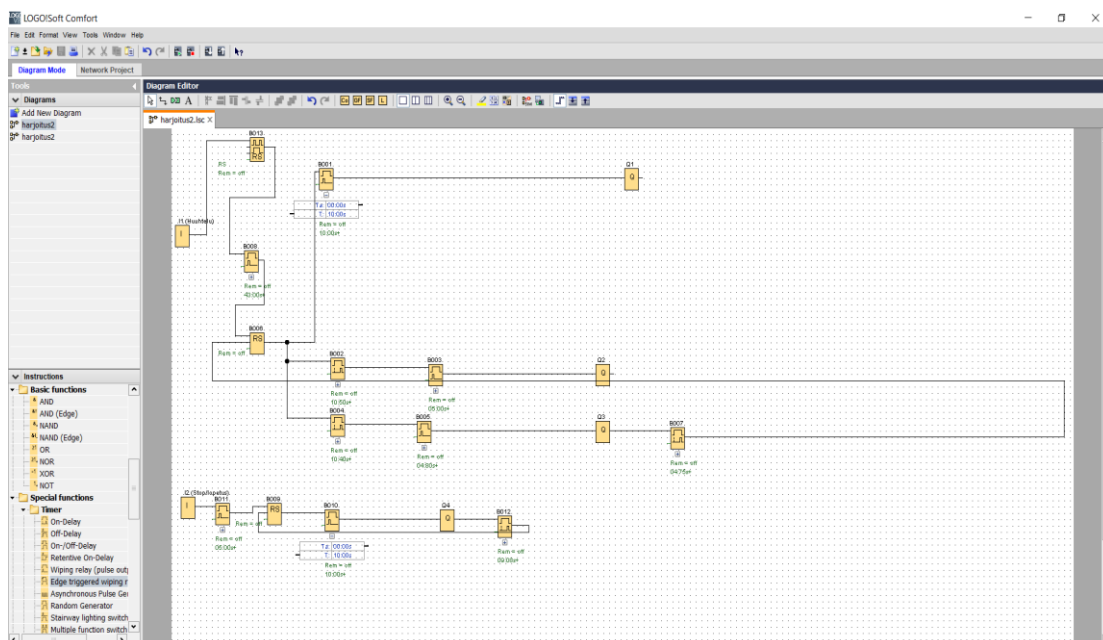
Ohjelmoinnissa käytetään LOGO! Soft Comfort-sovellusta, joka on Siemens:n luoma automaatioon soveltuva ohjelmointiohjelma. Ohjelma on luotu yksinkertaisemmaksi ja helppokäyttöisemmäksi kuin edeltäjänsä, mikä oli suurena etuna automaation valinnassa.

Ohjelmointi alkoi testaamalla erilaisia toimintoja sovelluksessa ja pohtimalla millä funktioilla halutut toiminnot olisi mahdollista toteuttaa (kuvio 1). Ohjelmoinnin alkaessa PLC:lle ajettiin ohjelma, jonka avulla voitiin testata komponenttien yhteensopiavuus kokonaisuudessa (venttiilit ja releet).

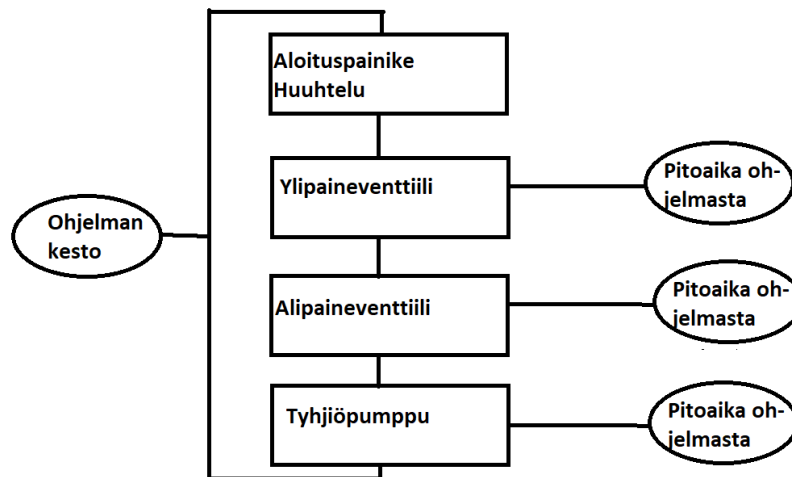
Ohjelmaa tehtäessä ongelmaksi muodostui erilaisten funktioiden toimimattomuus halutussa asemassa. Esimerkiksi laitteeseen haluttu LOOP toiminnon luominen osoittau-

tuikin haasteellisemmaksi kuin odotettiin. Jotta LOOP toiminto saatiin toimivaksi, liitettiin ohjelmaan pulssi rele, joka ohjautuu viimeisen funktion jälkeen reset tilaan ja set tilassa tulee jatkuva signaali käytössä olevan vipukytkimen vuoksi.

Ohjelmointia suorittaessa muodostui useita eri ohjelmia, mutta vain yksi ohjelma pystyi suorittamaan kaikki halutut toiminnot ja tämä kyseinen ohjelma valittiin lopulliseksi valinnaksi typpihuuhteluun (kuva 8). Typpihuuhteluohjelmaan tehtiin kaksi erillistä ohjausta. Ensimmäinen ohjelmista on tarkoitettu typpihuuhtelun tekemiseen. Ohjelma alkaa, kun sisääntulo I1 saa komennon kytkimen kautta mennä päälle. Sisääntulon jälkeen on asetettu pulssirele, joka pitää vedon päällä ohjelmassa, jotta releen jälkeinen ajastin ei nollaantuisi. Ylin haara ohjelmassa on venttiili 1 ohjaus. Alemmalla kahdella haaralla ohjataan alipainepumppua sekä venttiili 2. Ulostulo Q2 on venttiili 2 ja Q3 on alipainepumpun ohjaus. Alemmasta sisääntulosta (I2) lähtevä ohjelma on tarkoitettu ajettavaksi ennen testikappaleen irrottamista järjestelmästä. Ohjelmassa kappaleeseen ajetaan typpi sisään, jonka jälkeen irrotus on mahdollista suorittaa, siten ettei kappaleeseen jäisi sisään ei haluttuja aineita. Ohjelmaan on asetettu SET/RESET-kytkin, jotta ohjelma nollaantuisi ensi käyttökertaa varten.



Kuva 8. Valmis ohjelma typpihuuhtelulle

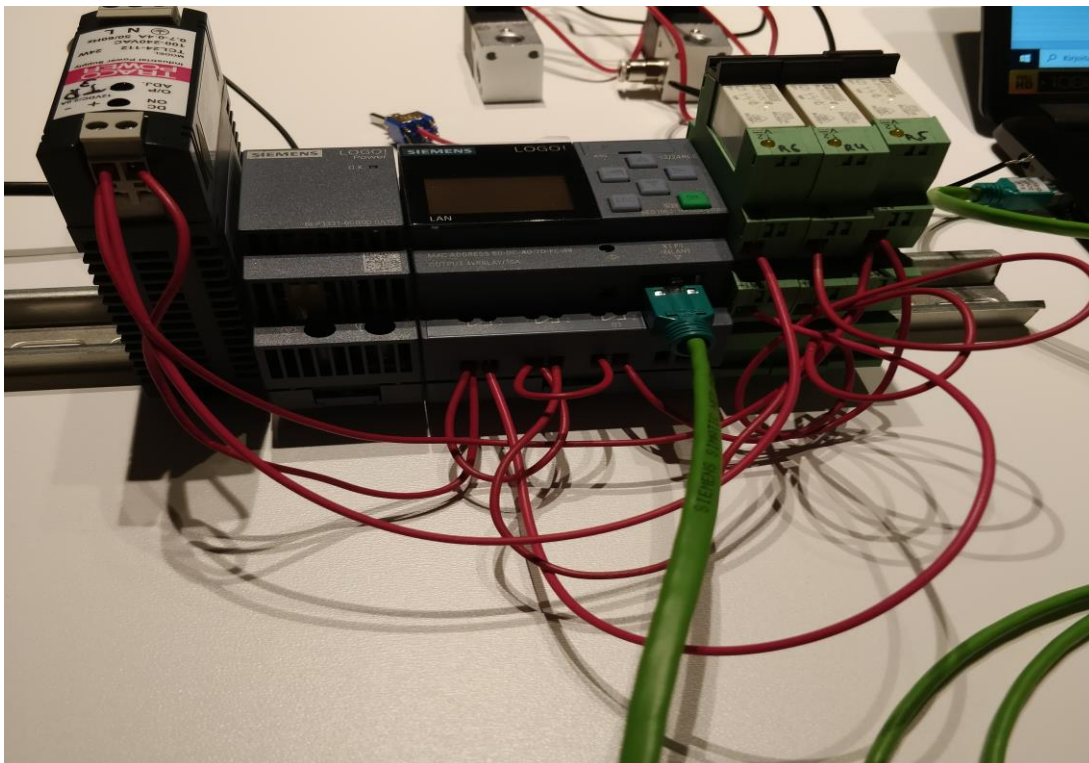


Kuvio 1. Toimintalohko kaavio

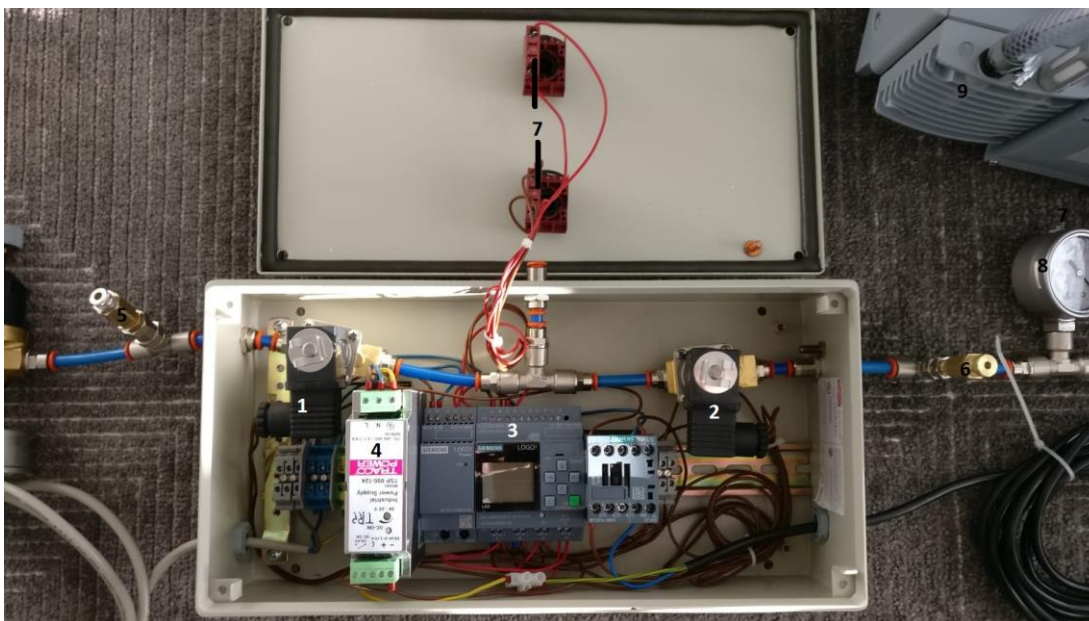
7.8 Kokoonpano

Kokoonpano aloitettiin kokoamalla komponentit toimivaksi järjestelmäksi. Laite pidettiin mahdollisimman yksinkertaisena, jotta olisi mahdollista muokata järjestelmää, mikäli ongelmatilanteita muodostuisi. Esimerkiksi ensimmäisten venttiilien (pneumaattikkaventtiilit) kanssa tuli ongelmia, jonka jälkeen ne vaihdettiin toisenlaisiin venttiileihin (magneettiventtiilit). Yksinkertaisen kokoonpanon (kuva 9) vuoksi eri komponentteihin on helppo päästä käsiksi ja vaihtaa tarpeen mukaan. Yksinkertaisessa kokoonpanossa käytettiin vain venttiilejä, LOGO 8! -järjestelmän ja ohjelmointitietokoneita sekä muita tarpeellisia komponentteja laitteen yksinkertaiseen käyttöön.

Kun sopiva järjestelmä saatiin valmiiksi, voitiin laitteelle suunnitella säilytystila, joka mahdollisti laitteen helpon siirtämisen sekä helpon ja turvallisen käyttökokemuksen. Lopullinen laite asennettiin metalliseen laatikostoon ja LOGO 8! -logiikka kiinnitettiin DIN-kiskon avulla rasian pohjaan kiinni ja samaan kiskoon liitettiin myös muita liikkuvia osia laitteesta. Sähköjohdot laitteessa niputettiin ja aseteltiin laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti, jotta lopputulos oli siisti ja turvallinen (kuva 10 ja kuva 11).



Kuva 9. Yksinkertainen kokoonpano



Kuva 10. Valmis kokoonpano. 1. Venttiili 1 2. Venttiili 2 3. Ohjelmoitava logiikka (LOGO 8!) 4. Jännitelähde 5. Varoventtiili ylipaineelle 6. Varoventtiili alipaineelle 7. Painokytkimet 8. Alipainemittari 9. Alipainepumppu



Kuva 11. Laitekokonaisuus ulkopuolelta

Kuvassa vasemmalla paineensäätömittari ja oikealla ylhäällä alipainepumppu. Kes-
kellä kuvassa on yllä olevassa kuvassa oleva laite kansi päällä ja kannen päällä ether-
net-kaapeli, jota käytetään ohjelmien siirtoon LOGO 8! laitteeseen.

8 TESTAUS

8.1 Testaaminen

Testaus aloitettiin Patrian tiloissa käyttämällä seuraavia komponentteja:

- LOGO 8! -ohjauslogiikkaa
- magneettiventtiilejä
- painemittaria
- alipainemittaria
- alipainepumppua
- testikappaletta

Testauksessa käytettiin aluksi turvallisuussyistä paineilmaa typen sijasta. Paineilmalla testaamisen tarkoituksena oli kartoittaa liittimien pitoa sekä venttiilien toimintaa.

Testauksen alussa paine kytkettiin laitteeseen ja luotiin järjestelmään 0,5 barin paine. Paine pidettiin testikappaleessa ohjelmallisesti magneettiventtiili 1 pitovirran ajan. Ylipaineen jälkeen järjestelmä alipainestettiin avaamalla ohjelmallisesti magneettiventtiili 2 sekä käynnistämällä alipainepumppu. Alipaineistus ajastettiin siten, että laitteeseen saatiin -0,4 barin alipaine. Tehokkaan alipainepumpun kanssa tuli olla varovainen, jotta järjestelmään ei tulisi liian suuria alipaineita. Liian suuri alipaine voisi mahdollisesti vaurioittaa testilaitteiden herkkiä elektronisia komponentteja. Typpihuuhtelu suoritettiin kolme kertaa, jotta testikappaleeseen saatiin haluttu puhtaus sekä kosteus saatiin pois. Lopuksi testattavaan laitteeseen ajettiin ylipaine typellä, jotta kappaleen sisään ei päässyt kosteutta huoneilmasta.

Sopivien paineiden määrittämien on johdettu testattavien laitteiden materiaalien kestävydestä. Puolikkaan barin paine on noin 7,25 psi:tä. Psi on paineen yksikkö, mikä mittaa voiman suhdetta pinta-alaan kohden. Lyhenne psi tulee sanoista pounds per square inch, mikä on suomeksi paunaa per neliötuuma. (Helmenstine 2020.)

8.2 Tulokset

Pienten paineiden avulla testeissä ilmeni komponenttien tiiveys sekä järjestelmän toimivuus. Testeissä ei ilmennyt ongelmia ja pystyimme toteamaan komponenttien olevan tiiviitä. Järjestelmän toimivuudessa ei myöskään suuria ongelmia esiintynyt, mutta esimerkiksi ohjelmoinnista löytyi pieniä kehittämiskohteita sekä yksi valituista nappikytkimistä ei toiminut halutulla tavalla. Testauksen avulla pystyttiin tarkastelemaan kehitettäviä kohteita ja parantamaan logiikan ohjausta. LOGO 8! -logiikkaan on helppo siirtää päivitettyt ohjelmat, joten testauksen aikana saatiin säädettyä järjestelmän ajastuksia ja testaamaan niiden toimivuus heti. Testauksen tuloksena järjestelmän ohjelmointi saatiin viimeisteltyä sekä laitteen toimivuus pystyttiin todentamaan.

Testauksen aikana koettiin tarpeelliseksi lisätä järjestelmään varoventtiilit ennen ensimmäistä venttiiliä sekä toisen venttiilin jälkeen. Ensimmäinen varoventtiili on säädetty 0,5 barin. Toisen varoventtiilin toiminta on säädetty alipaineelle ja varoventtiili aktivoituu yli -0,4 barin alipaineessa. Varoventtiilit ovat suojaamassa herkkiä testilaitteita, jotta liian suuret paineet eivät vaurioittaisi testilaitteiden elektroniikka -komponentteja.

9 OPINNÄYTETYÖN TULOSTEN ARVIOINTI

Opinnäytetyön tuloksena saatiin luotua toimeksiantajalle prototyyppi, joka vastasi tarpeita ja toiveita. Laite pystyttiin pitämään yksinkertaisena sekä helppokäyttöisenä rakentamalla laite laatikoston sisään selkeällä ulkomuodolla. Opinnäytetyön tavoite saavutettiin ja valmiiksi laitteeksi kehittyi automatisoituun typpihuuhteluun kykenevä laite, jota on helppo operoida. Prototyyppi saatiin valmistettua pitämällä kustannukset kurissa ja laitteesta saatiin laadukas sekä käyttöturvallinen kokonaisuus, jotka olivat toimeksiantajan toiveita työhön.

LÄHTEET

Aaltonen & Torvinen 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo: WSOY-Kirjapainoyksikkö.

Adamant Live Valves, 2018. What are ball valves? Working principle, Advantages and Precautions for use. Viitattu 06.05.2020 <http://www.adamant-valves.com/blog/what-are-ball-valves-working-principle-advantages-and-precautions-for-use/>

Opetushallitus 05.05.2020 http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/pientalon_lammitys/LVI_osio_01_popup_magneettiventtiili.htm

Elliot, J. 2011. Electronic Desing. Viitattu 16.12.2019. <https://www.electronicdesign.com/technologies/boards/article/21792566/nitrogen-purging-manufacturers-eliminate-moisture-from-optoelectronic-systems>

Hakala, N. 2017. Optroniikan testausjärjestelmä. Automaatiotekniikka. Opinnäytetyö Viitattu 28.12.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017120419720>

Helmestine, A-M. 2020. What is PSI? Definition of unit. Viitattu 09.05.2020 <https://www.thoughtco.com/what-does-psi-stand-for-605565>

Hulkkonen, V. 2007. Tyhjiötekniikka – vuodonetsintä. Viitattu 11.05.2020. <https://www.salhydro.fi/files/PDF/16.tyhjiotekniikka-vuodonetsinta.pdf>

Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2009. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOYpro Oy.

Kollmorgen, 2018. Viitattu 31.01.2020 http://webhelp.kollmorgen.com/kas3.02/Content/PLC_library/steditor.htm

Koskinen, J. 1990. Alkusanat. Teoksessa Neles-Jamesbury. (toim.) Venttiilikirja. Helsinki: Kirjapaino Tapo Oy. 15–16.

Kuntaliitto 2018. Viitattu 13.05.2020. <https://www.kuntaliitto.fi/talous/tuloksellisuus/tehokkuus>

Omega a Spectris Company, 2019. Viitattu 05.03.2020 <https://www.omega.com/en-us/resources/valves-technical-principles>

Omron opetusmateriaali, 2009. Viitattu 08.05.2020 https://www.myomron.com/downloads/9.Local%20Material/Finnish/CX-One%20ja%20logiikkaohjelmointi%202009_2.pdf

Pamline. Viitattu 07.05.2020 https://www.pamline.fi/image/21978/20151130141828/4_venttiili_laippa_lappa_kasipyora.jpg?width=700&height=700&mode=max

Patria 2019. Viitattu 30.11.2019. <https://www.patria.fi>

Pehutec. Viitattu 02.04.2020. <https://www.pehutec.com/tuotekehitys/>

Physics and Radio Electronics, 2020. Viitattu 11.05.2020. <https://www.physics-and-radio-electronics.com/electronic-devices-and-circuits/vacuum-tubes/whatisvacuumtube.html>

PLC-Academy, 2018 Viitattu 30.01.2020 <https://www.plcacademy.com/function-block-diagram-programming/>

PLC-Academy, 2015. Viitattu 30.01.2020 <https://www.plcacademy.com/ladder-logic-examples/>

Pyysalo, M. 1990. Tuotekehitys nykyaikaisessa venttiilyrityksessä. Teoksessa Nelles-Jamesbury. (toim.) Venttiilikirja. Helsinki: Kirjapaino Tapo Oy. 33–35.

Siemens. LOGO! käsikirja Viitattu 07.03.2020 https://cache.industry.siemens.com/dl/files/864/1160864/att_37187/v1/Manual_fi.pdf

Suomen Standardisoimisliitto 2016. Viitattu 13.05.2020 https://www.sfs.fi/ajankoh-taista/uutiskirjeet/uutiskirjeet_2016/mita_laatu_on_artikkeli

Työterveyslaitos 2017. Viitattu 28.11.2019. <https://www.ttl.fi/ova/typpi.html>

Wermac 2017. Viitattu 07.05.2020. https://www.wermac.org/valves/valves_butterfly.html

