



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# PUOLANVAIHTOAUTOMAATIN VIRHEIDEN VÄHENTÄMINEN

Alexi Lehtomäki

Opinnäytetyö  
Heinäkuu 2016  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Kone- ja laiteautomaatio



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka

LEHTOMÄKI, ALEKSI:  
Puolanvaihtoautomaatin virheiden vähentäminen

Opinnäytetyö 25 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Heinäkuu 2016

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Valmet Technologies Oy:lle Fabricsin tehtaan kutomoon tarkoituksena vähentää puolanvaihtoautomaattien virheitä mahdollisimman paljon erilaisilla teknisillä ratkaisuilla. Aihe on kohdeyritykselle tärkeä, sillä virheitä vähentämällä kutomon tuotantoa ja koneiden käyntiastetta pystytään parantamaan huomattavasti.

Tiedonkeruu suoritettiin pääsääntöisesti videoimalla puolanvaihtoautomaattien virheitä. Videoita analysoimalla löydettiin puutteita laitteen toiminnassa ja sitä kautta pystyttiin kehittämään useita ratkaisumalleja häiriötilanteiden vähentämiseksi. Suuri osa ratkaisuista oli erilaisia säätötoimenpiteitä, mutta osa vaati mm. logiikan ohjelmistomuutoksia. Ratkaisuja pantiin käytäntöön muutamalla koneella, mutta myöhemmin on tarkoitus soveltaa niitä myös muihin koneisiin.

Työn seurauksena virheitä saatiin osalla koneista vähennettyä huomattavasti, eli tavoitteet saavutettiin.

Osa tämän opinnäytetyön sisällöstä on luottamuksellista, jonka takia osa siitä on poistettu julkisesta versiosta.

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical And Production Engineering

LEHTOMÄKI, ALEKSI:  
Reducing errors in a pirn changing machine

Bachelor's thesis 25 pages, appendices 0 pages  
July 2016

---

This thesis was made for Valmet Technologies Ltd. The work took place in the weaving department of Valmet Fabrics factory. The goal is to reduce errors in pirn changing machines by implementing various technical solutions. The subject is important because by reducing errors, it is possible to increase the operating rate of the weaving machines.

Data acquisition was mainly carried out by recording video of the operation of pirn changing machines. These videos were analyzed with experts to determine flaws in the operation of the devices and come out with solutions which could fix them. Many of the solutions turned out to be different adjustments but some new inventions were made as well. Some of these inventions required installation of new sensors and changes to the logic program. These solutions were implemented to some machines but there are plans to apply them to all the other machines as well.

The goals of this project were met because we were able to reduce errors significantly on those machines where the solutions were implemented.

Some of the contents of this thesis work are classified so they have been excluded from the public version.

---

Key words: weaving, textile technology, automation, production development

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
1.1	Työn tausta ja tavoitteet .....	6
1.2	Valmet Oy ja Valmet Fabrics.....	6
2	TEORIA .....	7
2.1	Liikkeen toteutus pneumaattisesti .....	7
2.1.1	Servojärjestelmät .....	8
2.1.2	Sähköohjaus .....	9
2.1.3	Anturit.....	10
2.1.4	Sylinterit .....	12
2.1.5	Venttiilit.....	13
2.2	Programmable Logic Controller (PLC) .....	14
3	KUTOMAKONEEN PUOLANVAIHTO .....	18
3.1	Kutomakoneet .....	18
3.2	Puolat .....	18
3.3	Syöstävät .....	19
3.4	Puolanvaihtoautomaatti.....	19
3.5	Puolanvaihtoautomaateilla esiintyvät häiriöt .....	19
4	TUTKIMUS JA RATKAISUT .....	20
4.1	Tiedonhankinta.....	20
4.2	Ratkaisujen ideointi.....	21
4.3	Ratkaisujen vaikutukset .....	21
5	POHDINTA .....	23
5.1	Loppupäätelmät.....	23
	LÄHTEET .....	24

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Valmet Technologies Oy:lle tarkoituksena vähentää kutomakoneen puolanvaihtoautomaatin automaattiajossa tapahtuvia virheitä. Ennen työn aloittamista tehdyn selvityksen perusteella puolanvaihtoautomaateilla tapahtuvista virheistä johtuvat tuotantokatkokset ovat merkittäviä. Vähentämällä puolanvaihtoautomaatin virheitä pystytään siis parantamaan kutomakoneiden käyntiastetta ja samalla lyhentämään tuotteiden läpimenoaikaa. Kudonta on yksi puristinhuopavalmistuksen ruuhkaisimmista vaiheista.

Puolanvaihtoautomaatti on laite, joka toimii kutomakoneen yhteydessä. Sen tehtävä on poistaa tyhjä puola kutomakoneen syöstävästä ja laittaa täysi puola sen tilalle. Lisäksi puolanvaihtoautomaatti hitsaa uuden puolan langan kiinni vanhaan lankaan, jotta kutomakone voi jatkaa kutomista ilman kudekatkoa.

Tutkimustyö suoritettiin videoimalla useiden eri puolanvaihtoautomaattien toimintaa ja haastatteleamalla tehtaan asiantuntijoita tallenteiden pohjalta. Yhdistelemällä teoriaa ja asiantuntijoiden lausunnoista saatua tietoa pystyttiin luomaan useita ratkaisuehdotuksia virheiden korjaamiseksi.

Joitakin ratkaisuehdotuksia ehdittiin testaamaankin käytännössä ja niiden avulla tiettyjä virheitä saatiin vähennettyä huomattavasti. Opinnäytetyön jälkeen toimivia ratkaisumalleja on tarkoitus soveltaa muillekin koneille.

## 1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on löytää erilaisia teknisiä ratkaisumalleja virhetilanteiden vähentämiseksi. Täten pystytään nostamaan puolanvaihtojen hyötysuhdetta ja parantamaan kutomakoneiden käyntiastetta. Kutomo on yksi puristinhuovan valmistuksen pullonkaulakohdista, joten virheiden vähentämisellä voi olla suurikin taloudellinen hyöty toimeksiantajalle. Luvussa 4.4 esitetyssä taulukossa 1 on esitetty virheosuudet jokaiselle puolanvaihtoraportissa esiintyvälle virheelle.

## 1.2 Valmet Oy ja Valmet Fabrics

Valmet Technologies Oy kuuluu maailman johtaviin teknologian, automaation ja palveluiden toimittajiin ja kehittäjiin sellu-, paperi- ja energiateollisuuden alalla. Yhteensä Valmetilla työskentelee ympäri maailmaa 12 000 työntekijää. Liikevaihto oli vuonna 2014 noin 2,5 miljardia euroa. Valmetin pääkonttori sijaitsee Espoossa ja sen osakkeet noteerataan Nasdaq Helsingissä. (Valmet 2016)

Valmetin internetsivujen mukaan Valmet on vanha ja perinteikäs suomalainen yritys, joka toimi alkuperäisessä muodossaan jo 1750-luvulla. Vuonna 1797 perustettiin Tamfelt, joka on nykyään osa Valmet Palvelut –liiketoimintalinjaa Valmet Fabrics – nimen alla, on yksi johtavista teknisten tekstiilien toimittajista. Nimi Valmet johtaa juurensa 1940–50-luvuille, kun useita Suomen valtion omistamia metallitehtaita yhdistettiin Valtion Metallitehtaiksi. Vuonna 1951 Valtion Metallitehtaista tuli Valmet Oy.

Myöhemmin, vuonna 1999, Valmet fuusioitui Rauman kanssa ja muodosti Metson. Vuonna 2013 Metso kuitenkin jakautui Metsoksi ja Valmetiksi, jonka seurauksena Valmetin toimialaksi muodostui paperi- ja voimantuotanto. Tämän lisäksi vuonna 2015 Valmet osti Metson Prosessiautomaatiojärjestelmät-liiketoiminnan. (Valmet 2016)

Valmet Fabrics valmistaa laajan kirjon erilaisia teknisten tekstiilien sovelluksia paperikoneisiin, kuten puristinhuopaa, kuivatusviiraa ja suodatinkankaita. Lisäksi Fabrics valmistaa paperikoneiden belttejä eli kenkäpuristinhihnoja.

## 2 TEORIA

### 2.1 Liikkeen toteutus pneumaattisesti

Ohjaus ja säätö ovat liikkeen hallinnasta puhuttaessa keskeisiä termejä. Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkankaan ja Sumujärven (2007) mukaan termien ero on siinä, että ohjaus toimii ilman takaisinkytkentää. Säädessä taas käytössä on suljettu säätöpiiri takaisinkytkentöineen. Tällöin voidaan puhua takaisinkytketystä järjestelmästä tai servojärjestelmästä.

Yleisesti ottaen suurta voimaa tai momenttia vaativa liike toteutetaan hydraulisesti, ja suuret nopeudet pneumaattisesti. Mikäli sovelluksessa tarvitaan tarkkoja säätömahdollisuuksia, käytetään servo- tai askelmootoreita, jotka toteuttavat lineaariliikkeen esimerkiksi ohjauskaran välityksellä. (Keinänen ym. 2007, 71.)

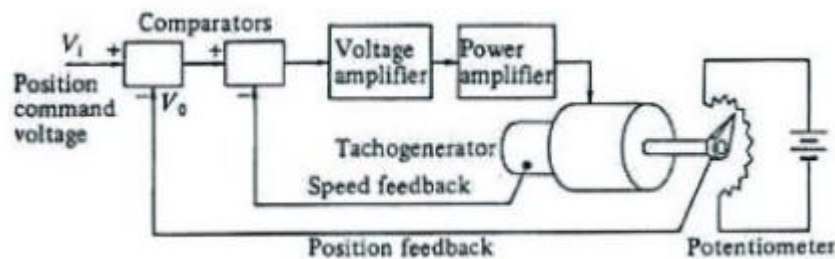
TAULUKKO 1. Ohjausjärjestelmien erot. (Fonselius, Rinkinen, Vilenius (1998))

	HYDRAULIIKKA	PNEUMATIikka	SÄHKÖKÄYTTÖ
PAINE / JÄNNITE	Paine 10-35 Mpa	Paine 0,1-1 Mpa	Jännite 5-24 V DC tai 220/380V AC
VÄLIAINE JA VÄLIASENNOT	Väliaine ei ole kokoonpuristuvaa, saadaan jäykkiä väliasentoja	Väliaine on kokoonpuristuvaa, ei jäykkiä väliasentoja	Järjestelmä mekaanisesti jäykkä, jäykät väliasemat mahdollisia.
VÄLIASEMIEN TARKKUUS	Väliasemien tarkkuus kohtuullinen	Ei väliasemia	Väliasentojen tarkkuus mekaanisesta rakenteesta riippuvainen
LIIKKEN NOPEUS	Liikkeet melko hitaita, kuormitus ei vaikuta	Nopeat liikkeet mahdollisia, kuormitus vaikuttaa	Nopeat liikkeet mahdollisia, kuormitus ei vaikuta
LAITEVAURIOT YLIKUORMITUKSESSA	Ylikuormitus ei aiheuta laitevaurioita	Ylikuormitus ei aiheuta laitevaurioita	Ylikuormitus voi aiheuttaa laitevaurioita
HYÖTYSUHDE	Hyvä kokonaishyötysuhde	Tehosiirron hyötysuhde huono	Kokonaishyötysuhde hyvä.
HUOLTO JA KORJAUS	Korjaus vaatii ammatillaisen, muunneltavuus huono	Huolto yksinkertainen, muunneltavuus hyvä	Korjaus vaatii ammatillaisen, muunneltavuus huono
JÄRJESTELMÄN SIISTEYS JA VAARAT	Järjestelmä epäsiisti. Öljyn puhtausvaatimukset tiukat	Vaaraton ja siisti	Siisti. Kipinöinti- ja sähköiskuvaara.

Taulukossa 1 on vertailtu hydraulikka-, pneumatiikka-, ja sähkökäyttöjärjestelmien eroja. Oikeanlaisen ohjausjärjestelmän valintaan vaikuttaa siis hyvin paljon käyttötarkoitus ja se, millaisia ominaisuuksia järjestelmältä vaaditaan.

### 2.1.1 Servojärjestelmät

Servojärjestelmä on takaisinkytketty säätöjärjestelmä, joka pystyy itsenäisesti säätämään mekaanista suuretta dynaamisessa tilanteessa. Tällainen suure voi olla esimerkiksi nopeus, asema, kiihtyvyys tai voima.



KUVA 1. Tyypillinen asemaservo.

Kuvassa 1 on esitetty tyypillinen asemaa säätelevä servojärjestelmä. Takaisinkytkennän avulla järjestelmä saa potentiometrissä tiedon järjestelmän nykyisestä asemasta, jota se pystyy vertaamaan asetusrvoon ja sitä kautta säätämään toimilaitteelle oikean jännitteen.

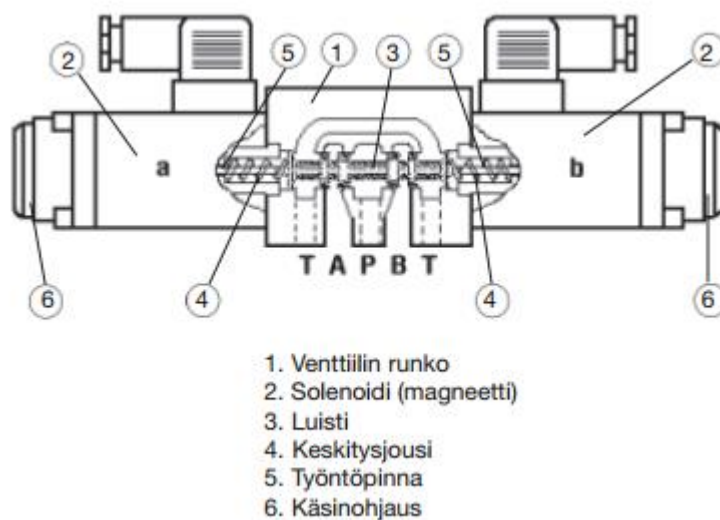
Servojärjestelmä on yleensä kompakti toimilaittepaketti, jossa liikkeen toteuttaa yleensä servo- tai askelmoottori, jolla on pieni hitausmomentti. Pieni hitausmomentti mahdollistaa suuret kiihtyvyydet. Paikannukseen käytetään useimmiten pulssianturia, mutta kalliimmissa järjestelmissä voi olla käytössä absoluuttinen koodianturi tai resolveri. Nopeutta mitataan yleensä takogeneraattorilla tai pulssianturilla. Ohjauselimenä voi toimia mikrotietokone tai ohjelmoitava logiikka. (Jouppila 2016)



## 2.1.2 Sähköohjaus

Pienen mittakaavan järjestelmissä ohjaus pystytään toteuttamaan ilman ohjelmoitavuutta, jolloin sen komponentteina käytetään yleensä mekaanisia rajakytkimiä ja antureita. Vaativammissa sovelluksissa käytetään kuitenkin sähköohjausta, sillä sähköön nopeus johtimessa on moninkertainen ilman virtausnopeuteen verrattuna. Sähköohjauksella pystytään siis toteuttamaan halutut toiminnot huomattavasti nopeammin. Lisäksi sähköohjaus mahdollistaa esimerkiksi ohjelmoitavalla logiikalla toimivat ohjaukset. Tämä mahdollistaa monimutkaisten ja älykkäiden järjestelmien kehittämisen. Sähkökomponentteja on saatavilla helposti ja niitä on runsaasti. (Keinänen ym. 2007, 74.)

Sähköohjatussa järjestelmässä liike toteutetaan ohjaamalla suuntaventtiilejä niihin liitetyillä magneettikeloilla. Jännitteellinen kela ohjaa apuventtiiliä eli pilottiventtiiliä, joka taas saa pääventtiilin asennon muuttumaan. (Keinänen ym. 2007, 74)



KUVA 2. Sähköohjatun suuntaventtiilin rakenne. (FLUID Finland 2003, 5)

Kuvassa 2 on esitetty sähköohjatun suuntaventtiilin rakenne. Venttiilin toiminta on seuraavanlainen:

1. Kun kelaan a syötetään ohjausvirtaa, työntöpinna 5 työntää luistia 3 oikealle keskitysjousta 4 vasten
2. Virtaus avautuu aukosta P aukkoon B ja paluuvirtaus aukosta A aukkoon T
3. Kun ohjausvirta poistetaan, keskitysjouset siirtävät luistin takaisin keskiasentoon.
4. Kun ohjausvirtaa syötetään kelalle b, vaiheet 1, 2 ja 3 toteutuvat peilikuvana.

### **2.1.3 Anturit**

Anturit ovat muuntimia, jotka mittaavat jotain fyysistä suuretta ja kääntävät sen signaaliksi, jota havainnoitsija tai sähköinen laite, esimerkiksi PLC, voi hyödyntää. Anturin herkkyys vaikuttaa siihe, kuinka paljon sen lähtösignaali muuttuu, kun mitattava suure muuttuu.

Antureita on kymmeniä erilaisia, mutta käydään tässä työssä kaksitilaisista antureista läpi induktiiviset ja kapasitiiviset kytkimet sekä kiertymää mittaavista antureista potentiometri, pulssianturi ja resolveri.

#### **Induktiivinen anturi**

Induktiivinen anturi tunnistaa luotettavasti vain metalleja. Tämä johtuu siitä, että sen toiminta perustuu yleensä värähtelypiiriin, jossa mittakelan induktanssi muuttuu tunnistavan kappaleen aiheuttaman permeabiliteetin muutoksen vuoksi, jolloin myös värähtelytaajuus muuttuu.

Induktiiviset anturit eivät vaadi kosketusta tunnistukseen, jonka takia ne ovat hyvin kestäviä. Tavallisesti tunnistusetäisyys on 2-20 mm.

#### **Kapasitiivinen anturi**

Kapasitiivisella anturilla voidaan tunnistaa lähes mitä tahansa materiaalia. Induktiivisen anturin tapaan kapasitiivisen anturin toiminta perustuu värähtelypiiriin. Tässä tapauksessa ainoastaan anturi tunnistaa kapasitanssin muutosta, joka aiheuttaa taajuusmuutoksen.

Kapasitiivinenkin anturi ei vaadi kosketusta tunnistukseen. Sen tunnistusetäisyys riippuu tunnistettavan materiaalin dielektrisyysvakioista siten, että tunnistusetäisyys kasvaa dielektrisyysvakion kasvaessa. Kapasitiivisen anturin tunnistusherakkyys on yleensä säädettävissä.

## **Potentiometri**

Potentiometri on absoluuttianturi, joka tarkoittaa sitä että se tietää koko ajan asemansa. Se ei siis vaadi käyntiä nollassa jatkukseen toimintaansa esimerkiksi virhetilanteen jälkeen.

Perusrakenteeltaan potentiometri on säätövastus, mutta sitä käytetään mittaamaan esimerkiksi servomootorin asemaa. Tällöin moottorin akselin pyöriessä potentiometrin vastus muuttuu, jolloin potentiometrin ulostulojännite muuttuu. Normaalisti potentiometrit ovat manuaaliohjattuja, mutta joissain sovelluksissa niitä käytetään myös automaattiohjauksella. Potentiometri voi olla lineaarinen tai logaritminen. Tämä tarkoittaa sitä, että potentiometrin signaalin voimakkuus voi muuttua lineaarisesti tai logaritmisesti suhteessa siihen, kuinka pitkälle säädintä käännetään.

Potentiometrit voidaan jaotella myös vastusmateriaalin mukaan hiilikalvopotentiometreihin, Cermet-potentiometreihin, muovipotentiometreihin ja lankapotentiometreihin.

## **Pulssianturi**

Pulssianturi voi olla absoluuttianturi tai inkrementtianturi. Inkrementtianturin täytyy esimerkiksi sähkökatkoksen sattuessa käydä nollassa, jotta se löytää oman asemansa. Potentiometrin tapaan pulssianturia käytetään kiertymän mittaukseen ja asematunnistukseen.

Inkrementtianturimallinen pulssianturi vaatii vähintään kolme tunnistusvyöhykettä, joista yksi lukee asematietoa, toinen tunnistaa pyörimissuunnan ja kolmas määrittää nollassa. Asematunnistuksen lisäksi pulssianturit toimivat samalla myös nopeusantureina, koska pulssien taajuudesta voidaan laskea nopeus.

## **Resolveri**

Resolveri on suhteellisen kallis anturi, jota käytetään erityisesti hankalissa olosuhteissa kiertymän mittaukseen ja asemapaikannukseen. Tarkkuudeltaan resolveri on erittäin hyvä.

Resolverin toiminta perustuu sisäkkäin oleviin käämeihin, joista sisemmät kääntyvät mittausakselin mukana. Syöttövertailujännite on usein siniaaltoa ja sisäkäämiin viedään virta induktiivisesti. Tällöin ulostulevan mittasignaalin voimakkuus ja vaihe vaihtelevat kentästä riippuen. Tämän signaalin käsittelyyn on saatavilla valmiita muunninyksiköitä, jotka muuntavat signaalin suoraan binääriluvuksi.

#### 2.1.4 Sylinterit

Pneumatiikassa liikkeen toteuttavina toimilaitteina käytetään yleensä sylintereitä. Sylinterit ovat yleisimpiä pneumatiikan komponentteja ja niitä voidaan käyttää myös sähköohjatuissa järjestelmissä. Sylintereitä on olemassa runsaasti ja niitä on useisiin eri käyttötarkoituksiin. On olemassa vakiosylintereitä, männänvarrettomia sylintereitä (kuva 3), pyörimättömällä männänvarrella varustettuja sylintereitä, lyhytiskusylintereitä ja lukkolaitesylintereitä. Sylinterit toimitetaan standardimitoitettuina, mutta useimpia sylintereitä toimitetaan erilaisia myös tilauksesta. (Keinänen, Kärkkäinen 2005, 75.)



KUVA 3. Männänvarreton sylinteri (Festo 06/2014)

Jotta sylinterien sähköinen ohjaus voidaan toteuttaa, on männän asento voitava tunnistaa. Tätä tarkoitusta varten sylinterin sidepultteihin tai urajohteeseen on kiinnitetty reed-rele. Reed-rele on kielikoskettimin varustettu herkkä kytkin, joka reagoi mäntään kiinnitettyyn

kestomagneettipalaan. Ne ovat useimmiten NO-tyyppisiä ja ne on varustettu merkkiantoledillä, jotta vianetsintä olisi helpompaa. Reed-rele on mekaanisten ominaisuuksiensa vuoksi melko hidas, jolloin sitä ei voi käyttää nopeaa tunnistusta vaativissa sovelluksissa. Tällöin käytetään Hall-antureita, jotka asennetaan täysin samalla periaatteella kuin reed-releet. (Keinänen ym. 2007, 73.)

### 2.1.5 Venttiilit

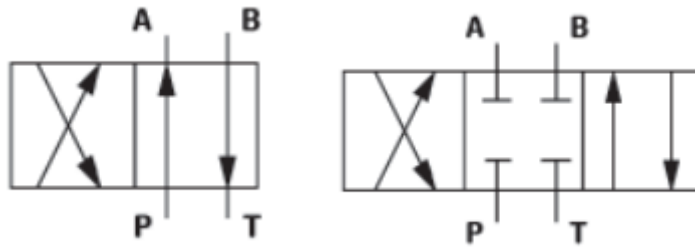
Venttiilit ovat sylinterien tapaan tärkeitä komponentteja pneumaattisissa järjestelmissä. Venttiili on yleisnimitys komponenteille, joilla järjestelmää ohjataan tai säädetään. Yleensä ne sijaitsevat painelähteen ja toimilaitteiden välissä. (Keinänen, Kärkkäinen 2005, 60)

Standardin SFS-ISO 1219-1 mukaan venttiilit jaetaan seuraaviin ryhmiin:

1. suuntaventtiilit
2. paineventtiilit
3. virtaventtiilit
4. vasta- ja vaihtovastaventtiilit
5. suuntaproportionaaliventtiilit
6. paineproportionaaliventtiilit
7. proportionaalivirransäätöventtiilit
8. kaksitiepatruunaventtiilit, logiikkapatruunat

Tässä opinnäytetyössä käsitellyssä puolanvaihtoautomaatissa on käytetty lähinnä suunta- ja vastaventtiilejä.

Suuntaventtiilien avulla pystytään määrittämään paineilman virtaussuunta ja toimilaitteen liikesuunta. Suuntaventtiilejä valmistetaan sekä luisti- että istukkatyyppisinä. Luistiventtiilit ovat halvempia, mutta istukkaventtiilit toimivat nopeammin, eivät tukkeudu yhtä helposti ja niiden käyttöikä on pidempi. Pneumatiikan suuntaventtiilit ovat yleensä 3/2-, 5/2- ja 5/3-venttiilejä. Ensimmäinen numero tarkoittaa liitäntöjen määrää ja toinen asentojen määrää. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 61.) Kuvassa 4 on esitetty 4/2- ja 4/3-suuntaventtiilien piirrosmerkit. Kuvassa A, B, P ja T ovat liitäntöjä.



KUVA 4. 4/2-suuntaventtiilin (vasemmalla) ja 4/3-suuntaventtiilin piirrosmerkit. (FLUID Finland 2003, 3.)

Vastaventtiilejä käytetään, kun halutaan sallia virtaus vain yhteen suuntaan. Tavallinen vastaventtiili päästää ilman virtaamaan yhteen suuntaan, mutta estää virtauksen toiseen. Vastusvastaventtiileillä (kuva 5) puolestaan pystytään sallimaan vapaa virtaus yhteen suuntaan ja vastustamaan virtausta toiseen. Vastusvastaventtiiliä käytetään yleisesti esimerkiksi sylinterien toimintanopeutta säädettäessä. Vastusta säädetään venttiilissä olevasta nupista tai säätöruuvista. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 66.)



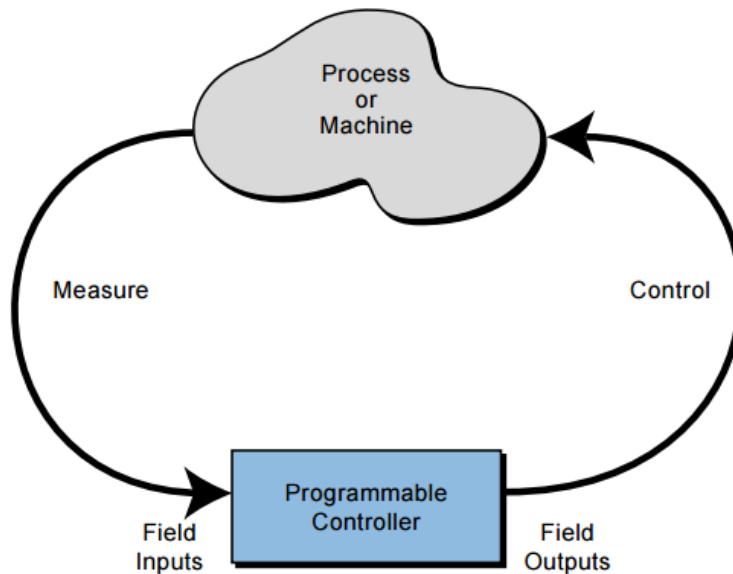
KUVA 5. Vastusvastaventtiili ja sen piirrosmerkki. (Festo Didactic 2005.)

## 2.2 Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) eli ohjelmoitava logiikka on teolliseen käyttöön tarkoitettu tietokoneohjausjärjestelmä, joka monitoroi reaaliaikaisesti sille saapuvia tulosignaaleja ja ohjaa niiden perusteella lähtöjä ohjelman mukaisesti. (Advanced Micro Controls Inc. 2014.)

Kuvassa 6 on kuvattu PLC:n toimintaa osana ohjausjärjestelmää. Otetaan esimerkiksi vaikkapa pneumaattinen sylinteri, joka on ohjelmoitu tekemään plus-liike kun tietty anturi tunnistaa kappaleen edessään. Kun kappale on anturin edessä, muuttuu anturin tila 0-tilasta 1-tilaan. Tämä tieto lähtee anturilta PLC:lle, joka lukee ohjelmasta, että kaikki

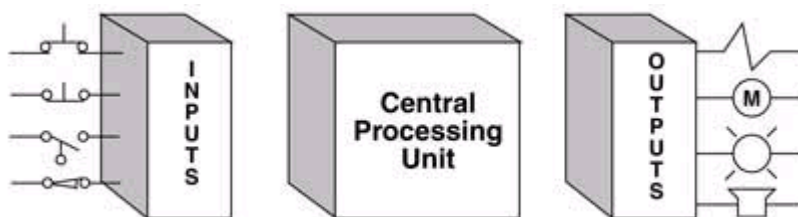
ehdot ohjelman toteuttamiseksi täyttyvät. Tällöin PLC lähettää käskyn sylinterille, joka tekee plus-liikkeen.



KUVA 6. PLC-ohjattu järjestelmä.(Bryan & Bryan)

PLC:n avulla pystytään korvaamaan jopa tuhansia releitä ja ajastimia ja sitä käyttämällä esimerkiksi laitteiden toiminnallisen muutoksen toteuttaminen ja vianetsintä on huomattavasti helpompaa kuin releohjauksilla.

Kuvassa 7 on esitetty PLC:n yksinkertaistettu rakenne. Ohjelmoitavassa logiikassa on tulo- ja lähtöportteja, joihin kaikki kentällä käytettävät laitteet on kytketty. Tuloihin kytketään anturit ja lähestymiskytkimet, jotka havainnoivat järjestelmän tilaa ja lähtöihin kytketään toimilaitteet, kuten sähköohjatut suuntaventtiilit ja merkkilamput. Logiikka lukee sensoreilta tulevia tietoja ja ohjaa toimilaitteita tehdyn ohjelman pohjalta. (Keinänen ym. 2007, 223.)



KUVA 7. PLC:n yksinkertaistettu rakenne. (Advanced Micro Controls Inc. 2014)

Markkinoilla on monia erityyppisiä ja –tasoisia logiikoita. Pienimmät logiikat pystyvät korvaamaan vain muutamia releitä, mutta suuremmat pystyvät suoriutumaan hyvinkin vaativista ohjausteknisistä tehtävistä. (Keinänen ym. 2007, 212.)

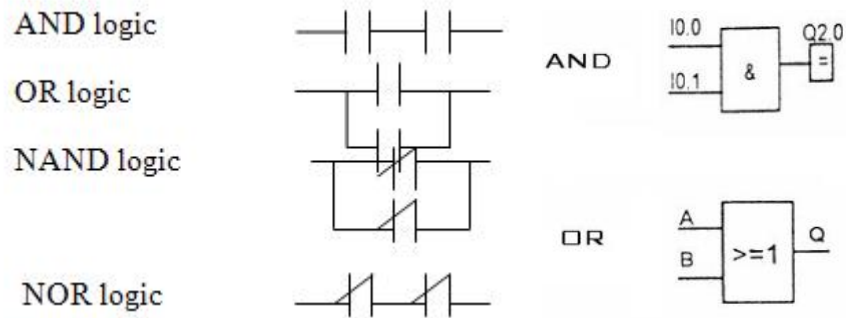
PLC-laitteita kutsutaan myös vapaasti ohjelmoitavaksi logiikaksi, sillä sen ohjelman kirjoitusjärjestys on vapaasti valittavissa. Tämä on mahdollista, koska järjestelmä selaa ohjelmaa kaiken aikaa. Kun ohjelmaan asetetut tuloehdot täyttyvät, logiikka ohjaa toimilaitteita, oli aktivoitunut piiri missä päin ohjelmaa tahansa. Logiikan selaus tapahtuu PLC-järjestelmissä kiertävästi. Ensin kaikkien logiikan tulojen ja lähtöjen tilat luetaan ja tallennetaan keskusyksikön I/O-muistiin. Tämän jälkeen kaikki muistissa olevat ohjelmarivit käydään läpi vuorotellen. Tulos käsitellään ja toteutetaan siinä järjestyksessä kun ne ovat ohjelmassa. Käskyt lähdöille lähtevät vasta kun toimintakierto on saatu loppuun END-komennolle asti. Kokonaisselausaika riippuu ohjelmassa olevien rivien määrästä. Selausajat ovat suuruusluokkaa 0,0005-0,1 ms/ohjelmarivi. (Keinänen ym. 2007, 212.)

Ohjelmoitavissa logiikoissa käytetään ohjelmointikieltä, joka koostuu porteista ja käskysanoista. Näillä voidaan toteuttaa esimerkiksi ajastimia, laskureita ja apumuisteja. Komennot vaihtelevat hieman riippuen logiikan valmistajasta. Ohjelmointi voidaan toteuttaa erilaisilla periaatteilla, joista Keinäsen ym. (2007, 223) mukaan yleisimmät ovat:

1. käskylista (STL), ”Statement List”
2. kosketinkaavio (LAD), ”Ladder Diagram”
3. toimintalohko-ohjelmointi (FBD), ”Function Block Diagram”

Kuvassa 8 näkyy yleisimpien toimintojen symbolit kosketin- eli tikapuuperiaatteella. Tikapuukaavio on ohjelmointiperiaatteista ehkä yksinkertaisin ja helpoiten ymmärrettävissä. Monimutkaisempia toimintoja ei kuitenkaan pystytä esittämään tikapuumuodossa, jolloin ne täytyy esittää toimintalohkomuodossa. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi ajastimet ja laskurit.





KUVA 8. Yleisimpien toimintojen symbolit kosketinperiaatteella ja toimintalohkoperiaatteella.

Käskylistaohjelmoinnissa (STL) komennot syötetään tekstimuodossa. Rakenteeltaan STL-ohjelmointi muistuttaa Pascal tai Basic ohjelmointikieliä. Käskyt ovat hyvin yksinkertaisessa muodossa (esimerkiksi AND, OR, THEN)

### **3 KUTOMAKONEEN PUOLANVAIHTO**

#### **3.1 Kutomakoneet**

Valmet Fabricsin Kaukajärven tehtaalla on käytössä useita puristinhuovan valmistamiseen tarkoitettua kutomakonetta.

Koneet ovat jo kymmeniä vuosia vanhoja, joten komponenteissa on luonnollisesti jonkin verran kulumaa. Kutomakoneita kuitenkin modernisoidaan, jotta käytettävä tekniikka ei pääse liiaksi vanhenemaan.

#### **3.2 Puolat**

Puolat ovat muovisia sauvoja, joiden ympärille kudottava lanka puolataan. Ajon aikana puolat kulkevat syöstävän sisällä kudottavan kappaleen puolelta toiselle, kunnes puolattu lanka loppuu ja puola täytyy vaihtaa. Syöstävä on puusta valmistettu kotelo, johon puola asetetaan puolanvaihdon aikana. Puola kiinnittyy syöstävään metallisen lukitusmekanismin avulla. Puolan täytyy olla tiukasti kiinni syöstävässä, tai voi syntyä vaaratilanteita, kun puola irtoaa syöstävästä kesken kudonnan.

Puolalta lanka ohjataan syöstävän jarruille, joita säätämällä pystytään vaikuttamaan langan purkautumisnopeuteen puolalta. Jarrut täytyy säätää jokaiselle lankamateriaalille erikseen.

Täysiä puolia lastataan valmiiksi puolanvaihtoautomaattiin, joka pystyy automaattisesti vaihtamaan syöstävässä olevan tyhjän puolan täyteen.

Puolien paksuus riippuu puolatusta materiaalista hyvinkin paljon. Yleisesti ottaen paksummilla, kerratuilla materiaaleilla varustetut puolat ovat paksumpia kuin siimalangalla puolatut puolat. Kerratuilla langoilla puolattujen puolien paksuus johtuu siitä, että yksinkertaisia lankoja on kiedottu toistensa ympäri. Tällöin sekä langan että puolan ympäröimä moninkertaistuu. Jotta puolien paksuutta pystyttäisiin hillitsemään, puolataan paksumpia lankalaatuja vähemmän yhteen puolaan kuin ohuita lankalaatuja. Tällöin paksummilla langoilla puolanvaihtotiheys on korkeampi. Puolan paksuus ja

tasaisuus saattaa joissakin tapauksissa vaikuttaa tiettyihin puolanvaihtoautomaatin työvaiheiden toimintavarmuuteen.

### **3.3 Syöstävät**

Syöstävä on siis puolatun kudelman kuljetin, jossa puola kulkee kudonnan aikana. Syöstävää lyödään kudonnan aikana kutomakoneen päästä päähän iskusyylintereillä. Syöstävässä on puolalle varattu paikka, johon se lukittuu syöstävän perässä olevan lukitusmekanismin avulla.

Puolanvaihdossa syöstävä tuodaan vaihtoasemaan, jossa tyhjä puola poistetaan sen sisältä ja sen tilalle laitetaan uusi puola.

### **3.4 Puolanvaihtoautomaatti**

Tämän opinnäytetyön keskiössä on puolanvaihtoautomaatti. Puolanvaihtoautomaatin tehtävä on poistaa tyhjä puola kutomakoneen syöstävästä ja laittaa täysi puola sen tilalle. Lisäksi puolanvaihtoautomaatti liittyy uuden puolan langan kiinni vanhaan lankaan, jotta kutomakone voi jatkaa kutomista ilman kudekatkoa. Suurin osa puolanvaihtoautomaatin liikkeistä on toteutettu pneumaattisesti sähköohjauksella, mutta jotkut liikkeet suoritetaan uudemmista järjestelmissä servomootorilla. Liikkeen toteutuksesta pneumatiikan avulla on kerrottu enemmän kappaleessa 2.1.

### **3.5 Puolanvaihtoautomaateilla esiintyvät häiriöt**

Puolanvaihtoautomaatin automaattiajon aikana tapahtuvia virheitä on useita erilaisia ja jotkut virheistä ovat yleisempiä kuin toiset. Tässä opinnäytetyössä on keskitytty yleisimpiin virheisiin ja niiden korjaamiseen.

Useimmilta koneilta on mahdollista tulostaa raportti, josta selviää kuinka monta mitäkin virhettä on tapahtunut. Osa listatuista virheistä voi johtua useammasta eri syystä, minkä takia puolanvaihtoraportista ei välttämättä voi suoraan nähdä mikä seikka virheen on aiheuttanut. Lisäksi raportista selviää iskujen määrä, puolanvaihtojen kokonaismäärä, epäonnistuneiden puolanvaihtojen määrä ja hyötysuhde.

## 4 TUTKIMUS JA RATKAISUT

### 4.1 Tiedonhankinta

Tiedonhankintaosuus aloitettiin keräämällä videomateriaalia eri kutomakoneiden puolanvaihtoautomaateista. Käytössä oli GoPro HERO4 Black –videokamera, jolla kuvattiin 1080p-laatuista videota 60 fps:n kuvataajuudella. Videoiden laatu oli erittäin hyvä ja suuri kuvataajuus takasi hyvän tarkkuuden myös videota hidastettaessa.

Käytössä oli kaksi 128 GB:n muistikorttia, joihin mahtui yhteensä noin 16 tuntia videomateriaalia. Videointi suoritettiin siten, että ensimmäinen muistikortti nauhoitettiin täyteen päivä- ja iltavuoron aikana ja toinen muistikortti yövuoron aikana. Muistikorttien materiaali käytiin läpi seuraavana arkipäivänä, jolloin videoilta etsittiin puolanvaihtoautomaatin tekemät virheet ja ne tallennettiin tietokoneen muistiin. Virheiden löytämisen helpottamiseksi käytettiin tuotannonseurantaohjelmisto Arrowia, josta pystyttiin näkemään, mihin kellonaikaan puolanvaihtoautomaatin tekemät virheet ovat tapahtuneet. Näin ollen materiaalista täytyi käydä läpi ainoastaan murto-osa. SAP-ohjelmiston avulla pystyttiin suunnittelemaan etukäteen, mitä konetta kannattaa kuvata. SAPista pystytään näkemään koneen tuotantojonot ja työstettävä materiaali.

Tallennetut videoleikkeet virheistä arkistoitiiin ja lajiteltiin kuvatun kutomakoneen, puoliin puolatun materiaalin ja päivämäärän mukaan. Tällä tavalla virheiden analysointi oli myöhemmin helpompaa ja nopeampaa. Tiedonhankinnan aikana kuvattiin neljän eri kutomakoneen puolanvaihtoautomaatteja. Kuvakulmia muutettiin aina sen mukaan, mistä virheestä haluttiin enemmän tietoa.

Videointia käytettiin hyödyksi myös projektin loppupuolella arvioimaan implementoitujen ratkaisujen toimivuutta, sillä jotkin ratkaisuista olivat sellaisia, ettei niiden toimivuutta pystytty muuten todentamaan.

Lisäksi virheet kirjattiin Excel-taulukkoon, jossa ne on esitetty niin ikään kutomakoneen, päivämäärän, puolatun materiaalin mukaan. Taulukkoon on tehty myös huomioita virheiden kaavamaisuudesta ja epätavallisuudesta.

Videoinnin lisäksi tiedonhankintaa suoritettiin haastattelemalla kutomon työntekijöitä eli kutojia ja teknisiä osaajia. He ovat niitä, jotka koneita käyttävät, joten heiltä saatiin paljon tietoa erilaisista virheistä ja niiden aiheuttajista. Projektin aikana käytiin palavereja myös tuotannonkehitystiimin kanssa, joka kertoi omat mielipiteensä. Palavereihin osallistui tarpeen mukaan myös teknisiä osaajia ja kunnossapitoinsinöörejä.

## **4.2 Ratkaisujen ideointi**

Suurin osa puolanvaihtoautomaateilla tapahtuvista häiriöistä pystytään poistamaan säätötoimenpiteillä. Jokaisella koneella virhe syntyy kuitenkin eri syistä, joita voi olla useampia. Jos halutaan poistaa virheet kaikista koneista, joudutaan niitä tarkkailemaan aktiivisesti, jotta saadaan selville mitä täytyy säätää, mihin suuntaan ja kuinka paljon. Usein syitä ei edes pysty näkemään paljaalla silmällä vaan ne näkee vain esimerkiksi videolta hidastettuna. Kutomakoneen kaltaisessa tuotantolaitteessa toiminnan optimoiminen on hyvin haastavaa, ellei jopa mahdotonta sillä työstettävä materiaali ei ole aina samanlaista.

Vaikka joitakin säätötoimenpiteitä tehtiinkin, pyrittiin työn aikana löytämään myös ratkaisuja, joilla pystyisi vähentämään virheitä, vaikka niiden aiheuttajat eivät olisikaan täsmälleen samoja. Täten pystytään ns. lyömään monta kärpää yhdellä iskulla eikä laitteiden säätöön mene niin kauaa.

Tässä julkisessa versiossa ratkaisuja ei voida kuitenkaan tarkemmin käydä läpi, sillä ne kuuluvat salassapitosopimuksen piiriin.

## **4.3 Ratkaisujen vaikutukset**

Toteutetut ratkaisut saatiin toimimaan hyvin ja niiden avulla saatiin vähennettyä tapahtuvia virheitä huomattavasti jokaisella koneella, jolla niitä kokeiltiin. Erästä virhettä saatiin ratkaisujen avulla vähennettyä yli 80% ja toisen virheen tapahtuessa se saatiin korjattu 90% varmuudella ratkaisujen avulla.

Lisäksi projektin aikana keksittiin ratkaisuvaihtoehtoja, joita ei projektin ajan ehditty testaamaan. Monet näistä ideoista keskittyivät samojen virheiden korjaamiseen kuin ne, joita pantiin käytäntöön, jonka takia niiden testaamista ei nähty tarpeelliseksi. Mikäli

jokin käytäntöön pannuista ratkaisuista ei osoittaudu pitkällä aikavälillä toimivaksi, voidaan ongelma pyrkiä ratkaisemaan näillä ideoilla.

## 5 POHDINTA

### 5.1 Loppupäätelmät

Projektin voidaan sanoa onnistuneen. Virheitä saatiin vähennettyä huomattavasti niillä koneilla, joilla ratkaisuja ehdittiin kokeilla. Tämä tarkoittaa, että puolanvaihtoautomaattien virheitä pystyy vähentämään ja siihen kannattaa aktiivisesti pyrkiä. Pienilläkin säätötoimenpiteillä voidaan saada aikaan suuri parannus.

Esimerkiksi puolanvaihtoraporttien tai kutojien palautteen perusteella voidaan löytää jokin säännöllisesti tapahtuva virhe ja korjata se. Tarkan syyn selvittämiseksi konetta voi joutua seuraamaan useita päiviä, mutta jos sen avulla saadaan virheitä vähennettyä, on se sen arvoista.

Osa opinnäytetyön sisältämistä ratkaisuista vaati ohjelmamuutoksia, mutta uusia toimilaitteita tai antureita ei tarvinnut asentaa. Nämäkin ratkaisut toimivat käytännössä hyvin ja niiden avulla saatiin parannettua laitteen toimintavarmuutta niin paljon, että ideat kannattaa kopioida kaikille puolanvaihtoautomaateille.

Opinnäytetyön valmistuminen vaati paljon paikallaoloa työpaikalla, mutta se ei opinnäytetyöntekijää haitannut, sillä aihe oli opinnäytetyön tekijälle hyvin mieleinen ja tarpeeksi haastava. Etenkin työn käytännönläheisyys ja se, että työn aikana pääsi näkemään oman työnsä tulosta, olivat hyviä asioita ja kannustivat eteenpäin. Lisäksi aihe oli oikeasti tärkeä myös kohdeyritykselle, jonka takia motivaatio opinnäytetyön tekemiseen pysyi koko ajan korkealla. Aihe oli alusta asti rajattu hyvin ja koko ajan oli melko selvät suunnitelmat siitä, mitä seuraavaksi tapahtuu. Työn aikana opinnäytetyön tekijälle vahvistui entisestään ajatus siitä, että tuotannonkehityksen parissa työskentely olisi mielenkiintoista myös valmistumisen jälkeen.

Kutomon työntekijät jaksoivat aina vastata asiallisesti kysymyksiin ja kertoa oman mielipiteensä. Työnjohto ja tuotannonkehitys olivat suurena tukena koko projektin ajan ja auttoivat aina kun opinnäytetyöntekijä sitä tarvitsi. Ylipäätään tuntui että kaikki olivat aidosti kiinnostuneita projektista ja ottivat sen tosissaan.

## LÄHTEET

Advanced Microcontrols Inc. (AMCI) 2014, What Is A Programmable Logic Controller (PLC) Luettu 12.4.2016

<http://www.amci.com/tutorials/tutorials-what-is-programmable-logic-controller.asp>

Bryan, L.A. & Bryan, E.A. 1997, Programmable Controllers – Theory and Implementations, Second Edition. Marietta: Industrial Text and Video Company

Elprocus. Intorduction of Programming Logic Controller. Luettu 19.4.2016

<https://www.elprocus.com/understanding-a-programming-logic-controller/>

Festo Didactic 09/2005, Pneumatiikkakomponentit.

Festo FAST Catalog 06/2014. Linear Actuators DGC. Luettu 21.4.2016

[https://www.festo.com/rep/en-us\\_us/assets/pdf/Linear\\_Actuators\\_DGC.pdf](https://www.festo.com/rep/en-us_us/assets/pdf/Linear_Actuators_DGC.pdf)

FLUID Finland 2003, Pneumatiikka – venttiilit. Luettu 12.4.2016

<https://asiakas.kotisivukone.com/files/fluidfinland.kotisivukone.com/FluidKlinikat/10.suuntaventtiilit.pdf>

Jouppila V. lehtori. 2016. Servo- ja säätötekniikka. Luento. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere

Fonselius, J., Rinkinen J. & Vilenius M. 1998. Koneautomaatio: Servotekniikka. Helsinki: Opetushallitus

Kosonen, S. & Kilpeläinen, J. 2008. Puristinhuopapohjakankaiden leveyserojen minimointi. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tekstiili- ja vaatetustekniikan koulutusohjelma.

SFS-ISO 1219-1, Hydrauliset ja pneumaattiset tehonsiirtojärjestelmät ja komponentit. Piirrosmerkit ja piirikaaviot. Osa 1: Piirrosmerkit tavanomaiseen käyttöön ja tietojenkäsittelysovelluksiin. 9.4.2016 Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. SFS Verkkokauppa.



Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2007.  
Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjausjärjestelmät. Helsinki: WSOY

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2005. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja  
pneumatiikka. Helsinki: WSOY

Valmet Fabrics, kutomon tekniset osaajat. 2016. Palaveri 11.3.2016. Tampere.

Valmet lyhyesti. Valmet Oy. Luettu 14.3.2016

<http://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>