

LUT-YLIOPISTO
LUT School of Energy Systems
LUT Kone

Mikael Paalanen

PURISTINOSAN PNEUMATIIKAN KEHITTÄMINEN

Kangasniemellä 25.11.2020

Tarkastajat Professori Heikki Handroos
TkT Hamid Roozbahani

TIIVISTELMÄ

LUT-Yliopisto
LUT Energiajärjestelmät
LUT Kone

Mikael Paalanen

Puristinosan pneumatiikan kehittäminen

Diplomityö

2020

53 sivua ja 14 kuvaa

Tarkastajat: Professori Heikki Handroos
TkT Hamid Roozbahani

Hakusanat: puristinosa, pneumatiikka, kehitys, paperikone, kartonkikone

Jatkuvasti kasvava kilpailu teollisilla markkinoilla lisää teknologian vaatimuksia jatkuvasti. Nopeasti kehittyvät markkinat vaativat optimoituja ratkaisuja, jolloin kustannustehokkuus ja laatu ovat avainasemassa asiakastyytyväisyydessä. Työn päätavoitteena on kehittää puristimen pneumatiikkaa ja tarkastella optimoituja ratkaisuja. Valmetin päätavoitteita tulevien vuosin aikana on parantaa toiminnan kustannustehokkuutta, joustavuutta ja asiakastyytyväisyyttä.

Diplomityö tehtiin Valmet Technologies Oy:n Jyväskylän toimipisteelle. Työn tavoitteena oli kehittää puristinosan pneumatiikkaa ja löytää kehityskohteet työn edetessä. Työ keskittyy kehittämään puristimen pneumatiikkateknologiaa ja tehostamaan pneumatiikkasuunnittelua. Työn tarkoituksena on parantaa pneumaattisia teknologiaratkaisuja.

Tutkimusmenetelmänä käytetään toimintatutkimusta. Aluksi selvitetään yrityksen pneumatiikkateknologian nykytilanne ja siihen vaikuttavia sidosryhmiä. Kirjallisuus osuudessa perehdytään kartonki- ja paperikoneeseen, koneen puristinosaan, pneumatiikkaan ja puristimen pneumaattisiin toimilaitteisiin. Vertailemalla eri projektien teknologioita keskenään, voidaan valita kustannustehokkain ja toimivin ratkaisu modulaariselle suunnittelulle.

Tutkimuksen päätavoitteista on arvioida pneumatiikan nykyisten mallien tilanne ja parantaa, sekä kehittää malleja modulaarisiksi. Tuloksista päätellen voidaan sanoa, että yhtenäisten ratkaisujen yhtenäistäminen ja modulaarisuuden kehittäminen toisi kustannustehokkuutta ja parantaisi pneumatiikkateknologiaa puristinosalla entisestään. Työn lopussa ehdotetaan tulevaisuuden kehityskohteita, joita tulisi viedä eteenpäin. Näin pneumatiikan suunnittelua muilla koneen osilla voitaisiin parantaa entisestään, jotta teknologiaratkaisut olisivat optimoituja ja modulaarisuuteen perustuvia.

ABSTRACT

LUT University
LUT School of Energy Systems
LUT Mechanical Engineering

Mikael Paalanen

Press Section Pneumatics Development

Master's thesis

2020

53 pages and 14 figures

Examiners: Professor Heikki Handroos
D. Sc. (Tech.) Hamid Roozbahani

Keywords: press section, pneumatics, improve, board machine, paper machine

Increasing competition in the industrial market is constantly increasing the demands of technology. A rapidly evolving market requires optimized solutions. Cost-effectiveness and quality are the key to customer satisfaction. The main goal of the work is to develop the pneumatics of the press section and investigate optimized solutions. Valmet Oy's main objectives in the coming years are to improve the cost-effectiveness, flexibility and customer satisfaction of operations.

The master's thesis was carried out at Valmet Technologies Oy's Jyväskylä office. The aim of the work was to develop the pneumatics of the press section and to find the areas of development as the work progresses. The work focuses on developing press pneumatics technology and improving pneumatic solutions. The purpose of the work is to improve pneumatic technology solutions.

The functional research method was used in this master's thesis. The first task was to investigate the company's current pneumatic technology and stakeholders who are affected by it. The literature section is based on the board and paper machine, the press section, pneumatics and the pneumatic actuators of the press. By comparing the technologies of different projects, the most cost-effective and functional solution for modular design can be chosen.

One of the main objectives of the study is to assess the situation and improve the current models of pneumatics and to develop the models into modular ones. Judging by the results, it can be said that unifying and developing modularity would bring cost-effectiveness and further improve pneumatic technology in the press section. At the end of the work, future development targets are proposed, which should be investigated. This would further improve the design of pneumatics with other parts of the machine and will optimize technology solutions and modularity.

ALKUSANAT

Haluan kiittää Valmet Technologies Oy Rautpohjan toimipaikkaa tämän työn aiheesta ja mahdollisuudesta kehittää automaatio-osastoa. Työ saatiin valmiiksi vaikka työlle oli asetettu nopea aikataulu ja työkiireet veivät osan diplomityön ajasta. COVID-19 rajoituksista huolimatta pääsin työn aikana Saksan työmaalle käyttöönottoon ja osallistuin etätestaukseen Rautpohjassa syksyn aikana.

Kiitos asiantuntijoille, jotka kertoivat uusia näkemyksiä, omia kokemuksia ja kehitysehdotuksia. Vuosien saatossa saadut käytännön kokemukset toivat paljon lisäarvoa työlle. Lisäksi haluan kiittää ystäviäni ja puolisoani, jotka ovat olleet tukena ja kannustaneet minua opiskelujen aikana.

Mikael Paalanen

Mikael Paalanen

Kangasniemellä 25.11.2020

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|---|-----------|
| TIIVISTELMÄ | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| ALKUSANAT | 3 |
| SISÄLLYSLUETTELO | 5 |
| LYHENNELUETTELO | 7 |
| 1 JOHDANTO | 8 |
| 1.1 Valmet toimialat | 9 |
| 1.2 Valmet Suomessa..... | 9 |
| 2 TUTKIMUKSEN KUVAUS | 11 |
| 2.1 Tutkimuskysymykset..... | 11 |
| 2.2 Tutkimusmenetelmät..... | 11 |
| 2.3 Työn rakenne ja rajaus | 12 |
| 3 TEORIA | 14 |
| 3.1 Kartonki- ja paperikone | 14 |
| 3.2 Puristin..... | 15 |
| 3.2.1 Linear | 16 |
| 3.2.2 Center..... | 17 |
| 3.3 Puristimen pneumaattiset komponentit..... | 17 |
| 3.3.1 Telat | 18 |
| 3.3.2 Kaapimet..... | 20 |
| 3.3.3 Päävientit..... | 21 |
| 3.3.4 Kiristimet ja ohjaimet | 22 |
| 3.3.5 Muut toimilaitteet | 23 |
| 3.4 Pneumatiikka | 24 |
| 3.4.1 Hyödyt ja haitat..... | 25 |
| 3.4.2 Paineilmakeskus ja -verkosto..... | 27 |
| 3.4.3 Venttiilit | 31 |
| 3.5 CADMATIC-järjestelmä | 33 |
| 3.6 Kustannustehokkuus | 34 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4 | TOTEUTUS JA TULOKSET | 36 |
| 4.1 | Pneumatiikkasuunnittelu Valmetin Rautpohjan toimipisteessä..... | 36 |
| 4.1.1 | Suunnitteluorganisaatio | 36 |
| 4.1.2 | Nykyinen suunnitteluprosessi | 36 |
| 4.1.3 | Pneumatiikkasuunnittelun mallit | 38 |
| 4.2 | Modulaariset ratkaisut..... | 39 |
| 4.3 | Komponenttien valinnan koneenosien välillä..... | 41 |
| 4.4 | Vaihtelevuus valmistajien välillä..... | 41 |
| 4.5 | Materiaalivalinnat | 41 |
| 4.6 | Venttiilikaappien sijainti | 42 |
| 4.7 | Asiakkaan kustannukset..... | 43 |
| 4.8 | Kustannukset mihin ei voida vaikuttaa | 44 |
| 5 | JOHTOPÄÄTÖKSET | 45 |
| 5.1 | Tulosten hyödynnettävyys | 47 |
| 5.2 | Tulevaisuuden tutkimusaiheet | 47 |
| 6 | YHTEENVETO | 49 |
| | LÄHTEET | 51 |

LYHENNELUETTELO

| | |
|------|--|
| AISI | American Iron and Steel Institute, Amerikan rauta- ja teräsinstituutti |
| CAD | CAD Computer Assisted Design, Tietokoneavusteinen suunnittelu |
| DB | Database, Tietokanta |
| DM | Data Management, Tiedonhallinta |
| ID | Identifier, Tunniste |
| IOT | Internet Of Things, Esineiden internet |
| LWC | Lightweight Coated, Kevyesti päällystetty |
| PDM | Product Data Management, Tuotetiedon hallinta |
| PLM | Product Lifecycle Management, Tuotteen elinkaaren hallinta |
| VPC | Valmet Performance Center, Valmetin suorituskykykeskus |

1 JOHDANTO

Tuotteiden ja teknologian jatkuva kehitys on keskeinen osa yrityksen liiketoimintaa. Jatkuvalla optimoinnilla pyritään vastaamaan markkinoiden muuttuviin tarpeisiin. Optimoiduilla ratkaisuilla pyritään saavuttamaan kilpailuetua ja samalla vastataan asiakastarpeisiin kustannustehokkaasti. Tämä projektityö tehtiin Valmet Technologies Oy:n Rautpohjan toimipisteen automaatio-osastolle. Valmet pyrkii jatkuvasti kehittämään omia ratkaisuja ja tämä näkyy myös jatkuvasti markkinoilla tulevissa uusissa tuotteissa, sekä innovatiivisissa teknologiaratkaisuissa.

Työssä tutkitaan olemassa olevia ratkaisuja ja niiden kustannustehokkuutta. Työn tavoitteena on luoda uusia ratkaisuja, jotka ottavat huomioon joustavuuden ja kustannustehokkuuden. Tutkimuksissa otetaan huomioon tuotteen ja teknologiaratkaisujen koko elinkaari.

Tällä diplomityöllä pyritään löytämään kustannustehokkaita ratkaisuja valmiina oleville tuotteilleen pneumatiikan osalta. Tutkimus tehdään toiminta- ja käytännöntutkimuksena, jonka pohjana toimii kirjallisuusselvitys. Kirjallisessa osuudessa käsitellään pneumatiikkateknologialle tärkeitä teemoja ja erilaisia puristimen komponentteja, jotka käyttävät pneumatiikkaa.

Valmet Technologies Oy yrityksellä on pitkä teollinen historia, joka on yli 220 vuotta. Valmet omistaa nykyään monia vanhoja yrityksiä, jopa 1800-luvulla perustettuja yrityksiä kuten Karlstad Mekaniska Werkstad (KMW), joka aloitti toimintansa Ruotsissa vuonna 1865. Beloit Corporation aloitti toimintansa 1858, joka sijaitsee Yhdysvalloissa Wisconsinin osavaltiossa. Beloit oli vahva paperikonevalmistaja Yhdysvalloissa ennen kuin Valmet osti heidän yrityksensä. (Valmet 2020b.)

Vuonna 1946 Suomen valtio omisti monia eri metallitehtaita, jotka yhdistyivät Valtionmetallitehtäiksi. Nimi muuttui vuonna 1951 Valmet Oy, jolloin tuotevalikoima laajeni vuosien myötä. Silloin vielä valmistettiin laivoja, lentokoneita, aseita, vetureita,

traktoreita, hissejä ja paperikoneita. Vuonna 1999 syntyi Metso -fuusio, jossa Valmet ja Rauma yhdistyivät. Silloin Valmet ja Rauma sai yhteisen nimen Metso. Vuonna 2013 Metso jakautui omaksi pörssiyhtiöksi ja Valmet Technologies osakeyhtiöksi. (Valmet 2020b.)

1.1 Valmet toimialat

Valmet toimittaa kuituteknologiaosaamista sellukoneiden valmistuksessa. Valmet tarjoaa kokonaisia prosesseja mekaanisen massan valmistukseen ja massan käsittelyyn. Valmet on myös erikoistunut kartonki-, paperi- ja pehmopaperiteknologiaan. Valmet on valmistanut yli 700 kartonkikonetta ja 900 paperikonetta globaalisti ympäri maailmaa. Valmet toimittaa koko prosessin massankäsittelystä lopputuotteeseen asti. Valmet ei ole pelkästään tuotantokoneen toimittaja, vaan yritys on erikoistunut myös suunnittelussa, toteutuksessa, asennuksessa ja huoltosopimuksissa, jotta asiakas kykenee käyttämään tuotantokonetta täydellä kapasiteetilla. (Valmet 2020a.)

Valmet Technologies Oy valmistaa myös energiaratkaisuja, jotka perustuvat biomassan, jätteen ja erilaisten polttoaineyhdistelmiin, joilla voidaan tuottaa energiaa. Valmetilla on laaja osaaminen polttoainetuntemukseen. Valmet toimittaa monipuolisia energiaratkaisuja, jotka ovat luotettavia ja kustannustehokkaita ratkaisuja energiantuottamiseen. Laajaan energia- ja ympäristötarjontaan kuuluvat leijukattilat, kaasuttimet, voimalaitokset ja monia muita energiateknologiaa liittyviä ratkaisuja. (Valmet 2020a.)

1.2 Valmet Suomessa

Valmet toimii ympäri suomea. Toimipaikkoja on muun muassa Jyväskylässä, Tampereella, Järvenpäässä ja Raisiossa. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Espoossa. Suurin toimipiste sijaitsee Tampereella, jossa työskentelee lähes kaksi tuhatta henkilöä. Tampereella valmistetaan paperikoneiden viiroja ja suodatinkankaita. Valmet Automation Oy:n ratkaisut tulevat Tampereelta. (Valmetin toiminnot suomessa 2020c.)

Jyväskylässä Rautpohjassa sijaitsee paperikonetehtas, jossa valmistetaan paperi- ja kartonkikoneita, sekä sellun kuivatuskoneita. Jyväskylässä on myös Valmet Performance Center (VPC) etäpalvelukeskus, joka keskittyy etäpalveluihin. Valmet on pyrkinyt kehittämään erilaisia IOT (Internet of Things) ratkaisuja ja yhdistämään uusia ratkaisuja

tuotantolinjoihinsa. Jyväskylässä sijaitsee myös teknologia keskus, sekä kaksi koekonetta, joissa asiakkaat voivat testata heille toimitettavia uusia konsepteja. Testauksilla asiakas saa etulyöntiaseman muihin kilpailijoihin, minkä avulla he voivat olla myös johtavassa asemassa paperi- tai kartonkituotantomarkkinoilla. (Valmet 2020c.)

Kuvassa 1 on esitetty Valmetin Jyväskylän yksikkö, joka sijaitsee Rautpohjan tehdasalueella. Yksikössä työskentelee 1450 omaa henkilöä ja lisäksi ulkopuolisia yhteistyökumppaneita työskentelee noin 350 henkilöä. Yksikössä sijaitsee määränpään rakenneryhmät, jotka valmistavat kaapimia, höyrykytkimiä, korkeapainelaitteita, vesikalusteita, automaatio-, hydraulikka- ja voitelujärjestelmiä. (Valmet 2020c).



Kuva 1. Valmetin Jyväskylän yksikkö (Valmet 2020c).

2 TUTKIMUKSEN KUVAUS

Tässä pääluvussa esitellään tutkimuskysymykset, työssä käytetyt tutkimusmenetelmät, työn rakenne ja rajaus.

2.1 Tutkimuskysymykset

Kirjallisuudesta löytyy useita pneumatiikkasuunnitteluun liittyviä ratkaisuja. Ratkaisut eivät kuitenkaan ota juuri kantaa kuinka kustannustehokkaita ratkaisuja ne ovat verrattuna muihin saman tyyppisiin ratkaisuihin. Työn päätutkimuskysymys on tutkia erityyppisiä ratkaisuja ja löytää kustannustehokkaita pneumatiikkasuunnitteluun liittyviä ratkaisuja. Tulosten pohjalta voidaan kehittää modulaarisia malleja ja parempia ratkaisuja puristinosalle.

Valmetin päästrategiaan liittyy innovatiivinen ja johtava teknologia. Tätä varten Valmetilla on käynnistetty useita sisäisiä projekteja, joilla voidaan parantaa teknologiaa ja taataan johtava asema globaaleilla markkinoilla. Yksi suurimmista projekteista on modulaarisen suunnittelun kehittäminen, jossa mekaniikka ja automaatio tekevät yhteistyötä.

Yritykset pyrkivät jatkuvasti parantamaan ja tehostamaan teknologiaratkaisuja. Tällä työllä pyritään tuomaan esille ongelmakohtat puristinosan pneumatiikka teknologiassa ja parantamaan teknologian valintaprosessia. Tutkimustyöllä kehitetään prosessia paperikoneen ostovaiheesta aina ensimmäisen lopputuotteen valmistukseen asti.

2.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen tavoitteena on tutkia kirjallisuutta pneumatiikan osalta suunnittelusta lähtien ja löytäen kustannustehokkaita, sekä joustavia ratkaisuja. Kirjallisuudessa ei juurikaan vertailla yksityiskohtaisia ratkaisuja vaan tuodaan esille erilaisia pneumatiikkaratkaisuja. Tutkimusosuudessa pyritään löytämään oikeita ratkaisuja suunnittelijan näkökulmasta. Työ pyrkii ohjaamaan suunnittelijoita ja muita sidosryhmiä huomioimaan valmistettavuuden, joustavuuden ja modulaarisen suunnittelun vaatimukset. Suunnittelijoille tärkeitä teemoja ovat moduulit, modulaarisuus, sidosryhmät, valmistettavuus, joustavuus, rajapinnat ja asiakasvaatimukset. Suunnittelijan täytyy ottaa myös huomioon asennus- ja

käyttönottokustannukset. Voidaan huomata, että suunnittelijan täytyy ottaa huomioon monia eri asioita taatakseen kustannustehokkaan ja toimivan ratkaisun.

Tutkimus on toteutettu toimintatutkimuksena. Toimintatutkimus pyrkii muuttamaan vallitsevia käytänteitä yrityksessä. Tutkimuksella etsitään ratkaisuja käytännön ongelmiin. Tutkimuksessa ongelma on keskeinen osa tutkimusta, jossa pyritään löytämään ratkaisu käytännön kautta. Tutkittava kohde on aktiivisessa roolissa toimintatutkimuksessa. Tutkimuksen tarkoituksena ei ole pelkästään selvittää ja kuvata ongelmia vaan myös ratkaista ja parantaa tutkittavaa kohdetta tutkimuksen yhteydessä. (Kuula 2020.) Diplomityössä löydetään keskeiset ongelmat puristinosan pneumatiikassa ja samalla kehitetään toimivia ja parempia ratkaisuja. Työn laajuuden takia puristinosuuden kehitettyjä malleja ja ratkaisuja ei ehditty testata uudessa projektissa.

2.3 Työn rakenne ja rajaus

Tässä työssä käsitellään pneumatiikkasuunnitteluun liittyviä kokonaisuuksia. Valmetilla on jo käytössä modulaarisia tuotekehitysprosesseja. Kehitysprojektissa keskitytään olemassa oleviin pneumatiikan modulaarisiin malleihin, pneumatiikkamallien sisältöön ja eri pneumatiikkateknologian ratkaisuihin. Työssä ei keskitytä yksityiskohtaisiin komponentteihin tai ratkaisuihin vaan tarkastellaan kokonaisuutta. Työ keskittyy suunniteltuihin kokonaisuuksiin ja niiden periaatteisiin.

Pääluku kolme alkaa kirjallisuusselvityksellä, jossa esitellään paperi- ja kartonkikoneen puristinosuus, sekä siihen liittyvät pneumaattiset toimilaitteet. Kirjallisuudesta löytyi erinomaisesti tietoa paperi- ja kartonkikoneista, pneumatiikasta ja siihen liittyvistä teknologiasta. Teoriaosuudessa keskitytään myös suunnittelijan ohjelmistoihin, joilla suunnitteluvaiheessa voidaan parantaa pneumatiikan teknologiaa ja malliratkaisuja.

Neljännessä pääluvussa esitetään työn tulokset. Tuloksissa käydään läpi suunnitteluorganisaatio ja nykyinen suunnitteluprosessi, sekä pneumaattiset mallit. Tuloksissa esitetään modulaariset ratkaisut, joita suunniteltiin. Pääluvussa esitellään myös työmaalta löydetyt havainnot.

Viidennessä pääluvussa kerrotaan johtopäätökset. Tuloksista voidaan tehdä yrityksen kannalta tärkeimmät päätelmät, miten suunnitteluprosessia tulisi parantaa, jotta ongelmallisista teknologiaratkaisuista päästäisiin eroon. Saksassa sijaitsevassa uuden tuotantolinjan työmaalta havaittuihin ongelmatilanteisiin pohditaan myös ratkaisuja. Tuloksista tulisi ymmärtää tärkeät teemat ja asiat, joita on tuotu esille. Johtopäätöksissä on myös tuotu esille tulevaisuuden tutkimusaiheita, joita tulisi tutkia ja viedä eteenpäin joko yrityksen sisäisesti tai tekemällä yhteistyötä oppilaitosten kanssa. Viimeisessä pääluvussa on työn yhteenveto, jossa on tiiviisti esitelty koko diplomityö.

3 TEORIA

Tässä pääluvussa tehdään työn kirjallinen katsaus. Tässä osuudessa on pyritty käsittelemään työlle tärkeitä teemoja ja avataan lukijalle puristinosalla sijaitsevia pneumaattisia komponentteja. Puristinosalla sijaitsee monta tuotetta, jotka käyttävät pneumatiikkaa hyödyksi.

Teoriaosuudessa käytettiin paljon eri kirjallisuuslähteitä ja internetin tieteellisiä lähteitä. Tiedonhaussa keskityttiin vahvoihin lähteisiin. Heikkoja lähteitä vältettiin ja niitä ei käytetty ollenkaan. Huonoja lähteitä ovat muun muassa opinnäytteet, ei-tieteelliset lehtiartikkelit, lähteet, joissa ei ole asianmukaista lähdeviittausta ja julkaisemattomat tai salaiset aineistot (Eskelinen & Karsikas 2014, s. 153).

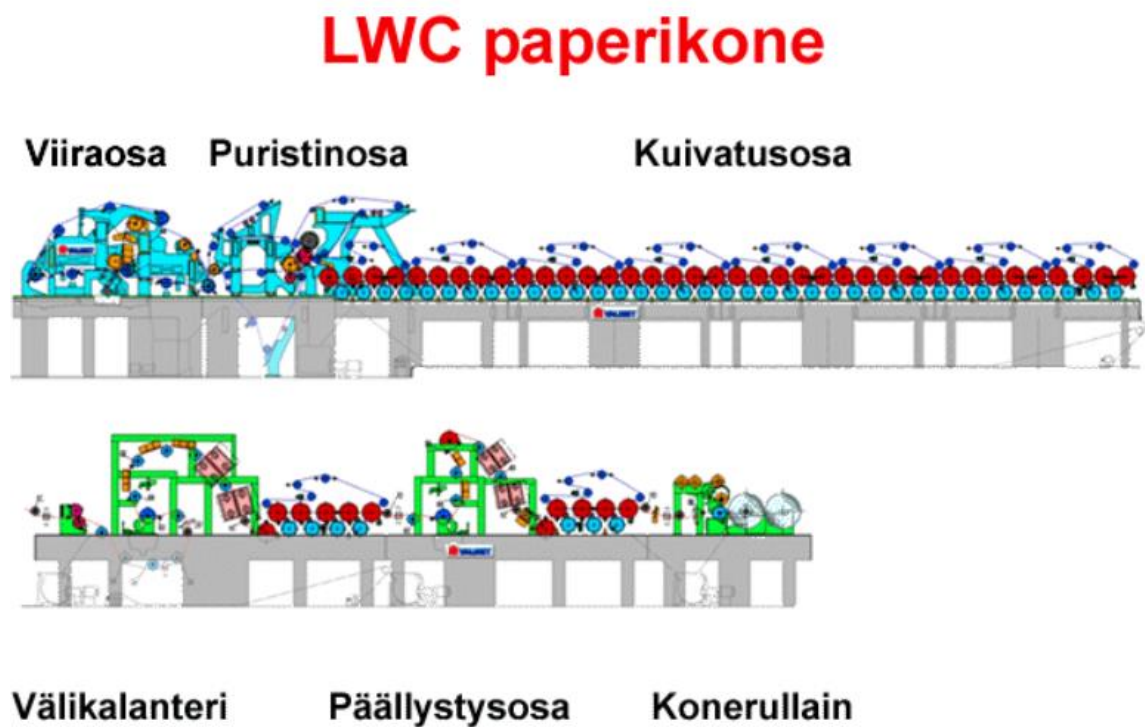
3.1 Kartonki- ja paperikone

Tyypillinen LWC (Lightweight coated) paperikone on esitetty kuvassa 2. Kartonki- tai paperikone alkaa perälaatikosta, joka on sijoitettu viiraosalle. Perälaatikko syöttää viiralle vesipitoisen raaka-aineen, jota kutsutaan massaseokseksi. Seos levitetään tasaiseksi rainaksi. Rainaa vahvistetaan poistamalla siitä suuria määriä vettä jo heti viiraosalla. (Knownpap 2001.)

Paperirata kulkeutuu viiraosalta puristinosalle, jossa rataa puristetaan voimakkaasti. Rata siirretään puristinosalta kuivatusosalle, jossa radan vesipitoisuutta kuivatetaan haihduttaen vesipitoista rainaa kuumassa ympäristössä. Tämän jälkeen rata on valmis jälkikäsitteilyä varten. Koneerullain rullaa paperin tai kartongin tampuurin ympäri, joka voidaan toimittaa leikkurille, joka leikkaa sen asiakkaan vaatimusten mukaiseksi. (Knownpap 2001.)

Suurin ero kartongin ja paperin välillä on niiden neliömassa. Kartonki on monikerroksinen ja massa on suurempi verrattuna paperiin. Kartonki on paksua paperia, minkä voi huomata niiden neliömassoista. Paperin neliömassa on noin 50–90 g/m² ja kartongin neliömassa on noin 170–450 g/m². Kartonki on monikerroksista, kun sitä verrataan paperiin. Kartongin kerroksissa voidaan käyttää erilaisia raaka-aineseoksia, jotta saavutetaan haluttu ominaisuus

kartongilta. Kartongin kerroksien määrä voi vaihdella yhdestä viiteen kerrosta. Mikäli kartongilla on korkea neliömassa, silloin vedenpoistovastus kasvaa eksponentiaalisesti. (Knownpap 2001.)



Kuva 2. LWC paperikone (Knownpap 2001).

3.2 Puristin

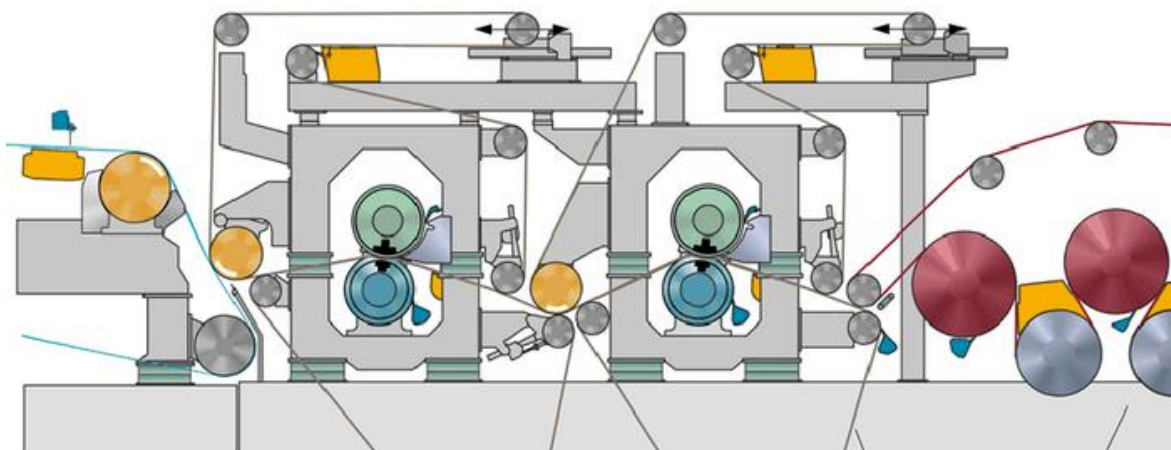
Puristimen päätehtävä on poistaa vettä puristamalla kahta telaa vastakkain. Puristin parantaa tuotteen kuivapitoisuutta, jotta raina voidaan ajaa kuivatusosan läpi tehokkaasti. Puristimella on myös tärkeä lopputuotteen laadun kannalta. Puristin parantaa pinnan ominaisuuksia kuten pinnan karheutta, imukykyä ja massapainoa. (Valmet 2020d.)

Markkinoilla nykyinen trendi on vähentää tuotteen peruspainoa, nostaa tuotantonopeutta, vähentää raaka-aineen kulutusta. Nykyaikaisella puristimella voidaan tehostaa tuotantoa merkittävästi, vähentää kuluja ja taataan korkea laatu lopputuotteessa. (Valmet 2020d.)

Valmet voi tarjota kenkäpuristinteknologiaa, jota on käytetty menestyksekkäästi useita vuosia. Kenkäpuristin takaa korkean laadun ja tehostaa entisestään vedenpoistoa verraten tavalliseen puristimeen. Kenkäpuristin takaa korkean kuivapitoisuuden puristimen jälkeen ja korkean rainan kestävyuden, mikä vähentää katkoja ennen kuivatusosaa. (Valmet 2020d.) Valmetilla on valikoimissaan kaksi erilaista kenkäpuristinteknologiaa. Ensimmäisessä luvussa käsitellään lineaaripuristinta ja center puristin esitellään tämän jälkeen. Molemmissa puristinteknologioissa on omat etuudet ja käyttötarkoitukset. Puristimia ei voida suoranaisesti verrata keskenään, koska käyttötarkoitukset ja teknologia vaihtelevat keskenään paljon. (Valmet 2020d.)

3.2.1 Linear

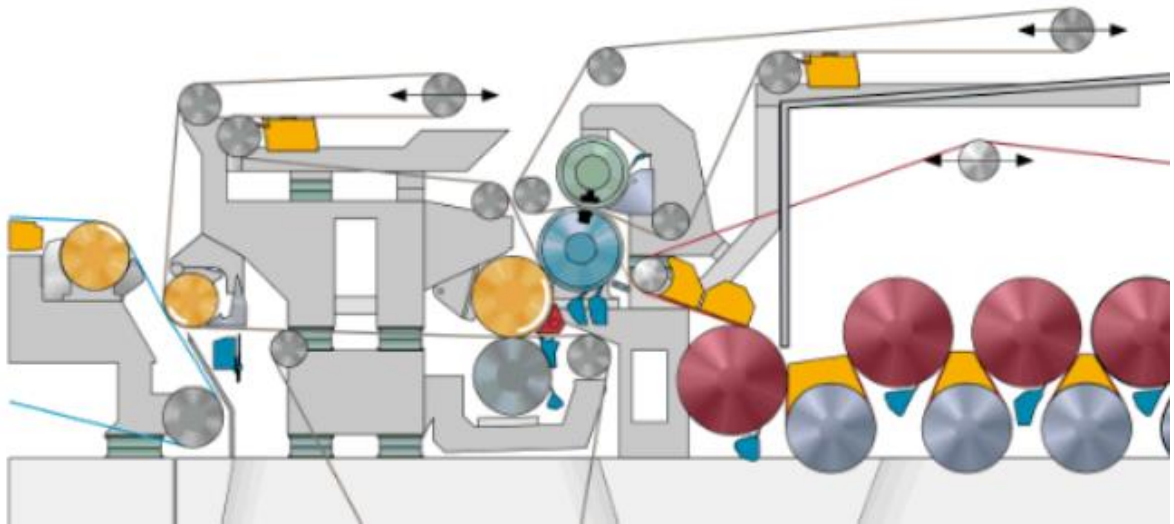
Lineaaripuristin tarjoaa monia hyviä ominaisuuksia, mihin perinteinen puristinteknologia ei kykene. Täysileveä päävienti on osoittautunut erinomaiseksi ominaisuudeksi, mikä vähentää pääviennin aikaa merkittävästi. Avonaiset veto-ongelmat ovat vähentyneet lineaaripuristimen myötä, jolloin puristin ei ole enää pullonkaula tuotannon katkoissa. Kuvassa 3 on esitetty lineaaripuristin, jossa on kaksi kenkäpuristintelaa. Kenkäpuristintelat ovat yleensä yläpositiiossa, aivan kuten ne on merkattu kuvaan 3 vihreän värisellä telalla. Sellukoneissa kenkäpuristintela on vastaavasti alapositiiossa. (Valmet 2020d.)



Kuva 3. OptiPress Linear (Valmet 2020d).

3.2.2 Center

Keskitela teknologiaan perustuva puristinkonsepti on tunnettu puristintyyppi jo 40 vuoden ajan. Puristimessa yhdistyy vuosien kokemus, erinomainen puristin- ja kenkätelateknologia. OptiPress Center puristimessa on onnistuttu toteuttamaan kolme puristinnippiä vain neljällä telalla. Kenkätelapuristin sijoittuu juuri ennen kuivatusosaa, mikä parantaa kuivapitoisuutta, jolloin kenkäpuristinnipistä saadaan täydellinen hyöty. Keskitelapuristin sopii erinomaisesti korkeisiin nopeuksiin. Kuvassa 4 on esitetty keskitelapuristin.



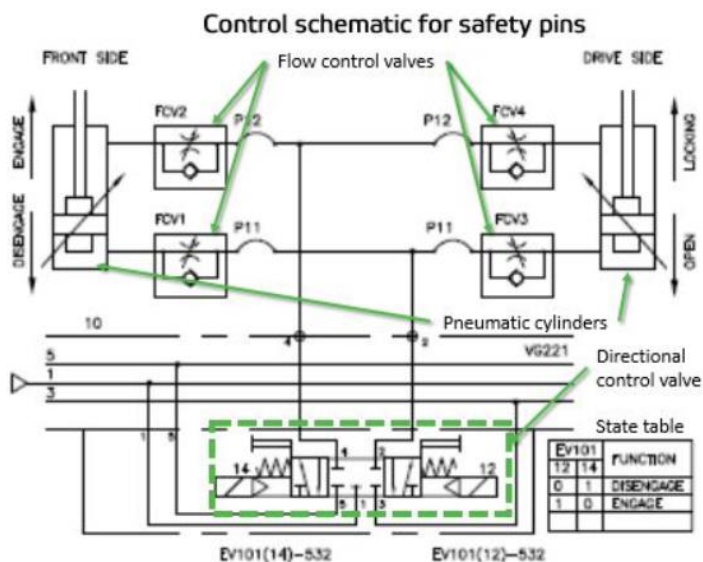
Kuva 4. OptiPress Center (Valmet 2020d).

3.3 Puristimen pneumaattiset komponentit

Seuraavaksi esitellään puristimen komponentit ja kokonaisuudet, joissa tarvitaan pneumatiikkaa. Puristimella on monia eri kokonaisuuksia, jotka tarvitsevat pneumatiikkaa ohjauksissa ja ilmapuhalluksissa. Kohteitten ilmantarve vaihtelee paljon. Toiset pneumaattiset piirit kuluttavat huomattavasti enemmän ilmaa kuin toiset. Puristimella paineistettua ilmaa tarvitsee telat, kaapimet, päävienti, kiristimet, ohjaimet ja monet muut toimilaitteet.

Kuvassa 5 on esitetty tyypillinen sylinterin pneumaattinen piirikaavio. Piirikaaviossa näkyy pneumaattiset sylinterit, jotka pitävät telan paikoillaan huoltoasennossa. Pneumaattiset sylinterit takaavat telan pysymisen huoltoasennossa, jos mekaaninen telan liikutus sylinteri

pettää. Sylinterien liikettä ohjataan sähköisesti 5/2 pneumaattisella suuntaventtiilillä. Liikenopeutta hidastetaan molempiin suuntiin virtauksensäätöventtiilillä. Totuustaulusta nähdään suuntaventtiin sähkötoimisten kelojen toiminnot.



Kuva 5. Pneumaattinen piirikaavio pneumaattikylinterille (Valmet 2020a).

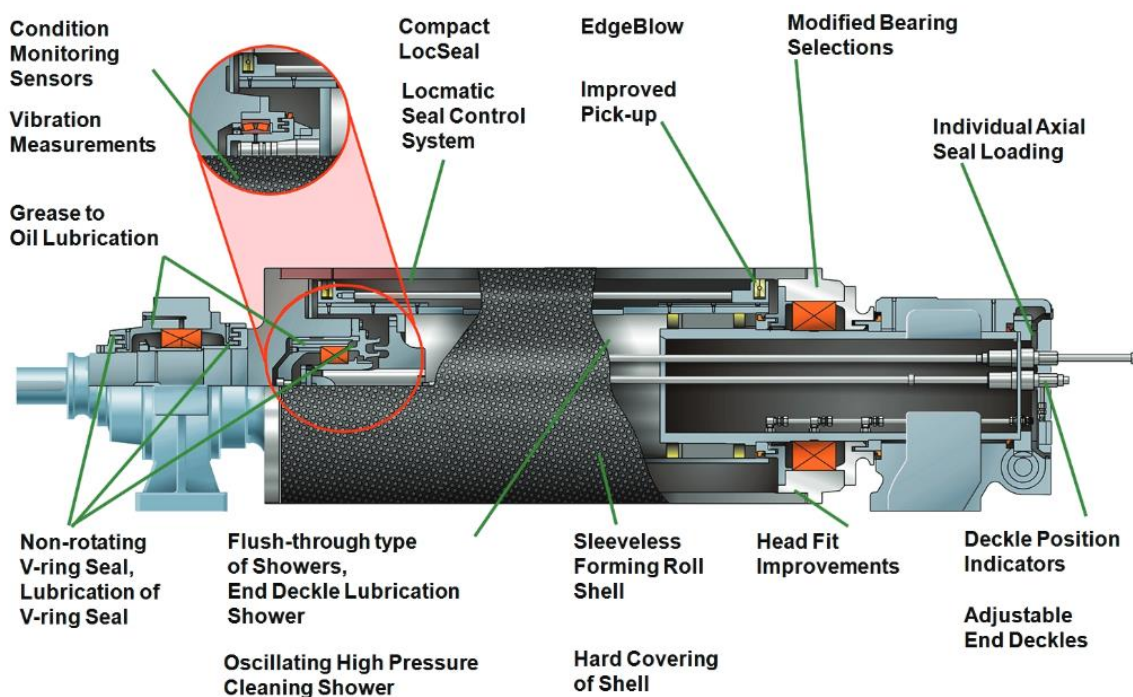
3.3.1 Telat

Telat ovat puristimen suurimpia komponentteja, jotka kuluttavat pneumaattista ilmaa tiivisteiden kuormituksessa, kenkätelan hihnan kuormituksessa (kuva 6) ja telan öljynpoistossa. Kuvassa 7 on esitetty imutela, jossa kuormitetaan LocSeal nimisiä tiivisteitä. (Valmet 2020d.)



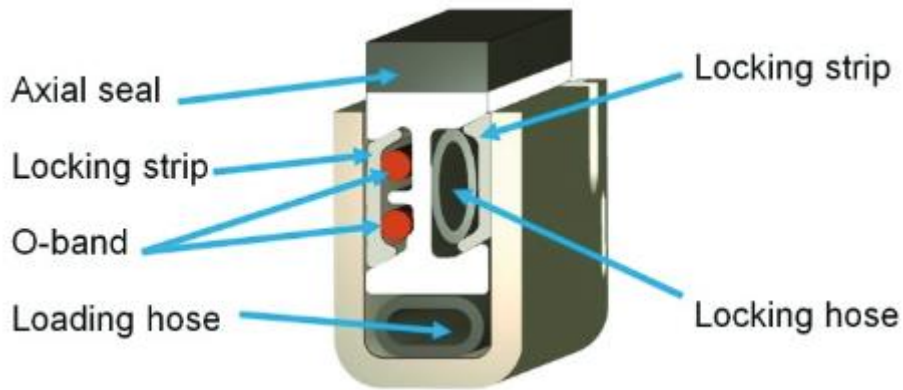
Kuva 6. Kenkätelan hihna ja sisäiset komponentit (Valmet 2014, s. 14).

Hihnaa on saatavilla monella eri kuviolla ja sileänä. Hihnassa voi olla kaksi tai useampi kerros, riippuen käyttötarkoituksesta. Vesi siirtyy puristinnipistä huopaa ja huovasta vesi saadaan kerättyä imulaatikoilla. Uuden tyyppinen polyuretaani mahdollistaa vakaan käyttäytymisen ja kestävyuden hihnan koko eliniän aikana. Edes vaativat olosuhteet ei vaikuta käyttäytymiseen. (Valmet 2014.)



Kuva 7. Imutelan sisäisiä komponentteja (Valmet 2020d).

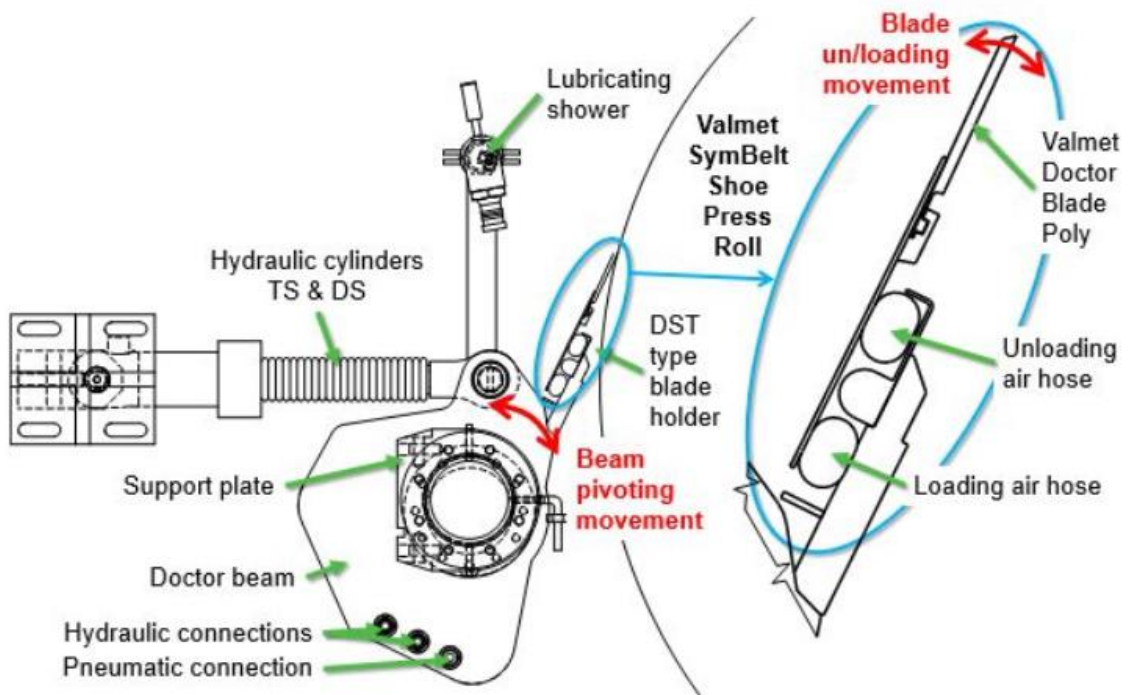
Kuvasta 8 nähdään imutelan aksiaalinen tiiviste, jota kuormitetaan pneumaattisesti. LockSeal komponentti sisältää aksiaalitiivisteen, lukitusnauhat, o-renkaat, kuormitus- ja lukitusletkun. Kuormituksella kuormitetaan aksiaalitiivistettä ja lukitusletkulla voidaan lukita tiiviste. LockSeal tiivisteellä on siis kaksi eri toimintaa, joita voidaan vaihdella keskenään. Pneumaattinen ilma siis tiivistää kuormittamalla imutelan aksiaalisia tiivisteitä. (Valmet 2020d.)



Kuva 8. LockSeal komponentit (Valmet 2020d).

3.3.2 Kaapimet

Kaapimet ovat yksi tärkeimmistä komponenteista, jotka auttavat poistamaan kosteutta telojen pinnoista ja näin vähentää kokonaisuudessaan puristimen kosteuspitoisuutta. Kuvassa oleva DST tyyppinen kaavin koostuu kaapimen palkista, teräpidikkeestä, terästä ja pneumaattisista letkuista, jotka kuormittavat kaavinta. Hydraulinen sylinteri liikuttaa palkkia, mutta se voidaan myös toteuttaa pneumaattisesti. Kuvassa 9 on esitetty SymBelt kaavin. (Valmet 2020d.)



Kuva 9. SymBelt telan kaavin (Valmet 2020d).

Kaapimen terä on valmistettu kestävästä, tiiviistä komposiittimateriaalista, joka on viisi millimetriä paksu ja asettuu telaa vasten kymmenen asteen kulmaan. Kuormituksen voima on 50–100 N/m, mitä säädetään pneumaattisilla komponenteilla. (Valmet 2020d.)

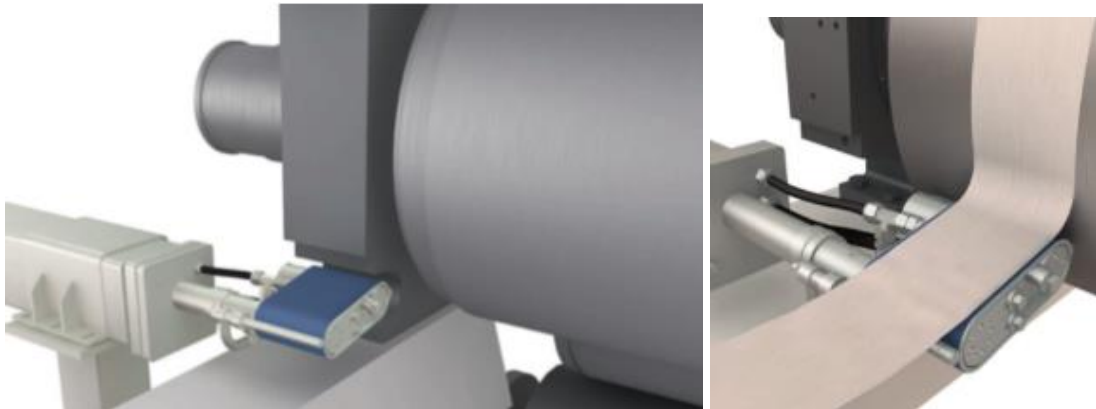
Kaavin voi myös irrottaa radan pulpperiin, jotta rata ei pääse pyörähtämään telan ympäri. Tämä on tärkeää, koska jos rata pääsee pyörähtämään telan ympäri monta kertaa, se pidentää katkoaikaa merkittävästi johtaen suuriin tuotannonmenetyksiin. Kaapimia voidaan laittaa kaksi peräkkäin, varmistaen, että rata ei pääse pyörähtämään telan ympäri. Mikäli rata pääsee pyörähtämään telan ympäri, se voi myös rikkoa telan komponentteja. (Valmet 2020d.)

3.3.3 Päävienti

Pääviennillä viedään paperirata koneen läpi aina kun rata on katkennut. Käyttökatkon aikana operaattorit voivat puhdistaa konetta, jotta tuotanto olisi mahdollisimman tehokasta, kun rata otetaan uudestaan päälle. Pääviennissä voidaan viedä eteenpäin pneumaattisesti tai käyttäen päävientiköysiä. (Valmet 2020d.)

Köydetön päävienti kuluttaa eniten tehdasilmaa kuljettaakseen paperiradan eteenpäin. Köydetön päävienti on huomattavasti huoltovapaampi kuin köydellinen päävienti. Köydettömällä pääviennillä puhalletaan vain osa radasta nauhana eteenpäin. Köydetön päävienti kuluttaa huomattavan paljon tehdasilmaa. Puristimella päävienti on lyhyt, mutta kuivatusosalla pääviennin pituus voi olla satoja metrejä, joten tehdasilmaa kuluu todella paljon. (Valmet 2020d.)

Kuvassa 10 on esitetty puristimella käytetty päävientilaitte, joka käyttää tehdasilmaa viedäkseen radan päätä eteenpäin kuivatusosalle. Päävientilaitetta kutsutaan nimellä pressforce. Pressforce takaa luotettavan pääviennin turvallisesti. Tuote ei tarvitse myöskään montaa varaosaa toimiakseen, koska rata viedään eteenpäin pneumatiikan avulla. Kompaktin kokonsa ansiosta tuote soveltuu moniin eri puristin geometrioihin. Automaattinen päävienti toimii automaattisesti ja turvallisesti.



Kuva 10. Pressforce (Valmet 2020d).

Pääviennin täytyy toimia sulavasti ja mahdollisimman nopeasti. Tunnin mittainen käyttökatos voi maksaa jopa 15 tuhatta dollaria eli noin 12,5 tuhatta euroa tunnissa, jos kone on suuri. Köydetön päävienti takaa automaattisen, turvallisen ja nopean pääviennin verrattuna köysipäävientiin. (Valmet 2020d.)

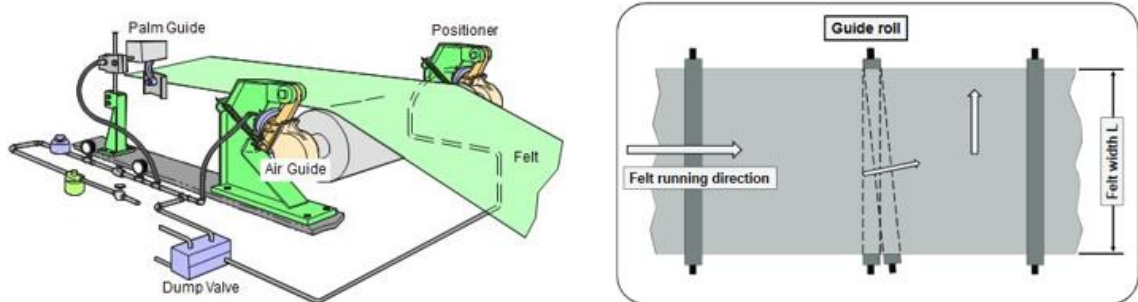
Päävientiin liittyy paljon tekniikkaa ja automaatiota. Pääviennin toimivuuteen vaikuttaa moni tekijä. Ilmapuhallukset, alipaineet, kuljetushihnat ja telojen nopeuserot täytyy olla kohdallaan, jotta päävienti tapahtuu onnistuneesti. Itse tuote vaikuttaa myös päävientiin. Radan lujuus, paino, kosteus, profiili, pääviennin pituus vaikuttaa kuinka päävienti käyttäytyy. Jokaiselle tuotteen tyyppille pitää luoda omat parametrit, jolla päävienti onnistuu virheettömästi. (Valmet 2020d.)

3.3.4 Kiristimet ja ohjaimet

Puristimella käytetään kudoksia vedenpoistoon. Jotta vedenpoisto olisi laadukasta ja vakaata, täytyy kudoksia ohjata laadukkailla ohjaimilla. Kudoksia voidaan ohjata pneumaattisilla ohjaussylintereillä, jotka takaavat kustannustehokkaan kudoksen ohjauksen kartonki- ja paperikoneilla. (Pimatic 2020.)

Sylinterin täytyy olla mahdollisimman matalakitkainen, jotta ohjaus tapahtuu vakaasti. Ohjaimet takaavan, että kudokset eivät ajaudu ulos ajoradalta koneen runkoon. Ohjaimet soveltuvat vaikeisiin olosuhteisiin puristimelle, kuin myös toisille koneenosille. (Pimatic 2020.)

Kudoksia voidaan ohjata pelkällä pneumatiikalla, jolloin ulkopuolista sähköohjausta ei tarvita. Kuvassa 11 on esitetty pneumaattisesti toimivan ohjaimen periaatekuvat. Kudoksen viereen on asennettu läppä, jossa paine kasvaa tai putoaa riippuen kudoksen sijainnista. Läppä ohjaa telan asennoitinta, joka pitää kudoksen raameissa.



Kuva 11. Pneumaattisesti toimivan ohjaimen periaatekuvat. (Valmet 2013).

Kudosten kiristimillä on tärkeä tehtävä paperi- ja kartonkikoneissa. Ongelmat kudoksien kanssa voi johtaa suuriin tuotantomennyksiin. On tärkeää, että kiristimet pitävät jatkuvasti kudokset kireällä ja mahdollistaa tasaisen ajon kudoksilla. Mikäli kiristimet eivät toimi, kudokset voivat hajota kesken ajon. (Valmet 2012.)

Pneumaattisella sylinterillä voidaan säätää optimaalisin kiristinpaine. Ilmamootorilla viedään sylinteri kiristuksen säätöalueelle ja sylinteri säätää kiristyspaineen kudoksille. Elastiset pneumaattiset palkeet mahdollistavat joustavuutta kiristimissä. Mikäli kudot kutistuu tai löystyy käytön aikana, kiristin pitää silti kiristyspaineen automaattisesti, vaikka systeemissä tapahtuisi häiriöitä tai kudosten mitta muuttuisi. (Valmet 2012.)

3.3.5 Muut toimilaitteet

Puristimella on myös monia muita kohteita, jotka tarvitsevat pneumatiikkaa. Puristimella on erilaisia prosessiventtiileitä, letkukeloja ja kameroita, mitkä vaativat pneumatiikkaa toimiakseen. Prosessiventtiilit optimoivat prosessin suorituskykyä. Venttiileillä ohjataan ja säädetään prosessille tarpeellisia kemikaaleja, veden ja tyhjiön määrää. Prosessiventtiilit tarjoavat säätö- ja sulkuominaisuuksia. (Valmet 2020d.)

Pneumaattisesti toimivat mäntätoimilaitteet on suunniteltu toimivaksi vaativissa säätö- ja sulkusovelluksissa. Venttiili voi olla kaksitoiminen tai jousipalautteinen. Paperiteollisuus vaatii vaikeisiin olosuhteisiin soveltuvia prosessiventtiileitä, jotka toimivat kosteissa olosuhteissa, missä lämpötilat vaihtelevat paljon. (Valmet 2020d.)

Kartonki- ja paperiteollisuus hyödyntää myös radan monitorointi järjestelmiä. Radankatkojärjestelmä voidaan analysoida prosessia ja saadaan tarkempia kuvia. Saadulla datalla voidaan tehdä korjaavia toimenpiteitä välittömästi, jotta tuotantolinjan tehokkuus parantuisi. Kompakti katkokamerajärjestelmä vaatii pneumatiikkaa jäähdytyksessä. Kuvassa 12 on esitetty radan monitorointi järjestelmän komponentteja. (Valmet 2020d.)



Kuva 12. Radan monitorointijärjestelmän komponentteja (Valmet 2020d).

Puristinosalla on myös monia pneumatiikkaa vaativia kohteita. Niitä voivat olla erilaiset liikutukset, pneumaattiset moottorit, letkukelat ja eri työpaluille voidaan tarjota pneumatiikkaa. Pneumaattisia kohteita on paljon eri paikoissa, joten putkitukset ovat pitkiä, koska sijoittelu on hajanaista. (Valmet 2020d.)

3.4 Pneumatiikka

Pneumaattisissa toiminnoissa energiaa siirretään tai ohjataan paineilmalla. Etuliite tulee kreikasta, mikä merkitsee ”tuulta” ja ”ilmaa”. Pneumaattinen voimansiirtojärjestelmä puristaa paineilman kompressorilla ilman tilavuutta pienemmäksi, jolloin paine kasvaa järjestelmässä. Paineistettuun ilmaan varastoitunut energia ohjataan putkistoa ja letkua pitkin toimilaitteelle. (Ansaharju 2010 s.271.)

Pneumaattiset toiminnot voidaan jakaa kolmeen eri pääryhmään, joita ovat sylinteripneumatiikka, pyörivien liikkeiden toteutus ja paineilman itse suorittama työ.

Sylinteripneumatiikka on laaja-alainen käsite ja sitä hyödynnetään suoraviivaisten sylinterien liikkeiden aikaansaamiseksi. Toisessa ryhmässä eli pyörivissä liikkeissä paineilma pyörittää moottoreita tai sillä saadaan työkaluun pyörivä liike. Viimeisessä ryhmässä pneumatiikka saa aikaan työn. (Ansaharju 2010 s.271.)

Sylinteripneumatiikkaa hyödynnetään paljon mekanisoinnin ja automatisoinnin yhteydessä. Sylintereillä liikutetaan muun muassa kuljettimia, robotteja ja muissa liikkuvien osien voimalähteinä. Pneumaattiset sylinterien liikutukset mahdollistavat automaattiohjauksen, jolloin eri laitteet ja koneet liikkuvat synkronisesti toisiinsa nähden. Automaattisilla liikutuksilla voidaan rakentaa automaattisia kuljetuslinjoja tai työsoluja. Pneumatiikkaa hyödynnetään myös paljon logistiikka-alalla erilaisissa kuljettimissa. (Ansaharju 2010 s.271.)

Pyörivissä liikkeissä paineilmaa hyödynnetään pyörivissä laitteissa, joissa on liitäntä paineilma-verkkoa varten. Käsiyövälineitä käytetään muun muassa paineilmakäyttöisissä työkaluissa. Niissä paine-energia muuttuu mekaaniseksi pyöriväksi liikkeeksi, jota hyödynnetään esimerkiksi kulmahiomakoneessa. Toimilaitteita joissa paineilma suorittaa työn on esimerkiksi ruiskumaalaus, hiekkapuhalluslaitteet tai puhdistuslaitteet. (Ansaharju 2010 s.271.)

Hydraulisisissa ja pneumaattisissa piireissä on paljon yhteisiä piirteitä. Toimintaperiaatteet venttiileillä, sylintereillä ja monilla muilla komponenteilla ovat hyvin samanlaiset. Piirikaavioissa käytetään hyvin samanlaisia symboleita ja ne ovat esitetty samassa piirrosmerkkistandardissa. (Ansaharju 2010 s.271.)

3.4.1 Hyödyt ja haitat

Pneumaattisia ja hydraulisia järjestelmiä käytetään yleensä rinnakkain. Hydrauliikassa paineet ovat suurempia ja niitä käytetään raskaissa liikkeissä verrattuna pneumatiikkaan. Pneumaattiset laitteet sopivat erinomaisesti kevyempiin käyttötarkoituksiin ja useammin turvallisempia. Elintarviketeollisuudessa vältetään hydraulisia järjestelmiä hygieenisistä syistä. Yksi merkittävistä pneumatiikan hyödyistä on, että paluuputkistoa ei tarvita kuten hydrauliikkajärjestelmissä. (Ansaharju 2010 s.271–272.)

Paineilmajärjestelmän merkittävin ongelma on järjestelmän paineilmavuodot. Paineilmavuodoilta ei voida välttyä suurissa tuotantolinjoissa. Järjestelmässä esiintyy aina vuotoja, kun järjestelmässä on paine. Vuodon määrä vaihtelee, riippuen vuotokohtien muodosta ja painetasosta. Yleisimpiä vuotokohtia järjestelmässä ovat putkiliitokset, venttiilit, erilaiset liittimet, verkkoon liitetyt työkalut, lauhteenpoistimet ja huonosti suljetut sulkupiirit. (Ellman, Hautanen, Järvinen & Simpura 2002, s. 67.)

Vuodot ovat piilevä taloudellinen kustannuksien kuormittaja. Pitkällä aikavälillä vuotojen aiheuttama energiakulutus voi muodostaa huomattavan suuren kustannuserän. Vuotojen löytäminen on vaikeaa, mutta suuret vuodot voidaan todeta kuuntelemalla paineilmajärjestelmiä. Kohtuullinen paineilmavuoto on alle 5 %, jota voidaan pitää hyväksyttävällä tasolla. Tietysti jokainen paineilmajärjestelmän ylläpitäjä pyrkii poistamaan kaikki vuodot järjestelmästä. (Ellman et al. 2002, s. 67.)

Paineilmajärjestelmän normaali työpaine on yleensä 7 bar ylipainetta kompressorikeskuksen jälkeen. Normaali työpaine on noin 6 bar. Paineilmajärjestelmässä otetaan huomioon putkistojen painehäviöt, joten paine on säädetty 7 bar. Tämä on yksi rajoite pneumaattisissa järjestelmissä, koska painetta ei voida nostaa yli 6 bar. Hydraulikkajärjestelmissä voi olla korkeitakin paineita. Täten pneumaattiset sylinterit taikka palkeet joudutaan mitoittamaan todella suuriksi, koska työpaine on niillä vain 6 bar. (Ellman et al. 2002, s. 63.)

Kun pneumatiikkaa verrataan hydraulikkaan, hydraulikassa liikenopeudet, voimat ja momentit ovat helposti säädettävissä. Hydraulisten toimilaitteiden voima- ja momenttitasot saadaan hydraulikan avulla erittäin korkeaksi. Korkeat paineet ovat tyypillisiä ratkaisuja hydraulikassa, joten poikkeuksellisin korkeisiin paineisiin ja erikoiskomponentteihin ei tarvitse turvautua. Laitteiston ylikuormitus on estettävissä yksinkertaisesti. (Kauranne, Kajaste & Vilenius 2013, s. 1–2.)

Pneumatiikan yksi etu on, että työilma ei likaa ympäristöä, kun verrataan hydraulikkaan. Sähkötekniset ja hydraulikkaratkaisut voivat olla paloherkkiä. Tulipaloriski kasvaa aina, kun on käytössä hydraulikkanesteitä tai kipinöiviä sähköisiä järjestelmiä. Tehopainesuhde

on hydrauliikalla ylivoimainen, kun verrataan sähköiseen tai pneumaattiseen järjestelmään. (Kauranne et al. 2013, s. 1–2.)

Sähkön nopeus johtimissa on moninkertaista verrattuna ilmavirtauksen nopeuteen. Sähköinen ohjaus on siis merkittävästi nopeampaa, kun verrataan nestemäiseen tai ilmaohjaukseen. Sähkö mahdollistaa myös älykkäät ohjaukset. Esimerkiksi ohjaus voidaan toteuttaa ohjelmoitavalla logiikalla tai tietokoneella toimivien ohjauksien toteuttamisen. Sähköisiä ohjauskomponentteja on runsaasti ja nopeasti saatavilla. (Keinänen et al. 2007, s. 72.)

3.4.2 Paineilmakeskus ja -verkosto

Teollisuudessa yleisimmät mittauskohteet ovat kaasujen ja nesteiden painemittaus. Prosesseissa on valvottava, jotta paine, lämpötila ja konsentraatiot olisivat prosessille optimaaliset. Paineen suure määrittellään voima pinta-alayksikköä kohden. Kaavassa p on paine, F on voima ja A on pinta-ala. (Pihkala 2004, s. 17–18.)

Paineenlajeja on monia. Absoluuttinen paine esiintyy tyhjiössä. Absoluuttisen paineen vertailupaineena on absoluuttinen nollapiste, jolloin molekyylien törmäilyä ei esiinny. Ilmanpaine esiintyy ilmakehässä, jonka paine vaihtelee sään mukaan noin yhden baarin molemmin puolin. Normaali ilmanpaine on noin 1,013 bar. Ylipaine esiintyy mitattavan paineen ja vallitsevan ilmanpaineen välillä. Alipaine ilmaisee paineen, kuinka paljon vallitseva paine on ilmanpainetta pienempi. Ilmanpaineen vaihtelut vaikuttavat merkittävästi alipaineeseen, koska mitattavat paine-erot ovat yleensä pieniä. (Pihkala 2004, s. 19–20.)

Paineilmakeskukseen kuuluu yleensä kompressori, paineilman käsittelylaitteet ja paineilmasäiliö, jota ei aina tarvita. Järjestelmän suuruus määräytyy paineilman kulutuksen mukaan eli kuinka suurilla paineilmalla toimivat toimilaitteet ovat ja kuinka monta niitä on. Rakennustyömailla ei juurikaan näy kuin pelkästään liikuteltavia paineilma-aggregaatteja, mutta teollisuudessa nähdään suuriakin paineilmajärjestelmiä. (Keinänen & Sumujärvi 2019, s.94–95.)

Paineilmakeskus on yleensä sijoitettu kulutuksen painopisteeseen. Paitsi pienet kompressorit voidaan sijoittaa aivan kulutuskohteen lähelle. Yksi tärkeimmistä paineilmakeskuksen vaatimuksista on se, että kompressoreille tulee saada mahdollisimman puhdasta ja kylmää ilmaa. Jo entuudestaan puhdas ilma ei kuluta keskuksen suodattimia ja lyhennä suodattimien vaihtoväliä. (Ansaharju 2010, s.277.)

Paineilmakompressorien hyötysuhde on melko huono ja järjestelmässä itsessään on monta tekijää, jotka tiputtavat paineilman hyötysuhdetta entisestään. Pelkästään paineilmajärjestelmän vuotohäviöt voivat tuottaa 20 % häviötä. Kompressorin häviö on noin 25 %. Paineilman kuivaamisen häviö on noin 10 % ja jäähdytyksen häviö on 12 %. Tyhjäkäynti kuluttaa järjestelmän kokonaiskulutusta noin 6 %. Itse käyttökohteissa ja toimilaitteille jää 27 % käyttöenergiaa, mikä on huomattavan vähän, kun katsotaan minne muualle, häviää käyttöenergiaa. Tietysti käyttökohteissa ja toimilaitteissa on omat häviöt. (Keinänen & Sumujärvi 2019, s.94–95.)

Paineilmakeskuksen laitteisto sijoitetaan yleensä erilliseen huoneeseen, johon sisältyy monia erilaisia laitteita, jotka parantavat syötettävän ilman laatua. Kompressorin tuottama ilma ei ole heti käyttötarkoitukseen sopivaa, sillä siinä on epäpuhtauksia ja vettä. Kompressorilta tuleva ilma vielä käsitellään jälkikäsittelylaitteistolla, jotka ovat sijoitettu kompressorilaitteiston läheisyyteen. (Ansaharju 2010 s.278.)

Jälkikäsittelylaitteisto jäähdyttää kostea paineilmaa ja kuivaa paineilmaa, jolloin se voidaan johtaa paineilmaverkostoon. Paineilman kuivaus on erittäin tärkeää, jos ilmaa johdetaan kylmään tilaan tai ulos, jossa ilman lämpötila voi olla pakkasen puolella. (Ansaharju 2010 s.278.)

Paineilmakompressorilla kehitetään paineilmaa, kun sitä puristetaan kasaan. Paineilma kuumenee, kun sitä puristetaan kasaan ja silloin paine nousee. Kun ilma jäähtyy, osa tehdystä työstä menetetään lämpöhäviönä, jolloin hyötysuhde järjestelmässä laskee. (Ansaharju 2010 s.275.)

Yleensä paineilmajärjestelmissä kytketään monta kompressoria peräkkäin sarjaan. Ilma puristetaan monessa eri vaiheessa ja sitä jäähdytetään välissä. Tämä parantaa järjestelmän hyötysuhdetta. (Ansaharju 2010 s.275.)

Kompressorin tuotto ilmoitetaan yleensä m^3/min eli kuutiota minuutissa. Pienten kompressorien tuotto ilmoitetaan l/min. Tuotto lasketaan kompressorin syöttöilman lämpötilasta ja paineesta. Kompressorit tuottavat yleensä noin 6–8 bar, joka vastaa 0,6–0,8 MPa. Yleisimpiä kompressorityyppejä on mäntäkompressorit, ruuvikompressorit, lamellikompressorit ja nesterengaskompressorit. (Ansaharju 2010 s.275.)

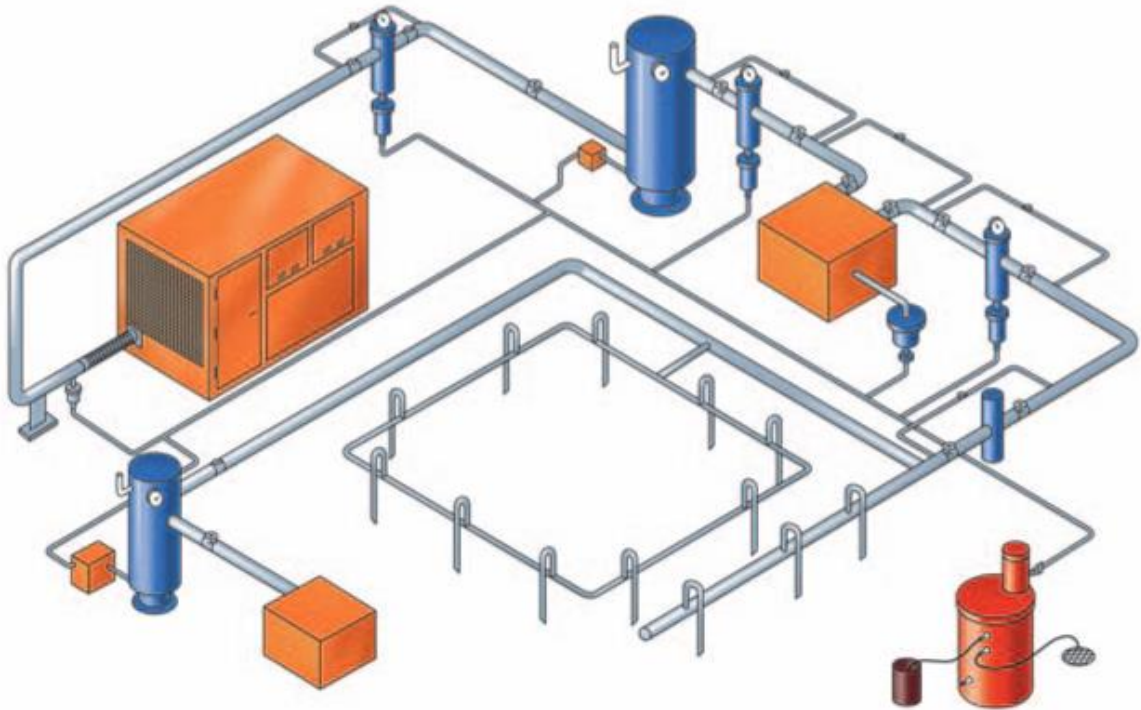
Paineilmakeskukseen sisältyy kompressorin lisäksi myös paineilmasäiliö, paineilman kuivaajat, suodattimet ja jäähdyttimet. Niitä kutsutaan jälkikäsitteilylaitteiksi. Jälkikäsitteilylaitteilla parannetaan paineilman laatua. Paineistettu ilma voi sisältää vettä pisaroina tai höyrynä, öljyä tai kiinteitä partikkeleita. Epäpuhtaudet voivat vaikuttaa merkittävästä tuotannon laatuun ja toimilaitteiden toimivuuteen. Toimivalla jälkikäsitteilyjärjestelmällä voidaan parantaa laatua ja vähentää kustannuksia. (Keinänen & Sumujärvi 2019, s.94–97.)

Jäähdytys on oleellinen osa pneumatiikkajärjestelmää. Jokaisessa pneumaattisessa järjestelmässä esiintyy vettä ja se kerääntyy tiettyihin kohtiin. Luotettava ja tehokas lauhteen poistaja kuuluu paineilmajärjestelmään, jossa sitä pidetään välttämättömänä. Sillä voidaan parantaa paineilman laatua, kompressorilaitteiston toimivuus varmistetaan ja kustannukset pienentyvät. (Keinänen & Sumujärvi 2019, s.95.)

Paineilmasäiliöön varastoidaan paineistettua ilmaa ja siellä lauhde erottuu painovoiman avulla säiliön pohjalle. Riittävän kookas paineilmasäiliö on yhtä tehokas kuin syklonierottaja. Jos ilman lämpötila on 20 celsiusastetta ja suhteellinen kosteus on 75 % niin yksi kuutiometri sisältää 11 grammaa vettä. Voidaan laskea, että kahdeksan tunnin aikana 37 litraa vettä menee kompressorin läpi, jos tarve on 6 kuutiometriä. Veden määrää paineilmassa voidaan vähentää 26 litran verran jälkijäähdyttimen ja verenerottimen avulla. Jäähdytyskuivaimella voidaan vielä parantaa veden erotusta noin 5 litran verran. (Keinänen & Sumujärvi 2019, s.96–97.)

Paineilmaverkosto rakennetaan yleensä teräsputkesta ja liitokset tehdään hitsaamalla tai liittimillä. Edullisin paineilmaverkosto on rengasmaisen, jossa putkisto kiertää toimilaitteille ellipsin muodossa. Kaksi paineilmasyöttöä takaa sen, että toimilaitteille tulee tasaisesti paineistettua ilmaa kulutuksesta riippumatta. Kahdennettu paineilman syöttö takaa tasaisemman syötön toimilaitteille, vaikka kulutus olisi erilaista toimilaitteiden välillä. (Ansaharju 2010 s.279.)

Paineilmaverkosto tulee rakentaa hieman kaatuvaksi, koska verkostossa ilmasta tiivistyy vettä putkistoon. Vesi valuu alaspäin suoraan vedenerottimille, joita tulee olla riittävästi. Putkiston laskevan suhde on noin 1:100. Kun paineilmaverkostosta otetaan suuriventtiilin kautta paineilmaa toimilaitteille, toimilaitteputkistoon tulee rakentaa ”joutsenkaula”, joka nähdään kuvasta 13. Näin mutka putkistossa takaa sen, että kondensoitunut vesi ei pääse valumaan toimilaitteille. Mikäli toimilaitte vaatii vielä erityistiheän suodatuksen, välille asennetaan huoltoyksikkö, joka suodattaa tarvittavan puhtaan ilman.



Kuva 13. Paineilmaverkosto (Air Receivers 2005).

Pneumaattisissa järjestelmissä käytetään ohuella seinämällä varustettuja putkistoja, koska järjestelmäpaineet ovat pienet. Ohutseinämaisillä putkilla tarkoitetaan tässä tarkoituksessa austeniittisten kiderakenteen omaavia CrNi(Mo) seosteräsputkia. Näitä putkistoja kutsutaan yleisemmällä nimityksellä ruostumaton ja haponkestävä putki. (Pulli 2009, s. 98.)

Näitä putkia käytetään laitosten ja pumppaamoiden sisäisinä putkina. Putkistojen seinämien paksuudet ovat kyseisillä putkilla muutamia millimetrejä, riippuen putken nimelliskoosta. Putket ja liittimet ovat mitoitettu yleisen standardeissa paineluokan mukaan. Paineluokka kertoo, että kuinka paljon kyseinen putkimitta kestää painetta (Pulli 2009, s. 98.)

3.4.3 Venttiilit

Venttiileitä käytetään ilmavirtauksen suuntaamiseen ja ohjaamiseen, paineen ja tilavuusvirran säätämiseen. Venttiileillä voidaan myös ohjata toisen venttiilin esiohjausta. Venttiiliratkaisuja on suunniteltu moniin eri käyttötarkoituksiin. Venttiilit voidaan jakaa suuntaventtiileihin, vastaventtiileihin, paineventtiileihin ja sulkuventtiileihin. (Ansaharju 2010 s.254.)

Liikkeiden hallinnassa puhutaan ohjauksesta ja säädöstä. Ohjaus toimii ilman takaisinkytkentää. Kun puhutaan paineilmasylinteritekniikasta, voidaan se parhaimmillaan toteuttaa viisitilaohjauksena eli sylinterin liikettä kiihdytetään ja jarrutetaan molempiin suuntiin, sekä ajetaan vakionopeudella. Säädössä on kysymys suljetun säätöpiirin käyttöön otosta. Tällöin on kyse takaisinkytketystä järjestelmästä eli servojärjestelmästä. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, s. 71)

Suuntaventtiilit toimivat ilmavirtauksen ohjaajina. Suuntaventtiileillä yhdistetään virtausreitit toisiinsa, jolloin ilmavirtaus saadaan ohjattua haluttuun suuntaan. Suuntaventtiilien ensimmäinen käyttötarkoitus on sylintereiden ohjaaminen, mutta niillä voidaan myös ohjata toisia suuntaventtiileitä. (Ansaharju 2010 s.254.)

Suuntaventtiilin ohjaus voi tapahtua käsin, mekaanisesti, sähköisesti, hydraulisesti tai pneumaattisesti. Suuntaventtiiliä ohjataan yleisesti luistintyyppisesti (Ansaharju 2010 s.254–255). Kuva 14 esittää sähköohjattua suuntaventtiiliä. Venttiili on sähköohjattu

suuntaventtiili. Suuntaventtiilien merkinnässä ensimmäinen numero kertoo lähtöjen määrän ja toinen numero kertoo, että kuinka monta toiminta-asentoa suuntaventtiilillä on. Vaikka suuntaventtiilien merkintöjä ei olla standardisoitu niin hydraulikassa P tarkoittaa paineliitääntää, T tarkoittaa säiliöliitääntää, sekä A ja B tarkoittaa sylinteriliitääntää. Pneumatiikassa käytetään sen sijaan numerointia, jossa 1 on tuloliitääntä, 2 ja 4 ovat lähtöliitääntöjä sylinterille, 3 ja 5 liitännän ovat poistoliitääntöjä. Pneumaattiseen venttiiliin merkataan myös ohjausliitännät 14 ja 12. (Ansaharju 2010 s.254–255).



Kuva 14. Sähköisesti ohjattu suuntaventtiili (Festo 2020).

Pneumaattisia suuntaventtiileitä ohjataan siis magneettikeloilla. Suuntaventtiileitä on kahden tyyppisiä, joita ovat istukka- tai luistiventtiili. Sähköinen kela ohjaa apuventtiiliä, jota voidaan kutsua nimellä pilottiventtiili, joka saa aikaa pääventtiilin asennon muuttumisen. Yleisiä suuntaventtiilityyppejä on 2/2-, 3/2-, 5/2-, ja 5/3 -kararakenteet. (Keinänen et al. 2007, s. 74–75.)

Pneumaattisia venttiileitä voidaan sijoittaa yksittäin sylinterin viereen. Venttiileitä voidaan asentaa terminaalirakenteisena venttiilikoteloon tai venttiilikaappiin. ISO-pohjalaattaa voidaan asentaa, monta pneumaattista suuntaventtiiliä vierekkäin. Rakenteen etuna on asennuksen helppous, suuret läpivirtausmäärät ja moninapakaapelit. Terminaalirakenteita käytetään paljon teollisuudessa, jossa toimilaitteita on paljon ja ohjattavia kohteita runsaasti. (Keinänen et al. 2007, s. 75)

Alipainetta voidaan toteuttaa ejektorin komponentilla. Ejektoria voidaan ohjata sähköisesti, jolloin imuventtiili käynnistää ejektorin, joka synnyttää imun painelinjaan. Ejektoriin voidaan integroida alipainekytin, jolloin kytin ilmoittaa, kun riittävä alipaine on saavutettu. Ejektoreita käytetään yleisesti imukupitarttujuissa ja kaapimien kuormituksessa. Alipaine voidaan imuputkistosta puhallusventtiilillä. (Keinänen et al. 2007, s. 77)

Pneumatiikkapiireissä käytetään myös monia muita erilaisia komponentteja. Lyhyesti kerrottuna vastaventtiili sallii ilmavirtauksen vain yhteen suuntaan. Vastusvastaventtiilillä kuristetaan virtausmäärää eli kyseinen venttiili säätelee sylinterin liikkeen nopeutta. Painerajoitusventtiilillä rajoitetaan systeemin painetta haluttuun paineeseen ja sulkuventtiilillä suljetaan piirin syöttö kokonaan. (Ansaharju 2010 s.254–257.)

3.5 CADMATIC-järjestelmä

CADMATIC on johtava ohjelmiston kehittäjä, joka tähtää digitaaliseen ja älykkääseen 3D-suunnitteluun ja tiedon hallintaan. Sovellusta käytetään laivojen ja merialusten rakentamiseen, sekä sitä käytetään monissa muissa prosessilaitosten rakennusprojekteissa.

Sovellus tarjoaa ratkaisuja kaikenlaisiin laiva-, meri- ja prosessiteollisuuden rakennuksiin. Sovelluksella on suunniteltu suuria risteilyaluksia, avomeren alustoja ja suuria teollisuuslaitoksia kemikaali, öljy, sellu, paperi- ja kartonkiteollisuuteen.

3D-suunnitteluohjelmiston kehitys alkoi 1980-luvulla. 3D-laitossuunnitteluohjelma perustettiin vuonna 1983. Siitä lähtien sovellukseen on tehty jatkuvasti parannuksia ja 1990-luvulla perustettiin oma yritys CADMATIC Oy. Elokuussa 2019 CADMATIC osti suomalaisen yrityksen Kymdata-ohjelmistoyhtiön ja sen sähkö- ja automaatio-suunnitteluun tarkoitetun CADS-ohjelmiston. Tämän jälkeen yrityksen liiketoiminta on jaettu kolmeen eri kategoriaan: meriteollisuus, prosessiteollisuus ja rakennusteollisuus.

Valmet Technologies Oy käyttää fluidi ja sähkösuunnittelussa CADMATIC yrityksen sovellusta. CADS-ohjelmisto perustettiin 30 vuotta sitten yrityksessä Kymdata. Siitä lähtien ohjelmisto on saanut jatkuvasti päivityksiä ja lisää ominaisuuksia. Yritys kertoo, että he poistavat rutiineja ja pyrkii vähentämään virheitä, mikä mahdollistaa ajankäytön itse työlle.

Vahvalla 30 vuoden kokemuksella yrityksellä on suuret potentiaalit kasvavat kansainvälisillä markkinoilla. CADS suunnitteluovellus yhdistettiin saman nimen alle 2019 aivan kuten edellisessä kappaleessa kerrottiin. Nykyään Valmetin automaation käyttämää suunnitteluohjelmistoa kutsutaan nykyään nimellä CADMATIC. (CADMATIC 2020.)

Yrityksellä on pitkä kokemus suomalaisen CAD-suunnittelutarpeista, mikä on edistänyt heidän ohjelmistojansa ja tehnyt käyttäjistä asiantuntijoita. Yritys tekee tiivistä yhteistyötä asiakkaiden kanssa ja se myös näkyy Valmet organisaatiossa. CADS tuki on tehnyt aktiivista yhteistyötä suunnittelutiimin kanssa ja heidän ohjelmistollansa mallipohjainen suunnittelu tekee tuloaan erittäin nopeaa vauhtia. (CADMATIC 2020.)

Sovellus tarjoaa ajansäästöä, poistamalla rutiineja ja vähentämällä täten mahdollisia aikaa vieviä virheitä. Sovellus tarjoaa automatisoituja toimintoja ja suunnittelumääräyksiä huomioivia asetuksia. Kymmenet eri tietojärjestelmät voidaan yhdistää yhteen tietojenhallinta järjestelmään, jossa jokainen suunnittelija voi tehdä muutoksia omaan osuuteensa. (CADMATIC 2020.)

3.6 Kustannustehokkuus

Kustannustehokkuus ja kustannusten hallinta projekteissa on erittäin tärkeää, jotta projekti onnistuu. Kustannusten hallinta vaikuttaa myös organisaation strategisiin tavoitteisiin ja yrityksen suunnitelmaan. Kustannuslaskenta ja kustannushallinta ovat keskeisiä elementtejä kustannustehokkuudessa. Se vaatii sen, että kustannuslaskelmia ja raportteja käytetään hyödyksi, kun lasketaan projektin eri tasojen kustannuksia. (Pinto 2010, s. 250.)

Kustannusten ennustaminen on ensimmäinen askel projektin alussa. Silloin arvioidaan, että onko projekti kustannuksien kannalta kannattava ja tuottava. Kustannusarviossa luodaan projektille reunaehdot ja tunnistetaan projektin resurssit, kuten ihmiset ja materiaalit. On selvää, että projektin kustannusarvio ja projektin budjetointi ovat linkitettyinä keskenään. (Pinto 2010, s. 250.)

Projektin kehitysvaiheessa esitetään tarjouksia eri tahoille, jolloin saadaan perusmalli kustannuksista. Mitä paremmin kustannukset ovat eroteltuna, sitä paremmin se palvelee

asiakasta kuin myös tuotteen toimittajaa. Asiakas haluaa nähdä, että mistä projektien kustannus muodostuu. (Pinto 2010, s. 250.)

Esisuunnittelussa budjetti valmistellaan ja silloin arvioidaan kustannusaktiviteetit, sekä resurssien kustannukset. Valmistelu on tärkeä vaihe ja silloin kootaan odotetut kustannukset, sekä selvitetään vähimmäisvaatimus, jotta projekti onnistuu. On tärkeää arvioida resurssien kapasiteetti aikataulutuksessa. Projekti tulee aikatauluttaa myös resurssien mukaan, jotta kaikki eri vaiheet voidaan toteuttaa aikataulun mukaisesti. (Rumane 2011, s. 185.)

Seuraavaksi esitellään tyypillisimmät kustannuksiin vaikuttavat lähteet. Urakoitsijoiden kustannukset tulevat siitä, kun palkataan henkilöitä kehittämään projektia. Projekti tarvitsee osaavia henkilöitä onnistuakseen. Henkilölle maksetaan tyypillisesti tuntipalkkaa tai henkikö voi tehdä tietyn osuuden urakkana. (Pinto 2010, s. 250-251.)

Materiaalikustannukset tulee lisätä budjettiin. Joissain projekteissa materiaalikustannukset voivat olla pienet, jos esimerkiksi ostetaan ohjelmistopäivitys, eikä varisnaisia fyysisiä komponentteja tai kokonaisuuksia tarvitse ostaa. Mutta suurissa tuotantolinjojen rakennusprojekteissa materiaalikustannukset nousevat suuriksi. Alihankkijat, varusteet ja toimitilat tulee huomioida kustannuksissa. Logistiikka ja matkustuskustannukset voivat myös nousta korkeiksi, jos työmaa on toisella mantereella. (Pinto 2010, s. 251.)

On olemassa suoria ja epäsuoria kustannuksia. Urakoitsijat joita tarvitaan rakentamisvaiheessa tai kokoonpanossa, ovat suoria kustannuksia. Joskus tukihenkilöitä tai johtoa ei huomioida suorissa kustannuksissa, koska he auttavat asiantuntijoita ja urakoitsijoita projektin ulkopuolelta tai he ohjeistavat monta projektia samaan aikaan. Epäsuoriksi kustannuksiksi voidaan lukea kaikki epäsuorat materiaalikustannukset, verot, vakuutukset, kiinteistö ja korjauskustannukset. (Pinto 2010, s. 251.)

4 TOTEUTUS JA TULOKSET

Tässä pääluvussa esitellään tutkimuksen tulokset. Tulokset perustuvat toiminta- ja vertailututkimukseen. Työssä hyödynnettiin myös käytännön ratkaisujen analysointia. Tuloksissa hyödynnetään diplomityön tekijän omia kokemuksia suunnittelusta, tuotekehityksestä ja työmaalta.

4.1 Pneumatiikkasuunnittelu Valmetin Rautpohjan toimipisteessä

Tässä alaluvussa esitellään Valmet Technologies Oy:n Jyväskylän toimipisteen fluidiryhmän suunnitteluorganisaatiota. Kappaleessa käydään läpi suunnittelun eri vaiheet ja tutkitaan suunnitteluprosessiin liittyviä kehityskohteita, sekä parannuksia.

4.1.1 Suunnitteluorganisaatio

Automaatio-osastolla on yksi päällikkö, joka johtaa suunnitteluryhmäpäälliköitä. Automaatio-osasto on jaettu kolmeen eri osastoon, joita ovat fluidi-, sähkö-, ja ohjelmisto-osastot. Kun projekti jaetaan ryhmien kesken, jokaiselle osa-alueelle nimetään pääsuunnittelijat, jotka vastaavat kyseisen osa-alueen suunnittelijoiden aikatauluista ja teknologiaratkaisuista. Pääsuunnittelijat osallistuvat myös suunnitteluun.

Myyntiorganisaatio tekee myyntierittelyn, joka käydään yhdessä läpi mekaniikan kanssa. Automaatio-organisaatio keskustelee mekaniikan kanssa mitä teknologiaa on myyty ja miten mekaniikan automaattiset toiminnot toteutetaan käytännössä. Mekaniikkasuunnittelun kanssa tehdään tiivistä yhteistyötä koko projektin ajan.

4.1.2 Nykyinen suunnitteluprosessi

Suunnitteluorganisaatio voi osallistua projektiin jo myyntivaiheessa. Suunnittelijat ohjeistavat myyjiä eri teknologiaratkaisuissa. Automaation tuotevastaavat tekevät yhteistyötä myyjien ja aikatauluttajien kanssa, jotta projektin läpivienti olisi mahdollisimman kustannustehokasta ja oikein aikataulutettu. Pääsuunnittelijat aloittavat projektin heti ensimmäisestä viikosta lähtien, kun projekti on käynnistetty. Projektit

vaihtelevat paljon, riippuen linjatoimituksen suuruudesta. Myyjä on voinut myydä kokonaisen paperi- tai kartonkikonelinja tai vain yhden koneenosan, esimerkiksi pelkän puristinosan. Koneenosa voidaan myös modernisoida uudestaan, jolloin projekti on pelkästään modernisointiprojekti.

Varsinainen automaatio suunnittelu alkaa hieman mekaniikkasuunnittelun jälkeen. Ensimmäiseksi mekaniikkaryhmä käy läpi projektin laajuuden ja aikataulun. Samaan aikaan valitaan mekaniikkaan ja automaation omat pääsuunnittelijat. Kun automaatio-osasto on saanut lähtötiedot mekaniikasta, pidetään yhteinen palaveri mekaniikkasuunnittelijoiden kanssa, jossa käydään automaation lähtötietoja läpi.

Kokonaan uuden toimituksen suunnitteluprosessi on läpivienniltään paljon tehokkaampi, kun verrataan uusintaprojektiin. Uudessa linjassa lähtötiedot ovat oman yrityksen päätettävissä ja muokattavissa. Uudessa projektissa voidaan hyödyntää parametrisoituja malleja ja valmiiksi suunniteltuja ratkaisuja. Modernisointiprojektissa eli uusintaprojektissa asiakkaan kanssa joudutaan käymään tiivistä yhteistyötä, koska lähtötiedot voivat olla jopa 30 vuotta vanhat ja muutoksia on tapahtunut kyseisellä koneella vuosien aikana. Asiakkaalla ei välttämättä ole omat dokumentit ajan tasalla ja joitakin oleellisia lähtötietoja, kuten mekaanisia mittoja joudutaan käymään paikan päällä mittaamassa.

Valmet käyttää tällä hetkellä tuotetiedon hallintaan PDM eli Product Data Management järjestelmää. PDM järjestelmään tallennetaan ja kootaan eri fluidi kokonaisuuksien osalistat ja piirikaaviot. CADMATIC-sovelluksella voidaan lähettää PDM järjestelmään eri kokonaisuudet. CADMATIC-sovelluksen lähetys luo osalistat ja kokonaisuudet PDM järjestelmään automaattisesti.

Dokumenttien ja eri kokonaisuuksien hallintaan käytetään tuotteen elinkaaren hallinta järjestelmää, jota kutsutaan myös nimellä PLM eli Product Lifecycle Management. Valmet käyttää Sovelia järjestelmää PLM järjestelmänä. Kyseiseen järjestelmään voidaan tallentaa 3D- ja 2D-kuvat, sekä automaation piirikaaviot. Järjestelmällä varmistetaan, että eri kuvat ja kaaviot ovat helposti saatavilla Valmetin sisäisesti. Soveliaan voidaan samalla tavalla

lähettää CADMATIC-sovelluksesta eri kokonaisuudet samaan aikaan PDM lähetysten yhteydessä.

PDM järjestelmällä laitetaan myös eri kokonaisuudet hankintaan. Järjestelmässä vapautetaan kokonaisuudet ostajalle heidän ostojonoonsa. Vapautuksessa määritellään, että mihin päin maailmaa kyseinen kokonaisuus menee hankintaan tai valmistukseen. Vapautuksessa määritellään aikataulu kyseiselle osalle tai kokonaisuudelle, jotta ostajat tietävät milloin tuote pitää olla ostettuna tai lähetettynä valmistukseen. PDM järjestelmällä voidaan myös lähettää esikokoonpanoon kyseisiä kokonaisuuksia, jotta he saavat tarvittavat tiedot mitä kokoonpanossa tarvitaan.

Suunnitteluvaihe voi kestää viikosta kuukausiin. Suunnitteluprosessin pituus riippuu paljon toimitettavan kokonaisuuden suuruudesta. Mikäli toimitetaan kokonaan uusi paperikonekokonaisuus, suunnittelu-aika kestää useita kuukausia. Yksittäistoimituksia on useita vuoden aikana, mutta niiden suunnitteluun menee huomattavasti vähemmän aikaa.

4.1.3 Pneumatiikkasuunnittelun mallit

Tässä luvussa käsitellään puristinosan pneumaattista suunnittelua ja niiden malleja. Pneumatiikkasuunnittelussa hyödynnetään valmiita malleja, jotka toimivat suunnittelun pohjana. Osa malleista on parametrisoitu riippuen koneen leveydestä ja teknisistä erittelyistä. Mallit on luotu CADMATIC DM (datamanagement) ja DB eli database ympäristöön. DM sisältää eri piirikaavioiden 2D-piirustukset ja DB sisältää komponentit ja piirustuksien datan.

Valmetilla on otettu käyttöön modulaarinen suunnittelu käyttöön ja modulaarisia malleja kehitetään jatkuvasti. Mallien ylläpidosta vastaa tuotevastaavat ja koneenosien teknologiapäälliköt. Mallien ylläpitäjien vastuulla on ylläpitää valmiita malleja ja keskustella suunnittelijoiden kanssa mahdollisista kehitysideoista.

Pneumatiikassa mallien ylläpito on päässyt heikentymään, koska kyseisille malleille ei ole nimetty erillistä päätoimijaa. Rakenne on täten päässyt vanhenemaan, minkä takia suositaan vanhan projektin kopioimista malliksi.

Suunnittelua tehdessä on tullut vastaan, että edellisestä projektista kopioiminen ei ole aina paras vaihtoehto. Uuteen projektiin voi tulla muutoksia ja automaattisia ratkaisuja vaihdellaan sähkön, hydrauliiikan ja pneumatiikan välillä. Asiakkaalla voi olla omia vaatimuksia ja standardeja, jotka tulee ottaa huomioon jo suunnittelun alkuvaiheessa.

Vanhoista projekteista kopioiminen tuo mukanaan asiakkaalle spesifioidut rakenteet, standardit ja komponentti ID positiot. Maakohtaiset standardit, vaatimukset ja turvallisuusratkaisut voivat vaihdella projektien välillä merkittävästi, jolloin edellisen projektin malli ei välttämättä ole paras ratkaisu.

4.2 Modulaariset ratkaisut

Modulaariset mallit ovat luotu CADMATIC DM ja DB ympäristöön. Tässä kappaleessa kerrotaan mallien luonnista työn aikana ja laajuus Parametrisoituja ratkaisuja voidaan laajentaa muihin koneen osiin, joissa on saman tyyppisiä pneumaattisia toimintoja.

Työn aikana analysoitiin vanhojen mallien ja mittakuvien perusteella nykyinen tilanne pneumaattisille piireille, venttiilitelineille ja kenttäkotelolle. Analyysillä saavutettiin selviä kehityskohteita. On selvää, että moduloinnilla voidaan saavuttaa merkittäviä etuja. Modulaarisuudesta hyötyy asiakas, valmistus-, huolto- ja varaosaliiketoiminta.

Moduulisilla malleilla voidaan kehittää globaalisti valmistettavissa oleva venttiiliteline tai kenttäkotelo. Täten moduulisissa malleissa tulee huomioida eri valmistajien lähtökohdat, valmiudet ja komponenttien globaali saatavuus.

Mikäli pneumaattinen kokonaisuus on globaalisti valmistettavissa ja kokoonpantavissa, näin voidaan säästää logistiikkakustannuksissa. Logistiikkakustannukset ja tullikustannukset voivat tuoda lisähintaa huomattavasti. Eri valmistajilla on omat toimitusajat. Mikäli tuotetta tai kokonaisuutta voidaan valmistaa globaalisti, näin voidaan vähentää yhden valmistajan kuormaa ja tasapainottaa aikatauluja.

Työmaalta ja suunnittelusta saatujen kokemusten perusteella luotiin yksi modulaarinen suuri venttiilikaappi. Modulaarisesta piirikaaviosta saatiin luotua modulaarinen venttiilikaappi, jota voidaan hyödyntää tulevilla projekteilla. Modulaarinen mittakuva on helposti muokattavissa ja auttaa valmistajia, sekä kokoonpanoa tuotannossa. Piirikaaviot ovat helposti muokattavissa parametrisoinnin avulla, mitkä voidaan muokata eri reunaehtojen mukaan.

Työn aikana suunniteltiin parametrisoituja pneumaattisia piirejä, joita voidaan muokata toimintojen määrän mukaan. Parametreja muuttamalla voidaan päättää rakenteeseen tulevat piirit ja niiden toiminnot. Parametrien avulla luodaan kokonainen rakenne, jota muokataan projektin reunaehtojen mukaan.

Pneumatiikalla toimivat prosessiventtiilit vaativat pneumatiikkasyötön toimiakseen. Pneumaattista syöttöä ohjataan pneumaattisilla on/off -suuntaventtiileillä. Kuten aikaisemmin mainittiin paperi- tai kartonkikone sisältää satoja prosessiventtiileitä, joten pneumaattisia suuntaventtiileitä toimitetaan myös satoja pitkin tuotantolinjaa. Suuntaventtiilien sijoitusta voidaan keskittää, mutta suurien prosessiventtiilien sijoitus voi vaihdella paljon, koska prosessiputkien halkaisijat ovat suuret.

Putkituksien kannalta on järkevää sijoittaa suuntaventtiilit mahdollisimman lähelle prosessiventtiileitä, jotta vältetään pitkiltä putkituksilta. Täten prosessiventtiileiden ohjausventtiilit ei olisi suotavaa sijoittaa yhteen suureen kaappiin puristinosalla. Prosessiventtiileitä on sijoitettu suuri määrä eri puolelle konetta, jolloin sijoitetut venttiilikotelot voidaan viedä lähemmäs prosessiventtiileitä.

Yhtenä modulaarisena mallina suunniteltiin prosessiventtiileiden ohjauskotelomalli, jota voidaan hyödyntää muissakin koneenosissa. Venttiilikotelon mittakuvan avulla voidaan valmistaa globaalisti samanlaisia venttiilikotelaita. Venttiilikoteloiden komponentit ovat valittu markkinoilla olevista globaalisti saatavilla olevista komponenteista.

Yksi tärkeimmistä prosessiventtiileiden ohjauskotelon komponenteista on venttiiliterminaali. Venttiiliterminaali on kompakti paketti, mikä vähentää kotelon sisäisiä

putkituksia ja sähköistyksiä. Venttiiliterminaaliin liitytään yhdellä kaapelilla, kun taas perinteisessä venttiilitukissa putkitukset ja sähköistykset joudutaan tekemään erikseen. Venttiiliterminaalilla vähennetään valmistuskustannuksia ja täten optimoidaan koko elinkaarta pneumatiikkasuunnittelusta valmistukseen ja asiakkaalle.

4.3 Komponenttien valinnan koneenosien välillä

Työmaalla tehtyihin havaintoihin perustuen todeta, että koneen osien välillä teknologiaratkaisut ovat erilaiset. Erilaisia ratkaisuja käytetään samanlaisten toimintojen toteuttamiseen. Saman tyyppinen pneumaattisen toiminto voidaan toteuttaa monella eri tavalla. Tämä on havaittavissa linjatasolla monessa eri kokonaisuudessa.

Vuosien aikana suunnitteluorganisaatioille on muodostunut omia malleja ja teknologiaratkaisuja. Tämä johtaa siihen, että samassa linjatoimituksessa on käytetty erityyppisiä komponentteja eri valmistajilta. Pneumaattisten komponenttien toimittajia on monia ja komponenttien tyyppejä tulee markkinoille vuosi vuodelta lisää.

4.4 Vaihtelevuus valmistajien välillä

Saksan työmaalla todettiin, että koneen osien välillä on eroavaisuuksia, vaikka toiminnot ovat aivan samanlaiset. Pneumaattisia kaappeja oli valmistettu eri tavalla, riippuen missä venttiilikaappi oli valmistettu.

Euroopassa valmistettujen valmistus- ja kokoonpanomenetelmät erosivat selvästi venttiilikaapeista, jotka oli valmistettu Aasiassa. Työmaatutkimuksen aikana tehtiin vertailuja eri koneenosien välillä. Osa koneen osista oli valmistettu Euroopassa ja osa Aasiassa. Myös automaation toimituksia oli tullut näiden kahden mantereiden väliltä. Vaikka suunnittelu oli tehty Suomessa ja sama suunnittelija oli suunnitellut eri koneenosien alueet, silti valmistuksessa oli käytetty eri menetelmiä.

4.5 Materiaalivalinnat

Venttiilikaappien, koteloiden ja kenttäputkituksen materiaalivalinnoilla on selvä merkitys kustannuksiin. Venttiilikaappeja voidaan valmistaa teräksestä, joka on valmistettu

ruostumattomasta teräksestä AISI 304 ja haponkestävästä AISI 316. Kuitenkin kaikista halvin ratkaisu olisi maalattu venttiilikaappi tai -kotelo.

Vertailemalla projekteja, joissa on käytetty eri materiaaliratkaisuja, voidaan huomata, että kustannukset vaihtelevat paljon. Eri koneenosilla vallitsevat eri olosuhteet. Materiaalivalinnat tehdään eri koneenosille olosuhteiden mukaan. Työn aikana vertailtiin isojen venttiilikaappien materiaalikustannuksia AISI 304 ja AISI 316 materiaalin välillä.

Materiaalivalinnoissa tulee huomioida myös toimitusaikakustannukset. Työn aikana kysyttiin eri tarjouksia eri valmistajilta. Todettiin, että materiaalivalinnalla voidaan vaikuttaa toimitusaikaan ja kustannuksiin. Materiaalikustannus ja toimitusaika putoavat materiaalilla AISI 304, kun verrataan materiaaliin AISI 316. Ruostumattoman teräksen lopullinen kustannus on paljon edullisempi kuin verrataan haponkestävään kotelon tai venttiilikaapin materiaaliin.

Jo myynti vaiheessa tulisi keskustella materiaalivalinnoista eri koneenosille. Venttiilikaapit ja kotelot tulisi sijoittaa niin, että syövyttävät kemikaalit eivät pääse kosketuksiin kaappien pintojen kanssa. Mikäli kotelointia ja venttiililinjaa sijoitetaan kuivaan ja puhtaaseen ympäristöön, materiaalina voisi käydä maalattu ja standardisoitu ratkaisu. Standardiratkaisut ovat kustannuksiltaan ja toimitusajoiltaan erinomainen valinta. Työssä vertailtiin eri venttiilikoteloiden hintoja ja toimitusaikoja.

4.6 Venttiilikaappien sijainti

Venttiilikaappien etu tulee esille siinä, että kaikki komponentit voidaan sijoittaa yhteen paikkaan. Valmistaja voi koota venttiilikaapin kompaktiksi paketiksi. Pneumaattisten komponenttien keskittäminen ei ole aina paras vaihtoehto. Liian suuri keskitys johtaa suuriin putkituskustannuksiin.

Kuten edellisessä kappaleessa kerrottiin, venttiililinjat tai kotelot tulisi sijoittaa puhtaaseen ja kuivaan paikkaan. Se tulisi sijoittaa myös mahdollisimman lähelle toimilaitteita, jotta työmaalla tehdyt putkitukset olisivat mahdollisimman lyhyet. Lyhyillä työmaaputkituksilla voidaan nopeuttaa työmaan läpivientiä ja vähentää työmaakustannuksia.

Työssä kehitettiin myös laskentataulukkoa, jolla voidaan laskea putkituksen kustannuksia työmaalla. Putkituksen kustannuksiin sisältyy putkimateriaali, putkiston osat, joita on muun muassa käyrät, haarat ja lähdöt komponenteilta. Laskentataulukkoon on myös laskettu työmaavalvonnan tunnit. Putkistojen hintaan vaikuttaa asennuksen kesto ja siihen liittyvät mahdolliset lisäpäivät.

Teoriaosuudessa esiteltiin pneumaattinen järjestelmä, johon sisältyy myös juuriventtiilit. Juuriventtiilien sijoitus on myös tärkeää, jotta pneumaattisesta järjestelmästä voidaan jakaa työilmaa mahdollisimman lyhyillä runkoputkillä. Juuriventtiilin avulla voidaan tyhjentää runkolinja kunnossapidon ajaksi.

4.7 Asiakkaan kustannukset

Paperi tai kartonkikoneen linjatoimituksessa on myös mietittävä kuinka asiakkaan kustannuksia tulisi välttää. Tuotteen toimittaja voi vaikuttaa monella eri tapaa, kuinka asiakas vähentää kustannuksia osto vaiheessa, suunnittelu vaiheessa ja koneen eliniän aikana.

Toimittajan ja asiakkaan tulisi tehdä tiivistä yhteistyötä jo myyntivaiheessa. Sopimalla selvät toimitusrajat vähentävät epäselvyyksiä toimitusrajalta ja täten vähentävät suunnittelu, valmistus ja asennuskustannuksia. Suosimalla valmistajan modulaarisia ratkaisuja ilman erikoisvaatimuksia voi vähentää kustannuksia merkittävästi. Asiakas voi ostaa valmistajan ydinosaamista, jolloin suunnittelu- ja valmistuskustannuksia ei kerrytetä jo valmiiksi suureen summaan.

Työmaalla tehtyjä putkitustöitä tulisi välttää. Esiasennettu järjestelmä on tehokkaampi tapa valmistaa tuotantolinjan eri koneenosia, jos verrataan työmaalla tehtyihin ratkaisuihin. Työmaatutkimuksissa kävi ilmi, että tarkalla suunnittelulla ja esikokoonpanon asennuksilla voidaan vähentää työmaan putkitustöitä, jotka voivat olla kustannuksellisesti kalliimpia. Tarkasti suunniteltu ja valmiiksi mietitty nopeuttaa huomattavasti työmaalla tehtyjen putkistojen valmistusta ja asennusta.

4.8 Kustannukset mihin ei voida vaikuttaa

On olemassa kustannuksia, joihin myyjä ja ostaja ei voi vaikuttaa. Suunnittelukokemuksiin perustuen ja edellisiin projekteihin verraten, maakohtaiset kustannukset voivat olla merkittävät. Asiakkaan tehtaan sijainti merkitsee paljon kustannuksiin. Kohdemaalla voi olla käytössä omat standardit, vaatimukset ja turvallisuussäädökset, joita tulee seurata suunnitteluvaiheessa.

Ympäristö tuo omat kustannukset. Esimerkiksi päiväntasaajalla tulee keskittyä jäähdytysjärjestelmiin entistä tarkemmin, jotta järjestelmät eivät ylikuumene. Jäähdytysveden lämpötila voi olla merkittävän suuri, koska tarjolla ei ole viileää jäähdytysvettä.

Moottorien ja suuntaventtiilien jännitteet muuttuvat, jos verrataan keskenään Eurooppaa ja Pohjois-Amerikkaa. Pohjois-Amerikassa on käytössä myös erityyppisiä liittimiä verrattuna Eurooppaan ja Aasiaan. Suunnittelussa tulee huomioida maakohtaiset standardit ja lainsäädännöt.

Mikäli tehdas sijoitetaan kauas, johon on vaikea pääsy, tuo logistiikka kustannuksia. Varaosan toimitus vaikeutuu ja tekninen tuki ei pääse välittömästi paikalle. Mikäli linja seisoo teknisen vian vuoksi, tuotannon menetykset voivat olla suuret. Asiakkaan tulee siis miettiä, että mikä olisi paras vaihtoehto huoltosopimuksille ja varaosavaraston suuruus.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimukseen, projekteihin, käytännönkokemuksiin ja kirjallisuuteen perustuen, voidaan todeta, että tulokset ovat suurimmaksi osaksi yhtenäisiä. Suurin puute pneumaattikasunnittelussa on suunnittelukokonaisuuksien ratkaisujen vaihtelevuus. Yksi syy tähän on se, että valmiita modulaarisia malleja ei ollut luotu kaikkiin osa-alueisiin. Mallinnuksen metodologiaa ja siihen liittyvää koulutusta ja ohjeistuksen puuttumista pidetään yhtenä ratkaisevana tekijänä kirjavan mallinnustavan takana.

Edellä mainitut ongelmat tulevat esille eri projekteissa ja eri koneenosien välillä, kun niitä verrataan keskenään. Kirjallisuuskatsauksen tuloksia tarkastelemalla saatiin myös tämä esille. Kirjallisuus tuo esille sen, että yrityksen sisäisen standardit, metodologiat ja yhteiset koulutukset vaikuttavat suunnittelun tehokkuuteen ja yhtenäistämiseen. Kirjallisuuslähteet painottavat, että yhtenäistäminen ja modulaarisuus voisi ratkaista monia ongelmia ja tehostaa yrityksen toimintaa koko tuotteen elinkaaren aikana.

Tuloksista ja kirjallisuudesta käy myös ilmi, että yrityksen tulisi panostaa jatkuvaan koulutukseen. Jatkuvalla koulutuksella parannetaan ja ylläpidetään työntekijöiden osaamista. Tämä mahdollistaa sen, että yritys pysyy kilpailukykyisenä. Uudet ratkaisut ja kehittävä teknologia luo etulyöntiaseman muihin yritykseen verrattuna. Asiakkaalle voidaan tarjota markkinoiden uusinta teknologiaa ja optimoituja ratkaisuja.

Yhteisen metodologian puuttuminen voi johtua siitä, että sen luominen on haasteellista. Siihen tarvitaan suuri panostus, jotta toteutus on toimiva. Jotta yhteinen metodologia voidaan luoda, se vaatii suurta panostusta yrityksen johdolta, jokaiselta työntekijältä ja sidosryhmiltä. Tulokset eivät ole välittömiä vaan metodologian implementointi on pitkäaikainen prosessi. Yhtenäistäminen vaatii resursseja, joita ei välttämättä ole tarjolla erilaisista syistä.

Tutkimalla vanhoja malleja, tultiin siihen tulokseen, että CADMATIC ympäristöön tulisi kehittää puristimelle pneumaattisia modulaarisia malleja. Mallien suunnittelu sovelluksen ympäristöön on mahdollista ja tehokasta. Sovellus mahdollistaa tehokkaan modulaarisen

rakenteen luomisen, joka yhdistää fluidi ja sähkösuunnittelun. Kun modulaariset mallit on saatu valmiiksi, malleja voidaan hyödyntää muissa koneenosissa.

Mallien ylläpito on helppoa CADMATIC ympäristössä, koska niihin on reaaliaikainen pääsy Valmetin työntekijöillä ja alihankkijoilla. Molemmat työryhmät pääsevät muokkaamaan samoja malleja ja tiedostoja reaaliajassa. Tiedostojen lukitseminen onnistuu kyseisellä sovelluksella, jolloin samanaikaisia päivityksiä ei pääse tapahtumaan suunnittelijoiden kesken.

Automaatio-osaston käyttämä CADMATIC sovellus yhdistää fluidi- ja sähkösuunnittelun. Tämä parantaa modulaarisien mallien tehokkuutta entisestään. Mikäli mekaniikkasuunnittelu saataisiin vielä yhdistettyä sovellukseen, se toisi entistä enemmän mahdollisuuksia ja tehokkuutta yrityksen toimintaan. Näin voitaisiin yhdistää mekaniikka ja automaatio entistä paremmin. Automaatio-osasto saisi lähtötiedot suoraan omaan suunnitteluohjelmistoon. Yhtenäistäminen mahdollistaisi liittymisen mekaniikan rakenteisiin automaattisesti parametrien avulla. Yhtenäistäminen vähentäisi virheitä, tehostaisi suunnittelua ja parantaisi yrityksen toimintaa entisestään.

CADMATIC sovelluksen etu on myös se, että mallit voidaan vapauttaa välittömästi PDM ja Sovelia järjestelmiin. Näin ne ovat kaikkien käyttäjien nähtävillä. Muut sidosryhmät voivat hyödyntää samoja kokoonpanoja tai lukea tarvittavia lähtötietoja. Automaattinen vapautus vähentää mekaanista käsityötä, koska tietyillä parametreilla sovellukset keskustelevat keskenään automaattisesti. Tämä on suuri etu verrattuna vanhempiin suunnittelujärjestelmiin, joita on käytetty historian aikana.

Valmiin mallin hyödyntäminen CADMATIC sovelluksen sisällä on yksinkertaista parametrien avulla. Parametreilla voidaan määrittää, että kuinka monta kertaa kyseistä mallia tarvitaan ja minkälaisilla lähtötiedoilla. Parametrit auttavat kohdistamaan komponentit maakohtaisesti. Eri mantereilla on erilaisia jännitesyöttöjä tai turvallisuusvaatimuksia. Parametrien avulla valitaan kohdema ja täten saadaan oikeat mallit kyseiselle linjatoimitukselle.

5.1 Tulosten hyödynnettävyys

Teoriaosuudesta saatiin yleiskäsitys pneumaattisista kohteista paperi- tai kartonkikoneen puristinosalla. Teoriaosuudessa käsiteltiin pneumaattisia kokonaisuuksia, paineilmakulutuksia ja vaatimuksia. Teoriassa pyritään tuomaan esille tiivistettynä kaikki pneumatiikkaa vaativat toimilaitteet ja kokonaisuudet.

Tuloksissa pyrittiin tuomaan esille ongelmakohtia pneumatiikkasuunnitteluun liittyen ja luotiin valmiita modulaarisia malleja, joita voidaan hyödyntää ja kehittää yrityksessä. Tuloksissa ehdotetaan luomaan yhtenäinen suunnittelumetodologia pneumatiikkasuunnittelulle. Selkeillä suunnitteluohjeilla, malleilla ja linjoilla yritys voi muodostaa yhteisen strategian, jota lähdetään työstämään yhdessä. Mallien ylläpito olisi jokaisen vastuulla ja jatkuvilla päivityksillä pneumaattisia malleja voidaan ylläpitää yhdessä.

Tulokset osoittavat, että yhteisten linjojen luominen kuluttaa aikaa ja resursseja. On todettu, että yhtenäiset mallit ja linjaukset maksavat itsensä takaisin pitkällä aikavälillä. Koko järjestelmää tulee kehittää jatkuvasti, jolloin tulokset alkavat näkyä vuosien saatossa. Järjestelmän kehitys vie paljon aikaa ja tuloksien saamisessa kestää kauan.

Uutta projektia luodessa tulisi projektin pohja olla mahdollisimman pitkälle hiottu ja kohdistettu asiakkaan tarpeiden mukaiseksi. Vanhan projektipohjan siivoaminen vanhoista ja epäoleellisista piireistä ja ratkaisuista vie huomattavan paljon suunnittelu-aikaa. Jos uusi projekti luodaan CADMATIC sovelluksella, se tulisi olla niin pitkälle hiottu, että sapluunan ollessa valmis, siitä ei tarvitse siivota yksityiskohtia tai suuria kokonaisuuksia pois.

5.2 Tulevaisuuden tutkimusaiheet

Diplomityötä tehdessä kerättiin kirjallisuusselvityksen ja tulosten perusteella pneumatiikan kehittämisen kannalta tärkeitä tutkimusaiheita ja tutkimuskohteita. Aiheita on pyritty keskittämään pneumatiikkaan ja kohdistamaan paperi- tai kartonkikoneen puristinosaan. Teollisuudessa käytettyjä ratkaisuja tai käytäntöjä ei julkisuudessa esitetty kovinkaan paljoa, joten niihin työssä ei voitu ottaa kantaa.

Tulevaisuuden tutkimusaiheissa pyrittiin tuomaan Valmetin tarpeet esille. Kehityskohteita on löydetty työmaalta, vanhoista projekteista ja kirjallisuusselvityksessä. Tutkimuksen perusteella modulaarisia malleja ja yhtenäistämistä tarvittaisiin puristinosalle. Tutkimus toi esille, että modulaarisilla malleilla ja yhtenäisillä ratkaisuilla säästettäisiin kustannuksissa ja tehostettaisiin suunnittelua.

Toimintatutkimus oli erinomainen valinta diplomityölle. Jo alkuvaiheessa päästiin vaikuttamaan ja muuttamaan organisaation toimintatapoja, sekä luomaan uusia malleja. Tutkimuksen tarkoituksena on saada aikaan muutosta organisaatiossa. Aikataulu oli työlle erittäin tiukka, koska työhön sisällytettiin laaja aihe, työmaalla käynti ja tulosten erittely sekä mallien luonti. Kaikkia malleja ei saatu valmiiksi puristinosalle, mutta prosessi saatiin erinomaisesti käyntiin. Mallien luontia voidaan jatkaa puristinosalle ja saattaa puristinosakokonaisuus valmiiksi.

Tulevaisuuden aiheiksi muodostui monia erilaisia aiheita monesta eri näkökulmasta. Yksi tärkeimmäksi tutkimusaiheeksi muodostui komponenttien ja valmistusohjeiden yhtenäistäminen. Samanlaisia teknologiaratkaisuja ja komponentteja tulisi hyödyntää koko tuotantolinjalla.

Kustannuslaskelmia putkitukselle, teknologioiden välille ja komponenttien vertailuja yksityiskohtaisesti eri toimittajien välillä voisi lisätä kustannustehokkuutta. Kuinka varmistettaisiin, että kaikki komponentit, joita käytetään, on globaalisti saatavilla. Jokaiselle komponentille tulisi katsoa myös vaihtoehtoinen toimittaja. Vaihtoehtoisella toimittajalla voidaan taata tuotteen saatavuus entistä paremmin.

Erilaisille pneumaattisille komponenteille tarvitaan tehdä turvallisuuslaskelmia, mikäli ne ovat käytössä turvapiirissä. Yrityksellä on olemassa tietyille komponenttien valmistajille turvallisuuslaskelmat, mutta vaihtoehtoisille komponenteille tulisi tehdä myös turvallisuuslaskelmia. Mikäli asiakas vaatii eri komponenttitoimittajien komponentteja, silloin laskelmat joudutaan tekemään komponenttikohtaisesti perustuen turvallisuusstandardeihin.

6 YHTEENVETO

Tässä pääluvussa kerrotaan diplomityön rakenne ja kootaan pääkohdat. Diplomityössä esitetään Valmet Technologies Oy:n Rautpohjan automaatio-osasto, johon työ tehtiin. Työn tavoitteena oli parantaa paperi- tai kartonkikoneen puristinosuuden pneumatiikkaa. Parannuksia tarkasteltiin monista eri näkökulmista.

Teoriaosuudessa käsiteltiin pneumatiikkaa yleisesti ja keskityttiin asioihin, jotka ovat oleellisia puristinosuuden pneumatiikkasuunnittelussa. Tärkeimmän puristinosan pneumaattiset toiminnot ja komponentit esitettiin työn kirjallisuuskatsauksessa. Automaatio-osaston suunnitteluohjelmisto esiteltiin ja kerrottiin modulaarisesta mallipohjaisesta suunnittelusta.

Toiminta- ja käytännöntutkimuksessa perehdyttiin teoriaan, vanhoihin projekteihin ja käytännön kokemuksiin. Vanhoja projekteja tutkimalla löydettiin vaihtelevuuksia projektien välillä. Työmaakäynnillä havaittiin vaihtelevuudet käytännössä. Työmaalla pyrittiin löytämään suurimman vaihtelevuudet ratkaisujen välillä ja tuomaan esille työmaalla esille tulleet ongelmat.

Tuloksista voidaan päätellä, että yhteiset suunnittelumetodologiat voivat tehostaa yrityksen pneumaattista suunnitteluprosessia. Suunnittelijoiden ja koneenosien välillä on paljon eroavaisuuksia, joita voitaisiin yhdistää ja samankaltaistaa. Yrityksen tulisi luoda yhteiset reunaehdot ja ratkaisut, joita jokainen suunnittelija seuraa. Vuosien aikana on muodostunut omia toimintatapoja, joita tulisi karsia pois ja yhtenäistää. Yhtenäisillä teknologiaratkaisuilla on monia etuja koko toimitusketjun aikana.

Työssä suunniteltiin modulaarisia malleja puristinosalle, joita ei ollut vielä aikaisemmin luotu. Tulokset osoittavat, että modulaarisia malleja voidaan hyödyntää toisilla koneenosuuksilla. Yhtenäistämällä voidaan tehostaa yrityksen toimintaa. Jos mallit olisivat yhtenäistetty, monet eri suunnittelijat kehittäisivät samoja malleja yhdessä, jolloin malleista tulisivat optimaaliset erittäin nopeasti. Mikäli jokaisella suunnittelijalla on omat mallit, toiset

eivät voi niitä optimoida, koska he eivät käytä samoja malleja. Yhtenäisillä malleilla ja tuotekehityksellä taataan erinomaiset mallit, joita ylläpidetään ja ovat käytössä tulevissa projekteissa.

Työssä ehdotettiin korjaavia toimenpiteitä. Yhtenäistämisen on suuri merkitys suunnittelun ja teknologian parantamisessa. Työssä tuotiin ilmi, että jatkuvalla kehittämisellä ja koulutuksella, sekä tuoreilla suunnittelusäännöillä ja -ohjeilla voidaan parantaa pneumatiikkaa puristinosalla. Olisi syytä saada yhden koneenosien ohjeet, rajaukset ja säännöt valmiiksi, joita voidaan jatkossa laajentaa muihin koneenosien ja teknologiakokonaisuuksiin.

Johtopäätökset pääluvussa ehdotettiin tulevia tutkimusaiheita toisille diplomi- tai opinnäytetyön tekijöille. Yritys voi myös hyödyntää ehdotettuja tutkimusaiheita ja lähteä viemään eteenpäin niitä yrityksessä. Kun saadaan yksi koneenosien modulaarisuuskokonaisuus valmiiksi, sitä voidaan laajentaa muihin koneenosien.

LÄHTEET

Air Receivers. 2005. Energy efficient compressed air systems. [Viitattu 20.10.2020]
Saatavissa: https://www.air-receivers.co.uk/files/Carbon_Trust_GPG385.pdf

Ansaharju, T. 2009. Koneenasennus ja kunnossapito. Helsinki : WSOY. 329 s.

CADMATIC. 2020. Yritys. [CADMATIC Oy www-sivuilla]. [Viitattu 23.9.2020].
Saatavissa: <https://www.cadmatic.com/fi/yritys/>

Ellman, A. Hautanen, J. Järvinen, K. & Simpura, A. 2002. Pneumatiikka. Helsinki : Edita.
189 s.

Eskelinen, H. & Karsikas, S. 2014. 1. Painos. Tampere: Amk-kustannusTammertekniikka.
224 s.

Kauranne, H. Kajaste, J. & Vilenius, M. 2013. Hydrauliteknikka. 2. Painos. Helsinki :
Sanoma Pro. 496 s.

Keinänen, T. & Sumujärvi, M. 2019. Automaatiotekniikka Sanoma. Helsinki : Sanoma Pro
Oy. 346 s.

Keinänen, T. Kärkkäinen, P. Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2007.
Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki : WSOY Oppimateriaalit. 306
s.

Knownpap. 2001. LWC paperikone. [Knownpap Oy www-sivuilla]. [Viitattu 23.9.2020].
Saatavissa:
http://www.knownpap.com/www_demo/suomi/paper_technology/paper_machine/1_lwc/lwc_paperikone_36013_img.htm

Kuula, A. 2020. Toimintatutkimus. [FSD tuni www-sivuilla]. [Viitattu 23.9.2020]. Saatavissa: https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L5_4.html

Festo. 2020. Solenoid valve. [Festo www-sivuilla] [Viitattu 20.12.2020]. Saatavissa: https://www.festo.com/net/en-gb_gb/SupportPortal

Pihkala, J. 2004. Prosessisuureiden mittaustekniikka. 2. Painos. Helsinki : Opetushallitus 2004. 170 s.

Pinto, J. 2010. Project management : achieving competitive advantage. 2. Painos. Boston : Pearson.

Pulli, M. 2009. Virtaustekniikka, vedensiirtojärjestelmien toiminnallinen suunnittelu nykyaikaisin menetelmin. Tampere: Tammertekniikka. 248 s.

Rumane, A. 2011. Quality management in construction projects. Boca Raton : Taylor & Francis. 434 s.

Valmet. 2020a. [Valmet Technologies Oy www-sivuilla]. [Viitattu 21.10.2020]. Saatavissa: <https://www.valmet.com/>

Valmet. 2020b. Valmet Historia. [Valmet Technologies Oy www-sivuilla]. [Viitattu 21.10.2020]. Saatavissa: <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/historia/>

Valmet. 2020c. Valmetin toiminnot suomessa. [Valmet Technologies Oy www-sivuilla]. [Viitattu 22.10.2020]. Saatavissa: <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-suomessa/>

Valmet. 2020d. Tuotteet. [Valmet Technologies Oy www-sivuilla]. [Viitattu 15.11.2020]. Saatavissa: <https://www.valmet.com/fi/tuotteet/>

Valmet. 2014. Valmet Technical Paper Series. Press Fabrics. [verkkodokumentti]. [Viitattu 20.11.2020]. Saatavissa: https://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/process-improvements-and-parts/wpp_fabricspress.pdf

Valmet. 2013. Valmet Technical Paper Series. Valmet Fabrics – an Introduction [verkkodokumentti]. [Viitattu 20.11.2020]. Saatavissa: https://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/process-improvements-and-parts/wpp_fabricshistoryforming.pdf

Valmet. 2012. Valmet Technical Paper Series. Innovation: Rebuilds, Service & Design. [verkkodokumentti]. https://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/other-services/wpo_innovations.pdf