

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikan koulutus

2022

Juhana Loikkanen

Suosittelavat käyttölaiteet paperikoneen eri ilmastointijärjestelmissä

– Valmet Technologies Oy

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikan koulutus

2022 | 54 sivua

Juhana Loikkanen

Suosittelavat käyttölaitteet paperikoneen eri ilmastointijärjestelmissä

- Valmet Technologies Oy

Opinnäytetyön toimeksiantona on tehdä hankintaohje paperikoneen käyttölaitteille Valmet Technologies Oy:lle. Valmet Technologies Oy valmistaa paperi-, kartonki- ja pahviteollisuuden koneita sekä harjoittaa näihin liittyviä muita toimintoja. Työssä tutkittiin paperikoneen eri ilmastointijärjestelmien käyttölaitteita.

Opinnäytetyössä esitellään toimeksiantaja, työn tavoitteet ja tarkoitus. Paperikone, kuivatusosa, ilmastointijärjestelmät ja kuivatusosan ilmalaitteet esitetään yleisellä tasolla sekä käsitellään syvemmin käyttölaitteita, niiden ominaisuuksia ja ohjauksia. Lopuksi esitellään hankintaohjeen laadintaa, siihen liittyvää tiedon kartoitusta ja tilausohjeen rakennetta.

Opinnäytetyön tuloksena valmistui uusi vaihe vaiheelta -hankintaohje käyttölaitteille suunnittelijoille. Se ohjeistaa selkeästi ja yksityiskohtaisesti suunnittelijan työvaiheita käyttölaittehankinnoissa. Työn tulokset tukevat suunnittelijoiden käyttölaitteiden hankintaa. Hankintaohje lisää suunnittelijoiden työn tehokkuutta ja vähentää tiedon hakemiseen kuluvaa aikaa.

Asiasanat:

Ilmastointijärjestelmä, käyttölaite, hankintaohje

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2022 | 54 pages

Juhana Loikkanen

Recommended actuators for paper machine ventilation systems

- Valmet Technologies Oy

The objective of this thesis was to make instructions for purchasing actuators of paper machines. The thesis was commissioned by Valmet Technologies Oy. Valmet Technologies manufactures machinery for paper, paperboard and cardboard industries and carries out other related activities. In the work, the actuators of ventilation systems were examined.

Firstly, this thesis introduces the client and explains the objectives and purpose of the assignment. The paper machine, drying section, ventilation systems and ventilation devices are covered on a general level. Actuators, their features, and controls are covered on a deeper level. Finally, the preparation of the purchasing instruction, the related information mapping and the structure of the instruction are presented.

As a result of this thesis, a new step-by-step purchasing instruction of actuators for the use of engineers was completed. It instructs explicitly and in detail the engineers' phases in actuator purchasing. The results of the work support the engineers in purchasing the actuators. The purchasing instruction increases the efficiency of engineers and reduces the time it takes to retrieve information.

Keywords:

Ventilation system, actuator, purchasing instruction

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	6
1 Johdanto	7
1.1 Tausta ja tavoitteet	7
1.2 Toimeksiantajan esittely	8
2 Paperikone	10
2.1 Paperikoneen pääosat	10
2.2 Paperikoneen kuivatusosa	11
2.3 Kuivatusosan ilmastointi	12
2.4 Kuivatusosan ilmajärjestelmät	16
3 Käyttölaitteet	22
3.1 Toimiyksikkö	22
3.2 Käsikäyttölaite	22
3.3 Paineilmasyylinterit	22
3.4 Toimilaitteen ohjaus	25
3.5 Standardit ja ohjeet	28
3.6 Neles B1C	30
3.7 Pimatic P2520	34
3.8 Toimilaittevertailu	37
4 Tilausohjeen laadinta	40
4.1 Lähtötiedot	40
4.2 Tiedon kartoitus	40
4.3 Tilausohjeen rakenne	43
4.4 Tulokset	45
5 Pohdinta ja yhteenveto	50
Lähteet	52

Kaavat

Kaava 1. Sylinterin voima.	23
Kaava 2. Momentti.	36

Kuvat

Kuva 1. Valmet OptiRun Hybrid -yhdistelmäkuivain (Valmet 2022b).	12
Kuva 2. Yksivieraviennin alueella radan kulkuun haitallisesti vaikuttavia tekijöitä (Valmet 2022c).	17
Kuva 3. Valmetin kuivatuskonsepteja (Valmet 2022c).	18
Kuva 4. Valmet Hirun Web Stabilizer 2E (Valmet 2022c).	19
Kuva 5. HiRun-puhalluslaatikon toiminta ratakatkossa (Valmet 2022c).	20
Kuva 6. Vac Roll -telan rakenne (Valmet 2014, 1).	21
Kuva 7. Neles B1C:n rakenne (Neles 2020b, 6).	32

Kuviot

Kuvio 1. Ulostulomomentti avauskulman funktiona (Neles 2020b, 6).	32
Kuvio 2. Neles B1C:n momentit venttiilin asennolla.	33
Kuvio 3. Pimatic P2520 momentit venttiilin asennolla.	37
Kuvio 4. Momenttien vertailu venttiilien asennoilla.	38

Taulukot

Taulukko 1. Neles B1C:n momentit 6 Bar syöttöpaineella (Neles 2020b,1).	31
Taulukko 2. Pimatic P2520 voimat 6 Bar syöttöpaineella (Pimatic 2009, 1).	35
Taulukko 9. Toimilaittevertailu (Pimatic 2009, 1-3; Neles 2020b, 19; Valmet 2022c).	39

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

PDM	Product Data Management, Tuotetiedon hallinta
PI-kaavio	Putkitus- ja instrumentointikaavio
mA	Milliampeeri
HART	Kenttäväylästandardi
MW	Megawatti
EMEA	Eurooppa, Lähi-Itä ja Afrikka
NBR	Nitriilikumi
PTFE	Polytetrafluorieteeni
N	Newton
Pa	Pascal
Nm	Newtonmetri

1 Johdanto

1.1 Tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia säätöventtiilien käyttölaitteita paperikoneen ilmajärjestelmissä, tehdä tilausohje käyttölaitteiden tilaamiselle sekä kartoittaa ja päivittää olemassa olevaa tietoa. Työ toteutetaan haastattelemalla suunnittelijoita, tutkimalla olemassa olevia ohjeita, mekaniikkapiirustuksia ja PI-kaavioita sekä käyttö- ja huolto-ohjeita. Työn lopputuloksena on tarkoitus uuden hankintaohjeen lisäksi päivittää käyttölaitteiden tuoterakenteet PDM-järjestelmään ja päivittää käyttölaitteisiin liittyvät piirustukset. Päivitetty tieto ja uusi ohje siirretään toiseen tietojärjestelmään.

Opinnäytetyön tavoitteena on tarjota oikeaa ja ajantasaista tietoa suunnittelijoille. Tieto helpottaa suunnittelijoiden työtä ja vapauttaa resursseja. Myös uudet, työssään vasta aloittaneet suunnittelijat tai suunnittelijat, jotka eivät ole käyttölaitetilauksia ennen tehneet, voivat ajantasaisen ohjeistuksen avulla tehdä venttiilien ja käyttölaitteiden tilauksia lisäämättä muiden suunnittelijoiden työkuormaa kohtuuttomasti. Muilta suunnittelijoilta ei enää kulu yhtä paljon resursseja uusien suunnittelijoiden perehdyttämiseen selkeän, vaihe vaiheelta - ohjeistuksen ansiosta.

Suunnittelijoilta saadaan hiljaista tietoa venttiili- ja toimilaitteista sekä niiden tilaamisesta, josta muodostetaan tilausohjeistus. Tieto tilausten tekemisestä ei myöskään katoa esimerkiksi työntekijän lähtiessä yrityksestä ja tällöin tilauksissa ei olla niin riippuvaisia suunnittelijasta, jolla hiljainen tieto on. Tämä helpottaa työkuormaa suunnittelijan lähtiessä, koska toisen suunnittelijan ei tarvitse opetella tilausten tekemistä ilman pohjatietoja.

Ohjeistuksen ansiosta suunnittelijoilta vapautuu resursseja tehdä muuta. Tämä voi edistää esimerkiksi toimitusprojektien valmistumista ja aikataulussa pysymistä, mikä parantaa yrityksen tulosta. Toisin sanoen tuottamaton työ vähenee. Uusi suunnittelija pystyy saamaan tietoa käyttölaitteen tilaamisesta

ilman, että hänen täytyy odottaa tietoa hallussa pitävän toisen suunnittelijan resurssin vapautumista kiireellisemmästä työstä. Lisäksi ohjeistuksen ansioista toimintatavat yhdenmukaistuvat kaikkien tehdessä käyttölaitetilauksen samalla tavalla yhteisen ohjeen mukaan.

Tässä työssä käsitellään ensin paperin valmistus paperikoneella ja kuivatusosan toimintaperiaate yleisellä tasolla. Tämän jälkeen esitellään kuivatusosan ilmastointia ja ilmalaitteita. Seuraavana käsitellään käyttölaitteita, niihin liittyviä standardeja ja ohjeita sekä paineilmatoimilaitteiden toimintaperiaatetta ja ohjausta. Lopuksi kerrotaan tämän työn vaiheista, tiedon keräämisestä ja tilausohjeen tekemisestä.

1.2 Toimeksiantajan esittely

Valmet Technologies Oy valmistaa paperi-, kartonki- ja pahviteollisuuden koneita sekä harjoittaa muun muassa näihin liittyvää suunnittelu-, valmistus-, myynti-, asennus ja projektitoimintaa (Kauppalehti 2021). Valmet Technologies Oy on osa Valmet Oyj:tä ja toimittaa esimerkiksi sellu-, paperi- ja energiateknologioita (Valmet 2022c).

Valmet Oyj toimittaa ja kehittää teknologioita, automaatiota ja palveluja sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle sekä tarjoaa asiakkailleen kunnossapidon ulkoistuksia sekä tehtaiden ja voimalaitosten parannuksia. Teknologiatarjonnan ydinosaaminen muodostuu sellutehtaista, pehmopaperin-, kartongin- ja paperinvalmistuslinjoista sekä biovoimalaitoksista. Automaattioratkaisut pitävät sisällään yksittäiset ja koko tehtaan käsittävät automaatioprojektit. (Valmet 2021d.)

Valmetin historia alkaa jo 1750-luvulta ja yritys rakentuu useista eri Suomen valtion omistukseen päätyneistä yrityksistä. Suomen valtion metallitehtaita yhdistyi Valtion Metallitehtäiksi vuonna 1946 ja vuonna 1951 näistä tuli Valmet Oy. Valmet aloitti paperikonevalmistuksen 1950-luvulla ja toimitti 1960-luvulla useita paperikoneita maailmalle. 1980-luvulla ja sen jälkeen Valmet on keskittynyt paperikoneisiin ja niiden teknologioihin sekä ostanut paperi- ja

kartonkikoneita valmistavia yrityksiä. Vuonna 1999 Valmet ja Rauma Oyj yhdistyivät Valmet-Rauma Oyj:ksi ja nimi vaihdettiin myöhemmin Metso Oyj:ksi. Valmetin paperi- ja kartonkiteknologia sekä Rauman kuitu, kivenmurskaus ja virtauksensääteoteknologiat yhdistyivät. 2000-luvun alussa Metso osti yrityksiä tarkoituksena lisätä osaamista paperi-, energia-, ja biomassateknologioissa. Vuonna 2013 Metso jakaantui Metsoksi ja Valmetiksi, jolloin entisen Metson massa, paperi ja voimatuotannot muodostivat Valmet Oyj:n. Vuonna 2015 Valmet osti prosessiautomaatiojärjestelmien liiketoiminnan Metsolta. (Valmet 2021a.)

Valmetin liiketoiminta jakaantuu maantieteellisiin alueisiin ja liiketoimintalinjoihin. Maantieteellisesti toiminta jakaantuu Pohjois-Amerikkaan, Etelä-Amerikkaan, EMEA:an, Kiinaan sekä Aasian ja Tyynenmeren alueeseen. Valmetin liiketoimintalinjat ovat Palvelut, Sellu ja energia, Paperit sekä Automaatio. Liiketoiminta-alueiden vastuisiin kuuluvat myynti, palvelujen tarjoaminen ja projektitoimitusten tukeminen. Palvelujen joustavat ja tarkoitukseen sopivat palvelut lisäävät tuotantoprosessien ympäristöystävällisyyttä, turvallisuutta, toimintavarmuutta ja alentavat kustannuksia. Sellu ja energian tarjoamat teknologiat sellun ja energian tuotantoon, biomassaan ja päästöhallintaan lisäävät raaka-aineiden arvoa, tuotannon tehokkuutta ja pienentävät ympäristölle haitallisia vaikutuksia. Paperit-linja toimittaa modulaariset ja standardisoidut tuotantolinjat, koneen uusinnat ja prosessikomponentit tuotantolaitoksiin. Paperit-linjan toiminta mahdollistaa tuotannon muutokset joustavasti, luotettavasti ja turvallisesti. Automaatio toimittaa yksittäisiä ja tehdaslaajuisia automaatiotratkaisuja, jotka maksimoivat liiketoimintojen kannattavuutta ja vastuullisuutta, lisäävät raaka-aineiden kestäväää käyttöä ja tuotannon tehokkuutta. (Valmet 2021b.)

2 Paperikone

2.1 Paperikoneen pääosat

Paperiarkki koostuu toisiinsa kiinnittyneistä selluloosakuiduista. Paperikone muuttaa veden ja selluloosakuitujen seoksen selluloosakuiduista koostuvaksi verkoksi. Paperinvalmistusprosessi on vedenpoistojärjestelmä, jossa paperimassan kuiva-ainetaso kasvaa paperikoneen perälaatikon yhdestä prosentista kuitua, paperikoneen loppupään konerullan 95 prosenttiin kuitua. Paperikone voidaan jakaa neljään pääosaan: Viiraosa, puristinosa, kuivatusosa ja kalanterointi. (Chu ym. 2011.)

Viiraosassa paperimassa siirretään perälaatikkoon ja syötetään tasaisesti viiralle. Viira kuljettaa muodostunutta levyä, josta poistetaan vettä alipaineella viiran läpi. Radan kuiva-ainetaso voi nousta 20 % radan poistuessa viiraosasta ja siirtyessä puristinosaan. (Chu ym. 2011.)

Puristinossassa jatketaan veden poistoa. Puristinosa koostuu tyypillisesti yhdestä kolmeen nipistä, jotka puristavat vettä pois radasta. Rata vahvistuu, sen lujuus kasvaa, pinnasta tulee tasaisempi ja ajettavuus kuivatusosassa paranee. Kuivatusosaan siirtyessä paperiradan kuiva-ainetaso on noin 50 %. (Chu ym. 2011.)

Kuivatusosassa kuivatussylinterit kuumennetaan korkeapaineisella höyryllä ja lämpö johtuu sylintereistä paperin pinnalle. Paperin pinnan lämpötila kasvaa ja vesi alkaa haihtua paperiradasta. Kuivatusosa kuluttaa eniten energiaa paperin valmistuksessa. Kuivatusosan jälkeen paperin kuiva-ainetaso on 95 %, joka on sama myös valmiissa tuotteessa. (Chu ym. 2011.)

Paperikoneen viimeisessä osassa paperi kalanteroidaan. Paperirataa puristetaan teloilla ja tällä pyritään vaikuttamaan paperin pintaan ja sisäominaisuuksiin. Paperirata kulkee yleensä yhden tai useamman telaparin läpi. Tela painaa radan toista telaa vasten ja paperin pinnan muoto muuttuu.

Kalanteroinnin tarkoitus on silittää paperin pintaa ja yhdenmukaistaa paperin paksuutta. (Chu ym. 2011.)

2.2 Paperikoneen kuivatusosa

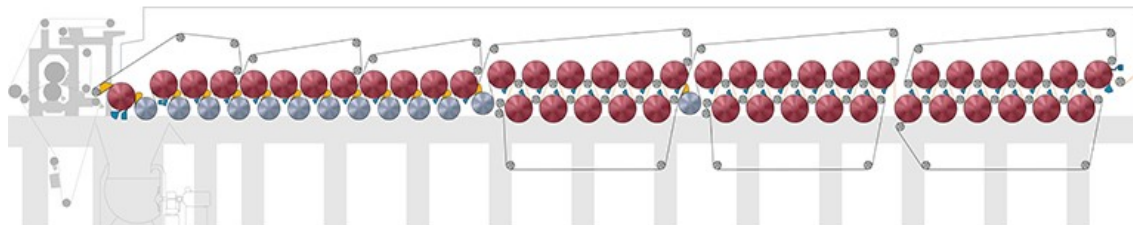
Suurin osa paperin toiminnallisista ominaisuuksista muodostuu kuivatusosalla. Kuivatusosa poistaa 1,1–1,3 kg vettä yhdestä paperikilosta. Paperikoneessa vedenpoiston kustannukset suhteutettuna jakautuvat 10 % viira osaan, 12 % puristinosaan ja 78 % kuivatusosaan. Kuivatusosa kuluttaa eniten lämpöenergiaa paperikoneessa. (Ghosh 2011, 535.)

Noin 85–95 %:ssa paperikoneista käytetään kuivatuksessa höyrylämmitteisiä sylintereitä ja monisynteristä rakennetta. Paperia voidaan kuivattaa myös muilla kuivatusmenetelmillä, kuten jenkki-sylinterikuivatuksella, ilmakeivatuksella ja säteilykuivatuksella. (Knowpap 2022.) Synterikuivatus on energiatehokasta ja se mahdollistaa paperiradan tukemisen. Tuetun radan ajettavuus on parempi, rata on tasaisempi ja kutistuu vähemmän. Kuivatussynterit ovat yleensä valurautaa hyvän lämmönjohtavuuden mahdollistamiseksi. (Ghosh 2011, 547, 573.)

Synterikuivatuksessa on kuivatussynteriryhmiä, joilla on omat kuivatusviirat ja ajojärjestelmät. Useimmissa paperikoneissa on 4–10 itsenäisesti ajettavaa synteriryhmää. Ryhmät koostuvat useista kuivatussyntereistä, joiden nopeutta voidaan säätää ja pystytään vaikuttamaan radan kireyteen ja kutistumiseen. (Ghosh 2011, 547–549 & KnowPap 2022.)

Synterikuivaimet voivat olla yksi-, kaksi- tai kolmetasoisia ja näiden yhdistelmiä. Yksitasoisessa rakenteessa on yksi rivi kuivatussyntereitä, kaksitasoisessa rakenteessa kaksi riviä ja kolmetasoisessa kolme riviä. Yksiviiraviennin etuna on täysin tuettu rata ja nopea ajettavuus. Kaksiviiraviennin etuna on kuivauksen tehokkuus, koska lämpöä välittyy paperin molemmille puolille. Kolmitasoista rakennetta käytetään yleensä paperikoneiden korjausrakennuksissa, kun tila on rajattu. Kuvassa 2 on Valmetin OptiRun Hybrid -yhdistelmäkuivain, joka on yksi- ja kaksitasoisen synterikuivaimen

yhdistelmä. Kuivaimessa on kolme sylinteriryhmää yksitasoisella ja kolme kaksitasoisella rakenteella. (Valmet 2022b.)



Kuva 1. Valmet OptiRun Hybrid -yhdistelmäkuivain (Valmet 2022b).

Energiakustannusten lisääntymisen takia investoinnit kuivatuskonsepteihin ovat kasvaneet. Kuivatuslinjan kokonaistehokkuutta parantavat esimerkiksi radan tehokkaampi kuivatus jo ennen kuivatusosaa, hyvä ilmastointi ja lauhteenpoisto sekä lämmöntalteenotto. Ennen kuivatusosaa voidaan käyttää esimerkiksi päällepuhalluskuivatusta, jolloin paperi on valmiiksi kuivempaa tullessaan kuivatusosalle ja sitä on mahdollista ajaa nopeammin. (KnowPap 2022.)

2.3 Kuivatusosan ilmastointi

Kuivatusosan ilmastointi sisältää korvaus- ja poistoilman, joilla pidetään huuvan kosteus- ja lämpötilavaatimukset oikeina. Korvausilman tarkoitus on tuoda kuumaa kuivaa ilmaa huuvaan. Poistoilma poistaa kostean ilman, jota paperiradan kuivatuksesta on haihtunut. (Sarli 2018.)

Poistoilmapuhaltimet imevät paperiradasta haihtuneen kostean huuvan poistoilman ulos. Poistoilma kulkee huuvan välikaton, poistoilmakanaviston ja lämmöntalteenottotornin läpi. Huuvan poistoilmaa imetään myös Vac Roll-telojen poistoilmapuhaltimen avulla Vac Roll-poistoilmakanaviston ja lämmöntalteenottotornin kautta. (Valmet 2022c.)

Korvausilmaa johdetaan huuvaan korvausilmapuhaltimilla tai ajettavuuskomponenttien avulla konesalista. Korvausilman lämmitykseen käytetään lämmöntalteenottoa, lauhte- tai höyrypattereita.

Ajettavuuskomponentit käyttävät korvausilman lisäksi myös kiertoilmaa, jota otetaan huuvan välikatosta. Korvaus- ja kiertoilman suhdetta säädetään käsikäyttöläpillä. (Valmet 2022c.)

Huuva on paperikoneen kuivatusosan peittävä suljettu tila. Alun perin huuva tarvittiin lämmön ja vesihöyryn pitämiseksi pois konesalista. Lämpö ja vesihöyry huononsi koneenkäyttäjien työskentelyolosuhteita ja aiheutti konesaliin vaurioita. (Ghosh 2011, 558.) Nykyaikaisessa huurossa yhdistyy ilmanvaihto, ajettavuus ja lämmöntalteenottojärjestelmät. Huuvalla pyritään parantamaan paperikoneen ajettavuutta kuivaimen ympäristön olosuhteita hallitsemalla, lisäämään energiatehokkuutta lämmön talteenotolla ja parantamaan konesaliin työskentelyolosuhteita tehokkaalla äänenvaimennuksella ja lämmöneristyksellä. (Valmet 2022a.)

Huuvaan tarvitaan riittävästi ilmavirtaa ehkäisemään kondensaatiota ja pitämään paperiradan ilmankosteus alhaisena, jotta kuivatus toimii tehokkaasti. Huuvan korvaus- ja poistoilmavirta tasapainotetaan huuvan tyyppin ja veden haihtumismäärän mukaan. Haihtumismäärä vaihtelee paperilaadun ja tuotantomäärien mukaan. Hyvä ilmanvirran tasapaino estää vesihöyryä vuotamasta konesaliin, vähentää ajettavuusongelmia ja parantaa paperin laatua. (Ghosh 2011, 558–559.)

Huuvan kosteuden pitamisellä mahdollisimman korkeana saavutetaan useita hyötyjä. Haihtuneen veden poiskuljettamiseen vaaditaan pienempi massavirta poistoilman kosteuden ollessa korkea. Kuivatusosan energiankulutus pienenee poistoilman tarpeen ollessa alhainen ja lämmitettävää tuloilmaa tarvitaan vähemmän. Laitteiden koko pienenee virtausten ollessa pieniä, jolloin ei tarvita yhtä suuria kanavistoja tai puhaltimia. Myös lämmöntalteenoton potentiaali kasvaa huuvan poistoilman ollessa kosteampaa, koska poistoilman kosteus kondensoituu helposti lämmönvaihtimessa, lämmönsiirto on tehokkaampaa, eikä tarvita yhtä suurta laitteistoa. Poistoilman suurempi kosteus ei pienennä kuivatusosan kuivatuskapasiteettia haihdutusalueiden ilmastoinnin ollessa tehokasta. (KnowPap 2022.)

Huuvan ilmatasapaino lasketaan kokonaispoistoilman ja korvausilman suhteesta ja 0-taso on tasapainossa tietyllä korkeudella koneen lattiatasosta (Sarli 2018). Huuvan 0-tasolla huuvan sisäinen yli- ja alipaine kumoavat toisensa ja ilmanpaine on sama konesalin kanssa (KnowPap 2022). 0-tason tarkoitus on estää kylmää ilmaa vuotamasta konesalista ja jäähdyttämistä ilmalaitteiden korvausilmaa. Huuvassa on 0-tason yläpuolella positiivinen paine, jolloin vuotava kylmä ilma ei pääse vaikuttamaan ilmalaitteisiin. 0-tason alapuolella on negatiivinen paine. (Sarli 2018.)

0-tason säätöön tarvitaan lämpötilamittausta ja kosteusmittausta. Lämpö- ja kosteusanturien yhdistelmällä voidaan mitata 0-tason ylä- ja alapuolen ilmaa luotettavasti. 0-tasoa voidaan muuttaa korvausilmapuhaltimen nopeutta tai taajuutta vaihtamalla. Hidastamalla puhallinta 0-tasoa voidaan nostaa ja nopeuttamalla 0-tasoa voidaan laskea. Poistoilmapuhaltimen nopeutta voidaan säätää poistoilman kosteuden perusteella. (Sarli 2018.) Poistoilmapuhaltimien säleiköillä voidaan myös säätää 0-tasoa (KnowPap 2022). 0-taso voi vaihdella kuivatusosan eri alueilla ja 0-tason säätöjärjestelmä olisi hyvä olla jokaisella alueella huuvan sisällä, säätö voidaan tehdä manuaalisesti tai automaattisesti. Automaattisella säädöllä voidaan pitää 0-taso kohdillaan kuivatusosan eri kohdissa ja eri paperilaatujen välillä. Järjestelmän säätötapa toteutetaan tapauskohtaisesti. (Sarli 2018.)

Lämmön talteenottojärjestelmän tarkoitus on korvata ensisijaista energiaa prosessissa. Talteen otetulla lämmöllä voidaan korvata merkittäviä energiavirtoja kustannustehokkaasti, esimerkiksi nykyaikainen paperikone voi tuottaa 50 MW:a talteen otettavaa lämpöä. Kosteaan huuvan poistoilmaan sitoutunut energia siirretään lämmöntalteenottojärjestelmällä muihin käyttökohteisiin. Käyttökohteita voivat olla huuvan korvausilma, konesalin tuuletusilmastointi, veden lämmitys muualla paperinvalmistusprosessissa tai ilmakehän palamisilma. (KnowPap 2022.)

Ympäristön hallintajärjestelmillä hallitaan ympäristön melu- ja pölypäästöjä sekä konesalin ilmanlaadukkuutta. Ympäristöllä tarkoitetaan paperikoneen yhteydessä tehdas- ja työympäristöä. Tehtaan meluun vaikutetaan

äänenvaimennuksella sisä- ja ulkopuolella, pölypäästöjä hallitaan pölynpoistojärjestelmillä ja konesalin ilmanlaatua ilmastoinnilla. (KnowPap 2022.)

Prosessin toimitusnopeuteen, kuten ilman virtaukseen ja paineeseen vaikutetaan prosessi-ilmastoinnin toimielimillä. Toimielimiä voivat olla esimerkiksi erilaiset venttiilit ja säleiköt. (Jalonen 2004, 8.) Paperikoneen ilmastointijärjestelmissä käytetään läppäventtiilejä, säleikköjä ja johtosiipisäätimiä säätämään ilmavirtausta kanavistoissa. Eri toimielimiä käytetään riippuen tarkoituksesta, laitteesta, kanavan koosta ja muista käyttöolosuhteista kuten lämpötilasta ja paineesta. (Valmet 2022c.)

Läppäventtiili on yleinen toimielin paperikoneen kuivatusosan ilmastoinnissa (Valmet 2022c). Läppäventtiili on kiertyväliikkeinen venttiili, jossa levy avaa ja sulkee virtauksen. Kiertoliike on neljäsosa kierros 0° ja 90° välillä. Kun venttiili on kiinni, levy on käännettynä tiiviisti istuinpintaa vasten. Kun venttiili on täysin auki, levy on yhdensuuntainen ilmakehän kanssa ja se kääntyy, rungon kapeudesta johtuen, runkonsa ulkopuolelle ilmakehän sisään. Auki olevassa läppäventtiilissä virtausta estää vain levyn reuna, joka jakaa virtauksen osiin. Reunan muodolla voidaan vaikuttaa virtauksen tasaisuuteen. (Skousen 2011, 69–73.)

Läppäventtiilin levy on kiinnitetty akseliin, akseli voi olla levyn kanssa keskilinjassa tai epäkeskona. Keskilinjassa olevaa levyä käytetään yleensä auki–kiinni käytössä. Epäkeskoa käytetään yleensä automaattisesti säädettävissä läppäventtiileissä, jolloin venttiilin ollessa osittain auki levy irtaantuu kokonaan istuinpinnasta eikä kuluta istuinpinnan tiivistettä ja avausmomentti on pienempi. (Skousen 2011, 69.) Tiivisteen materiaali on yleensä PTFE tai grafiitti. Korkeissa lämpötiloissa voidaan käyttää metallitiivisteitä. (KnowPap 2022.)

Läppäventtiilin etuja ovat yksinkertaisen rakenteen lisäksi pienempi paino muihin venttiilityyppeihin verrattuna. Tästä johtuen voidaan käyttää suurikokoisia venttiilejä sekä pienempää käyttölaitetta venttiilin avaamiseen ja

sulkemiseen. Läppäventtiilin huonona puolena on epätarkkuus suurilla paine-eroilla, joten sen käyttö rajautuu vain pieniin paine-eroihin. Lisäksi pehmeätiivisteistä perhosventtiiliä ei voida käyttää alle 5 % avautumiskulmalla, koska tiiviste pääsee liikkumaan virtauksesta johtuen kiinni venttiilin levyyn ja sulkee sen. (Skousen 2011, 104–110.)

Läppäventtiilin ominaisuuksia, kuten tarkkuutta, voidaan parantaa jakamalla levy kahteen osaan. Kääntämällä yhden levyn sijaan kahta puolikasta levyä voidaan käyttää esimerkiksi suurempia venttiileitä ja pienempiä käyttölaitteita tarkemmissa säädöissä, koska tarvittava momentti venttiilin avaamiselle ja sulkemiselle on pienempi. Kahtia jaettu levy voidaan esimerkiksi kääntää jousen avulla yhdellä akselilla tai käyttämällä omaa akselia molemmille levyille ja yhdistämällä akselit nivelillä. (Valmet 2022c.)

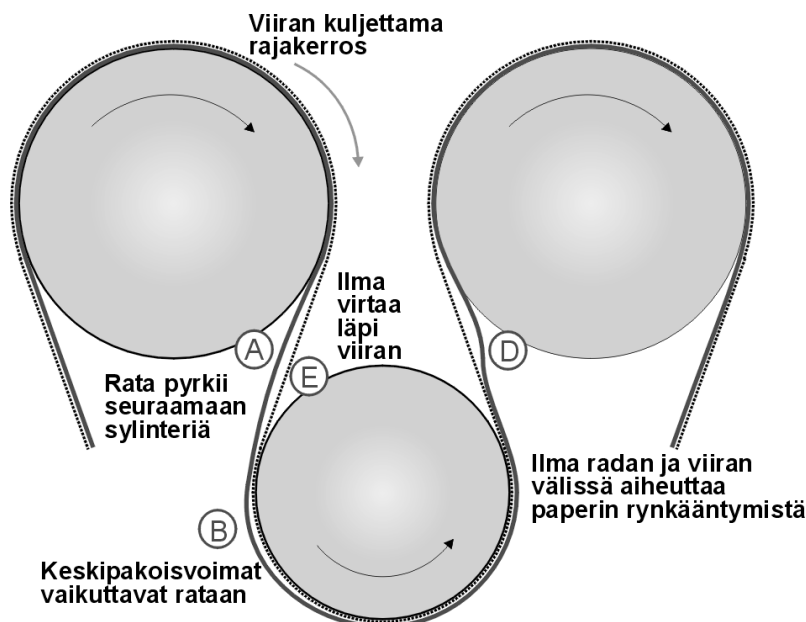
2.4 Kuivatusosan ilmajärjestelmät

Kun paperia ajetaan puristinosan ja kuivatusosan läpi, esimerkiksi huuvan sisäiset ilmavirtaukset, kuivatussyliinterien suuret pintalämpötilat ja paperiradan epätasainen kosteusprofiili aiheuttavat ajettavuusongelmia. Ajettavuusongelmat näkyvät paperiradan irtoamisena viirasta, lepatuksena ja rynkkyinä paperissa. (Valmet 2022c.)

Nykyaikaiset ajettavuusjärjestelmät parantavat paperikoneen suorituskykyä ja tehokkuutta. Järjestelmien ajettavuuskomponentteja on kehitetty muun muassa siten, että niissä on vähemmän suuttimia, jolloin myös tarvittava kokonaisilmamäärä on pienempi. Riittävän ilmamäärän luomiseksi tarvitaan pienemmät puhaltimet, mikä pienentää energiankulutusta. (Valmet 2022c.)

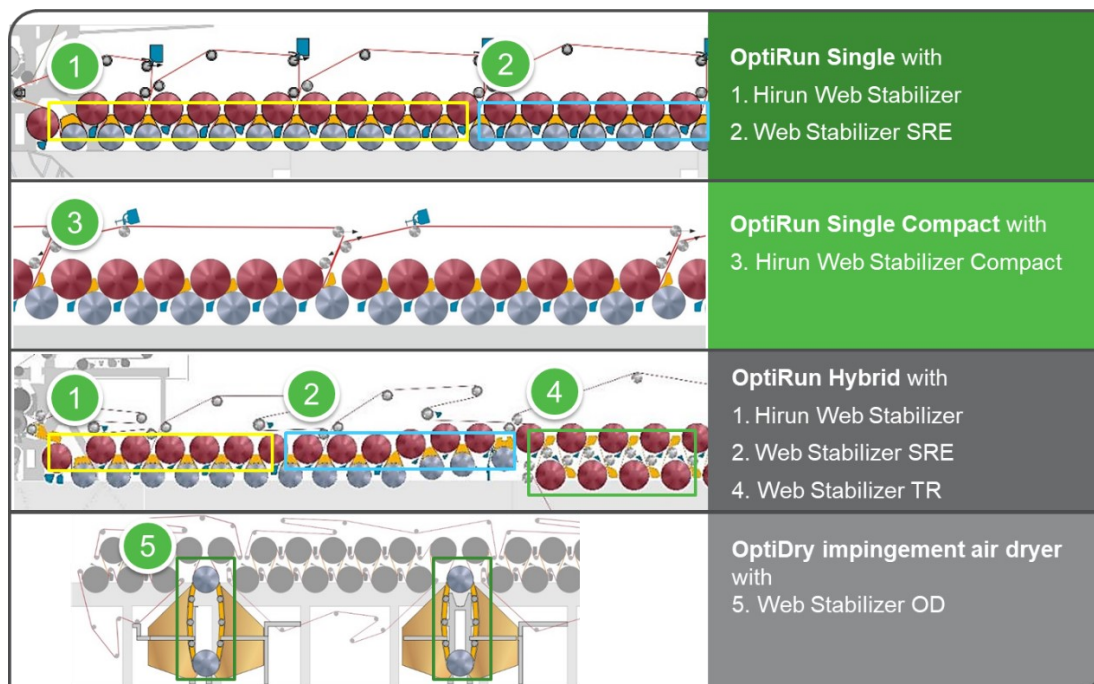
Suurilla konenopeuksilla syntyy voimia, jotka pyrkivät irrottamaan paperiradan viirasta. Paperirata pyrkii seuraamaan kuivatussyliinterin pintaa adheesiovoiman ja alipaineen vuoksi (A), jolloin radan keskelle syntyy reunoilta suuntautuva ilmavirta. Sylinterin sulkeutuvassa kidassa viiran läpi pääsee virtaamaan ilmaa (E), jolloin syntyy ilmapussi viiran ja radan väliin ylipaineen vuoksi. Rataan vaikuttavat keskipakoisvoimat (B) aiheuttavat avautuvaan kitaan rataa

katkoherkemmäksi venyttävän ja rasittavan alipaineiskun. Avautuvassa kidassa ilma ei myöskään pääse poistumaan viiran läpi riittävän nopeasti, jolloin väliin jäävästä ilmasta muodostuva ilmapussi aiheuttaa paperin rynkkäntymistä (D). (Kuva 2.)



Kuva 2. Yksiviiraviennin alueella radan kulkuun haitallisesti vaikuttavia tekijöitä (Valmet 2022c).

Ajettavuusongelmia voidaan hallita käyttämällä ajettavuusjärjestelmiä. Ajettavuusjärjestelmät koostuvat eri ajettavuuskomponenteista, joiden valintaan vaikuttavat esimerkiksi paperikoneen nopeus ja ajettava paperilaatu. Ajettavuuskomponenteilla luodaan alipaine, jolla paperirata imetään kiinni viiraan. Lisäksi järjestelmään kuuluvat ajettavuuskomponentteihin ilmaa tuovat ja säätelevät kanavistot, puhaltimet ja säätöläpät. Kuvassa 3 on esitetty ajettavuusjärjestelmiä eri kuivatuskonsepteilla. (Valmet 2022c.)

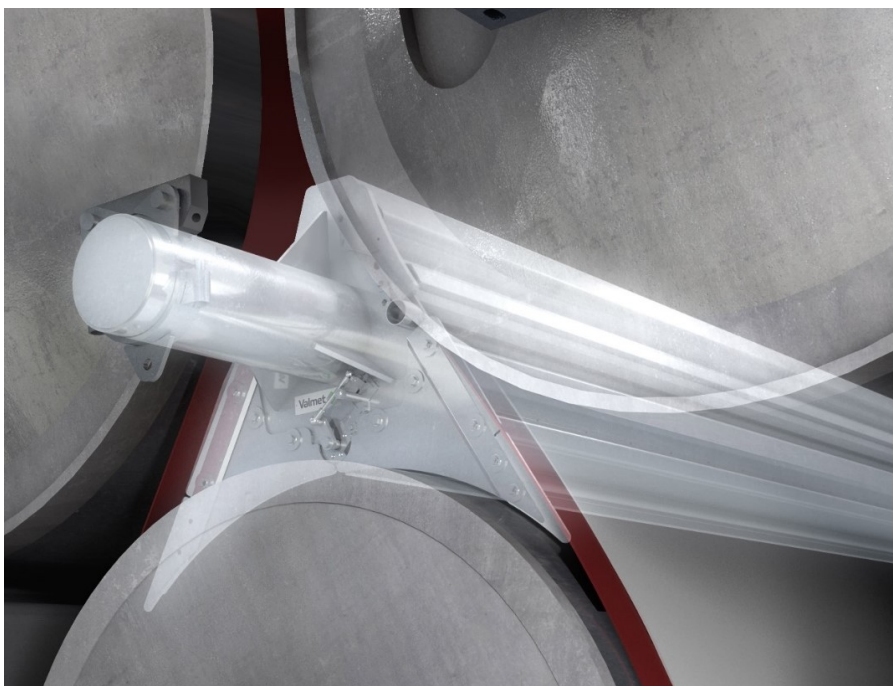


Kuva 3. Valmetin kuivatuskonsepteja (Valmet 2022c).

Ajettavuuskomponentteja tarvitaan kumoamaan edellä mainittujen haitallisten tekijöiden vaikutusta. Ilma syötetään ajettavuuskomponentteihin puhaltimilla ja se purkautuu suutinraoista. Suutinraoista tulevan virtauksen johdosta kaarevan suutinpinnan ja viiran väliin syntyy ejektiovirtaus, jonka vaikutuksesta ilma poistuu ajettavuuskomponentin ja viiran välistä luoden sinne alipaineen. Alipaine siirtyy kuivatusviiran läpi paperirataan, jolloin rata painuu siihen tiukasti kiinni ja vakauttaa ajettavuutta. (Valmet 2022c.)

Valmet on kehittänyt alun perin nopeiden paperikoneiden ajettavuuden parantamiseksi Hirun System -ajettavuusjärjestelmän. Hirun-järjestelmän ajettavuuskomponentit ovat tarkoitettu käytettäväksi yhdessä Valmet Dryer Vac Roll -alipainetelojen kanssa. Yhdistelmän tehtävänä on luoda korkean alipaineen alue tulopuolen kuivatussylinderin avautuvaan kitaan sekä estää radan irtoaminen viirasta Vac Roll -telan ja seuraavan kuivatussylinderin välillä. Tällaista Hirun System -ajettavuusjärjestelmässä luotavaa korkeamman alipaineen aluetta tarvitaan erityisesti kuivatusosan alkupäässä, jossa paperirata on kosteampaa ja siksi katkoherkempää. (Valmet 2022c.)

Hirun-ajettavuuskomponentti puhaltaa ilmaa voimakkaasti suutinraosta ja luo ejektioperiaatteella korkean alipaineen alueen, joka rajataan alipaineenjakkajalla normaali-ilmapaineeseen taskutilaan nähden viiran lähelle. Alipaineenjakkajalla korkeampi alipaine saadaan rajattua halutulle alueelle avautuvaan nippiin. Alipainetta voidaan tehostaa imulla. Kuvassa 4 on Valmetin Hirun Web Stabilizer 2E -ajettavuuskomponentti kuivatussylinterien ja Valmet Dryer Vac Roll -alipainetelan välissä. (Valmet 2022c.)



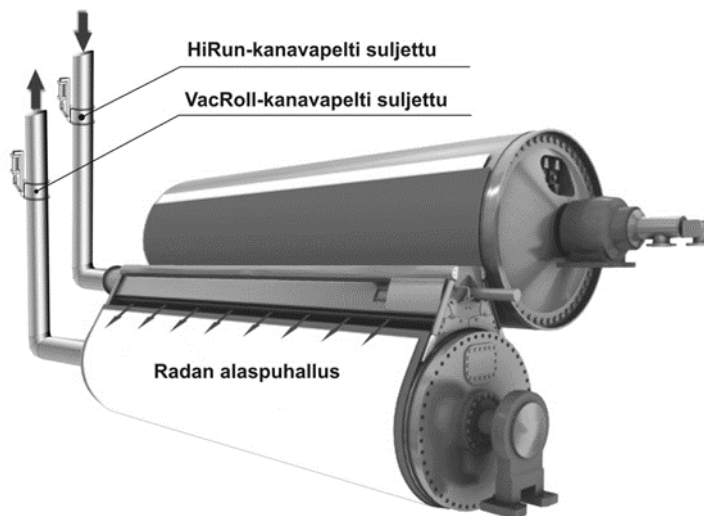
Kuva 4. Valmet Hirun Web Stabilizer 2E (Valmet 2022c).

Ajettavuuskomponentit tarvitsevat riittävän ilmavirran toimiakseen. Ilmamäärät ja paineet vaihtelevat ajettavuuskomponentista riippuen. Ilmamäärän on oltava oikea, jotta suutinraosta purkautuva ilmavirta on riittävä luomaan alipaineen ejektiovirtauksen avulla. Alipainetta voidaan lisätä kasvattamalla puhallusilmamäärää ja tehostaa kasvattamalla imua. Kokonaisilmamäärä säädetään puhaltimen johtosiipisäleiköllä tai taajuusmuuttajalla. Komponenttikohtaiset ilmamäärät säädetään tuloilmakanavien käsikäyttöläpillä. Ajettavuusjärjestelmät ovat integroitu osana huuven ilmajärjestelmään ja niitä käytetään myös huuven korvausilman tuontiin. Korvausilma otetaan valmiiksi

lämpimänä kiertoilmana huuvesta tai konesalista lämmitettynä esimerkiksi lämmöntalteenotossa tai höyrypatterissa. (Valmet 2022c.)

Päänviennin ja levityksen aikana pidetään korkeamman Hirun-alueen alipaine sopivana ilmamääräsäädön avulla. Yleensä normaalia ajotilannetta pienemmät alipaineet säädetään automaattisesti joko alipaineen (Pa) tai sitä vastaavan säätöläpän asennon (%) asetusarvon mukaan. Asetusarvot määritellään kullekin koneelle ajettavuusjärjestelmän käyntiinajon yhteydessä. Kun rata on täysleveä, kytkeytyy ajonaikainen alipaine välittömästi päälle. (Valmet 2022c.)

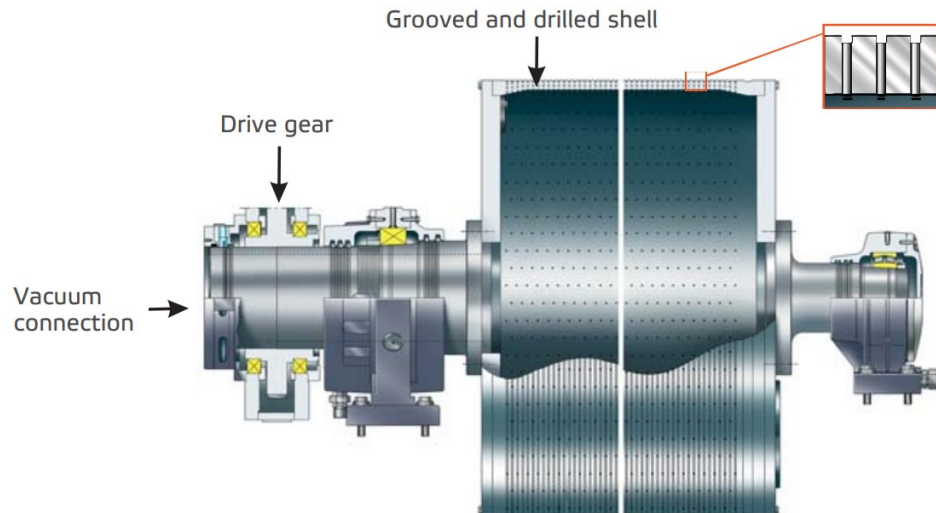
Ratakatkotilanteissa suljetaan automaattisesti paineilmasylintereillä kanaviston läpät ajettavuuskomponentista, jonka kohdalta on mahdollista puhaltaa rata alas sekä vastaavasta Vac Roll -telasta. Rata irtoaa viirasta ja se ajetaan alas pulpperiin tai huuvan kellariin. Alaspuhallus on päällä ja kanaviston läpät ovat suljettuna tietyn ajan, jonka jälkeen alaspuhallus päättyy ja läpät avautuvat. (Kuva 5.)



Kuva 5. HiRun-puhalluslaatikon toiminta rataatkossa (Valmet 2022c).

Vac Roll -teloilla tuetaan alipaineella paperirataa nopeissa koneissa. Telan alipaine pitää paperin kiinni viirassa ja ehkäisee siten ajettavuusongelmia. Vac Roll -telan pinta on uritettu ja siinä on reikiä, joiden läpi ilmaa imetään ja luodaan tarvittava alipaine telan pinnalla oleviin uriin. Reikiä on tiheämmin telan

reunoilla, jolloin reunoille saadaan aikaan suurempi alipaine ja parempi tukivaikutus. (Kuva 6.)



Kuva 6. Vac Roll -telan rakenne (Valmet 2014, 1).

Keskipakoispuhaltimella luodaan korkea alipaine Vac Roll -telan sisälle. Telan rakenne pitää alipaineen tasaisena alentamalla ilmannopeutta, jolloin alipaineen luomiseen tarvittava energiamäärä on huomattavasti alhaisempi. (Valmet 2014, 1.)

3 Käyttölaitteet

3.1 Toimiyksikkö

Käyttölaitteen ja toimielimen toimitukseen vaikuttavaa yhdistelmää kutsutaan toimiyksiköksi. Toimitus on esimerkiksi neste- tai kaasuvirta, joka vaikuttaa prosessiin. Käyttölaitteella muunnetaan energia toiseen muotoon yleensä sylinterillä, paineenmuuntimella, väliaineenvaihtimella tai moottorilla. Toimielin vaikuttaa toimitukseen ja se voi olla esimerkiksi venttiili. (Jalonen 2004.) Pneumatiikassa sylinterillä muutetaan paine-energia mekaaniseksi liikkeeksi. Sylinterityyppejä ovat muun muassa yksitoimiset sylinterit ja kaksitoimiset sylinterit. (Hulkkonen 2006, 2.) Toimielimiä, kuten venttiilejä, voidaan ohjata käsin, esimerkiksi vivuilla ja käsipyörillä, tai käyttölaitteilla (Skousen 2011, 120).

3.2 Käsikäyttölaite

Käsikäyttölaite on ulkoinen mekaaninen laite, jota käytetään venttiin avaamiseen, sulkemiseen tai sen asennon muuttamiseen. Käsikäyttölaite vaatii operaattorin käyttämään laitetta ja määrittämään sen oikean asennon. Laitteessa täytyy olla esimerkiksi käsipyörä tai vipu, jolla operaattori saa lihasvoimalla siirrettyä mekaanista energiaa venttiilille ja siten muuttaa venttiin asentoa. Käsikäytön etuina on yksinkertaisuus, siinä on vain vähän liikkuvia tai hajoavia osia. Yksinkertaisuus myös helpottaa vian etsintää, huoltoa ja purkamista. (Skousen 2011, 120–121.)

3.3 Paineilmasyliinterit

Suurinta osaa toimilaitteista käytetään paineilmalla. Paineilma on edullista, sitä on helposti saatavilla laitoksilla, se ei saastuta ilmaa ja sitä voidaan säätää helposti. Yleensä laitoksilla käytetään 4–10 Bar paineilmaa, mikä sopii suurimmalle osalle pneumaattisista toimilaitteista. Muita toimilaitteen

energiälähteitä ovat sähkö ja hydraulikka. Sähkömekaaniset ja hydrauliset toimilaitteet ovat kalliimpia kuin pneumaattiset, mutta etuina ovat tarkkuus, mahdollisuus käyttää alhaisissa lämpötiloissa ja korkea työntövoima. (Skousen 2011, 121.)

Yksitoimisessa sylinterissä mäntä liikkuu paineen avulla yhteen suuntaan ja purettaessa paine, mäntä palautuu jousella tai ulkoisella voimalla alkuasentoon. Paine kytkettäessä jousi painuu kasaan ja männänvarsi liikkuu ulos sylinteristä. Yksitoimisella sylinterillä voidaan joko työntää tai vetää riippuen sylinterin rakenteesta eli kummalla puolella mäntää jousi ja paine sijaitsevat. Työ tapahtuu paineen avulla ja jouselle sallitaan vain palautus alkuasentoon. (Hulkkonen 2006, 2–3.)

Kaksitoimisessa sylinterissä mäntä liikkuu paineen avulla kumpaankin suuntaan. Paine kytkemällä ja purkamalla vuorotellen männän eri puolilta, männän liikkeen suunta vaihtuu. Kaksitoiminen sylinteri voi tehdä työtä veto- ja työntöliikkeellä, mutta voima on pienempi vetoliikkeen aikana johtuen männän pienemmästä alasta männänvarren puolella. (Hulkkonen 2006, 3–4.) Pneumaattinen kaksitoiminen sylinteri tarvitsee lähes aina asennoittimen antamaan tarvittavan voiman männän eri puolille (Skousen 2011, 121).

Sylinterin voima lasketaan staattisille sylintereille männän alan, paineen ja hyötysuhteen tulona:

$$F = A \cdot p \cdot \eta$$

Kaava 1. Sylinterin voima.

jossa,

F = sylinterin voima

A = männän ala

p = paine

η = hyötysuhde

Männän ala voidaan laskea sylinterin halkaisijan perusteella. Työntövoima voidaan laskea koko männän alalla, mutta vetovoimasta vähennetään männänvarren ala. Paineena käytetään laskuissa alinta käyttöpainetta. Hyötysuhde määräytyy käyttöpaineen, männäntiivisteiden ja sylinteriputken kitkan sekä ohjausholkin kitkan mukaan. Yksitoimisissa jousipalautteisissa sylintereissä on otettava jousivoima huomioon, joka on 10% teoreettisesta voimasta. Teoreettinen voima lasketaan sylinterin voiman kaavan mukaan, mutta ilman hyötysuhdetta. Sylinterivalmistajilta saadaan yleensä tiedot männän alasta ja sylinterin voimista eri paineilla. (Hulkkonen 2006, 7.)

Sylinterien tiivisteet ovat normaalikäytössä synteettistä kumia ja kestävät -20–80 °C lämpötiloja (Hulkkonen, 2006, 6). Normaalikäytössä voidaan käyttää esimerkiksi NBR-elastomeeritiivisteitä. NBR on akryylinitriilin ja butadieenin seos, jonka öljyn- ja kylmänkestoa voidaan muuttaa eri seossuhteilla. NBR:llä on hyvät mekaaniset ominaisuudet ja se kestää öljyä ja liuottimia, mutta on herkkä kylmille ja vaihteleville lämpötiloille. (Ravelast 2021.)

Erikoistiivisteillä lämpötila-alueita voidaan kasvattaa, jolloin esimerkiksi Viton-tiivisteellistä sylinteriä voidaan käyttää -20–190 °C lämpötiloissa ja Teflon-tiivisteellistä sylinteriä -50–200 °C lämpötiloissa (Hulkkonen 2006, 6). Viton on kauppanimi fluorikumille, joka on fluoria sisältävää elastomeeria. Vitonilla on hyvä nesteiden, kemikaalien, ikääntymisen ja lämmön kesto sekä hyvä mekaaninen lujuus. Se on kuitenkin kallista, sillä on suppea kovuusalue, se on vaikeasti prosessoitavaa ja kestää huonosti liuottimia ja pakkasta. (Ravelast 2022.) Teflon on polytetrafluorieteeni (PTFE) fluorimuovin kauppanimi. Teflonilla on hyvä korkeiden ja matalien lämpötilojen kestävyys, jopa -196–150 °C. Teflon kestää myös hyvin kemikaaleja, on helposti työstettävää ja sillä on matala kitkakerroin. (Fluorotech 2021.) Teflonin käyttöä rajoittavat alhainen kulumisenkestävyys, huono mekaaninen kestävyys ja kylmäviruminen eli vahvistamattomana, alhaisissa lämpötiloissa ja staattisessa kuormituksessa muoto alkaa muuttua. Yli 300 °C lämpötiloissa PTFE:stä vapautuu terveydelle haitallisia fluoriyhdisteitä. (Lohjan Kumi ja Matto 2021.)

Sylinterit ja männänvarret kiinnitetään päädyistään toiminnasta ja rakenteesta riippuen erilaisilla vakiokiinnittimillä ja männänvarrenkytkimillä. Asennus voi olla kiinteä tai liikkuva. Sylinterin vakiokiinnittimiä ovat nivelkiinnitin, pallonivelkiinnitin, haarukkakiinnitin. Männänvarren vakiokytkimiä ovat nivelkytkin, pallonivelkytkin, haarukkakytkin ja kierrekkytkin. Molempiin päihin voidaan kiinnittää kytkinkorvakkeet nivelkiinnittimiin ja -kytkimiin. Sylinteri voidaan kiinnittää myös varresta keskikiinnittimillä ja korvakkeilla. Sylinteriputkissa käytetään Euroopassa BSW-standardin mukaisia kierteitä, joiden vakiokoot ovat R1/8" ... R1½" ja suurenevat sylinterin halkaisijan mukaisesti. (Hulkkonen 2006, 5–7.)

3.4 Toimilaitteen ohjaus

Toimilaitteiden automaattiohjaus on yleistä johtuen ihmisoperaattorien kalleudesta ja epätarkkuudesta. Ihmisen täytyy liikkua käsikäyttöisen laitteen luokse ja vaihtaa venttiilin asentoa manuaalisesti. Kun prosessin vaatii tarkkuutta, ihminen ei välttämättä ole tarpeeksi nopea siirtymään venttiilille ja säätämään asentoa vaadittavalla tarkkuudella. Myös fyysiset rajoitteet voivat tulla vastaan, kun vaaditaan suuria voimia. (Skousen 2011, 120.)

Venttiilin automaattinen ohjaus vaatii toimilaitteen. Toimilaitteeksi voidaan kutsua mitä tahansa laitetta, joka vastaa ulkopuoliseen signaaliin ja liikuttaa säätölaitetta vaadittuun asentoon ulkoista voimaa käyttäen. Toimilaitteet jaetaan pneumaattisiin, sähkötoimisiin ja sähköhydraulisiin. (Skousen 2011, 120.)

Toimilaitte on ratkaiseva osa säätöpiiriä, joka koostuu anturista, ohjaimesta ja venttiiliin kiinnitetystä toimilaitteesta. Säätöpiirissä ohjain vertaa anturin mittaussignaalia asetettuun arvoon ja lähettää ohjaussignaalin säätöventtiiliin toimilaitteelle. Ohjaussignaali voi olla muutos ilmanpaineessa, sähkövirrassa tai hydraulipaineessa. Kun toimilaitteen saa ohjaussignaalin, se liikkuu kunnes mittaussignaalin arvo on saavuttanut ohjaimelle annetun arvon. Tämän jälkeen ohjaussignaalin muutos lakkaa, toimilaitte pysähtyy ja jää paikoilleen. (Skousen, 2011 120–121.)

Jos ohjaussignaali lähetetään käyttövoimasta erillisenä, suositetaan pneumaattista tai sähköistä signaalia. Sähköpneumaattiset ja digitaaliset ohjaukset ovat korvanneet pneumaattisen ohjauksen tarkkuutensa ansiosta. Analogisena ohjaussignaalinä käytetään 4–20 mA tai 10–50 mA virtaviestiä. (Skousen 2011, 121.)

Ohjain on mikroprosessori, joka vastaanottaa syötteen prosessianturilta ja vertaa sitä ennalta asetettuun arvoon. Vertailun jälkeen ohjain lähettää korjaavan signaalin säätölaitteelle, kunnes oikea syöte saavutetaan. Yleensä ohjain on PID-säädettävä, PID-arvoja muuttamalla voidaan optimoida säätöpiiri esimerkiksi vastaamaan nopeammin muutoksiin. (Skousen 2011, 153.)

Tavanomainen analoginen ohjainjärjestelmä lähettää virtasignaalia ohjaimelle. Analoginen signaali kulkee suojattua parijohtoa pitkin ja se muutetaan digitaalseksi ohjaimen luettavaksi. Ohjaimen digitaalinen korjaussignaali on myös ensin muutettava analogiseksi säätölaitteelle lähettämistä varten. Analogisen järjestelmän etuina ovat yhteinen rajapinta minkä tahansa analogisen laitteen kanssa eli laitteita voidaan vaihtaa helposti, analogiset järjestelmät ovat laajasti käytössä ja laitteet tunnetaan ja hyväksytään yleisesti maailmalla. Huonoja puolia analogisissa järjestelmissä ovat, että jokaiselle laitteelle tarvittava oma parijohto signaalin kuljettamista varten sekä alttius signaalihäiriöille. Analoginen signaali luodaan mekaanisilla laitteilla, jotka voivat kulua tai hajota ja ovat herkkiä esimerkiksi värinälle. (Skousen 2011, 153.)

HART-protokollan avulla voidaan käyttää digitaalisia laitteita analogisessa järjestelmässä. Protokolla säilyttää analogisen signaalin samalla kun kaksisuuntainen digitaalinen signaali kulkee analogisen linjan sisällä häiritsemättä signaalilinjan alkuperäistä tarkoitusta. HART-protokolla perustuu master/slave ympäristöön, missä slave eli esimerkiksi säätöventtiili ja digitaaliasennoitin tai muu älykäs laite kommunikoi master-laitteen kanssa vain master-laitteen ollessa ensin yhteydessä slave-laitteeseen. Master-laite on yleensä tietokone tai käsikäyttöinen kommunikaattori. HART-protokolla parantaa analogisen järjestelmän toiminnallisuutta ja suorituskykyä, sallii tiedon keräämisen, laitteiden diagnostiikan ja parametrisäädöt. (Skousen 2011, 154.)

Nykyään käytetään venttiileihin kiinnitettyjä älykkäitä järjestelmiä ja toimilaitteisiin kiinnitettyjä digitaalisia asennoittimia. Digitaalinen prosessinohjausjärjestelmä hyödyntää digitaalista tiedonvälitystä anturien, ohjaimen ja säätölaitteiden välillä. Tiedonvälityksen digitaalisuuden ansiosta ei tarvita analogisen viestin muuttamista digitaalseksi eikä analogisia tai mekaanisia laitteita signaalin luomiseen. Tämä parantaa säätöpiirin luotettavuutta ja varmistaa tarkan tiedon kulkeutumisen ohjaimelle. Digitaalisten järjestelmien hystereesi, toistettavuus ja muut ohjausongelmat ovat pieniä analogisiin järjestelmiin verrattuna. Signaalihoitoa tarvitaan edelleen, mutta yhteen linjaan voi kiinnittää useamman laitteen, koska järjestelmä sallii laitteiden identifioinnin ilman signaalien päällekkäisyyksiä. Digitaalinen viestintä laitteiden välillä vaatii Fieldbus-standardikielen. Fieldbus-laitteet kommunikoivat ohjaimen lisäksi myös muiden kenttälaitteiden kanssa ja myös käyttövirtaa voidaan antaa älylaitteille. Älykkäissä ohjainjärjestelmän osissa on mahdollista käyttää automaattisia toimintoja kuten automaattinen viritys, itsediagnostiikka, tiedonkäsittely, huolto- ja hälytysjärjestelmien hallinta. (Skousen 2011, 121, 154.)

Älykkäissä venttiileissä käytetään laitteen omaa mikroprosessoria tai digitaalista asennoitinta kommunikoimaan analogisen tai digitaalisen järjestelmän kanssa. Säätöventtiilien pitää pystyä kommunikoimaan digitaalisesti ohjaimen kanssa hyödyntääkseen digitaalisuuden tuomia etuja. Älykkäät venttiilit ovat useimmiten lineaarisesti liikkuvia venttiileitä, mutta myös kääntyväliikkeisiä venttiileitä on mahdollista käyttää. Kääntyvässä venttiilissä voidaan vaikuttaa esimerkiksi venttiiliin virtausominaisuuksiin tai korjata venttiiliin, toimilaitteen ja asennoittimen välistä asentosignaalia oikeaksi. (Skousen 2011, 121, 157.)

Digitaalinen asennoitin on laite, joka käyttää mikroprosessoria asennoittamaan pneumaattisen toimilaitteen, se myös tarkkailee ja tallentaa tietoa. Digitaalinen asennoitin kytketään tavanomaiseen tapaan säätöpiiriin eli säätöpiirissä tarvitaan lisäksi ohjain ja prosessianturi. Digitaalinen asennoitin kykenee esimerkiksi mittaamaan ja välittämään tiedon toimilaitteen männävarren sijainnista ilman erillistä sijaintianturia ja antamaan hälytyssignaaleja, kun

männänvarsi saavuttaa tietyn sijainnin. Toimilaitteen paineen muutosten seuraaminen mahdollistaa toimilaitteen ja osittain myös venttiilin itsediagnostiikan. Digitaalisessa asennoittimessa on myös mahdollisuus laitteen etäidentifioinnille, jolloin asennoitin voidaan yksilöidä ja kalibroida tietokoneen kautta. Digitaalisessa asennoittimessa on jonkin verran mekaanisia osia, joten hystereesiä ja toistettavuusongelmia saattaa esiintyä. (Skousen 2011, 161–162.)

Analoginen asennoitin voidaan suoraan vaihtaa digitaaliseen. Kytettäessä digitaalinen asennoitin analogiseen järjestelmään, se on riippuvainen parijohdosta ja analogisesta signaalista sekä tämän virtalähteestä. Signaalin lisäksi asennoitin tarvitsee paineilmaa pneumaattiselle toimilaitteelle. (Skousen 2011, 162.)

Digitaalisen asennoittimen toiminta perustuu toimilaitteen antamalle sijainnille. Toimilaitteen varren liikkuaessa se kääntää potentiometriä, joka antaa asennoittimelle signaalin toimilaitteen sijainnista. Asennoitin vertaa potentiometrin signaalia tavoiteltuun arvoon. Kun arvo on jotakin muuta kuin tavoiteltu, vieään signaali painemodulaattorille, joka muuttaa paineilmakelan paikkaa ja lisää ilmaa sylinterin männän toiselle puolelle ja päästää ilmaa toiselta puolelta pois. Toimilaitteen liike jatkuu, kunnes sijainti täsmää vertailuarvoa, lopuksi modulaattori siirtää kelan pitoasentoon. (Skousen 2011, 161–163.)

3.5 Standardit ja ohjeet

EN 15714 -standardissa määritellään teollisuusventtiilien toimilaitteiden termit ja perusvaatimukset. Perusvaatimukset määritellään auki-kiinni sekä säädöissä käytettäville osakiertotoimilaitteille ja kaksi- ja yksitoimisille toimilaitteille. Lisäksi standardissa on liitteinä valmistajaa velvoittava toimilaitteen kestotestimenettely ja opastava toimilaitteen valintaohje. (SFS-EN 15714-1 2009, 6; SFS-EN 15714-3 2009, 8, 32–41.)

EN ISO 5211 -standardissa määritellään perusvaatimukset osittain kääntyvien toimilaitteiden kiinnitykselle teollisuusventtiileihin. Perusvaatimuksia ovat kiinnityslaipan mitat toimilaitteen ja venttiilin kiinnitykselle sekä toimilaitteen mitat ja tuennat. Myös suositusarvot väännölle liitänäkohdissa on annettu ja liitänäkohdienten mitat määritetty. (SFS-EN ISO 5211 2017, 6.)

EN 15081 -standardi määrittää metallisten kiinnitysvarusteiden vaatimukset osakieroisille auki-kiinni venttiileille ja toimilaitteen kiinnittimille. Standardiin soveltuvia laitteita ovat osakääntöventtiilit ja niiden toimilaitteet sekä kiinnitykset, jotka ovat EN ISO 5211 mukaisia. Standardi sisältää myös kaikkien osien väännönsiirron momentit toimilaitteelta venttiilille 16000 Nm:in asti sekä suosituksia suunnitteluun ja korroosiosuojaukseen. (SFS-EN 15081 2007, 4.)

Valmistajan tai toimittajan tulee antaa, toimittaa pyydettyä tai muulla tavalla esittää tai ohjeistaa seuraavia tietoja toimilaitteesta:

- Molempien suuntien minimiulostulomomentti syöttöpaineella
- Ulostulomomenttien epälineaarinen muutos iskun aikana taulukoituna tai kuvaajana
- Kaksitoimisen toimilaitteen minimiliikkeellelähtöpaine lämpötilassa
- Minimitoiminta-aika molempiin suuntiin nimellispaineella ilman ulkoista kuormaa tai rajoitusta syötössä
- Sisäinen syrjäytettävä tilavuus molemmilla suunnilla
- Painerajat
- Osakiertotoimilaitteen säätöalue
- Korroosiosuojausluokka
- Jousipalautteisen toimilaitteen purku- ja kokoonpano-ohje
- Osakiertotoimilaitteen käyttöosan materiaali
- Paineliitänäköjen mitat ja kierteen tyyppi
- Jousipalautteisen toimilaitteen vikaturvallinen liikkeen suunta
- Vaatimustenmukaisuus SFS-EN 15714-3 -standardin suhteen
- Kuljetus- ja varastointiohjeet
- Asennus-, käyttöönotto-, käyttö- ja huolto-ohjeet
- Pakollinen kirjallinen aineisto

Toimilaitteeseen tulee merkitä pysyvästi vähintään valmistajan nimi tai tavaramerkki, mallinumero, sarjanumero tai valmistus päivämäärä, suurin sallittu paine, jousipalautteisen toimilaitteen vikaturvallinen suunta ja toimilaitteen kiinnitystiedot. (SFS-EN 15714-3 2009.)

3.6 Neles B1C

Neles Oyj on maailman johtava virtauksenhallintaratkaisuja ja -palveluita tarjoava suomalainen yritys. Nelesin venttiili- ja automaatioteknologia on tunnettu laadusta, luotettavuudesta ja turvallisuudesta. (Neles 2022.) Yritys syntyi Metso Oyj:n jakautuessa vuonna 2020. Tätä ennen Neles on ollut Metso Oyj:n virtauksensäädön tuotemerkki. (Kauppalehti 2022.) Neles on yhdistymässä Valmetiin, yhdistetystä yhtiöstä tulee Valmet Oyj. Neles Oyj:n ja Valmet Oyj:n hallitukset ovat hyväksyneet sulautumisen syyskuussa 2021 ja sulautuminen tapahtuu viimeistään 1.4.2022. (Valmet 2022d.)

Neles B1-sarjan toimilaitteet ovat pneumaattisia mäntätoimilaitteita. Niitä käytetään säädöissä ja suluissa sekä näiden sovelluksissa. B1-sarjan toimilaitteita ovat jousipalautteiset yksitoimiset toimilaitteet B1J, B1JA ja kaksitoiminen toimilaitte B1C. (Neles 2020b, 1.)

Kaksitoimisten B1C-toimilaitteiden sylinterihalkaisijat ovat välillä 80–750 mm ja iskutilavuudet 0,33–441 dm³. Syöttöpaineet ovat välillä 5–10 Bar ja momenttialue noin 45–100 000 Nm. Taulukossa 1 on esitetty B1C:n tarkemmat ulostulomomentit 6 Bar syöttöpaineella. (Neles 2020b, 1.)

Taulukko 1. Neles B1C:n momentit 6 Bar syöttöpaineella (Neles 2020b,1).

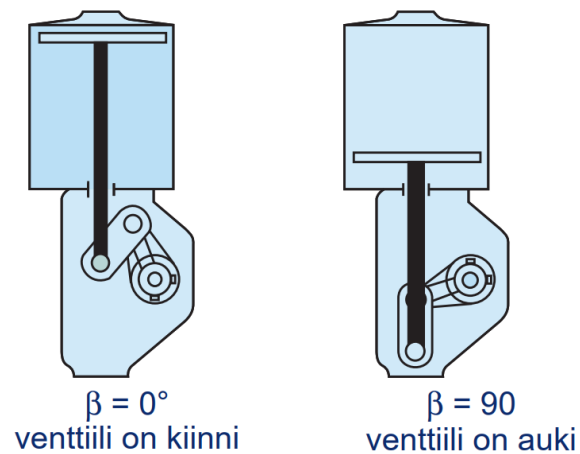
Toimilaite	Sylinteri \varnothing	Ulostulomomentti Nm / 6 Bar
B1C 6	80	90
B1C 9	100	175
B1C 11	125	330
B1C 13	160	675
B1C 20	200	1550
B1C 25	250	3000
B1C 32	315	6000
B1C 40	400	12290
B1C 50	500	24190
B1C 60	600	35320
B1C 502	500	54500
B1C 602	600	77710

Kaksitoimista B1C-toimilaitetta suositellaan, kun halutaan, että sylinteri voidaan jättää paikalleen kesken liikkeen. Yksitoimisia B1J ja B1JA -toimilaitteita suositellaan, kun vaaditaan hätäsulku-toimintoa toimilaitteelle. Vakiosylinteriä voidaan käyttää -20–70 °C lämpötiloissa, korkean lämpötilan rakenteista sylinteriä -20–120 °C lämpötiloissa, matalan lämpötilan rakenteista sylinteriä -40–70 °C ja arktisen lämpötilan rakenteista sylinteriä -55–70 °C. Saatavilla olevia liitososia ja lisävarusteita ovat esimerkiksi rajakytkimet, asentolähettimet ja asennoittimet. (Neles 2020b, 1, 19.)

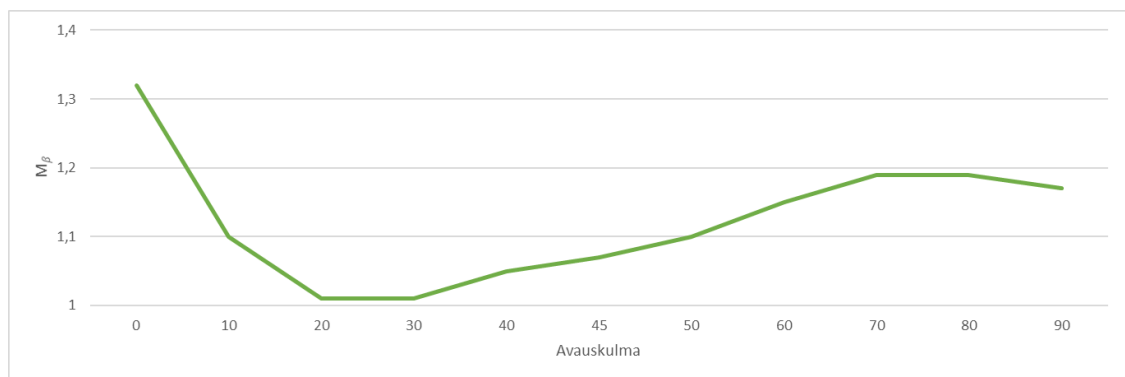
Toimilaite muuttaa männän suoraviivaisen liikkeen akselin kääntymäksi nivelistön avulla ja se antaa suurimman momenttinsa alkuasennossa, jolloin toimilaitteeseen kiinnitetty venttiili on sulkuasennossa (Kuva 7; Kuvio 1). Seuraava suuri ulostulomomentti on 60–80° kääntymässä, jolloin putkistojen virtauksien dynaamiset voimat ovat suurimmillaan perhosventtiileillä.

Toimilaitteen ulostulomomentti on esitetty avauskulman funktiona. (Kuvio 1.)

Akselin kääntymää voidaan säätää iskunpituuden säätöruuveilla (Neles 2020b, 6).

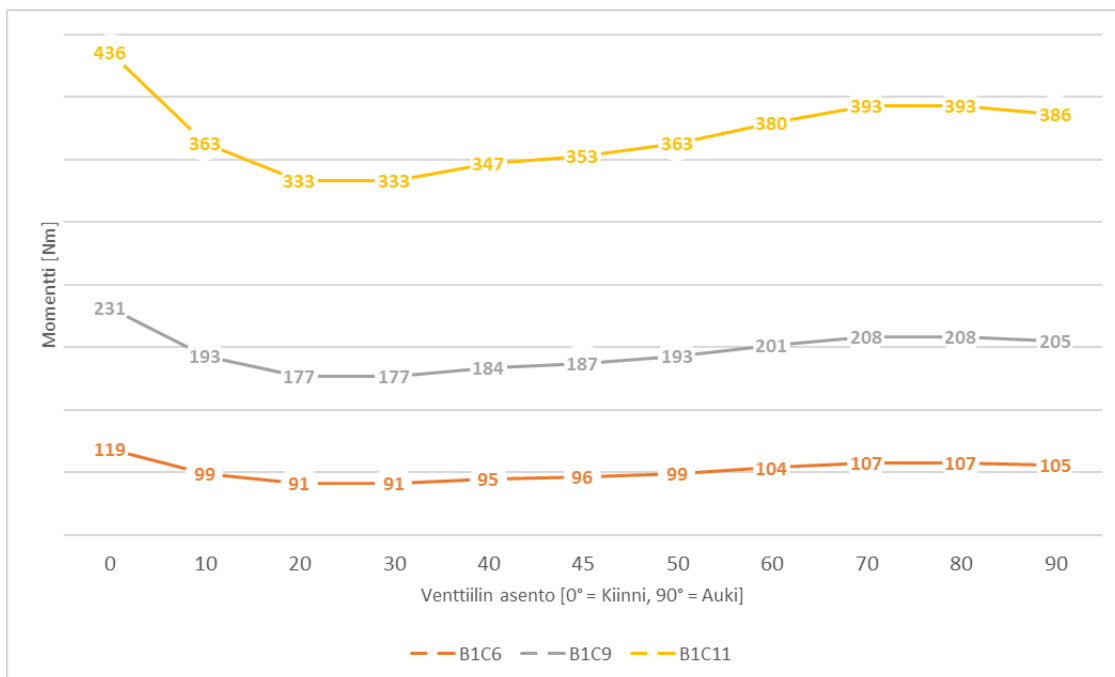


Kuva 7. Neles B1C:n rakenne (Neles 2020b, 6).



Kuvio 1. Ulostulomomentti avauskulman funktiona (Neles 2020b, 6).

Kuvion 1 ja toimilaitteen ulostulomomentin perusteella voidaan laskea tietyn kokoiselle toimilaitteelle ulostulomomentti eri avauskulmilla. Kuviossa 2 esitetään ulostulomomentit kolmelle eri kokoiselle paperikoneessa käytössä olevalle toimilaitteelle. Kuvion 2 käyrät ovat yhdenmukaisia kuvioon 1 nähden.



Kuvio 2. Neles B1C:n momentit venttiilin asennolla.

Oikeaa sylinterikoon valintaa varten on määritettävä maksimi vääntömomentti venttiilistä, johon toimilaite tulee kiinni. Kun tarvittava vääntömomentti on tiedossa, sitä verrataan toimilaitteen vääntömomenttiin ja käytössä olevaan ilman syöttöpaineeseen. Rajatapauksissa valitaan yhtä kokoa suurempi toimilaite. (Neles 2020b, 6.)

Neles ND9000 -älykästä venttiiliohjainta käytetään paineilmatöimissä sylinteri- ja kalvotoimilaitteissa läppäventtiileillä. ND9000 saa käyttöjännitteen kaksijohdinta pitkin 4–20 mA:n virtaviestistä, eikä vaadi erikseen syöttöjännitettä. ND9000-venttiiliohjain on mikroprosessoripohjainen ja tiedonsiirrossa käytetään HART-väylää. Laitteen asetuksia voidaan vaihtaa paikalliskäytöllä käyttöpaneelilla tai tietokoneella FieldCare-ohjelmistolla. Venttiiliohjaimella voidaan mitata ohjaussignaali, venttiilin asema, syöttöpaine, toimilaitteen paineet, luistiventtiilin asema ja laitteen lämpötila. Itsediagnostiikka varmistaa mittauksen toiminnan. Venttiiliohjainta voidaan käyttää kaksi- tai yksitoimisilla toimilaitteilla ja -40...+85 °C lämpötiloissa, sen kiertyvä liikealue on 45–90 astetta. (Neles 2021a, 1–3.)

Neles NE700 -sähköpneumaattisella asennoittimella ohjataan yksitoimista jousipalautteista toimilaitetta tai kaksitoimista toimilaitetta. Ohjausviestinä käytetään kaksivirtakaapelia pitkin tulevaa 4–20 mA tai 0–20 mA virtaviestiä. Kaksitoimisessa toimilaitteessa nouseva ohjausviesti avaa ja sulkee venttiilin. Takaisinkytkentäakselin käänkökulma on 90 °, syöttöpaine on 1,4–8 Bar:ia. Vakiorakenteista asennoitinta voidaan käyttää -25...+85 °C lämpötiloissa, Viton tiivisteisellä korkean lämpötilan rakenteella lämpötila-alueita voidaan kasvattaa +120 °C asti. (Neles 2020a, 3–4.)

3.7 Pimatic P2520

Pimatic Oy on suomalainen sovelletun pneumatiikan ja matalapainehydrauliikan valmistaja, joka toimittaa pneumatiikan ja matalapainehydrauliikan komponentteja muun muassa prosessiteollisuuteen. Pimatic Oy kehittää, valmistaa, toimittaa ja huoltaa hydrauliikan ja pneumatiikan komponentteja, toimilaitteita ja järjestelmiä Suomessa. (Pimatic 2022.)

Pimatic P2520 on kaksitoiminen paineilmasylinteri. Sylinterihalkaisijat ovat välillä 32–320 mm ja vakioiskunpituudet 25–500 mm. Sylinteriin voi valita anodisoidun profiiliputken 32–100 kokoisille sylintereille tai sidepulttirakenteisen kova-anodisoidun pyöreän putken. Sylinteri voidaan varustaa johteilla ja lukkolaitteella. Lämmönkestävyys NBR tiivisteillä on -20...+60 °C ja Viton tiivisteillä -5...+150 °C. 32–200 kokoisissa sylintereissä on magneettimäntä vakiona, jolla voidaan tunnistaa sylinterin asento. Painealueena on 0–10 Bar ja väliaineena käytetään suodatettua paineilmaa tai neutraaleja kaasuja joko sumuvoideltuna tai ilman voitelua. (Pimatic 2009, 1–3.)

Rakennevaihtoehtoina on läpimenevä männänvarsi, kaksoissylinteri, kolmi- ja neliasentosylinterit ja nestevaimennettu sylinteri. Läpimenevä männänvarsi mahdollistaa yhtä suuret työntö- ja vetovoimat ja paremman männänvarren ohjauksen. Kaksoissylinterillä vetovoima kaksinkertaistuu ja työntövoima melkein kaksinkertaistuu. Kolmi- ja neliasentosylinterit mahdollistavat kolme tai neljä eri asentoa. Nestevaimennetulla sylinterillä on sama liikenopeus

ulkoisesta kuormituksesta riippumatta, nestesäiliöllä ja vastusventtiilillä voidaan säätää liikenopeutta. (Pimatic 2009, 1–3.)

Tiivistevaihtoehtoja ovat voiteluvapaat, lämmönkestävät, pakkasenkestävät tai nestekäytölle sopivat tiivisteet. Voiteluvapaassa vaihtoehdossa männänvarsi on tiivistetty PTFE-tiivisteillä ja mäntä NBR-tiivisteillä. Lämmönkestävässä käytetään männänvarressa PTFE-tiivistettä ja muualla Viton-tiivisteitä. Pakkaskäytölle ei ole annettu tiettyä tiivistettä, mutta tiivisteet kestävät -35 °C pakkasta. Nestekäytössä sylinterin vaimennustiivisteet on poistettu ja männänvarressa on nestekäytölle sopiva tiiviste. Sylinterikiinnittimiä on valittavissa useita erilaisia, esimerkiksi haarukkakytkimiä, pallonivelkiinnittimiä ja keskinivelkiinnittimiä. (Pimatic 2009 4, 6 .)

Taulukko 2. Pimatic P2520 voimat 6 Bar syöttöpaineella (Pimatic 2009, 1).

Sylinteri ∅	Männänvarsi ∅	Männän pinta-ala cm ²		Voima N / 6 Bar	
		+ liike	- liike	+ liike	- liike
32	12	8	6,9	470	410
40	16	12,6	10,6	750	630
50	20	19,6	16,5	1170	980
63	20	31,2	28,1	1860	1650
80	25	50,3	45,4	3000	2650
100	25	78,5	73,5	4700	4300
125	32	122,7	114,7	7300	6800
160	40	201,1	188,5	12000	11100
200	40	314,2	301,6	18800	18000
250	50	490,8	471,2	29400	28200
320	63	804,2	773	48200	46300

Pimatic on ilmoittanut sylinterien voimat molempiin suuntiin 6 Bar syöttöpaineella. Momenttia ei ole ilmoitettu paineilmasylinterin tiedoissa, koska mukana ei toimiteta mekanisme jolla lineaariliike muutetaan kiertyväksi liikkeeksi. (Taulukko 2.) Valmet käyttää sylinterin kiinnittämiseen venttiilille omaa kiinnikettä, jossa sylinterin lineaariliike muutetaan pyöriväksi vipumeکانismin avulla (Valmet 2022c).

Momentin kaavalla voidaan laskea sylinterin venttiilin akselille tuottama momentti, kun tiedetään sylinterin voiman lisäksi vivun pituus ja sylinterin ja vivun välinen kulma:

$$\tau = rF\sin\theta$$

Kaava 2. Momentti.

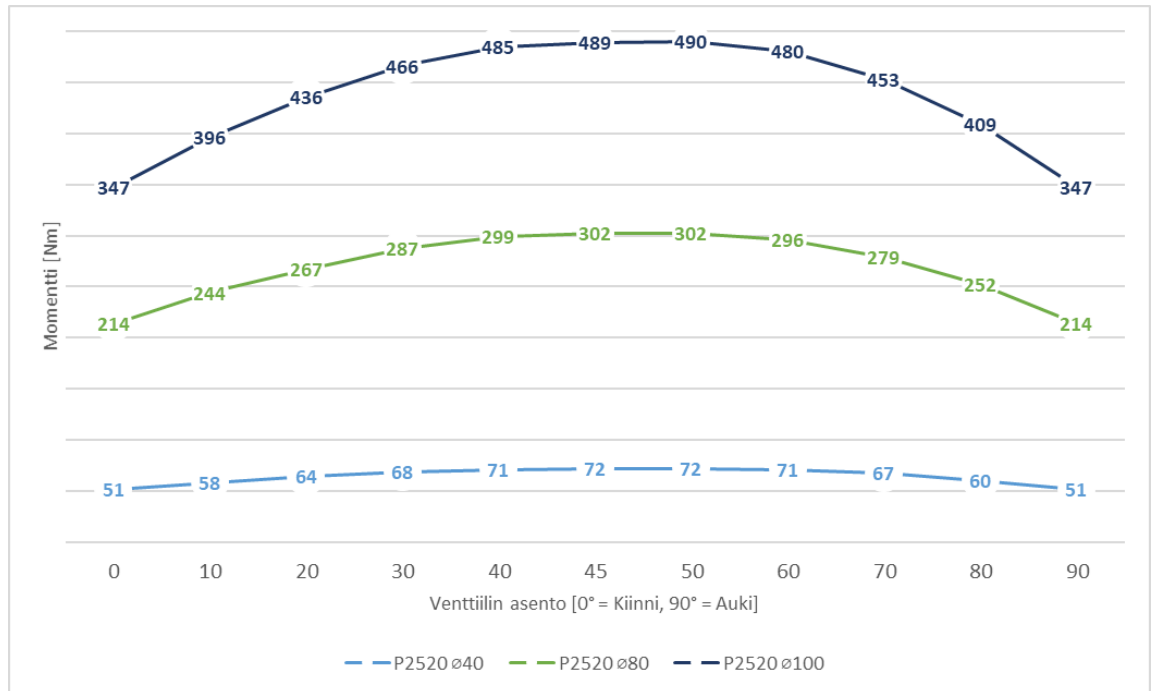
jossa,

F = sylinterin voima

r = etäisyys

$\sin\theta$ = sijainti- ja voimavektorien välinen kulma.

Sylinterin voima saadaan valmistajan tiedoista taulukosta 2 tai laskemalla kaavan 1 mukaan. Etäisyys on vivun pituus. Kun tiedetään vivun pituus, voidaan laskea venttiilin sulkemiseen käytössä oleva momentti taulukon 2 voiman - liikkeen arvoilla. Momenttia laskettaessa on otettava huomioon, että sylinterin kiinnityksestä johtuen, sylinteri on yhdensuuntainen kiinnityksen kanssa vain ääriasennoissaan. Venttiilin asentoon suhteuttaessa, lasketaan sylinterin ja vivun välistä kulmaa tietyllä venttiilin akselin kääntymällä.



Kuvio 3. Pimatic P2520 momentit venttiilin asennolla.

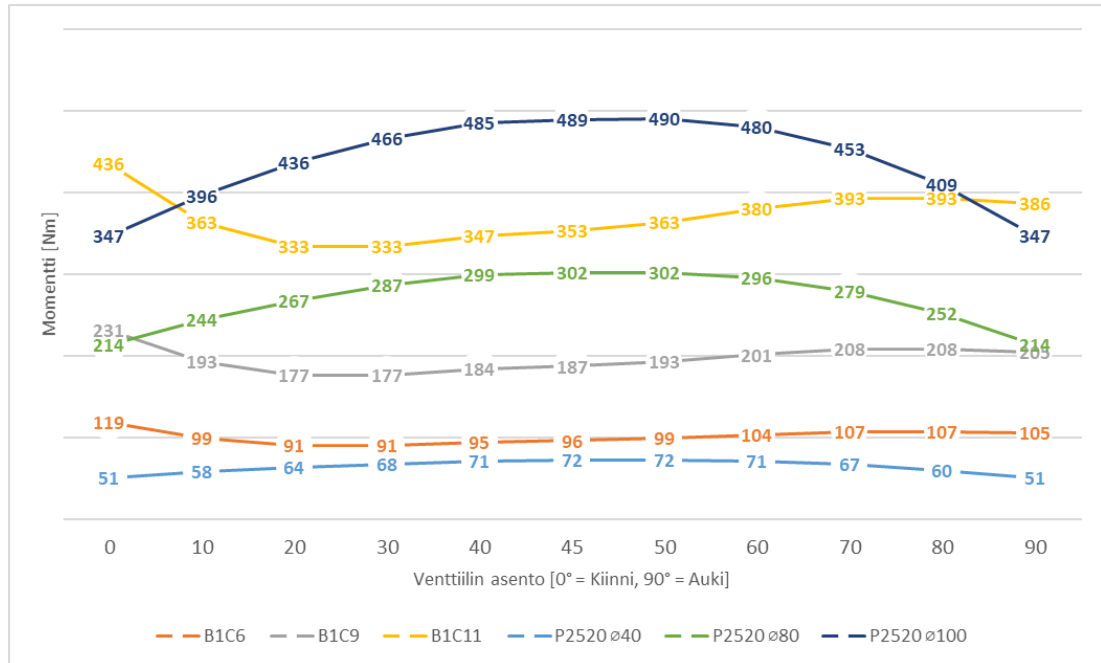
Kuviossa 3 esitetään momentit kolmelle paperikoneessa käytettävällä toimilaitteekoolle venttiilin kääntyessä kymmenen asteen välein. Suurin momentti saavutetaan, kun toimilaitte ja vipu ovat toisiinsa nähden 90 asteen kulmassa, jolloin venttiilin asento on noin 45–50 asteen välillä.

3.8 Toimilaittevertailu

Toimilaitteita verratessa huomioitavaa on niiden käyttötarkoitus. Pimatic P2520 -toimilaitetta käytetään paperikoneessa auki-kiinni toimintaan eli halutaan nopea avaus ja sulkku. Auki-kiinni toiminnassa tarvitaan vain riittävän suuri momentti riittävän nopeasti sulkemaan venttiili. (Valmet 2022c.) Neleksellä pyritään tarkkoihin säätöihin, jolloin on tärkeää saada aikaan suuremmat ulostulomomentit niissä perhosventtiilin avautumiskulmissa, joissa putkistojen virtauksien dynaamiset voimat ovat suurimmillaan. (Neles 2020b, 6).

Kuviossa 4. on kuvioden 2 ja 3 momenttikäyrät yhdessä kuvaajassa. Vertailussa nähdään erot toimilaitteiden käyttäytymisessä. Neles B1C -

toimilaitteilla on suurimmat momentit alussa ja 70–80 asteen kohdilla. Pimatic P2520 -toimilaitteella on suurimmat momentit ovat venttiilin ollessa puolivälissä auki. (Kuvio 4.)



Kuvio 4. Momenttien vertailu venttiilien asennoilla.

Neles B1C -toimilaitteissa sylinterihalkaisijat ovat suurempia kuin vastaavan momentin tuottavilla Pimatic P2520 -toimilaitteilla. B1C:t ovat 80, 100 ja 120 mm:n sylinterihalkaisijoilla. (Taulukko 1). P2520-toimilaitteet 40, 80 ja 100 mm:n halkaisijoilla. B1C-toimilaitteiden sylinterihalkaisijoiden suhteessa pienempi ulostulomomentti johtuu toimilaitteen vipumekanismista, jonka tarkoitus on aikaansaada suuremmat momentit tietyille alueille ja siten saavuttaa venttiilin tarkka säädettävyys. (Kuva 7.)

Taulukko 3. Toimilaittevertailu (Pimatic 2009, 1-3; Neles 2020b, 19; Valmet 2022c).

Toimilaite	Käyttö	Lämpötila °C		Ohjaus	Hinnat prosentteina sylinteri ø 100 mm
Neles B1C + ND	Säätö	-53 °C	85 °C	HART-väylä	1000 %
Neles B1C + NE	Säätö	-40 °C	120 °C	4–20 mA tai 0–20 mA	750 %
Pimatic P2520	Auki-kiinni	-30 °C	150 °C	Solenoidiventtiili	100 %

Toimilaitteiden käyttölämpötilat riippuvat niiden sylinterien tiivisteiden ominaisuuksista sekä ohjaukseen käytettävistä laitteista. Neles B1C -toimilaite ND-ohjaimella kestää korkeimmillaan 85 °C lämpötilaa, siksi Valmetilla on käytössä myös NE-assennoitin jota voidaan käyttää korkeammissa lämpötiloissa. Pimatic P2520 -toimilaitteessa ohjaus tapahtuu ohjauskaappiin sijoitetulla solenoidiventtiilillä, jolloin prosessin lämpötilat eivät vaikuta sen ohjauksen toimintaan. Neles ND:tä ohjataan HART-väylällä ja NE:tä virtaviestillä. Neles-toimilaitteiden hinnat halkaisijaltaan 100mm:n sylinterille ovat ohjauksesta riippuen 750–1000 %:a P2520-toimilaitteeseen verrattuna. P2520-toimilaite on huomattavasti halvempi, mutta siinä on mukana vain paineilmasylinteri ja kiinnikkeet. Vastaavasti Neles-toimilaitteissa on kiinnikkeiden lisäksi mukana ohjaukseen tarvittava asennoitin. (Taulukko 9.)

4 Tilausohjeen laadinta

4.1 Lähtötiedot

Toimeksiantaja oli koonnut materiaalia valmiiksi lähtötietoina tilausohjeen tekemiselle. Materiaaleja olivat alkuperäinen tilausohje, sähköpostikeskusteluja tilauksiin ja piirustuksiin liittyvistä ongelmista ja Neles B1C -toimilaitteen ja Neles ND9000 -venttiiliohjaimen tekniset esitteet. Työ rajattiin koskemaan yleisimpien Valmetin paperikoneiden ilmajärjestelmissä käytettävien säätöläppätyyppien käyttölaitteita, eli LSV-säätöläpän, PSV perhosventtiilin ja kuumankestävän PSV-perhosventtiilin Neles B1C -, Pimatic P2520 -toimilaitteita ja käsikäyttölaitteita. Lisäksi toimeksiantaja antoi listan henkilöistä, joita haastatellaan tietojen kartoittamiseksi ja hiljaisen tiedon keräämiseksi käyttölaitetilauksiin liittyen.

Aloituspalavereissa käytiin toimeksiantajan kanssa läpi edellä mainitut materiaalit ja mikä on työn tarkoitus ja ongelma. Tämän jälkeen tutustuttiin suunnittelijoiden kanssa käyttölaitteiden tietojen, kuten vakiolaitemapin ja piirustusten, sijainteihin ja käytiin läpi tilausta ja hankintatekstejä PDM-järjestelmässä. Tilausohjetta käytiin myös läpi, mutta sitä oli melko vaikea tulkita asiaan perehtymättömänä. Suunnittelijat kertoivat myös, millaisen ohjeen he haluaisivat ja mitä uuden ohjeen tulisi sisältää. Esimerkiksi, ohjeen pitää olla lyhyt, siinä pitäisi olla päivitetty tilaustunnukset ja selvästi mitä toimilaitteita kuuluu missäkin tapauksessa tilata.

4.2 Tiedon kartoitus

Tiedon kartoitus tilausohjeen laadintaa varten aloitettiin tutustumalla olemassa olevaan tietoon ja aineistoihin käyttölaitteista ja venttiileistä. Aluksi selvitettiin, mitä yrityksen olemassa olevasta tiedosta tarvitaan ja missä tämä tieto sijaitsee. Tämän jälkeen tarkasteltiin tiedon selkeyttä, paikkansapitävyyttä ja puutteita. Näiden pohjalta valmisteltiin kysymysrunko haastatteluja varten. Haastatteluissa

kerättiin hiljaista tietoa sekä selvitettiin ongelmakohtia ja kehitystarpeita olemassa olevalle tiedolle ja tilauksille.

Käyttölaitteita koskeva perustieto oli kerätty IBM Notes -tietokantaan sijaitsevaan vakiolaitemappiin. Tieto oli helposti löydettävissä, kun tiesi mitä oli etsimässä. Vakiolaitemapissa oli jaoteltuna erikseen omille sivuilleen säätölaitteet ja käyttölaitteet.

Säätölaitteet oli jaoteltu tyyppin mukaan ja eri tyypeistä oli löydettävissä piirustusnumerot parametrusten 3D-mallien ID-tunnukset, PDM-tunnukset, materiaalitiedot, kokovaihtoehdot, painot ja mittatietoja. Käyttölaitteet oli jaoteltu säätöläpän tyyppin mukaan ja käyttölaitteen tyyppin mukaan käsikäyttöisiin toimilaitteisiin. Toimilaitteelliset oli vielä jaettu toimilaitetyypin mukaan. Käyttölaitteista oli saatavilla saman tyyppistä tietoa kuin säätölaitteista sekä osittain tiedot minkä kokoiselle säätöläpälle käy minkäkin kokoinen käyttölaite.

Käyttölaitteita koskevan tiedon ulkoasu oli melko sekava ja säätöläppien, toimilaitteiden ja piirustuksien eri variaatioiden suuri määrä aiheutti haasteita oikean tiedon löytämiselle. Joukkoon mahtui myös väärää ja vanhentunutta tietoa, kuten liian suuria säätöläppäkokoja, käytöstä poistettuja toimilaitteita ja vanhentuneita piirustuksia. Myös viittaukset muihin dokumentteihin olivat osin puutteelliset. Esimerkiksi kanaviston rakenneohjeeseen, PI-kaavioihin, laiteluetteloihin tai valmistajan dokumentaatioon ei ollut viittauksia vakiolaitemapissa eikä käytössä olleessa tilausohjeessa. Käytössä ollut tilausohje oli hankala löytää, koska se sijaitsi PSV-perhosventtiilin toimilaitteiden tietojen alla, vaikka se koski myös LSV-säätöläpän toimilaitteita.

Säätöläppien ja käyttölaitteiden kokoonpanopiirustusten piirustusnumerot olivat annettuina vakiolaitemapissa. Piirustukset olivat osin noin 20 vuotta vanhoja ja osa käsin piirrettyjä. Niissä oli puutteita kuvissa, mitoissa ja muissa tiedoissa kuten osanumeroinnissa ja toimilaittekokojen sopivuuksista.

Säätöläpille, toimilaitteille ja asennoittimille oli annettu omat numerosarjat tai tunnukset, joiden avulla laite löydetään PDM:stä ja joilla suunnittelijan ja hankintaosaston on mahdollista tilata se laitetoimittajalta. Tunnukset oli kerrottu

vakiolaitemapissa ja käytössä olleessa tilausohjeessa. Niitä pystyi hakemaan myös suoraan PDM:stä laitteen nimen perusteella. Yleensä säätöläppä ja sen toimilaite tilataan laitetoimittajalta yhdessä ja laitetoimittaja tilaa toimilaitteen suoraan toimilaitevalmistajalta.

Toimilaitteen tilaamista varten tarvitaan toimilaitteen tyyppikoodi. Tyyppikoodi on yleensä annettu toimilaitteen tunnuksen yhteydessä. Tyyppikoodi sisältää tietoa laitteesta, toimilaitteesta tärkeimpinä esimerkiksi nimi, tyyppi, koko, iskunpituus, lämpötilankesto, kiinnikkeet ja muut rakennetiedot, kuten materiaalit. Tyyppikoodia ei ollut vakiolaitemapissa käytössä olleessa tilausohjeessa avattu mitenkään ja tämä on aiheuttanut vaikeuksia erityisesti suunnittelijan valitessa oikeaa asennoitinta. Asennoittimen valinnassa on tärkeää tietää käyttöympäristön lämpötila, jotta asennoitin toimii tarkoitetulla tavalla. Ympäristön lämpötilasta kertoo usein tyyppikoodissa oleva H-kirjain, joka kuvaa laitteen kuumankestävyyttä. Tyyppikoodeissa on myös muita H-kirjaimia, joten suunnittelijan on ollut melko vaikeaa päätellä varmasti mikä kirjain tarkoittaa mitään. Esimerkiksi tämän takia viittaus laitevalmistajan ohjeisiin, joissa tyyppikoodin kirjainten tarkoitus on avattu, on tarpeellinen.

Lisää tietoa hankittiin haastattelujen avulla. Toimeksiantajan osoittamat haastateltavat ovat henkilöitä, jotka ovat tekemisissä paperikoneen ilmalaitteiden ja -järjestelmien kanssa. He työskentelevät eri osastoilla, kuten ilmajärjestelmien suunnittelussa, ajettavuusjärjestelmissä, automaatiossa ja hankinnassa. Myös venttiilitoimittajaa haastateltiin.

Haastatteluja varten tehtiin kysymysrunko, jota muokattiin erikseen joka osaston haastatteluja varten ja kysymyksiä painotettiin osastokohtaisesti henkilöiden erityisosaamisen ja sen mukaisiksi, millaista tietoa heillä mahdollisesti olisi parhaiten annettavana. Haastatteluista saatua tietoa käytettiin tukena tiedon kartuttamiseen käyttölaitteista sekä osittain suoraan tilausohjetta varten.

Kysymysrunko jaoteltiin osiksi kysymystyyppien mukaan. Kysymykset alkoivat yleisillä kysymyksillä käyttölaitteiden tilaamisesta. Esimerkiksi miten paljon haastateltava on tehnyt käyttölaitetilauksia, millaisia ongelmia on tullut vastaan

ja mitä tilausohje hänen mielestensä pitäisi sisältää. Seuraava osa koski ohjeita ja piirustuksia, esimerkiksi mitä ohjeistuksia ja piirustuksia haastateltava käyttää tilausta tehdessä ja onko niissä puutteita tai päivitettävää tiedoissa. Seuraava osa muutettiin haastateltavan osaston mukaan koskemaan tietoa, joita heillä erityisesti olisi annettavana. Esimerkiksi ilmajärjestelmien suunnittelijoilta kysyttiin tarkempia kysymyksiä säätöläppiin ja toimilaitteisiin liittyen, automaatiolta kysyttiin PI-kaavioista ja laitteiden automaatiosta, kuten toimilaitteen ohjauksista. Viimeinen kysymysrungon osa koski haastateltavan työvaiheita paperikoneen toimitusprojektissa. Tarkoitus oli hahmottaa kokonaiskuvaa, mitä projektissa tapahtuu käyttölaitetilauksissa, mitä henkilö tekee missäkin vaiheessa ja mitkä ovat käyttölaitteen tilausvaiheet.

4.3 Tilausohjeen rakenne

Tilausohje halutaan päivittää Valmetin dokumenttipohjalle sekä selkeyttää, päivittää sen sisältö ja lisätä puuttuvaa tietoa. Tilausohjeeseen on tarkoitus sisällyttää tärkeimpänä vaihe vaiheelta -ohjeistus, miten käyttölaitteet tilataan toimitusprojektille. Tilausohjetta käyttävät ensisijaisesti ilmajärjestelmä- ja kuivainosastojen suunnittelijat.

Uusi tilausohje alkaa sisällysluettelolla. Sisällysluettelon tarkoitus on lukijan tiedottaminen siitä, mitä dokumentti sisältää sekä lukijan ohjaaminen tarvitsemaansa tietoon. Sisällysluettelo on tärkeä osa erityisesti tällaisessa dokumentissa, jossa on useita sivuja ja paljon tietoa ja jota pitää löytää tehokkaasti.

Ohjeen ensimmäisessä osassa dokumentti esitellään yleisesti ja kerrotaan, mitä asioita se käsittelee. Tämän jälkeen on kerrottu, missä ohjeen käyttämiseen tarvittava muu tieto sijaitsee, esimerkiksi mistä löytyy tilattavien laitteiden tiedot, PI-kaaviot, laiteluettelot tai tyyppimerkinnot. Näille on annettu suorat polut sijainnille, jotta niiden löytäminen olisi mahdollisimman helppoa ja nopeaa.

Ohjeen toinen osa on tärkein osuus, tämä koskee säätöläppien ja käyttölaitteiden tilaamista. Tilausohje alkaa heti vaihe vaiheelta ja kohta

kohdalta -ohjeistuksella tilaamiselle. Ensin on lista asioista, joita suunnittelijan on tehtävä ennen, kun voi tehdä varsinaisen tilauksen. Tietoihin, joita suunnittelija tarvitsee, on kerrottu viittaukset tiedon sijainnista. Suunnittelija pystyy hakemaan tiedon esimerkiksi siitä, mihin paperikoneen kanaviston osaan tulee mitäkin laitteita, onko valinnut oikean laitteen ja laitteiden määrät.

Tämän jälkeen on lista tilauksen tekemisen vaiheista PDM:lla. Tässä osassa on käytetty viittausten lisäksi kuvakaappauksia tukena, jotta lukijan on helpompi ymmärtää, mitä ohjeistetuilla asioilla tarkoitetaan. Listassa on viitattu tarkempaan ohjeistukseen ostotekstien täyttämistä.

Ostotekstien täyttäminen on ohjeistettu taulukon ja esimerkin avulla tavallisille ja kuumankestäville säätöläpille erikseen. Taulukoissa esitetään vaiheittain mitä ostotekstejä lisätään ja mistä nämä ostotekstien tiedot haetaan. Ohjetaulukon jälkeen on esimerkkitaulukko, jossa on haettu ja täytetty aiemmassa taulukossa ohjeistetut tiedot tietylle säätöläpille ja käyttölaitteelle. Tämän jälkeen on lisätty vielä kuvakaappaus, miltä täytetty esimerkkioستoteksti näyttää PDM-järjestelmässä.

Ostotekstejä täyttäessä täytyy lisätä oikea toimilaitteen tunnus. Toimilaitteen tyyppi, tunnuksen numerosarja sekä toimilaitteen ja asennoittimen tyyppikoodi ja sopivuus säätöläpän kokoon nähden on kerrottu tilausohjeen toimilaiteluettelossa. Toimilaiteluettelon yhteydessä kerrotaan myös toimilaitteen ja asennoittimen lämpötilan kesto ja onko kyseessä prosessin lämpötila vai ympäristön lämpötila. Toimilaitteeseen johtuu venttiilin akselia pitkin lämpöä prosessista, joten toimilaitteen lämmönkestoon vaikuttaa myös ympäristön lämpötila. Asennoitinta valitessa otetaan huomioon vain ympäristön lämpötila.

Ohjeen kolmannesta osasta eteenpäin on kerätty yhteen tietoa säätöläpistä ja käyttölaitteista, joista suunnittelija voi nopeasti tarkastaa kyseessä olevan laitteen tietoja. Tiedoista voi selvittää esimerkiksi laitteen piirustusnumeron, sijainnin vakiolaitemapissa, kokotiedot, käyttölämpötilan, valittavissa olevat käyttölaitteet, käyttölaitteen asennot, käyttölaitteen suojat ja muuta yleistä

tietoa. Säätläpistä ja käyttölaiteista on jokaisen kohdalla isometriset kuvat ja tarpeen mukaan kuvakaappauksia piirustuksista, jotta laitteen hahmottaminen olisi helppoa.

Ohjeen viimeisessä osassa käsitellään käyttölaitteiden valintaa Hirun-ajettavuuskomponenteille. Tähän osaan on kerätty tietoa ajettavuuskomponenttien sovellusohjeista, joissa määritellään eri Hirun-ajettavuuskomponenttien sijaintien mukaiset käyttölaitteet. Esimerkiksi, millaiset käyttölaitteet valitaan Hirun 4U-ajettavuuskomponentin ilmakeinavistoon paperikoneen alasajokohdissa tai levityspaikoissa ja ovatko ne käsikäyttöisiä, säädettäviä vai auki-kiinni toimivia. Näistä tiedoista suunnittelija voi varmistaa onko oikeat käyttölaitteet valittu Hirun-laitteisiin, joissa on paljon variaatioita käyttölaitteissa sijaintien ja laitteiden välillä. Ohjetta on mahdollista jatkaa ajettavuuskomponenttien osalta, mikäli muille laitteille tehdään vastaavia ohjeistuksia kuin Hirun-laitteille.

4.4 Tulokset

Ennen haastattelujen tekemistä saatavilla olevaa tietoa käyttölaiteista käytiin läpi. Annettuja tietoja, kuten tilausohjetta ja käyttölaitteiden teknisiä tietoja tarkasteltiin. Neles B1C:n ja ND-venttiiliohjaimen tekniset esitteet oli annettu aloitusmateriaaleissa, mutta muiden puuttuivat. Valmistajien verkkosivuilta löytyivät NE-assennoittimen ja Pimatic P2520 -toimilaitteen esitteet. Teknisissä esitteissä oli kattavat tiedot laitteista, niiden ominaisuuksista, toiminnasta, huollosta, laitevariaatioista ja tilaamisesta. Myös esimerkiksi tyyppikoodit oli kerrottu teknisissä esitteissä ja näitä tarvitaan oikean laitteen valitsemiseen tiettyyn säätläppäkokoan ja tiettyyn paikkaan paperikoneessa.

Vakiolaitemapin säätläppien ja käyttölaitteiden osioita käytiin läpi seuraavana. Säätläppien osuus oli melko selkeä ja niistä löytyi tarvittavat piirustukset ja muu tieto. Käyttölaitteiden osioon piti perehtyä enemmän ja se oli melko aikaa vievää tiedon määrän ja pirstaleisuuden vuoksi. Piirustuksien tulkitseminen oli myös työlästä ja hankalaa työn alkuvaiheessa, koska laitteet olivat vielä melko

vieraita ja niihin tutustuminen vei oman aikansa. Näistä annetuista ja muista olemassa olevista tiedoista saatiin kerättyä tarpeeksi tietoa ja epäselvyyksiä haastattelukysymysten valmistelua varten. Epäselvät asiat on huomioitu tässä vaiheessa, koska ne todennäköisesti ovat myös seuraavalle kyseisiin laitteisiin tutustuvalla henkilöllä epäselviä. Näitä asioita voidaan ohjeistuksia ja aineistoa päivittäessä lisätä ja tarkentaa.

Haastatteluista saatiin kerättyä paljon hiljaista tietoa. Haastattelut tehtiin osoitettujen henkilöiden kanssa erikseen, jotta saataisiin kerättyä enemmän jokaisen omaa näkemystä käyttölaitetilauksiin liittyen. Haastateltavilla oli hyviä mielipiteitä käyttölaitteiden tilaamisesta ja heiltä saatiin kerättyä myös kehitysehdotuksia esimerkiksi ohjeistukseen ja piirustuksiin liittyen. Ilmajärjestelmien suunnittelusta oli haastateltavana useampi, eri tilausmääriä tehneitä henkilöitä, joten saatiin hyvä otanta eri tasoisten suunnittelijoiden tiedoista ja toimintatavoista.

Haastatteluissa tuli esille eniten käyttölaitteiden valintaan liittyviä epäselvyyksiä ja seuraavaksi eniten tiedon löytämiseen liittyviä haasteita. Ilmajärjestelmien suunnittelun haastateltavat olivat tehneet toimilaitetilauksia vähintään muutamaaan toimitusprojektiin, joten siihen liittyvää epäselvyyttä ei juuri ollut. Tilauksen vaiheita oli melko vaikea saada selkeästi avattua, vaikka pyydettiin kertomaan vaihe vaiheelta. Tämä johtui osittain siitä, että asia oli heille hyvin selkeä ja osittain siitä, ettei itselläni ollut aiempaa kokemusta käyttölaitteiden tilaamisesta. Tapa, jolla käyttölaitteet tilataan, oli jokaisella hieman erilainen. Osa keräsi ja listasi kaikki tilattavat käyttölaitteet Excel-taulukkoon ja toiset tilasivat pelkästään paperikoneen kanavistojen 3D-mallin perusteella. Myös aiemmista toimitusprojektin tilauksista kopioitiin käyttölaitetilauksia tai tehtiin tilauksen alusta alkaen uudelleen ja kokonaan ulkomuistista. Lopputulos oli kuitenkin kaikilla sama, eli tilaus lähti samanlaisena hankinnalle.

Valmistunut tilausohje käytiin palaverissa läpi toimeksiantajan ja suunnittelijoiden kanssa. Ohjeen tilausvaiheisiin muokattiin tarkennuksia ja viittauksia muihin ohjeen kohtiin ja tietojen sijainteihin. Palaverista sai hyvin ideoita ohjeen jatkojalostukseen ja lisää ymmärrystä, minkälainen ohjeistuksen

tulisi olla, jotta se olisi hyvä ja toimiva. Samanlaisia viittauksia ja tarkennuksia lisättiin myös muihin ohjeen kohtiin. Tilausohjetta on tarkoitus testata vielä käytännössä toimitusprojektin käyttölaitetilauksessa, kun jokin sopiva projekti saadaan siihen vaiheeseen, että tilaus on tarpeen tehdä. Ohjetta tullaan muokkaamaan vielä tämän pohjalta, jos jotakin on jäänyt ohjeessa huomioimatta tai siihen liittyvä tieto on puutteellista tai epäselvää. Tähän mennessä on tullut palautetta, että huomattavaa parannusta vanhaan ohjeistukseen on saavutettu.

Piirustuksia oli alun perin tarkoitus päivittää opinnäytetyön puitteissa, mutta tätä ei työn puitteissa ehditty kuitenkaan tehdä, johtuen piirustusten määrästä ja niihin tarvittavien päivitysten laajuudesta. Esimerkiksi käsin piirretyt piirustukset olisi pitänyt piirtää kokonaan uudestaan. Epäselvää oli myös mitä säätöläppien piirustuksista säästetään ja käytetään jatkossa valmistuksessa, kun perusteita molempien tavallisen ja kuumankestävän piirustusten käyttämiseen ei ollut. Säätöläppien valmistajalta saadun palautteen perusteella heille olisi helpompaa ja tilaajalle edullisempaa käyttää valmistuksessa pelkästään kuumankestävän säätöläppien piirustuksia, koska valmistajalla on koneissa valmiit geometriat kuumankestävälle säätöläppälle ja he joutuvat muuttamaan valmistusprosessia tavallisen säätöläppien kohdalla. Piirustuksiin tarvittavista päivityksistä ja tietojen puutteista tehtiin kuitenkin lista. Listan avulla saadaan jonkin näköinen ajatus siitä, mitä kaikkea niihin olisi tarve päivittää ja niitä on helpompi lähteä päivittämään sen tullessa myöhemmin ajankohtaiseksi.

Vakiolaitemapin Suositeltavat käyttölaitteet -osio oli tarkoitus siirtää vanhentuvasta IBM-Notes kannasta SharePoint-ympäristöön. Suositeltavat käyttölaitteet -osio vaihdettiin Valmetin dokumenttipohjalle ja sisältö käytiin samalla läpi ja tarkastettiin esimerkiksi, että käyttölaitteiden piirustukset ovat löydettävissä. Dokumenttiin lisättiin sisällysluettelo tiedon löytämisen helpottamiseksi. Sisällön järjestys muutettiin selkeämmäksi, edellä mainittu jaottelu säilytettiin eli pääjaottelu oli säätöläppien tyyppin mukainen ja niiden alla sopiva käyttölaitte. Osiossa oli alun perin säätöläppien erikoiskäyttöjä sekalaisesti siellä täällä. Näitä pyrittiin keräämään yhteen, esimerkiksi vaijerikäytöt kerättiin

yhteen omaksi osakseen. Suositeltavat käyttölaitteet -osiota saatiin selvemmäksi ja helppolukuisemmaksi ja nyt se myös palvelee varmasti paremmin suunnittelijoita.

Tehokkuuden lisääntymistä käyttölaitetilauksissa on vielä tässä vaiheessa hankala arvioida, mutta ainakin teoriatasolla työn tehokkuuden pitäisi kasvaa. Käytännön vaikutukset alkavat näkyä, kun useampi käyttölaitetilaus saadaan tehtyä. Tiedon löytyminen saattaa alkuvaiheessa hidastua tiedon siirtyessä uuteen paikkaan, ennen kuin vanhasta paikasta tietoa hakeneet tottuvat sen uuteen sijaintiin. Vanhaan paikkaan jätetään tieto siitä mihin tiedot on sieltä siirretty, jolloin uudessa paikassa olevan tiedon löytymistä saadaan nopeutettua. Uuden oppiminen ja sisäistäminen nopeutuu kun perehdytys on systeemaattisempaa.

Kun tieto on jaoteltu selkeästi, se on helpompi löytää. Esimerkiksi ohjeen ja vakiolaitemapin selkeä rakenne ja sisällysluettelo nopeuttavat tiedon hakemista. Sen sijaan että selataan koko dokumentti läpi ja löydetään ehkä tarvittu tieto, voidaan katsoa sisällysluettelosta oikea sivu ja mennä suoraan tiedon oikeaan sijaintiin. Tämä nopeuttaa työskentelyä ja vähentää aikaa, joka menee itse dokumentin selaamiseen. Myös oikea jaottelu helpottaa hakemista, tietoja ei ole pirstaleina siellä täällä vaan on yhden asian tiedot koottuna yhdessä paikassa ja järjestyksessä ensin usein käytettävä tieto.

Uudessa tilausohjeessa on vaihe vaiheelta -ohjeistus tilauksen tekemisestä ja viittaukset mistä tilaukseen tarvittavat tiedot saadaan. Tilausta ensimmäisiä kertoja tekevä henkilö ei ole aiempaan verrattuna niin riippuvainen opastuksesta uuden ohjeistuksen ansiosta. Tilaukseen perehdyttävä pystyy helpommin käymään tilausvaiheet kerralla läpi ja perehdytettävä pystyy esittämään kysymyksiä ennakkoon, olemassa olevan rungon perusteella. Tämän ansiosta perehdyttäjä ei ole niin pitkään tai jatkuvasti kiinnitettynä perehdytykseen ja vaihe vaiheelta opastamiseen. Perehdytettävän ei tarvitse tiedon sijainnin viittausten ansiosta myöskään ihmetellä ja kysellä ja odottaa vastausta, mistä mikäkin tieto saadaan. Turhaa odotusaikaa saadaan lyhennettyä ja työn keskeytymisiä vähennettyä.

Uudella tilausohjeella ja päivitettyillä dokumenteilla on mahdollisuus vaikuttaa suoraan suunnittelijoiden ajalliseen tehokkuuteen, työmäärään ja työn mielekkyyteen. Ajan käytön tehostuessa heidän on mahdollista tehdä enemmän tuottavaa työtä, laadukkaammin selkeiden ja yksiselitteisten ohjeiden ansiosta, samalla työn stressaavuuden ja kuormittavuuden vähentyessä. Stressaavuutta ja kuormittavuutta vähentää erityisesti se, että suunnittelija tietää mitä on tekemässä. Työnantajan näkökulmasta on helpompi resursoida työtehtäviä henkilöille, kun tehtävästä suoriutuminen ja ajankäyttö paranevat. Kaiken kaikkiaan ohjeistuksella ja tiedon löytämisellä on suoraan vaikutusta työskentelyn tehokkuuteen ja siten yritys voi säästää työhön kuluvaan ajassa ja siihen liittyvissä kustannuksissa. Suunnittelijan tekemä työ on siten arvokkaampaa.

5 Pohdinta ja yhteenveto

Tarkoituksena oli tutkia käyttölaitteita paperikoneen ilmastointijärjestelmissä, tehdä tilausohje käyttölaitteiden tilaamiselle sekä kartoittaa ja päivittää olemassa olevaa tietoa. Edellä mainitut asiat saavutettua, tarjotaan oikeaa ja ajantasaista tietoa paperikoneen suunnittelijoille. Työ rajattiin koskemaan kuivatusosan säätöventtiilityyppejä ja niiden käyttölaitteita, muihin paperikoneen osiin tai venttiilityyppeihin voidaan soveltaa näiden tietoja ja ohjeistuksia.

Alussa tutustuttiin paperikoneeseen ja kuivatusosan toimintaperiaatteeseen yleisesti. Seuraavana tarkasteltiin kuivatusosuuuden ilmastointia ja ilmalaitteita sekä ilmastoinnin toimintaperiaatetta ja vaikutuksia. Tämän jälkeen tutkittiin käsikäyttölaitteita ja paineilmasylintereitä, niiden rakennetta ja ohjauksia. Näiden tietojen avulla saatiin melko hyvä perusta työn toteuttamista varten.

Työn tuloksena valmistui tutkimus käyttölaitteista, uusi tilausohje käyttölaitteiden hankkimiselle paperikoneen ilmastointijärjestelmille, päivitetty vakiolaitemappin tiedot käyttölaitteista sekä lista käyttölaitteiden ja säätöventtiilien piirustuksiin tarvittavista päivityksistä. Tilausohjetta tulevat käyttämään suunnittelijat, jotka tilaavat käyttölaitteita paperikoneisiin. Vakiolaitemappia käyttävät kaikki suunnittelijat, jotka tekevät käyttölaitetilauksia ja piirustusten päivitysten listaa suunnittelijat, jotka saavat päivitykset tehtäväkseen.

Tilausohje tukee erityisesti uusia suunnittelijoita, joilla ei ole kokemusta tilausten tekemisestä, mutta myös kokeneita suunnittelijoita esimerkiksi käyttölaitteiden tunnusten hakemisessa tai tilanteissa, joissa jokin asia pitää tarkastaa nopeasti. Vakiolaitemappi on pääasiallinen tietolähde käyttölaitteisiin liittyen ja sen päivityksellä on merkittävä vaikutus käyttölaitteisiin liittyvän tiedon hakemisessa ja löytämisessä. Vakiolaitemappin päivityksestä hyötyvät kaikki sitä tietolähteenään käyttävät suunnittelijat.

Alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen säätöventtiilien ja käyttölaitteiden piirustusten ja niiden tuoterakenteiden päivityksiä ei päästy tämän työn puitteissa toteuttamaan. Piirustukset olisivat vaatineet merkittäviä muutoksia,

eikä ollut aikaa lähteä toteuttamaan niitä. Sen sijaan pidettiin kirjaa työn tukena käytettyjen piirustusten päivystarpeita, jolloin piirustuksia tulevaisuudessa päivittävän on helpompi tehdä niihin tarvittavat muutokset. Tuoterakenteiden päivittäminen vaatii tuotetiedon hallintajärjestelmän osaamista ja siihen perehdyttämiseen ei muilla suunnittelijoilla ollut tarpeeksi resursseja. Päivitysten yhteydessä tarkastettiin kuitenkin olemassa olevien tuotteiden tunnuksien voimassaolo ja päivitettiin vanhentuneet tai poistuneet tunnuksset.

Työn tulosten kehittäminen on jatkuvaa ja sitä jatketaan myös työn valmistumisen jälkeen. Tilausohjetta tullaan testaamaan käytännössä ja ohjetta muokataan siitä itse havaitun tai muilta käyttäjiltä saadun palautteen perusteella. Myös piirustukset ja tuoterakenteet tullaan päivittämään jossakin vaiheessa. Mahdollisesti myös muut osat vakiolaitemapista tullaan päivittämään ja siirtämään vanhentuvasta IBM-Notes -tietokannasta SharePoint-ympäristöön.

Oman oppimisen kannalta tässä työssä selvitetty asiat tukevat jatkossa omaa työskentelyä toimeksiantajayrityksessä. Paperikoneen suunnittelutehtävissä on hyötyä tuntea koneen ja laitteiden toimintaa, ja toiminnan ymmärtäminen helpottaa esimerkiksi kokonaisuuden hahmottamista ja siten myös muiden uusien asioiden sisäistämistä. Muista työn tuloksista on suoraa hyötyä työtehtävissä, esimerkiksi oikeiden laitteiden valinnassa ja niiden tilausten tekemisessä. Tilausohjetta ja päivitettyä vakiolaitemapin käyttölaitteiden tietoja pääsee hyödyntämään suoraan omassa työskentelyssä paperikoneen ilmajärjestelmien suunnittelussa. Kerättyä listaa piirustusten päivityksistä pääsee mahdollisesti käyttämään tulevaisuudessa, jos päivittää piirustukset tai on siinä mukana.

Kaiken kaikkiaan työ on onnistunut, koska siinä saavutettiin hyviä ja toimeksiantajalle hyödyllisiä tuloksia, vaikka kaikkia alkuperäisiä tavoitteita ei täysin saavutettukaan. Työn tärkeimpään tavoitteeseen eli tilausohjeeseen panostettiin, ja siitä saatiin hyvin tarkoitukseensa sopiva ja selkeä ohjeistus.

Lähteet

Chu, D., Forbes, M., Backstrom, J., Gheorghe, C. & Chu, S. 2011. Model Predictive Control and Optimization for Papermaking Processes, in T. Zheng (ed.), Advanced Model Predictive Control, IntechOpen, London.

Fluorotech 2022. PTFE, polytetrafluorieteeni (Teflon). Viitattu 23.1.2022.
<https://fluorotech.fi/sivu.php?id=126>

Ghosh, A., 2011. Fundamentals of Paper Drying – Theory and Application from Industrial Perspective, in A. Ahsan (ed.), Evaporation, Condensation and Heat transfer, IntechOpen, London.

Hulkkonen, V. 2006. Pneumatiikan perusteita. Toimilaitteet. Fluid Klinikka no 14. Viitattu 10.12.2021. <https://www.salhydro.fi/files/PDF/13.pneumatiikan-perusteita-toimilaitteet.pdf>

Jalonen, O. 2004. Säättöjen peruskäsitteet ja periaatteet parempaan hallintaan. Suomen automaatioseura ry:n BAFF-seminaari 2.6.2004. Viitattu 10.12.2021.
http://automaatioseura.planeetta.com/index/tiedostot/Peruskasitteet_OJ.pdf

Kauppalehti 2021. Yrityshaku. Valmet Technologies Oy. Viitattu 19.11.2021.
<https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/valmet+technologies+oy/15391809>

Kauppalehti 2022. Pörssikurssit. Viitattu 30.1.2022
<https://www.kauppalehti.fi/porssi/porssikurssit/osake/NELES>

KnowPap 2022. Paperinvalmistuksen oppimisympäristö. Viitattu 19.3.2022.
http://www.knowpap.com/extranet/suomi/knowpap_system/user_interfaces/knowpap.htm

Lohjan Kumi ja Matto 2022. TEFLON LEVY (PTFE) Viitattu 23.1.2022.
<https://www.kumijamatto.fi/teflon-levy-ptfe.html>

Neles 2020a. Asennoitin, Sarja NE. Asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet. Julkaisu 7NE72fi 10/2020. Viitattu 20.3.2022.
<https://www.neles.com/globalassets/saleshub/imported---all-documents/7ne72fi.pdf>

Neles 2020b. Pneumatic cylinder actuators, Series B1. Julkaisu 6B20EN 9/2020. Viitattu 10.12.2021.

<https://www.neles.com/globalassets/saleshub/imported---all-documents/6b20en.pdf>

Neles 2021a. Neles intelligent valve controller series ND9000. Julkaisu 7ND9021EN 6/2021. Viitattu 20.3.2022.

<https://www.neles.com/globalassets/saleshub/imported---all-documents/7nd9021en.pdf>

Neles 2021b. Pneumaattiset sylinteritoimilaitteet Sarja B1C. Asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet. Julkaisu 6BC71FI 2/2021. Viitattu 23.1.2022.

<https://www.neles.com/globalassets/saleshub/imported---all-documents/6bc71fi.pdf>

Neles 2022. Neles Company. Viitattu 30.1.2022.

<https://www.neles.com/company/>

Pimatic 2009. Pneumatiikkasyliinterit. Viitattu 19.3.2022.

https://www.pimatic.fi/wp-content/uploads/09-ISO_VDMA-Syliinteriesite-09.pdf

Pimatic 2022. Yritys. Viitattu 19.3.2022. <https://www.pimatic.fi/fi/yritys/>

Ravelast 2022. Tekniset kumit sopivat vaativiin käyttökohteisiin. Viitattu 23.1.2022. <https://www.ravelast.com/konserni/tutkimus-ja-kehitys-2/kumi-elastomeerit/>

Sarli, A. 2018. Zero Line Control for the Dryer Hood. Paper Advance 11.4.2018. Viitattu 27.3.2022. <https://paperadvance.com/mills-technologies/power-and-energy/zero-line-control-for-the-dryer-hood.html>

SFS-EN ISO 5211. 2017. Industrial valves. Part-turn actuator attachments. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki.

SFS-EN 15081. 2007. Industrial valves. Mounting kits for part-turn valve actuator attachment. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki.

SFS-EN 15714-1. 2009. Teollisuusventtiilit. Toimilaitteet. Osa 1: Terminologia ja määritelmät. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki.

SFS-EN 15714-3. 2009. Teollisuusventtiilit. Toimilaitteet. Osa 3: Pneumaattiset osittain kääntyvät toimilaitteet teollisuusventtiileille. Perusvaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki.

Skousen, P. 2011. Valve Handbook. 3.p. New York City: McGraw-Hill Professional.

Valmet 2014. Vacroll for improved dryer section runnability. Viitattu 10.3.2022.
<https://valmetsites.secure.force.com/solutionfinderweb/sfc/servlet.shepherd/version/download/06858000000qZYKAA2>

Valmet 2021a. Historia. Viitattu 19.11.2021. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/historia/>

Valmet 2021b. Liiketoiminnat. Viitattu 19.11.2021.
<https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/liiketoiminnat/>

Valmet 2021c. Tilinpäätös 2020. Viitattu 19.11.2021.
<https://www.valmet.com/globalassets/investors/reports--presentations/annual-reports/2020/valmet-tilinpaatos-2020-fi.pdf>

Valmet 2021d. Valmet lyhyesti. Viitattu 19.11.2021.
<https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>

Valmet 2022a. OptiAir Hood. Viitattu 11.3.2022. <https://www.valmet.com/board-and-paper/board-and-paper-machines/process-ventilation/optiair-hood/>

Valmet 2022b. OptiRun dryer. Viitattu 10.3.2022.
<https://www.valmet.com/board-and-paper/board-and-paper-machines/cylinder-drying/optirun-cylinder-drying/>

Valmet 2022c. Valmetin sisäinen tietokanta.

Valmet 2022d. Valmet and Neles to merge. Viitattu 30.1.2022.
<https://www.valmet.com/campaign/valmet-and-neles-merger/>