



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

OTTO SAARELA

Tuotantolaitoksen paineilmajärjestelmän dokumentointi

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN KOULUTUSOH-
JELMA
2021

Tekijä(t) Saarela, Otto	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 02/2021
	Sivumäärä 28	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Tuotantolaitoksen paineilmajärjestelmän dokumentointi		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
Tiivistelmä Teollisuudessa käytetään paineilmaa laajasti erilaisissa käyttötarkoituksissa. Yksi yleinen paineilman käyttökohde on instrumentti-ilman käyttö erilaisten pneumaattisten toimilaitteiden, kuten säätöventtiilien ja sylinterien käyttövoimana. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli dokumentoida Honkajoki Oy:n paineilmajärjestelmä CAD-kuviksi, sekä arvioida paineilmaverkoston vuodoista aiheutuvia vuotuisia kustannuksia. Paineilman tuottaminen on kallista, joten paineilmalinjojen vuotojen minimoiminen on tärkeää. Työ alkoi paineilmajärjestelmän kartoituksella ja siinä ohessa löydettyjen vuoto-kohtien merkkauksella ylös. Paineilmalinjoja seurattiin kentällä putki kerrallaan ja venttiilit, sekä liitetyt toimilaitteet piirrettiin hahmotelmaan. Kartoituksen jälkeen paineilmajärjestelmä piirrettiin kokonaisuudessaan CAD- kuviksi CADS Electric sovelluksella. Kartoituksen ja CAD- kuvien luominen onnistui hyvin ja aikataulussa. Paineilma- verkoston vuototesti jäi suorittamatta, sillä kompressorien sammuttaminen testin ajaksi ei ollut mahdollista opinnäytetyön suorittamisen aikaan. Arvio paineilma- vuotojen kustannuksista toteutetaan myöhemmin.		
<u>Asiasanat</u> Paineilma, CAD, Kartoitus, Automaatio		

Author(s) Saarela, Otto	Type of Publication Bachelor's thesis	Date 02/2021
	Number of pages 28	Language of publication: Finnish
Title of publication Documentation of production plants pneumatic system		
Degree program Electrical and Automation engineering		
Abstract Compressed air is used in widely different uses in industry. One common usage of compressed air is as an instrument-air in different pneumatic devices, such as control valves and cylinders, for their moving force. The aim of this thesis was to document the pneumatic system of Honkajoki Oy to CAD-drawings and estimate yearly costs of leaks in pneumatic system. The production of compressed air is expensive so minimizing system leaks is important. The work began by mapping the production facility's pneumatic system and marking up the leaks that were found during the mapping. Pneumatic lines were followed line by line in the field. Valves and attached devices were drawn into draft. After mapping the pneumatic system was fully drawn into CAD pictures using CADS Electric software. The mapping and CAD drawing was successfully done and within schedule. The leak test of pneumatic line network was delayed to be done after this thesis. The air compressors are needed to be shut down during the leak test and it was not possible during the timeline of the thesis. The estimation of the costs of pneumatic system leaks will be done afterwards.		
<u>Key words</u> Compressed air, CAD, Mapping, Automation		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 PAINEILMAJÄRJESTELMÄ.....	6
2.1 Kompressori	7
2.2 Paineilmasäilö	9
2.3 Paineilman jälkikäsittelylaitteet	9
2.4 Honkajoki Oy:n paineilmajärjestelmä	11
3 KARTOITUS PAINEILMAJÄRJESTELMÄSTÄ	12
3.1 Kompressorihuone ja paja.....	13
3.2 Rasvahalli (Laitos 200)	13
3.3 Kattilahuone	14
3.4 Sulattamo ja lopputuotevarasto (laitos 200)	15
3.5 Raaka-ainepää (laitos 200)	16
3.6 Kuivurihalli (laitos 200)	17
3.7 Verilinja (laitos 700)	18
3.8 Porolinja (Laitos 400)	18
3.9 TSE-linja (laitos 300)	19
3.10 Broilerilinja (Laitos 600)	20
4 CAD-PIIRTÄMINEN	23
4.1 Piirikaavio	23
4.2 Symbolien luominen	23
4.3 Piirtäminen	24
5 VUOTOARVIO	25
6 LOPPUYHTEENVETO	27
LÄHTEET	
LIITTEET 1-108	

1 JOHDANTO

Tämän työn toimeksiantaja on Honkajoki Oy. Yritys jalostaa eläinperäisistä sivutuotteista raaka-aineita teollisuuden käyttöön. Suomen lihantuotannosta syntyy vuosittain suuri määrä eläinperäisiä sivutuotteita, joista noin 70 % siirtyy Honkajoki Oy:lle jatkokäsittelyyn. Tuotantoprosessin lopputuotteita ovat eläinrasva ja valkuainen, joita käytetään esimerkiksi eläinten rehun, lemmikkiruoan ja biopolttoaineen valmistukseen. (Honkajoki Oy 2020, 14-15)

Suuri osa laitoksen automaatiolaitteista toimii paineilmalla ja toisinaan paineilmalinjoihin tulee vuotoja, mikä aiheuttaa vikatiloja laitteisiin. Nykyiseltään paineilmalinjojen vuotoja ei välttämättä havaita, ennen kuin jokin automaatiolaitte lakkaa kokonaan toimimasta. Lisäksi paineilman tuottaminen sähköllä on kallista ja useat pienetkin vuodot tulevat pitkässä juoksussa kalliiksi.

Tämän opinnäytetyön aiheena on dokumentoida Honkajoki Oy:n tuotantolaitoksen paineilmajärjestelmä CAD-kuviksi. Laitoksen paineilmaverkostoon on vuosien aikana tehty muutoksia, eikä näitä muutoksia ole päivitetty olemassa oleviin kuviin. Uusien kuvien myötä paineilmaverkoston huolto voidaan myös liittää kunnossapitojärjestelmään. Lisäksi työhön sisältyy paineilmaverkoston vuotokohtien selvitys ja arvio vuotojen aiheuttamista kustannuksista.

2 PAINEILMAJÄRJESTELMÄ

Paineilmalla tarkoitetaan ylipaineistettua ilmaa. Paineilmaa käytetään varsin-kin teollisuudessa, pääasiassa toimilaitteiden, kuten sylinterien ja paineilma-moottorien liikkeiden tuottamiseen, sekä käsityökalujen käyttövoimana. Paineilmajärjestelmään kuuluu yleisesti kompressori, paineilman jälkikäsittelylaitteet, paineilmasäiliö, paineilmaverkosto ja toimilaitteet. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 21-23)

Paineilman tuotanto tapahtuu puristamalla ilmaa pienempään tilavuuteen kompressorilla. Ilma siirtyy paineistuksen jälkeen puhdistuksen kautta paineilmasäiliöön ja sitä kautta paineilmaverkostoon. Yleisesti käytössä olevat paineilmalaitteet ovat suunniteltu 8-10 baarin käyttöpainelle, mutta on suositeltavaa käyttää laitteita hieman alemmalla paineella käyttöiän maksimoimiseksi. Suositeltava käyttöpaine on 5-6 baaria ja tämän saavuttamiseksi paineilma-verkoston painehäviöiden takia kompressorin pitää pystyä tuottamaan 6.5-7 baarin paine järjestelmään. Ilmanlaadusta varmistuminen on tärkeää ennen kuin ilma syötetään toimilaitteille. Tämän avulla voidaan vähentää toimintahäiriöitä ja niistä aiheutuvia kustannuksia. (Croser & Ebel 2002, 24)

Paineilma on ihmiselle turvallinen energiamuoto. Sitä koskevat turvallisuusmääräykset liittyvät ainoastaan paineilmasäiliön ja putkiston lujuusvaatimuksiin. Paineilman jakelussa on pyrittävä painehäviön minimoimiseen kompressorin ja käyttöpaikan välillä. Painehäviöitä aiheuttavat vuodot, sekä putkiston ahtaus, tai likaisuus. Painehäviöiden lisäksi putkistoissa tiivistyvä lauhdevesi voi aiheuttaa ongelmia toimilaitteissa. (Keinänen, Kärkkäinen 2005, 21-22)



Kuva 1. Paineilmajärjestelmä (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 24)

2.1 Kompressor

Kompressor on laite, jolla nostetaan kaasun painetta vähintään kaksinkertaiseksi imupaineeseen verrattuna. Ilman tuottomäärä riippuu kompressorin koosta, aina muutamista litroista tuhansiin kuutiometreihin minuutissa. Tuotto ilmoitetaan tilavuusvirtana, jonka yksikkö voi olla l/min tai m³/h. Kompressoireita on monia erityyppisiä, yleisimpinä ruuvi- mäntä ja lamellikompressorit. Kompressorityypin valintaan vaikuttavat käyttökohteessa tarvittava paine, sekä ilmamäärän tarve. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 26-27)

Ruuvikompressor puristaa ilmaa lomittain pyörivien ruuvi- ja luistiroottoreilla, joiden pinnat ovat tiiviit kompressorin pesän kanssa. Ilma puristuu tasaisesti roottorien välissä, joten tuotettu ilma on sykkeetöntä ja tasaista. Venttiileiden sijaan ilma imeytyy suoraan imuaukosta sisään ja pakotetaan ulos paineaukosta. Sykkeetön ja tasainen ilmantuotanto mahdollistaa myös joissain

tilanteissa painesäiliön jättämisen pois järjestelmästä. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 27-28)

Mäntäkompressorin imee ilmaa sylinteriin imuventtiilin kautta männän laskeutuessa sylinterin sisällä. Puristustahdin aikana mäntä liikkuu ylös kohti yläkuolonkohtaa puristaen ilmaa pienempään tilavuuteen. Paineen kasvaessa ilma poistuu sylinteristä paineventtiilin kautta paineilmasäiliöön, tai seuraavaan puristusvaiheeseen. Mäntäkompressorin toimintatavan takia sen tuottama ilma on sykkeistä, joten paineen ja sykkeen tasaamiseksi on paineilmasäiliö tarpeellinen. Mäntäkompressorilla saadaan luotua laaja käyttöalue ja korkea paine aina 1000 baariin saakka. Korkeammissa paineissa puristus tehdään vaiheittain lämpörasitusten vähentämiseksi. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 29)

Lamellikompressorissa epäkeskeisesti laakeroitu roottori pyörii sylinterimäisen pesän keskellä. Koska roottori on epäkesko, sen siivet eivät voi olla kiinteät. Roottorin pyöriessä irrallaan olevat siivet liikkuvat urissaan pesän seinän myötäisesti. Lamellikompressorissa ei myöskään ole venttiilejä, vaan ilma imeytyy imuaukosta sisään siipien väliin jäävään tilaan. Siipien välitila pienenee paineaukkoa kohti ja pakottaa ilman pienempään tilaan, jolloin paine nousee. Ylipaineistunut ilma poistuu paineaukosta. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 30)

Tyyppi:	Tuotettu paine (MPa):	Tilavuusvirta (m ³ /min):
Mäntäkompressorit	0,1 – 100	0,005 – 3
Ruuvikompressorit	0,08 – 3	0,25 – 10
Lamellikompressorit	0,02 – 0,8	0,08 – 2
Radiaaliturbokompressorit	0,07 – 30	0,1 – 50
Aksiaaliturbokompressorit	0,08 – 0,5	10 – 100

Kuva 2. Kompressorien toiminta-alueet (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 24)

2.2 Paineilmasäilö

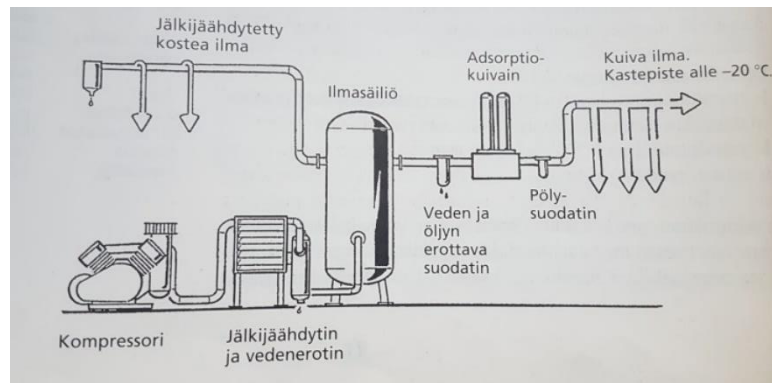
Paineilmasäiliö sijoitetaan kompressorin perään tasoittamaan ilmasykäyksiä ja toimimaan paineilmapavarastona. Lisäsäiliöitä voidaan sijoittaa myös paljon ilmaa kuluttavien laitteiden läheisyyteen vähentämään käytöstä johtuvia paineeroja. Paineen laskiessa säiliössä tietyn raja-arvon alapuolelle kompressorikäynnistyy ja kompensoi tilannetta, kunnes korkeampi paine taas saavutetaan. Tämän myötä säiliön kanssa kompressorin ei myöskään tarvitse käydä jatkuvasti. (Croser & Ebel 2002, 134)

Säiliön pinta-alan ansiosta ilma pääsee jäähtymään ja jäähtymisen lisäksi säiliö toimii samalla lauhteenpoistajana. Ilman jäähtyminen saa aikaan ilmankosteuden tiivistymisen vedeksi säiliön sisällä, minkä vuoksi säiliön pohjassa pitää olla tyhjennyshana. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 35)

Paineilmasäiliön koko määräytyy kompressorikapasiteetin ja ilmantarpeen vaihtelun mukaan. Painesäiliön tilavuuden täytyy olla kuutiometreissään vähintään kuusi kertaa kompressorin tilavuusvirta (m^3/s) 7 baarin ylipaineella, jotta kompressorin ilmasykäykset tasoittuvat. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 31)

2.3 Paineilman jälkikäsittelylaitteet

Paineilman jälkikäsittelyn tarkoitus on puhdistaa ilma toimilaitteille sopivaksi. Järjestelmän luotettavan toiminnan kannalta puhdas ilma on välttämätöntä. Puhdistamaton ilma voi sisältää kompressorilta tullutta öljyä, ilmankosteudesta tiivistynyttä vettä, tai imuilman mukana kulkeutunutta pölyä. Käyttökohteen mukaan ylimääräiset aineet voivat vaikuttaa negatiivisesti tuotantotuloksiin, laatuun ja kustannuksiin. Kompressorin ja paineilmasäiliön väliin voidaan asentaa jäähdytin, kuivain, öljynerotussuodatin ja muut suodattimet. Ennen käyttökohdetta kuuluu ilma puhdistaa vielä kertaalleen vedestä, öljystä ja pölystä. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 33-34)



Kuva 3. Jälkikäsitely (Keinänen & Kärkkäinen 1997, 32)

Ilman sisältämä kosteus aiheuttaa ongelmia paineilmajärjestelmissä. Ilman jäähtyessä vesihöyry kondensoituu lauhdevedeksi. Kompressori, jonka tuotto on $5 \text{ m}^3/\text{min}$ 7,5 baarin paineessa tuottaa keskimäärin noin 20 litraa vettä 8 tunnissa. Tehokkaan jälkijäähdytyksen kanssa 70-80% lauhteesta kerääntyy järjestelmän mekaanisiin osiin. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 34)

Lauhdeveden aiheuttamia vahinkoja voidaan vähentää huomattavasti jäähdytyskuivaimen avulla. Jäähdytyskuivain jäähdyttää ilmaa $+2 \text{ C}$ lämpötilaan ja poistaa siitä lauhdeveden. Tämän jälkeen ilma lämmitetään lämmönvaihtimessa takaisin huoneenlämpötilaan. Tällä tavoin paineilman kastepiste on saatu lähelle $+2 \text{ C}$ lämpötilaa 7 baarin paineessa. Alhaisempia käyttölämpötiloja varten tarvitaan tehokkaampaa ilman kuivaamista absorptiokuivaimella, jolla päästään jopa -80 C kastepisteeseen. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 36)

Suodattimilla ja niiden sisään rakennetuilla vedenerottimilla poistetaan ilman epäpuhtaudet ja putkistoon kerääntynyt vesi. Suodattimien valinta tehdään järjestelmän komponenttien suodatusvaatimusten perusteella. Liian tiheä suodatin aiheuttaa painehäviöitä ja huollon lisääntymistä. Vastaavasti liian harvalla suodattimella suodatusteho ei välttämättä vastaa tarvetta. Mitä korkeampi suodatusaste on, sitä nopeammin suodatin tukkeutuu ja huoltoväli lyhenee. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 42)

2.4 Honkajoki Oy:n paineilmajärjestelmä

Honkajoki Oy:n paineilmajärjestelmään kuuluu kolme ruuvikompressoria. Laitos 200:n lähellä sijaitsevassa kompressorihuoneessa on kaksi Gardner Denverin eri mallista kompressoria ES30-7.5, sekä muuttuvanopeuksinen VS30. Kompressorin ES30 perässä on lisäksi erillinen jäähdytyskuivan GDD 100S, joka pystyy kuivaamaan 10 m³ ilmaa minuutissa. Uudemman VS30 kompressorin sisälle on integroitu oma jäähdytyskuivain. Molempien kompressorien perässä on yksi paineilmasäiliö, joiden tilavuudet ovat 0.2 m³ ja 0.27 m³.

Kolmas kompressori Tamrotor FS18 sijaitsee toisella puolella laitosaluetta laitos 600:n lämmönjakohuoneessa. Kompressorin perässä on jäähdytyskuivain DE 038, josta ilma kulkee suoraan runkoputkeen ilman välisäiliötä. Kaikkien kompressorien yhteenlaskettu moottoriteho on 78,5 kW ja ilmantuotto 11,3 m³/min. Kompressorien ja kuivaimien käyttämä sähköteho on maksimissaan noin 80kW.

Paineilmarunkoputki alkaa kompressorihuoneesta edeten lähes koko laitosalueen läpi. Käytännössä runkoputki jakaantuu kahteen päähaaraan kattilahuoneessa, yksi haara broilerilinjalle ja toinen haara kiertää koko muun laitosalueen. Runkoputkesta haarautuu erillisiä jakelu- ja liitäntäputkia paineilmatoimilaitteille, suuntaventtiileille ja työilmapisteille.

Suurin osa suuntaventtiileistä on kiinnitetty kenttäkoteloiden sisälle riviin paineilmajakotukkeihin. Venttiilien ohjaus on toteutettu ohjelmoitavien logiikoiden avulla. Lähes kaikkien kenttäkoteloiden edellä on suodatinsäädinyksikkö, tai pelkkä vedenerotin parantamassa suuntaventtiilien toimintavarmuutta. Kenttäkoteloiden lisäksi suuntaventtiileitä on myös kentällä toimilaitteiden kyljissä.

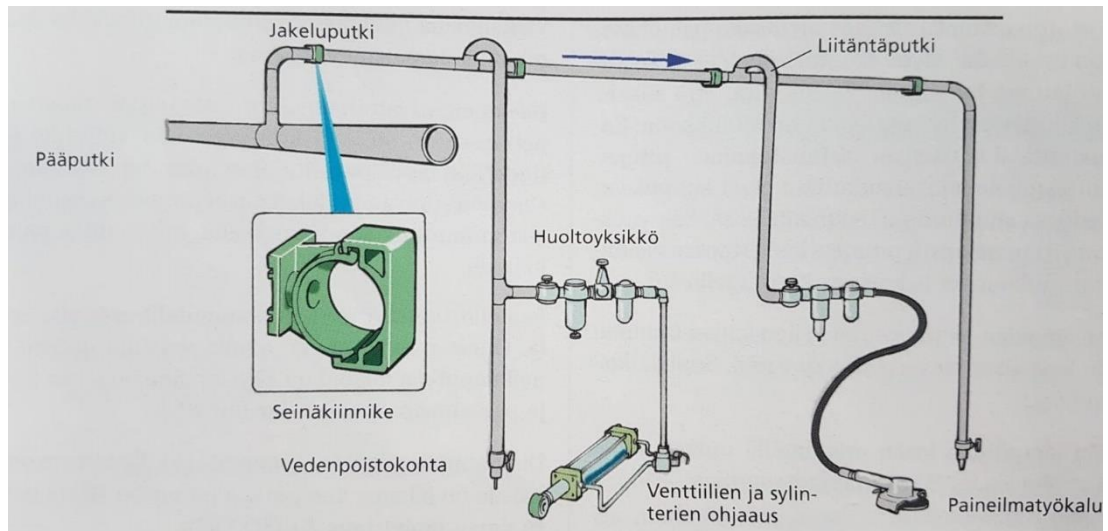
Suuntaventtiilin sijaitessa muualla kuin kenttäkotelon sisällä, on syöttävä paineilmaletku kiinnitetty pistoliittimellä suoraan jakelu-, tai liitäntäputkeen.

3 KARTOITUS PAINEILMAJÄRJESTELMÄSTÄ

Tämän opinnäytetyön tärkein osa on Honkajoki Oy:n tuotantolaitoksen paineilmajärjestelmän kartoitus ja dokumentointi CAD-kuviksi. Kartoitus on tehty laitoksella tutkimalla paineilmaverkostoa ja järjestelmää. Paineilmajärjestelmä hahmoteltiin ensin käsin piirtämällä paperille, josta kuvat oli helppo piirtää CAD-ohjelmalla digitaalisiksi. Suoraan tietokoneelle piirtäminen olisi ollut hankalaa kenttäolosuhteissa.

Helpoin tapa tällaisen kartoituksen tekemiseen oli aloittaa piirtäminen järjestelmän alkupisteestä ja seurata paineilmalinjaa hallitila kerrallaan eteenpäin. Yrityksen toiveena oli, että paineilmajärjestelmä piirretään piirikaaviota vastaavaan muotoon. Kaavioon piirretään paineilmalinja ilman kulkusuunnassa vasemmalta oikealle ja ylhäältä alaspäin. Kuvaan merkitään kaikki venttiilit, paineilmatoimilaitteet ja kenttäkotelot. Suuntaventtiilien jälkeisiä laitteita ei nähty tarpeelliseksi piirtää.

Tässä osiossa käyn läpi, miten paineilmaverkosto kulkee laitoksen eri linjoilla ja mille laitteille se jakaantuu. Kirjallisen selostuksen sijaan huomattavasti tärkeämpi osuus työstä oli CAD-kuvien piirtäminen.



Kuva 4. Paineilmaputkisto (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 89)

3.1 Kompressorihuone ja paja

Honkajoki Oy:n tuotantolaitoksen paineilmajärjestelmä alkaa kompressorihuoneesta. Kompressorihuoneessa on laitoksen kaksi kolmesta kompressorista, niiden kuivaimet ja paineilmasäiliöt. Verkosto on rakenteeltaan laitosalueella etenevä DN50 ja DN80 kokoinen runkoputki, josta haarautuu erikokoisia jakelu- ja liitäntäputkia. Runkoputki kulkee kompressorihuoneesta kattilahuoneeseen.

Kattilahuoneen ja kompressorihuoneen välissä on paja, mihin runkoputkesta haarautuu kolme liitäntäputkea eri puolille huonetta. Pajassa ei ole prosessilaitteita, vaan paineilmaa käytetään pesuainesatelliitin toimintaan ja työkaluilmana.

3.2 Rasvahalli (Laitos 200)

Rasvahalli sijaitsee kompressorihuoneen vieressä vastakkaisessa suunnassa pajaan nähden. Runkoputki ei kulje rasvahallille, vaan paineilma haarautuu kompressorihuoneesta rasvahalliin 12 mm paineilmaletkun kautta. Vanha

paineilman syöttö on tullut DN15 teräsputkea pitkin ja kulkenut veden- ja öljynerottimen läpi. Vanhat paineimaputket ja puhdistuslaitteet ovat vielä paikallaan, mutta suljettuina/poissa käytöstä. Käytöstä poistetut paineimaputket, sekä veden ja öljynerotin on korvattu kuivaimella ja paineilmaletkulla, joka yhdistyy rasvahallin sisällä jakeluputkeen.

Rasvahallin jakeluputki ei haaraudu selkeisiin liitäntäputkiin, vaan yhdestä jakeluputkesta on otettu pistoliittimillä paineilmalähdöt suuntaventtiileille ja toimilaitteille. Hallin sisällä jakeluputkessa on kaksi lähtöä kenttäkoteloille ja kaksitoista lähtöä suuntaventtiileille. Paineilmaa käytetään hallissa myös pesuainesatelliitin toimintaan ja yhdellä kalupisteellä. Vapaana olevia paineilmapistoliittimiä on kuusi kappaletta.

Jakeluputki jatkuu hallista ulos rasvasäiliöiden luokse. Jokaiselle säiliölle on omat lämmitys-, sakka- ja täyttöventtiilit, joita ohjataan suuntaventtiileillä. Säiliöiden takana rasvahallin ulkoseinällä sijaitsevassa paineimaputkessa on yhteensä kaksitoista lähtöä suuntaventtiileille. Kompressorihuoneesta alkanut rasvahallin jakelulinja päättyy säiliöiden taakse.

3.3 Kattilahuone

Kattilahuoneessa on kolme suurta höyrykattilaa. Paineilman runkoputki kulkee kattilahuoneeseen pajan kautta ja kulkee suoraan kattilahuoneen läpi sulattamolle. Noin puolessa välissä kattilahuonetta runkoputki haarautuu suuremmaksi DN80 putkeksi ja kulkee laitoksen katon putkisillalle, jatkuen aina laitos 600:lle asti.

Kattilahuoneen sisällä runkoputkesta haarautuu kaksi jakeluputkea ja yksi liitäntäputki. Paineilman tulosuunnasta ensimmäinen jakeluputki kulkee kattiloiden päälle ja siitä haarautuu jokaiselle kolmelle kattilalle oma liitäntäputki. Liitäntäputkissa on letkulähdöt kattiloiden puhallusventtiileille. Ensimmäisen jakeluputken päässä on suodatinyksikkö, jonka läpi paineilma kulkee päähöyryn reduktioventtiilille.

Toinen jakeluputki kulkee kattilahuoneen keskelle ja siitä haarautuu kolme liitäntäputkea. Kaksi ensimmäistä liitäntäputkea on työkaluilmalle ja kolmas on käyttöveden lämmityksen säätö- ja sulkuventtiileille.

Suoraan runkoputkesta haarautuva liitäntäputki on kahdelle lauhteen palautusventtiilille. Kokonaisuudessaan kattilahuoneessa on kahdeksan paineilma-toimilaitetta ja kuusi vapaata paineilмалиитintä.

3.4 Sulattamo ja lopputuotevarasto (Laitos 200)

Runkoputki jatkuu kattilahuoneelta sulattamolle, jossa siitä haarautuu kaksi pitkää jakeluputkea, sekä viisi erillistä liitäntäputkea. Sulattamon ensimmäinen runkoputkesta haarautuva jakeluputki kulkee lopputuotevarastoon. Sulattamon puolella lopputuotevaraston jakeluputkesta haarautuu neljä liitäntäputkea. Liitäntäputket ovat työilmapisteen letkukelalle, pesuaineyksikölle, kenttäkotelolle 13KK2 ja väliottoluukun paineilmasylinterille. Osassa liitäntäputkista on vapaita pikaliittimiä työilmalle.

Lopputuotevaraston sisällä kiertävästä jakeluputkesta haarautuu neljä liitäntäputkea. Ensimmäinen liitäntäputki on valopellin ja keontasaajan suuntaventtiileille 501-V1 ja 501-V0. Toinen liitäntäputki on työilmapisteen letkukelalle. Kolmas liitäntäputki on pesuaineyksikölle ja letkukelalle. Neljäs liitäntäputki haarautuu ketjukolakuljettimelle, kenttäkotelolle 507-KK1 ja lopputuotevaraston kolmannelle letkukelalle. Näiden lisäksi lopputuotevaraston liitäntäputkissa on vapaana yhteensä viisi paineilмалиитintä.

Toinen sulattamon jakeluputkista kulkee keittimien päälle, missä siitä haarautuu yksi liitäntäputki kenttäkotelolle PLC4-KK6, sekä yhdeksän käsiventtiilillä suljettavissa olevaa paineilмалиитintä. Paineilмалиittimistä vain kaksi on käytössä ja ne sijaitsevan putken loppupäässä. Ensimmäisessä käytössä

olevassa liittimessä on letku, joka haarautuu väliottoluukkujen sylinterien kahdelle käsiohjatulle suuntaventtiilille 402-V1 ja 405-V1.

Toisessa liittimessä on letku, joka kulkee sulattamon seinän läpi raakapään sulkuhuoneeseen. Sulkuhuoneessa on vedenerotin, paineilmasäiliö ja suuntaventtiili 404-V1, jolla ohjataan raudanpoistoluukun sylinteriä.

Sulattamon katossa kulkevasta runkoputkesta haarautuu vielä viisi liitäntäputkea. Ensimmäisen liitäntäputken päässä on letkukela ja käsiventtiilillä avattava rasvapatken puhallus. Toinen ja kolmas liitäntäputki on kenttäkotelolle PLC4-KK2 ja PLC4-KK1. Neljäs liitäntäputki on sulattamon toiselle pesuaineysikölle. Viides liitäntäputki kulkee lämmönvaihtimen läpi lämmönjakuhuoneeseen. Lämmönvaihtimessa on yksi pikaliitin paineilmaletkulle ja lämmönjakuhuoneessa on käytöstä poistettu kenttäkotelokäyttö. Runkoputki kulkee sulattamosta seinän läpi raakapään puolelle.

3.5 Raaka-ainepää (Laitos 200)

Raaka-ainepäässä runkoputkesta haarautuu yksi jakeluputki ja viisi liitäntäputkea, joiden jälkeen runkoputki kulkee verilinjalle. Ensimmäinen liitäntäputki haarautuu heti sulattamon vastaisen seinän luona. Liitäntäputki kulkee raakapään nosto-ovelle päin, missä se haarautuu pneumaattiselle pumpulle, pehmeän raaka-ainesäiliön sulkuventtiilille ja käytöstä poistetulle kenttäkotelolle. Toinen liitäntäputki on sulkuhuoneen edessä olevalle pesuainesatelliitille. Kolmas liitäntäputki on kenttäkotelolle ja kahdelle työilmapistelle.

Toisen ja kolmannen liitäntäputken välistä alkaa jakeluputki kuivainhalliin. Kuivajahallissa jakeluputkesta haaroittuu viisi liitäntäputkea, jonka jälkeen jakeluputki kulkee vielä takaisin raakapään puolelle. Raakapään puolella jakeluputkessa on kaksi pistoliitintä paineilmaletkuille. Ensimmäisen pistoliittimen letku haaroittuu kahdelle suuntaventtiilille, joista toinen on höyrynpuhalluksen venttiili 206-V3. Toisen pistoliittimen letku on lauhdeputken suuntaventtiilille.

Raaka-ainepään neljäs liitäntäputki haarautuu kenttäkotelolle 95-KK5, pneumaattiselle pumpulle ja kenttäkotelolle OP1. Kenttäkotelolle 95-KK5 kulkeva putkihaara mutkittelee kippaussiilon kävelyritilän alapuolella.

Viides liitäntäputki kulkee verilinjan puoleiselle seinälle, missä se haarautuu kahdeksi putkeksi. Yksi putkista kulkee kippaussiilojen alle, mutta on poistettu käytöstä. Toisessa putkessa on työilmapiste ja pikaliitin, mistä on vedetty paineilmaletku seinän läpi verilinjalle pesuainesatelliittiin. Sama putki kulkee kippaussiilon vastaanottopäähän pesuainesatelliitille ja työilmapisteelle. Vastaanottopäästä putki jatkuu pesurikoppiin, missä on yksi suuntaventtiili.

3.6 Kuivurihalli (Laitos 200)

Raaka-ainepäässä alkava jakeluputki kulkee suoraan kuivaajahalliin. Kuivurihallissa jakeluputkesta haaroittuu viisi liitäntäputkea, minkä jälkeen jakeluputki jatkuu takaisin raaka-ainepäähän. Ensimmäinen liitäntäputki haarautuu flotaatiohuoneeseen, sekä kuivaajahallin nosto-ovien luokse pesuaineyksikölle. Flotaatiohuoneessa paineilmaletku jakaantuu pohjasakkaventtiilille ja flotaatioaltaan dispersioilman puhallukseen.

Toinen liitäntäputki kulkee lautaskuivaimen höyrynsäädön suuntaventtiilille 201-V1. Kolmas liitäntäputki kulkee kuivaajan vieressä, josta siitä haarautuu putket höyryventtiilille, työilmapisteelle, sekä kuivurin päällä olevalle pesuaineyksikölle.

Neljäs liitäntäputki on kuivurihallin kolmannelle pesuaineyksikölle. Viidennestä liitäntäputkesta jakaantuu neljä pikaliitintä, joista kolme on käytössä. Pikaliitimiltä lähtevät letkut ovat höyrynpuhalluksen suuntaventtiileille 206-V1 ja 206-V2, sekä vesiventtiilille.

3.7 Verilinja (Laitos 700)

Verilinjalla runkoputkesta haarautuu yksi isompi jakeluputki ja kolme liitäntäputkea. Runkoputki itsessään jakaantuu myös kahteen haaraan siirtyessä verilinjalta porolinjalle.

Verilinjän jakeluputki alkaa heti laitos 200:n raaka-ainepään vastaisen seinän luona, josta se kulkee seinää pitkin vasemmalle ja oikealle. Jakeluputkesta haaroituu viisi liitäntäputkea. Kolme liitäntäputkista on kenttäkotelolle 160-KK3, 160-KK2 ja 160-KK4. Kaksi muuta liitäntäputkea on työilmapisteille. Lisäksi kenttäkotelon 160-KK3 liitäntäputkessa on yksi työilmapiste.

Ensimmäinen suoraan runkoputkesta haarautuva liitäntäputki jakaantuu kenttäkotelolle 160-KK6, pesuainesatelliitille ja työilmapisteelle.

Toinen liitäntäputki kulkee verilinjän säkitysaseman paineilmasylintereille ja kahdelle työilmapisteelle.

Kolmas liitäntäputki haarautuu verilinjän alakertaan letkukelalle ja kahdelle muulle työilmapisteelle. Toinen haara kulkee verilinjän yläkertaan säätöventtiilille 90405-V1 ja jakotukille, jossa on lähdöt säätöventtiilille 6916-V6, pintamittauksille 6312-LT1 ja 6312-LT2 ja syöttökuljettimen 6304 luukun sylinterille. Jakotukissa on kahdeksan liitäntäreikää, joista neljä on käytössä.

3.8 Porolinja (Laitos 400)

Porolinja on jaettuna tässä kartoituksessa ylä- ja alakertaan. Runkoputki jakautuu verilinjalla kahteen haaraan, joista ensimmäinen haara kulkee porolinjan alakerran läpi TSE- linjan alakertaan. Porolinjan puolella tästä runkoputken haarasta ei oteta ilmaa millekään laitteelle. Toinen runkoputken haara kulkee porolinjan yläkertaan, missä siitä haaroituu yksi iso jakeluputki ja kuusi liitäntäputkea.

Porolinjan yläkerrassa runkoputkesta haaroittuu kuusi liitäntäputkea. Ensimmäinen liitäntäputki on kenttäkotelolle 170-KK12. Toinen liitäntäputki on painemittaukselle. Kolmas liitäntäputki kulkee työilmapisteelle, jossa on myös letkukela. Neljäs ja viides liitäntäputki on työilmapisteille. Kuudes liitäntäputki on kenttäkotelolle 191-KK2.

Ensimmäisen ja toisen liitäntäputken välistä lähtee iso jakeluputki porolinjan alakertaan. Yläkerran puolella jakeluputkessa on yksi lähtö pesuaineyksikölle. Alakerrassa jakeluputki jakaantuu kahteen haaraan, joista ensimmäinen haara kulkee porolinjan jauhopäähän. Toinen jakeluputkihaara menee kenttäkotelolle 191-KK3 ja yhdelle työilmapisteelle.

Jauhopäässä jakeluputkesta haaroittuu kaksi liitäntäputkea. Ensimmäinen liitäntäputki on säkitysaseman paineilmasyylintereille ja toinen liitäntäputki kenttäkotelolle 191-KK5, sekä yhdelle työilmapisteelle.

TSE-linjalta kulkee yksi paineilmaliitäntäputki takaisin porolinjan alakertaan. Tämä TSE-linjalta tuleva liitäntäputki haarautuu kenttäkotelolle 191-KK4, vasaramyllyn pussautukselle ja letkukelalle.

3.9 TSE-linja (laitos 300)

TSE-linja on jaettu tässä kartoituksessa ylä- ja alakertaan. Runkoputki kulkee TSE-linjalle kahdesta paikkaa, porolinjan ylä- ja alakerrasta. Porolinjan yläkerrasta tuleva runkoputken haara jakaantuu TSE-linjan yläkerrassa yhdeksi jakeluputkeksi ja neljäksi erilliseksi liitäntäputkeksi.

Ensimmäinen liitäntäputki on kenttäkotelolle 170-KK16 ja yhdelle työilmapisteelle. Toinen liitäntäputki jakaantuu kahdelle kenttäkotelolle 182-KK2 ja 182-KK3. Kolmas liitäntäputki on dekanterilingolle. Neljäs liitäntäputki on pesuaineyksikölle ja työilmapisteelle. Verilinjalta alkanut runkoputken haara loppuu TSE-linjan yläkerrassa.

Yläkerrassa alkava jakeluputki haarautuu yläkerran puolella kahdeksi liitäntäputkeksi, minkä jälkeen se kulkee alakertaan. Ensimmäinen liitäntäputki jakaantuu kenttäkotelolle 181-KK3 ja pesuaineyksikölle. Toinen liitäntäputki jakaantuu redox laitteen säätöventtiilille ja säiliön poistoluukun sylinterille.

Alakerrassa jakeluputkesta haarautuu viisi liitäntäputkea. Ensimmäinen liitäntäputki kulkee kenttäkotelolle 182-KK1. Toinen liitäntäputki jakaantuu pesuaineyksikölle ja letkukelalle. Kolmas liitäntäputki menee TSE:n flotaatiohuoneeseen. Neljäs liitäntäputki työilmalle. Viides liitäntäputki jakaantuu kahdelle työilmapisteelle.

Flotaatiohuoneeseen menevässä liitäntäputkessa on yksi pesuaineyksikkö, työilmapiste, kaksi erillistä suuntaventtiiliä ja kenttäkotelot 95-KK1, 95-KK2, 95-KK3 ja 95-KK4.

Porolinjan alakerrasta tuleva runkoputken haara muuttuu TSE-linjan alakerrassa eräänlaiseksi jakeluputkeksi, josta haarautuu kuusi liitäntäputkea. Liitäntäputket ovat otettu kenttäkoteloilta 181-KK5, 181-KK2, 181-KK4 ja 170-KK14. Näiden lisäksi yksi liitäntäputki jakautuu raaka-ainakuljettimen puhallukseen ja laitos 200:n kippaussiiloille.

3.10 Broilerilinja (Laitos 600)

Broilerilinjalle tuleva runkoputken haara alkaa kattilahuoneesta ja kulkee laitoksen katolla putkisiltaa pitkin broilerilinjalle. Broilerilinjalle tullessa runkoputki kulkee hallin lämmönjakohuonetta vastaisella seinustalla. Seinustalta runkoputkesta lähtee yksi haara broilerilinjan lämmönjakohuoneeseen, sekä toinen haara keskemmälle hallia. Halli itsessään voidaan jakaa A- ja B-puoleen, joiden keskellä on valvomo. Broilerilinjan lämmönjakohuoneessa on lisäksi tuotantolaitoksen kolmas kompressori, jota käytetään ilmantarpeen lisääntyessä.

Broilerilinjalla runkoputkesta haarautuvat jakeluputket kulkevat selkeästi jonkun prosessilaitteen luo sen paineilmatoimilaitteille. Laitoksen muilla linjoilla paineilmaputket ovat hieman sekavammin sijoitettuja, sillä putkistoon on tehty lukuisia muutoksia käyttöönoton jälkeen ja verkosto on muutosten myötä sokeloitunut. Kokonaisuudessaan runkoputkesta haarautuu broilerilinjalla kuusi jakeluputkea ja lukuisia liitäntäputkia.

Ensimmäinen jakeluputki kulkee rumpusiivilän yli sulattimelle ja siitä haarautuu kolme liitäntäputkea. Liitäntäputket ovat kahdelle pesuainesatelliitille ja työilmapisteelle, kenttäkotelolle 204-KK2 ja erotusruuvipuhallusventtiilileille.

Toinen jakeluputki kulkee metallinpoistimen ja raaka-ainesilon luokse, missä se haarautuu neljäksi liitäntäputkeksi. Koko jakeluputkessa on kaksi työilmapistettä, kenttäkotelot 209-KK19 ja 203-KK1, sekä kahdeksan venttiiliä silon puhallukseen.

Kolmas jakeluputki on jauhimen luona ja siinä on kaksi liitäntäputkea pesuaineyksikölle, sekä kenttäkotelolle 204-KK1. Kolmannen jakeluputken vierestä lähtee runkoputken haara broilerilinjan lämmönjakohuoneeseen kompressorille. Kolmannen jakeluputken jälkeen runkoputki haarautuu keskelle hallia valvomon päälle. Seinustalla kulkeva runkoputki jatkuu vielä eteenpäin loppuen kuivaimien taakse.

Neljäs jakeluputki kulkee trikantterin ja kaksoisruuvipuristimen luokse missä siitä haarautuu neljä liitäntäputkea. Jakeluputkessa on kokonaisuudessaan kolme puhallusventtiiliä erotusnestesäiliölle, neljä puhallusventtiiliä trikantterille, kaksi puhallusventtiiliä kaksoisruuvipuristimelle ja kolme kenttäkoteloita 204-KK4, 204-KK3 ja 204-KK5. Kenttäkoteloiden sisällä olevien suuntaventtiilien lisäksi trikantterin kyljessä on kaksi erillään olevaa suuntaventtiiliä.

Viides jakeluputki kulkee vastaanottosiilille, missä siitä haarautuu neljä liitäntäputkea. Putkistoon on kokonaisuudessaan liitetty kaksi pesuainesatelliittia, neljä työilmapistettä, suuntaventtiili 2205-V4 siilon kannen lukitukselle, kenttäkotelo 203-KK2 ja kaksi venttiiliä siilon puhallukseen.

Kuudes jakeluputki kulkee broilerilinjan B-puolelle 2501-kuivaimen luokse ja siitä haarautuu kaksi liitäntäputkea. Liitäntäputket ovat työilmapisteelle ja pesuaineyksikölle, sekä työilmapisteelle ja kenttäkotelolle 206-KK1.

Runkoputki jatkaa valvomon päältä B-puolen läpi broilerilinjan lopputuotteen säkityshalliin. B-puolella runkoputkesta haarautuu neljä liitäntäputkea. Ensimmäisessä liitäntäputkessa on viisi paineilmaliitintä kenttäkotelolle 206-KK2, 201-KK16, 201-KK12 ja muutamalle erilliselle suuntaventtiilille. Toinen liitäntäputki on pesuainesatelliitille ja kenttäkotelolle 207-KK1. Kolmas liitäntäputki kulkee säkityshalliin ja neljännessä liitäntäputkessa on pesuainesatelliitti ja neljä työpistettä.

Säkityshallissa runkoputkesta haarautuu seitsemän liitäntäputkea, jotka ovat otettu kahdelle letkukelalle, jauhonejäädyttimelle, vasaramyllyn pussautukselle, kenttäkotelolle 206-KK3 ja 206-KK4, sekä säkitysaseman sylintereille. Runkoputken haara päättyy säkityshalliin.

4 CAD-PIIRTÄMINEN

Tämän työn tekemiseen käytettiin CADS Electric 18- versiota. CADS-ohjelmistoperhe on Suomalaisen Kymdata Oy:n (nyk. CADMATIC) kehittämä tietokoneavusteiseen suunnitteluun tarkoitettu ohjelmisto. CADS Electric on suunnattu sähkö- ja automaatioalan suunnittelu ja dokumentointikäyttöön. Sähkösuunnitteluun tarkoitetun ohjelman käyttö työn tekemisessä oli hyvä valinta, sillä kuvat piirrettiin piirikaaviomaiseen muotoon.

4.1 Piirikaavio

Piirikaaviossa esitetään kohteen toteutuksen yksityiskohdat esittämällä osana olevat komponentit ja niiden väliset liitännät ottamatta huomioon esimerkiksi komponenttien fyysisiä kokoja ja muotoja. Piirikaavio auttaa kohteen toiminnan ymmärtämistä.

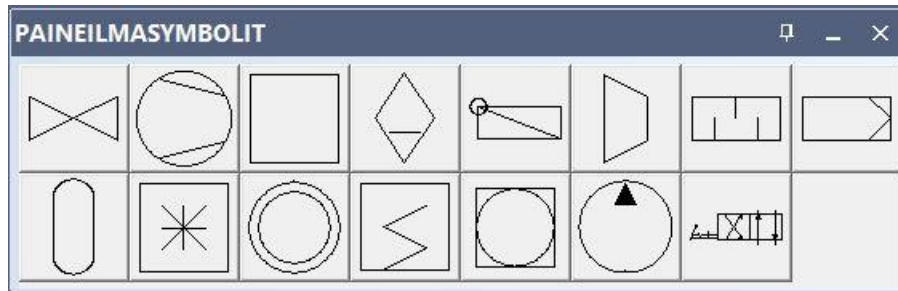
Kaavion on korostettava prosessin, tai signaalin kulkua. Piirrosmerkit asetetaan riviin ja piirien liitännäviivat pidetään suorina. Komponentti voidaan esittää yksittäisellä piirrosmerkillä, tai usean piirrosmerkin yhdistelmällä. Yksittäinen piirrosmerkki voidaan esittää useassa eri paikassa. (Suomen Standardisointiliitto 2015, 55)

4.2 Symbolien luominen

Työssä käytetty ohjelmaversio ei juurikaan sisältänyt paineilmajärjestelmän piirtämiseen tarvittavia symboleita, joten suuri osa symboleista täytyi luoda itse. Symbolit piirretään halutun kokoisena projektin piirustus pohjalle. Piirretyille symboleille annetaan kohdistuspiste, millä määritetään symbolin origo. Kohdistuspisteen määrittämisen jälkeen ohjelma pyytää symbolin tietoja, kuten nimi ja halutut attribuutit. Tarvittavien tietojen antamisen jälkeen symboli tallennetaan ja se on valmis käytettäväksi.

Työssä käytettyjen symbolien luomiseen käytettiin Honkajoki Oy:n paineilmajärjestelmän vanhoissa kuvissa olevia piirrosmerkkejä. Piirrosmerkit ovat

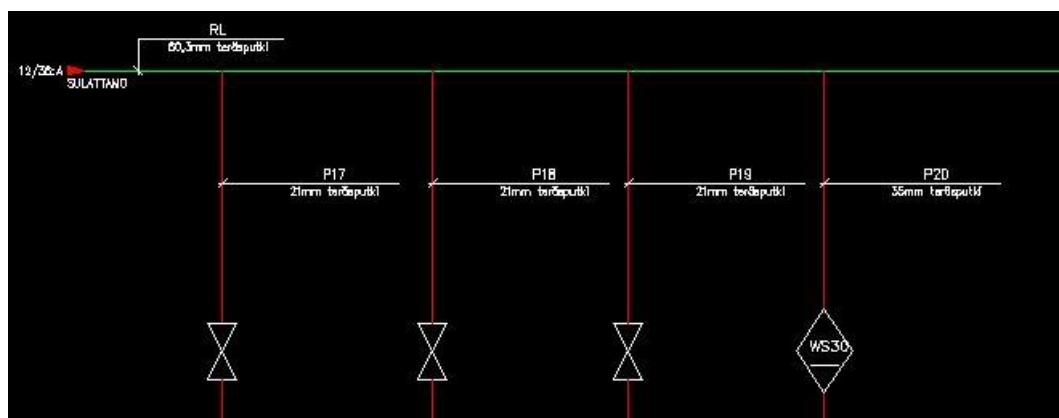
osittain standardin SFS 4286 mukaisia. Niille komponenteille, joille ei löytynyt piirrosmerkkiä, kuten letkukela ja pesuainesatelliitti, kehitin itse omat symbolit. Vanhoissa paineilmajärjestelmän kuvissa nämä komponentit olivat kirjoitettuna kaavioon ilman symbolia.



Kuva 5. Paineilmasymbolit. (CADS Electric 18, 2018)

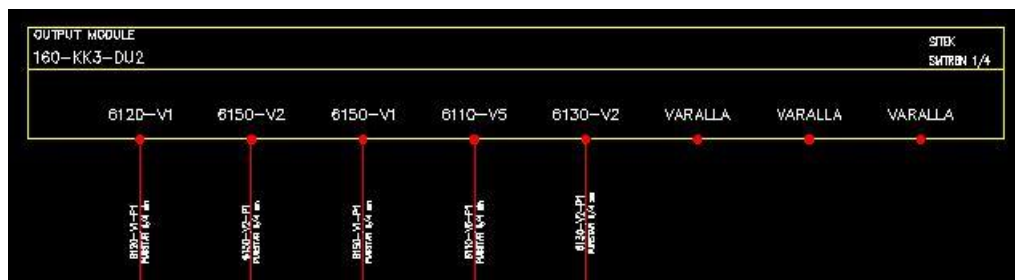
4.3 Piirtäminen

CAD-kuvat piirrettiin piirustusohjalle piirikaaviotyyliä. Paineilmalinja kulkee kuvan yläosassa ilman kulkusuunnassa vasemmalta oikealle ja ylhäältä alaspäin. Alaspäin kulkevat haarat esittävät jako-, tai liitântäputkia. Paineilmalinja piirretään kuvaan samalla tyylillä, kuin sähkön, tai signaalin kulkua esittävä liitântäviiva piirretäisiin. Venttiilit ja paineilmatoimilaitteet on sijoitettu kuviin sähkökuvien komponenttien tavoin riviin ja liitântäviivat pidetty suorina. Kuviin on merkattu myös paineilmaputkien ja letkujen tyypit, sekä paineilmalaitteiden positiot.



Kuva 6. Esimerkki sijoittelusta. (CADS Electric 18, 2018)

Laitosalueella kenttäkoteloiden sisällä suuntaventtiilit ovat yhdistetty paineilmajakotukkeihin. Jakotukkien piirtämisen selkeyttämiseksi päätin piirtää ne ohjelmoitavan logiikan I/O-kortteja vastaavaan muotoon. Lähdöt nimettiin suuntaventtiilien positiolla ja kuvaan lisättiin toimilaitteelle menevät letkut. Paineilmalaitteille, putkille ja letkuille täytyi luoda omat tiedot projektitietokantaan, sillä missään verkkotietokannassa tarvittavia tyyppejä ei ollut. Kuvien positioiduille laitteille ja paineilmaputkille merkittiin tämän jälkeen oikeat tyypit.



Kuva 7. Esimerkki kenttäkotelosta. (CADS Electric 18, 2018)

5 VUOTOARVIO

Paineilmajärjestelmän dokumentoinnin ohella yksi opinnäytetyön tavoitteista oli arvioida vuotuiset kustannukset paineilmaverkoston vuodoista. Kentällä kulkiessani paineilmajärjestelmän vuotokohtia löytyi kymmeniä pelkästään kuulon avulla. Verkoston läpikäyminen vuotojen paikantamiseen tarkoitetulla ultraäänivuotoilmaisimella paljastaisi varmasti kymmeniä uusia vuotoja.

Suurin osa löydettyistä vuodoista oli kuitenkin hyvin pieniä, joko putkien liitoksista, tai pistoliittimien ja letkujen kiinnityksistä aiheutuvia vuotoja. Tarkastelussa havaittiin vain yksi suurempi vuoto, jonka aiheutti katkennut 12 mm paineilmaletku. Yksittäisestä liitoksesta vuotavan ilmamäärän tarkka arvioiminen on hyvin hankalaa, mutta on selvää, että virtaama on kuitenkin hyvin pieni. Vuotojen lukumäärän kasvaessa kymmeniin tulee kokonaisvirtaamasta kuitenkin jo huomattava.

Tutkiessani eri lähteistä miten vuotoarvio kannattaa toteuttaa, pidin parhaimpana vaihtoehtona alasvuototestiä. Vuototestissä ensimmäiseksi arvioidaan koko järjestelmän tilavuus. Tilavuuden ollessa tiedossa voidaan sammuttaa kompressorit ja mitata kuinka kauan paineella kestää tippua esimerkiksi puoleen lähtöpaineesta. Tilavuuden ja paine-eron jakamalla ajan ja ilmapaineen suhteen saataisiin laskettua vuotomäärä.

$$L.R. = \frac{V \cdot dP_{Leak}}{t \cdot P_{atm}}$$

Kuva 8. Kaava vuotomäärän laskemiseen. (Cincinnati test systems, 2)

Vuototestin jälkeen aikaisemmin löydetty vuodot korjattaisiin ja testi toteutettaisiin uudelleen. Näin saataisiin selvitettyä esimerkiksi kuinka paljon keskimäärin yksi vuotokohta virtaa ja kuinka paljon vuotojen korjaus säästäisi taloudellisesti vuodessa. Vuotokohtien arvioiminen yksitellen ei ole järkevää, sillä kaikki vuotokohdat ovat eri kokoisia ja arvioimalla reikien koot ylisuuriksi kasvaa laskettu kokonaisvuotomäärä liian suureksi todellisuudesta.

Vuotojen syntymistä voisi ehkäistä sulkemalla kartoituksessa löytyneitä vanhoja käytöstä poistuneita putkihaaroja. Korjattujen vuotojen jälkeen taloudellista säästöä saisi myös laskemalla paineilmajärjestelmän painetta.

Testin toteuttamisen esteenä oli, että kompressoreita ei voinut sammuttaa missään vaiheessa opinnäytetyön suorittamista. Testi tullaan toteuttamaan, kun koko laitos on seisokissa.

6 LOPPUYHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli luoda Honkajoki Oy:n tuotantolaitoksen paineilma-järjestelmästä uudet CAD- kuvat Paineilmajärjestelmän kuvat haluttiin piirret-tävän piirikaaviomaiseen muotoon. Työssä oli tarkoitus myös tutkia paineilma-verkoston vuotoja, sekä selvittää millaisia kustannuksia vuodot voivat aiheut-taa vuotuisesti.

Ennen CAD- kuvien luomista täytyi kartoittaa laitoksen koko paineilmajärjes-telmä. Käytännössä kartoittaminen tapahtui hahmottelemalla paineilmajärjes-telmä paperille hallitila kerrallaan, sekä selvittämällä laitteiden ja komponent-tien mallityypit. Paperille hahmoteltujen kuvien avulla CAD-kuvien luominen tietokoneella oli helppoa. Kartoituksen suorittaminen ja kuvien luominen on-nistui ongelmitta ja aikataulussa koko laitosalueen osalta.

Paineilmajärjestelmää piirrettäessä kuvista pyrittiin saada selkeitä ja helppolu-kuisia. Kuvat piirrettiin halliossa kerrallaan, jolloin komponentit saatiin sijoitettua kuviin selkeästi. Ristiviittauksia käyttämällä putkien seuraaminen sivulta sivulle on helppoa. Komponenteille ja laitteille merkittiin yksikkötunnukset, sekä lait-teiden mallitiedot merkittiin kuvien laitetietoihin. Mielestäni piirikaaviotyylinen lähestyminen oli hyvä ja onnistunut vaihtoehto yleisesti käytetyn suurempi mit-takaavaisen PI-kaavion sijaan.

Työhön alun perin kuulunut paineilma-verkoston vuotojen analysointi jäi toteut-tamatta. Vuotojen paikallistaminen toteutui suurimmalta osin, mutta vuotojen virtaaman tutkimista ei ollut mahdollista toteuttaa työhön varatussa ajassa. Lai-tos ei ollut missään vaiheessa työtä seisokissa, joten kaikkia kompressoreja ei voitu sammuttaa. Vuotojen tarkempi tutkiminen olisi vaatinut kompressorien sammuttamisen. Vuotoanalyysi tullaan toteuttamaan, kun siihen avautuu mah-dollisuus. Työ kokonaisuudessaan oli mielekäs ja opettavainen. Tärkeimpänä itselle oli kehittyminen CAD-ohjelman käytössä, sekä erilaisten automaatio-ratkaisujen näkeminen. Opinnäytetyön ohessa opin myös paljon laitoksen auto-maatiojärjestelmästä.

LÄHTEET

Croser, Peter; Ebel, Frank. Fundamentals of pneumatics. Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co 2002.

Keinänen, Toimi; Kärkkäinen, Pentti. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. Helsinki: WSOY 2005.

Keinänen, Toimi; Kärkkäinen, Pentti. Koneautomaatio: 1, Hydraulikka ja pneumatiikka. Helsinki: WSOY 1997.

SFS-Käsikirja 619: Tekninen dokumentointi: sähköpiirustukset, käyttöohjeet ja osaluettelot. 2015. Suomen Standardisoimisliito SFS. Helsinki: SFS.

Derivation of Pressure loss to Leak Rate Formula from the Ideal Gas Law. 2004. <https://www.cincinnati-test.com/documents/PDFs/AB143.pdf>

Vastuullisuusraportti 2019. Honkajoki Oy 2020. https://www.honkajokioy.fi/wp-content/uploads/2020/06/Honkajoki_vastuullisuusraportti2019_FIN-web.pdf