

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

XCV-venttiilien kunnossapito

Mikko Junnonaho

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Konetekniikan suuntautumisvaihtoehto

Insinööri(AMK)

KEMI 2011

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Konetekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Mikko Junnonaho
Opinnäytetyön nimi	Xcv-venttiilien kunnossapito
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	26.11.2011
Sivumäärä	46 + 6 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	TkL Lauri Kantola
Yritys	Neste Oil Oy Ab
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Neste Oil Kemin terminaalin varastopäällikkö Jukka Tuunainen

Opinnäytetyö on tehty Neste Oilin Kemin terminaalille. Terminaalissa varastoidaan poltto-nesteitä suuren kokoluokan varastosäiliöihin. Työn tarkoitus on ollut laatia kunnossapito-ohje uusituille XCV-venttiileille, sekä kartoittaa niiden tarvitsemat varaosat. XCV-venttiilit ovat paineilmaohjattuja sulkuventtiileitä, jotka sijaitsevat varastosäiliöiden tuotelinjoissa.

Vanhoihin XCV-venttiileihin on jouduttu kohdistamaan huomattavasti kunnossapitotoimia eikä niiden toimintaperiaate ole enää vastannut tämän päivän turvallisuusvaatimuksia. Uu-simalla ne on pystytty vähentämään kunnossapitokustannuksia ja parantamaan terminaalin turvallisuutta.

Opinnäytetyö on rajattu koskemaan XCV-venttiileitä sekä paineilmajärjestelmää. Paineil-majärjestelmän tehtävänä on tuottaa tarvittava käyttövoima XCV-venttiileille. Työssä on käsitelty tarkasti kaikkien niiden laitteiden toimintaa, jotka liittyvät rajattuun alueeseen. Laitteita on tutkittu kenttätöinä Kemin terminaalilla sekä käyttö- ja huolto-ohjeita luke-malla. Tietyille laitteille on tehty vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi. Tutkimusten ja vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysin perusteella on määritelty kunnossapito-ohje ja tar-vittavat varaosat.

Työn tuloksena on saatu aikaan kunnossapito-ohje ja tarvittavien varaosien luettelo. Teh-tyjen analyysien perusteella on voitu todeta XCV-venttiilin olevan hyvin kriittinen laite. Sen vaikutus ympäristön ja terminaalin toiminnan kannalta on merkittävä. Tämän vuoksi on siihen kohdistettavan kunnossapitostrategian oltava kuntoon perustuvaa kunnossapitoa.

Asiasanat: kunnossapito, turvallisuus, pneumatiikka, venttiilit

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Mechanical Engineering
Name	Mikko Junnonaho
Title	Maintenance of XCV Valves
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	26 November 2011
Pages	46 + 6 appendices
Instructor	Lauri Kantola, LicSc
Company	Neste Oil Oy Ab
Contact Person/Supervisor from Company	Jukka Tuunainen, Terminal Manager of Neste Oil

The thesis was commissioned by the Neste Oil Kemi Terminal. Liquid fuels are stored in the terminal in large storage bunkers. The purpose of the thesis was to draw up a maintenance program for the new XCV valves and determine what kind of spare parts are needed. The XCV valves are shut-off valves and they operate with compressed air which is located in product lines of the storage tanks.

The old XCV valves have needed a lot of maintenance work at Kemi Terminal. The old valves do not meet today's safety standards. By replacing the old valves with new ones can improve the safety at the terminal and this also reduces maintenance costs of the valves.

The thesis is limited to the XCV valves and pneumatic systems. The purpose of the compressed air system is to produce the required propulsion to the XCV valves. The thesis deals with equipment operations which are related to the limited area. The devices were examined by fieldwork and reading the instructions. Fault mode, effects and criticality analysis was made on some devices. The maintenance and instructions and the necessary spare parts were defined on the basis of the studies and the fault modes, effects and criticality analysis.

As a result the maintenance instructions and list of the necessary spare parts were achieved. On the basis of analysis the XCV valves can be seen to be critical devices. The effect on the environment and the operation of the terminal is major. Therefore, the maintenance strategy is condition-based maintenance.

Keywords: maintenance, safety, pneumatics, valves.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	I
ABSTRACT	II
SISÄLLYSLUETTELO	I
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	II
1. JOHDANTO	1
2. TERMINAALIN TOIMINTA	3
2.1. Varastoitavat tuotteet	3
2.2. Kuorman lastaus	5
2.3. Venttiilit	7
3. KUNNOSSAPITO KÄSITTEENÄ	8
3.1. Kunnossapidon tulevaisuus	8
3.2. Ehkäisevä kunnossapito	9
3.3. Kuntoon perustuva kunnossapito	10
3.4. Riskien arviointi	10
4. TURVALLISUUS	13
4.1. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto	13
4.2. Atex-direktiivi	14
5. XCV-VENTTIILI	17
5.1. Käyttölaite	17
5.2. Palloventtiili	20
5.3. Muut komponentit	21
6. PAINEILMAJÄRJESTELMÄ	24
6.1. Paineilma	24
6.2. Kompressori	27
6.3. Paineilmasäiliö	29
6.4. Vedenerotin	30
6.5. Öljynsuodatin	31
6.6. Absorptiokuivain	32
6.7. Paineilmaputkisto	33
7. VARAOSAT	37
7.1. Suositeltavat varaosat	37
8. KUNNOSSAPITO-OHJE	38
8.1. Yleistä	38
8.2. Huolto-ohjeet	39
9. YHTEENVETO	41
10. LÄHDELUETTELO	43
11. LIITELUETTELO	46

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ATEX	Atmosphère explosibles (laite- ja työolosuhdedirektiivien lyhenne)
DN	Diamètre nominal (nimellis-suuruus)
ETBE	Etyylitertiääributyylieetteri (bensiininkomponentti)
Exd	Räjähdyspaineen kestävä rakenne
Exi	Luonnostaan vaaraton rakenne
FAD	Free air delivery (vapaa ilmantuotto)
ISO	International organization for standardization (kansainvälinen standardointijärjestö)
MON	Motor octane number (bensiinin puristuskestävyys raskaalla kuormituksella.)
PN	Paineluokka
RON	Research octane number (bensiinin puristuskestävyys kevyellä kuormituksella)
VVKA	vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi
XCV	X control valve (automaattisesti toimiva venttiili)

1. JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Neste Oilin Kemin terminaalille. Terminaalin toimintaan kuuluu polttonesteiden vastaanotto, varastointi ja jakelu. Varastoitavat polttonesteet tuodaan terminaalille meriteitse ja tuotteet varastoidaan maanpäällisiin säiliöihin. Jakelu tapahtuu säiliöautoilla, joilla polttonesteet kuljetetaan asiakkaille.

Työskennellessäni operaattorina Neste Oilin Kemin terminaalilla tuli XCV-venttiilien uusiminen ajankohtaiseksi. Käytössä olevien venttiilien toiminta alkoi olla epävarmaa ja niihin jouduttiin kohdistamaan kunnossapitotöitä hyvin usein. Vanhat venttiilit eivät täyttäneet nykypäivän turvallisuusvaatimuksia. Vanhat XCV-venttiilit ja erityisesti niiden käyttölaiteet olivat tulleet tutuiksi niihin kohdistuneiden kunnostustöiden yhteydessä. Kiinnostuin tulevasta venttiilivaihdosta ja aloin miettimään saisiko uusista XCV-venttiileistä opinnäytetyöhön aihetta.

Tämä opinnäytetyö käsittelee Neste Oilin Kemin terminaalille asennettuja uusia XCV-venttiileitä sekä niihin liittyvää paineilmajärjestelmää. XCV-venttiilit sekä paineilmajärjestelmä on otettu jo käyttöön, mikä mahdollisti käytönajan tarkastelun. Työhön liittyvät kunnossapito- ja turvallisuusasiat ovat minulle erityisen kiinnostavia aiheita.

Opinnäytetyössä on tavoitteena tarkastella XCV-venttiilien ja paineilmajärjestelmän kaikki komponentit, sekä ymmärtää niiden toiminta. Ymmärtämällä järjestelmän toimintaperiaatteen ja vaikutuksen terminaalin toimintaan voidaan tehdä arviointia millaista kunnossapitostrategiaa järjestelmään tulee kohdistaa. Strategian valinnan kriteerinä tullaan käyttämään vika- ja vaikutusanalyysia, jonka laatiminen on yksi työn tavoitteista.

Tavoitteena on määritellä tarvittavat varaosat uusille laitteille. Valituista varaosista tehdään selkeä listaus, josta selviää tarvittavat tiedot osien tilaukseen. Laitteille laaditaan kunnossapito-ohje. Ohjeesta selviää tehtävät joita tulee suorittaa laitteille. Kunnossapito-ohjeen laatimiseen sekä varaosien valintaan käytetään valmistajien käyttö- ja huolto-ohjeita. Työ rajataan koskemaan XCV-venttiiliä ja paineilmajärjestelmää.

Opinnäytetyön keskeisiksi käsitteiksi muodostuivat turvallisuus, kunnossapito ja pneumaattikka.

2. TERMINAALIN TOIMINTA

Neste Oilin Kemin terminaali on öljyvarasto. Alueella sijaitsee 17 kpl suuren kokoluokan varastosäiliöitä, joiden tilavuudet vaihtelevat 4000m³ ja 25000m³ välillä. Tällä hetkellä 11:ssä säiliössä on varastoituna palavia nesteitä. Palavat nesteet luokitellaan muun muassa niiden leimahduspisteen mukaan. Erittäin helposti syttyvien leimahduspiste on enintään 0 °C ja helposti syttyvien leimahduspiste on alle 21 °C. Neste määritellään syttyväksi, kun leimahduspiste on enintään 55 °C. Terminaali-alueella on myös pienempiä säiliöitä, jotka ovat tilavuudeltaan 1m³..50m³. Näihin säiliöihin on varastoitua eri polttonesteiden lisäaineita. Lisäaineet ovat öljy-yhtiöiden kehittämiä tuotteita, joilla on parantavia vaikutuksia perustuotteeseen. /32/

2.1. Varastoitavat tuotteet

Kemin terminaalin varastoidut polttonesteet ovat:

- Neste-bensiini
- Neste-diesel
- Neste-raskaspolttoöljy
- Neste-lentopetroli.

Näistä tuotteista Kemin terminaalilla varastoiduista bensiinistä ja dieselistä on eri johdannaisia. Dieselinä on varastoituna neljää laatua. Laatujen erot määräytyvät dieselin samepisteen ja suodatettavuuden mukaan. Samepiste on lämpötila, jossa öljytuotteessa olevat parafiinipitoiset hiilivedyt alkavat kiteytymään. Lämpötilan laskiessa alle samepisteen alkaa öljyn ulkonäkö muuttua sameaksi. Tuotteelle määritetty samepiste vaikuttaa lämpötilaan, jossa öljyä voidaan pitää varastoituna. Lämpötilan kohotessa yli samepisteen alkavat kiteytyneet partikkelit liueta, jolloin ulkonäkö muuttuu kirkkaaksi. /14/

Suodatettavuus tarkoittaa öljyn alhaisinta käyttölämpötilaa. Samepiste ja suodatettavuus ilmoitetaan dieselin tuotenimessä. Ensimmäinen luku on samepiste ja toinen suodatetta-

vuus. Varastoitavista diesel-laaduista kesälaadun samepiste ja suodatettavuus vaihtelevat vuodenajan mukaan. Kesällä samepiste on $-0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja keväisin ja syksyisin $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. /14/

Kemin terminaalilla olevat diesel-laadut ovat:

- Neste-diesel -0/-10
- Neste-diesel -5/-15
- Neste-diesel -15/-25
- Neste-diesel -29/-34
- Neste-diesel -40/-44.

Neste-bensiiniä on kahta peruslaatua. Näiden eroavaisuudet tulevat oktaanipitoisuudesta ja bensiinin sisältämän etanolin määrästä. Oktaaniluku ilmaisee kaasuuntuneen polttonesteseoksen kykyä kestää puristusta ilman syttymistä polttomoottorissa eli puristuskestävyyttä. Oktaaniluku voidaan ilmoittaa kahdella eri tavalla: RON-tai MON-lukuna. RON-luku mitataan testimoottorissa, jota testataan kevyellä kuormituksella. MON-luku saadaan selville ajettaessa testimoottoria raskaalla kuormituksella. RON-luku on tutkimusoktaaniluku, jonka mukaan kaupallinen oktaaniluku määräytyy. Nykyisin valtaosa Suomessa kaupallisesti myytävistä bensiineistä ovat 98- ja 95-oktaanisia laatuja.

/7/,/30/

Etanolin määrä bensiinissä ilmoitetaan E-lukuna. Lisätty biokomponentti voi olla etanolia tai ETBE:tä. ETBE on bioetanoliin pohjautuva komponentti, jolla parannetaan bensiinin palamista ja pyritään laskemaan pakokaasupäästöjä. 98-oktaaninen bensiini sisältää korkeintaan 5 % etanolia ja 95-oktaaninen enintään 10 %. Markkinoitavien bensiinien tuotemerkinnät ovat 95 E10 ja 98 E5. /7/

Suomen ilmasto-olosuhteet vaativat myös bensiinin jalostamista eri tavoin. Talvella bensiinin täytyy olla herkemmin höyrystyvää. Höyrystymistä täytyy tapahtua, jotta bensiini pystyy syttymään. Höyrystymistä kontrolloidaan keveiden hiilivetyjakeiden määrällä. Talvella hiilijakeiden määrää nostetaan, jotta bensiini höyrystyisi paremmin. Käytettäessä talvella liian niukkaa hiilijaemäärää voi höyrystyminen olla vähäistä. Tämä saattaa muodostaa polttonestesäiliöön syttyvän kaasuseoksen sekä käynnistysongelmia. Kesällä liian

voimakkaasti höyrystyvä bensiini voi aiheuttaa moottorille käynnistys- ja käyntiongelmia. Höyrystyminen tapahtuu liian aikaisin, jolloin voi muodostua höyrylukko, joka pahimmillaan aiheuttaa moottorin sammumisen. Varastoituna Kemin terminaalilla ovat 95 E10 bensiinin kesä- ja talvilaatu, sekä kausittain vaihtuva 98 E5 bensiini. /7/

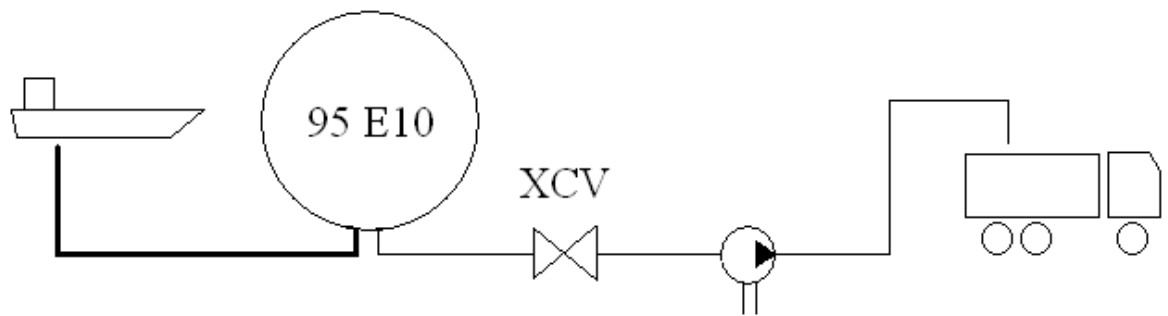
Neste-raskaspolttoöljy HK2000 on lämmityspolttoaineeksi tarkoitettu korkean viskositeetin omaava öljytuote. Luku 2000 tarkoittaa öljyn kinemaattista viskositeettiä, jonka yksikkö on mm^2/s . Tyypillinen viskositeetti 50 °C:ssa HK2000:lle on $1400 \text{ mm}^2/\text{s}$, kun se 40 °C:ssa diesel -5/-15:lle on $3,5 \text{ mm}^2/\text{s}$. Varastointilämpötila raskaalle polttoöljylle pyritään pitämään 80 °C:ssa. Tällöin öljyn viskositeetti on $190 \text{ mm}^2/\text{s}$. /16/

Neste-lentopetroli on tarkoitettu suihku- ja potkuriturbiinimoottoreihin. Lentopetrolin varastointi on laaduntarkkailullisesti vaativin tuote Kemin terminaalilla. Laadunvalvontaan kuuluu päivittäisinä toimenpiteinä varastosäiliön sekä lastaus-sillassa sijaitsevan suodattimen vesitys. Suodattimelta otettavasta näytteestä tutkitaan päivittäin tuotteen ominaispaino ja vesipitoisuus.

2.2. Kuorman lastaus

Neste Oilin Kemin terminaalin kautta kulkee suurin osa Pohjois-Suomeen ja Pohjois-Pohjanmaalle toimitettavista polttonesteistä. Terminaalilta lähtevät tuotteet lastataan pääsääntöisesti säiliöautoihin. Kuorman lastaukset ovat täysin automatisoituja. Automatisoinnista johtuen lastaukset tapahtuvat suurelta osin virka-ajan ulkopuolella. Tämän vuoksi laitteiden tulee toimia luotettavasti.

Terminaalilla sijaitsevat putkilinjastot rakentuvat karkeasti seuraavasti: Öljysatamasta lähtee tuoteputki säiliölle, säiliöstä menee tuoteputki tuotepumpulle. Tuotepumppu siirtää öljyn säiliöautoon. Putkiston periaate näkyy kuvassa 1.



Kuva 1. Havainnekuva putkistosta

Kuljettajan saapuessa terminaalille hän hakee tietokannasta kuormansuunnittelun tekemät kuormakirjat. Kuormalla on tietty kuormanumero, jonka mukaan terminaalin järjestelmään kirjaututaan. Järjestelmä antaa luvan aloittaa kuorman lastauksen. Kuljettajan aloitettua lastauksen avautuvat XCV-venttiilit tuotelinjassa. Venttiilien avauduttua käynnistyvät tuotepumput, jotka pumppaavat halutun tuotteen säiliöautoon. Kuvassa 2 on säiliöajoneuvoyhdistelmät lastaamassa kuormaa Kemin terminaalilla.



Kuva 2. Neste Oilin Kemin terminaalin lastaussillat 1 ja 2

2.3. Venttiilit

Opinnäytetyössä käsiteltävät XCV-venttiilit ja niiden käyttövoiman tuottava paineilma-järjestelmä ovat keskeinen osa terminaalin toimintaa. XCV-venttiilien tehtävänä on sulkea ja avata varastosäiliöiltä tuotepumpuille meneviä tuotelinjoja. Ne sijaitsevat aivan varastosäiliön juurella, jolloin niiden automaattinen sulkeutuminen on tärkeää terminaalin turvallisuuden kannalta. XCV-venttiilien on tarkoitus sulkea aina tuotelinjat, kun lastaustapahtumia ei ole. Näin tuotteiden pysyvyys varastosäiliöissä varmistetaan.

Vanhat XCV-venttiilit olivat luistiventtiileitä, joihin oli asennettu käyttölaitteeksi sähkömoottorit. Niiden suurin ongelma alkoi olla varaosien saatavuus sekä epävarma toiminta. Muutamien venttiilien toiminta oli täytynyt muuttua käsikäyttöiseksi. Tämä tietysti vaikutti terminaalin turvallisuuteen, koska vaaratilanteen sattuessa varastosäiliöiden tuotelinjoilla oli mahdollisuus jäädä avoimiksi. Tällöin esimerkiksi sähkökatkon aikana venttiilit jäivät siihen asemaan, jossa ne olivat katkoksen alkaessa.

Uusimalla XCV-venttiilit ja muuttamalla ne paineilmatoimiseksi terminaalin turvallisuus paranee huomattavasti. Uusien XCV-venttiilien toimintaa ohjataan paineilmalla ja sähkötoimisella magneettiventtiilillä. Ilman paineilmaa tai magneettiventtiiliä ohjaavaa sähköä ne sulkeutuvat automaattisesti. Tällöin tuotelinjat sulkeutuvat vaaratilanteen tapahtuessa.

XCV-venttiilit sijaitsevat räjähdysvaarallisessa ympäristössä. Turvallisuustekijöihin olen tarkemmin perehtynyt myöhemmin opinnäytetyössäni.

3. KUNNOSSAPITO KÄSITTEENÄ

Kunnossapito on nykykäsityksen mukaan ymmärretty osaksi tuotantoa. Sitä ei enää mielletä pelkästään tuotantolaitoksen kustannuseräksi. Kunnossapidon selkein ja karkeasti ajateltuna ainoana tehtävänä on pitää tuotanto käynnissä ja laitteet jatkuvasti toiminta- sekä käyttökunnossa. /13/

Kaikessa tuotannossa tapahtuu erilaisia prosesseja. Ajan myötä prosessit muuttuvat johtuen mm. laitteiden kulumisesta. Laitteiden kuluessa niiltä vaadittu käyttötarkoitus muuttuu. Kuluminen voi olla hyvinkin hidasta tai todella nopeaa. Kunnossapidon tunnettu tienviitoittaja John Moubray määrittelee kunnossapidon seuraavasti: ”kunnossapidolla varmistetaan, että laitteet jatkavat sen tekemistä, mitä käyttäjät haluavat niiden tekevän”. /9/,/13/

Moubrayn mukaan käyttäjän tulee tietää, mitä laitteen pitää tehdä. Prosessissa olevien laitteiden kunnolle annetaan selkeä taso. Tämä annettu taso luokittelee, minkälaista kunnossapitostrategiaa tulee kohdistaa laitteeseen. /9/

3.1. Kunnossapidon tulevaisuus

Tulevaisuudessa kunnossapito ei käsitä enää pelkästään mekaanisia laitteita. Laitteita ohjaavien ohjelmien kunnossapidon tärkeys kasvaa. Nykyisin voidaan tuoda reaaliaikaista datavirtaa suoraan valvomon monitoriin. Tämä mahdollistaa, että kunnossapito-ohjelma voi tehdä pitkäaikaista ja jatkuvaa analyysia laitteen tai koneen osan tilasta. Kehittyvillä älykkäillä sensoreilla voidaan mitata kohteita, joihin ei ole aikaisemmin pystytty kohdentamaan mittausta. Tämä tulee viemään perinteistä kunnossapitoa enemmän kunnonvalvontaan perustuvaksi kunnossapidoksi. Käynninvalvonnassa voidaan nähdä alkava vikaantuminen hyvissä ajoin ja alkaa tehdä korjaavia toimenpiteitä ennen laitteen rikkoutumista. /9/

3.2. Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon strategia on määritelty standardissa SFS-EN 13306. Ehkäisevää kunnossapitoa suoritetaan valituille kohteille tietyin väliajoin ja määrättyjen kriteerien täyttyessä. Tavoitteena on vähentää laitevikojen syntymistä ja laitteiden toiminnan muuttumista. /23/

Ehkäisevä kunnossapito on suunniteltua ja hyvin aikataulutettua. Aikataulut voivat olla hyvinkin tarkkoja, jos laitevioista on aikaisempaa kokemusta. Tarkastukset ja toimintaolosuhteiden tarkkaileminen ovatkin keskeisimmät toimet ehkäisevässä kunnossapidossa. Tähän kunnossapidon lajiin voidaan luoda hyvin yksinkertaisia kunnossapito-ohjelmia. Tällä hetkellä Neste Oilin Kemin terminaalilla on käytössä Polartest Oy:n (nykyisen Dekran Industrial Oy) kehittämä Windows Excel-ohjelmaan pohjautuva järjestelmä Kunto+. Ohjelmaan on syötetty tietyt laitteet ja enakkohuolto-ohjelmat. /9/

Excel-ohjelmaan syötetään suoritettut enakkohuoltotyöt, jonka jälkeen ohjelma laskee automaattisesti seuraavan enakkohuollon ajankohdan. Ohjelman käyttö vaatii ohjelman tuntemusta. Kunto+- ohjelman käyttö on koettu Kemin terminaalilla hankalaksi. Ohjelma itsessään vaatii vain päivämäärän ja se siirtyy automaattisesti seuraavaan päivään. Laitteessa havaitut viat tai tulevat korjaustarpeet kirjataan paperille. Liitteenä 1 on tarkistuslista, joka on laadittu käytettäväksi uusien XCV-venttiilien enakkohuoltotarkistuksissa.

Terminaalilla käytössä olevan ehkäisevän kunnossapidon keinoin voidaan varaston varmuus luokitella tasolle ”täysin varma”. Tarkastukset ovat tarkoin ajoitettuja ja ajallaan suoritettuna takaavat laitteiden moitteettoman kunnon. Ehkäisevä kunnossapito on kuitenkin työntekijälle vaativaa työn yksitoikkoisuuden vuoksi. Vaarana on tarkastuksien muodostuminen lähes rutiineiksi, jolloin niiden tekeminen muuttuu huolimattomaksi. Tämä saattaa johtaa vakaviin turvallisuuspuutteisiin ja laitevikoihin.

Henkilökunnan tulisi ymmärtää tarkastusten tärkeys itse tuotantolaitoksen prosessille. Kemin terminaalille varastoidut polttonesteet ovat riski ihmisten terveydelle ja ympäristölle.

Laitteiden tulee olla jatkuvasti toimintakuntoisia, mikä puoltaa ehkäisevän kunnossapidon merkitystä tällä varastolla. Moubayn mukaan jopa 40–70 % ehkäisevästä kunnossapidosta on turhaa /9, s. 73/. Vaikka ehkäisevästä kunnossapidosta todellisuudessa olisi ”turhaa” jopa 50 %, on terminaalien kohdalla ajateltava varastoitujen tuotteiden vaikutuksia ihmisiä ja ympäristöä kohtaan. Tällöin jokainen suoritettu tarkastus on yhtä tärkeä.

3.3. Kuntoon perustuva kunnossapito

Kuntoon perustuvan kunnossapidon strategia standardin SFS-EN 13306 mukaan on ehkäisevää kunnossapitoa, jossa seurataan laitteen suorituskykyä. Kohteen seuranta on jatkuvaa tai aikataulutettua. /23/ Kemin terminaalilla on kunnossapidon strategiana kuntoon perustuva kunnossapito. Tälle kunnossapidon tyypille on keskeisintä jatkuvan kunnonvalvonnan suorittaminen halutuille laitteille. Ajatuksena on, että kunnonvalvonta on osa kunnossapitoa eikä ainoastaan kunnossapidon työkalu. /9/

Neste Oilin varastolla Kemissä on käytössä tehokas toimintamalli, joka voidaan mieltää kunnonvalvonnaksi. Terminaalilla suoritetaan aamuisin tarkkailukierros, joka kattaa kaikki turvallisuuteen liittyvät tekijät varastoalueella. Kierroksen aikana suoritetaan mm. kaikkien säiliöiden silmämääräinen tarkistus. Säiliötarkastuksiin sisältyy säiliönlyhteiden ja venttiilien tarkastus sekä mahdollisten vuotojen havainnointi. Havainnointi tehdään aisteihin perustuvana ympäristön tarkkailuna tietyille kohteille. Tarkkailukierros sopii kuntoon perustuvaan kunnossapitoon, koska määritelmän mukaan siihen liittyy kunnonvalvontaan, tarkastuksia ja käyttöparametrien seurantaa.

3.4. Riskien arviointi

Työturvallisuuslain mukaan työn vaarat täytyy selvittää ja arvioida. Työnantaja on näin ollen velvollinen selvittämään ja tunnistamaan työntekijällä aiheutuvat haitta- ja vaaratekijät. Työnantajan on pystyttävä tunnistamaan nämä tekijät ja poistaa ne tai vähentää ne mahdollisimman alhaiselle tasolle. /27/ Lainsäädännön mukaan työpaikoilla tulee tehdä

riskien arviointi. Arvioinnin täytyy olla suunnitelmallista ja jatkuvaa. Riskien arvioinnin suorittaminen voi olla hyvinkin vaikeata. Tämä johtuu arvioinnin tekijästä eli yksilöstä. Riskianalyysi on hyvä tehdä aina yhteistyössä eri alojen osaajien kanssa. /13/

Opinnäytetyössä on tarkoitus tehdä analyysi, jossa selviävät laiteviat ja niiden aiheuttajat. Analyysi tehdään XCV-venttiilille ja menetelmänä käytetään vika-, vaikutus- ja kriittisyys-analyysia. Tavoitteena on saada selkeä käsitys XCV-venttiilistä ja sen toiminnasta sekä siitä, minkälaisia vikoja laitteeseen voi sisältyä.

Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi on menetelmä, jolla voidaan analysoida toimintavarmuutta. Sen avulla voidaan tunnistaa viat, joilla on merkittävä vaikutus laitteen toimintaan ja sitä kautta koko järjestelmään. Vikaantuessa laite ei enää suorita haluttua toimintoa, vaan sen seurauksena laitteeseen tulee vika, joka ilmentyy häiriönä tai vauriona. Häiriötilassa laite ei toimi halutulla tavalla ja vaurioitilassa laite ei toimi laisinkaan. /22/

VVKA:n avulla voidaan analysoida järjestelmä aivan laitetasolle saakka. Laite voi olla pieni osa järjestelmää, mutta vikaantuessa se voi pysäyttää koko laitoksen toiminnan. Analysoitavalle laitteelle pyritään tunnistamaan mahdolliset vioittumistavat ja tämän jälkeen etsitään vian aiheuttaja. VVKA:n yhteydessä tehtävä kriittisyysanalyysi on yksi työkalu, jolla on vaikutusta valittuun kunnossapitostrategiaan eri laitteille. Samoin se antaa tukea sille, tarvitaanko kohteelle suorittaa tarkempaa riskikartoitusta. Esimerkiksi jos kriittisyysanalyysi antaa laitteelle korkean kriittisyysluokituksen, voidaan tämän perusteella valita kunnossapitostrategia. /21/

Laitteen toteaminen kriittiseksi tarkoittaa, että kohteeseen liittyy jonkinlainen riski. Riski voi olla henkilö, aineellinen, tuotannollinen tai ympäristölle haitallinen tapahtuma. Tällöin laitteelle on hyvä tehdä myös riskianalyysi. /21/

XCV-venttiileille tehtiin vika-, ja vaikutusanalyysit, jotka ovat liitteenä 2 ja 3. Analyysi tehtiin palloventtiilille ja käyttölaitteelle. Tuloksista voidaan nähdä laitteiden vikaantumisesta johtuvien vaikutusten olevan suuria terminaalin toimintaa ajatellen. Kriittisyysluokittelu (liite 4) tehtiin seuraaville laitteille:

- kompressori
- paineilmaputkisto
- käyttölaite
- palloventtiili.

Edellisistä kriittisimmäksi laitteeksi analysoitiin palloventtiili. Palloventtiili on selkeästi tärkein tarkasteltaessa terminaalien turvallisuutta, mikä nostikin sen kriittisyysluokkaa. Palloventtiilin täytyy pystyä pitämään tuotelinjaa tiiviinä ja sen vikaantuessa on mahdollista, että ympäristöön pääsee huomattava määrä vaarallista ainetta. Saadut tulokset osoittavat, että valittaessa kunnossapitostrategiaa näille laitteille, tulisi sen oltava kuntoon perustuvaa kunnossapitoa.

4. TURVALLISUUS

Turvallisuudella on suuri merkitys varastoitaessa palavia nesteitä. Terminaalin turvallisesta toiminnasta ei ole vastuussa yksistään turvallisuus- ja kemikaalivirasto, vaan vastuu on koko henkilöstöllä sekä alueella asioivilla. Turvallisuuteen oleellisesti vaikuttava tekijä on myös laitteiden sopivuus räjähdysvaarallisiin tiloihin. Laitteiden sopivuudesta eri tiloihin tulee työnsuorittajalla ja sen valvojalle oltava selkeä käsitys. Tätä varten on olemassa direktiivi, joka määrittää laitteet, joita käytetään räjähdysvaarallisissa tiloissa.

4.1. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

Kemikaalien tuotevalvontatehtävät keskitettiin vuoden 2011 alussa turvatekniikan keskukseseen. Asian johdosta perustettiin uusi kansallinen turvallisuusviranomainen, turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). /33/

Viraston tehtävänä on valvoa palveluja ja tuotantojärjestelmiä sekä toimeenpanna lainsäädäntöä koskien tuotteita, jotka kuuluvat Tukesin toimialaan. Toiminnallaan Tukes suojelee omaisuutta, ihmisiä ja ympäristöä turvallisuusriskeiltä. Tukesin toimialoihin kuuluvat kemikaalituotantolaitokset ja painelaitteet, jotka liittyvät tässä työssä käsiteltäviin aiheisiin. /33/

Painesäiliöille on kauppa- ja teollisuusministeriö säätänyt painelaitelain (27.8.1999/869), jota Tukes valvoo. Painesäiliön suurimman käyttöpaineen (bar) ja tilavuuden (litra) tulon ylittäessä luvun 50 on valmistaja velvoitettu osoittamaan painesäiliön vaatimustenmukaisuus. Esimerkiksi säiliön tilavuuden ollessa 100 litraa ja suurimman käyttöpaineen 8 barin täytyy valmistajan osoittaa vaatimustenmukaisuus, joko EY-tarkastuksella tai EY-vaatimustenmukaisuusvakuudella. /28/

Painesäiliössä tulee olla CE-merkintä, joka on kiinnitetty pysyvästi paikoilleen. CE-merkintä on valmistajan antama vakuutus siitä, että merkitty tuote täyttää sitä koskevat direktiivien koskevat vaatimukset ja tuotteelle on suoritettu vaatimustenmukaisuus-tarkastukset.

Kilvestä on pystyttävä selvästi lukemaan seuraavat tiedot: suurin käyttöpaine, korkein lämpötila, alin käyttölämpötila, painesäiliön tilavuus, valmistajan nimi, painesäiliömallin sekä sarjan tai erän yksilöivä numero ja CE-merkinnän kiinnittämivuoden kaksi viimeistä numeroa. /25/

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto oli laatinut oppaan, jonka avulla voidaan saavuttaa laadittu lainsäädäntö ja turvallisuustaso. Kemikaaleja voidaan käsitellä ja varastoida ainoastaan, jos toiminnalle on saatu viranomaisten lupa. Kemikaalien laajamittaista käsittelyä ja varastointia valvoo Tukes. Yksityiskohtaisen määräykset vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista sekä näihin liittyvistä lupamenettelyistä on annettu kemikaaliturvallisuuslainsäädännössä. /17/

Kemikaaliturvallisuuslainsäädännön mukaan laitteiden tulee vastata rakenneaineiden ja mitoituksen mukaan käyttötarkoitusta sekä niissä tulee olla merkintä, josta selviää rakenneaine, sallitut käyttöarvot ja valmistaja. Putkistoja ja laitteistoja muutettaessa on varmistettava, että PI-kaaviot pysyvät ajan tasalla. /17/

Venttiileissä, jotka toimivat sulkuventtiileinä, on oltava selkeä auki/kiinni- asentoa osoittava merkintä. Säiliötä huollettaessa tai korjattaessa on putkisto eristettävä säiliöstä kahdella sulkuventtiilillä, umpilaipalla tai erotettava kokonaan säiliöstä. Ensimmäisen eli niin sanotun ”juuriventtiilin” on oltava mahdollisimman lähellä säiliötä. Tämä venttiilin sijoitus mahdollistaa säiliössä olevan tuotteen pysymisen säiliössä mahdollisen putkirikon sattuessa. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä XCV-venttiilit ovat sijoitettu aina vanhan luistinventtiilin jälkeen. Tämä johtuen teknisistä syistä, jolla pystyttiin toteuttamaan mekaaninen vaihtotoimenpide turvallisesti ja säiliötä ei tarvinnut tyhjentää. /17/

4.2. Atex-direktiivi

ATEX (atmosphères explosibles)- lainsäädäntö koskee räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita. Räjähdysvaarallisia tilojen, joissa käsitellään huomattavia määriä vaarallisia kemikaaleja valvonnasta vastaa Tukes. /31/

Euroopan yhteisön direktiiveistä 94/9/EY (laitedirektiivi) ja 1999/92/EY 8 (työolosuhdedirektiivi) käytetään nimitystä ATEX. Direktiivit koskevat laitteita, työolosuhteita ja räjähdysvaarallisia tiloja. Laitteiden joita on tarkoitus käyttää räjähdysvaarallisissa tiloissa, tulee olla määräysten mukaisia. /31/

ATEX-laitesäädökset määrittelevät laitteet Ex (explosive)-laitteiksi, joihin luetaan kaikki sellaiset laitteet ja koneet joita käytetään Ex-tiloissa. Laitteita ovat esimerkiksi sähkölaitteet ja – komponentit sekä pneumaattiset laitteet. /31/

Räjähdysvaaralliset tilat luokitellaan kuuteen eri tilaluokkaan. Luokat 0,1 ja 2 koskevat ilman, kaasun, höyryn ja sumun muodossa esiintyvää räjähdyskelpoista ilmaseosta. Luokat 20,21 ja 22 koskevat ilman ja palavan pölyn muodostamaa räjähdyskelpoista ilmaseosta. Luokkien vaarallisuus kasvaa lukujonossa käänteisesti, eli luokissa 0 ja 20 räjähtävää ilmaseosta esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein. Ex-tilojen ja alueiden yhteydessä on tarvittaessa oltava Ex-tilaa ilmaiseva merkintä. /31/



Kuva 3. Ex-merkintä /31/

Laitteet luokitellaan ryhmiin ja luokkiin. Ryhmän 1 laitteet ovat lähinnä kaivosteollisuuden laitteita. Räjähdysvaara perustuu tässä ryhmässä lähinnä kaivoskaasuun (metaani) ja pölyyn. Ryhmään 2 luokitellaan muissa paikoissa käytetyt laitteet. Ryhmän 1 laitteet jaetaan kahteen eri luokkaan: M1 ja M2 ja ryhmän 2 laitteiden luokat ovat 1,2 ja 3. /32/

Täydennykseksi Ex-merkinnässä on syttymisryhmä eli lämpötilaluokka ja räjähdysryhmä. Syttymisryhmällä tarkoitetaan palavien nesteiden itsesyttymislämpötilaa. Taulukosta 1 on ryhmässä käytetyt tunnuks (T1-T6), itsesyttymislämpötilat ja sähkölaitteiden suurin sallittu pintalämpötila. /31/

Taulukko 1. Syttymisryhmät

Syttymisryhmä	Kaasun itse-syttymislämpötila	Sähkölaitteen suurin sallittu
	°C	°C
T1	>450	450
T2	300 - 450	300
T3	200 - 300	200
T4	135 - 200	135
T5	100 - 135	100
T6	85 - 100	85

Räjähdyssryhmä viittaa eri sähkölaitteiden sopivuuteen räjähdysvaarallisissa tiloissa. Laitteet jaetaan kahteen ryhmään I ja II. Räjähdyssryhmä IIA, IIB ja IIC osoittaa Exd- ja Exi-räjähdysuojarakenteisten laitteiden ominaisuuden. Nesteet ja kaasut kuuluvat tähän räjähdysryhmään (IIA, IIB ja IIC). Ryhmässä testataan pienin syttymisvirta ja suurin kokeellinen turvarako. Räjähdyspaineen kestävä ryhmä on Exd ja syttymisvirran mukaan luokiteltu ryhmä on Exi. /32/

Oikeita laitteita tulee käyttää oikeissa tiloissa. On tiedettävä, mikä laite luokka sopii tiettyyn tilaan. Tilaluokissa 0 ja 20 on käytettävä laiteluokan 1 laitteita, laiteluokka 1 tai 2 soveltuu käytettäväksi tilaluokassa 1 ja 21 ja tilaluokassa käytetään laiteluokkaa 1,2 tai 3. /26/

Opinnäytetyössä käsitellään useita eri laitteita. Kaikki laitteet on hyväksytty direktiivin 94/9EY mukaan. Esimerkiksi XCV-venttiilin käyttölaitteen Ex-merkintä on seuraavanlainen:

II 2 GD c Tmax=95°C

Merkinnästä selviää laitteen kuuluvan laiteryhmään II, laiteluokkaan 2 ja kestää kaasun, nesteen ja pölyn sekä olevan lämpötilaluokassa T6.

5. XCV-VENTTIILI

Asennettavan XCV-venttiilin kaksi suurinta komponenttia ovat pneumaattinen käyttölaite ja palloventtiili. Venttiili-käyttölaite rakenteeseen kuuluvat myös paineilmanjärjestelmän vedenerotin, solenoidiventtiili, pikapoistovenkki ja rajatietotunnistin.

5.1. Käyttölaite

XCV-venttiilin käyttölaite on Air Torque S.p.A valmistama. Laite on paineilmatoiminen jousipalautteinen 90° vääntösyylinteri. Mallin merkinnältään se on AT701U. Käyttölaite on kiinnitetty palloventtiiliin runkoon ja sen käyttöakseli on liitetty palloventtiilinkaraan. Vääntösyylinterin momentti välittyy hammaspyörän ja akselin kautta palloventtiilin karalle, jolloin palloventtiili avautuu tai sulkeutuu. /1/



Kuva 4. XCV-venttiili

Käyttölaitteen suurin ohjauspaine on 8 baria ja pienin ohjauspaine on 2,5 baria. Asennettavien käyttölaitteiden pienin avautumispaine on 4,5baria. Avautumispaineen on voitettava

jousien puristusvoima ja palloventtiilin aiheuttama momentti. Käyttölaitteen avautumisaikaksi on ilmoitettu 4,5 s 5,5 barin paineella ilman ulkoista kuormaa. Ilmatilavuus auki asennossa on päätyjen ja männän välissä 14,5 l ja kiinniasennossa 21,4 l. Laskemalla tilavuuksien erotus saadaan iskutilavuudeksi 6,9 l. Muuttamalla 6,9 l:n tilavuus isotermissä vastaamaan tilavuutta 5,5 barin paineella, saadaan kaavan 1 mukaan iskutilavuudeksi 37,95 Nl. Tämän mukaan ilmavirtauksen $[q_n]$ tulee olla 8,4 Nl/s, jolloin venttiili avautuu 4,5 sekunnissa. /1/,/2/

Normaalilitra, Nl, on redusoitu arvo paineistetusta ilmasta tietystä tilavuudesta normaali ilmanpaineeseen eli noin 1 baariin. Muuttamalla annetut arvot normaalilitroiksi ovat ne tällöin vertailukelpoisia. Laskeminen tapahtuu ideaalikaasun tilanyhtälön avulla. Lämpötilan pysyessä vakiona on prosessi isoterminen. /3/,/15/

$$p_1 \times V_1 = p_2 \times V_2 \quad (1)$$

missä

$p_1 = \text{paine alussa [bar]}$

$p_2 = \text{paine lopussa [bar]}$

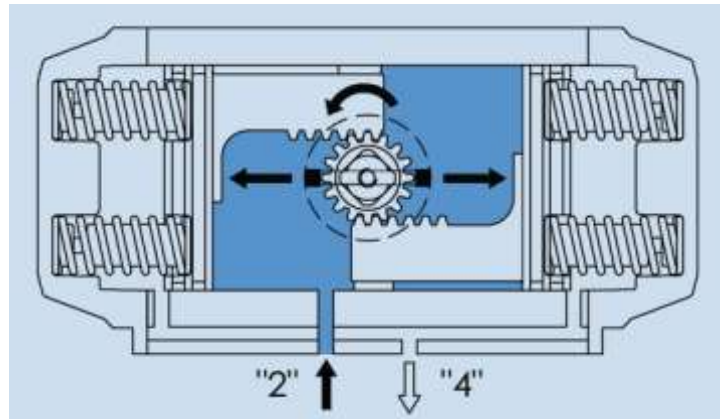
$V_1 = \text{tilavuus alussa [l]}$

$V_2 = \text{tilavuus lopussa [l]}$

Tarkasteltaessa paineilman riittävyttä käyttölaitteiden käytön kannalta täytyy paineilmasäiliön ja paineilmaputkiston tilavuudet redusoida normaalilitroiksi. Yhteenlaskettu tilavuus näillä on noin 0,5 m³, jolloin 7,5 barin paineessa se on normaalilitroina 3,75 m³. Käyttölaite tarvitsee 5,5 barin paineen avautuakseen 4,5 sekunnissa, jolloin käytettävissä oleva painemäärä on 2 baria. Redusoituna 2 baria normaalilitroiksi saadaan käytössä olevaksi tilavuudeksi 1 m³. Jaettaessa redusoitu ilmamäärä iskutilavuudella saadaan tulokseksi 26. Tämä tarkoittaa, että käyttölaitetta voi ajaa 26 kertaa paineilmaputkiston paineella ja järjestelmä pystyy toimimaan putkiston suuren tilavuuden avulla.

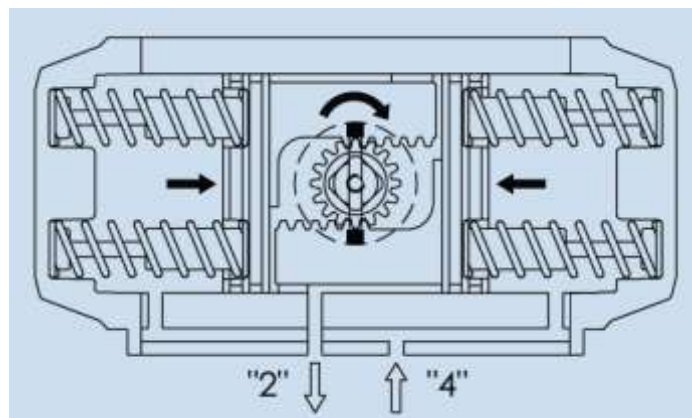
Jousipalautteinen käyttölaite toimii siten, että paineistamalla tulokanava ”2” alkavat männät siirtyä kohti laitteen päätyjä. Mäntien liikkuesssa päätyihin ne puristavat samalla män-

nän ja päätylaippojen välissä olevia jousia kasaan. Jousista mäntiin kohdistuvan puristusvoimaan suuruus mäntien lähtiessä liikkeelle on 1091 N. Mäntiin on integroituna hammastangot joiden välityksellä käyttöakseli alkaa kääntyä vastapäivään, tällöin palloventtiili alkaa avautua. Rakennetta kutsutaan kaksimäntä-käyttöakseli mekanismiksi. Mäntien lähtiessä liikkeelle poistuu poistokanavan 4 kautta ilma jousitilasta. /1/



Kuva 5. Käyttölaite auki asento /1/

Paineen laskiessa tulokanavasta "2" alkaa jousivoima työntää mäntiä kohti kiinni-asentoa. Mäntien liikkeen välittyessä käyttöakselille alkaa se kääntyä myötäpäivään, jolloin palloventtiili alkaa sulkeutua. Poistokanavan "4" kautta jousitilaan pääsee ilmaa estäen alipaineen muodostumisen jousitilassa. /1/

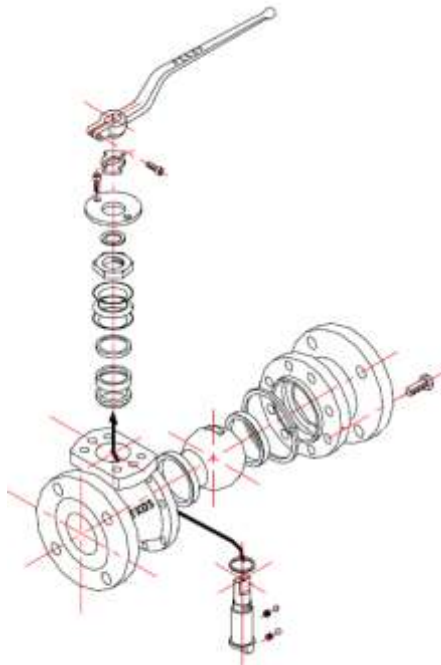


Kuva 6. Käyttölaite kiinniasento /1/

5.2. Palloventtiili

Terminaalille asennettavia venttiileitä on kahta eri mallia. Mallien eroavaisuudet ovat venttiilin rungon materiaalissa. Haponkestävästä teräksestä valmistetun rungon materiaali on standardin 1.4408 mukainen. Hiiliteräksestä valmistetun venttiilin rungon materiaali noudattaa puolestaan 1.0619 standardia. Venttiilien kokoluokka on DN200 ja paineluokka on PN16. /20/

Palloventtiilin tehtävänä on sulkea tai avata tuotelinjan nestevirtaus. Venttiili rakentuu neljästä pääkomponentista: rungosta, rungon jatkeesta, kuulasta ja karasta. Lisäksi venttiiliin kuuluvat kiinnitysosat ja tiivisteet. Kuula sijaitsee rungon sisällä, johon se on tiivistetty kahden tiivisterenkaan väliin. Rungon jatkeen avulla on rakenne lukittu pysymään kasassa. Karan tehtävänä on välittää käyttölaitteen momentti kuulaan, joka lähtee pyörittämään. Karaa käännettäessä 90° se joko sulkee tai aukaisee venttiilin. Kuulaan koneistetun reiän kääntyessä putkilinjan suuntaisesti on venttiili avoin. /20/



Kuva 7. Palloventtiili /19/

Pääasiallisesti Neste Oilin Kemin terminaalilla on käytössä luistintyyppiset venttiilit. Tätä venttiilityyppiä on käytetty jo useita vuosia ja niiden kohdalla käyttökokemukset ovat ol-

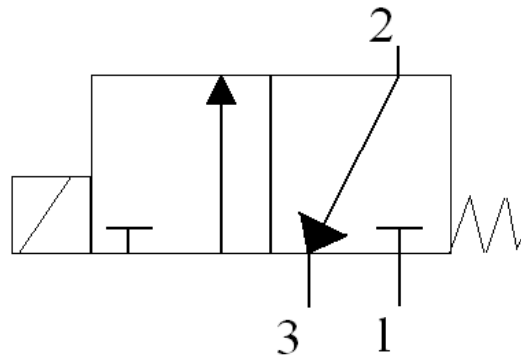
leet hyviä. Palloventtiilien käytöstä ja huollosta ei Kemin terminaalilla ole vie pitkää kokemusta.

5.3. Muut komponentit

Asennettavan XCV-venttiilin muut komponentit ovat rajatietoanturi, moduulirakenteinen mikrosuodatin, solenoidiventtiili ja pikapoistoveni. Rajatietoanturi sijaitsee käyttölaitteen päällä. Se saa mekaanisesti tiedon käyttölaitteen ja sitä kautta venttiilin asennosta. Anturin tehtävänä on välittää venttiilin asentotieto valvomon monitorille, jolloin XCV-venttiilien toimintaa voidaan sieltä kontrolloida.

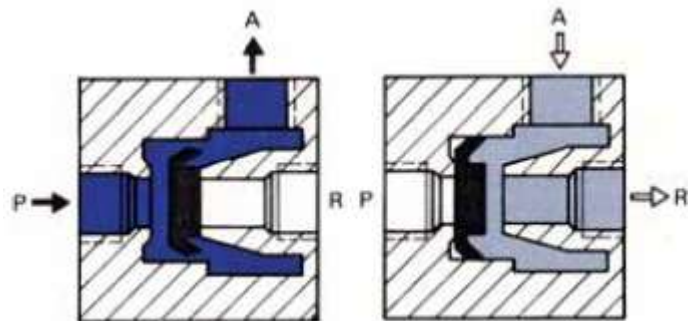
Moduulirakenteinen mikrosuodatin on sijoitettu ennen suuntaventtiiliä. Sijainti mahdollistaa mahdollisen veden erottamisen paineilmaasta juuri ennen käyttölaitetta. Mikrosuodattimen suurin käyttöpaine on 10 baria ja sen nimellinen suodatusteho on 5 mikrometriä(μm). Ympäristön ja paineilman lämpötilasuositus suodattimelle on $-5...+60\text{ }^{\circ}\text{C}$, joten pienin lämmönkesto ei vastaa ympäristöä johon se on asennettu. Lämpötilasuosituksista huolimatta on kyseisestä suodatinmallia käytetty muissa terminaalien kohteissa, jossa se on vastaavassa ympäristössä. Näissä kohteissa ei ole ilmennyt ongelmia suodattimen käytön suhteen. Hyviin käyttökokemuksiin nojaten voidaan suodattimen valintaa tähänkin järjestelmään pitää perusteltuna. /24/

Solenoidiventtiili rakentuu sähkökelasta ja suuntaventtiilistä, sen piirrosmerkki on kuvassa 7. Sähkökelan tehtävänä on kytkeä, eli vetää, suuntaventtiilissä olevaa karaa haluttuun kohtaan. Suuntaventtiili on tyypiltään jousipalautteinen 3/2 venttiili. Siinä on kolme liitäntäkanavaa ja kaksi toiminta-asentoa. Perusasennossa painekanava 1 on suljettuna ja kanavat 2 ja 3 ovat yhteydessä toisiinsa. Venttiilin kakkosasennossa pääsee paineilma tulokanavan 1 kautta käyttölaitteen ohjauskanavaan 2, jolloin poistokanava 3 on suljettuna. /4/



Kuva 7. 3/2 ohjausventtiili

Pikapoistoverttiili sijaitsee ohjausventtiilin ohjauskanavassa 2. Pikapoistoverttiilissä on sulkija, joka sulkee ja avaa portteja (P) ja (R) vuorotellen. Ohjausventtiililtä tuleva paineilma painaa sulkijan poistokanavaa (R) vasten jolloin paineilma pääsee käyttölaitteelle lähtökanavan (2) kautta. Paine tulo jatkuu lähtökanavasta (A) niin kauan kuin tulokanavassa (P) on painetta. Paineen hävitessä tulokanavasta (P) aukeaa yhteys lähtökanavan (A) ja poistokanavan (R) välille sulkijan siirtyessä sulkemaan tulokanava (P). /4/



Kuva 8. Pikapoistoverttiilin toimintaperiaate /4/

Pikapoistoverttiilin tarkoituksena on mahdollistaa käyttölaitteen nopea sulkeutuminen. Järjestelmä toimisi myös ilman tätä komponenttia, mutta sulkeutuminen tapahtuisi huomattavasti hitaammin. Toimiakseen pikapoistoverttiili tarvitsee 3/2-suuntaverttiilin. Suuntaverttiilin palautuessa perusasentoon, pääsee paineilma purkautumaan pikapoistoverttiilin tulokanavan (P) ja suuntaverttiilin ohjauskanavan (2) väliltä suuntaverttiilin poistokanavan (3) kautta. Tällöin pikapoistoverttiilin sulkija siirtyy kuvassa 7 näkyvän oikeanpuoleisen kuvan mukaiseen asentoon, jolloin lähtökanavalla (A) on yhteys poisto-

kanavaan (R). Poistokanavan (R) kautta käyttölaitteessa oleva ylipaine pääsee purkautumaan nopeammin kuin suuntaventtiilin poistokanavan (3) kautta.

6. PAINEILMAJÄRJESTELMÄ

Kemin terminaalin XCV-venttiilien paineilmajärjestelmään kuuluvat kompressori, paineilmasäiliö, öljyn- ja vedenerotin sekä absorptiokuivain.

6.1. Paineilma

Paineilmaa käytetään paljon teollisuuden prosesseissa. Sillä pystytään ohjaamaan ja säätämään prosessin kulkua, sekä käyttämään esim. paineilmatyökaluja. Paineilman tuottamiseen on teollisuuden arvioitu kuluttavan jopa 5 % sähkönkulutuksestaan. Sen tuottaminen on helppoa, koska raaka-aine saadaan suoraan ilmasta. Paineilman käytölle on useita erilaisia sovellutuksia, sen avulla voidaan puristaa, pyörittää, puhaltaa ja tehdä nopeita liikkeitä. /3/

Kemin terminaalille paineilman käyttö soveltuu erityisen hyvin, koska se on kipinöimätön voimanlähde. Siksi se sopii myös räjähdysvaarallisiin paikkoihin. Terminaalialueelle sijoitettavien XCV-venttiilien ja paineilmaputkistojen sijainti ulkona vaikuttaa kuitenkin käytettävän paineilman laatuluokkaan. Käytettäessä paineilmaa ulkona sen on oltava instrumentti-ilmaa. Paineilman laatuluokat on standardin ISO 8573.1 mukaan määritetty paineenalaisen kastepisteen, partikkelikoon sekä öljypitoisuuden perusteella. Instrumentti-ilman laadun saavuttaakseen täytyy paineilman olla luokiteltu eri määritysten mukaan seuraavasti:

- partikkelikoon mukaan luokassa 2,
- öljypitoisuuden mukaan luokassa 1 tai 2 ja
- paineenalaisen kastepisteen mukaan luokassa 2 tai 3. /29/

Taulukosta 2 selviää paineilman laatuluokitus standardin ISO 8573.1:2011 mukaan.

Taulukko 2 Paineilman laatustandardi

Luokka	Kiinteät hiukkaset suurin määrä / m ³			vesi Paineenalainen Kastepiste (°C)	Öljy (sis. Höyry) mg/m ³
	0,1 - 0,5 µm	0,5 - 1 µm	1,0 - 5,0 µm		
1	100	1	0	-70	0,01
2	100.000	1.000	10	-40	0,1
3		10.000	500	-20	1
4			1.000	3	5
5			20.000	7	
6				10	

Taulukon 2 mukaan täytyy laatuluokan olla 1 tai 2, jotta vaatimukset käytettävälle paineilmalle Kemin terminaalilla täyttyvät. Näiden luokkien paineenalainen kastepiste on jo niin alhainen, että paineilmaa voidaan käyttää arktisissa olosuhteissa. Paineenalaisen kastepisteen saaminen paineistetulle ilmalle luokkiin 1 ja 2 edellyttää aina absorptiokuivausta. /29/

Käytettäessä paineilmaa ulkona on öljypitoisuuden määrän oltava laatuluokissa 1 tai 2. Öljyn suodattamiseen paineilmasta hyödynnetään yleisesti kolmea eri suodatustekniikkaa: adsorptiosuodatusta, mekaanista suodatusta ja yhdistelmäsuodatusta. Puhuttaessa öljynsuodattuksesta on muistettava, että kyseiset suodattimet poistavat tehokkaasti myös paineilman mukana kulkeutuvia kiinteitä hiukkasia. /29/

Puristettaessa ilmaa kasaan, eli pienentäessä tilavuutta, nousee ilman lämpötila. Lämpötilan noustessa ilman vesihöyrymäärän arvo kasvaa. Esimerkiksi lämpötilan ollessa 55 °C on ilman vesihöyrymäärä 100g/m³ ja lämpötilassa 10 °C on ilman vesihöyrymäärä pudonnut 9:ään g/m³. Arvoista voidaan laskea, että lämpötilan laskiessa 55 °C...10 °C tiivistyy vettä 100g/m³ - 9g/m³ = 91g/m³. /5/

Kompressorissa puristettu ilma on lämmintä ja siinä on suuri vesihöyrymäärä. Paineilmaa jäähdytetään kompressorin jälkijäähdyttimessä ja lämpötilan laskeminen jatkuu olosuhteista riippuen vielä paineilmasäiliössäkin. Paineilmasäiliöön tulevan tiivistyneen veden määrää voidaan arvioida ottamalla huomioon ilman suhteellinen kosteus. Suhteellinen

kosteus on absoluuttisen ja maksimikosteuden suhdeluku. Keskimääräinen ilman suhteellinen kosteus Suomessa on 80 %. /5/

Sitä kuinka paljon vesihöyrystä tiivistyy vedeksi, tarkastellaan laskukaavalla 2. Esimerkkilaskussa on oletettu ilman puristuminen isotermiseksi, eli lämpötila pysyy vakiona. Käytettävät arvot laskussa ovat Kemin terminaalilla sijaitsevasta kompressorin-tilasta. Lämpötilaksi arvioidaan 15 °C, jolloin ilman vesihöyrymäärä on 12,5g/m³. Kompressorin tuotto 10 barin paineella on 0,222m³/min ja työskentelyajan oletetaan olevan täydellä kuormalla 14 h/vrk. Ilman suhteellisenä kosteusarvona käytetään 80 %.

$$T_v = (RH \times v_k \times q_v \times T) - \left(\frac{p_i \times q_v \times T}{p_k} \times v_k \right) \quad (2)$$

missä

T_v = tiivistynyt vesimäärä [g]

RH = ilman suhteellinen kosteus

v_k = vesihöyrymäärä [$\frac{g}{m^3}$]

q_v = tilavuusvirta [$\frac{m^3}{min}$]

T = käyttöaika [min]

p_i = ilmakehän paine [bar]

p_k = käyttöpaine [bar]

Laskennallisesti tiivistynyttä vettä tulisi painesäiliöön yhden vuorokauden aikana 1531,8 g eli noin 1,5 litraa. Laskettu tulos vastaa melko tarkasti Kemin terminaalin painesäiliöön tiivistyneen veden määrää. Järjestelmässä voidaan ajatella olevan kolme kosteudenpoistoyksikköä. Ensimmäisenä on painesäiliö, johon suurin osa vedestä tiivistyy, seuraavana on vedenerotin ja lopuksi on adsorptiokuivain. /5/

Paineilmaan on aina sekoittuneena öljyä, jos kompressorin ei ole öljytön. Käytettäessä öljyä on sen tehtävänä tiivistää, jäähdyttää ja voidella kompressorin. Lamellikompressorissa puristettavaan ilmaan ruiskutetaan 0,5-1,0 tilavuusprosenttia öljyä. Suurin osa tästä öljystä pystytään erottamaan itse kompressorissa. Kompressorissa sijaitsevasta suodattimesta huo-

limatta paineilman sekaan jää öljyjätöksiä, jota voi olla 5...15 mg ilmakiloa kohti. Öljyä voi esiintyä nesteinä, sumuna ja höyrynä. Mahdollisesti öljy saattaa korkeasta lämpötilasta johtuen koksautua kiinteäksi materiaaliksi. /5/,/11/

6.2. Kompressorit

Kompressorin tehtävänä on tuottaa haluttu ilmanpaine paineilma-verkoston. Laitetta kutsutaan kompressoriksi silloin, kun sillä voidaan vähintään kaksinkertaistaa loppupaine verrattuna kompressorin ottamaan imupaineeseen. Kompressorityyppejä on monia, yleisimpiä lienevät mäntä, ruuvi- ja lamellikompressorit. Paineilman tuottaminen tapahtuu tämän tyyppisissä kompressoreissa staattisesti puristamalla, millä tarkoitetaan paineen nostamista tilavuutta pienentämällä. /3/

Kemin Terminaalille on asennettu lamellikompressorit, jota on tarkoitus käyttää uusien XCV-venttiilien voimanlähteenä. Kompressorit on Hydrovanen valmistama lamellikompressorit, joka on kuvassa 7. Malliltaan se on V02. Käyttävän sähkömoottorin teho on 2,2 kW ja pyörimisnopeus on 2850 rpm/min. Kompressorin vapaan ilman tuotto 10 barin paineella on 222 l/min. /6/

Vapaan ilman tuotto (Fad) on yksi tapa, jolla kompressorin tuottoa voidaan ilmoittaa. Fad-määrityksen voi tehdä esimerkiksi suutinkokeella, joka antaa tarkemman tuloksen, tai pumppausmenetelmällä. Suorittamalla määrityksen pumppausmenetelmällä, ensimmäisenä eristetään kompressorit ja paineilmasäiliö paineilma-verkostosta. Säiliöstä lasketaan pois lauhdevesi ja tyhjennetään järjestelmä paineettomaksi. Tämän jälkeen kirjataan säiliöpaine ylös, ja käynnistetään kompressorit. Kompressorin annetaan nostaa paine asetettuun maksimiarvoon, ja tähän kulunut käyntiaika otetaan ylös. Saatujen tulosten perusteella voidaan laskea vapaan ilman tuotto laskukaavalla 3: /8/

$$Q = \frac{(p_2 - p_1)}{p_0} \times \frac{V}{T} \quad (3)$$

missä

$$Q = \text{tilavuusvirta} \left[\frac{m^3}{min} \right]$$

$$p_0 = \text{ilmanpaine} [bar]$$

$$p_1 = \text{lähtöpaine (ylipaine)} [bar]$$

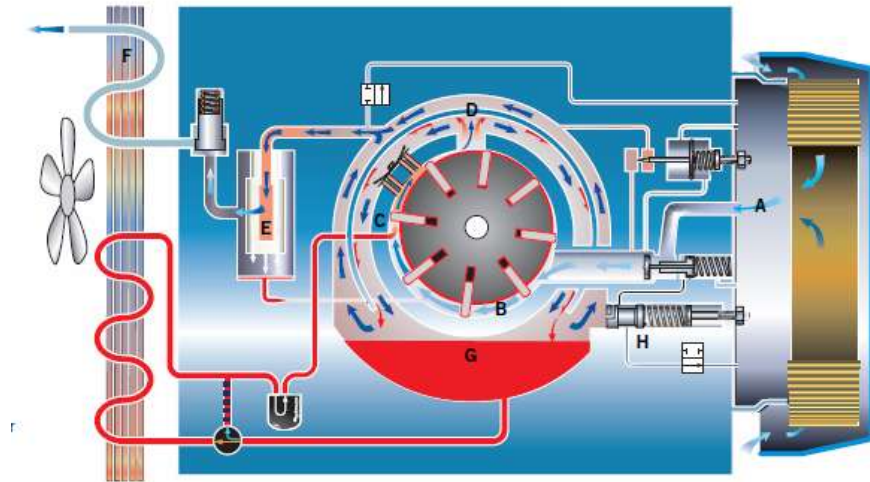
$$p_2 = \text{käyttöpaine (ylipaine)} [bar]$$

$$V = \text{tilavuus} [m^3]$$

$$T = \text{käyntiaika} [min]$$

Saatu tulos on isotermisen prosessin mukainen. Laskelmassa oletetaan, että paineistetun- ja ympäristön ilman lämpötilan olevan vakio. Tarkastelemalla testaustapaa voidaan ajatella sen kertovan kohtalaisen hyvin kompressorin tuoton. Käyntiajan pitkittyessä saadun tilavuusvirran arvo myös pienenee. Arvon pienentyminen taas voi johtua kulumisesta, mikä johtaa kompressorin ulkoisiin tai sisäisiin vuotoihin.

Lamellikompressorin rakentuu kolmesta peruskomponentista, jotka ovat pumpunpesä, roottori ja lamellisiivet. Kuvassa 9 on kuvattu lamellikompressorin toimintaperiaate. Pumpunpesässä sijaitsee tulo- ja poistokanava sekä roottori. Roottori on pumpunpesään nähden epäkeskeisesti, mistä johtuen ilmataskujen tilavuudet pystyvät muuttumaan. Lamellisiivet ovat roottoriin koneistetuissa urissa. Siivet ovat kelluvat ja näin ollen ne pyrkivät liikkumaan keskipakovoimasta johtuen aina pumpunpesän reunoja vasten. Lamellisiipien jako roottorin kehällä on sellainen, mikä mahdollistaa ilmataskujen muodostumisen pumpunpesän, roottorin ja siipien väliin. Roottorin epäkeskeisyydestä johtuen ilmataskujen tilavuus muuttuu roottorin pyöriessä. Ilmataskun tilavuuden muutoksesta johtuen ilmanpaine alkaa kasvaa ja purkautuu lopulta ilmataskun pyörähtäessä poistokanavan kohdalle. Poistunut paineilma virtaa paineilmasäiliöön. /5/



Kuva 9. Hydrovane HV02 lamellikompressor /6/

6.3. Paineilmasäiliö

Kompressorin yhteyteen on asennettu painesäiliö, kuva 10. Paineilmasäiliö on 75 litran hitsattu teräsäiliö ja sillä on useita eri tehtäviä:

- kompressorista tulevien paineiskujen, sekä kulutuksesta johtuvien paine erojen tasottaminen
- toimia energian varastona
- kerätä lauhdevesi
- toimia ilman jäähdyttimenä.

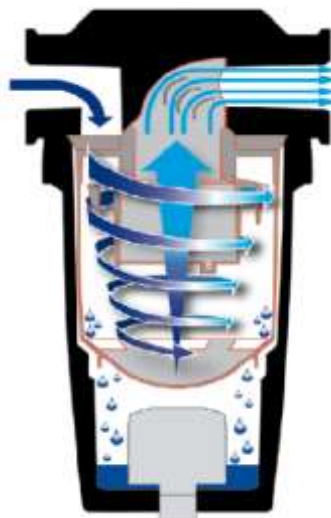
Paineilmasäiliöön tiivistyy kaavan 2 mukaan 1,5 l vettä vuorokaudessa, jotta tiivistynyt lauhdevesi saadaan poistettua säiliöstä, on sen pohjaan sijoitettu tyhjennystä varten sulkuventtiili. Venttiili on käsikäyttöinen ja tyhjennys täytyy tehdä manuaalisesti. Mahdollisesti säiliöön tulisi asentaa jo varhaisessa vaiheessa automaattinen tiivistyneen veden poistojärjestelmä, jolla voitaisiin vähentää mahdollisen korroosion syntymistä paineilmasäiliöön.



Kuva 10. Hydrovane HV02 kompressori

6.4. Vedenerotin

Vedenerottimessa kostea ilma johdetaan tuloaukosta suodatinpatruunaan. Johtuen patruunan rakenteesta alkaa ilma pyöriä suotimessa. Ilman pyöriessä kohti suodattimen alaosaa pakotetaan se nousemaan lopulta ylös pyörteen keskiosan kautta. Veden erottuminen paineilmaasta saadaan aikaan yhdistämällä kolme eri vaihetta, paineilman suunnan muutos, nopeuden hidastuminen ja virtauksen pyörteily. Ilman kulkeminen suodattimen läpi selviää kuvasta 11. /19/



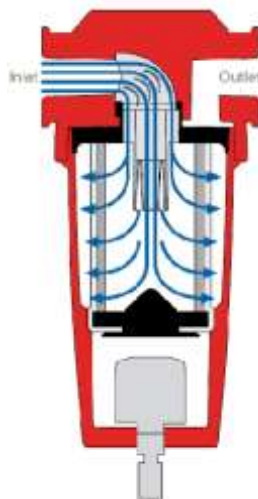
Kuva 11. Parker-vedenerotin /19/

Erottunut vesi putoaa pohjalle, josta se voidaan poistaa. Vedenerottimessa suodattuneen veden määrän kasvaessa tietyn rajan yli aukeaa kohoventtiili automaattisesti, jolloin vesi ja mahdollisesti öljy pääsevät poistumaan suodattimesta. /19/

Terminaalille asennettu vedenerotin on Parker Domnick Hunterin valmistama, ja se on malliltaan WS010BBFX. Siinä on automaattinen suodattuneen veden poisto ja läpi virtausmäärä paineilmalle 7 barin paineessa on 0,6 m³/min. /19/

6.5. Öljynsuodatin

Kemin terminaalille asennettu öljynsuodattimen toiminta on tyypiltään mekaaninen. Kuvan 11 mukaan paineilma virtaa sisään virtauksen jakajan kautta suodattimenpatruunan keski-osaan, josta se joutuu virtaamaan suodatinelementin lävitse suodattimen ulkokehälle. Tämän jälkeen ilma poistuu poistokanavan kautta. Suodatinpatruunan suodatinkangas on las-kostettu. Sen ansiosta suodattimen pinta-ala, jonka läpi paineilma täytyy virrata, on pys-tytty kasvattamaan. Suuri pinta-ala pienentää painehäviötä, koska ilma pääsee nopeammin virtaamaan suodattimen lävitse. /19/



Kuva 12. Parker-öljynsuodatin /19/

Kemin terminaalille on asennettu Parker Domnick Hunterin valmistama öljynsuodatin, joka näkyy kuvassa 12. Mallimerkiltään se on AO010BBFX ja sen läpivirtausmäärä 7 bariin paineella on 0,6 m³/min. Suodatin pystyy erottamaan paineilmaasta partikkelit 1 µm asti ja maksimi öljypitoisuudeksi suodatuksen jälkeen jää 0,6 mg/m³. /19/

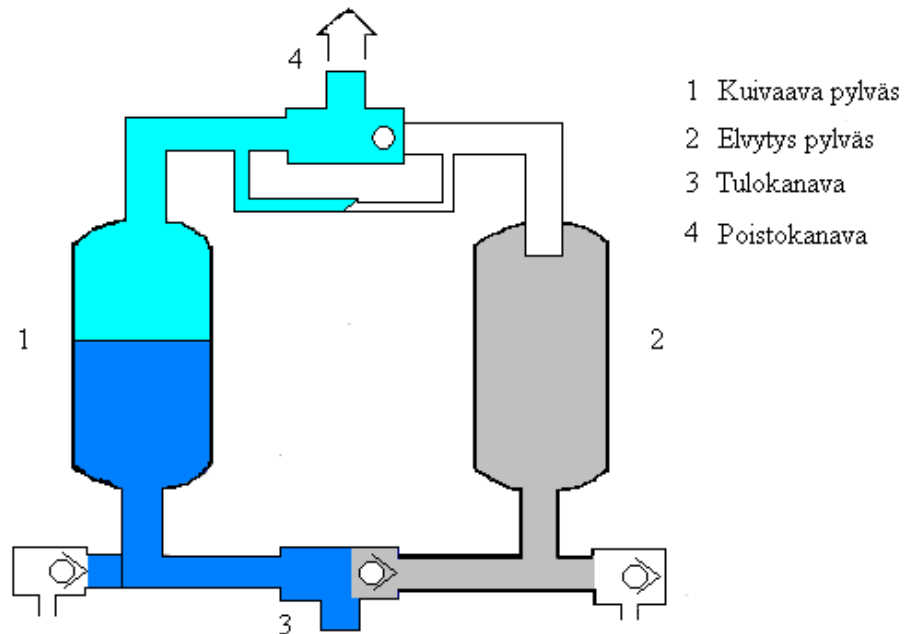
6.6. Absorptiokuivain

Järjestelmän häiriöttömän toiminnan varmistamiseksi tulee käytettävä paineilman paineenalainen kastepiste saada haluttuun arvoon. Oikealla paineenalaisella kastepisteen määrityksellä voidaan estää tehokkaasti kosteuden aiheuttamia vaurioita eri komponenteissa. Erityisen tärkeäksi tässä järjestelmässä kastepisteen määrittäminen tekee paineilmanverkoston ja käyttölaitteen sijainti ulkona. Olosuhteet voidaan luokitella arktisiksi talvella, jolloin vallitseva ympäristön lämpötila saattaa laskea alle -40 °C asteeseen.

Terminaalille on valittu Parker Domnick Hunterin adsorptiokuivain. Malliltaan se on Pneudri MiDas-4 ja läpivirtausmäärä on 0,43 m³/min. Kuivikeaineena toimii zeoliitti. Zeoliitti on molekyyliseula, joka koostuu huokoisista alumiinisilikaateista muodostaen mineraaliryhmän. Zeoliitillä on kyky sitoa vesimolekyylejä pinnalleen joutuessaan kosketuksiin vesipitoisen paineilman kanssa. Adsorptiolla tarkoitetaan tiettyjen komponenttien pitoisuuden vähentämistä kaasufaasista. Tämä tapahtuu absorboimalla eli siirtämällä komponentit kaasufaasista nestefaasiin. /18/,/29/

Adsorptiokuivaimessa on kaksi rinnakkaista pylvästä, jotka on täytetty kuivikeaineella (zeoliitti). Kostean paineilman virratessa kuivausta suorittavaan pylvääseen, absorptio zeoliitti vedetään itseensä. Absorptio tapahtuu nopeasti, noin 0,1 – 0,5 sekunnissa. Samaan aikaan toinen pylväs on elvytys tilassa eli se regeneroidaan. Regenerointi suoritetaan pienellä määrällä kuivattua ilmaa. Kuivan ilman päästessä regeneroitavaan pylvääseen se sitoo itseensä zeoliitissä olevan kosteuden. Regeneroitavasta pylväästä paineilma purkautuu ulkoilmaan. /18/,/29/

Tietyn väliajoin automatiikka vaihtaa kuivaavan pylvään regeneroitavaksi ja päinvastoin. Ennen adsorptiokuivainta on aina sijoitettava veden- ja öljynerotin. Näin paineilma on jo mahdollisimman öljytöntä ja kuivaa ennen kuivaimeen tuloa. /29/

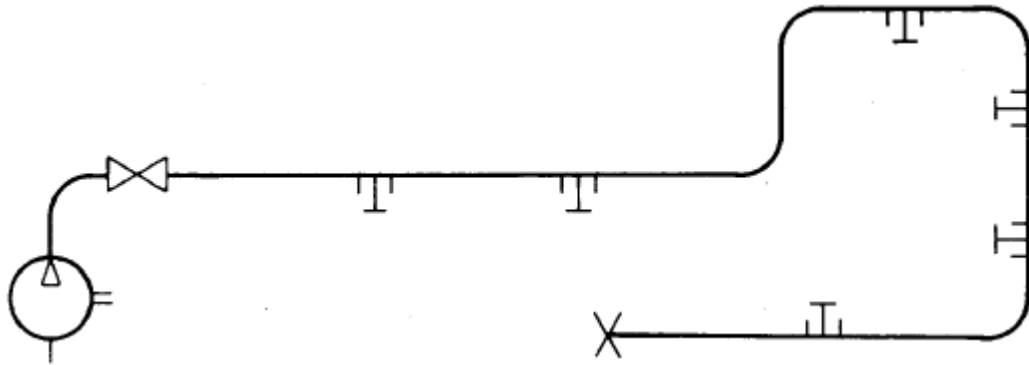


Kuva 13. Adsorptio periaatekuva. /5/

6.7. Paineilmaputkisto

Terminaalille tuleville XCV-venttiileille on suunniteltu ja rakennettu uusi paineilmaputkisto. Paineilmaputkiston tehtävänä on toimittaa kompressorin tuottama paineilma käyttökohteisiin, eli XCV-venttiileille. Tarkoituksena on, että putkistosta ei tulla ottamaan ulosottoja muihin käyttökohteisiin. Putkistotyyppejä on olemassa kolmea erilaista mallia. Eri putkistorakenteita ovat, suora- ja rengasputkisto. Yhdistelmäputkisto on näiden kahden putkiston yhdistelmä. /5/

Suoraputkisto on yksi putki, joka lähtee kompressoritilasta (kuva 14). Tästä putkesta on haaroitettu ulosottoaikoja eri toimipisteille. Rakenteen haittapuolena on pitkissä linjoissa paineilman tulo vain yhdestä suunnasta. Tämä johtaa siihen, että suljettaessa sulkuventtiiliin päälinjasta, on koko loppulinjasto ilman virtausta. /5/



Kuva 14. Suoraputkisto /5/

Rengasputkistossa edellä mainittua ongelmaa ei esiinny, koska putkisto paineistetaan kahdesta suunnasta. Etuna on myös suoraan putkistoon verrattuna paineilman painetason pysyminen vakaampana. Rengasputkiston tilavuus on suuri jolloin se toimii myös painesäiliönä, ja se voidaan varustaa usealla sulkuventtiilillä. Tällöin osa linjasta voidaan tehdä paineettomaksi, mikä helpottaa esimerkiksi huoltotöiden tekemistä. /3/

Kemin terminaalien runkoputkisto on halkaisijaltaan 32mm muoviputkea. Putki on tyyppimerkinnältään PEM Pe 80 32x3,0 PN 12,5 ja putken materiaali polyeteenistä. Polyeteeni kuuluu kestumuveihin ja sen yleiset käyttökohteet ovat vesi- ja kemianteollisuudenputket. Polyeteenille korkein käyttölämpötila on 90 °C ja pituuden lämpötilakerroin 180×10^{-6} °C. Rakenteeltaan paineilmaputkisto on suora. Sen pituus on noin 800 metriä, jolloin tilavuus on 0,425 m³. Laskukaavan 1 mukaan 7,5 barin paineessa paineilmaputkiston tilavuus on 3,2 m³ normaali litroina (Nl). /12/

Putkilinjaston painehäviöön vaikuttavat venttiilit, liittimet ja putkikäyrät. Näille osille on olemassa lasketut vastuskertoimet, ne selviävät taulukoista. Runkoputkistoon on liitettyä putkistonosia, jotka ovat taulukossa 2. Putkilinjastoon kuuluvat varusteet on laskettu absorptiokuivaimen ja jokaisen käyttölaiteessa sijaitsevat magneettiventtiilin väliltä. Taulukosta nähdään niiden aiheuttamat vastuskertoimet ja laskettu vaikutus putken pituuteen. Varusteiden aiheuttama pituuden muutos laskettaessa putkilinjan painehäviöitä on 65 metriä. Putkilinjan pituus on tällöin yhteensä noin 865 metriä.

Taulukko 3. Osien vaikutus paineputken pituuteen

VARUSTE	MÄÄRÄ [KPL]	EKVIVALENTTINEN PUTKEN PITUUUS [m]	KOKONAISVAIKUTUS PITUUTEEN [m]
Pallovent. DN15	11	0,2	2,2
Pallovent. DN15	3	0,3	0,9
Supistus	11	0,4	4,4
T-liitin sivuvirt.	7	1,5	10,5
Kulma 90°	2	1,5	3
Vedenerottaja	11	4	44
			65 yht.

Painehäviö putkistossa voidaan määrittää laskennallisesti: /11/

$$\Delta p = \frac{1,6 \times 10^{12} \times q_v^{1,85} \times l}{d^5 \times p_a} \quad (4)$$

missä

Δp = painehäviö, [kPa]

q_v = tilavuusvirta, [$\frac{m^3}{s}$]

d = putken sisähalkisija, [mm]

l = putkilinjan pituus, [m]

p_a = absoluuttinen työpaine, [kPa]

Kemin terminaalin paineilmaputkiston painehäviö voidaan laskea kaavalla 4. Tilavuusvirtana laskussa käytetään Hydrovane lamellikompressorin käyttöohjekirjassa ilmoitettua vapaan ilman tuottoa 10 barin työpaineessa, joka on 3,7 l/s eli 0,0037 m³/s. absoluuttinen työpaine on käyttöpaineen ja ilmanpaineen summa. Tulokseksi saadaan 3,4 kPa, eli 0,03 bar, tämä painehäviö on sallituissa rajoissa, mikä on runkoputkistolle 0,05 baria. /3/,/6/

Terminaalin runkolinjan pituuden muutos lämpötilan laskiessa esimerkiksi 20 °C asteesta 0 °C asteeseen voidaan laskea kaavalla 5. /15/

$$l_2 = \alpha \times l_1 \times (t_2 - t_1) + l_1 \quad (5)$$

missä

α = *pituuden lämpötilakerroin* [$\frac{1}{^\circ\text{C}}$]

l_1 = *alkuperäinen pituus* [m]

l_2 = *lopullinen pituus* [m]

t_1 = *alkulämpötila* [$^\circ\text{C}$]

t_2 = *loppulämpötila* [$^\circ\text{C}$]

Runkolinjan pituuden muutos on 2,9 metriä. Lämpötila voi terminaalilla vaihdella rajusti-kin vuodenaikojen mukaan. Kesä- ja talvilämpötilojen erot voivat nousta jopa yli 60 °C. Tällainen lämpötila ero muuttaa putkiston pituutta jo 8,6 metriä. Kemin terminaalille asennettu paineilman runkoputkisto kulkee pitkin kaapelointihyllyä ja eikä sitä ole kiinteästi kiinnitetty, muutamia yksittäisiä kohtia lukuun ottamatta. Näin ollen putken mahdollinen liikkuminen lämpölaajenemisesta johtuen ei aiheuta vaurioitumisriskiä runkolinjaan.

7. VARAOSAT

Varaosien tarpeellisuutta tarkasteltaessa voidaan kriittisyysanalyysin tulosten perusteella päättää tarvittavat osat, joita tulee pitää varastoituna. Yrityksen pääoman kannalta ei ole järkevää pitää varastoituna kalliita laitteita, joiden vikaantumisväli voi olla hyvinkin pitkä. Toisaalta päätökseen vaikuttaa laitteen kriittisyysluokka. Laitteen ollessa niin tärkeä, että sen vikaantuessa koko toiminta pysähtyy, voi olla järkevää pitää vaihdettava laite varastoituna.

Kemin terminaalien kohdalla XCV-venttiilien toiminta voidaan luokitella hyvin kriittiseksi. XCV-venttiilin vikaantuessa pysähtyy tuotteen jakelu, jonka tuotelinjassa kyseinen venttiili on. Tämä tarkoittaa, että niiden toiminta täytyy varmistaa paineilman riittävyydellä sekä varaosien saatavuudella. Paineilmalaitteiden osalta varaosien hankinnasta ja huollosta vastaa Sarlin Oy Ab. Yrityksen huoltosopimukseen kuuluvat kompressorit, absorptiokuivaimet ja veden- ja öljynerotin. Huollot tapahtuvat määräaikaaisesti tai tarvittaessa. Järjestelmän muiden osien huolto ja ennakoiva kunnossapito kuuluu terminaalien henkilökunnalle.

7.1. Suositeltavat varaosat

Runkolinjan vaurioiden varalle on hyvä hankkia liitoskappaleita ja pieni määrä PEM Pe80 32x3.0 putkea. Syöttöputkea, joka runkolinjan sulkuventtiililtä käyttölaitteen mikrosuodattimelle täytyy olla varastoituna. Syöttöputki on valmiiksi tehty hydraulikkaputki johon on prässätty sopivat päät.

Varaosiksi hankittavia komponentteja olisivat myös rajatietokytkin, magneetti- ja pikapoistoventtiili. Varastoituna on hyvä olla myös äänenvaimentimet jotka ovat pikapoisto- ja suuntaventtiilissä. Käyttölaitteeseen ja palloventtiiliin hankitaan varaosasarjat. Liitteeseen 5 olen kerännyt suositeltavat varaosat, joita tulisi pitää varastoituna.

8. KUNNOSSAPITO-OHJE

Järjestelmän kunnossapito-ohjeen laatimiseen on käytetty laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeita. Terminaalin henkilökunta on antanut omat näkemykset heidän mielestään tärkeistä toimenpiteistä, joita tulisi kohdistaa XCV-venttiileihin. Järjestelmän kunnossapito strategiseksi tulisi valita kuntoon perustuva kunnossapito, mikä tarkoittaa laitteiden aikataulutettua valvontaa.

8.1. Yleistä

Osa järjestelmään kuuluvista laitteista tulisi tarkistaa visuaalisesti päivittäin. Näin mahdolliset vuodot havaittaisiin nopeasti paineilmaverkostossa tai XCV-venttiilissä. Tarkempi tarkastelu XCV-venttiilien kunnonosalta tulisi tehdä vuoden välein, joka vastaa jo totuttua käytäntöä. Tarkastuslomake on liitteenä 1.

Järjestelmän eri laitteet saavat käyttövoimansa paineistetusta ilmasta. Yleisesti painelaitteet koetaan vaarattomiksi. Näin ei kuitenkaan tulisi suhtautua paineilmaan työskenneltäessä paineistettujen laitteiden kanssa. Paineilmalaitteisiin on varastoituneena energiamäärä, mikä äkillisesti purkautuessa voi aiheuttaa jopa hengenvaaran. Paineenalaiseen ilmaan varastoitu energiamäärä on paineen ja tilavuuden tulo. /5/

$$W = p \times V \quad (6)$$

missä

W = *energian määrä* [J]

V = *tilavuus* [m^3]

p = *paine* [Pa]

Kemin terminaalilla olevan XCV-venttiilien paineilmaputkiston ja kompressorin painesäiliön yhteenlaskettu tilavuus on $0,5m^3$ sekä verkoston käyttöpaine on 8 baria. Laskemalla kaavan 5 mukainen energiamäärä, saadaan tuloksi 40.000 J. Ennen huolto tai kunnostus-

töitä on aina varmistettava järjestelmä paineettomuus ja mahdollinen paineistuksen automaattinen käynnistyminen estettävä töiden ajaksi. /5/

8.2. Huolto-ohjeet

Kompressoritilassa tehtäviin päivittäisiin tarkistuksiin kuuluu laitteiden kunnontarkastus näköhavainnoin. Tilan lämpötilan täytyy olla yli +2 °C. Lämpötilan määrittää adsorptiokuivaimen minimikäyttölämpötila. Kompressorista tarkistetaan öljynmäärä ja puhdistetaan ilman epäpuhtaudet. Viikoittain tulee tyhjentää kondensoitunut vesi paineilmasäiliöstä sekä veden- ja öljynsuodattimesta. Mikäli laitteessa havaitaan suurempaa huollon tarvetta, on asiasta ilmoitettava huoltoyritykseen.

Paineilmaverkoston kunto mahdollisten vuotojen varalta on hyvä tarkistaa päivittäin. Verkostolle olisi hyvä suorittaa vuosittain vuotokoe. Vuotokoe voidaan suorittaa yksinkertaisesti kytkemällä paineilman käyttökohteet pois käytöstä. Tämän jälkeen seurataan kompressorin kuormitus aikajaksoja tietyssä ajassa. Tuloksista voidaan laskea laskukaavalla 4 vuodoista aiheutuva hukkaan kuluva painemäärä. /10/

$$V_v = \frac{VK \times \sum t_x}{T} \quad (7)$$

missä

$$V_v = \text{hukka paineilma} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right]$$

$$VK = \text{kompressorin tilavuusvirta} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right]$$

$$\sum t_x = \text{kuormituskäynnin aikajaksot} [\text{min}]$$

$$T = \text{kokonaistarkasteluaika} [\text{min}]$$

XCV-venttiilin mekaaninen toiminta ja mahdolliset vuodot tulee tarkistaa päivittäin. Käyttölaite on kestovoitelu, joten käytön aikaista voitelua ei tarvitse suorittaa. Valmistajan mukaan käyttölaitteen laakerit ja tiivisteet voivat vaatia korjausta 300 000–1 000 000

käyttökerran jälkeen. Kemin terminaalilla venttiilin käyttökerran vuositaso on noin 7500 kertaa.

Palloventtiili tarkistetaan ulkoisten vuotojen osalta. Erityisen tärkeää on ottaa seuraava asia huomioon. Palloventtiilin karaa kirmällä ei saada mahdollista karanpesän vuotoa loppumaan. Pekos DN200-palloventtiilissä on jousikiristeinen tiivistysrakenne. Rakenteen kassassa pitävä kiristysmutteri on kiristetty maksimitiukkuuteen kokoonpanovaiheessa. Karan vuodon ilmentyessä on palloventtiiliin vaihdettava tiivistysrengas, tiivistysholkin tiiviste ja jousialuslevy. Venttiilin rakenne selviää liitteestä 6. Mahdollisen rungontiivisteiden vuodon tapahtuessa, voidaan kokeilla vuodon tyrehtyttämistä rungon pultteja kiristämällä. Jos vuotoa ei saada loppumaan kiristämällä pultteja, täytyy rungontiiviste vaihtaa.

Valmistajan suosituksen mukaan palloventtiiliin tulee kahden vuoden käytön jälkeen vaihtaa osat, mitkä ovat merkitty liitteessä 6 olevaan taulukkoon yhdellä pisteellä. Viiden vuoden käytön jälkeen tulisi vaihtaa yhdellä sekä kahdella pisteellä merkityt palloventtiilin osat. /20/

9. YHTEENVETO

XCV-venttiilien uusiminen varastosäiliöiden tuotelinjoihin Neste Oilin Kemin terminaalilla oli ehkäisevää kunnossapitoa. Uusien XCV-venttiilien huollon tarve tulee olemaan vähäisempää verrattuna vanhoihin venttiileihin, joiden kunto oli todella huono ja osa oli jouduttu muuttamaan jo käsikäyttöisiksi. Uusien XCV-venttiilien sulkeutuminen automaattisesti ilman käyttövoimaa on selkeä parannus terminaalin turvallisuuteen. Sulkeutumalla automaattisesti lastauksen loputtua XCV-venttiilit turvaavat tuotteiden pysymisen varastosäiliöissä. Työssä tehdyn kriittisyysanalyysin mukaan XCV-venttiilien kriittisyysluokka on korkea, mistä johtuen niihin tulee kohdistaa jatkossakin kuntoon perustuvaan kunnossapitoa. Tällöin niiden kuntoa valvotaan jatkuvasti ja mahdollisiin epäkohtiin voidaan puuttua heti.

XCV-venttiilien kunnossapidon suorittamisen avuksi on opinnäytetyössä laadittu varaosalista ja kunnossapito-ohje. Varaosalistan perusteella voidaan hankkia tarvittavat laitteen ja varaosat. Kunnossapito-ohjeen mukaan voidaan tehdä XCV-venttiilien ja paineilmajärjestelmän ennakkohuoltotöitä.

Työssä laaditun varaosalistan vastaanotto opinnäytetyön tilaajan puolelta oli positiivista ja sen käyttö mm. lisäainepumppujen kohdalla koettiin mahdolliseksi. Aikaisemmin eri laitteiden varaosien määrät ja tilausnumerot eivät olleet helposti saatavilla. Selkeän listauksen avulla voidaan nopeuttaa tarvittavien varaosien hankintaa. Kohteita joissa varaosalistan käyttö olisi tarpeellista, tulisi kartoittaa mahdollisilla jatkotutkimuksilla. Varaosien määrittämiseen käytin opinnäytetyössä apuna kriittisyysanalyysia tuloksia.

Vika-,vaikutus- ja kriittisyysanalyysin laatiminen oli todella mielenkiintoinen osuus opinnäytetyötä. Sen tekemisessä sai soveltaa tähän mennessä karttunutta työkokemusta eri aloilta sekä insinöörikoulutuksessa opittua teoreettista analysointia. Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysia tehtäessä täytyi miettiä asioiden vaikutusta monelta eri suunnalta. Analysointi onkin hyvä tehdä eri alojen osaajien kanssa, jolloin saadaan tietoa monelta näkökannalta. Onkin mahdollista, jos vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysia tehdään ilman tarvittavia tietoja laitteista tai ei täysin ymmärretä koko järjestelmän toimintaa jää analyysi

vajaaksi. Vajaaksi jäänyt analyysi voi aiheuttaa vääristymän tuloksissa, jolloin jokin tärkeä laite saa pienen kriittisyysluokan. Itse koen tällaisten analysointi tekemisen mielenkiintoiseksi ja menetelmien tukeva työtä kunnossapidon parissa.

XCV-venttiilit toimivat paineilmalla, joten työssä on käsitelty paineilmaa ja sen käyttöä ulkona. Tutustuessani aihealueeseen tarkemmin havaitsin aihealueessa vaikeaksi sen moninaisen tulosten asettelun. Pääasiallisesti tarkastelut paineilman käyttäytymiseen tehdäänkin varsin yksinkertaistetuin kaavoin, mikä toisaalta tässä työssä todettiin toimivaksi paineilmasäiliöön tiivistyneen veden määrän arvioinnissa.

Tulevaisuudessa olen kiinnostunut työskentelemään kunnossapidon parissa. Sain paljon lisätietoa kunnossapidosta, laitteiden analysoinnista ja turvallisuudesta tehdessäni opinnäytetyötä, jota voin soveltaa tulevissa työtehtävissä.

10. LÄHDELUETTELO

- /1/ Air Torque esite, [WWW-dokumentti], [<http://www.starline.fi/esitteet/4THGU-E-02.pdf>], 21.11.2011.
- /2/ Air Torque huolto-ohje, [WWW-dokumentti], [<http://www.globalsupplyline.com.au/pdfs/airtorque/Airtorque-Installation-Operation-Maintenance-Manual.pdf>], 21.11.2011
- /3/ Ellman, Asko, Pneumatiikka, Edita, 2002.
- /4/ Hulkkonen, Veli, Pneumatiikka, Fluid klinikka julkaisusarja 18. Kirjapaino Uusimaa, 2008.
- /5/ Hulkkonen, Veli, Pneumatiikka 2, Ammatinedistämislaitoksen ammattikirjoja 72, Otava, 1978.
- /6/ Hydrovane paineilmakompressori esite, [WWW-dokumentti], [<http://www.granzow.dk/media/4371/oliesmurt%20lamelkompressor.pdf>], 24.11.2011.
- /7/ Isosaari, Kyösti, Bensiiniopas, 4. Painos. Savion Kirjapaino Oy, 2007.
- /8/ IS 5456, Säädökset vakiotilavuus kompressorien ja puhaltimien testaukseen, 1.painos, Intian standardisoimisliitto, 1985.
- /9/ Järviö, Jorma, Kunnossapito, Kunnossapidon julkaisusarja 10, KP-Media, 2007.
- /10/ Kaeser paineilmatekniikka esite, [WWW-dokumentti], [<http://fi.kaeser.com/Images/P-2010-FI-tcm18-6752.pdf>], 25.11.2011.
- /11/ Keinänen, Toimi, Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka, 1. Painos, WSOY, 2005.
- /12/ Koivisto, Kaarlo, Konetekniikan materiaalioppi, 10. painos, Edita Prima Oy, 2004.
- /13/ Mikkonen, Henry, Kuntoon perustuva kunnossapito, Kunnossapidon julkaisusarja 13, KP-Media, 2009.
- /14/ Mikkonen, Seppo, Niemi, Markku, Orpana, Kari, Dieselpolttoaineopas, Savion Kirjapaino Oy, 2007.

- /15/ Mäkelä, Mikko, Tekniikan kaavasto, 5. painos, Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka, 2005.
- /16/ Neste Oil, Raskaspolttoöljy HK2000 tuotetiedote, [WWW-dokumentti], [http://www.neste.fi/doc/170282_fi.pdf], 24.11.2011.
- /17/ Palmén, Mirja, Vaarallisten kemikaalien varastointi, 3.painos, Tammerprint, 2011.
- /18/ Parker Domnick Hunter adsorptiokuivaimen esite,[WWW-dokumentti], [http://www.parker.com/literature/domnick%20hunter%20Industrial%20Division/174004406_00.pdf], 25.11.2011.
- /19/ Parker Domnick Hunter Oil-X evolution esite,[WWW-dokumentti], [http://www.parker.com/literature/domnick%20hunter%20Industrial%20Division/Static%20Literature%20Files%20PDFs/CAT/174004402_EN.pdf], 25.11.2011.
- /20/ Pekos palloventtiilin käyttöohje, [WWW-dokumentti], [http://www.fgyi.ch/pdf/1245417478-pekos_total_e.pdf], 21.11.2011.
- /21/ PSK 6801 Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa, 1. painos, Prosessiteollisuuden Standardoimiskeskus ry, 2008.
- /22/ SFS 5438 Järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät. Vika-, ja vaikutusanalyysi, 1.painos, Suomen Standardisoimisliitto, 1988.
- /23/ SFS 13306 Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia, 2. painos, Suomen Standardisoimisliitto, 2010
- /24/ SMC Pneumatics LTD, Vedenerottimen esite, [WWW-dokumentti], [http://content2.smcetech.com/pdf/AC-D_EU.pdf], 24.11.2011.
- /25/ Suomen Standardisoimisliitto, CE-merkintä, [WWW-dokumentti], [http://www.sfs.fi/lainsaadanto/ce_merkinta/], 30.10.2011.
- /26/ Suomen säädöskokoelma, Asetus N:o 576, Räjähdyksvaarallisten tilojen luokitus, Oy Edita Ab, 2003.
- /27/ Suomen säädöskokoelma, Asetus N:o 738, Työturvallisuuslaki, Oy Edita Ab, 2002..
- /28/ Suomen säädöskokoelma, Asetus N:o 869, Painelaitelaki, Oy Edita Ab, 1999.
- /29/ Tamrotor kompressorit Oy esite, Paineilman suodatus ja kuivaus, [WWW-dokumentti], [http://www.compressor.fi/www/media/EsitePDF/Suodatus_ja_kuivaus.pdf], 22.11.2011.
- /30/ Tiainen, Jorma O, Mäkelä, Pekka, Tietojätti, Gummerus Kustannus Oy, 1993.

- /31/ Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Atex räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus, [WWW-dokumentti], [http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_oppaat/Atex_opas_2009.pdf], 22.11.2011.
- /32/ Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Luettelo yleisimmistä palavista nesteistä, [WWW-dokumentti], [http://www.tukes.fi/Tiedostot/julkaisut/7_99.pdf], 30.10.2011.
- /33/ Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Tietoa meistä, [WWW-dokumentti], [<http://www.tukes.fi/fi/Tietoa-meista/>], 30.10.2011.

11. LIITELUETTELO

LIITE 1 XCV-venttiilin tarkistuslomake

LIITE 2 Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi palloventtiili

LIITE 3 Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi käyttölaite

LIITE 4 Kriittisyysluokittelu

LIITE 5 Varaosalista

LIITE 6 Palloventtiilin räjäytyskuva

XCV-VENTTIILIN TARKISTUSLOMAKE

NESTE OIL

Kemin terminaali

Tarkastuslomake

1 (1)

22.11.2011/MJu

XCV-tunnus

Tehtävä

XCV-tarkastus

OK

HUOM.

Mekaaninen kiinnitys ja yleiskunto

Huomiot

Mekaaninen toiminta

Huomiot

Sähköiset läpiviennit ja kaapelointi

Huomiot

Sähköinen toiminta

Paikallisinäyttö ja Alcont

Huomiot

Pvm

Kuittaus

PALLOVENTTIILLIN VIKA-, JA VAIKUTUSANALYYSI

Vika- ja vaikutusanalyysi

Laite	Tehtävä	Vika	Vian aiheuttaja	Vian vaikutus		Vian havaitseminen	Varakeinot	Huom.
				Paik.	Järj.			
Pallo-venttiili	Avata ja sulkea tuotelinjaa	Ei sulkeudu	Käyttölaite, Ulkoinen tai sisäinen vaurio	suuri	Suuri	Tarkistus-kierros	Manuaalinen sulkeminen	
		Ei avaudu		Suuri	Suuri	Tuote ei pääse	Manuaalinen aukaisu	Auki oleminen ei kriittistä
		Sisäinen vuoto	Kuluminen Aennusvirhe Kuluminen	suuri	Ei ole	Huollon yhteydessä		
		Ulkoinen vuoto	Aennusvirhe Ulkoinen isku	Suuri	Suuri	Tarkistus-kierros	Ennakko-huollot	

KÄYTTÖLAITTEEN VIKA-, JA VAIKUTUSANALYYSI

Vika-ja vaikutusanalyysi

Laite	Tehtävä	Vika	Vian aiheuttaja	Vian vaikutus		Vian havaitseminen	Varakeinot	Huom.
				Paik.	Järj.			
Käyttö-laite	Käyttää palloventtiiliä	Ei aukaise	Sähkökatkos Paineilma puute Paineilma vuoto	Suuri	Suuri	Tuote ei pääse jakeluun	Manuaalinen aukaisu	
		Ei sulkeudu	Paineilma ei poistu laitt. Palloventtiili	Suuri	Ei vaikutusta	Tarkistuskierrös	Varaosat Ennakko-huollot	
		Toiminta hidas	Paineilman paine	Ei vaikutust	Ei vaikutusta	Lastauksessa, Pump. kavitointi	Ennakko-huollot	

KRIITTISYYSLUOKITTELU

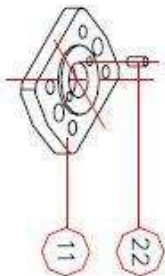
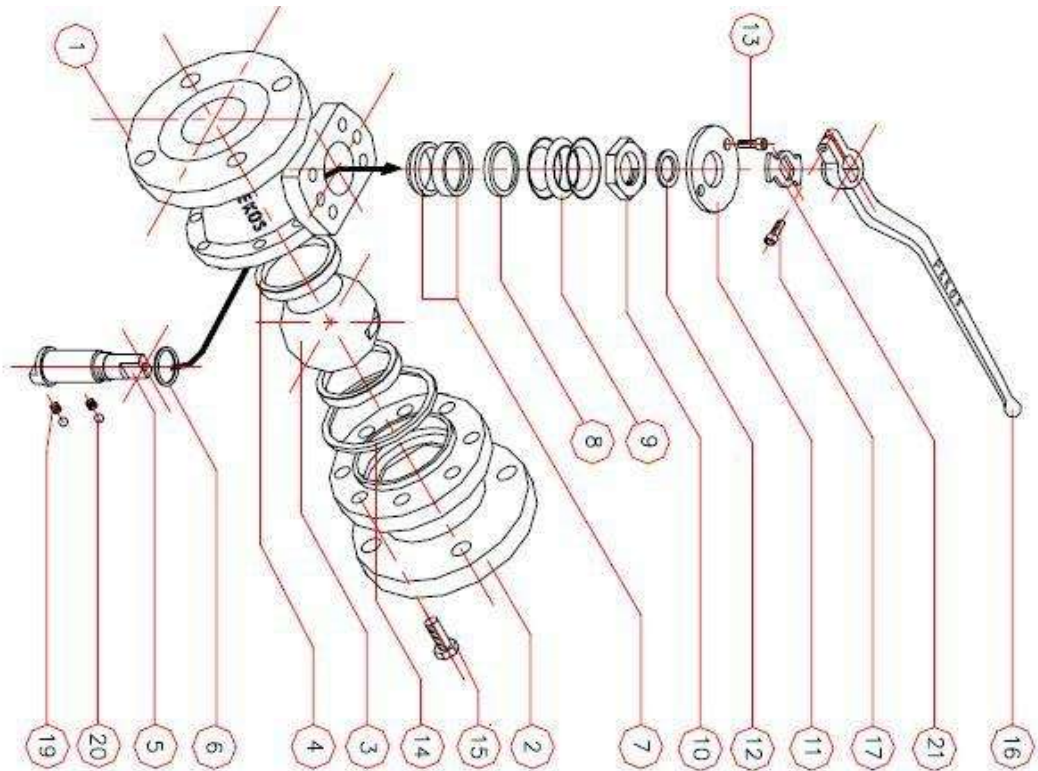
Kriittisyysluokittelu

Laite	Vikaantumisväli	Turvallisuus	Ympäristö	Toiminnan pysäytyminen	Kriittisyysindeksi	Kriittisyyden osaindeksit		
	Painoarvo					Ks	Ke	Kp
Kompressor	4	0	0	2	800	0	0	200
Paineilmaput.	1	0	0	2	200	0	0	200
Käyttölaite	4	0	0	2	800	0	0	200
Palloventtiili	4	8	4	3	2480	240	80	300

VARAOSALISTA

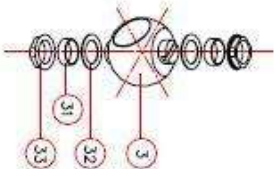
VARAOSALISTA								
Kohde	Malli/Tyyppi	Varaosa nim.	Paikka	Vika aika	Toimitusaika	Varasto määrä	Valmistaja	
Palloventtiili	Z06 TTTG-PN16 DN200	Tiiv.sarja	Pallovent.	20 h	6-8 viikkoa	2 kpl	Pekos Valves	
Käyttölaite	AT 701U S10B	Tiiv.sarja	käyttölaite	8 h	6-8 viikkoa	2 kpl	Air Torque	
Pikapoisto vent.	4050414	Koko laite	käyttölaite	1 h		1 kpl	Norgren	
Magneetti vent.	9801655.4270.024.00	Koko laite	käyttölaite	1 h	6-8 viikkoa	1 kpl	Norgren	
Rajakytkinyksikkö	007M6	Koko laite	käyttölaite	1 h	1 viikko	1 kpl	K Controls Ltd	
Runkolinja	PEM PE80 32x3.0 PN 12.5	Putki	Runkolinja	2h	Heti	1 kpl	Useita	
Syöttöputki		Letku	Käyttölaite	2 h	Heti	1 Kpl	Useita	
Kompressor	HV02		Lipeä huone				Hydrovane	
Öljynerotin	AO010BBFX		Lipeä huone				Domnick Hunter	
Vedenerotin	WS010BBFX	Tiiv.sarja	Lipeä huone	1 h			Domnick Hunter	
Absorptikuivain	Pneudri MIDAS DAS-4		Lipeä huone				Domnick Hunter	

PALLOVENTTIILI



DN 15 up to DN 32

DN150-200 (PN25-40)
DN250-300 (PN10-40)



Num.	Määrä	Selitys
1	1	Runko
2	1	Rugon jatke
•• 3	1	Kuula
• 4	2	Istukka
•• 5	1	Kara
• 6	1	Karan aluslevy
• 7	1	Tiivisterengas
8	1	Tiivistysnolki
• 9	3	Jousialuslevy
•• 10	1	Karan mutteri
11	1	Peitelevy
12	1	Peitelevyn tiiviste
13	2	Peitelevyn pultti
• 14	1	Rugon tiiviste
15	-	Rugon pultti
16	1	Kahva
17	1	Kahvan pultti
•• 19	2	Jousi
•• 20	2	Kuula
21	1	Pysäyttimen aluslevy
22	2	Pysäytin tappi
• 31	2	Laakeri
• 32	2	Tiivistelaatta
33	2	Tukilaakeri

- Suositeltu vaihdettavaksi 2 v käytön jälkeen
- Suositeltu vaihdettavaksi 5 v käytön jälkeen