



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JUUSO NUMMINEN  
KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄN LAATIMINEN  
HYDRAULIKONEIKOILLE JA VENTTIILITESTIASEMILLE  
Diplomityö

Tarkastaja: professori Jari Rinkinen  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
Teknisten tieteiden tiedekuntaneu-  
voston kokouksessa 9. syyskuuta  
2015

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

**NUMMINEN, JUUSO:** Kunnossapitojärjestelmän laatiminen hydraulikoneikoille ja venttiilitestiasemille

Diplomityö, 76 sivua, 5 liitesivua

Lokakuu 2016

Pääaine: Hydraulitekniikka

Tarkastaja: professori Jari Rinkinen

Avainsanat: Hydraulikoneikko, venttiilitestaus, kunnossapito, vianetsintä, TPM

Tässä työssä kehitetään ja käyttöön otetaan Parker Hannifin Manufacturing Finland Oy:n hydrauliventtiilistöjen testaamiseen käytettävien testiasemien ja niihin liittyvien hydraulikoneikkojen kunnossapitojärjestelmä. Toteutettava kunnossapitojärjestelmän laatiminen ja käyttöönotto on osa toimipisteen kokonaisvaltaista TPM (Total Productive Maintenance)-järjestelmän implementointia. Kyseinen yrityksen TPM-järjestelmä on painottunut käyttäjäkunnossapitojärjestelmäksi. Käyttäjäkunnossapitojärjestelmällä koneiden ja laitteiden kunnossapidon vastuita annetaan koneiden käyttäjille.

Työssä perehdytään kunnossapidon toteutustapoihin ja hyödynnetään vianselvittämiseen kehitettyjä menetelmiä. Hydraulitekniikan ohella työssä käsitellään sähkötekniikkaan sekä paineilmatekniikkaan liittyviä huoltotoimenpiteitä. Työssä perehdyttiin kohteena oleviin laitteisiin ja niiden toimintaan olemassa olevien dokumenttien avulla, haastatteleamalla työntekijöitä ja erityisesti käytännössä itse tutustumalla. Kohdelaitteisto jaettiin osakokonaisuuksiin ja komponentteihin, joille suoritettiin vika- ja vaikutusanalyysit sekä vapaamuotoista analysointia. Laitteiston analyyseissä selvisi uusia kriittisiä komponentteja.

Analysointien perusteella kehitettiin tarvittavia käyttäjäkunnossapidon toimenpiteitä. Toimenpiteet koottiin konekohtaisiksi ohjeiksi, jotka on pyritty tekemään yksiselitteisiksi ja havainnollisiksi. TPM-järjestelmän käytännön toteutuksessa hyödynnetään Kamishibai-korttitekniikkaa. TPM-järjestelmän toteuttamisen yhteydessä ratkaistiin myös testauskäytön hydraulikoneikkojen toiminnan ongelmakohtia ja organisoitiin venttiilitestausjärjestelmien varaosien ja tarvikkeiden varastointia uudelleen. Työn puitteissa muodostettu TPM-järjestelmä keskittyy kohdelaitteisiin ja näiden tekniikkaan, mutta lopullinen kunnossapitotoiminta on voimakkaasti riippuvainen sen toteuttajista.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Automation Technology

**NUMMINEN, JUUSO:** Implementing Maintenance system for Hydraulic power units and Valve test stations

Master of Science Thesis, 76 pages, 5 Appendix pages

October 2016

Major: Fluid Power

Examiner: Professor Jari Rinkinen

Keywords: Hydraulic power unit, valve testing, maintenance, troubleshooting, TPM

In this Master's Thesis, development and implementation of a maintenance system for Hydraulic power units and Valve test stations of Parker Hannifin Manufacturing Finland Oy is done. The company uses the Valve test systems for testing the products they make. The commissioning of this maintenance system is part of the company's comprehensive TPM-system (Total Productive Maintenance) implementation. The company's TPM-system is based on an operator driven reliability ODR. With ODR-system, the responsibilities for the maintenance of the Valve test machinery moves towards the machine operators.

Different kinds of maintenance methods and troubleshooting methods are studied in the thesis. In addition to maintenance of hydraulic components, also electrical and pneumatic components are associated. The structure and performance of the target devices were studied according to device documents, employer interviews and, in particular, hands-on experience. Target systems were divided into sub-assemblies and components, which were analyzed with Failure Mode and Effects Analysis, as well as free-form analysis. System analysis revealed new critical components in the valve test systems.

Based on the analyzes, required operator driven maintenance operations were developed. All the operations were gathered in to specific machineinstructions. The gathered instructions aim to be unambiguous and illustrative. The practical implementation of the TPM-system utilizes Kamishibai-cards. During the TPM implementation, a bunch of operation problems related to the Hydraulic Power Units was solved, and the storage of Valve test systems supplies and spare parts was reorganized.

The TPM-system formed during the master's thesis is associated and focused with the target machines and their technology. In the end, the maintenance operations are strongly dependent on machine operators.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tampereella sijaitsevan Parker Hannifin Manufacturing Finland Oy:n venttiilikokoonpanon testauslaitteistojen kunnossapidon kehittämiseksi. Käytännönläheisessä ja monipuolisessa työssä kehitettiin ja käyttöön otettiin yrityksen tuotannon kokoonpano- ja testausosastolle käyttäjäkunnossapitojärjestelmä. Työn ohjauksesta yrityksen puolesta vastasi Manufacturing Systems Manager Jyri Aaltonen, ja työn arvostelusta sekä osittain ohjaamisesta vastasi Tampereen teknillisen yliopiston Hydrauliiikan ja automatiikan laitoksen professori Jari Rinkinen.

Tahdon kiittää työni ohjannutta Jyri Aaltoa hienoista yhteisistä työhetkistä sekä kaikesta käytännöntyöskentelyn tuesta, jota diplomityötä tehdessäni häneltä sain. Tahdon osoittaa kiitokseni myös työn tarkastaneelle professori Jari Rinkiselle, jonka kokemuksen, ammattitaidon ja innokkuuden säestämänä diplomityöni tuli yhteisten loppurutiinien jälkeen tehdyksi.

Teekkarielämä merkitsee minulle paljon. Haluan kiittää kaikkia opiskeluvuosieni varrella päiviäni rikastuttaneita opiskelutovereita, erityisesti Automaatiotekniikan killan väkeä sekä ammattiainekerho Kavitaation loistokasta porukkaa.

Sydämelliset kiitokset opiskelujeni ja diplomityöni tukemisesta osoitan perheelleni ja sukulaisilleni. Erityisesti tahdon kiittää puolisoani Janettea, jonka tuella tekkarinretkusta on vuosien varrella kasvanut diplomi-insinööri ja isä, ja esikoistyttäni Lottaa, joka pirteydellään on tuonut iloa diplomityön kirjoitushetkiin.

Omistan tämän työn äidilleni Tiina Nummiselle, jonka tiedän aina uskoneen siihen että minä vielä joskus valmistun.

Akaassa, 26.10.2016

Juuso Numminen

# SISÄLLYS

Tiivistelmä .....	i
Abstract .....	ii
Alkusanat .....	iii
Lyhenteet, termit ja merkinnät .....	vi
1 Johdanto .....	1
2 Kunnossapito ja vianetsintä.....	3
2.1 Kunnossapito.....	3
2.1.1 Kunnossapidon määrittely .....	4
2.1.2 Kunnossapidon lajit .....	5
2.1.3 Hydrauliiikan kunnossapito .....	7
2.2 Tuottava kunnossapito .....	8
2.2.1 Tuottavan kunnossapidon peruseriaatteen .....	9
2.2.2 Käynnissapito ja käyttötehokkuus .....	11
2.2.3 Käyttäjäkunnossapito.....	12
2.3 Vianetsintä.....	14
2.3.1 Vika- ja vaikutusanalyysi.....	14
2.3.2 Hydrauliiikan vianetsintä .....	15
2.4 Kunnossapidon ja vianetsinnän työturvallisuus .....	16
3 Kunnossapitojärjestelmän tavoitteet ja kohdejärjestelmän rakenne .....	19
3.1 Kunnossapitotoiminnan kehittäminen.....	19
3.2 Kunnossapitojärjestelmän tavoitteet .....	19
3.3 Venttiilituotannon testausjärjestelmät .....	20
3.3.1 Hydraulikoneikko 1 ja testiasemat.....	23
3.3.2 Hydraulikoneikko 2 ja testiasemat.....	24
3.4 Kohdelaitteiston käyttö .....	26
4 Lähtötilanne ja kriittisyyskartoitus.....	27
4.1 Kunnossapidon organisointi.....	27
4.2 Järjestelmän dokumentaatio .....	28
4.3 Tiedossa olevia järjestelmien ongelmakohtia .....	28
4.4 Vika- ja vaikutusanalyysit.....	29
5 Venttiilitestausjärjestelmän kunnossapitokohteet .....	33
5.1 Hydraulijärjestelmien komponentit.....	33
5.1.1 Suodattimet .....	34
5.1.2 Hydraulioöljy .....	35
5.1.3 Säätötilavuuksiset hydraulipumput .....	36
5.1.4 Kiinteätilavuuksiset hydraulipumput .....	39
5.1.5 Hydrauliventtiilit.....	40
5.1.6 Hydraulijohteet .....	41
5.1.7 Säiliöt .....	42
5.1.8 Öljynjäähdyttimet .....	42

5.1.9	Hiukkanalysoitsijat.....	45
5.1.10	Ohjausjärjestelmät .....	45
5.1.11	Sähkömoottorit .....	46
5.1.12	Tehonsyötön sähkökomponentit.....	48
5.1.13	Muut sähköpuolen komponentit.....	48
5.1.14	Koneikkotilojen ilmanvaihto .....	49
5.1.15	Sähkökeskusten ilmanvaihto .....	50
5.1.16	Hydraulikoneikkojen hätä-seis -piirit.....	52
5.2	Venttiilitestauksen muut laitteet.....	53
5.2.1	Hydrauliset paineakut .....	53
5.2.2	Siirrettävät pumppuyksiköt.....	53
5.2.3	Paineilmaverkosto.....	54
5.2.4	Paineilmatyökalut .....	55
6	Kunnossapitojärjestelmän koostaminen.....	56
6.1	Käyttäjäkunnossapito yleisesti .....	56
6.1.1	Konekohtaiset ohjeet.....	56
6.1.2	Informaatiokeskus.....	56
6.1.3	Kamishibai-kortit .....	58
6.1.4	Testiasemien 5S-siivousohjeet.....	59
6.2	Käyttäjäkunnossapito hydraulikoneikoille ja testiasemille.....	59
6.2.1	Yleistä .....	60
6.2.2	Käytönaikaiset toimenpiteet .....	60
6.2.3	Yleinen puhtaus .....	60
6.2.4	Käyttäjäkunnossapidon toteutus .....	61
6.2.5	Päivittäinen huoltotoimenpide .....	62
6.2.6	Viikoittainen huoltotoimenpide .....	63
6.2.7	Kuukausittainen huoltotoimenpide.....	64
6.2.8	Vuosittainen huoltotoimenpide.....	65
6.3	Testilaitteiden vikatilanteiden seuranta.....	66
7	Tulosten tarkastelu .....	69
7.1	Käyttäjäkunnossapitojärjestelmän toteutuminen .....	69
7.2	Ratkaistuja ongelmia.....	70
7.3	Huomioita käyttäjäkunnossapidosta.....	70
8	Päätelmät.....	72
	Lähteet.....	74
	LIITE 1: Vika- ja vaikutusanalyysi	
	LIITE 2: Käyttäjäkunnossapito-ohjeen kansilehti ja sisällysluettelo	

## LYHENTEET, TERMIT JA MERKINNÄT

5S	Siisteysjärjestelmä, TPM-järjestelmän osa
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis (ks. suomeksi VVA)
HK	Hydraulikoneikko
HPU	Hydraulic Power Unit
KNL	Kokonaistehokkuusluku (ks. myös kaava (4))
LEAN	Johtamisfilosofia
LOTO	Lock Out Tack Out
ODR	Opertaor Driven Reliability
OEE	Overall Equipment Effectiveness
TPM	Total Productive Maintenance (Tuottava kunnossapito)
VVA	Vika- ja vaikutusanalyysi
IBC-kontti	Intermediate bulk container, lava-asenteinen muovisäiliö
Kamishibai-kortti	Käyttäjäkunnossapitotoimenpiteen tiiviiseen määrittelyyn sekä toteutumisen seurantaan käytettävä väline
Proaktiivinen	Ennakoiva toiminta
Reaktiivinen	Vastavaikutuksellinen toiminta
Venttiilitestausjärjestelmä	Käsittää testauskäytön hydraulikoneikon ja siihen liittyvät testiasemat
Venttiilitestiasema	Työpiste, jossa hydrauliventtiilistö voidaan kytkeä kiinni testauskäytön hydraulikoneikon piiriin ja testata venttiilistön toiminnot. Nimitetään myös testipenkiksi ja testiasemaksi.
<i>K</i>	koneen käytettävyys
<i>L</i>	koneen laatukerroin
<i>N</i>	koneen toiminta-aste
<i>P</i>	teho
<i>Q</i>	tilavuusvirta
$\Delta p$	paine-ero
$\eta_{hm}$	hydromekaaninen hyötysuhde
$\eta_{kok}$	kokonaishyötysuhde
$\eta_{vol}$	volumetrinen hyötysuhde

# 1 JOHDANTO

Tämä diplomityö käsittelee Parker Hannifin Manufacturing Finland Oy:n hydrauliventtiilistöjen testaamiseen käytettävien omavalmisteisten testiasemien ja niihin liittyvien hydraulikoneikkojen hallitun kunnossapidon kehittämistä. Diplomityö sisältää sovitunlaisen kunnossapitojärjestelmän suunnittelun ja toteutuksen yrityksen käyttöön. Tämä tuotantolaitoksen venttiilivalmistuksen kokoonpano- ja testauspuolelle toteutettava kunnossapitojärjestelmän laatiminen ja käyttöönotto on osa toimipisteen kokonaisvaltaista TPM-järjestelmän (Total Productive Maintenance) implementointia. Globaalia Parker Hannifin -yrityksen toimintaa ohjaa LEAN- konsepti, jonka yhtenä osa-alueena TPM toimii. Tampereen tuotantolaitoksessa TPM-järjestelmä on painottunut käyttäjäkunnossapitojärjestelmäksi (ODR, Operator Driven Reliability).

Yrityksen asiakkailleen valmistamista hydrauliventtiilistöistä jokainen testataan ennen toimitusta. Yksittäisen venttiilistön testaus suoritetaan testiasemassa, jossa on käytettävissä liitäntöjä hydrauliiikan eri paine- ja tilavuusvirtatasoille. Testausasemat toimivat myös yrityksen tuotekehityksen työkaluina, joissa testataan tuotteiden ominaisuuksia. Testauksella on suuri merkitys tuotteiden laadunvalvonnassa, ja testauslaitteistojen varma toiminnallisuus on tärkeätä tuotannon sujuvuuden ja toimitusvarmuuden kannalta.

Kunnossapitojärjestelmän luomiseksi hyödynnetään ja sovelletaan tuotantoteollisuudelle suunnattuja kunnossapidon ja vianetsinnän toimintatapoja sekä erityisesti hydraulitekniikan ominaisuudet huomioivia menetelmiä. TPM-järjestelmän implementoinnin tavoitteena on luoda edellytykset selkeälle laitteiston ylläpidolle ja antaa työkaluja mahdollisten ongelmakohtien kehittämiseen.

Tämä työ koostuu seitsemästä osakokonaisuudesta. Luvussa 2 perehdytään yleisesti kunnossapidon ja vianselvittämisen käsitteisiin sekä erityisesti hydraulijärjestelmien piirteisiin näillä osa-alueilla. Teoriaosuudessa käsitellään määritelmiä siltä osin kuin kehitettävän kunnossapitojärjestelmän suhteen on hyödyllistä. Luvussa 3 esitetään kunnossapitojärjestelmän tavoitteet ja tutustutaan työn kohteena olevaan testausjärjestelmään. Luvussa 4 käydään läpi kohdelaitteiston yleinen lähtötilanne ja analysoidaan laitteiston vikaantumismahdollisuuksia. Luvussa 5 perehdytään kohdejärjestelmän komponentteihin tarkemmin. Yksittäisten komponenttien tilanne tutkitaan, pohditaan tarvittavia kunnossapidon toimenpiteitä ja muodostetaan suunnitelmia komponenttien kunnossapitämiseen. Samassa yhteydessä ratkaistaan esille tulleita ongelmakohtia mahdollisuuksien mukaan. Luvussa 6 muodostetaan venttiilitestausjärjestelmille käyttäjäkun-



nossapito-ohjeet ja luodaan puitteet TPM-järjestelmän käytännön toteuttamiselle. Luvussa 7 esitellään toteutunut TPM-järjestelmä ja sen kehittämistyön tuomat vaikutukset ja muutokset laitteistoon sekä kunnossapitotoimintaan. Luvussa 8 esitetään yhteenveto työstä, toteutuneesta järjestelmästä ja esitetään pohdintaa työn aiheeseen liittyen.

## 2 KUNNOSSAPITO JA VIANETSINTÄ

Kunnossapidon merkitys teollisuudessa on korostunut ja samalla muuttunut vuosikymmenien aikana. Jo 1950-luvulla Suomessa julkaistun Kunnossapito- ja korjaustyöt -kirjan kirjoittaja Heikki Hongisto toteaa, että kunnossapitoluonteisten töiden määrä on jatkuvasti lisääntynyt teollisuudessa ja että sama suuntaus jatkuu edelleen. (Hongisto n.1950, s. 1)

Kunnossapidolle on kehittynyt monia saman perusajatuksen sisältämiä määritelmiä, jotka usein tukevat ja täydentävät toisiaan. Kunnossapidon käsityksen perusmäärittely selkeyttää kehittyneempiin kunnossapitomenetelmiin ja -organisointitapoihin tutustumista.

Vian etsiminen laitteista ja prosesseista on oleellinen kunnossapidon toimenpide. Vikatilanteiden selvittäminen pitäisi usein pystyä toteuttamaan nopeasti ja tehokkaasti huomioiden turvallisuus ja kustannukset. Tarpeeksi yksinkertaisessa tilanteessa vika voidaan selvittää aistinvaraisesti kuulemalla, näkemällä ja tuntemalla. Monimutkaisemmassa tilanteessa ja laajemmassa järjestelmässä vajaa laitedokumentointi sekä yrityksen ja erehdyksen avulla suoritettavat toimenpiteet pidentävät vikatilannetta ja saattavat johtaa turhiin komponenttivaihtoihin. Analyyttiset ja systemaattiset vianetsimistavat ovat tehokkaita työkaluja modernin kunnossapidon toteuttamisessa, ja ne selkeyttävät laajemman kokonaisuuden hallitsemista.

### 2.1 Kunnossapito

Miten määritellään kunnossapito? Suomessa 1950-luvulla tuotantoteollisuudelle suunnatussa kirjallisessa materiaalissa mainitaan ”*Kunnossapito töillä tarkoitetaan toimintaa, jonka tarkoituksena on pitää tuotantolaitos kaikkine koneineen, laitteineen, rakennuksineen ja alueineen toimintakunnossa.*” (Hongisto n.1950, s. 1). Tämä yli puoli vuosisataa sitten tehty lyhyt ja ytimekäs lausahdus pitää edelleenkin paikkansa, ja jo tästä määritelmästä on tulkittavissa kuinka kunnossapito on moneen osa-alueeseen liittyvää toimintaa.

### 2.1.1 Kunnossapidon määrittely

Kunnossapidolle kehittyneitä määritelmiä löytyy kansallisista ja kansainvälisistä standardeista sekä jatkuvasti kehittyvästä alan kirjallisuudesta. Suomalainen standardi PSK 6201 (2003) määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

*”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana”.*

EU-alueen standardissa SFS-EN 13306 (2010) kunnossapito määritellään seuraavasti:

*”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon”.*

Kunnossapitoalan tunnettu edelläkävijä John Moubray määrittelee kunnossapidon seuraavasti (Moybray 1997): *”Encure that physical assets continue to do what their users want them to do”* ”kunnossapidolla varmistetaan, että laitteet jatkavat sen tekemistä, mitä käyttäjät haluavat niiden tekevän.” (Suomennos Mikkonen 2009)

Edellä mainitut määritelmät ovat toisiinsa nähden hyvin samankaltaisia. Kaikki määritelmät ilmaisevat kunnossapitotoiminnan pyrkimyksiä kohteena olevan laitteen tai järjestelmän kunnossapitämisen tai sen kunnan palauttamisen. Operatiivisen teknisen toiminnan lisäksi kunnossapitoon sisältyy aina johtamista sekä hallinnollisia toimenpiteitä.

Moybray korostaa määritelmällään sitä, että täytyy tietää juuri se mitä laitteen halutaan tekevän. Tällöin teollisessa yrityksessä tulee olla selkeästi tiedossa laitteistolta haluttu suorituskyky, joka edelleen määrittelee tarvittavan kunnossapidon tason. Yrityksen kunnossapidon strategiaan voi kuulua hallittu ja hyväksytty laitteen tuotantotehon aleneminen ajan saatossa, jolloin alkuperäistä kuntoa ei halutakaan palauttaa.

Asiakastuotteita tuotettaessa kunnossapidon tavoitteena on laitteiden kunnosta huolehtimalla luoda ja ylläpitää edullisimmat olosuhteet nettotuotoille, turvallisuudelle, ympäristölle ja laadulle. Yhtäläillä palveluita tuotettaessa kunnossapidon tavoitteena on mahdollistaa asiakasta tyydyttävät palvelut kustannustehokkaasti ja laadukkaasti. (Kunnossapito menestystekijä, Mitä on kunnossapito)

Rikkoutuneiden laitteiden tai komponenttien korjaukset ovat osa kunnossapitoa, mutta korjaustoiminta ei tulisi olla kunnossapidon päätarkoitus. Kattavan kunnossapitotoiminnan tavoitteena on myös selvittää toimivan kohdejärjestelmän rajoitteita ja ongelmakohtia ja pyrkiä kehittämään niille parantavia ratkaisuja. Tällainen laitteen suorituskykyä

parantava toiminta ei ole suoranaista kunnossapitoa, eikä mikään edellä esitetyistä määritelmistäkään niin väitä. Tällainen kehitystyö vaikuttaa kuitenkin toteutuessaan merkittävästi kunnossapidon toimintaan.

### 2.1.2 Kunnossapidon lajit

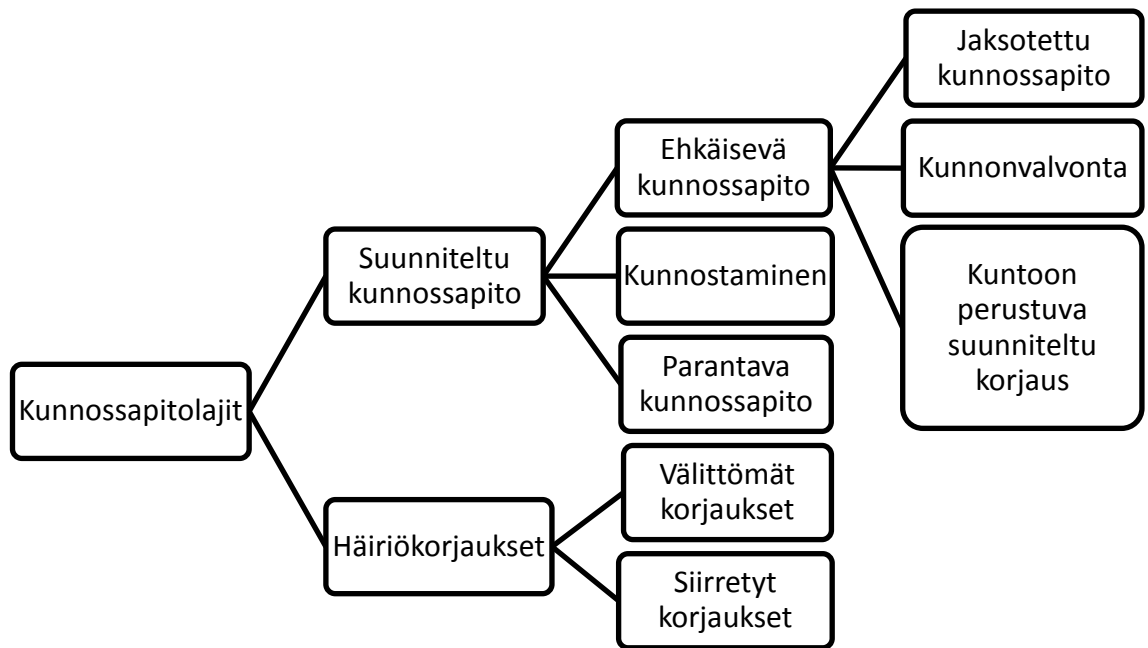
Kunnossapito voidaan jaotella moneen eri kunnossapitolajiin. Erilaisia kunnossapitolajeja ovat:

- ehkäisevä kunnossapito
- jaksotettu kunnossapito
- jaksotettu kunnostaminen
- kuntoon perustuva kunnossapito
- ennakoiva kunnossapito
- korjaava kunnossapito
- etä- ja lähikunnossapito
- siirretty kunnossapito
- välitön kunnossapito
- käynninaikainen kunnossapito ja
- käyttäjän kunnossapito. (Järviö et al. 2007, s. 52)

Vaikka kunnossapitotoiminta voidaan jakaa edellä luetellusti useampaan eri lajiin, risteävät ne keskenään runsaasti. Jaksotettu kunnossapito ja kunnostaminen sekä kuntoon perustuva kunnossapito ovat kaikki ehkäisevää kunnossapitoa. Kuntoon perustuvaan kunnossapitoon voi sisältyä ennakoivaa kunnossapitoa. Jos korjaavaa kunnossapitoa suoritetaan tietoisesti myöhemmin, se on siirrettyä kunnossapitoa. Kun kunnossapitoa suoritetaan esimerkiksi ohjelmallisesti verkon välityksellä välittömästi vikahavainnon jälkeen laitteen yhä käydessä, voidaan toiminta kategorisoida välittömäksi ja käynninaikaiseksi etäkunnossapidoksi. Nämä lajit voivat kytkeytyä yhtä hyvin muihin edellä mainittuihin kunnossapidon lajeihin. Yhden laajan järjestelmän kunnossapitotoiminta kattaa helposti useita eri kunnossapitolajeja.

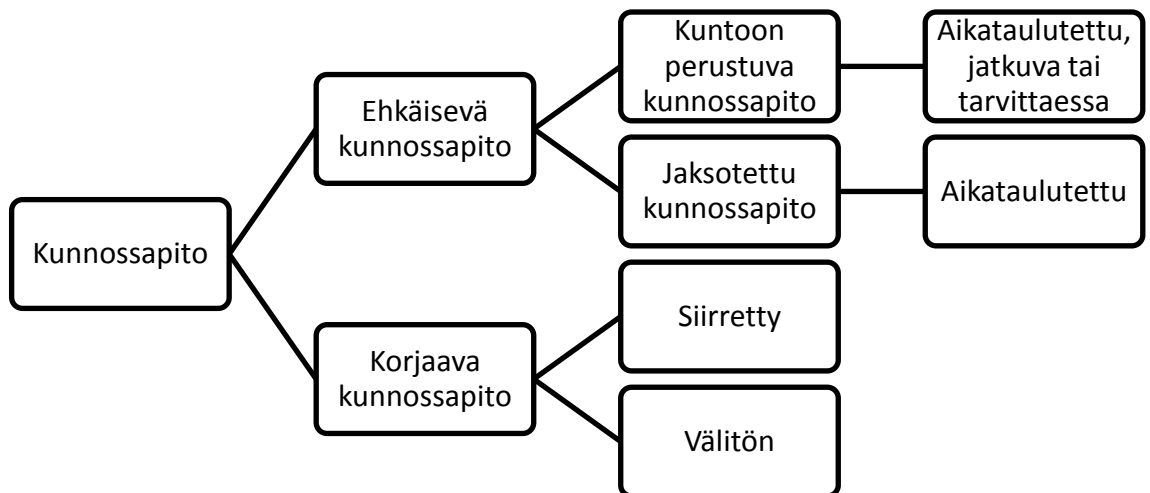
Kunnossapitolajit voi jakaa ryhmiin niiden toiminnan mukaan. Standardin PSK 7501 (2000) mukaan kunnossapito jaetaan lajeittain kahteen ryhmään: suunniteltuun kunnossapitoon ja suunnittelemattomaan häiriökorjausten kunnossapitoon.

Kuvan 2.1 kaavio havainnollistaa standardin PSK 7501 mukaisen kunnossapitolajien jaon. Kuvan hierarkiassa erottuu erilaiset suunnitellut ja häiriöiden aiheuttamat suunnittelemattomat kunnossapitolajit.



**Kuva 2.1** Kunnossapitolajit standardin PSK 7501 mukaan (Perustuu lähteeseen Mikkonen 2009, s. 96)

Standardi SFS-EN 13306 (2010) jakaa kunnossapidon erilaiset lajit vian havaitsemisen mukaan. Vika tarkoittaa tilaa, jossa kohde ei kykene suorittamaan siltä vaadittua toimintoa.



**Kuva 2.2** Kunnossapitolajit standardin SFS-EN 13306 mukaan (Perustuu lähteeseen Mikkonen 2009, s. 98)

Kuvan 2.2 hierarkiassa havainnollistuu jo syntyneen vian korjaamiseen liittyvät toimenpidelajit sekä komponentin vikaantumisen ehkäisemiseen liittyvät toimenpidelajit. Molempien standardien ryhmittelyn pohja on karkeasti kunnossapidon jako proaktiiviseen

ja reaktiiviseen toimintaan. Kun kunnossapitoa kehitetään, pyritään usein proaktiivisiin kunnossapitotoimintoihin.

### 2.1.3 Hydrauliiikan kunnossapito

Hydraulijärjestelmien kunnossapidossa voidaan hyödyntää kohdejärjestelmän luonteesta riippuen monia kunnossapidon lajeja ja toimintamalleja. Hydrauliiikka rakentuu mekaanisista komponenteista, joille on ominaista kuluminen ja vikaantumiset eri syistä. Hydraulijärjestelmä käsittää hydraulitekniikan lisäksi mekaanisia ja sähköisiä toteutuksia, esimerkiksi voimansiirrossa ja automatiikassa, jotka on huomioitava kokonaisuuden kunnossapidossa.

Hydraulijärjestelmän voi antaa käydä rikkoontumiseen saakka, jos sen äkillinen rikkoutuminen ei aiheuta vaaraa työturvallisuudelle tai tuotantovarmuudelle. Taloudellisesti tämä on kannattavaa, jos rikkoutuminen ei suoraan aiheuta suuria kustannuksia eli korjaus ei ole kallista (Ruippo 2013, s. 12). Jos esimerkiksi järjestelmä on monimutkainen, komponentit arvokkaita, korjaustoimenpide vie kauan aikaa tai hydraulilaitteisto on tuotannon sujuvuuden kannalta kriittinen, korostuvat kunnossapitotoiminnassa ennakointi ja kunnonseuranta.

Hydrauliiikan ehdottomasti tavallisimpia häiriöitä ovat epäpuhtauksien aiheuttamat kulumiset tai tukkeumat. Pienet epäpuhtaudet, jotka mahtuvat kiilautumaan hydraulikomponenttien pieniin väleihin, ovat pahimpia. Järjestelmän suodatuksen riittävä taso on tämän vuoksi perusteltua ja hydraulijärjestelmän kunnossapidossa suodattimet ja öljy ovat merkittäviä toimenpiteiden kohteita. (Fonselius et al. 2008, s. 217). Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että hydraulijärjestelmän kunnossapito olisi riittävällä tasolla pelkällä öljyn ja suodattimien kunnon ylläpidolla.

Hydraulipumppu on hydraulijärjestelmän yksi merkittävimmistä komponenteista ja sen kunto määrittelee pitkälti järjestelmän suorituskyvyn. Hydraulipumpun kehittämä hydraulinen teho  $P_{pump}$  lasketaan kaavalla (1) (Kauranne et al. 2006, s. 76)

$$P_{pump} = Q\Delta p \quad (1)$$

missä  $Q$  on pumpun tuottama tilavuusvirta ja  $\Delta p$  paine-ero pumpun tulo ja lähtöportin välillä. Hydraulipumpun tuottama hydraulinen teho ei ole koskaan suoraan sama kuin pumpun akselille syötetty mekaaninen teho, pumpussa tapahtuvien häviöiden takia. Hydraulipumpun häviöt huomioidaan pumpun kokonaishyötysuhteella. Kokonaishyötysuhde  $\eta_{kok}$  muodostuu volumetrisestä hyötysuhteesta  $\eta_{vol}$  sekä hydromekaanisesta hyötysuhteesta  $\eta_{hm}$  kaavan (2) mukaisesti. (Kauranne et al. 2006, s. 77)

$$\eta_{kok} = \eta_{vol}\eta_{hm} \quad (2)$$

Volumetrinen hyötysuhde ilmaisee pumpun sisäiset vuodot korkeapainepuolelta matalapainepuolelle. Hydromekaaninen hyötysuhde huomioi pumpun liikkuvien osien väliset kitkat sekä hydraulinesteen viskoosikitkan ja nopeushäviöt. Kun otetaan huomioon pumpun kokonaishyötysuhde, voidaan laskea pumpun akselille tarvittava todellinen teho  $P_{tod}$  kaavalla (3). (Kauranne et al. 2006, s. 98)

$$P_{tod} = \frac{Q\Delta p}{\eta_{kok}} \quad (3)$$

Pumpun kuluminen aiheuttaa suuremmat välykset ja enemmän vuotoja, joka heikentää volumetrista hyötysuhdetta. Samoin liikkuvien pintojen kuluminen pumpussa lisää mekaanisia kitkoja, joka heikentää hydromekaanista hyötysuhdetta. Pumpun kuluminen ylipäättänsä alentaa aina kokonaishyötysuhdetta, joka kaavan (3) mukaisesti tarkoittaa, että saman hydraulisen tehon tuottamiseksi kuluneen pumpun akselille tarvitsee tuoda enemmän mekaanista tehoa kuin kulumattoman pumpun akselille.

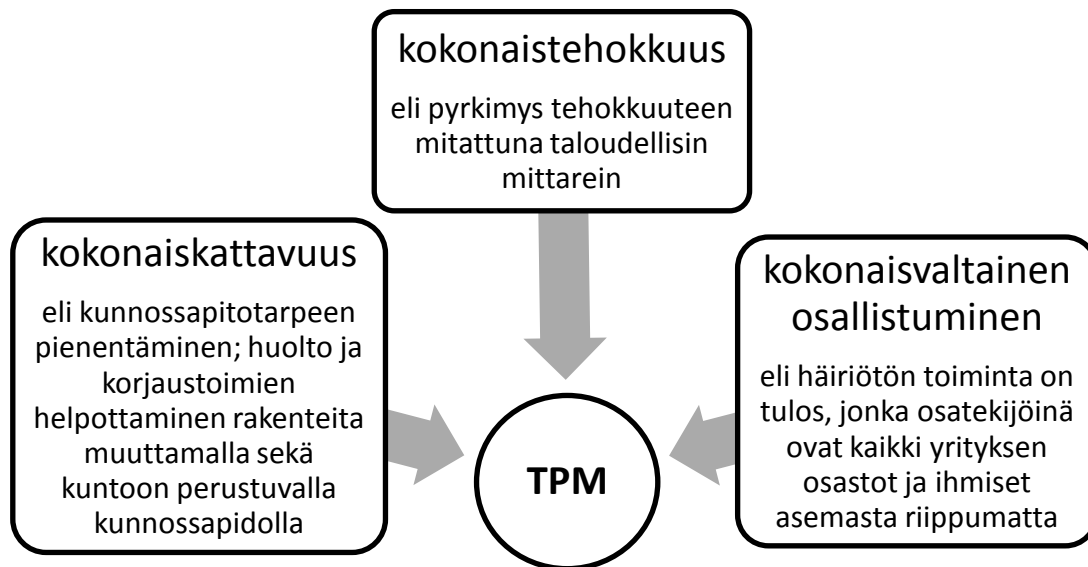
Perustasoiseen hydrauliiikan kunnossapitoon voidaan todeta sisältyvän runsaasti aistinvaraista kunnonvalvontaa. Laitteiston tarkastelulla voidaan selvittää mahdollisesti kehityksessä olevia vikoja ja havaita jo syntyneitä vikoja. Hydraulijärjestelmä vikaantuu hyvin harvoin ilman oireita (Fonselius et al. 2008, s. 217). Esimerkiksi hydraulijärjestelmän tiiviyydestä voidaan varmistua visuaalisesti tarkastelemalla. Kuuntelemalla varmistutaan käynti- ja toimintoäänien muuttumattomuudesta ja koskemalla ja kokeilemalla havaitaan mahdollisesti löysät kiinnitykset ja liitokset.

Puhtaus on hydrauliiikan kunnossapidossa isossa roolissa. Väliaineen puhtauden ylläpidon lisäksi järjestelmä tulee pitää ulkoisesti puhtaana, jotta aistinvaraiset tarkastukset ovat mahdollisia. Ulkoisesti mahdollisimman puhdas laitteisto on oleellista myös silloin, kun korjaustilanteessa jokin komponentti tarvitsee irrottaa paikaltaan, ja järjestelmä altistuu ulkopuoliselle lialle. Tällaisen tilanteen riskit korostuvat varsinkin liikkuvien koneiden hydraulijärjestelmien huolloissa.

## 2.2 Tuottava kunnossapito

Tuottava kunnossapito on alan kirjallisuudessa vakioitunut suomennos englanninkieliselle lyhenteelle TPM (Total Productive Maintenance) (Laine 2010, Mikkonen 2009, Järviö et al. 2007). Suomenkielinen termi ei anna täysin oikeaa kuvaa sisällöstä. Lyhyesti määriteltynä TPM on kokonaisnäkemys kunnossapidon vaikutuksista tuotannossa. TPM lyhenteestä on tullut yleinen käsite, joka kielestä riippumatta tarkoittaa samaa asiaa. TPM-strategia tai -filosofia ei itse asiassa ole pelkästään kunnossapidon, vaan tuotannon kokonaisvaltainen toimintamalli. (Mikkonen 2009, s. 79) Tässä luvussa lyhenteellä TPM viitataan tuottavaan kunnossapitoon. Myöhemmissä luvuissa TPM-järjestelmällä viitataan lähinnä käyttäjäkunnossapitoon.

Kuva 2.3 näyttää, kuinka TPM:n kokonaisvaltaisuus korostuu kolmella tavalla.



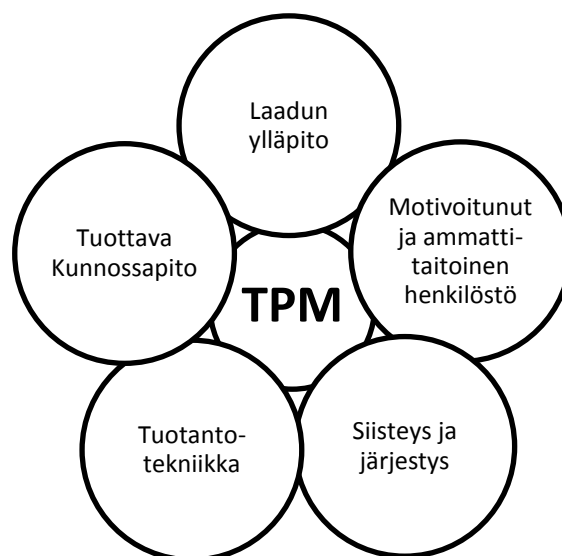
*Kuva 2.3 TPM-strategian kokonaisvaltaisuus*

Kuvan 2.3 kokonaiskattavuus kytkeytyy laitteisiin, kokonaistehokkuus laitteiden käyttöön ja kokonaisvaltainen osallistuminen laitteiden käyttäjiin.

### **2.2.1 Tuottavan kunnossapidon peruseriaatteet**

TPM-ajattelutapa, josta käytetään myös nimitystä Lean-TPM, on kehittynyt Japanin autoteollisuudessa Toyotan ja sen alihankkijoiden tehtailla 1970-luvulla (Laine 2010, s. 9). TPM-filosofian lähtökohtana on, että tuotannon koneille luodaan optimaaliset toimintaolosuhteet ja ylläpidetään ne (Järviö et al. 2007). Kokonaisvaltaisen TPM-toiminnan toisiinsa kytkeytyvät osatekijät on havainnollistettu kuvassa 2.4.





**Kuva 2.4** Kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon osatekijät (Perustuu lähteeseen Mikkonen 2009, s. 80)

Kuvan 2.4 mukaisesti TPM tukeutuu viiteen merkittävään osa-alueeseen, joihin kaikkiin pitää panostaa koko yrityksen henkilöstön toimesta.

Toteutuakseen oikein TPM vaatii että koko organisaatio sitoutuu ylläpitämään, kehittämään ja huoltamaan tuotantokapasiteettia. Käytännössä TPM pohjautuu joukkuepeliin, jossa jokainen yksilö vaikuttaa lopputulokseen. Tämä onnistuu silloin, kun joukkueille tehdään selväksi mikä on toiminnan yhteinen päämäärä ja joukkueen kaikille yksilöille annetaan selkeät mahdollisuudet vaikuttaa päämäärään pääsemiseen. Tuotantolaitoksessa toimivista tuotantoujoukoista pyritään valmentamaan huippujoukkueita, joissa on motivoituneita yksilöitä. Yksilön motivaatiolla saada aikaan hyvä suoritus on merkittävä vaikutus TPM:n onnistumiseen. Yrityksen tapa motivoida työntekijöitä on tapauskohtaista. Yritysorganisaation johto voi oikein toimimalla luoda toimintaympäristön, joka synnyttää ihmisissä motivaatiota toimia halutulla tavalla. (Laine 2010, s. 41–42)

TPM:n taloudellisesti keskeisin tavoite on hävikkien pienentäminen. Käynnissäpidon näkökulmasta tuotannossa on kuusi suurta hävikkiä, joihin pyritään vaikuttamaan. Hävikit ovat listattuna taulukossa 2.1.

**Taulukko 2.1 TPM:n kuusi suurta hävikkiä**

<b>Hävikki</b>	<b>Hävikin sisältö</b>
1	Seisokit, suunnittelemattomat ja suunnitellut
2	Aloitus-, lopetus- ja asetusajat
3	Vajaateholla käynti ja lyhyet seisokit
4	Alentunut nopeus
5	Käynnistykseen liittyvä hylky
6	Viallinen tuotanto

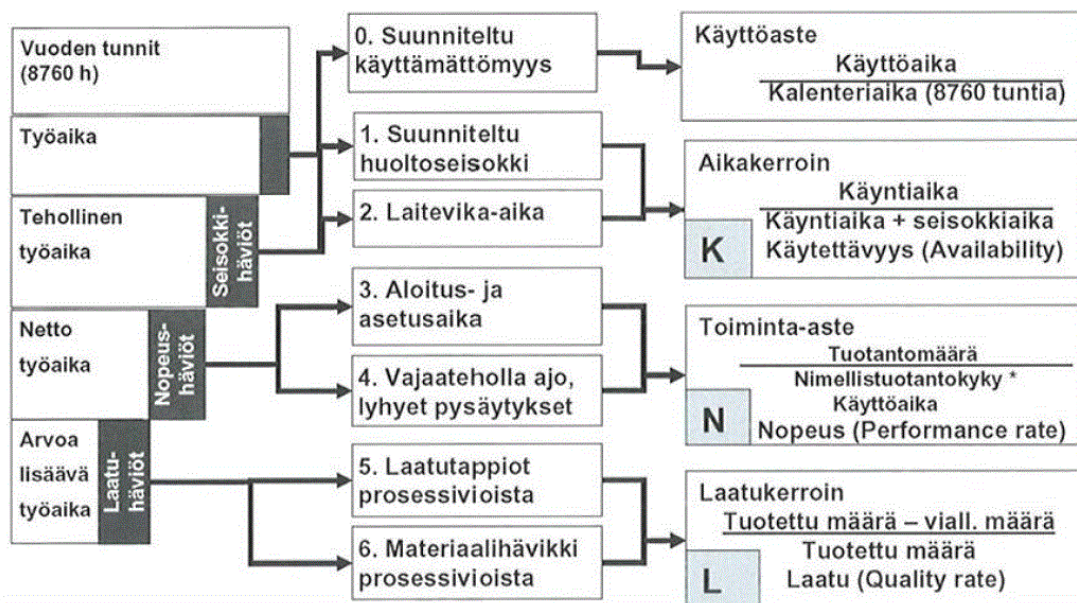
Taulukossa 2.1 listatut hävikit ovat satunnaisessa järjestyksessä. Kohtien yksi, kaksi, viisi ja kuusi hävikit ovat yksinkertaisesti todettavissa prosessin aikana. Hävikit kolme ja neljä voivat jäädä havaitsematta ilman tarkempaa prosessin tutkimista.

### **2.2.2 Käynnissäpito ja käyttötehokkuus**

Käynnissäpidolla tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, joilla edesautetaan tehtaan tuotantolinjojen virheettömien tuotteiden tuottamista korkeimmalla mahdollisella tehokkuudella. Perinteisesti käynnissäpitoon ajatellaan kuuluvan tuotannon ja kunnossapidon toiminnot. Myös monet muut organisaation toiminnot voivat tukea käynnissäpitoa. (Laine 2010, s. 20)

Tuotannon kokonaistehokkuusajattelu, OEE (Overall Equipment Effectiveness), pohjautuu TPM-filosofiaan. Kokonaistehokkuuden lisäksi voidaan puhua käyttötehokkuudesta (Laine 2010, s. 20–21). Kunnossapidon vaikutuksia teollisuusprosessien kokonaissuorituskykyyn esittivät ensimmäisen kerran japanilaiset. Suomeksi OEE lyhennetään KNL, joka tulee laskentakaavan pääkertoimista käytettävyyys-, nopeus- ja laatuero. Nopeuskerrointa nimitetään myös toiminta-asteeksi (PSK 7501). (Mikkonen 2009, s. 81)

Kuvassa 2.5 esitetään TPM:n kuusi suurta hävikkiä ja niiden vaikutus tuotantoon sekä miten ne vaikuttavat KNL-kertoimiin.



Kuva 2.5 KNL:n laskemisen perusteet (Laine 2010, s. 20)

Kuvassa 2.5 on kaavassa kuuden hävikin lisäksi kohta 0, joka huomioi laskennassa laitteiston todellisen käyttöasteen. Tuotannon kokonaistehokkuus lasketaan kaavalla (4) (Mikkonen 2009, s. 81)

$$KNL_{luku} = KNL, \quad (4)$$

missä  $K$  on käytettävyys,  $N$  on toiminta-aste ja  $L$  on laatukerroin. Käyttötehokkuuden laskeminen on aina prosessikohtaista. Yksittäisen prosessin ominaispiirteet ratkaisevat, miten sen KNL lasketaan. Myös käytettävissä olevat tiedonkeruu- ja analysointimahdollisuudet asettavat ehtoja sovellettavalle laskentamallille. Näitä on erityisesti silloin kun:

- jokaisella tuotteella on eri läpäisykyky prosessissa,
- tuotantosarjat ovat lyhyitä ja tuotevaihtoja on paljon ja
- raaka-aineen laatu vaikuttaa merkittävästi tuotannon ajonopeuteen, ja se vaihtelee runsaasti lyhyilläkin ajojaksoilla. (Laine 2010, s. 21)

TPM on työkalu KNL:n kohottamiseen ja kustannustehokkuuden parantamiseen (Laine 2010, s. 42).

### 2.2.3 Käyttäjäkunnossapito

Käyttäjäkunnossapidossa koneiden käyttäjät osallistuvat aikaisempaa enemmän laitteen kunnon seurantaan ja toiminnan luotettavuuden ylläpitämiseen. Koneiden puhdistaminen ja tarkastaminen ovat avainasemassa häiriöiden ehkäisyssä (Mikkonen 2009, s. 84). Koneen puhtaana pitäminen nopeuttaa mahdollisten vikojen havaitsemista ja toisaalta estää liian mahdollisesti aiheuttamien vikojen syntymistä. Puhtaassa ja järjestetyssä työympäristössä on myös turvallisempi ja mukavampi suorittaa toimenpiteitä.

Itseohjautuva käyttäjäkunnossapito on yksinkertaistetusti järjestelmämalli, jossa käyttäjät hoitavat koneidensa päivittäiset kunnossapidon rutiinityöt ja raportoivat ne kunnossapidon järjestelmään. Yleensä tärkeimpiä päivittäistöitä ovat erilaiset koneiden kunnan mittaamiseen ja seurantaan liittyvät työt. Koneiden käyttäjät raportoivat myös mahdollisista vioista ja poikkeamista välittömästi järjestelmään. Taulukossa 2.2 on esimerkki seitsemän askeleen ohjelmasta käyttäjäkunnossapidon toteuttamiseen tähtäävistä toimenpiteistä. (Laine 2010, s. 222–223)

*Taulukko 2.2 Seitsemän askelta käyttäjäkunnossapidon käyttöönottoon*

Askel	Tehtävä
1	Suorita perussiivous (havaitaksesi vikoja) ja luo mittaamenettely järjestyksen ja siisteyden mittaamiseen
2	Eliminoidi epäjärjestyksiä aiheuttavat tekijät ja paranna pääsyä vaikeisiin huoltokohteisiin
3	Luo alustavat standardit puhdistukseen ja laitteiden tarkastukseen
4	Suorita laaja laitteiden tarkastus
5	Valmenna koneiden käyttäjät tekemään tuotantoprosessien ja -laitteiden tarkastuksia
6	Organisoi työpisteet TPM:n periaatteiden mukaan (tuottavuus, hävikkien eliminointi, jatkuvan parantamisen menetelmien luominen)
7	Tee itseohjautuvasta kunnossapidosta järjestelmällistä toimintaa (mittaus, ohjaus, jatkuva parantaminen)

Taulukon 2.2 mukaista seitsemän askeleen ohjelmaa on Laineen mukaan käytetty esimerkiksi sekä Toyotan että Volvon tuotantolaitosten TPM-sovellusten käyttäjäkunnossapito-osioita luotaessa.

Japanissa kehitetty 5S-järjestelmä on yksinkertainen ja tehokas toimintamalli, jonka tavoite on luoda siisteyttä ja järjestystä työpaikalle. Nimitys 5S on lyhenne, joka tulee järjestelmän viiden kohdan japaninkielisistä nimityksistä. Taulukossa 2.3 on esitettyä menetelmän periaatteet.

**Taulukko 2.3** Japanilaisen 5S-menetelmän periaatteet (Mikkonen 2009, s. 85)

Periaate	Toimenpiteet
Lajittelu ( <i>Seiri</i> )	Tarpeellisen ja tarpeettoman tavaran erotteleminen ja kaiken turhan poistaminen.
Järjestäminen ( <i>Seiton</i> )	Tavaroiden järjestäminen: etsimiseen kuluvan ajan minimointi, järjestyksen ylläpitämisen helpottaminen ja virheellisten toimintojen tekemisen vaikeuttaminen (tavaroiden paikkamerkinnot, värikoodit, selkeät ohjeet).
Puhdistaminen ( <i>Seiso</i> )	Työympäristön, koneiden ja työkalujen perusteellinen puhdistaminen.
Systematisointi ( <i>Seiketsu</i> )	Toimintojen vakiinnuttaminen ja kolmen ensimmäisen kohdan työn jatkaminen saavutetun tason jatkuvaksi parantamiseksi.
Sitoutuminen ( <i>Sitsuke</i> )	Yrityskulttuurin kehittäminen tukemaan 5S:n periaatteita, onnistuminen edellyttää jokaisen työntekijän sitoutumista.

Kohdeyrityksessä jo käytössä oleva 5S-toiminta nopeuttaa ja tehostaa TPM-järjestelmän toteuttamista ja käyttäjäkunnossapitotoimintojen rutinisoitumista. Uutta käyttäjäkunnossapitajärjestelmää käyttöönotettaessa täytyy silti kiinnittää huomiota kaikkiin taulukossa 2.3 esitettyihin 5S-menetelmän periaatteisiin. Jos joitain periaatteista laiminlyödään, 5S-menetelmän kehittävä vaikutus vähenee.

## 2.3 Vianetsintä

Monimutkaisen laitteiston kattavan kunnossapitajärjestelmän luomiseksi on tutkittava laitteiden vikaantumista. Kun syntyneen vian syy selvitetään tehokkaasti, voidaan saatua tietoa hyödyntää kunnossapidon suunnittelussa. Vastaava vikatilanne voi olla mahdollista ennustaa paremmin tai välttää kokonaan.

### 2.3.1 Vika- ja vaikutusanalyysi

Vika- ja vaikutusanalyysillä, (VVA), englanniksi Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), pyritään tunnistamaan potentiaalisia vikaantumisia sekä niiden vaikutuksia ja seurauksia laitteiden ja järjestelmän toimintaan (Laine 2010, s. 127). Suunniteltaessa järjestelmän laitteille kunnossapitostrategiaa osana TPM-järjestelmää, on VVA hyvä työkalu laitteiden toiminnallisten vikojen selvittämiseen.

Kunnossapidon toimenpiteet kohdistuvat koneen yksittäisiin komponentteihin ja osiin. Ennen yksittäisten komponenttien tarkastelua kannattaa tehdä analyysi laitekokonaisuudesta, millaisia vikoja koneeseen voi tulla, miten ne ilmenevät, mistä ne johtuvat ja mitä seurauksia niistä on koko tuotantolinjan toiminnalle. Näin on helpompi hahmottaa kokonaisuus ja eri osien merkitys kokonaisuudelle. (Laine 2010, s. 127)

VVA:n toteutus kannattaa aloittaa osista, jotka ovat kokonaisuuden toiminnan kannalta tärkeimpiä. VVA:n tekemiseksi määritellään kriittisyysluokat, joiden mukaisesti analysoitavat osat arvioidaan. VVA:lla tehdään selvitettyjen vikaantumisten vaikutusten perusteella toimenpide-ehdotuksia, joilla ennakoidaan, ehkäistään, tunnistetaan tai korjataan vikaantuminen. Käytännössä tämä tapahtuu kehittämällä huolto-ohjelma ja varaosasuositukset. (Laine 2010, s. 128–129)

### 2.3.2 Hydrauliiikan vianetsintä

Hydraulijärjestelmän rakenne ja ennen kaikkea normaali toiminta tulee tuntea, jotta mahdollisen vian etsiminen onnistuu tehokkaasti. Hydrauliiikan vianetsintään liittyvissä materiaaleissa korostetaan usein laitteiston dokumentaation ajantasaisuutta (Lahtinen 2007, Tuominen 2007, Fonselius et al. 2008). Ajantasaisten perusdokumenttien kuten hydraulikaavioiden ja toimintaselostusten lisäksi tulisi olla tiedossa järjestelmän perussuureet, kuten öljyn määrä, painetaso, virtausmäärä ja lämpötila normaalin toiminnan aikana. Samoin esimerkiksi venttiilien kelojen normaalit jännitteet ja virran suuruudet tulee tietää. Tällaiset mitattavissa olevat suureet voidaan dokumentoida ja informaatiota käyttää helposti tarpeen vaatiessa. Tarpeellista olisi tuntea myös normaalisti toimivan hydraulijärjestelmän aiheuttamat äänet, jolloin järjestelmälle epätyypillisistä äänistä voidaan tunnistaa mahdollisia vikoja.

Kun järjestelmän normaalit toiminta-arvot ovat tiedossa, voi vikaa etsiä mittaamalla toiminta-arvoja ja vertaamalla niitä normaaleihin. Hydraulijärjestelmästä voi kuitenkin etsiä monia vikoja ja häiriöitä pelkästään jo aistinvaraisesti. Hydraulinesteen vuotokohdat löytyvät visuaalisesti tutkimalla paljon aikaisemmin, kuin esimerkiksi järjestelmän öljyn kokonaisuusmittaamalla. Painetta mittaamalla pieniä vuotokohtia ei välttämättä havaitse ollenkaan. Komponenttia koskettamalla voi havaita värähtelyä tai epänormaalia lämpenemistä, varsinkin jos vastaavia komponentteja on useampia samanasteisessa käytössä ja voidaan suorittaa karkeata aistinvaraista vertailua. Hydraulipumpun toimintäänäniä kuunnellessa voi karkeasti havaita pumpun mahdollisen kavitoinnin ilman suureiden mittaamista. Myös hajuaistia voi hyödyntää esimerkiksi liaksi kuumentuneen öljyn paikallistamiseen. Monimutkaisemmasta hydraulijärjestelmästä vikaa etsiessä voidaan hyödyntää yleisesti vianetsintään soveltuvia analyttisiä menetelmiä, kuten Vika- ja vaikutusanalyysiä sekä erilaisia vianhakukaavioita.

Hydrauliikassa merkittävimmät mitattavat suureet ovat paine ja tilavuusvirta. Järjestelmän toiminnan kannalta tärkeitä mitattavia suureita vianetsinnässä ovat paine, tilavuusvirta, pyörimisnopeus ja lämpötila. Hydrauliohjelmien kuntoa mitataan puhtaustason ja vesipitoisuuden avulla. (Törmänen 2013, s. 23)

Mekaanisissa järjestelmissä painetta ja tilavuusvirtaa vastaavat voima ja nopeus tai momentti ja kulmanopeus. Sähköisessä järjestelmässä näitä vastaavat jännite ja virta.

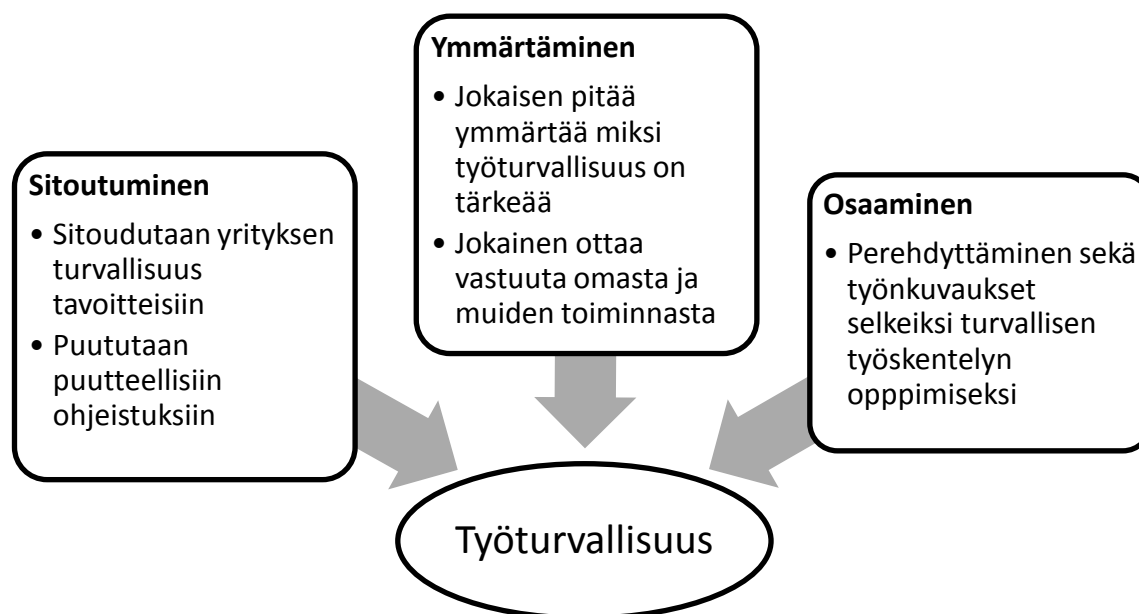
Hydraulijärjestelmässä kokonaisuutena energian siirtoa tapahtuu monessa muodossa, jolloin vikoja etsiessä täytyy pystyä tutkimaan hydrauliiikan lisäksi sähköisiä ja mekaanisia järjestelmän osia.

## 2.4 Kunnossapidon ja vianetsinnän työturvallisuus

Työturvallisuuteen kiinnitetään kiitettävän paljon huomiota tuotantoteollisuudessa. Osittain motivaationa ovat taloudelliset tekijät, sillä työtapaturmien aiheuttamat kustannukset saattavat olla merkittävä tulosta alentava tekijä. Pääasiallinen motivaatio on tietenkin työntekijöiden terveys ja turvallisuus. Kaikilla työntekijöillä riippumatta alasta ja toimenkuvasta on oikeus tapaturmattomaan työskentelyyn. Turvalliselle työskentelylle ja työympäristölle on yleisiä määritelmiä esimerkiksi valtiollisissa ja kansainvälisissä laeissa ja asetuksissa (Työturvallisuuslaki 738/2002, EU:n puitedirektiivi 89/391).

Kunnossapitoon ja vianetsintään liittyvät työt saattavat sisältää monia erilaisia turvallisuusriskejä, jotka tulee pystyä kaikki huomioimaan. Teollisuuden kunnossapitohenkilöstön työterveys- ja turvallisuusriskejä voidaan merkittävästi vähentää tekemällä työtehtävistä kokonaisvaltainen riskinarviointi ennen töiden aloittamista ja käyttämällä työssä tarkoituksenmukaisia riskinhallintakeinoja, kuten esimerkiksi henkilönsuojaimia, suojakäsineitä, silmä- ja putoamissuojaimia sekä hengityksensuojaimia (Korhonen et al. 2011).

Onnistunut työturvallisuus tukeutuu kolmeen pääasiaan: sitoutumiseen, ymmärtämiseen ja osaamiseen (Kivi 2014). Kuvassa 2.6 kerrotaan lyhyesti näiden kolmen asian käytännön sisältö.



**Kuva 2.6** Työturvallisuuden onnistumisen kolme pääasiaa (Perustuu lähteeseen Kivi 2014)

Yksilön toiminta ryhmässä korostuu työturvallisuutta luotaessa. Kuvan 2.6 kaavion sisällöstä voidaan kiteyttää, että yksittäisen työntekijän on itse ymmärrettävä toiminnan tarkoitus ja sitouduttava siihen, mutta samalla pyrittävä tarvittaessa vaikuttamaan myös muiden toimintaan. Tällaisen asenteen lisäksi työntekijän osaaminen ja ammattitaito mahdollistavat turvallisen työympäristön.

Kunnossapitotyön turvallisuudessa on kiinnitettävä erityistä huomiota huollettavien kohteiden vaaraa aiheuttaviin energioihin, jotka liittyvät sähköenergiaan, virtaaviin ai-neisiin, hydraulikkaan ja pneumatiikkaan sekä mekaniikkaan. Energialähteiden pois-sulkeminen koneen tai laitteen huollon tai korjauksen ajaksi on ensiarvoisen tärkeää. Näin pyritään estämään työntekijän altistuminen odottamattomalle energian purkaukselle työn yhteydessä. Koneen tehonsyötön poistamisen lisäksi tulee estää vaarallisten osien liikkuminen, poistaa järjestelmästä mahdolliset paineelliset tilat, neutraloida ääri-lämpötilat ja estää kemialliset altistumiset. (Kivi 2014)

Tehonsyötön organisoituun irtikytkemiseen voidaan käyttää LOTO-järjestelmää (Lock Out Tack Out). Tehon irtikytkemiseen käytetään LOTO:ssa tilanteeseen soveltuvaa lukkoa, joka estää takaisinkytkennän ilman lukon avaimen haltijaa (Lock Out). Samaan pisteeseen voidaan asettaa useampi lukko, jolloin takaisinkytkentä tapahtuu vasta, kun kaikkien lukkojen avaimien haltijat sen hyväksyvät. Lukittu irtikytkentäpiste sekä lait-



teen hallintapaneelit merkitään selkeästi informoimaan irtikytkennästä ja tahoista, jotka ovat siitä vastuussa (Tack Out).

Tehonsyötön estäminen laitteelle ei aina ole mahdollista. Joitain kunnossapidon toimenpiteitä suoritettaessa tai vikaa selvitettäessä laitteiston tarvitsee olla käynnissä. Tällaisten tilanteiden riskit tulee arvioida tapauskohtaisesti ja huolellisesti. Koneen normaalista käytöstä poikkeavan toiminnan työskentelyalue tulee rajata ja merkitä selkeästi ja näkyvästi Tack Out -menetelmää hyödyntäen. Tärkeätä tilanteessa on harkittu toiminta ja informaation kulku.

### **3 KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄN TAVOITTEET JA KOHDEJÄRJESTELMÄN RAKENNE**

Tässä luvussa esitetään perusteita työn suorittamiselle eli yrityksen kunnossapidon kehittämiseksi. Kunnossapitojärjestelmälle määritellään tavoitteet sekä esitellään ja rajataan kohdelaitteisto.

#### **3.1 Kunnossapitotoiminnan kehittäminen**

Kunnossapito on yksi merkittävimmistä yrityksen kustannuksista. Se on suurin kustannus pääoma- ja raaka-ainekustannusten jälkeen. Oleellinen huomioitava asia on myös se, että kunnossapito on yleisesti yritysten suurin kontrolloimaton kustannuserä (Mikkonen 2009, s. 38).

Parker Hannifin'n kansainvälisessä yhtiössä noudatetaan LEAN-toimintamallia. Tuotantoon LEAN vaikuttaa siten, että tuotannon läpimenoajat pyritään pitämään erittäin pieninä ja tuotteet lähetetään heti valmistuttuaan asiakkaalle ilman välivarastointia. Lyhyet läpäisyajat, suuri toimitusvarmuus sekä kustannustehokkuus ovat LEAN-toiminnan elinehtoja, jotka samalla luovat tuotantoyrityksen kilpailukyvyyn. Parhaaseen taloudelliseen tulokseen tähdättäessä varastoihin sitoutunutta pääomaa pyritään pitämään mahdollisimman pienenä ja materiaalin tulee kulkea tuotantoprosessista nopeasti läpi. Pienikin häiriö tuotantoprosessissa saattaa aiheuttaa myöhästymisen toimitusajassa ja siksi tuotantolaitteiden varma käytettävyys on tärkeä panostuksen kohde.

Kunnossapidon taloudellisen merkityksen määrittelemiseksi ei ole olemassa kansallista tai kansainvälistä tilastointia, sillä kunnossapitoa ei ole pidetty omana toimialanaan. Tuotannollisessa yrityksessä joudutaan arvioimaan kunnossapidon taloudellista merkitystä kustannusten tai kunnossapidosta johtuvien tuotantomenetysten kautta. (Mikkonen 2009, s. 37).

#### **3.2 Kunnossapitojärjestelmän tavoitteet**

Diplomityön puitteissa laaditaan kattava käyttäjäkunnossapitojärjestelmä yrityksen tuotteiden testaamiseen tarkoitetuille omavalmisteisille hydraulikoneikoille ja niihin liittyville testausasemille. Toteutettava käyttäjäkunnossapitojärjestelmä on yrityksen toimipisteen TPM-järjestelmän mukainen. Käyttäjäkunnossapidon tavoitteena on parantaa tuotannolle kriittisten testausjärjestelmien käyttövarmuutta edistämällä kunnonvalvonnan ja kunnossapidon toimintaa organisoidummaksi sekä kehittämällä tarpeellisia en-

nakkohuoltosuunnitelmia. Hydraulikoneikkojen ja venttiilitestiasemien TPM-järjestelmää kehitettäessä huomioidaan muun muassa huolto- ja korjaustilanteiden turvallisuus kuten turvaerottaminen. Kunnossapidon toimenpiteissä pyritään painottamaan ehkäisevän kunnossapidon eri lajeja.

Pohjatiedoksi kartoitetaan hydraulikoneikkojen ja testiasemien rakenne ja tutkitaan laitteiden kokoonpanosta olemassa oleva informaatio, piirustukset sekä laite- ja komponenttimanuaalit. Muu mahdollisesti puuttuva tieto hankitaan haastattelemalla laitteiden parissa työskenteleviä ihmisiä. Samoin kartoitetaan yrityksessä jo olemassa olevat hydraulikoneikkojen ja testiasemien huoltoihin ja kunnossapitoon kehitetyt työkalut ja kerätään näistä mahdollisesti saatava huolto- ja vikahistoria sekä muu informaatio talteen. Tiedossa olevien sekä laitteistoon perehdyttäessä ilmenevien vikojen syiden selvittämistä ja näihin ratkaisujen kehittämistä suoritetaan kunnossapitojärjestelmän muodostamisen yhteydessä mahdollisuuksien mukaan. Tärkeintä on tutkimalla tuoda mahdollisia ongelmakohtia ilmi ja pohtia niihin ratkaisuehdotuksia, vaikkei toimenpiteisiin tämän työn puitteissa ryhdyttäisikään.

Tarkkojen ja selkeiden TPM-järjestelmän toimintatapojen ja ohjeiden luominen on oleellista, jotta kunnossapitoa operatiivisesti toteuttavat työntekijät onnistutaan sitouttamaan vastuualueisiinsa. Laitteiden luotettavuuden parantaminen vaatii yrityksen sisäisessä työnjaossa kunnossapidon vastuiden ja tehtävien siirtämistä osittain käyttöhenkilöstölle (Laine 2010, s. 221). Tässä työssä toteutettavalla TPM-järjestelmällä koneiden kunnonseuranta ja siisteyden ylläpito vakioituu asennustyöntekijöiden vastuulle.

### **3.3 Venttiilituotannon testausjärjestelmät**

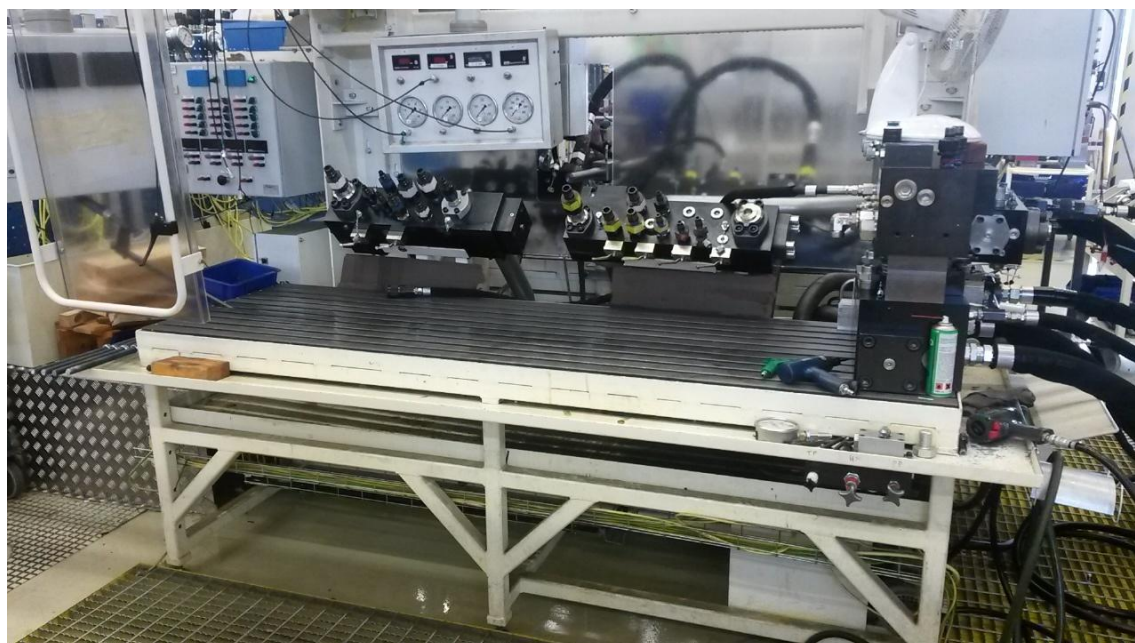
Yrityksen venttiilikokoonpanon tuotantotiloissa on kymmenen hydrauliventtiilistöjen testaamiseen tarkoitettua testiasemaa, joita käytetään kahdella eri hydraulikoneikolla. Järjestelmien hydraulinesteenä käytetään ISO VG 46 viskositeettiluokan öljyä. Hydraulikoneikko 1 (HK1) on rakennettu ja käyttöön otettu vuonna 2007. Hydraulikoneikko 2 (HK2) on käyttöön otettu 1980-luvulla ja sitä on osin modernisoitu vuonna 2009. Kuvassa 3.1 Hydraulikoneikko 1.



*Kuva 3.1 Näkymä Hydraulikoneikko 1:teen*

Kuvassa 3.1 oikealla näkyvät asennustasoon sijoitetut HK1:n hydraulipumput sekä niitä pyörittävät sähkömoottorit. Hydraulikoneikoista käytetään tässä tapauksessa lyhennettä HK, tai vaihtoehtoisesti lyhennettä HPU, joka tulee englanninkielisestä nimityksestä Hydraulic Power Unit. HK2:teen kytkeytyy kuusi venttiilitestiasemaa, HK1:teen testiasemia kytkeytyy neljä. Hydraulikoneikot ovat sijoitettuina omiin erillisiin tiloihinsa tuotantotilojen ulkopuolelle. Nämä koneikkokopeiksi nimitetyt tilat sijaitsevat tuotantorakennuksen välittömässä läheisyydessä, eri puolilla rakennusta. Hydraulijohteet kulkevat koneikoilta omia koteloitejaan pitkin tuotantotiloihin, jossa ne ovat sijoitettuna lattiaan upotettuun putkistokanaaliin. Kanaalista johteet jakaantuvat testiasemille. Mo-

lemmat hydraulikoneikot niihin kytkeytyvine testiasemineen muodostavat omat avoimet hydraulipiirinsä, eivätkä ne ole yhteydessä toisiinsa. Kuvassa 3.2 yksi kuudesta HK2:teen kytkeytyvästä testiasemasta.



*Kuva 3.2 Asennuslinjan ASE7 venttiilitestiasema, joka kytkeytyy Hydraulikoneikko 2:teen*

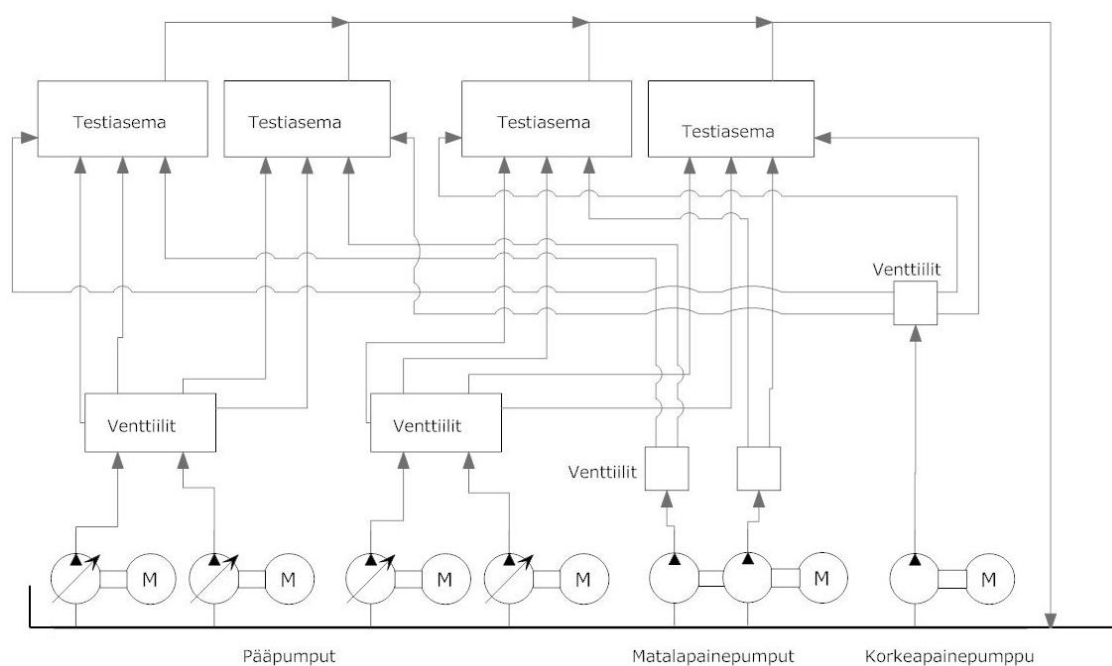
Kaikissa testiasemissa on hydrauliiikan painepalkki, jossa on pumpuilta tulevat hydraulioöljyn tuloliitännät sekä tankkipalkki, josta öljy johdetaan tankkilinjalla takaisin koneikon säiliöön. Palkit ovat koneistettuja hydraulilohkoja. Palkit näkyvät kuvassa 3.2 työtason takaosassa, tankkipalkki vasemmalla ja painepalkki oikealla puolella. Jokaisessa paine- ja tankkipalkin liitynnässä on vastaventtiilillä varustettu pikaliitin. Pikaliittimiä on erikokoisia sen mukaan, mikä on kyseisen linjan mitoitettu öljynvirtaus. Osassa testiasemista on lisäksi liitynnät myös ilman pikaliittimiä. Kuvassa 3.2 näkyy testiaseman oikeassa päädyssä suorat letkuliityntäpalkit, joiden öljynvirtausmitoitus on pikaliitinpalkkeja suurempi. Lisäksi testiasemissa on työtason alapuoliset öljyn valumakaukalot. Valumakaukaloista öljy siirtyy erillisillä pumppuyksiköillä suodattimien läpi takaisin koneikon säiliöön.

Jokaisessa testiasemassa on nivellettyyn telineeseen kiinnitetyt mittaritaulu, sähkönsyöttötaulu sekä kosketusnäyttöllinen ohjauspaneeli. Mittaritaulussa on eri hydraulisten painetasojen mittaamiseen tarkoitettuja analogisia ja digitaalisia painemittareita. Kuvassa 3.2 painemittaritaulu näkyy tankkipalkin yläpuolella. Sähkönsyöttötaulusta saadaan erilaiset ohjausvirrat testattavien venttiilien keloille. Sähkönsyöttötaulu näkyy kuvassa 3.2 vasemmalla taka-alalla. Kosketusnäyttöpaneelilla valitaan ja ohjataan koneikkojen pumppuja. Kuvassa 3.2 pumppujenohjauspaneeli on käännettynä pois päin ja siirrettyä vasemmalle syrjään.

Venttiilitestiasemassa testattava tuote kiinnitetään tukevasti työtasoon ja kytketään hydrauliletkuasennelmilla tarvittaviin testiaseman paine- ja tankkiliitoksiin. Testauksen aikana venttiiliin ja työntekijän välille siirretään läpinäkyvä suojalevy, jollainen näkyy kuvassa 3.2 työtason edessä vasemmalla.

### 3.3.1 Hydraulikoneikko 1 ja testiasemat

Hydraulikoneikko 1 ja siihen kytkeytyvät neljä testiasemaa muodostavat oman venttiili-testausjärjestelmänsä. Kuvassa 3.3 on todella yksinkertaistettu hydraulikaavio HK1:n testauksen hydraulijärjestelmästä. Kaavion on tarkoitus havainnollistaa suurpiirteisesti järjestelmän kokoa ja kytkentöjä.



**Kuva 3.3** Hydraulikoneikko 1:n ja siihen kytkeytyvien testiasemien yksinkertaistettu hydraulikaavio

Hydraulikoneikossa on testiasemille kytkeytyviä pumppuja kuvan 3.3 mukaisesti. Hydraulikoneikossa on myös hydraulijärjestelmään kuuluvat jäähdytys- ja suodatuskiertojen pumput, jotka eivät kytkeydy testiasemiin. Nämä pumput on jätetty pois kuvasta 3.3. Järjestelmän testiasemilla voidaan ohjauspaneelista valita käyttöön yksi tai useampi kyseiseen asemaan kytkeytyvä pumppu. Pumppuja on taulukon 3.1 mukaisesti erityyppisiä ja erilaisilla suoritusarvoilla.

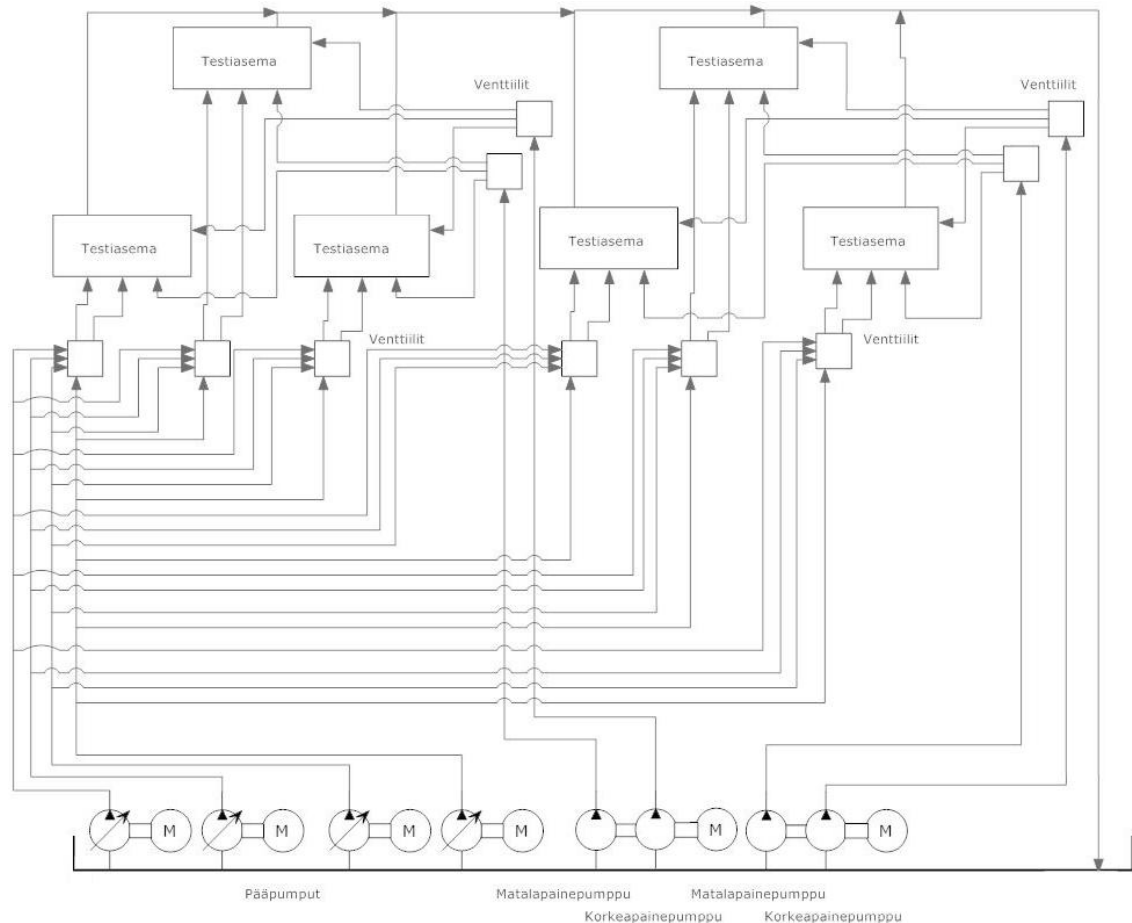
*Taulukko 3.1 Hydraulikoneikko 1:n testauspumput*

<b>Hydraulipumppu</b>	<b>Lukumäärä</b> [kpl]	<b>Tyyppi</b>
Pääpumppu	4	Säätötilavuuksinen aksiaalimäntäpumppu
Matalapainepumppu	2	Hammaspyöräpumppu
Korkeapainepumppu	1	Radiaalimäntäpumppu

Yksittäiseen testiasemaan kytkeytyy kuvan 3.3 mukaisesti 2 pääpumppua sekä 1 matalapaine- ja 1 korkeapainepumppu. Yksittäistä pumppua ei voi käyttää yhtä aikaa useammalla testiasemalla, mutta pääpumppuja voidaan kytkeä käytettäväksi 2 yhtä aikaa yksittäisellä asemalla. Kahta samaan testiasemaan käyttöön valittua pumppua voidaan ajaa joko yhteiskäytöllä samaan painepalkin liitintään tai erilliskäytöllä kahteen eri paineliitintään.

### **3.3.2 Hydraulikoneikko 2 ja testiasemat**

Hydraulikoneikko 2 ja siihen kytkeytyvät kuusi testiasemaa muodostavat oman venttiili-testausjärjestelmänsä. Kuvassa 3.4 on todella yksinkertaistettu hydraulikaavio HK2:n hydraulijärjestelmästä.



*Kuva 3.4 Hydraulikoneikko 2:n ja siihen kytkeytyvien testiasemien yksinkertaistettu hydraulikaavio*

Kuten HK1:ssä, HK2:ssa on testiasemille kytkeytyviä pumppuja sekä jäähdytys- ja suodatuskiertojen pumppu, jotka eivät ole kuvassa 3.4. Järjestelmän testiasemilla voidaan ohjauspaneelista valita käyttöön yksi tai useampi kyseiseen asemaan kytkeytyvä pumppu. Pumppuja on taulukon 3.2 mukaisesti erityyppisiä ja erilaisilla suoritusarvoilla.

*Taulukko 3.2 Hydraulikoneikko 2:n testauspumppu*

Hydraulipumppu	Lukumäärä [kpl]	Tyyppi
Pääpumppu	4	Säätävälavuuksinen aksiaalimäntäpumppu
Matalapainepumppu	2	Hammaspyöräpumppu
Korkeapainepumppu	2	Radiaalimäntäpumppu

Yksittäiseen testiasemaan kytkeytyy neljä pääpumppua sekä yksi matalapaine- ja yksi korkeapainepumppu. Yksittäistä pumppua ei voi käyttää yhtä aikaa useammalla tes-



tiasemalla, mutta mikä vain neljästä pääpumpusta voidaan kytkeä käytettäväksi millä vain testiasemalla. Useampaa samaan testiasemaan käyttöön valittua pumppua voidaan ajaa joko yhteiskäytöllä samaan painepalkin liitântään tai erilliskäyttöillä kahteen eri paineliitântään. Kaikki neljä pääpumppua voidaan kytkeä käytettäväksi yhdellä testiasemalla. Pääpumppujen kytkentämahdollisuudet HK2:n testiasemilla ovat monipuolisemmat kuin HK1:n testiasemilla, mutta samalla kytkentäventtiilistöt ovat monimutkaisemmat ja hydrauliputkituksia on enemmän.

### **3.4 Kohdelaitteiston käyttö**

Jokainen yrityksen tuote testataan venttiilitestiasemassa. Valmistetuille venttiilistöille suoritetaan koepaineistus määrätyllä paineella. Niiden toiminnallisuudet testataan ja tarvittavien venttiilien, kuten paineraja- ja paineenalennusventtiilien asetusarvot säädetään. Venttiilitestiasemia pyritään kuormittamaan tuotannon ohjauksella tasaisesti. Kaikissa testiasemissa on samat perustoiminnot, mutta osassa on myös tuotekohtaisia testausominaisuuksia.

Hydrauliventtiilistöjen tuotannolle ovat ominaisia kaikki aliluvussa 2.2.2 mainitut KNL-luvun laskentaa hankaloittavat asiat. Kohdelaitteiston KNL-luvun laskenta olisi tämän vuoksi työläs ja suurpiirteinen eikä sitä käsitellä tämän työn puitteissa. Käyttöön otettavan TPM-järjestelmän tuoma muutos laitteiston laskennalliseen käyttötehokkuuteen jää yrityksen itse selvitettäväksi.

Asennuksen kokoonpano ja testaus toimivat pääasiassa normaalissa päivävuorossa, joten tuotanto ei ole läheskään jatkuvaa. Tällaisessa koneiden käytön asteella saattaa syntyä tilanne, että tuotannon johto ei näe kattavan kunnossapitotoiminnan hyötyjä ja ajatellaan, että korjauksille on aikaa tuotantoajan ulkopuolella, esimerkiksi ilta- tai viikonloppuaikaan. Tämä ei ole koko totuus, sillä esimerkiksi kuntoon perustustuvan kunnossapidon laiminlyönnit kostautuvat usein alentuneena suoritus- tai laaduntuottokykyä. Korjaustoiminta saattaa olla kallista, jos viat ovat aina ennakoimattomia. (Mikkonen 2009, s. 139)

## 4 LÄHTÖTILANNE JA KRIITTISYYSKARTOITUS

Tässä luvussa käydään läpi kohdejärjestelmästä ja sen kunnossapidosta selvitetty lähtötilanne. Lähtötietojen saamiseksi yrityksessä haastateltiin avoimesti useita venttiiliteauslaitteistojen kanssa tekemisissä olevia työntekijöitä ja käytiin läpi saatavilla olevat dokumentaatiot ja materiaalit. Tämän lisäksi suoritettiin mahdollisimman syvällisesti itsenäistä ja käytännöllistä tutustumista venttiilien tuotannon kokoonpanoon ja testaukseen sekä itse testausjärjestelmään ja sen toimintaan.

### 4.1 Kunnossapidon organisointi

Toimipisteen huoltojen ja kunnossapidon organisoinnista vastaa Manufacturing Systems Manager, suoraan suomennettuna valmistuksen järjestelmäpäällikkö. Järjestelmäpäällikkö tekee esimerkiksi huoltokutsut, hyväksyy tarvittavien varaosien ja tarvikkeiden tilaukset sekä kehittää yleisesti valmistuksen laitteita. Järjestelmäpäälliköllä on alaisuudessaan kahden hengen tiimi, jonka toimenkuva on kuitenkin keskittynyt tuotannon koneistuksen menetelmien kehittämiseen. Tuotannon kokoonpanossa ja testauksessa menetelmiä kehittää työnjohdon ja asennustyöntekijöiden kanssa järjestelmäpäällikkö itse. Kokoonpanon ja testauksen huolto ja kunnossapidollinen toiminta tapahtuu käytännössä yksin järjestelmäpäällikön kautta, työnjohdon kautta tai jossain tapauksissa suoraan asentajien toimesta.

Venttiilitestijärjestelmän hydraulikoneikkojen kunnonvalvonta on toteutunut asennustyöntekijöiden toimesta, mutta toimenpiteisiin ei ole ohjeistuksia eikä koulutuksia, eikä suoranaista vastuutakaan ole määritelty asennustyöntekijöille. Asentajien työn ohessa suoritettavia kunnossapitotoimenpiteitä varten on harvoin mitoitettu työpäivään erikseen aikaa, jolloin joko tuotannollinen työaika kärsii tai vaihtoehtoisesti asiat jäävät kokonaan suorittamatta. Kunnossapidon seuranta ei ole avointa, ja hydraulikoneikkojen huoltojen ja kunnossapidon tilanne on tarkasti tiedossa yleensä vain kunnossapidosta vastaavilla tahoilla.

Tietyt venttiilitestijärjestelmän vikatilanteet ovat kokeneemmille asennuksen työntekijöille tuttuja ja niihin on kehittynyt vakioituneita ratkaisuja, joita asentajat itse toteuttavat. Vikatilanteiden poistaminen ei ole kuitenkaan määritelty yleisesti suoraan asentajien tehtäväksi, sillä vikatilanteisiin ei ole asentajille suunnattuja ohjeita eikä koulutusta. Lähtökohta on aina vikatilanteessa ilmoittaa asiasta työnjohtoon ja järjestelmäpäällikölle.

Testiasemiin ja hydraulikoneikkoihin liittyviä varaosia ja tarvikkeita on päätynt ajan saatossa säilytettäväksi hyvin hajautetusti yrityksen toimipisteen eri tiloihin. Jotkin komponentit ovat työnjohdon ja muiden toimihenkilöiden valvomissa lukituissa varastoissa, osa vapaasti kaikkien työntekijöiden päästävissä tiloissa. Tietyt komponentit ovat saatavissa vain järjestelmäpäällikön kautta. Komponenttien varastointisijainneista ei ole kattavaa dokumentaatiota ja joidenkin komponenttien sijainneista saattaa tietää vain tietyt henkilöt. Tämä voi aiheuttaa ongelmia, jos varastoidun komponentin paikkaa on jouduttu muuttamaan logistiikkaosaston toimesta eikä komponentille ole muistiin kirjattua sijaintia.

## 4.2 Järjestelmän dokumentaatio

Molemmista testausjärjestelmistä on olemassa kattavat hydraulikaaviot sekä sähköpiirustukset, mutta osa dokumenteista ei ole täysin ajan tasalla. Kaikista järjestelmien hydrauliventtiilistöistä ja -lohkoista on tallella piirustukset. HK1:n rakenteesta on olemassa kokoonpanokuvat, HK2:sta ei.

Tämän työn puitteissa ei suoriteta piirustusten tai kaavioiden päivityksiä, mutta mahdollisesti ilmenevät puutteet tuodaan ilmi ja suosituksia jatkon toimenpiteistä voidaan antaa. Molemmille järjestelmille on kattavat toimintaselostukset, joiden perusteella koneikkojen ominaisuudet sekä toiminta venttiilitestiasemalta ohjattuna käy hyvin ilmi.

## 4.3 Tiedossa olevia järjestelmien ongelmakohtia

Asennustyöntekijöitä haasteltaessa merkittäväksi asiaksi ilmenivät useammin testausjärjestelmän kehittämiskohteet, kuin itsessään kunnossapito tai vikatilanteet. Esimerkiksi HK1:een kannattaisi lisätä toinen korkeapainepumppu, jotta testiasemilla välttyttäisiin odottelulta. Testaukseen odottelua aiheuttava yhden korkeapainepumpun konstruktio on myös sinällään kriittinen, koska pumpun hajotessa yhteenkään HK1:n kytkeytyvään testiasemaan ei saada korkeapainetta ja tietyt venttiilitestaukset hankaloituvat merkittävästi.

Venttiilitestauksessa on käytössä useita yksittäisiä erityislohkoja sekä sähköisiä ja tietokoneohjattuja testauslaitteistoja, jotka eivät ole suoraan yhteydessä testausjärjestelmien hydraulipiireihin. Kyseisille laitteille kannattaisi muodostaa oma TPM-järjestelmä, jossa otetaan huomioon yksittäisten laitteiden kriittisyydet ja varalaitteiden tarpeet.

Diplomityö rajautuu hydraulikoneikkojen ja testiasemien perusosien TPM-järjestelmän suunnitteluun ja käyttöönottoon eikä työn puitteissa toteuteta laitteistoon kuin korkeintaan pieniä huoltoon ja kunnossapitoon liittyviä muutoksia. Tämän työn puitteissa ei puututa esimerkiksi testauksen yksittäisiin erikoistyökaluihin. Käyttöön otettavan TPM-

järjestelmän yhtenä tarkoituksena on kuitenkin myös edesauttaa laitteiston järjestelmällisempää kehittämistä jatkossa, joten kaikki tämän työn selvitysten yhteydessä ilmenevät kehityskohteet ja ideat ovat tärkeää informaatiota jatkossa.

Huolto- ja vikahistorian perusteella molempien venttiilitesterijärjestelmien hydraulikonkoneiden pääpumput ovat olleet merkittävästi korjausten ja huoltojen kohteena. Tämä ei ole yllättävää, sillä pääpumput ovat testauksen käytetyimmät työvälineet, ja niitä käytetään usein käyttöominaisuuksiensa ääriarajoilla. Pääpumppujen sähkömoottoreita on vaihdettu ja huollettu usein samanaikaisesti pumppujen kanssa.

Pääpumppujen sähkömoottoreiden sähkönsyötön ongelmia on ilmennyt molemmissa koneikossa aika ajoin. Ongelmat ovat ilmeisesti liittyneet usein sähkömoottorin pehmokäynnistimen parametriongelmiin tai ylikuormituksen aiheuttamiin lämpenemisiin ja käyttökatkoihin.

HK1:n jäähdytyskierron toiminnassa on ilmennyt häiriöitä, ja öljyn lämpötila on voinut nousta kuumilla kesäkeleillä normaalia toimintalämpötilaa korkeammalle. Tilannetta on korjattu uudelleenkäynnistämällä hydraulikonkoneen ohjausjärjestelmä sekä avaamalla hydraulikonkoneen ovia tuuletuksen parantamisen toivossa.

#### **4.4 Vika- ja vaikutusanalyysit**

Kunnossapidon toimenpiteet kohdistuvat koneen tai tuotantolinjan yksittäisiin komponentteihin ja osiin. On hyvä tehdä laitekokonaisuudesta analyysi siitä, millaisia vikoja koneeseen voi tulla, miten ne ilmenevät, mistä ne johtuvat ja mitä seurauksia niistä on koko tuotantolinjan toiminnalle. (Laine 2010, s. 127)

Laitteistoanalysointi suoritettiin vika- ja vaikutusanalyysien avulla. VVA:n suorittaminen toteutettiin huomioiden järjestelmää mahdollisesti kohtaavat merkittävää haittaa tuotannolle aiheuttavat viat. VVA:ta tehtäessä ei oteta huomioon yrityksen ulkopuolista vaikutuksista johtuvia vikoja kuten kokonaisvaltaisia sähkökatkoksia.

Vika ja vaikutusanalyysi voidaan suorittaa joko aloittamalla komponenttitasolta ylöspäin tai vaihtoehtoisesti systeemitasolta alaspäin. Alhaalta ylöspäin suoritettavassa kartoituksessa etuna on kartoituksen tarkkuus. Ylhäältä alaspäin tapahtuvalla kartoituksella tunnistetaan kriittiset vioittumiset, jolloin voidaan keskittyä niihin. (Palukka 2012)

VVA:t suoritettiin niin kutsutusti ylhäältä alaspäin eli koko testausjärjestelmän tasolta kohti mahdollisia vikaantuvia komponentteja. Molempien testausjärjestelmien osalta hydraulijärjestelmä jaettiin merkittävimpiin osakokonaisuuksiin ja alijärjestelmiin, joiden toimintaa tarkasteltiin tuotannon testauksen jatkuvuuden kannalta. Kaikkia testausjärjestelmän osuuksia ei analysoida VVA:lla, vaan analysoitavaksi valikoituivat ne osa-

kokoonpanot ja alijärjestelmät, joiden arvioitiin vikaantuvan todennäköisimmin. Tällä tavoin VVA:n suorittamisessa keskityttiin testausjärjestelmään kriittisesti vaikuttaviin vikaantumisiin. Testausjärjestelmien muut osat arvioitiin vapaammin luvussa 5. Molemista testijärjestelmistä eroteltiin analysoitavaksi taulukon 4.1 mukaiset osakokonaisuudet ja alijärjestelmät.

**Taulukko 4.1** *Analysoitavat osakokonaisuudet ja alijärjestelmät*

<b>Kohde</b>
Pääpumput
Korkeapainepumput
Ohjauspainepumput
Jäähdytys-suodatus -piiri
Hienosuodatuspiiri
Anturit ja lähettimet

Taulukossa 4.1 mainituilla ohjauspainepumpuilla viitataan järjestelmien aiemmin esiteltyihin matalapainepumppuihin. Alijärjestelmien analysointi toteutettiin tilanteeseen sopivaksi muokatulla VVA-lomakkeella. Hienosuodatuskierto sekä anturoinnit ovat koneikoissa tarpeeksi samankaltaiset, jolloin analysointi tarvitsi suorittaa näiden osalta vain kertaalleen. Muista valituista osakokonaisuuksista ja alijärjestelmistä täytettiin hydraulikoneikkokohtaiset lomakkeet. Analyysilomakkeita täytyi näin yhteensä kymmenen kappaletta. Liitteessä 1 on HK1:n Jäähdytys-suodatus -piirin VVA-lomake.

VVA-lomakkeen yhdellä rivillä käsitellään aina yksittäinen vaihdettavissa tai korjattavissa oleva osa tai komponentti. Tällä tavoin VVA rajataan käsittämään sellaisia komponenttipaketteja, jotka jotenkin vikaantuessaan vaihdetaan kokonaisuutena uuteen. Poistettu vanha komponentti korjataan erikseen, jos se on mahdollista ja taloudellisesti kannattavaa. Taulukossa 4.2 on esitettyä VVA-lomakkeen sarakkeiden sisällön merkitys.

**Taulukko 4.2** VVA-lomakkeen sarakkeiden sisällön merkitys

<b>Sarake</b>	<b>Sarakkeen sisältö</b>
1	Tarkasteltava komponentti tai järjestelmän osa
2	Vian syy
3	Seuraus / vika
4	Vian vaikutus järjestelmään
5	Huomioita viasta
6	Luokitusarvo 1–3
7	Vian estäminen tällä hetkellä
8	Vian havaitseminen
9	Suosittelut toimenpiteet
10	TPM-toimenpiteet

Taulukossa 4.2 on listattuna VVA-lomakkeen sarakkeiden sisältö. Sarakkeessa yksi on analysoitava komponentti tai osa. Nämä analysoitavat komponentit määrittelevät analyysin tarkkuuden. Esimerkiksi hydraulipumpuista ei analysoida pumpun jokaista komponenttia erikseen, vaan pumpu käsitellään yhtenä komponenttina. Sarakkeessa kaksi on arvioitu syitä, jotka aiheuttavat komponentin vian. Syitä voi komponentista riippuen olla listattuna useita. Sarakkeessa kolme on sarakkeen kaksi syiden mahdolliset seuraukset ja viat komponentissa. Sarakkeeseen neljä on edelleen arvioitu komponentin vian vaikutus koko järjestelmään. Sarakkeeseen viisi on kirjattu ylös komponenttiin ja sen vikaan liittyviä huomioita, jotka vaikuttavat luokitusarvon muodostumiseen. Näitä ovat esimerkiksi tuotannon ohjaukselliset toimenpiteet, joilla voidaan vähentää vian vaikutusta tuotantoon. Sarakkeeseen kuusi on muodostettu arvio komponentin riskiluokituksesta, joka on numeroarvo 1, 2 tai 3. Taulukossa 4.3 on esitettyä perusteet riskiluokitusarvon määräytymiselle tämän työn yhteydessä. Mitä korkeampi numeroarvo on, sitä suurempi on riski.

*Taulukko 4.3 Riskiluokituksen perusteet VVA:ssa*

	<b>Korkea riski</b>	<b>Kohtalainen riski</b>	<b>Pieni riski</b>
<b>Riskiluokitus</b>	3	2	1
<b>Vaikutus koneikkoon</b>	Koko koneikko pois käytöstä	Yksittäinen pumppu pois käytöstä	Laadullinen laitteisto pois käytöstä
<b>Vaikutus testaukseen</b>	4 - 6 Asennuslinjaa pois käytöstä	Yksittäinen asennuslinja pois käytöstä	Dokumentointi kärsii, puhtaustaso kärsii
<b>Vaikutus työturvallisuuteen</b>	Suuri turvallisuusriski	Kohtalainen turvallisuusriski	Vähäinen turvallisuusriski
<b>Tapahtuman todennäköisyys</b>	Todennäköinen tapahtuma	Saattaa tapahtua	Epätodennäköinen tapahtuma

Taulukossa 4.3 on asiat, joita on huomioitu riskiluokitusta muodostettaessa. Riskiluokitus määräytyy korkeimman arvioidun riskin mukaan. Taulukon 4.2 sarakkeeseen seitsemän on merkattu sen hetkiset toimenpiteet kolmannen sarakkeen vikojen estämiseksi. Sarakkeen kahdeksan kohdalle on listattuna miten mahdolliset viat käyvät ilmi. Havaitsemistapoja voi olla monia, riippuen esimerkiksi siitä kuinka pitkälle vika on edennyt. Sarakkeeseen yhdeksän on kehitetty suositeltuja toimenpiteitä, joilla voidaan pyrkiä vian seurauksien pienentämiseen, vian vaikutuksien vähentämiseen järjestelmälle, vian estämisen kehittämiseen ja vian havaitsemisen helpottamiseen. Sarakkeena kymmenen on kohta, johon on edelleen mietitty suositeltujen toimenpiteiden mukaisia tulevan TPM-järjestelmän määrittelemiä toimenpiteitä.

## 5 VENTTIILITESTAUSJÄRJESTELMÄN KUNNOSSAPITOKOhteet

Kunnossapito-ohjelmaa rakennettaessa selvitetään yksittäisten komponenttien saatavissa olevat valmistajien suositukset ja huolto-ohjeet. Komponentin kunnossapidon tason tarve muotoutuu arvioimalla komponentin käyttöolosuhteet ja huomioimalla omat sekä valmistajan suositukset. Läheskään kaikille komponenteille ei ole saatavilla valmistajien ilmoittamia virallisia suosituksia, joten näiden osalta täytyy järkeviä suosituksia kehittää alan kirjallisuuden neuvojen sekä oman ja yrityksen sisäisen tietotaidon turvin.

On kuitenkin otettava huomioon, että laitetoimittajat tekevät huolto-ohjelmansa takuu-aikaa varten, eli niissä saattaa ilmetä suuriakin ylimitoituksia. Huolto-ohjelma on saatettu määrittellä olettaen laitteen käyttöolosuhteiksi jotkin valmistajan määrittelemät normaalit olosuhteet, jotka poikkeavat olemassa olevista olosuhteista. Yksittäisen laitteen käyttöolosuhteet tulee osata arvioida TPM-toimenpiteitä suunniteltaessa. Samoin takuuajan jälkeisiin huolto-ohjeistuksiin saattaa sisältyä varmuuden vuoksi suoritettavia osienvaihtoja, koska varaosien luomat jälkimarkkinat ovat laitevalmistajalle hyvää liiketoimintaa. (Laine 2010, s. 130)

Jokaisesta järjestelmän tutkittavasta komponenttityypistä on ensin selvitetty mitkä ovat niihin kohdistuvat nykyiset kunnossapidolliset toimenpiteet. Tämän jälkeen on pohdittava mahdollisesti tarpeellisista muutoksista toimintaan. Tätä komponenteista muodostettua informaatiota on hyödynnetty myöhemmin TPM-toimenpiteiden määrittelemisessä.

Tässä luvussa perehdytään myös vika- ja vaikutusanalyseissä jo käsiteltyjen komponenttien tilanteeseen, sillä lähestymistavat ovat erilaiset ja analyysin avulla ja yleisellä pohdinnalla saattaa selvitä eriasioita. Lopullisia TPM-toimenpiteitä päätettäessä otetaan huomioon sekä Vika- ja vaikutusanalyysien sisältö että tässä luvussa esille tulevat seikat.

### 5.1 Hydraulijärjestelmien komponentit

Koska venttiilitestausjärjestelmät ovat kokoonpanoiltaan samankaltaiset, ja ne sisältävät toiminnoiltaan samanlaisia komponentteja, voidaan HK1:n ja HK2:n komponentteja tarkastella yhtä aikaa. Komponenttien koneikkokohtaiset erot huomioidaan lopullisissa käyttäjäkunnossapidon ohjeissa, jotka ovat konekohtaiset.



### 5.1.1 Suodattimet

Hydraulijärjestelmän peruskunnossapitoon kuuluu järjestelmän suodattimien vaihdot. Suodattimen vaihtamisesta puhuttaessa tarkoitetaan tässä yhteydessä vaihdettavissa olevan suodatinelementin vaihtamista. Suodattimien vaihto on merkittävin toistuvasti tapahtuva huoltotoimenpide testausjärjestelmien hydraulikoneikoille. Molempien testikoneikkojen kaikki suodattimet on vaihdettu pääosin asennustyöntekijöiden toimesta tasaisin väliajoin kerran vuodessa. Joitain painesuodattimia vaihdetaan useammin, jos indikaattori antaa paine-eroilmoituksen ohjauspaneeliin. Uusia suodattimia pyritään pitämään jatkuvasti tarpeellinen määrä varastossa. Suodattimien tiivistimiä on varastoituna vaihtelevasti joitain kappaleita.

Koneikkojen kaikkien suodattimien vaihdon yhteydessä on usein jäänyt säiliön huohotussuodatin vaihtamatta. Huohotussuodattimella ei ole koneikossa mitään positiomerkinä, ja huohotinta on saatettu pitää hydrauliiikan toiminnan ja öljyn puhtauden kannalta vähemmän merkittävänä suodattimena. Tämä on virheellinen tulkinta. Säiliön huohotussuodatin on hyvin oleellinen järjestelmän osa, sillä sen kautta järjestelmään otetaan ulkoilmaa sisään, ja sillä siis määritellään ulkopuolisen kontaminaation taso järjestelmässä. Huohotussuodatin on ainoa, jossa ei ole erillistä indikaattoria, eli sen tukkeutumista ei voi havaita irrottamatta. Jos suodatin tukkeutuu, pahimmassa tapauksessa öljysäiliöön saattaa syntyä alipaine, joka haittaa öljyn kulkua ja saattaa aiheuttaa säiliön seinämien sisäänpäin notkahtamisen ja vaurioitumisen. Siksi huohotussuodatin tulisi vaihtaa aina määräaikaisesti vuoden välein, jotta varmistutaan sen toimivuudesta.

Testiasemien valumakaukaloista öljy pumpataan suodattimien läpi takaisin koneikon säiliöön erillisiä linjoja pitkin. Nämä erilliset siirtolinjojen suodattimet sijaitsevat testiasemien yhteydessä ja jäävät helposti vaihtamatta muun koneikon suodatinhuollon yhteydessä. Suodattimissa on paine-eroindikaattorit, mutta niillä ei ole selkeitä kenttämerkintöjä sijainneissaan.

Joidenkin suodatinelementtien tuotenumero malli tai valmistaja on vuosien varrella muuttunut ja yhteensopivuuksista on joskus epätietoisuutta. Tämä on hankaloittanut suodattimien vaihtotyötä sekä uusien suodatinelementtien tilaamista varastoon.

HK1:n suodattimien vaihtotyöhön oli toteutettuna kirjalliset ja kuvalliset ohjeet vaihtotyön helpottamiseksi. Tämä materiaali pystyttiin sisällyttämään pienin lisäyksin TPM-ohjeisiin. HK2:n suodattimille toteutettiin vastaavanlaiset kirjalliset ja kuvalliset vaihto-ohjeet, jotka sisällytettiin TPM-ohjeisiin. Molempien hydraulikoneikkojen sekä koneikoissa että testiasemilla sijaitsevien suodattimien kenttämerkintöjä täydennettiin ja yhtenäistettiin. Näin varmistettiin, että jokaisella järjestelmän suodattimella on hydraulijärjestelmän mukainen positiomerkinä sekä TPM-toimenpiteissä hyödynnettävät kenttämerkinnät.

Kaikkien hydraulikan suodattimien mallit tarkastettiin ja selvitettiin vaihtoelementtien soveltuvuudet. Suodattimien vaihtoelementeistä, tiivistimistä ja varaosista muodostettiin yksi kattava listaus, josta selviää yksittäisen suodattimen kaikki tarvittavat tiedot sekä vähimmäisvarastointimäärät suodatinpositiokohtaisesti.

Yksittäiset suodattimien paine-eroindikaattorit alkavat ilmoittaa suodattimen tukkeutumisesta muihin suodattimiin verrattuna lyhyen käytön, esimerkiksi kuukauden jälkeen. Jos yksittäisen suodattimen elementin vaihtaminen useasti vuodessa koetaan haastavaksi, on suunniteltava suodatuspinta-alan kasvattamista, joko isommalla suodattimella tai lisäämällä vastaavia suodattimia rinnan hydraulilinjaan. Suodattimen suodatusasetetta ei kannata huonontaa nopean tukkeutumisen estämiseksi, sillä se vaikuttaa koko järjestelmän suodatusasteeseen. Järjestelmään voi kuitenkin lisätä karkeamman suodattimen hydraulilinjaan ennen nopeasti tukkeutuvaa suodatinta. Tällöin öljyn suodattuminen tapahtuu portaittain ja epäpuhtaudet jakaantuvat tasaisemmin sarjaan kytketyille suodattimille niiden suodatusasteen mukaan.

### **5.1.2 Hydraulioöljy**

Hydraulijärjestelmän merkittävin komponentti on väliaine, joka on useimmiten öljy. Järjestelmän pitkän käyttöiän ja häiriöttömän toiminnan paras tae on öljyn kunnan ylläpitäminen. Oleellisimpia tekijöitä ovat puhtaus ja sopiva lämpötila.

Venttiilitestausjärjestelmien hydraulioöljyn lämpötilaa, puhtautta sekä määrää seurataan testaus tilanteissa reaaliaikaisesti. Koneenkäyttäjä voi seurata lämpötilaa, puhtausluokitusta ja säiliön öljynpinnankorkeutta ohjauspaneelista. Öljyn lämpötilaa ja puhtautta seuraamalla varmistetaan venttiilitestauksen laadusta sekä testikoneikon hydraulipiirin kunnosta. Öljyn lämpötilalle ja pinnankorkeudelle on asetettu ohjausjärjestelmään alaja ylärajat hälytykselle ja pysäytykselle. Molemmissa koneikoissa öljyn lämpötila nousee joskus hälytysrajalle saakka, mutta ei koskaan pysäytysrajalle saakka. Öljyn lämpenemisen on oletettu usein johtuvan jäähdytyksen tehottomuudesta kuumina kesäkausina.

Testijärjestelmä on avoin hydraulijärjestelmä, jossa teoriassa öljyn määrän pitäisi säilyä ennallaan, jos ei ole vuotoja. Venttiilitestaukselle on kuitenkin ominaista, että öljyä poistuu järjestelmästä normaalisti käytön yhteydessä. Tämän vuoksi hydraulioöljyä joudutaan lisäämään järjestelmään tasaisin väliajoin, eikä sitä erikseen vaihdeta koskaan. Öljyä lisätään kerralla yleensä satoja litroja. Vain osa asennustyöntekijöistä suorittaa lisäyksiä. Testausjärjestelmissä käytettävä hydraulioöljy lisäaineistetaan korroosionestoaineella aina ennen järjestelmään lisäystä. Jokaiseen testattuun hydrauliventtiilistöön jää testauksen jälkeen öljyä, jota ei saada palautettua järjestelmään. Tämä on kuitenkin taroituksenmukaista, sillä testattuihin venttiilistöihin jäävä öljy suojaa venttiilistön sisäisiä osia korroosiolta kuljetuksien ja säilytyksien ajan ennen sen lopullista käyttöpaikkaa. Hydraulioöljy kuuluu siis tuotteiden laadun ylläpitoon.

Kaikki järjestelmistä kuluva öljy ei poistu testattavien tuotteiden mukana. Toimilaitteissa ja hydraulijohdeissa voi olla vuotoja ja öljyä saattaa valua testaustilanteissa ylivuotokaukaloihin sekä lattioille. Edellä mainituilla tavoilla järjestelmästä poistunut öljy päätyy jäteöljyksi. Jäteöljymäärän kertymistä tulisi seurata järjestelmällisesti. Jos jäteöljyä vaikuttaa syntyvän runsaasti, pitää asiaan pyrkiä vaikuttamaan venttiilitestauksen työtapojen kehittämisellä.

Testipenkin valumakaukaloiden ulkopuolelle päässyt öljy on tärkeätä puhdistaa mahdollisimman nopeasti pois. Lattialla oleva öljy muodostaa liukastumisriskin. Valmiiksi öljyisistä paikoista ei havaitse mahdollista järjestelmän vuotoa yhtä hyvin kuin puhtaista paikoista. Myös testiasemien öljynvalumakaukaloiden puhtautta täytyy ylläpitää aktiivisesti, jotta välttyään järjestelmään palaavan öljyn ylimääräiseltä likaantumiselta.

Lisäaine lisätään uuteen hydraulioöljyyn mittakannun avulla käsin ohjeistetun suhteen mukaisesti. Lisäaineen lisäyksessä on varmistuttava aina tarkasti lisättävän aineen oikeellisuudesta sekä määrästä. On myös kiinnitettävä huomiota aineiden hyvään sekoittumiseen keskenään. Öljyvarastossa säilytettävä valmiiksi lisäaineistettu hydraulioöljy tulee merkitä selkeästi.

Öljyn kunnonseurantaan voi lisätä vesipitoisuuden mittauksen, jolloin mahdolliset pienetkin kosteusongelmat öljyssä havaittaisiin jo aikaisessa vaiheessa. Tämä ei ole välttämätön toimenpide, sillä venttiilitestausjärjestelmässä ei ole ilmennyt koskaan veden aiheuttamia ongelmia ja suurten vesimäärien päätyminen öljyyn on epätodennäköistä.

TPM-toimenpiteitä määriteltäessä kiinnitetään huomiota kirjattuihin toimintaohjeistuksiin liittyen hydraulioöljyn lisäykseen, jäteöljynkäsittelyyn ja työalueiden puhtauteen. Havainnollistavien ohjeiden avulla kaikki asennustyöntekijät suoriutuvat toimenpiteistä tarvittaessa.

### **5.1.3 Säätötilavuuksiset hydraulipumput**

Testausjärjestelmien hydrauliiikan pääpumput ovat saaneet molempien hydraulikoneikojen kohdalla kunnossapitotoiminnassa runsaasti huomiota. Koneikoissa käydään säännöllisesti tarkistamassa vuotoja ainakin pääpumppujen ympäristöstä. Pumppujen käyttötunteja seurataan ja yksittäisen pumpun käyttöikä on pyritty arvioimaan karkeasti, jotta pumppu voidaan huoltaa tai vaihtaa hallitusti ennen mahdollista vikaantumista. Tähän mennessä yksittäinen koneikon pääpumppu on pyritty kokonaisuudessaan vaihtamaan, jos pumpun on testaustilanteessa havaittu käyttäytyvän todella epätavallisesti tai se ei toteuta siltä vaadittuja suoritusarvoja. Pumppu vaihdetaan tietysti myös, jos se lopettaa toimintansa kokonaan. Yrityksessä pyritään pitämään varalla aina kahta uutta tai huollettua Parkerin PV-sarjan pumppua, yhtä HK1:een soveltuvaa ja yhtä HK2:een soveltuvaa pääpumppumallia. Tällä hetkellä HK2:n kokoonpanossa olevat kaksi PV-mallisarjasta poikkeavaa pääpumppua korvataan tulevaisuudessa PV-sarjan pumpuilla.

Säätyvätilavuuksisilla pumpuilla on jokaisella oma pumpun ohjainyksikkö. Pumpun ohjaimen tulee tiedot pumpun paineesta, tilavuusvirrasta ja vinolevyn asennosta. Näiden tietojen perusteella ohjaimella hallitaan pumpun tuottoa ja painetta valitun ohjainalgoritmin mukaisesti. Pumput ovat sekä paine- että tilavuusvirtasäätiviä. Jokaisessa ohjaimessa on asetettuna pumppukohtaiset yksilölliset parametrit. Parametreista on varmuuskopiot ja varaohjaimia on varastossa aina vähintään yksi. Ohjaimien rikkoutumisia ei ole tiedossa.

Venttiilitestijärjestelmän pääpumppujen toimintaa seurataan ja tarkkaillaan aina testikäytön yhteydessä. Testitilanteet ovat kuitenkin erilaisia, ja pumpun kaikkea kapasiteettia ei välttämättä hyödynnetä jatkuvasti. Pumpun kaikkien toiminta-arvojen toteutumista ei siis seurata järjestelmällisesti, eikä niitä erikseen testata.

Osassa pääpumpuista on ilmennyt käynnistäessä ja vapaakiertotilassa nollassa poikkeavia tilavuusvirran ja paineen lähtöarvoja. Lähtöarvot ovat olleet vaihtelevia mutta jatkuvia. Pumpun käynnistysvaiheessa ja vapaakerrolla järjestelmään tuottama tilavuusvirta saattaa synnyttää ei halutun paineen venttiilitestiasemaan, joka voi edelleen luoda vaaratilanteen. Oikein toimiessaan pumppu ei tuota venttiilitestijärjestelmään käynnistettäessä eikä vapaakiertotilassaan tilavuusvirtaa.

HK1:ssä jokaisella pääpumpulla on oma pienitehoinen ohjauspainepumppu, kiinnitettyinä pääpumppuun samalle akselille. Ohjauspainepumpuissa ei ole ilmennyt vikoja, mutta pumput vaihdetaan aina pakettina huoltotyön helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi. Pumput ja niiden yhdistämistä varten tarvittavat komponentit tilataan aina erikseen ja pumpupaketti kasataan toimipisteessä.

Ohjauspainepumppua tarvitaan säätyvätilavuuksisen pääpumpun vinolevyn kulmansäätöön niissä tilanteissa, kun pääpumpun sisäinen ohjauspaine ei riitä kulmansäädön toteuttamiseen. Kyseinen tilanne syntyy pumppua käynnistäessä ilman vastusta ja pumpun pyöriessä vapaakerrolla tai kevyttä kuormaa vasten. Pumpun sisäinen ohjauspaine otetaan paineportista.

Ongelmaa tutkittaessa ilmeni, että säätyvätilavuuksisen pumpun sisäinen ohjauspainekanava on normaalisti tehdastoimitettuna avonainen. Jos pumpun yhteydessä käytetään ulkoista ohjauspainetta, täytyy pumpun sisäinen kanava paineportista kulmansäätöön olla tulpattuna. Tämän tulpan puuttuessa, ulkoinen ohjauspaine päättyy pumpun paineporttiin aiheuttaen sinne kuulumatonta virtausta. Samalla syntyy tilanne, että kulmansäätöön tarvittavaa painetta ei olekaan tarpeeksi ja pumpun kulman säätyminen nolnaan jää vajaaksi. Pumppu tuottaa tällöin painekanavaan tilavuusvirtaa. Kuvassa 5.1 on HK1:dessä olevan pääpumpun hydraulikaavio, jossa on keskellä punaisella ympyröitynä ohjauspainekanavan tulppa.



sopivalle avautumispainelle mitoitettu jousi. Vastaventtiiliratkaisu alentaa kuitenkin pumpulta testiasemalle saatavaa korkeinta paineen tasoa, joka ei ole haluttu ratkaisu.

Säätyvätilavuuksista pumppua vaihdettaessa on jatkossa aina muistettava tarkistaa sisäisen ohjauspainekekanavan tulppaus. HK1:n kaikissa pääpumpuissa kanava tulee olla aina tulpattu. Sisäisen ohjauspainekekanavan tulee olla avoin niissä HK2:n pumpuissa, joissa ei ole omaa ohjauspainepumppua. Jos tarkalleen samaa korvaavaa pumppumallia ei enää valmisteta, on uuden pumpun käyttöön otossa varmistettava pumpun kaikkien ominaisuuksien, kuten painetason ja säätöventtiilien soveltuvuus järjestelmään. Pumpun vaihtuessa on varmistettava myös pumpun ohjaimen parametrien oikeellisuus, vaikka uusi pumppu olisikin malliltaan sama kuin vanha. Säätyvätilavuuksisen pumpun vinolevyn kulma-anturi on kalibroitu pumpun valmistaneella tehtaalla pumppukohtaisesti. Uuden pumpun kulma-anturin kalibroinnin arvot tulee aina päivittää pumpun ohjaimen parametreihin, jotta ohjain toimii oikein. Suositeltavaa olisi myös hienosäätää ohjaimen säätöpiirin parametreja pumppukohtaisesti, sillä uusi pumppu ei välttämättä toimi optimaalisesti vanhan pumpun parametreilla. Uuden pumpun käyttöönoton yhteydessä tulisi aina testata pumpun toiminta-arvot ja merkata ne muistiin, jolloin tietoa voidaan käyttää referenssinä tarkastettaessa toiminta-arvojen toteutumista myöhemmin. TPM-toimenpiteinä pääpumpuille tulee suorittaa visuaalisia kunnan tarkistuksia sekä testata toiminta-arvojen toteutumiset määrätyin väliajoin.

Pumpun haluttujen paineen ja tilavuusvirran toteutumisen lisäksi on kannattavaa seurata pumpun kulumista. Kuten kohdassa 2.1.3 aiemmin on esitetty kulumisen lisää pumpun sisäisiä vuotoja sekä kitkoja ja heikentää näin pumpun hyötysuhdetta. Pumpun sisäisiä ohivirtauksia voi tarkastella tutkimalla kotelosta poistuvaa virtausta. Lisääntynyt virtaus valmistajan ilmoittamaan arvoon verrattuna kertoo pumpun kuluneisuudesta. Kulumisen takia pumppu tarvitsee akselilleen suunniteltua enemmän mekaanista tehoa, joka sähkömoottorin on tuotettava. Sähkömoottorin ottamaa sähkövirtaa voidaan mitata pihtimittarilla moottorin virransyötön kaikista kolmesta vaihejohtimesta ja muodostaa arvoista keskiarvo. Jaksottaisten virran keskiarvon mittaustulosten kasvaessa pumpun kulumista voidaan seurata ja reagoida tilanteeseen ennakoivasti. Sähkömoottorille syötetty teho saattaa pumpun sekä sähkömoottorin kulumisen vuoksi kasvaa lopulta niin paljon suunniteltua suuremmaksi, että sähkönsyöttö ylikuormittuu. Tilanne ilmenee, kun sähkömoottorin johdonsuoja-automaatti katkaisee sähkönsyötön tilanteissa, joissa hydraulipumpulla tuotetaan suuria tilavuusvirtoja korkeaan paineeseen.

#### **5.1.4 Kiinteätilavuuksiset hydraulipumput**

Pääpumppuja lukuun ottamatta kaikki muut hydraulijärjestelmien pumput ovat kiinteätilavuuksisia. Molemmista hydraulikoneikoissa on tarkoituksiinsa soveltuvat hydraulipumput korkeapaineen sekä matalapaineen tuottamiseen. Korkeapaine tuotetaan radiaalimäntäpumppuilla ja matalapaine hammaspyöräpumppuilla. Pumppujen syrjäytystilavuudet ovat säätyvätilavuuksisiin pumppuihin verrattuna pieniä. Hydraulijärjestelmien

jäähdytyskiirroissa öljyä kierrättää siipipumppu. Hienosuodatuspiirit on toteutettu integroiduilla yksiköillä, joissa hydraulipumppu, sähkömoottori ja suodatin ovat yksi kokonaisuus. Testiasemien kiinnityssylintereille öljyä syöttävät pumput sekä testiasemilla sijaitsevat öljynsiirtolinjojen pumput ovat hammaspyöräpumppuja. Yhdellekään edellä mainituista pumpuista ei ole tehty aikaisemmin mitään huoltoja eikä pumppuja ole vaihdettu. Pumppujen toiminta-arvojen toteutumista seurataan aina käytön yhteydessä.

Kun kiinteätilavuuksinen hydraulipumppu on oikein mitoitettu ja rakenteeltaan käyttötarkoitukseensa soveltuva, se on pitkäikäinen komponentti, kunhan käyttöolosuhteet vain pidetään kunnossa. Tärkeimpiä ovat öljyn lämpötila ja puhtaus. Epäpuhtaudet öljyssä kuluttavat monin eri tavoin pumpun osia. Myös kavitointi on yksi hydraulipumpun pahimmista vihollisista. Kavitointi on vältettävissä, kun pumpun imupuolen öljynsaanti on varmistettu hyvin.

Koska testausjärjestelmien minkään kiinteätilavuuksisen pumpun käyttötunteja ei tiedetä tarkasti, on niille hankalaa määritellä ajoitettuja huoltotoimenpiteitä. Yleisesti voitaneen tyytyä vaihtamaan pumppu vain tarvittaessa uuteen, jos tämä ei viivytä tuotantoa kohtuuttomasti. Hienosuodatusyksikkö vaihdetaan tarvittaessa koko pakettina. Poikkeuksena täytyy kuitenkin pitää koneikkojen jäähdytyskiertojen pumppuja, jotka ovat kriittisiä koko järjestelmien toiminnan kannalta. Jäähdytyskierron pumppu tulisi pyrkiä vaihtamaan uuteen hyvissä ajoin ennen ongelmien syntymistä. Olisi myös suositeltavaa pitää yhtä jäähdytyskierron varapumppua varastoituna toimipisteessä. Sama pumppumalli sopii molempien koneikkojen jäähdytyskiertoon.

Öljyn jäähtyvyyteen ja jäähdytyspumpun toimintaan pitää siis kiinnittää tarkasti huomiota. Kaikkien pumppujen normaalit suoritusarvot tulee olla tiedossa, jotta mahdolliset muutokset toiminnassa voidaan havaita. TPM-toimenpiteinä kaikille koneikoissa ja testiasemilla oleville pumpuille suoritetaan käytönaikaista toiminta-arvojen seuranta sekä määrääjain aistinvaraisia tarkistuksia.

### **5.1.5 Hydrauliventtiilit**

Hydraulikoneikot testausasemineen sisältävät valtavat määrät erilaisia hydrauliventtiilejä. Merkittävä osa painelinjojen venttiileistä on hydraulilohkoon asennettavia ruuvattavia tai logiikkamallisia patruunaventtiilejä. Logiikkapatruunaventtiileillä on suuret läpäisykyvyt pienellä paine-erolla ja näitä on käytössä painelinjoissa painerajoina sekä suuntaventtiileinä. Logiikkapatruunaventtiileistä suurin osa on esiohjattuja joko ruuvattavalla patruunaventtiilillä tai peruslevyasenteisella venttiilillä. Esiohjausventtiilit ovat yleensä sähköohjattuja suuntaventtiilejä tai hydraulisesti ohjattuja paineenrajoitusventtiileitä. Lähes kaikki järjestelmän suuntaventtiilit ovat kaksiasentoisia. Peruslevyasenteisiä proportionaalisia paineenrajoitusventtiileitä on säätötilavuuksissa pääpumpuissa. Servoventtiilejä tai digitaalisia venttiilejä testausjärjestelmien hydraulipiireissä ei ole lainkaan. Hydrauliventtiileille ei ole tehty mitään, jos ei ole ilmennyt vikoja.

Vain pieni osa testausjärjestelmissä ilmenneistä ongelmista on liittynyt hydrauliventtiileihin. Venttiilien toiminnallisia ongelmia ei ole ilmennyt juuri lainkaan. Koneikoissa vain muutamia paineenrajoitusventtiilikokonaisuuksia on vaihdettu kertaalleen painelinjoihin. Korkea- ja matalapainelinjoissa sekä kuormatankkilinjoissa olevia käsin ruuvattavia paineenrajoitusventtiileitä joudutaan vaihtamaan testiasemilla kulumisen seurauksena. Yksittäisten venttiilien tiivistimiä on saatettu vaihtaa, jos on havaittu ulkoisia tai sisäisiä vuotoja.

Hydrauliventtiilit ovat pitkäikäisiä ja varmatoimisia komponentteja, kun ne on valittu oikein käyttötarkoitukseensa ja mitoitettu sopiviksi. Hydraulinesteen laadulla on merkittävä vaikutus venttiilien kunnan ylläpitämisessä. Kun hydraulijärjestelmän puhtaudesta ja lämpötasapainosta pidetään huolta, pysyvät venttiilit puhtaina ja niiden liikkuvien osien voitelukalvot sopivina eivätkä tiivistimet kovetu. Näin vältetään venttiilien ennenaikainen kulumisen ja ehkäistään takelteluja, jumiutumisia ja vuotoja.

TPM-järjestelmässä hydrauliventtiilit otetaan huomioon ajoitetuilla visuaalisilla tarkastuksilla. Hydrauliventtiilien toimintaa seurataan käytön aikaisesti ja mahdolliset vika-tilanteet ilmenevät yleensä testaustilanteissa. Vikaantunut venttiili vaihdetaan uuteen. Mahdollisten vikaantumisten sattuessa toimipisteessä on runsas varaosavalikoima ja uusien venttiilien ja niiden osien tilaaminen onnistuu myös nopeasti.

### **5.1.6 Hydraulijohdeet**

Testausjärjestelmän kiinteästi asennettuihin hydrauliputkiin ja -letkuasennelmiin ei ole kiinnitetty erityistä huomiota. Hydraulijohdeiden vioista ja huolloista olevat tiedot perustuvat lähinnä haastattelujen yhteydessä kuultuihin muistikuviiin. Vuotavia liitoksia ilmenee joskus ja letkuasennelmia on vaihdettu uusiin yleensä vasta niiden rikkouduttua. Putkistojen ei ole havaittu resonoivan merkittävästi. Hydraulikoneikoilta testiasemille johtaa tuotantotilan lattiasa oleva putkistokanaali. Putkistokanaali on peitetty paksuilla rautaisilla kansilevyillä, ja kanaalin ja siellä olevien hydrauliputkien sekä paineilma-verkon ja sähköjohtojen tarkastelu on hankalaa. Testiasemien rakenteen vuoksi putkistojen puhtaanapito saattaa myös olla hankalaa, joka taas haittaa vuotojen havaitsemista.

Testiasemilla käytettäville irtonaisille letkuasennelmille on käytössä ennakkohuoltojärjestelmä, jonka perusteella testiletku vaihdetaan uuteen aikaperusteisesti 3 – 5 vuoden välein. Testausletkujen, -liittimien sekä -laippojen kuntoa seurataan aktiivisesti aina niiden käytön yhteydessä. Testiasemien letkujen kuntoon kiinnitetään huomiota erityisesti työturvallisuuden vuoksi, sillä nämä letkut ovat käytettäessä lähellä testaustyöntekijää.

Kun hydrauliletkuasennelmaa käytetään koneikossa sen rikkoutumiseen saakka, vältetään turhalta ennenaikaiselta ehjän letkun vaihtamiselta, mutta toisaalta luodaan riski



merkittävän öljyvuodon syntymiselle. Paineen alaisen letkun rikkoutumisen aiheuttama öljyvuohto voi aiheuttaa koneikossa tulipaloriskin, ympäristön saastumisriskin ja suunnitteleman koneikkoseisokin. Kaikki tämä on todennäköisemmin estettävissä, jos kiinteästi asennetut painepuolen hydrauliletkuasennelmat vaihdetaan myös ennakoivasti, kuten testausasemien letkut. Joka tapauksessa uusien osien saatavuus tulee varmistaa, joko pitämällä valmiita letkuasennelmia varastoituna itsellä, tai varmistamalla nopea varaosan saanti tarpeen vaatiessa. TPM:n toimenpiteissä painotetaan sopivasti ajoitettuja toistuvia tarkastuksia järjestelmän kiinteäasenteisille hydraulijohteille ja niiden kiinnityksille, järjestelmän kaikissa osissa. Testausasemilla käytettävien hydrauliliittimien ja -laippojen tiivistimien kuntoon tulee jatkossakin kiinnittää huomiota aina käytön yhteydessä ja uusia tiivistimiä tulee olla helposti saatavilla.

### **5.1.7 Säiliöt**

Hydraulijärjestelmän säiliön ensisijaisena päätehtävänä on toimia öljyn varastotilana (Fonselius et al. 2008). Testausasemakäytössä järjestelmän öljyn tarve saattaa vaihdella todella voimakkaasti riippuen asemien kuormituksesta. Oikein mitoitettu säiliön koko ja järjestelmän oikea öljymäärä ehkäisevät ylivuotoja sekä pumppujen kavitoimisriskiä.

Molempien hydraulikoneikkojen säiliöt ovat ruostumattomasta teräksestä valmistettuja. Pelkästään jo säiliön materiaalivalinta edesauttaa järjestelmän puhtaana pysymistä, sillä säiliön pintoja ei ole tarvinnut maalata eikä mahdollista ruostumista pääse tapahtumaan. Tällöin ei synny vaaraa säiliön sisällä lohkeavasta pinnoitteesta tai ruosteesta, jotka likaisivat järjestelmän öljyä.

Kummassakaan koneikossa ei ole havaittu käyttövuosien aikana säiliöiden ylivuotoja, eikä hitsausauman repeytymisen tai säiliömateriaalin rikkoutumisen johdosta tapahtuneita vuotoja. Tämä osoittaa, että koneikkojen säiliöt ja öljymäärät on osattu mitoittaa alun perin oikein. Nämä järjestelmien ominaisuudet on osattu ottaa huomioon myös erikoisemmissä testaustilanteissa, esimerkiksi silloin, kun molempien koneikkojen pääpumppujen tuotot on tarvinnut yhdistää ja paluuöljy on pitänyt jakaa tasaisesti takaisin koneikkojen säiliöihin.

Yleisesti molempien koneikkojen säiliöt ovat hyvän hydraulijärjestelmän suunnittelun mukaisesti varusteltuja, eikä säiliöistä ilmene oleellista vikariskiä järjestelmälle. TPM-järjestelmässä säiliöt huomioidaan ajoitetuin visuaalisin tarkastuksin niin ulko- kuin sisäpuolelta. Säiliön sisäpuoli tulee puhdistaa tarpeen vaatiessa.

### **5.1.8 Öljynjäähdyttimet**

Venttiilitestausjärjestelmien hydraulioöljyn jäähdytykseen käytetään yksinkertaisia tavanomaisia öljy-ilmakenoja, jotka on varustettu tuulettimilla. Kennojen tuulettimien pyörimisnopeutta säädetään taajuusmuuttajilla öljyn lämpötilan mukaan. Tiedossa ei ole

tilanteita, että jokin kennoista olisi vuotanut öljyä, mutta varsinkin HK1:ssä öljyn jäähdytys on joskus liian tehotonta.

HK1:n jäähdytinkenko sijaitsee koteloituna koneikkotilan katolla. Koteloinnissa on tuulettimen ilmavirtaa varten tulo- ja poistoaukko sälesulkimilla. Kotelotilassa on myös termostaattiohjattu sähköpatterilämmitys, joka estää kennon ja siinä olevan öljyn kylmenemisen talviaikaan, järjestelmän ollessa käyttämättömänä. Jäähdytinkennolle pääseminen on erittäin hankalaa. Koneikkotilan katolle ei ole kiinteitä portaita, vaan käynti tapahtuu esimerkiksi tikkaiden avulla. Koneikkotilan katolla olevassa koteloinnissa on tarkistusluukku, jonka kautta ei kuitenkaan pysty tarkastelemaan jäähdytinkennon tuloilmanpuoleista osaa. Jäähdytinkennon tuloilmapuolta pääsee tarkastelemaan vain suoraan tuloilman sälesulkimien kautta esimerkiksi tikkaiden avulla. Jäähdytinkennoa, tuuletinta sekä patteria ei tarkisteta säännöllisin väliajoin visuaalisesti. Jäähdytintuulettimen toiminta on varmistettu kuuntelemalla tuulettimen pyörimistä ja tarkkailemalla sälesulkimien liikettä. Öljyn vapaa kulku kennossa on todennettu vertaamalla kennoon menevän ja sieltä poistuvan öljyn lämpötilaa. Häätä-seis -painikkeen painamisen jälkeen jäähdytystuulettimen toiminta ei aina palaudu normaalisti ennalleen, vaikka hälytys kuittataan. Tähän ongelmaan perehdytään tarkemmin hydraulikoneikkojen häätä-seis -piirejä käsittelevässä aliluvussa.

HK2:n öljyn jäähdytyskierrossa on kaksi erikokoista tuulettimella varustettua jäähdytinkennoa sarjaan kytkettyinä. Pääasiallinen eli isompi jäähdytyskenno on koneikkotilan päällä jäähdytinpuhaltimen kanssa ilman koteloiteja. Pienempi jäähdytyskenno sijaitsee asennushallissa tuotantotilojen puolella. Tuotantotiloissa olevan jäähdytinkennon tuuletinta ohjataan ulko- ja sisälämpötilatermostaateilla ja jäähdytinkennoa käytetään olosuhteiden salliessa sisätilojen lämmittämiseen. Molemmat kennot ovat visuaalisesti helposti tarkasteltavissa pienen matkan päästä, mutta luokse pääseminen on hankalaa. Ulkokennon luo pääsee hankkiutumalla koneikkotilan katolle esimerkiksi tikkaiden avulla. Sisäkenno on kiinnitetty korkealle seinään ja senkin luo pääseminen vaatii esimerkiksi tikkaat. Molempia kennoja tarkistellaan visuaalisesti vaihtelevin väliajoin ja ulkokkenno on puhdistettu liasta tarvittaessa. HK2:n jäähdytyskenno ja siinä oleva öljy pääsevät jäähtymään ulkoilman lämpötilaan koneikon ollessa käyttämättömänä pidempään. Tämä tuottaa ongelmia talvella. Öljyn jäähtyessä liiaksi sen viskositeetti kasvaa voimakkaasti. Viskositeetin kasvun myötä jäähdytyskenno vastustaa öljyn virtausta niin runsaasti, että jäähdytyskierron hydraulipumpun tuottama öljy päätyykin paineenrajoitusventtiilin läpi tankkiin kiertämättä jäähdytyskennon kautta. Öljyä siis lukkiutuu jäähdytyskennoon niin pitkäksi aikaa kuin öljy lämpenee tarpeeksi ja alkaa kiertää vapaasti kennossa.

TPM-toimenpiteisiin sisällytetään ehdottomasti kaikille jäähdytyskennoille ja niiden oheislaitteille määräaikaisten visualiset tarkastukset ja puhdistus tarvittaessa. HK1:n pitkään tarkastamaton kenno oli päässyt tukkeutumaan liasta niin pahasti, että sen ilmavir-

taa läpäisevästä jäähdyttävästä pinta-alasta oli avoinna enää arviolta viidennes. Osa tukkeutuneesta jäähdytyskennosta kuvassa 5.2.



*Kuva 5.2 Liasta tukkeutunut HK1:n jäähdytyskierron öljynjäähdytin*

Jäähdytyspuhallin toimi normaalisti, mutta ilmavirta ajautui kennon ohi poistosäleiköstä pihalle. Toiminta vaikutti ulkoapäin tarkasteltaessa normaalilta ja silti lämpöongelmia ilmeni. Järjestelmän öljyn lämpötila tasaantui huomattavasti jäähdytinkennon huolellisen puhdistamisen jälkeen.

Kaikkien korkealle nousemista vaativien toimenpiteiden työturvallisuus täytyy huomioida tarkasti. Kiinteät tikkaat, portaat ja huoltotasanteet edistävät kunnossapitotoimintaa huomattavasti ja sellaisten sijoittaminen tarkastus ja huolto kohteisiin on suositeltavaa. Jotta öljyn jäähdytysongelmista päästäisiin eroon, olisi HK2:n avoimesti olevalle jäähdytinkennolle suositeltavaa rakentaa vastaavanlainen lämmitetty kotelointi, kuin HK1:ssä on.

### 5.1.9 Hiukkasanalysaattorit

Molempien hydraulikoneikkojen öljyn puhtaustasoa mitataan järjestelmään online-kytketyllä hiukkasanalysaattorilla. Hiukkasanalysaattorille syötetään analysoitavaa öljyä erillisellä annostelupumpulla. Analysaattorille menevä öljy otetaan järjestelmästä ennen paluusuodattimia, järjestelmän testiasemilta palaavasta tankkilinjasta. Tällä tavoin mitaus ilmoittaa järjestelmän öljyn puhtauden vähimmäistason.

Parkerin valmistama hiukkasanalysaattori ilmoittaa öljyn puhtausluokan kolmella numerolla ISO 4406 (1999) standardin mukaisesti (Parker 2012). Öljyn puhtausluokka näkyy reaaliaikaisesti testiasemien kosketusnäyttöpaneelissa aina, kun testijärjestelmän hydraulipiiri on käynnissä. Testausilanteen öljynpuhtauden tiedot ilmoitetaan venttiilitestiraportissa asiakkaalle. Öljynpuhtausluokitukselle on määritelty yrityksen sisäisten standardien mukaiset yläraja-arvot, joiden täytyy alittua että testauksen saa suorittaa. Hiukkasanalysaattorille suositellaan valmistajan suorittamaa kalibrointia kerran vuodessa, jotta mittaustuloksen varmuus säilyy (Parker 2012). Käytännössä hydraulikoneikkoon vaihdetaan aina ennen hiukkasanalysaattorin kalibroinnin vanhenemista tilalle vastaava, hiljattain kalibroitu analysaattori. Hiukkasanalysaattoreita on käytettävissä kolme kappaletta. Oikein aikataulutettuna molemmissa hydraulikoneikoissa on jatkuvasti käytössä kalibroitu hiukkasanalysaattori, kun yksi analysaattori on kalibroitavana.

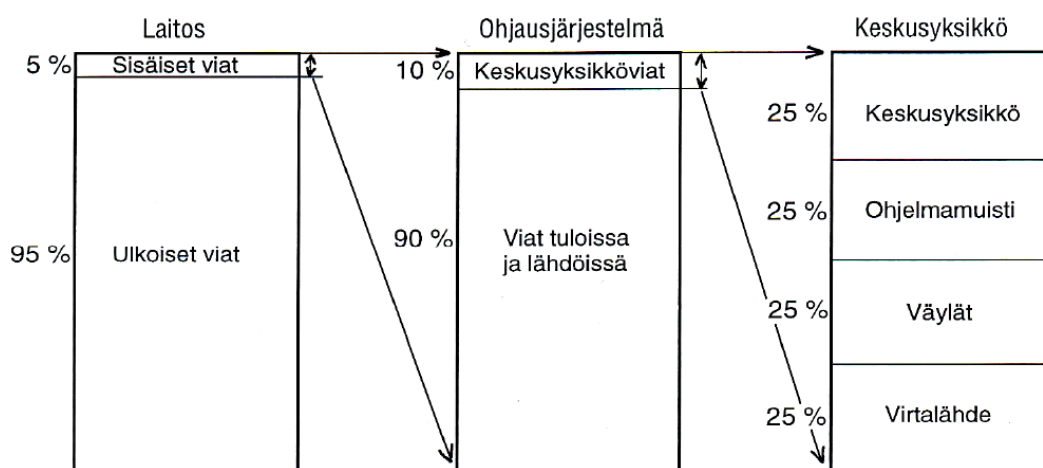
Hiukkasanalysaattoreiden olemassa olevat kalibrointikäytännöt sisällytetään TPM-järjestelmään ja kalibrointien suorittamista jatketaan entisenlaisesti. Hiukkasanalysaattorin ja annostelupumpun toiminta pitää varmistaa säännöllisin väliajoin.

### 5.1.10 Ohjausjärjestelmät

Venttiilitestausjärjestelmien hydraulikoneikkojen ohjausjärjestelmät ovat keskenään toiminnoiltaan samankaltaisia kosketusnäytöllä käytettäviä logiikkaohjauksia. HK1:n Siemensin valmistaman ja HK2:n Omronin valmistaman logiikan komponentit eivät kuitenkaan ole yhteen sopivia. Eri valmistajien ohjaukset ovat myös käytännössä luonteeltaan erilaisia. Siemensin ohjauspaneelit ovat käyttövarmoja ja ohjausjärjestelmä vaikuttaa toimivan vakaasti, mutta virhetiloja saattaa syntyä joskus. Virheestä ei aina synny vikailmoitusta järjestelmään, jolloin ongelma ilmenee usein käytössä muulla tavoin. Ohjausjärjestelmän vikatila korjaantuu lähes poikkeuksetta uudelleenkäynnistyksellä. Omronin ohjausjärjestelmä on toiminut myös vakaasti, mutta ohjauspaneelien tietokoneet ovat aiheuttaneet ongelmia. Niiden uudelleenkäynnistäminen ei aina onnistu ongelmitta, ja tämän työn yhteydessä yksi ohjainpaneelin tietokone jouduttiin lähettämään korjattavaksi. Kokonaisuudessaan ohjausjärjestelmissä on ilmennyt kuitenkin vähän vikoja. Suurimmalle rasitukselle joutuvat kosketuspaneelit, jotka altistuvat testiasemilla ulkoisesti öljylle ja lialle. Ongelmia ei yleensä synny muutoin, kuin jos paneelin tiivistys asennusreikänsä pettää ja epäpuhtaudet pääsevät paneelin elektroniikalle saakka. Toimipisteessä on pyritty pitämään varalla yhtä kappaletta molempien val-

mistajien ohjauspaneelimallista. Myös logiikkaohjauksien ohjelmista ja parametreista on varmuuskopiotallenteet uudelleen asentamista varten.

Hydrauliikassa yleisesti käytettävät logiikkapohjaiset ohjausjärjestelmät ovat varsin luotettavia, ja niissä harvemmin ilmenee mitään pysyvää vikaa. Ohjausjärjestelmän ongelmat ja vikatilanteet johtuvat useimmiten logiikan ulkopuolisista vaikutteista esimerkiksi toimilaitteen tai anturin vikaantumisesta. Herkimmin logiikassa vikaantuvat I/O-kortit ja joskus myös keskusyksiköt. Kuvassa 5.3 on esitettyä logiikan vikaantumista-  
vat. (Yli-Pentti 2008, s. 12–13)



**Kuva 5.3** Logiikan vikaantuminen (Yli-Pentti 2008, s. 12. alkuperäinen lähde Fonselius et al. 1999)

Logiikan vikaantumiseen vaikuttaa eniten laitteen ympäristön olosuhteet, mikä ilmenee kuvan 5.3 vikaantumisten prosenttijakaumassa. Pölyinen ja lämmin ilma saattavat olla elektroniikalle tuhoisia (Yli-Pentti 2008, s. 12–13).

Venttiilitestausjärjestelmien hydraulikoneikkojen ohjausjärjestelmät on sijoitettu suodattintuulettimilla jäähdytettyihin sähkökeskuksiin. Tämä on logiikan luotettavan toiminnan kannalta hyvä sijoittelu, kunhan tuulettimien toiminta ja ilmansuodattimien kunto varmistetaan säännöllisesti. Tämä otetaan huomioon TPM-järjestelmässä jaksotetuilla sähkökeskuksiin kohdistetuilla toimenpiteillä. Kosketuspaneelien puhtautta on pidettävä yllä ja paneelin tiivistimien kuntoa seurattava aktiivisesti. Logiikan mahdollisten vikojen korjaamisen varalle on varmistettava varaosien ja huoltopalvelujen saanti ja nopeus.

### 5.1.11 Sähkömoottorit

Testikoneikoissa on useita erikokoisia hydraulipumppuja käyttäviä oikosulkusähkömoottoreita. Kyseisten sähkömoottoreiden rasitus on vaihtelevaa ja niiden kunnossapito on perustunut lähinnä vikojen korjaamiseen, mikä käytännössä on tarkoittanut koko

sähkömoottorin vaihtoa. Pääpumppujen sähkömoottoreista saadaan tietoon käyttötunnit, mutta niitä ei seurata aktiivisesti. Muiden sähkömoottoreiden osalta käyttötunteja ei tiedetä, mutta käyttöönoton ajankohta on yleensä tiedossa. Molempien koneikkojen sähkömoottoreiden laakereita on voideltu epäsäännöllisesti silloin, kun joku on muistanut sen suorittaa. Sähkömoottoreiden ominaisuuksia ei ole tutkittu tai mitattu muuten kuin vikaepäilytilanteessa. Yksittäinen sähkömoottori on yleensä vaihdettu uuteen tai huollettuun vain hydraulipumpun vaihdon yhteydessä, jos se on nähty tarpeelliseksi. Tämä tarkoittaa sitä, että sähkömoottori saatetaan vaihtaa turhan usein, kun ajoitettu vaihto perustuu hydraulipumpun vikaantumiseen. Toisaalta tiettyjä hydraulijärjestelmän pumppuja ei tarvitse vaihtaa tai huoltaa kovinkaan usein, jolloin sähkömoottorikin on vaihtamatta tai huoltamatta pitkän aikaa.

Nimellisteholtaan suurimpia sähkömoottoreita on pyritty pitämään omassa varastossa varalla. Yrityksen tiloissa on varastoituna aina yksi HK2 pääpumppuille soveltuva 75 kW sähkömoottori sekä yksi HK1 pääpumppuille soveltuva 55 kW sähkömoottori. Muita varaosasähkömoottoreita ei ole pidetty omassa varastossa.

Tuotantokoneiden varastoidut varaosat on sijoitettu sinne missä on ollut tilaa. Koska varaosasähkömoottoreita ei tarvita usein, on luontevaa säilyttää niitä varaston hankalammin päästävässä paikassa ylimmällä trukkilavahyllyllä. Tällöin varaosasähkömoottoreita pääsee tarkastelemaan vain laskemalla niiden säilytyslavan varastopinoajan avulla alas. Tämä on aikaa vievä toimenpide.

Jari Kauppi toteaa insinööriyössään (Kauppi 2012, s. 7), että ”Nimellisteholtaan yli 37 kW moottoreiden laakerointi kärsii seisottamisesta”. Moottorivalmistajien ohjeistuksissa mainitaankin, että pitkäaikaisessa varastoinnissa moottorin akselin asentoa tulisi vaihtaa säännöllisesti. Näin vältetään laakerikuulien tuottamien painaumien syntyminen laakereiden liukupintoihin. Eri moottorivalmistajat määrittelevät pitkäaikaisen säilyttämisen hieman eripituisiksi, sekä sen mistä moottorin koosta lähtien varastoinnissa on riskinä laakereiden vaurioituminen (VEM 2012, Lönne 2012).

TPM-toimenpiteissä huomioidaan hydraulikoneikkojen sähkömoottoreiden laakereiden tarpeellinen rasvaus. Rasvausvoitelun tarve määräytyy moottorivalmistajan ohjeiden sekä tiedossa olevien käyttötuntien tai jaksotetun ajan perusteella. Rasvaustoimenpiteessä on varmistuttava rasvan soveltuvuudesta käyttötarkoitukseensa sekä rasvan moottori-kohtaisesta oikeasta määrästä. Kaikkien hydraulikoneikoissa olevien sähkömoottorien yhteyteen tulisi asentaa käyttötuntimittarit, jolloin sekä moottorien että niiden pyörittämien hydraulipumppujen käyttöä ja näin ollen mahdollista huollon tarvetta kyettäisiin seuraamaan tarkemmin. Myös varaosasähkömoottorit huomioidaan TPM-toimenpiteissä. Varastoitujen sähkömoottoreiden akselin asentoa muutetaan sopivin väliajoin säilytyksen aikaisten vaurioiden välttämiseksi. Toimipisteen varastossa pidettävien sähkömoottorityyppien määrää tulee arvioida huomioiden varaosan saatavuus ja

toimitusaika. Jos tietyn tyyppin sähkömoottorin nopea saatavuus voidaan varmistaa, ei sitä tarvitse hankkia itselle varastoitavaksi.

Osana TPM-järjestelmän implementointia kohdejärjestelmän varaosien ja tarvikkeiden varastointia tarvitsee uudelleenorganisoida. Tässä yhteydessä suunnitellaan isojen varaosasähkömoottoreiden sijoitus sellaiseksi, että ne ovat helpommin saatavilla. Moottorit tulee sijoittaa hyllyyn niin, että niiden akselin asentoa pääsee käsin muuttamaan helposti. Tämä siksi, että toimenpiteen helppo suorittaminen laskee kynnystä koko toimenpiteen suorittamiselle. Tämä on oleellinen huomioitava asia kunnossapitojärjestelmän käytännön toimivuuden varmistamiseksi.

### **5.1.12 Tehonsyötön sähkökomponentit**

Testausjärjestelmien hydraulikoneikkojen merkittävimmät sähkökomponentit liittyvät suurien sähkömoottoreiden virransyöttöön. Näitä ovat eritoten pääpumppujen sähkömoottoreiden virransyötön pehmokäynnistimet ja johdonsuoja-automaatit sekä jäähdystytuulettimien sähkömoottoreiden virransyötön taajuusmuuttajat. Pehmokäynnistimet ja johdonsuoja-automaatit ovat ainoita sähkökomponentteja, joita on joskus rikkoutunut ja jouduttu vaihdattamaan.

Mitään näistä komponenteista ei ole pidetty varastossa varalla. Kyseiset sähkökomponentit ovat kuitenkin varsin yleisiä ja standardoituja, joten uusien soveltuvien osien saanti on taattua ja helppoa. Joitakin komponentteja kannattaa harkita kuitenkin varastoitavaksi yrityksen tiloihin, varsinkin jos toimitusaika tiedetään pitkäksi. Joka tapauksessa kaikkien komponenttien saatavuus ja mahdolliset korvaavat osat tulee varmistaa.

TPM-toimenpiteinä oleellista on suorittaa sellaisten tehonsyötön sähkökomponenttien määräaikaista tarkastuksia ja puhdistuksia, joissa on komponenttikohtainen jäähdystytuuletin. Tällaisia ovat taajuusmuuttajat sekä isot pehmokäynnistimet. Toimenpiteen suorittaa erikseen määritelty taho, sillä asentajatyöntekijöiden ei tarvitse kajota sähkökeskusten sisältöön.

Sähkökeskusten, joissa tehonsyötön komponentitkin ovat, suodatintuulettimet ovat merkittävässä asemassa kaikkien sähkökomponenttien käyttövarmuuden takaamiseksi. Sähkökeskusten suodattimet, ja niiden kunnossapito käsitellään omassa aliluvussaan.

### **5.1.13 Muut sähköpuolen komponentit**

Muihin sähköpuolen komponentteihin lukeutuvat kaikki ne hydraulikoneikkojen sekä testiasemien sähköpuolen komponentit, joita ei käsitellä erikseen omassa aliluvussaan. Venttiilitestausjärjestelmän venttiilien sähkönsyötön keskuskaapeissa on harvemmin ilmennyt komponenttiongelmia. Ulkoiset tekijät kuten ympäristön liian korkea lämpöti-

la ja epäpuhtaudet vaikuttavat eniten myös muiden sähkökomponenttien vikaantumiseen samoin kuin logiikkaohjauksien kohdalla mainittiin. Testiasemilla jotkin sähkökomponentit, kuten venttiilien ohjaukseen käytetyt kaapelilla kytketyt potentiometrit, joutuvat alttiiksi hydraulioöljylle. Alkujaan tiiviistä sähkökomponenttien koteloista öljy tunkeutuu usein ajan saatossa tiivistimien ohi koteloinnin sisään, saattaen aiheuttaa ongelmia. Jotkin testiasemien sähköjohdot kovettuvat öljyn vaikutuksesta. Kovettuessaan johdon eriste saattaa halkeilla ja aiheuttaa oikosulun, josta voi seurata muiden sähkökomponenttien rikkoutumisia sekä työturvallisuusriskejä.

Öljylle alttiiden sähkökomponenttien suunnittelussa ja korjauksessa täytyy kiinnittää huomiota tiivistinmateriaalien öljynkestävyyteen. Testiasemilla käytettäviä eri liittimillä varustettuja irtonaisia venttiilien ohjauskaapeleita kannattaa pitää varastossa valmiina, jolloin rikkoutumistilanteessa saadaan nopeasti uusi käyttöön. Käytön yhteydessä koteloiden tiivistimien sekä sähköjohtojen kuntoa tulee seurata aktiivisesti. Sähkönjako-kaappien puhtauden ja kunnan ylläpito toteutetaan TPM-toimenpiteenä.

#### **5.1.14 Koneikkotilojen ilmanvaihto**

Venttiilitestausjärjestelmien hydraulikoneikot on sijoitettu omiin erillisiin koneikkotiloihinsa tuotantorakennuksen ulkopuolelle. Sekä HK1:n että HK2:n niin kutsutuissa koneikkokopeissa on kanavapuhaltimella toteutettu poistoilmajärjestelmä koppiin kertyvän lämmön poistamiseksi. Molemmissa tapauksissa poistoilmapuhallin on termostaattiohjattu, ja korvausilma tuodaan koppiin sälesulkimesta suodatinkankaan läpi. HK2:n ilmanvaihdossa ei ole ilmennyt suuremmin ongelmia, kunhan likaantunut korvausilmasuodatin on muistettu vaihtaa aika ajoin puhtaaseen. HK1:n koneikkokopin lämpötilan on koettu nousevan kuumilla ilmoilla korkeaksi, eikä ilmanvaihto tunnu riittävän. Ilmanvaihtoa on pyritty parantamaan pitämällä koneikkokopin ovia auki. Poistopuhaltimien toimintaa ei erityisemmin tarkkailla. Korkeintaan on todettu puhaltimen pyöriminen, jos koneikossa on kuuma.

Hydraulipumput sekä sähkömoottorit tuottavat runsaasti hukkalämpöä pieneen koneikkotilaan. Myös kopissa sijaitseva hydraulijärjestelmän säiliö sekä hydraulijohteet luovuttavat osaltaan lämpöä ympäristöönsä. Hydraulioöljyn normaalin käyttölämpötilan ollessa 40 Celsiusastetta, ei koneikkokopin lämpötilalla pitäisi olla juurikaan vaikutusta hydraulijärjestelmän toimintaan. Tämä siis silloin, jos kopin lämpötila ei nouse merkittävästi yli 40 asteen lukemiin. Koneikkokopeissa sijaitsevien sähkökeskusten komponenttien, kuten ohjainlogiikoiden kannalta, 40 Celsiusastetta on turhan korkea jatkuva ympäristön lämpötila. Ympäristön korkea lämpötila heikentää sähkökomponenttien jäähtymistä, mikä voi johtaa komponenttien rikkoutumisiin tai toimintahäiriöihin. Vaikka keskuksen sisäinen ilma vaihtuisikin hyvin, siitä ei ole hyötyä, jos ulkopuolen ilma on valmiiksi liian lämmintä.



Molempien koneikkokoppien korvausilmasuodatin tukkeutuu liasta nopeasti, varsinkin kesäaikaan. Tuloilmasuodattimet on lisätty säleikköjen yhteyteen jälkikäteen, kun havaittiin että muuten korvausilman mukana koneikkotilaan kertyy runsaasti epäpuhtauksia. Suodatin aiheuttaa virtaushäviötä, joka vaikuttaa ilmanvaihdon tehoon. Poistoilmapuhaltimet ovat käyttötilanteeseensa nähden alimitoitettuja eritoten HK1:n koneikkokopissa. Myös korvausilman saantia tulisi parantaa ja kasvattaa suodatuspinta-alaa. HK1:n koneikkokopin ovien auki jättäminen ei vaikuta ilman vaihtuvuuteen toivotusti. Poistopuhallin sijaitsee ovien kanssa koneikkokopin samassa päädyssä, jolloin oven ollessa auki korvaava ilma tulee helpointa reittiään ovesta sisään ja suoraan puhaltimella ulos. Tällöin ilman kierto kopin vastakkaisessa päädyssä heikkenee. Tilanteiden parantamiseksi molempien koppien poistopuhaltimet ja korvausilman saanti tulisi mitoittaa uudelleen. TPM-toimenpiteinä oleellista on seurata jo nykyisen järjestelmän korvausilmasuodattimien kuntoa säännöllisesti ja tarvittaessa vaihtaa likaantuneet suodattimet heti puhtaisiin. Samoin poistoilmapuhaltimien toiminta pitää varmistaa säännöllisesti ja varmistua niiden termostaattiohjauksien toimivuudesta.

### **5.1.15 Sähkökeskuksien ilmanvaihto**

Hydraulikoneikkojen sähkökeskuksien ilmanvaihto on toteutettu termostaattiohjatulla suodatinpuhaltimilla, jotka imevät jäädyttävää ilmaa keskukseen sisään. Lämmin ilma poistuu poistoilmasäleiköstä, jossa on myös suodatin. Keskuksia on hajautetusti sijoitettuna sekä koneikkokoppeihin että venttiilitestausasemien yhteyteen tuotantotiloihin. Keskuksiin ei ole kiinnitetty asennustyöntekijöiden osalta juuri lainkaan huomiota. HK2:n tuotantotiloissa olevan suuren sähkökeskuksen ovia raotetaan joskus pyrkimyksenä laskea keskuksen sisälämpötilaa. Näin on toimittu, jos esimerkiksi sähkömoottoreiden pehmökäynnistimien ja lämpöreleiden toiminnassa on ilmennyt häiriöitä. Keskuksessa on toimiva suodatinpuhallin.

Sähkökeskuksen ilmanvaihtoritolissa täytyy aina olla suodattimet, jotta keskuksen sisään ei pääse ulkopuolelta epäpuhtauksia missään tilanteessa. Ilma tuotetaan tuulettimella sisäänpäin, jotta keskukseen syntyisi lievä ylipaine. Tällä tavoin vältetään alipaineiselle tilalle mahdollinen tilanne, jossa korvausilmasuodattimen tukkeutumisen johdosta ilma pyrkisi keskukseen muuta kautta, kuten tiivistimien raoista, tuoden mukanaan epäpuhtauksia. Suodatintuuletin tulee aina sijoittaa keskuksen alareunaan ja poistosäleikkö keskuksen vastakkaiseen yläreunaan, jolloin ilma kiertää keskuksessa painovoimaisesti myös silloin, kun tuuletin ei pyöri. Tämä siksi, että lämmin ilma nousee aina ylöspäin. Likaantuneet suodattimet täytyy vaihtaa ajoissa puhtaisiin. Sähkökeskuksen oikein toimiva jäädytys ylläpitää optimaaliset olosuhteet sähkökomponenteille, jolloin vältetään lämpötilan aiheuttamilta vioilta ja rikkoutumisilta. Jos jäädytysilman suodatus on riittämätöntä, voivat sähkökomponenteille pääsevät epäpuhtaudet aiheuttaa toiminnallisten vikojen lisäksi oikosulku- ja tulipaloriskin.

Koska sähkökeskuksiin ei ollut kiinnitetty aikaisemmin erityistä huomiota, olivat jäähdytysjärjestelmät useassa keskuksessa täysin huoltamattomat. Usean keskuksen ilmanvaihtosäleikköjen suodattimia ei ole koskaan vaihdettu, ja ne olivat täysin tukossa. Pahimmin tukkeutuneita olivat testiasemien läheisyydessä olevien keskusten suodattimet, jotka ovat altistuneet hydraulijöllylle. Keskuksissa ilmeni täysin toimimattomia tuulettimia sekä laakerivikaisia tuulettimia, jotka huonosti pyöriessään kuumenivat runsaasti. Tuulettimien termostaattiohjaukset toimivat normaalisti, mutta termostaattien asetuslämpötiloja piti määrittellä uudelleen.

HK2:n lämpöongelmaisen keskuksen jäähdytysilmankierto ilmeni väärin toteutetuksi. Sisäänpäin puhaltava suodatintuuletin oli sijoitettu keskuksen yläreunaan ja lämpimän ilman poisto oli ajateltu tapahtuvan keskuksen vastakkaisesta alanurkasta. Vaikka suodattimet olivat puhtaita, ei tuulettimen teho riittänyt suuren keskuksen ilman kierrättämiseen ja poistamiseen alakautta. Lämmin ilma pakkaantui keskukseseen aiheuttaen runsaasti lämpeneville sähkönsyötön komponenteille lopulta ajoittaisia ongelmia. Lämpöongelmien ilmetessä sähkökeskuksen ovia on ollut tapana avata tuuletuksen parantamiseksi. Tilanteessa syntyi aina suuri työturvallisuusriski. Tilanteen korjaamiseksi ilman kierron suunta tuli kääntää siirtämällä tuuletin keskuksen alareunassa sijaitsevaan aukkoon. Tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista, sillä keskuksen sisällä olevat syöttökaapelit estivät tuulettimen asennuksen valmiiseen reikään. Tämä lienee syy tuulettimen alkupe räiseen väärin sijoitteluun. Suodatintuuletin tuli asennetuksi lopulta uuteen paikkaan keskuksen vasempaan alareunaan. Vanha alareunan poistoaukko tukittiin asiaan kuuluvasti ja vanhaan tuulettimen aukkoon oikeaan yläreunaan asennettiin poistoilmasäleikkö suodattimiseen. Näin kyseisen sähkökeskuksen jäähdytysilmanvaihto saatiin toimimaan oikein. Jos jatkossa lämpöongelmia ilmenee huolletusta jäähdytysjärjestelmästä huolimatta, täytyy suunnitella jäähdytystuuletuksen tehostamista.

Sähkökeskuksiin liittyvien kunnossapidollisten toimenpiteiden sisällyttämistä TPM-järjestelmän käyttäjäkunnossapitoon piti harkita tarkoin, sillä asennustyöntekijät eivät ole valtuutettuja sähkökeskusten avaamiseen ja keskusten sisäpuolisiin toimenpiteisiin. Määräaikaiset sähkökeskusten jäähdytysilmanvaihtojen suodattimien tarkastukset ja tarvittavat vaihdot olivat selkeä toteutettava toimenpide. Yksittäisen keskuksen tuulettimen toiminnan testaus saattaa vaatia keskuksen avaamisen, jotta päästään manipuloidaan tuuletinta ohjaavaa termostaattisäädintä. Näin tarvitsee toimia, jos tarkastushetkellä keskuksen lämpötila on tarpeeksi alhainen eikä tuulettimen pidäkään pyöriä. Tällainen toiminta ei tule kuitenkaan kyseeseen. Ratkaisuksi ongelmaan sähkökeskuksiin asennettiin sisälämpötilamittarit, joiden näyttämä näkyy suljetun keskuksen ulkopuolelle. Keskuksen sisälämpötilasta pystyy tulkitsemaan jäähdytyksen toiminnan. Lämpötilan ollessa tarpeeksi korkea tuulettimen täytyy olla toiminnassa, minkä voi varmentaa toteamalla imuefektin tuulettimen suodattimella. Tarpeeksi matalassa lämpötilassa tuulettimen ei pidäkään pyöriä, jos termostaatti on säädetty oikein. Lämpötilatieto mahdol-

listaa usean määräaikaisen tarkastustoimenpiteen toteuttamisen TPM-järjestelmässä ilman, että sähkökeskuksia tarvitsee avata.

### **5.1.16 Hydraulikoneikkojen hätä-seis -piirit**

Kaikkien venttiilitestiasemien sekä molempien hydraulikoneikkojen yhteyteen on sijoitettu runsas määrä hätä-seis -painikkeita, joista hydraulikoneikot saadaan vaarallisessa tilanteessa turvallisesti kytkettyä pois päältä. HK1:llä ja HK2:lla on molemmilla omat hätä-seis -piirinsä. Hätä-seis -painikkeita käytetään harvoin koneikkojen toiminnan pysäyttämiseen, joka on sinänsä hyvä merkki työturvallisuuden onnistumisesta. Tiettyjä hätä-seis -painikkeita käytetään kuitenkin useasti laitteiston virheikäynnistämisen estämiseksi esimerkiksi koneiden käyttämättä jättämisen ajaksi sekä huolto ja kunnossapitotöiden yhteydessä. Hätä-seis -painikkeita on vaihdettu uusiin niiden selkeästi rikkouduttua. Hätä-seis -piirissä ei ole ilmennyt muuten selkeitä vikoja, mutta siinä mahdollisesti esiintyvien kosketushäiriöiden epäillään joskus vaikuttavan laitteiston tahattomaan sammumiseen kesken testauksen. HK1:n öljynjäähdytyskennon jäähdytystuuletin lopettaa usein automaattisen toimintansa hätä-seis -painikkeen painamisen ja kuittaamisen jälkeen. Tämä havaitaan usein vasta, kun testausjärjestelmän öljy alkaa lämmetä normaalia enemmän. Tilanne on korjattu joko kytkemällä tuuletin manuaalisesti päälle, kuittaamalla erikseen jäähdytystuuletinta ohjaava taajuusmuunnin tai käynnistämällä uudelleen koko hydraulikoneikon ohjaus. Kaikki edellä mainitut toimenpiteet täytyy suorittaa koneikkokopissa.

Hätäpysäytyspiirien suunnittelun vaatimuksia määrittelevän Standardin SFS EN 13850 kohdan 4.1.1 mukaan, hätä-seis -toimintojen tulee olla saatavilla ja toimintakunnossa koko ajan. Saman standardin kohdassa 4.1.4 määritellään hätä-seis -pysäytysluokat, joita ovat 0 ja 1. Venttiilitestauslaitteisto kuuluu näistä luokkaan 0, jolloin hätä-seis -painikkeella toteutetaan välitön tehonsyötön katkaisu toimilaitteille. (SFS EN 13850 2008).

Testauskäytössä täytyy muistaa hätä-seis -painikkeen painamisen jälkeen varmistua ensin vaaran aiheuttajasta ja sen poistumisesta, ennen hätä-seis -kuittausta ja laitteiston uudelleen käynnistämistä. Hydraulikoneikkojen pumppuja uudelleen käynnistäessä pitää huomioida mahdolliset säätövätilavuuksisten pääpumppujen aiheuttamat paineipiikit.

HK1:n jäähdytystuulettimen uudelleen käynnistymisen ongelmaksi ilmeni hätä-seis -kuittauksen vajeat toimenpiteet. Jos hätä-seis -painike tulee painetuksi alas, pitää ennen hätä-seis -kuittausta asettaa kaikki koneikon testiasemien ohjauspaneelit lepotilaan, jotta ohjauslogiikka kuittaantuu oikein. Tällä tavoin jäähdytystuulettimen taajuusmuuttajakin kuittaantuu oikein ja öljynjäähdytysjärjestelmän toiminta palaa ennalleen.

Venttiilitestauslaitteistojen hätä-seis -piirit ovat asianmukaisesti toteutettuja, mutta niiden toimintavarmuuteen on kiinnitettävä lisää huomiota. TPM-järjestelmään tulee sisäl-

tymään ajoitetut hätä-seis-piirin ja -painikkeiden kunnan ja toiminnan tarkastukset, jotka suorittaa yrityksen sisäinen tai ulkopuolinen erikseen valtuutettu taho tai tahot.

## 5.2 Venttiilitestauksen muut laitteet

Venttiilitestaukseen sisältyy tarkasteltavia laitteita ja komponentteja jotka eivät ole kiinteä osa testausjärjestelmää. Irtonaiset hydrauliset paineakut vaativat säännöllisiä tarkastuksia oikean toiminnan varmistamiseksi. Liikuteltavat öljynpumppausyksiköt liittyvät hydraulikoneikkojen ylläpitotoimintaan. Paineilmatyökaluja on laajasti käytössä venttiilien kokoonpanossa ja testauksessa.

### 5.2.1 Hydrauliset paineakut

Venttiilitestausjärjestelmien hydraulikoneikoissa ja testiasemissa ei ole kiinteästi järjestelmään asennettuja paineakkuja. Testausasemilla on kuitenkin käytettävissä yksittäisiä irtonaisia rakko- ja kalvoakkuja, joita tarvitaan tiettyjen tuotteiden testauksessa. Paineakkujen käyttöaste vaihtelee, ja yksittäinen akku saattaa olla käyttämättömänä säilytyksessä pitkiäkin aikoja. Kaikki akut ovat Parkerin valmistamia, ja niissä on kaasutilaavuudessa esitäyttöpaineistettu tyyppi.

TPM-toimintona kaikkien testauskäytön irtonaisten paineakkujen tyyppien esitäyttöpaine tulee tarkistaa määräajoin tietyssä sovituksessa lämpötilassa, jotta varmistetaan akun oikeasta toiminnasta. Pitkän ajan kuluessa tyyppikaasu tunkeutuu ehjästäkin rakko- ja kalvomateriaalista läpi akun hydraulioöljypuolelle. Jos tarkistaessa esitäyttöpaine on alentunut, se voidaan palauttaa halutuksi asianmukaisilla työntäyttövälineillä. Jos esitäyttöpaine on kokonaan hävinnyt eikä uudelleen täytetty kaasunpaine pysy, on akun rakko tai kalvo vaurioitunut, ja akku pitää vaihtaa uuteen.

### 5.2.2 Siirreltävät pumppuyksiköt

Kokoonpanohallissa on käytössä kaksi liikuteltavaa hydraulioöljyn siirtoon tarkoitettua pumppuyksikköä: yksi puhtaalle ja toinen likaiselle öljylle. Puhtaan öljyn siirtopumpua käytetään pääasiassa öljyn lisäämiseen testausjärjestelmään. IBC-kontissa toimittun hydraulioöljyn puhtaustaso ei koskaan ole tarpeeksi hyvä mihinkään hydraulijärjestelmään suoraan syötettäväksi, joten suodatus on öljyä lisättäessä tarpeellinen. Puhtaan öljyn siirtopumppuyksikössä on imusihti sekä indikaattorilla varustettu painesuodatin, joka vaihdetaan tarvittaessa.

Likaisen öljyn siirtoon tarkoitettua pumppuyksikköä käytetään valumakaukaloiden tyhjennykseen ja muuhun mahdolliseen jätteeksi menevän hydraulioöljyn siirtelyyn. Pumppuyksikössä on vain imusihti eikä lainkaan painesuodatusta. Pumpulle ei suoriteta erikseen mitään huoltotoimenpiteitä.

Siirtopumpuille määritellään määräaikaiset TPM tarkastukset, ja niiden ulkoista puhtautta pidetään yllä aina käytön yhteydessä. Korjaus ja huoltotoimenpiteitä suoritetaan tarvittaessa. Puhtaan öljyn siirtopumpun painesuodatin tulee vaihtaa indikoinnin mukaan, mutta kuitenkin vähintään vuoden välein.

### 5.2.3 Paineilmaverkosto

Venttiilitestiasemilla ja kokoonpanossa käytetään paineilmatyökaluja sekä puhallusilmaa. Asennushallissa kiertää paineilmaverkosto, johon on kokoonpano- ja testauspis-teillä useita liityntämahdollisuuksia. Paineilman käyttöpisteillä on esisuodattimet, joilla ilmasta poistetaan mahdolliset kiinteät epäpuhtaudet, öljy sekä kondenssivesi. Paineilman tuottavalle kompressorille sekä jäähdytinkuivaimelle on omat huoltosuunnitelman-sa. Muilta osin paineilmaverkkoon ja sen osiin ei ole kiinnitetty juuri huomiota ellei ole ilmennyt selkeitä ongelmia tai vikoja.

Paineilmaverkon tarkistuksia suunniteltaessa ilmeni, että osasta paineilman käyttöpis-teistä puuttui esisuodatin kokonaan. Esisuodatus on tärkeä paineilman laadun kannalta. Mutterinvääntimet kuluvat nopeammin ja saattavat vioittua ilmassa olevien epäpuhtauk-sien vuoksi. Puhallusilman seassa epäpuhtaudet saattavat päätyä koottaviin venttiilituo-teisiin aiheuttaen turhaan tuotteen likaantumista ja mahdollisesti venttiilien toimintahäi-riöitä.

Paineilman käyttöpisteisiin lisättiin tarvittavat puuttuvat esisuodattimet. Kuvassa 5.4 on testiasemalle asennettu paineilman esisuodatin.



*Kuva 5.4 Paineilmaverkon esisuodatin, kuvassa oikealla. Suodattimessa on myös kondenssivedenerotus.*

Paineilmaverkoston esisuodattimista tehtiin sijaintikartta, jonka avulla kaikki suodatti-met löytyvät helposti. TPM-toimenpiteinä suodattimien kunto tarkistetaan määräajoin ja

huoltotoimenpiteitä suoritetaan tarvittaessa. Paineilmaletkujen ja -pikaliittimien kuntoa tulee tarkkailla käytön yhteydessä ja tarvittaessa vaihtaa vialliset osat uusiin.

#### **5.2.4 Paineilmatyökalut**

Hydrauliventtiilien kokoonpanossa ja testausasemilla käytetään monia paineilmatoimisia mutterinvääntimiä. Osa vääntimistä on kuulakytkimillä varustettuja tarkasti tiettyyn momenttiin kiristäviä työkaluja ja osa iskeviä mutteripyssyjä. Kokoonpantavan venttiilistön laadun kannalta on oleellista, että tulpat, koneruuvit ja pulttiliitokset kiristyvät varmasti niille suunniteltuun momenttiin. Momenttiin kiristävien vääntimien kalibrointi tarkistetaan määräajoin olemassa olevan huolto-ohjelman mukaisesti. Muutoin mutterinvääntimille ei suoriteta huoltotoimenpiteitä.

Osa mutterinvääntimistä vaatii säännöllisen voitelun, jolla ylläpidetään työkalun optimaalinen toimintakunto ja estetään ennaikaista kulumista. Oikein annostellun voitelun takaamiseksi mutterinvääntimien paineilman ottopisteisiin tulisi sijoittaa öljysumuvoiteluyksiköt. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollinen vaihtoehto, sillä samoista ilmanotopisteistä käytetään myös pelkkää puhdasta puhallusilmaa ja voiteluvapaita mutterinvääntimiä, joihin voideltu ilma ei missään nimessä sovellu.

TPM toimenpiteenä toteutetaan tarvittavien paineilmatyökalujen manuaalinen voitelu määräajoin. Toimenpidettä varten hankittiin soveltuva voiteluöljy sekä voiteluvälineet.

## 6 KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄN KOOSTAMINEN

Tässä luvussa esitetään tuotannon kokoonpano- ja testausosion TPM-järjestelmän käytännön toteutus. TPM-järjestelmä on käyttäjäkunnossapitojärjestelmä, joka toteutettiin toimipisteessä jo käytössä olevan järjestelmän kanssa yhteneväksi. Näin yleiset TPM-ohjeet ovat kaikille samat. TPM:n käyttäjäkunnossapito-ohjeet sekä niiden toimenpiteet on kehitetty niiden tietojen perusteella, joita venttiilien testausjärjestelmien komponenttien tutkimisen ja analysoimisen tuloksena saatiin.

### 6.1 Käyttäjäkunnossapito yleisesti

Käyttäjäkunnossapitojärjestelmän tarkoituksena on huolehtia, että laitteille, koneille ja järjestelmille suunnitellut kunnossapitotoimenpiteet tulevat suoritetuksi. LEAN-tuotannossa toimivan TPM-järjestelmän tarkoituksena on varmistaa koneiden luotettavuus ja toiminta-arvojen säilyminen. Tällä tavoin edistetään tuottavuuden paranemista ja ylläpidetään tuotteiden korkea laatu sekä toimitusvarmuus.

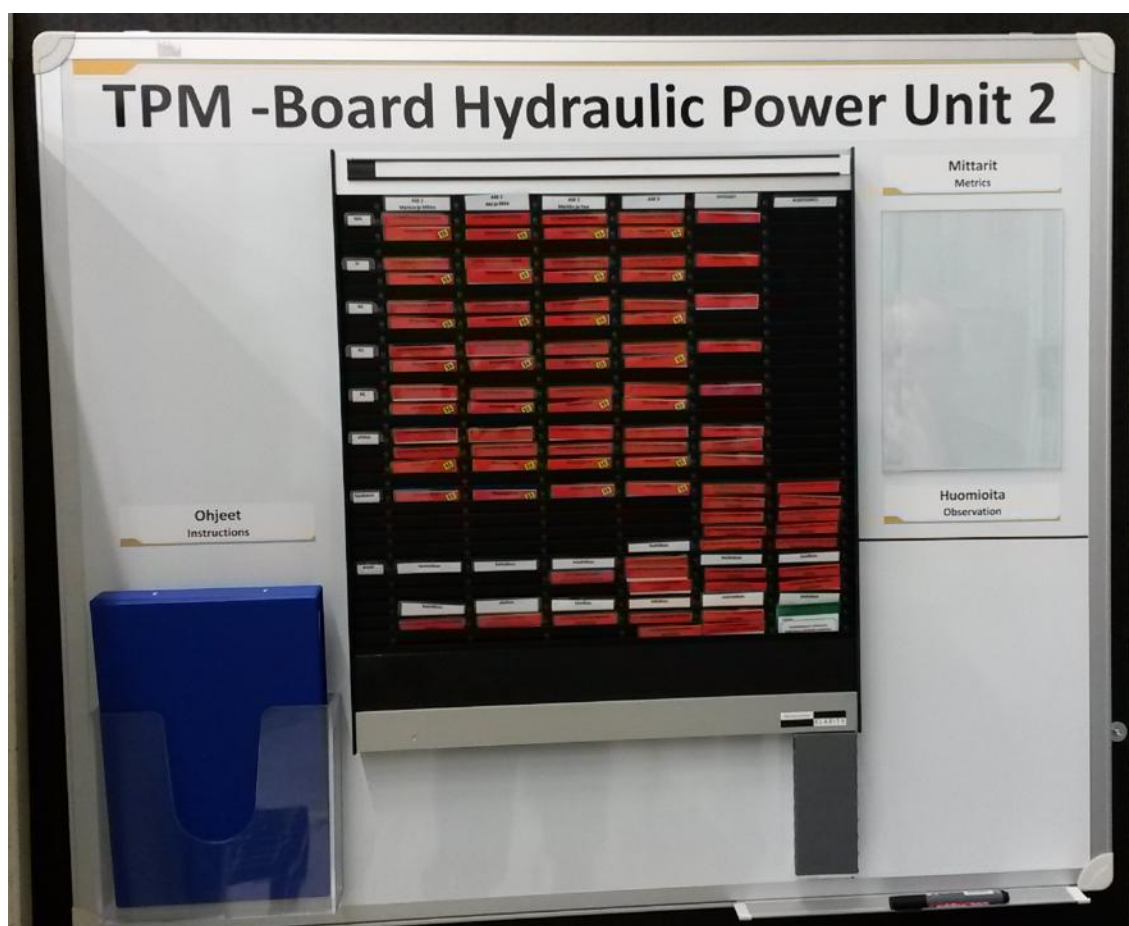
Toteutettu käyttäjäkunnossapitojärjestelmä on itseohjautuva, jossa pääasiassa koneenkäyttäjät suorittavat TPM-ohjeistuksien mukaisia ajoitettuja toimenpiteitä. Järjestelmän visuaalisena raportointi- ja informaatiokeskuksena toimivat TPM-taulut.

#### 6.1.1 Konekohtaiset ohjeet

Jokaisella TPM:n alaisella laitteella on yksilöllinen huolto-ohjelma, joka muuttuu koneen elinkaaren mukana. Ohjetta voidaan ja sitä tulee päivittää tarpeen mukaan. Käyttäjien tekemät havainnot ja niiden ilmoittaminen on huolto-ohjeiden kehityksen tärkein edellytys. Molemmilla venttiilitestauksen hydraulikoneikoilla niihin liittyvine testiasemineen on oma yksilöllinen käyttäjäkunnossapito-ohje. HK1:n käyttäjäkunnossapito-ohjeen sisältöä esitellään myöhemmin tässä luvussa.

#### 6.1.2 Informaatiokeskus

Kaikki tärkeä tieto käyttäjäkunnossapidon suorittamiseen ja viestintään liittyen on kootuna TPM-taululle. Molemmilla venttiilitestauksen hydraulikoneikoilla niihin liittyvine testiasemineen on oma TPM-taulu. Yhtäläillä kuin ohjeita myös taulun informaation sisältöä ja käyttöä tulee päivittää tarpeen mukaan. Kuvassa 6.1 on kuvattuna HK2:n TPM-taulu.



*Kuva 6.1 HK2:n ja sen testiasemien TPM-taulu paikalleen asetettuna ennen käyttöönottoa*

Kuvassa 6.1 TPM-taulun vasemmassa alanurkassa sijaitsee käyttäjäkunnossapitojärjestelmän ohjekansio. Kansio sisältää TPM-järjestelmän yleisohjeet, konekohtaiset ohjeet, eristystoimenpideohjeet sekä testiasemien 5S-siisteysohjeet. Lisäksi kansiossa on TPM-toimenpiteitä varten tarpeellisia liitteitä kuten lomakkeita, osalistoja ja sijaintikarttoja.

Taulun oikeassa ylänurkassa on kohta Mittarit. Tämä tila on varattu kohdelaitteiston sekä TPM-järjestelmän mitatun datan kuten vikatilastojen ja auditointitulosten esittämiseen.

Taulun oikeassa alanurkassa on tussitaulutila, johon voidaan kirjata näkyviin koneenkäyttäjien tai huollon ilmoituksia ja huomioita. Viestien yhteyteen on hyvä merkitä ajankohta sekä kirjoittajan tiedot, jolloin informaation kulkua ja mahdollisten toimenpiteiden etenemistä on helpompi seurata.

TPM-taulun keskellä on korttilokero, jossa pidetään käyttäjäkunnossapidon toimenpidekortteja eli niin kutsuttuja Kamishibai-kortteja. Kamishibai on japanilainen ilmaisu kuvallisesta ja usein korteilla toteutetusta tarinan kerronnasta. Kortit on kuvassa 6.1 ryh-



mitelty lokerikkoon pystyyn toimenpiteiden taajuuden mukaan sekä vaakaan kohteiden mukaan. Ryhmittely ja korttien sijainnit eivät ole kiinteitä, vaan järjestystä voidaan muuttaa miten parhaaksi nähdään.

### 6.1.3 Kamishibai-kortit

Kamishibai-korteille on TPM-aulussa oma korttilokero, joka toimii huoltotoimenpiteiden kuittaus- ja muistilistana koneenkäyttäjille ja muille TPM-toimenpiteisiin osallistuville. Kamishibai-lokerossa on kortti jokaista toimenpidettä varten päivä-, viikko-, kuukausi- ja vuositasolla. Samoja toimenpidekortteja voi olla useita, jos toimenpiteen fyysisiä kohteita on useita. Esimerkiksi yksittäisestä testiasemaan kohdistuvasta toimenpiteestä on oma kortti jokaiselle testiasemalle erikseen. Näin pystytään tarkasti seuraamaan yksittäisen testiaseman toimenpiteiden toteutumista. HK2:n TPM-aulussa on tällä työssä määriteltyjen toimenpiteiden johdosta yhteensä 82 korttia.

Kun korttiin merkitty vastuuhenkilö on suorittanut kortin osoittaman toimenpiteen, se käännetään punaiselta vihreäksi samaan lokeroon. Kuvassa 6.2 esimerkki Kamishibai-kortista.

4.1 Testikoneikon suodattimien vaihto	4.1 Testikoneikon suodattimien vaihto
<p>Tehtävä:</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin: 5px;"> <p>Koneikon kaikki hydraulisuodattimet vaihdetaan vuosittain ja tarvittaessa indikaattorin ilmoittaessa (öljyn lämpötilalla 40 °C).</p> </div> <p>Taajuus:</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 5px; margin: 5px; text-align: center;"> <p>vuosittain kesäkuussa</p> </div> <p>Ohjeet:</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin: 5px;"> <p>Hydraulisuodattimet ja tiivisteet Hylly PB1</p> </div> <p>Vastuu: Koneenkäyttäjä</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 5px; margin: 5px; text-align: center;"> <p>Kortti: HK1 (19.8.2015)</p> </div>	<p style="text-align: center; color: red;"><b>Kortin osoittamat toimenpiteet ovat tekemättä!</b></p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin: 5px;"> <p>Koneikon kaikki hydraulisuodattimet vaihdetaan vuosittain ja tarvittaessa indikaattorin ilmoittaessa (öljyn lämpötilalla 40 °C).</p> </div> <p>Vastuu: Koneenkäyttäjä</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 5px; margin: 5px; text-align: center;"> <p>Kortti: HK1 (19.8.2015)</p> </div>

**Kuva 6.2** Kamishibai-kortin etu- ja takapuoli. Kortista jää lokerossa ollessaan näkyville vihreä tai punainen yläreuna, joka kertoo kortin toimenpiteen tilasta.

Viikon alussa käännetään kaikkien päivittäisten ja viikoittaisten toimenpiteiden kortit takaisin punaiselle. Kuukauden ensimmäisenä työpäivänä käännetään kuukausittainen toimenpidekortti punaiselle. Vuosittaiset kortit käännetään vuoden ensimmäisenä työpäivänä punaiselle. Kortissa olevilla toimenpiteillä on yhtenäinen numerointi ohjeistuksen kanssa, jolloin numeron perusteella on helppo etsiä kansioista tarkemmat ohjeet toimenpiteeseen liittyen.

#### **6.1.4 Testiasemien 5S-siivousohjeet**

Tuotannossa on jo aikaisemmin käyttöön otettu LEAN-politiikan mukainen 5S-järjestelmä, jonka peruseriaatteena on työalueiden siisteys. Siisteys on merkittävä elementti myös kunnossapidon kannalta, sillä puhtaudella sinänsä voidaan jo ehkäistä laiteongelmien syntymistä, ja huoltotöiden suorittaminen puhtaassa ja järjestyksessä olevassa työskentely-ympäristössä on mielekkäämpää ja ennen kaikkea nopeampaa.

TPM-järjestelmän osana laadittiin päivitetty 5S-siivousohje testiasemille. Määrätyillä jaksotetuilla siivoustoimenpiteillä pyritään sekä tehokkaaseen että turvalliseen ja ympäristöystävälliseen työympäristöön. Siivousohjeissa ohjeistetaan tarvittavien henkilösuojainten käytöstä sekä soveltuvien puhdistusvälineiden käytöstä eri toimenpiteissä. Esimerkiksi paineilmapuhalluspistoolin hyödyntäminen tietyissä puhdistuskohteissa voi työntekijän mielestä helpottaa työskentelyä. Koska puhallusilma voi luoda käyttäjälle turvallisuusriskin sekä laitteille vikaantumisriskin, on sen käyttöä rajoitettu ohjeistuksessa.

## **6.2 Käyttäjäkunnossapito hydraulikoneikoille ja testiasemille**

Tässä aliluvussa esitellään yritykselle tehdyn ohjemateriaalin sisältöä. Koko ohjeistuksen sisältöä ei esitellä, sillä ohjeiden sisältö perustuu tämän työn aiempien lukujen tuloksiin. Ohjeistus on suunnattu käyttäjäkunnossapitoa suorittaville koneiden käyttäjille. Ohjeissa kerrotaan ytimekkäästi mitä tehdään, milloin tehdään, miten tehdään ja mahdollisesti myös miksi tehdään. Toimenpiteelle on määritelty suorittajaksi koneenkäyttäjä tai vaihtoehtoisesti joku muu valtuutettu taho, jos toimenpiteen suorittamista ei ole voitu määrätä suoraan koneen käyttäjälle. Valtuutettu taho voi olla esimerkiksi yksittäinen toimenpiteeseen koulutettu koneenkäyttäjä. Ohjeet sisältävät havainnollistavia esimerkkikuvia sekä mahdollisia muita huomioita toimenpidekohteista. Konekohtaiset ohjeet ovat kansioituina koneen TPM-työkalulla ja tällä tavoin aina kaikkien työntekijöiden saatavilla. Liitteessä 2 on Hydraulikoneikko 1:n ja testiasemien Käyttäjäkunnossapito-ohjeen kansilehti ja sisällysluettelo, joista saa käsityksen konekohtaisen ohjeistuksen sisällöstä ja laajuudesta.

### 6.2.1 Yleistä

Huoltotoimenpiteet tulee suorittaa aina turvallisesti ja varmistaa, että huoltokohde on vapaa mahdollisista energioista jos toimenpide sitä vaatii. Tästä mainitaan erikseen toimenpidekohtaisessa ohjeessa. Huoltotoimenpiteen suorittamiseksi pyydetään tarvittaessa apua muilta työntekijöiltä tai työnjohdolta. Huoltotoimenpiteet suorittaa asentaja niiltä osin kuin siihen riittävät resurssit. Taskulamppu on oleellinen apuväline tarkistus ja huoltotoimenpiteissä. Hydraulikoneikossa ei sallita mitään vuotoja eikä öljylammikoita. Kaikki havaitut pienetkin vuodot tulee huomioida, ja niistä pitää ilmoittaa eteenpäin asennusryhmän vetäjälle (Team Leader) ja edelleen työnjohdolle sekä tehdä merkintä TPM taululle. Havaittaessa hydraulijohteen liitosvuoto tarkistetaan ensin liitoksen kireys ja kiristetään tarvittaessa. Hydraulijohteen liitosta ei saa kiristää paineellisena. Ohjeissa mainitaan, jos TPM-toimenpide tai tarkistus vaatii useamman kuin yhden suorittajan. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi raskaiden tai suurikokoisten kappaleiden käsittely, laitteen etäohjauksen ja samanaikaisen huoltamisen suorittaminen, työskentely suljetussa tilassa tai työskentely yli 1m korkeudella.

Koneikkotilaan ei lähtökohtaisesti mennä sisään silloin, kun pumppuja on käytössä. Koneikkotilaan meneminen pumppujen käydessä on poikkeustilanne. Myöskään sähkökeskuksien ovia ei lähtökohtaisesti avata koskaan asentajien toimesta. Sähkökeskuksen oven avaaminen ja sähkökomponentteihin koskeminen on myös poikkeustilanne. Poikkeustilanteessa on toimittava suurta varovaisuutta noudattaen ja aina vain esimiehen luvalla.

### 6.2.2 Käytönaikaiset toimenpiteet

Kaikille asennuksessa käytettäville työvälineille ja laitteille ei ole määritelty jaksottaisia TPM-toimenpiteitä. Asentajat toteuttavat työskennellessään jatkuvaa työkalujen ja testauslaitteistojen kunnon seurantaan olemassa olevien Yleisen asennusohjeen sekä Yleisen testausohjeen mukaisesti. Ilmenevistä puutteista ja vioista tulee ilmoittaa heti sovitusti eteenpäin.

### 6.2.3 Yleinen puhtaus

Hydraulikoneikon ja koneikkotilan pinnat on pidettävä puhtaina. Likaiset pinnat saattavat aiheuttaa lämmitessään komponenttirikkoja ja pahimmassa tapauksessa tulipaloriskin. Myös vuotojen ja vikojen etsiminen sekä huoltotoimenpiteiden suorittaminen puhtaalle kohteelle on helpompaa ja mielekkäämpää.

Testiasemien ympäristö pidetään puhtana erillisen 5S-ohjeistuksen mukaisesti. Hallintalaitteiden kunto ja puhtaus sekä aseman ja lattioiden pintojen puhtaus tarkastetaan aina käytön aikana.

Puhdistustoimenpiteissä käytetään nukkaamatonta rättiä. Puhdistusainetta, imuria tai harjaa käytetään tarvittaessa. Puhdistukseen ei saa käyttää asetonia, väkeviä happoja, syövyttäviä tai hankaavia puhdistusaineita. Myöskään vettä tai höyryä ei saa käyttää. Paineilman käyttöä puhdistustoimenpiteissä pitää harkita aina tapauskohtaisesti, koska se saattaa työntää likaa ja lastuja tiivistimiin ja laakereihin.









Kaikki koneikon sekä testiasemien huoltotoimenpiteiden yhteydessä järjestelmästä vuotanut öljy pitää pyrkiä siivoamaan heti hyvin pois, jotta liukastumisriskit pienenevät ja mahdolliset järjestelmävuodot voidaan havaita helpommin.

#### 6.2.4 Käyttäjäkunnossapidon toteutus

Päivittäiset käyttäjäkunnossapitotoimenpiteet suoritetaan ennen laitteiden käyttöä ja 5S-järjestelmän mukaiset toimenpiteet viimeistään työpäivän päätteeksi. Viikoittaiset toimenpiteet suoritetaan maanantaisin ja 5S-järjestelmän mukaiset toimenpiteet viimeistään viikon päätteeksi. Kuukausittaiset toimenpiteet suoritetaan ensimmäisellä viikolla ja 5S-järjestelmän mukaiset toimenpiteet viimeistään kuukauden päätteeksi. Edellä mainittujen viikoittaisten ja kuukausittaisten toimintojen ajoituksia voi muokata, jos asiasta sovitaan erikseen. Tärkeintä on, että toistuva toimenpide suoritetaan määritellyssä ajallisessa syklissä (viikko, kuukausi). Vuosittaiset toimenpiteet suoritetaan määritellyn kuukauden aikana tai muuna määriteltynä ajanjaksona.

Päivittäiset, viikoittaiset, kuukausittaiset ja vuosittaiset huoltotoimenpidekuvaukset, sekä kuviin lisätyt havainnollistavat nuolet ja merkit, on merkitty yritykselle tehdyissä ohjeissa värikoodeilla taulukon 6.1 mukaisesti

**Taulukko 6.1** Värien ja symbolien merkitys toimenpideohjeissa

Väri tai symboli	Selitys
	Päivittäiset toimenpiteet
	Viikoittaiset toimenpiteet
	Kuukausittaiset toimenpiteet
	Vuosittaiset toimenpiteet
	Huomioitava kohde
	Liikkeen suunta
	Huonosti
	Hyvin

### 6.2.5 Päivittäinen huoltotoimenpide

Taulukossa 6.2 on esimerkki päivittäisestä toimenpiteestä. Kuvassa 6.3 on taulukossa 6.2 määriteltyyn toimenpiteeseen liittyvät havainnollistavat kuvat sekä huomiot kuviin liittyen.

*Taulukko 6.2 Päivittäisen toimenpiteen esimerkki*

Tehtävä	Taajuus	Menetelmä
1.2 Testiaseman tarkastus	Päivittäin	Tarkista pintapuolisesti ja visuaalisesti testiasemien yleinen kunto ja mahdolliset vuodot



*Kuva 6.3 Testiaseman tarkastusta tukevat kuvat ja huomiot liittyen kuviin*

Taulukossa 6.2 on määritelty yksittäisen toimenpiteen sisältö. Toimenpiteeseen liittyen kerrotaan mitä tehdään, milloin tehdään ja miten tehdään. Kuvassa 6.3 on kaksi toimenpiteen kohdetta havainnollistavaa valokuvaa sekä valokuviiin viittaavia huomioita toimenpiteeseen liittyen.

## 6.2.6 Viikoittainen huoltotoimenpide

Taulukossa 6.3 on esimerkki viikoittaisesta toimenpiteestä. Kuvassa 6.4 on määriteltyyn toimenpiteeseen liittyvät havainnollistavat kuvat sekä huomiot kuviin liittyen.

*Taulukko 6.3 Viikoittaisen toimenpiteen esimerkki*

	Tehtävä	Taajuus	Menetelmä
2.1 Koneikon viikkotarkastus	2.1.1 Koneikon hydraulipumppujen tarkastus	Viikottain	Tarkista hydraulipumppujen kunto ja tiiveys.
	2.1.2 Koneikon sähkömoottoreiden tarkastus	Viikottain	Tarkista sähkömoottoreiden ja niiden johtojen kunto ja kiinnitys.
	2.1.3 Koneikon venttiilien, suodattimien ja hydraulijohteiden tarkastus	Viikottain	Tarkista venttiilien, suodattimien, hydrauliputkien ja -letkujen kunto ja tiiveys sekä liitoksien ja kannakkeiden kiinnitys ja tiiveys.

- 2.1.1 Tarkista visuaalisesti ja kokeilemalla lohko- ja letkuliitosten tiiveys ja kiinnitys (2.1.1a).
- 2.1.2 Tarkista visuaalisesti ja kokeilemalla sähkömoottorin, sen komponenttien ja sähköjohtojen kiinnitys ja kunto (2.1.2a).
- 2.1.3 Kiinnitä huomiota letkujen ulkopinnan kuntoon, näkykö esimerkiksi hankaumia tai pullistumia. Kiinnitä huomiota hydrauliputkien kannakkeiden kiinnitykseen (2.1.3a). Jos sama kannake löystyy usein, ilmoita asiasta.



*Kuva 6.4 Koneikon viikkotarkastusta tukevat kuvat ja huomiot liittyen kuviin*

Taulukossa 6.3 määritelty viikoittainen toimenpide on jaettu alitehtäviin, jotka tulee kaikki suorittaa koko määritellyn toimenpiteen toteuttamiseksi. Kuvassa 6.4 on tärkeitä valokuvia toimenpiteen kohteista sekä huomioitavia asioita toimenpiteen suorittamiseen liittyen.

## 6.2.7 Kuukausittainen huoltotoimenpide

Taulukossa 6.4 on esimerkki kuukausittaisesta toimenpiteestä. Kuvassa 6.5 on määriteltyyn toimenpiteeseen liittyvät havainnollistavat kuvat sekä huomiot kuviin liittyen.

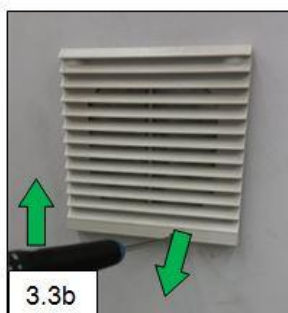
*Taulukko 6.4 Kuukausittaisen toimenpiteen esimerkki*

Tehtävä	Taajuus	Menetelmä
<b>3.3 Ilmansuodattimien tarkastus</b>	kuukausittain	Tarkista ilmanvaihdon suodattimet (Sarja 6 kpl) sekä koneikkotilan tuloilmasuodatin. Vaihda likainen suodatin tarvittaessa puhtaaseen. Tarkista sähkökeskusten lämpötila ja puhaltimen toiminta. Suodattimien sijaintikartta LIITE 2

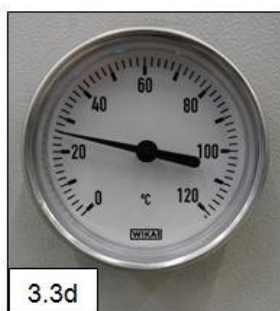
- Suodattimen kunnon voi tarkistaa avaamalla suodattimen kannen, tai taskulampun valon avulla avaamatta kantta (3.3a)
  - Muovinen suodattimen kansi aukeaa kampeamalla käsin tai **pienellä talttapäärüuvimeisselillä** avustaen (3.3b).
- Suodatin on vaihtokunnossa viimeistään silloin, kun se on tummunut sisäpuoleltakin (3.3c)
  - Kaikki suodattimet eivät ole käytössä koko pinta-alaltaan, jolloin vaihtokuntoiseenkin suodattimeen jää puhdasta pintaa (3.3c).
- Tarkista keskuksen lämpötila (3.3d) ja tulopuhaltimen toiminta
  - Puhallin sijaitsee yleensä keskuksen alemman suodattimen yhteydessä. Puhaltimen pyörimisen voi kuulla, tai kokeilla kädellä että suodattimessa on imua. Puhaltimen kuuluu pyöriä, jos keskuksen sisälämpötila on yli 30°C (pyöriminen hyväksyttävää pienemmälläkin lämpötilalla).
  - Jos keskuksen sisälämpötila on yli 40°C, ilmoita asiasta eteenpäin.
- Koneikkotilan tuloilmasuodatin nousee esiin kahvasta nostamalla (3.3.e).



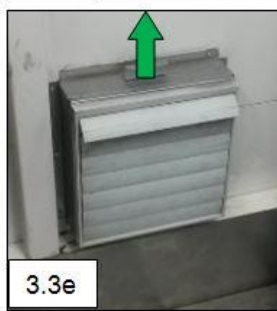
3.3a



3.3b



3.3d



3.3e



3.3c

**Kuva 6.5** Ilmansuodattimien tarkastusta tukevat kuvat ja huomiot liittyen kuviin

Taulukon 6.4 toimenpiteen menetelmissä mainitaan tarkistettavien suodattimien kappalemäärä ja viitataan ohjeissa liitteenä olevaan karttaan jonka avulla mainittu kappalemäärä suodattimia löytyy. Taulukossa mainittu LIITE 2 liittyy yrityksen TPM-ohjeisiin. Kuvassa 6.5 on useita toimenpiteen suorittamista tukevia valokuvia sekä huomioita valokuviin liittyen. Valokuvissa on vihreillä nuolilla havainnollistettu liikkeiden suuntia ja keltaisilla nuolilla osoitettu huomioitavaan asiaan.

### 6.2.8 Vuosittainen huoltotoimenpide

Taulukossa 6.5 on esimerkki kuukausittaisesta toimenpiteestä. Kuvassa 6.6 on määriteltyyn toimenpiteeseen liittyvät havainnollistavat kuvat sekä huomiot kuviin liittyen.

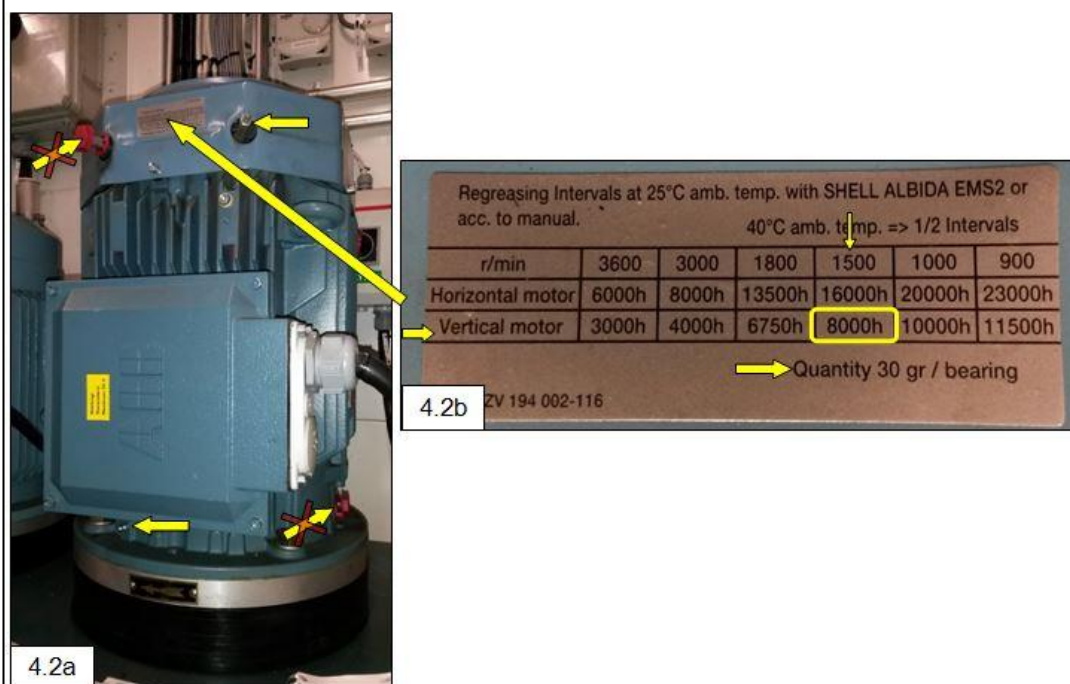
*Taulukko 6.5 Vuosittaisen toimenpiteen esimerkki*

Tehtävä	Taajuus	Menetelmä
<b>4.2 Sähkömoottoreiden laakereiden voitelu</b>	Käyttötuntien mukaisesti	Voitele koneikon pumppujen sähkömoottoreiden laakerit tyyppikilven ohjeiden mukaisesti (5kpl).

Taulukossa 6.5 on esimerkki vuosittaiseksi toimenpiteeksi luokiteltavasta toimenpiteestä, jonka todellinen taajuus määräytyy käyttötuntien mukaan. Toimenpiteen oikea-aikainen suoritus onnistuu vain jos käyttötunteja seurataan aktiivisesti.



- Rasvaus tulee suorittaa sähkömoottorin pyöriessä.
  - **HUOM** KONEIKKOON MENO POIKKEUSTILANNE!
  - **HUOM** Pumpun pyörittävä vapaakierrolla paineistamattomana.  
Työ kannattaa suorittaa kahden henkilön toimesta; yksi vastaa pumppujen hallitusta ohjauksesta testiasemilla, toinen suorittaa rasvaukset koneikossa.
- Voitelun ajankohta ja oikea rasvan määrä on moottorikohtainen, varmista määrä moottorin kyljestä (4.2b)
  - Kaikki moottorit ovat pystyasenteisia (vertical) ja pyörivät 1500 r/min (4.2b).
- Rasvaa tulee prässistä noin 7g / tiukka puristus.
- Moottoreista voidellaan molemmat laakeripäädät (2 nippaa / moottori) (4.2a)
  - Moottorissa voi olla useampia rasvanippavaihtoehtoja samaan laakeripäättyyn.
  - Rasvaus yhden nipan kautta päätä kohden riittää. (4.2a).
- Ilmoitettu rasvan määrä on per moottorin laakeripääty.
- Jos rasvan määrätieto ei selviä moottorista, laita n. 28 g (4 napakkaa puristusta) rasvaa molempiin päättyihin.
- Pyydä tarvittaessa neuvoa rasvaprässin käyttöön.



**Kuva 6.6** Sähkömoottoreiden laakereiden voitelua tukevat kuvat ja huomiot  
liittyen kuviin

Kuvassa 6.6 on listattuna useita toimenpiteessä huomioitavia työturvallisuuteen ja menetelmiin liittyviä asioita. Kuvan 6.6. sähkömoottorin valokuvassa 4.2a on osoitin nuolin havainnollistettu tarvittavat ja tarpeettomat rasvanipat.

### 6.3 Testilaitteiden vikatilanteiden seuranta

Laitevika-aika, TPM-filosofian yksi kuudesta suuresta hävikistä, on lähtökohtaisesti helposti seurattava arvo. Seurannan suorittaminen on kuitenkin hankalaa, jos häiriöaikojen rekisteröinti suoritetaan puutteellisesti tai laiminlyödään kokonaan. Kunnossapidon kehittymisen kannalta on oleellista, että tieto jokaisesta häiriötilanteesta tuodaan ilmi seurantaan, jotta vikojen kertymää voidaan analysoida. Yhtä lailla on tärkeitä analysoida tarkasti laitevika-aikoja. Tuotannon pysäyttänyt vika tahdotaan usein korjata nopeasti

ja palauttaa tuotanto ennalleen, jolloin vian analysointi ja mahdollisten korjaavien toimenpiteiden suorittaminen jää herkästi tekemättä. Kunnossapidon jatkuvan parantamisen -malli toteutuu käytännössä esimerkiksi niin, että jokaisen vikaseisokin jälkeen vähintään yksi kunnossapitohenkilö ja yksi koneenkäyttäjä kokoontuu kahden päivän sisällä vian korjaamisesta ja tekevät häiriöstä raportin. Raportissa tulisi käydä ilmi ainakin mikä oli vikana, miten vika ilmeni, mikä oli vian perimmäinen syy ja mitä asioita käyttö- ja kunnossapitojärjestelmässä tulisi muuttaa, jotta vika ei enää koskaan uusiutuisi. Kaikkiin vikoihin ei tietenkään aina löydy yksiselitteisiä syitä, mutta kun vain osaankin vikoihin saadaan luotua parantavia toimenpiteitä, on toiminta kannattavaa. (Laine 2010, s. 24)

Toimipisteen tuotannon kokoonpanossa on valmiiksi käytössä niin kutsuttu DayBy-Hour-seurantalomake. Lomakkeessa on jaoteltuna työpäivä tunneittain. Asentajat merkitsevät mahdolliset työtä viivyttävät ongelmat ja niiden tiedossa olevat syyt lomakkeeseen niille tunneille, jolloin ongelmia ilmenee. Asennuksessa ja testauksessa viivytyksen aiheuttaja on joko ongelma koottavassa tuotteessa tai asennukseen ja testaukseen liittyvän työkalun tai testiaseman käyttöongelma. Lomakkeessa on useita valmiita vaihtoehtoja erilaisista komponenttivioista ja laitevioista, jolloin raportoinnista voidaan tehokkaasti luoda selkeästi analysoitavaa dataa. Kaikki raportoitava viivytystieto on oleellista koko toimipisteen TPM:ssä, mutta erityisesti työkalujen ja testauksen viivytystä aiheuttavat häiriötilanteet kiinnostavat venttiiliasemien ja hydraulikoneikkojen kunnossapitoa.

Toinen vikatilanteisiin liittyvä TPM-filosofian hävikki liittyy vajeateholla ajamiseen ja lyhyisiin pysäytyksiin. Kun tuotannolle merkittävä laite rikkoutuu todella pahasti ja aiheuttaa pitkän ennalta suunnittelemtoman korjauseisokin, kiinnitetään siihen huomiota tuotantolaitoksessa ylintä johtoa myöten. Pahaa rikkoutumista analysoidaan ja merkittäviä korjaavia toimenpiteitä toteutuu herkästi, jotta vastaava tilanne vältetään tulevaisuudessa. Jos taas koneella on lyhyitä muutaman minuutin tai jopa vain muutamman sekunnin mittaisia tuotantohäiriöitä vaikkapa joka tunti, pidetään niitä usein prosessin luonteeseen kuuluvina ilmiöinä, eikä niihin kiinnitetä erityistä huomiota. Kun tällaisia pieniä usein toistuvia ilmiöitä aletaan mitata, saatetaan havaita että lyhyissä häiriöissä hävitään tuotantoaikaa ja rahaa moninkertaisesti yksittäiseen isoon vikaan verrattuna. (Laine 2010, s. 25)

Edellä mainitun vuoksi on ensiarvoisen tärkeätä, että raportointijärjestelmään tulee tieto kaikista pienistäkin häiriöistä tuotannossa. Mittausdataa analysoimalla saatetaan pieniin ongelmiin löytää yksinkertaisia ja taloudellisesti kannattavia ratkaisuja, jotka vähentävät laitteiston vajeatehokkuutta.

Eräänä TPM-toiminnan keskeisenä periaatteena on ratkaista kaikki organisaatiossa syntyneet ongelmat mahdollisimman lähellä niiden syntyäpaikkaa. (Laine 2010, s. 263) Tuo-

tantokoneen ongelmaa ei tule käsitellä pääasiassa neuvotteluhuoneessa, vaan kyseisen koneen vierellä. Pitkäaikaisten koneiden käyttäjien näkemyksiä kannattaa kuunnella herkällä korvalla. Tuotanto-ongelmien syistä vain pieni osa on suoraan lähtöisin tekniikasta. Asioiden ja ihmisten johtamiseen liittyvät inhimilliset tekijät ovat suurimpia ongelmien aiheuttajia. (Laine 2010, s. 264)

## 7 TULOSTEN TARKASTELU

Tässä luvussa tarkastellaan diplomityön tuloksena tuotettua TPM-järjestelmää, joka oli työn pääasiallinen tavoite. Luvussa tarkastellaan myös työn ohessa ratkaistuja ongelma-kohtia ja tehdään huomioita liittyen TPM-järjestelmään ja sen käyttöön.

### 7.1 Käyttäjäkunnossapitojärjestelmän toteutuminen

Venttiilitestausjärjestelmille kehitetyt TPM-järjestelmät otettiin käyttöön ilman teknisiä ongelmia. Toteutettu käyttäjäkunnossapitojärjestelmä mukailee toivotusti yrityksen toimipisteen TPM-järjestelmää, sisältäen informaatiokeskuksina toimivat TPM-taulut, toimenpiteistä muodostetut Kamishibai-kortit sekä havainnollistavat kirjalliset ohjeet toimenpiteiden suorittamiseen. Toteutuksen laajuudesta kertoo toimenpiteistä muodostettujen Kamishibai-korttien määrä, joita sijoitettiin TPM-tauluihin yhteensä yli 160 kappaletta. Kaikki yli 160 korttia toimivat selkeinä muistilappuina tarpeellisista toimenpiteistä, joita ei TPM-taulun käytön johdosta kenenkään tarvitse muistaa ulkoa. TPM-taulu on yksinkertainen mutta tehokas työväline, josta voi muutamalla silmäyksellä selvittää tarkasti laitteiston ja siihen kohdistuvien toimenpiteiden tilan.

TPM-järjestelmästä pidettiin kaikille asentajille koulutus, jonka turvin toimenpiteiden suorituksessa ja TPM-taulun käytössä pääsee alkuun. Käyttäjäkunnossapito-ohjeet toteutettiin mahdollisimman yksiselitteisiksi ja havainnollisiksi, jolloin lähes kaikista toimenpiteistä voi suoriutua pelkästään ohjeisiin tukeutumalla. Käyttäjäkunnossapitotoimenpiteet voitiin määritellä teoriassa lähes identtisiksi HK1:lle ja HK2:lle, joka teki järjestelmästä yhtenäisemmän.

Hydraulikoneikkojen komponenteille ja osakokonaisuuksille kehitettiin huoltotoimenpiteitä, joiden toteuttaminen perustuu määritellyistä TPM-tarkastuksista saatavaan tietoon. Näin pyritään eroon korjaavasta kunnossapidosta ja toteutetaan ennakoivaa kunnossapitoa kunnonvalvonnan sekä kuntoon perustuvan kunnossapidon avulla.

Kehitetty TPM-järjestelmä organisoii tuotannon venttiilitestiasemien ja hydraulikoneikkojen kunnossapidon lähemmäksi koneen käyttäjiä, jolloin yrityksen olemassa olevat henkilöstövoimavarat ja ammattitaito tulevat käytettyä tehokkaammin. Tässä ratkaisussa toteutuu TPM-filosofian tärkeä ajatus siitä, että pyritään tuottamaan olemassa olevilla resursseilla, tässä tapauksessa koneilla ja työntekijöillä, parempi laitteiston tehokkuus.

TPM-järjestelmän toteuttamisen yhteydessä venttiilitestausjärjestelmien varaosien ja tarvikkeiden varastointia organisoitiin uudelleen. Hajanaisesti sijoitetut tavarat varastointiin keskitetympään yhteen omaan varastohuoneeseen, jossa ei säilytetä muuta kuin venttiilitestausjärjestelmiin liittyviä asioita. Suurikokoisille varakomponenteille, kuten hydraulipumpuille ja sähkömoottoreille, määriteltiin keskitetty varastointialue kuormalavahyllyiltä.

## 7.2 Ratkaistuja ongelmia

TPM-järjestelmän pohjatyöksi suoritettu hydraulikoneikkojen ja venttiilitestiasemien tarkka tutkiminen antoi arvokasta informaatiota. Tuloksena ilmeni ongelma-kohtia, joiden syyt kyettiin selvittämään ja joihin kehitettiin ja osin myös toteutettiin ratkaisuja.

HK1:n pääpumpujen käynnistyksessä ja vapaakierrolla ongelmia aiheuttanut vika, yksittäisen tulpan puuttuminen, kyettiin selvittämään. Ongelman selvittämisen lisäksi se voitiin ratkaista ja sama ongelma pystytään tulevaisuudessa välttämään. HK2:n pääpumpuilla myös käynnistyksessä ja vapaakierrolla ongelmia aiheuttanut syy saatiin tiedostettua ja asian ratkaisemiseksi pystyttiin antamaan kehitysehdotuksia.

HK1:n öljyn lämpötilan ongelmiin selvisi yksinkertainen vika jäähdytyskierrossa. Vian poistaminen onnistui ja vastaavan ongelman syntyminen jatkossa on kokonaan vältettävissä asiaan kehitetyillä TPM-toimenpiteillä.

Paineilmaverkon puutteet kävivät ilmi juuri TPM-järjestelmää kehitettäessä. Puutteisiin voitiin reagoida heti ja paineilmaverkko saatiin asianmukaiseen kuntoon.

## 7.3 Huomioita käyttäjäkunnossapidosta

Toteutettu TPM-järjestelmä ohjeineen ja toimenpiteineen ei ole käyttöönotettaessa suoraan valmis, vaan se vaatii jatkuvaa kehitystä. Kohdelaitteistoon voi tulla muutoksia tai lisäyksiä, olemassa olevista ohjeista löytyy kehitettävää tai huomataan tarve kokonaan uudelle toimenpiteelle. Toimenpiteitä ja ohjeita tulee muokata tarpeen vaatiessa. Olemassa olevat ohjeet ja toimenpiteet antavat hyvän referenssin uusille. Tällöin TPM-järjestelmä toimii tehokkaana työkaluna kunnossapidolle sekä muulle tuotantotoiminnalle.

Käyttäjäkunnossapitojärjestelmä jakaa kunnossapidon vastuuta koneiden käyttäjille. Hydraulikoneikkojen ja venttiilitestiasemien TPM-toimenpiteet on jaoteltu laitekohtaisesti hydraulikoneikkoihin ja edelleen venttiilitestiasemaryhmiin. Näin pyritään toimenpiteiden vastuun kohdentamiseen tietyillä testiasemilla työskenteleville asentajille. Toimenpiteiden ryhmäjako ei kuitenkaan määrittele vielä suoranaisia yksilön vastuita. TPM-toimenpiteiden suorittajaksi on ohjeissa ja Kamishibai-korteissa määritelty yleis-

sesti joko koneen käyttäjä tai vaihtoehtoisesti joku muu valtuutettu taho. Tehokkaamman organisoinnin toteutumiseksi toimenpiteiden vastuualueet olisi hyvä määritellä työntekijäkohtaisesti. Tämän työn puitteissa ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta määritellä työntekijäkohtaisia vastuualueita, joten sen toteuttaminen jää yrityksen sisäisen organisaation tehtäväksi.

Käyttäjäkunnossapidon onnistunut toteutus edellyttää, että johto järjestää aikaa käyttäjäkunnossapidolle ja siitä tehdään osa päivittäistä työntekoa (Mikkonen 2009, s. 85).

Toimenpiteiden käytännön toteutuksissa on eroavaisuuksia, johtuen esimerkiksi koneikkojen rakenteiden eroavaisuuksista. TPM-järjestelmän käytön alussa tulee arvioida ja seurata toimenpiteiden suorittamiseen kuluva aika koneikkokohtaisesti, jotta jatkossa voidaan järjestää oikean verran aikaa toimenpiteiden suorittamiseen. Ajankäytön suhteen tuotannon ja kunnossapidon tavoitteet saattavat olla ristiriidassa keskenään. Jos esimerkiksi tuotantotilanne on sellainen että tuotantoa ei haluta keskeyttää minkään syyn, ei edes kunnossapidon takia, täytyy päätöksiä tehdessä tiedostaa kunnossapidon laiminlyönnin aiheuttamat riskit (Mikkonen 2009, s. 142).

## 8 PÄÄTELMÄT

Diplomityön puitteissa laadittiin kattava käyttäjäkunnossapitojärjestelmä yrityksen tuotteiden testaamiseen tarkoitetuille omavalmisteisille hydraulikoneikoille ja testiasemille. Työssä kehitettävän järjestelmän ja siihen sisältyvien toimenpiteiden perusteeksi tutustuttiin alkuun laajalti kunnossapidon ja hydrauliiikan kirjallisuuteen sekä muihin lähteisiin. Samalla kohteena oleviin venttiilitestausjärjestelmiin perehdyttiin tarkasti, laitteisiin liittyvää informaatiota hankittiin runsaasti ja selvitettiin laitteiston ja sen kunnossapidon lähtökohdat. Venttiilitestausjärjestelmiin perehtymisen jälkeen kohdelaitteisto jaettiin komponentteihin ja osakokonaisuuksiin, joita analysoitiin vikoja arvioivalla riskianalyysillä, sekä vapaasanaisesti. Analysoinnin pohjalta suunniteltiin järjestelmän komponenteille kattavat käyttäjäkunnossapitotoimenpiteet sekä määriteltiin kunnossapitoon, huoltoihin ja varaosien varastointiin liittyviä ohjeistuksia. Etukäteen tiedossa olleet sekä työn edetessä ilmenneet hydraulikoneikkojen ja testiasemien ongelmat selvitetiin, niihin kehitettiin toimenpide-ehdotukset ja osa myös ratkaistiin kokonaan. Käyttäjäkunnossapidon toimenpiteistä koostettiin konekohtaiset havainnolliset ohjeet, jotka tulivat tuotannon asentajien käyttöön. Avointa organisointia ja seuraamista varten toimenpiteistä tehtiin Kamishibai-kortit, jotka sijoitettiin TPM-järjestelmän informaatiokeskuksina toimiviin TPM-tauluihin. Toteutettu TPM-järjestelmä käyttöön otettiin ja järjestelmän perusasiat koulutettiin järjestelmää käyttäville asentajille. Kehitetyn TPM-järjestelmän toimivuutta ei pysty tämän työn puitteissa paljolti arvioimaan, koska työn käytännön toteutus rajautui käyttöönottovaiheeseen. TPM-järjestelmän toimintaa ja käyttäjäkunnossapitotoimenpiteiden toteutumista tullaan yrityksessä seuraamaan ja arvioimaan viikoittaisilla auditoinneilla, joihin osallistuu työnjohtoa sekä muuta tuotannon toimihenkilöstöä. Lähes kaikki järjestelmän käyttöönoton jälkeiset vaikutukset jäävät yrityksen itsensä arvioitavaksi.

TPM-järjestelmän käytön alkuvaiheessa ei kannata keskittyä selvittämään jotain merkittävää ongelmaa. Isoilla, äkkinäisillä ja itsenäisillä muutoksilla ei välttämättä ole positiivista vaikutusta kokonaisuuden toiminnalle. Kannattavampaa on pyrkiä hallitusti pieniinkin muutoksiin, jotka yhdessä lopulta muodostavat vankan merkittävän parannuksen. Toimintaohjeiden teossa on pyritty välttämään sinisilmäisyyttä. Toimenpiteitä kehitettäessä on mietitty miltä idea vaikuttaa paperilla, miten se tapahtuisi käytännössä ja miten se lopulta todellisuudessa toteutuisi. Työssä käsitelty TPM-järjestelmä vaatii kattavan analysointi- ja suunnittelutyön ohella pitkäjänteistä yhteistyötä todella toimiakseen. Täytyy olla kykyä implementoida tarvittavia muutoksia olemassa oleviin toimintatapoihin. Luomalla yhteisiä konkreettisia tavoitteita, työntekijöitä on helpompi sitouttaa toimintaan.

Ennakoimattomien ei haluttujen tapahtumien täydellinen eliminoiminen saattaa vaikuttaa mahdottomalta tehtävältä. ”Työtaturmia sattuu aina, tehtiin mitä vain ja virheetöntä konetta ei olekaan”. Tällainen pessimistinen ajattelu on yleistä ja helppoa asiayhteydestä riippumatta. Vaikka jonkin prosessin koneet kyettäisiinkin kehittämään virheettömiksi, voi ihminen aiheuttaa toiminnallaan virheen. Jos prosessi voidaan kehittää vapaaksi inhimillisistä virheistä, saadaanko siitä automaattisesti ongelmaton? Ihminen ne koneetkin kuitenkin suunnittelee ja toteuttaa. Se, että täydellisyys vaikuttaa mahdottomalta, ei kuitenkaan saa estää siihen pyrkimistä. Tavoitteina täytyy pystyä pitämään tapauksesta riippuen nolaa tai ääretöntä, sillä silloin kehityksen suunta on aina juuri oikea. Kaikkia riskejä ei aina pystytä poistamaan, mutta niitä pitää aina kyetä pienentämään.

Vaikka tämän työn puitteissa muodostettu TPM-järjestelmä on vahvasti laitteisiin ja tekniikkaan keskittyvä kokonaisuus, on sen toiminta lopulta täysin riippuvainen henkilöstövoimavaroista. Käytäntö on osoittanut, että hyvin usein koneen rikkoutumisen syy on huolimattomasti suoritettu huoltotyö (Laine 2010, s. 39). Siksi olisikin tärkeätä varmistua kaikkien TPM-toimenpiteitä suorittavien työntekijöiden ammattitaidosta ja kehittää sitä systemaattisesti. Hyvinkään suunniteltu kunnossapitojärjestelmä ei onnistu ilman ammattitaitoisia ja motivoituneita tekijöitä. Toisaalta puutteellisestikin suunniteltu kunnossapitojärjestelmä taas voi kehittyä hyväksi juuri sitoutuneiden työntekijöiden kehittämänä. Ihmisten huomioon ottaminen ja yksilön kunnioittaminen ovat pieniä asioita, joilla voidaan luoda motivoiva ympäristö. Suurten yritys- ja julkishallintoorganisaatioiden ongelma saattaa olla demotivoiva toiminta, joka ei edesauta joukkue-toimintaa (Laine 2010, s. 42).

Työn tekeminen oli hyvin mielenkiintoista ja haastavaa. Diplomityötä suorittaessa tuli tutustuttua laajasti kunnossapidon ja hydrauliteknikan kirjallisuuteen ja muuhun materiaaliin, jotka synnyttivät paljon ajatuksia. Työ vaati runsaasti omatoimista ja käytännönläheistä perehtymistä laitteistoon ja sen toimintaan. Tämä antoi arvokasta hydraulikan alan kokemusta ja lisäsi entisestään mielenkiintoa hydraulikoneikkoja ja kunnossapitoa kohtaan.

Tehostamisen ei tarvitse olla pelkkää uudistamista ja vanhasta luopumista. Tämän työn anti kiteytyy ajatukseen pyrkiä keksimään uutta ja edistävää, joka hyödyntää jo olemassa olevaa ja vanhaa.



## LÄHTEET

Eu:n puitedirektiivi 89/391(1989), Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto. Saatavissa (viitattu 22.9.2016): <https://osha.europa.eu/fi/legislation/directives/the-osh-framework-directive/1>

Fonselius, J. Pekkola, K. Selosmaa, S. Ström, M. Välimaa, T. (1999) Automaatiolaitteet. Oy Edita Ab. Helsinki. 199 s.

Fonselius, J. Rinkinen, J. Vilenius, M. (2008) Koneautomaatio, Hydrauliiikka II, Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print, 226 s.

Hongisto, H. Korhonen, P. (1950-luvun lopulta). Kunnossapito- ja korjaustyöt, Tietomies s.a. 327 s.

ISO 4406. (1999) International Organization for Standardization. Hydraulic fluid power – Fluids – Methods for coding level of contamination by solid particles. 9p.

Järviö, J. Piispa, T. Parantainen, T. Åström, T. (2007) Kunnossapito. (4. painos) KP-Media Oy, Helsinki. 283 s.

Kauppi, J. (2012) Oikosulkumoottoreiden huolto ja mittaukset, Opinnäytetyö, Metropolia Ammattikorkeakoulu 47 s. + 5 liitettä

Kauranne, H. Kajaste, J. Vilenius M. (2006), Hydraulitekniikan perusteet, 3. -6. painos, Werner Söderström Osakeyhtiö, 354 s.

Kivi, J. (2014) Koneiden ja laitteiden turvalukitus, koulutusmateriaali, Elinkeinoelämän koulutuspalvelut AEL, 55 s.

Korhonen, P. Saalo, A. Pensola, T. Priha, E. (2011) Teollisuuden kunnossapitohenkilöstön riskiprofiili, Työterveyslaitos, julkaisu, 45 s. Saatavissa (viitattu 22.9.2016): [http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus\\_ja\\_riskien\\_hallinta/riskien\\_hallinta/riskit\\_altistumisen/riskiprofiilit/Documents/Kunnossapidon\\_riskiprofiili\\_07032011.pdf](http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus_ja_riskien_hallinta/riskien_hallinta/riskit_altistumisen/riskiprofiilit/Documents/Kunnossapidon_riskiprofiili_07032011.pdf)

Kunnossapito menestystekijä, Mitä on kunnossapito, Opetushallitus, Edu, Oppimateriaalit, Kunnossapito. Saatavissa (viitattu 22.9.2016): [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_1-1\\_mita\\_on\\_kunnossapito.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_1-1_mita_on_kunnossapito.html)

Lahtinen, J. (5.–6.9.2007), Dokumentaatio ajan tasalla, Teollisuushydrauliikan vianetsintä -seminaari, Kunnossapitoyhdistys, Helsingin Messukeskus

Laine, H.S. (2010). Tehokas kunnossapito: tuottavuutta käynnisspidolle, Kunnossapito-yhdistys Promaint ry (KP-Media Oy). 275s.

Lönne (2012). Main Catalogue. Chapter 1. Electronic Motors. 72 p. Saatavissa (viitattu 22.9.2016):

[http://www.lonne.com/Content/Uploads/files/Downloads/Lonne\\_Main\\_Catalogue\\_2012/Chapter%201%20-%20Eletric%20Motors.pdf](http://www.lonne.com/Content/Uploads/files/Downloads/Lonne_Main_Catalogue_2012/Chapter%201%20-%20Eletric%20Motors.pdf)

Mikkonen, H. (2009). Kuntoon perustuva kunnossapito: käsikirja, Kunnossapitoyhdistys Promaint ry (KP-Media Oy). 606 s.

Moubray J. (1997), RCM II, Reliability Centered Maintenance, Second edition, Industrial Press Inc. 423 p.

Palukka, P. (2012) TUR-2400 Luotettavuus ja riskianalyysi. kurssimateriaali. Tampereen Teknillinen Yliopisto. 47 s.

Parker Hannifin Corporation (2012), icountPD User Manual, 47 p.

PSK 6201 (2003), Kunnossapito, Käsitteet ja määritelmät, PSK Standardisointi, 30 s.

PSK 7501 (2000), Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut, PSK Standardisointi, 18 s.

Ruippo, K. (2013). Hydraulijärjestelmien kunnossapidon toimintasuunnitelma ja toteutus, Diplomityö, Tampereen Teknillinen Yliopisto, 74 s. 25 liitesivua.

SFS-EN 13306 (2010), Kunnossapito, Kunnossapidon terminologia, Suomen Standardisointiliitto SFS, 32 s.

SFS-EN 13850 (2008), Koneturvallisuus, Hätäpysäytys, Suunnitteluperiaatteet, Suomen Standardisointiliitto SFS, 34 s.

Törmänen, R. (2013) Hydraulijärjestelmien vianetsintä, Diplomityö, Tampereen Teknillinen Yliopisto, 80 s.

Tuominen, M. (5.–6.9.2007), Toimivan hydraulijärjestelmän tunteminen vianetsinnän perustana, Teollisuushydrauliikan vianetsintä -seminaari, Kunnossapitoyhdistys, Helsingin Messukeskus

Työturvallisuuslaki 738/2002 (2002) Finlex. Saatavissa (viitattu 22.9.2016):  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2002/20020738>

Vem (2012). Installation, Operating and Maintenance Instructions. Three-phase asynchronous motors with squirrel-cage rotor and slip-ring rotor, standard design. 175 p.

Yli-pentti, T. (2008) Suominen kuitukankaat Oy:n ohjelmoitavien logiikoiden ja automaatiovaraosien kartoitus. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. 29 s.

(VVA) VIKA- JA VAIKUTUSANALYYSI FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)		Analysoitava kohde <b>Hydraulikoneikko 1</b>		Tekijät: Juuso Numminen							
	Process Function/ Requirements or Item/Function	Potential Causes/ Mechanisms of Failure	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	Comments about failure	Severity	Current Process Controls or Design Controls Prevention	Current Process Controls or Design Controls Detection	Recommended Actions	Recommended Actions in TPM	
no	Komponentti	Vian syy	Seuraus / Vika	Vian vaikutus järjestelmään	Huomioita viasta	Luokitus	Vian estäminen tällä hetkellä	Vian havaitseminen	Suosittelut toimenpiteet	TPM toimenpiteet	
1	Pumppu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Komponentin ikä (kuluminen)</li> <li>Epäpuhtaudet</li> <li>Kuumeneminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pumppu ei pyöri</li> <li>Pumppu ei toteuta toiminta-arvojaan (p ja Q)</li> <li>Vuotaa ulkoisesti</li> <li>Vuotaa sisäisesti</li> <li>Kuumenee</li> <li>Ääntää</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jäähdytyskierto ei toimi</li> <li>Jäähdytysteho heikkenee</li> <li>Öljyä vuotaa hukkaan järjestelmästä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jäähdytyskierto ei toimi</li> <li>Saattaa aiheuttaa järjestelmän öljyn liian kuumenemisen ja koko koneikon sammumisen</li> </ul>	3	Ei mitään	<ul style="list-style-type: none"> <li>Öljy lämpää</li> <li>Öljy vuoto koneikolla</li> </ul>	Varaosa varastoon	Visuaalinen tarkastus viikoittain	
2	Pumpun sähkömoottorin ohjain	Komponentin rikkoutuminen	Pumppu ei pyöri	Jäähdytyskierto ei toimi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jäähdytyskierto ei toimi</li> <li>Saattaa aiheuttaa järjestelmän öljyn liian kuumenemisen ja koko koneikon sammumisen</li> </ul>	3	Ei mitään	<ul style="list-style-type: none"> <li>Öljy lämpää</li> <li>Ohjaimessa ei pala valo</li> </ul>	Varaosa varastoon	-	
3	Pumpun sähkömoottori	<ul style="list-style-type: none"> <li>Komponentin ikä (kuluminen)</li> <li>Epäpuhtaudet</li> <li>Kuumeneminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Moottori ei pyöri</li> <li>Moottori ei toteuta toiminta-arvojaan (M ja rpm)</li> <li>Kuumenee</li> <li>Ääntää</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jäähdytyskierron pumppu ei pyöri</li> <li>Jäähdytyskierto ei toimi</li> <li>Jäähdytysteho heikkenee</li> <li>Öljyä vuotaa hukkaan järjestelmästä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jäähdytyskierto ei toimi</li> <li>Saattaa aiheuttaa järjestelmän öljyn liian kuumenemisen ja koko koneikon sammumisen</li> </ul>	3	Satunnainen visuaalinen tarkastus ja puhtaana pito	<ul style="list-style-type: none"> <li>Öljy lämpää</li> <li>Puhallin ei pyöri vaikka pitäisi</li> </ul>	Audio-visuaalinen tarkastus viikoittain	Visuaalinen tarkastus viikoittain	
4	Puhallin	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puhallin roottori jumissa</li> <li>Sähkömoottori rikki</li> <li>Johtorikko</li> <li>Taajuusmuuttaja rikki</li> <li>Taajuusmuuttajan vikatila</li> <li>Sulake lauennut</li> <li>Sulake rikki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puhallin ei pyöri</li> <li>Puhallin pyöri huonosti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kennolla ei ole jäähdyttävää ilmavirtaa</li> <li>Koko testikoneikko sammuu öljyn kuumettua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jäähdytyskierto ei toimi</li> <li>Saattaa aiheuttaa järjestelmän öljyn liian kuumenemisen ja koko koneikon sammumisen</li> </ul>	3	Ei mitään	<ul style="list-style-type: none"> <li>Öljy lämpää</li> <li>Puhallin ei pyöri vaikka pitäisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sähkömoottorin saatavuuden varmistus</li> <li>Taajuusmuuttajan saatavuuden varmistus</li> </ul>	Visuaalinen tarkastus ja tarvittaessa puhdistus puolivuositain	
5	Jäähdytyskenno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Komponentin ikä (kuluminen)</li> <li>Paineiskut</li> <li>Epäpuhtaudet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kenno vuotaa repeämästä</li> <li>Kenno vuotaa liitoksesta (tiiviste, liitin)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Öljyä vuotaa hukkaan järjestelmästä</li> <li>Jäähdytysteho heikkenee</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vuotava öljy liikaa vuotokohdan ympäristön</li> <li>Vuotava öljy saattaa aiheuttaa ulkotiloille ympäristöriskin</li> <li>Sähköosiin oikosulkuriskin</li> <li>Edelleen tulipaloriskin.</li> </ul>	2	Ei mitään	<ul style="list-style-type: none"> <li>Öljy lämpää</li> <li>Öljy vuoto koneikolla</li> </ul>	Varmistetaan komponentin saatavuus	Visuaalinen tarkastus ja tarvittaessa puhdistus puolivuositain	

6	Logiikka	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logiikan vikatila</li> <li>Yhteysvirhe</li> <li>Komponenttivika</li> </ul>	Jäähdytyskierto ei saa käynnistystai sammutussignaalia	Jäähdytyskierto ei toimi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jäähdytyskierto ei toimi</li> <li>Saattaa aiheuttaa järjestelmän öljyn liian kuumenemisen ja koko koneikon sammumisen</li> <li>Manuaali ohjaus tarvittaessa mahdollinen</li> </ul>	2	Ei mitään	<ul style="list-style-type: none"> <li>Öljy lämpää</li> <li>Paneelissa vika-ilmoitus</li> </ul>	Varmistetaan komponentin saatavuus	-
7	Lämpöanturi (ks VVA anturit)	Komponentin rikkoutuminen	Lämpötilasignaali väärä / sitä ei ole	Jäähdytyskierto ei saa käynnistystai sammutussignaalia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jäähdytyskierto ei toimi</li> <li>Saattaa aiheuttaa järjestelmän öljyn liian kuumenemisen ja koko koneikon sammumisen</li> <li>Jäähdytyskierto pyörii turhaan</li> <li>Kuluttaa sähköä</li> <li>Saattaa jäähdyttää öljyä tarpeettomasti</li> <li>Manuaali ohjaus tarvittaessa mahdollinen</li> </ul>	1	Ei mitään	<ul style="list-style-type: none"> <li>Öljy lämpää</li> <li>Paneelissa ei näy lämpötilaa</li> </ul>	Varaosa varastoon	-
8	Jäähdytyskierron muut sähkökomponentit	Komponentin rikkoutuminen	Jäähdytyskierto ei toimi	Jäähdytyskierto ei toimi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jäähdytyskierto ei toimi</li> <li>Saattaa aiheuttaa järjestelmän öljyn liian kuumenemisen ja koko koneikon sammumisen</li> </ul>	3	Ei mitään	Öljy lämpää	Varaosa varastoon	-
9	Jäähdytyskierron paluusuodatin	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suodattimen tukkeutuminen</li> <li>Indikaattorin vikaantuminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suodatin aiheuttaa jäähdytyskiertoon tarpeetonta vastusta</li> <li>Öljy menee ohitusventtiilin läpi ja suodatin ei enää suodata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suodatinindikaattorin ilmoitus ohjauspaneelissa</li> <li>Tarpeeton painehäviö jäähdytyskierrossa</li> <li>Öljy ei suodatu suunnitellusti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarpeeton painehäviö synnyttää lämpöä järjestelmään</li> <li>Energiatehokkuus kärsii</li> </ul>	1	Suodatin vaihdetaan noin vuoden välein	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indikaattori ilmoittaa ohjauspaneelissa</li> <li>Suodattimen ohitusventtiili pitää ääntä öljyn virratessa sen kautta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jos tulee paneeliin indikaattori-ilmoitus, suodatin vaihdetaan heti kun mahdollista.</li> <li>Onko suodattimen vaihtotaajuus oikein mitoitettu</li> <li>Suodatinelementin koko / suodatusaste?</li> </ul>	Vaihto tarpeen vaatiessa ja vuosittain (TPM suodatin huolto)
10	Hydrauliletkut ja -putket	<ul style="list-style-type: none"> <li>Letkurikko</li> <li>Putkirikko</li> <li>Liitos löystynyt</li> <li>Tiiviste / tiivistepinta vaurioitunut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Öljyvuoto</li> <li>Öljysuihku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Öljy ei jäähy (iso vuoto)</li> <li>Öljy sotkee ympäristön</li> <li>Oikosulku vaara</li> <li>Tulipalovaara</li> </ul>	-	2	Koneikossa näkyvillä olevien letkujen visuaalinen tarkastus joskus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visuaalinen tarkastus</li> <li>Jos öljyä vuotaa runsaasti koneikon lattian uimuri kytkee hätä-seis -piirin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visuaalinen tarkastus</li> <li>Letkujen vaihto määräajoin (5 vuotta?)</li> </ul>	Visuaalinen tarkastus viikoittain
11	Pakkasvahti puhallintilassa (patteri)	Termostaatin rikkoutuminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Termostaatti ei kytke patteria pois päältä,</li> <li>Patteri lämmitteää jatkuvasti</li> </ul>	Patteri lämmitteää aiheettomasti jäähdytyskennon tilaa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jos ylikuumenemissuoja ei toimi, patteri voi turhaan kuumetessaan aiheuttaa tulipalovaaran.</li> </ul>	2	Ei mitään	Patteri todetaan paikanpäällä kuumaksi	Öljyn lämmön seuranta (joka tapauksessa), Tarkastus	Visuaalinen tarkastus ja tarvittaessa puhdistus puolivuositain
12	Pakkasvahti puhallintilassa (patteri)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vastuksen rikkoutuminen,</li> <li>Termostaatin rikkoutuminen,</li> <li>Muu komponenttivika</li> </ul>	Patteri ei lämmitä	Puhallintila ei lämpeä talvella laitteiston ollessa käyttämättömänä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jäähdytyskierrossa seisova öljy jämäköityy ja aiheuttaa paineen nousun linjassa.</li> <li>Öljy pakenee korkean paineen vuoksi painerajasta suoraan tankkiin</li> <li>Riskinä kennon repeäminen tai öljyn kierron lukkoutuminen</li> </ul>	1	Ei mitään	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jäähdytyskierto ei ole tehokas</li> <li>Öljy lämpää kierrosta huolimatta</li> <li>Patteri todetaan paikanpäällä kylmäksi</li> </ul>	Öljyn lämmön seuranta (joka tapauksessa), Tarkastus	Visuaalinen tarkastus ja tarvittaessa puhdistus puolivuositain



# TPM

Käyttäjäkunnossapito-ohje

Hydraulikoneikko HK1 ja  
testiasemat

Parker Hannifin Manufacturing Finland Oy  
Lokomec



## Käyttäjäkunnossapito-ohje

*Koneen nimi:*  
*KOM numero:*  
*Merkki:*  
*Vuosimalli:*

*Sarjan Hydraulikoneikko ja testiasemat*  
*Omavalmiste*  
*2007*

### SISÄLLYSLUETTELO

<b>1. Yleistä</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Käytön aikaiset toimenpiteet</b> .....	<b>1</b>
<b>3. Yleinen puhtaus</b> .....	<b>2</b>
<b>4. Käyttäjäkunnossapidon toteutus</b> .....	<b>2</b>
<b>5. Huollettava kohde</b> .....	<b>4</b>
<b>6. Päivittävät huoltotoimenpiteet</b> .....	<b>5</b>
1.1 Koneikon tarkastus .....	5
1.2 Testiaseman tarkastus.....	6
<b>7. Viikottaiset huoltotoimenpiteet</b> .....	<b>7</b>
2.1 Koneikon viikotarkastus .....	7
2.2 Testiasemien viikotarkastus .....	8
2.3 Mutterinvääntimien voitelu .....	9
2.4 Partikkelilaskurin tarkastus .....	10
2.5 Paineilmaverkon huoltoyksiköiden tarkastus.....	11
<b>8. Kuukausittaiset huoltotoimenpiteet</b> .....	<b>12</b>
3.1 Sähkämootoreiden käyttötuntien kirjaus .....	12
3.2 Koneikon säiliön ulkoinen tarkastus .....	13
3.3 Ilmansuodattimien tarkastus .....	14
3.4 Testikoneikon öljyn määrän tarkastus.....	15
3.5 Öljynkeruukaivon tarkastus.....	17
3.6 Putkistokanaalin tarkastus .....	18
3.7 Koneikkotilan jäähdytyksen tarkastus .....	20
3.8 Koneikkotilan lämmityksen tarkastus .....	21
3.9 Työkalujen kalibroinnin tilan tarkastus .....	22
3.10 Paineilmaverkon letkujen ja liitosten tarkastus .....	22
<b>9. Vuosittaiset huoltotoimenpiteet</b> .....	<b>23</b>



## Käyttäjäkunnossapito-ohje

---

4.1 Testikoneikon suodattimien vaihto .....	23
4.2 Sähkömoottoreiden laakereiden voitelu .....	27
4.3 Pumppujen toiminta-arvojen testaus .....	28
4.4 Koneikon jäähdytyskierron tarkastus .....	29
4.5 Häätä-Seis kytkimien testaus .....	29
4.6 Koneikkotilan paloilmaisimen tarkastus .....	29
4.7 Sähkökeskuksien tarkastus .....	29
4.8 Sähkömoottoreiden pyöräytys .....	30
4.9 Partikkelilaskurin kalibrointi .....	30
4.10 Koneikon öljysäiliön sisätarkastus .....	30
4.11 Testauskäytön paineakkujen tarkastus .....	31
4.12 Öljynsiirtopumppujen vuosihuolto .....	32
4.13 Koneikkojen suodatinvaraston inventointi .....	33
<b>10. Vikatilanteessa .....</b>	<b>34</b>