



Jäähdytyslaitoksen käyttövarmuuden parantaminen

Aaro Leppänen

Opinnäytetyö, AMK

5/2024

Konetekniikan tutkinto-ohjelma, Insinööri (AMK)

Leppänen, Aaro

Jäähdytyslaitoksen käyttövarmuuden parantaminen.

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Toukokuu 2024, 70 sivua.

Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Valmet Technologies Oy. Valmet Technologies Oy on maailman johtava paperi- ja kartonkikonevalmistaja, joka kuuluu osaksi suurempaa Valmet Oyj konsernia. Opinnäytetyö tehtiin Paperit-liiketoimintalinjan imu-, valu- ja putkitelaverstaalle, jonka tuotantolaitteisiin kuuluu monipuolisesti erilaisia sorveja, hioma- ja porakoneita sekä koekäyttö- ja tasapainotuslaitteita.

Opinnäytetyön kohteena oli tuotantolaitteistona kriittiseksi määritelty vaipanporakoneiden öljynjäähdytyslaitos. Tehtävänä oli tutkia laitekokonaisuuden käyttövarmuuden parantamisen mahdollisuuksia ja muodostaa niiden pohjalta kehitysehdotuksia toimeksiantajan käyttöön. Opinnäytetyön tavoitteena oli tukea kunnossapito-organisaation tavoitteita siirtyä tuotantolaitteiden korjaavasta kunnossapidosta kohti ennakoivan kunnossapidon toimenpiteitä sisältävää kunnossapitostrategiaa.

Opinnäytetyö toteutettiin kehittämistutkimuksena, ja tutkimusmenetelminä käytettiin laadullisen sekä määrällisen tutkimuksen menetelmiä. Aineistonkeruuta tehtiin kunnossapitojärjestelmien historiatietojen, jäähdytyslaitoksen ohjausjärjestelmän hälytysseurannan, toimeksiantajan dokumenttien, havainnoinnin sekä haastatteluiden avulla. Kerätyn aineiston perusteella määriteltiin jäähdytysjärjestelmälle kriittiset laitteet, joille etsittiin kehitysehdotuksia vika- ja vaikutusanalyysien avulla.

Opinnäytetyön tulokseksi saatiin kehitysehdotuksia kaikkien käytettävyyden osa-alueiden, eli toimintavarmuuden, kunnossapidettävyyden sekä kunnossapitovarmuuden, näkökulmasta. Tämän lisäksi nostettiin esiin näihin osa-alueisiin liittyviä ongelmia, jotka vaativat jatkotutkimusta.

Opinnäytetyössä täytettiin sille asetetut tavoitteet ja määritettyyn tutkimuskysymykseen saatiin muodostettua vastauksia. Toimeksiantajan on mahdollista käyttää tutkimuksessa hyödynnettyjä menetelmiä myös muiden tuotantolaitteiden käyttövarmuuden parantamiseen ja osaa kehitysehdotuksista voidaan laajentaa koskemaan kunnossapidon toimintaa myös laajemmalle.

Avainsanat (asiasanat)

Kunnossapito, käyttövarmuus, käytettävyys, luotettavuuskeskeinen kunnossapito, vika- ja vaikutusanalyysi.

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

-

Leppänen, Aaro

improving the operational reliability of the cooling plant

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2024, 70 pages.

Degree Programme in Mechanical Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Thesis was commissioned by Valmet Technologies Oy. Valmet Technologies Oy is the world's leading paper and cardboard machine manufacturer, and it is part of the larger Valmet Oyj group. The thesis was done for the suction, casting, and tube roll workshop of the Paper business line. Workshop's production equipment includes a wide variety of lathes, grinding and drilling machines, as well as trial operation and balancing equipment.

The subject of the thesis was the oil cooling plant for casing drilling machines, defined as critical production equipment assembly. The task was to investigate the possibilities of improving the operational reliability of the equipment assembly and to form development proposals for the client. The aim of the thesis was to support the goals of the maintenance organization to move from corrective maintenance of production equipment towards a maintenance strategy containing preventive maintenance measures.

The thesis was implemented as development research, and qualitative and quantitative methods were used as research methods. The research data comes from historical data of the maintenance systems, alarm monitoring of the cooling plant's control system, the client's documents, observations, and interviews. Based on the collected data, critical devices for the cooling system were defined, for which development proposals were sought by means of failure mode and effect analyses.

As a result of the thesis, development proposals were made for all aspects of usability, i.e. operational reliability, maintainability, and maintenance reliability. In addition to this, problems related to these areas were highlighted, which require further research.

The goals set for the thesis were fulfilled and answers to the defined research question were formed. The client can use the same methods to improve the operational reliability of other production equipment, and some of the development proposals can be extended to cover maintenance activities on a wider scale as well.

Keywords/tags (subjects)

maintenance, operational reliability, usability, reliability centered maintenance, failure mode and effect analysis

Miscellaneous (Confidential information)

-

Sisältö

1	Johdanto	7
1.1	Valmet Oyj ja Valmet Technologies Oy Rautpohja	7
1.2	Opinnäytetyön lähtötilanne ja tavoitteet	9
2	Tutkimusasetelma	10
2.1	Tutkimuksen alkukartoitus.....	10
2.2	Tutkimusmenetelmän valinta	11
2.2.1	Kehittämistutkimus.....	11
2.2.2	Kvantitatiivinen tutkimus.....	13
2.2.3	Kvalitatiivinen tutkimus	13
2.3	Tutkimuksen eettisyys.....	15
3	Kunnossapito ja käyttövarmuus	15
3.1	Kunnossapito.....	15
3.2	Kunnossapitolajit.....	16
3.2.1	Ehkäisevä kunnossapito.....	16
3.2.2	Korjaava kunnossapito.....	17
3.3	Käyttövarmuus	17
3.3.1	Toimintavarmuus.....	18
3.3.2	Kunnossapidettävyys	19
3.3.3	Kunnossapitovarmuus	20
4	Käyttövarmuuden parantaminen	21
4.1	Luotettavuuskeskeinen kunnossapito.....	21
4.2	Toiminnallinen vikaantuminen ja vioittumistapa	22
4.3	Vika- ja vaikutusanalyysi	23
5	Vaipanporakoneiden jäähdytyslaitos	24
6	Jäähdytyslaitoksen käyttövarmuuden nykytilan selvitys.....	28
6.1	Työn eteneminen	28
6.2	Käyttöjärjestelmän hälytykset	29
6.3	Kunnossapitojärjestelmän työtilaukset.....	32
6.4	Huoltosuunnitelmat	33
6.5	Muut laitekokonaisuuden dokumentit	34
7	Haastattelut	36
7.1	Operaattorahaastattelut	36
7.2	Kunnossapito- ja kehityshenkilöstö	38

8	Laitteiden käyttövarmuuden parantaminen	41
8.1	Vika- ja vaikutusanalyysit	42
8.2	Vedenjäähdytin	43
9	Kehitysehdotukset.....	45
9.1	Toimintavarmuus	45
9.2	Kunnossapidettävyys.....	49
9.3	Kunnossapitovarmuus.....	50
10	Johtopäätökset ja pohdinta	53
	Lähteet	55
	Liitteet	57
	Liite 1. VVA liuosjäähdytin VJ1NJ1	57
	Liite 2. VVA Lämmönsiirrin VJ1LS3	58
	Liite 3. VVA Lämmönsiirrin V5.....	59
	Liite 4. VVA Lämmönsiirrin VJ1LS2	60
	Liite 5. VVA kiertopumppu VJ1PU4.....	61
	Liite 6. VVA kiertopumppu vaipanporakone 5	63
	Liite 7. VVA kiertopumppu VJ1PU1.....	65
	Liite 8. VVA kiertopumppu VJ1PU2	67
	Liite 9. VVA kiertopumppu VJ1PU3.....	69
	Kuviot	
	Kuvio 1 Valmetin liiketoiminta ja henkilöstömäärät maailmanlaajuisesti	8
	Kuvio 2 Valmet imutelan vaippoja valmiina tuotannossa	9
	Kuvio 3 Kehittämistutkimuksen vaiheet	12
	Kuvio 4 Kunnossapitolajit.....	16
	Kuvio 5 Käytettävyyden peruspilarit	18
	Kuvio 6 Jäähdytyslaitoksen ohjausjärjestelmä.	25
	Kuvio 7 VJ1 liuospiiri.	26
	Kuvio 8 VJ1 jäähdytysvesi- ja öljypiiri.....	27
	Kuvio 9 Jäähdytyslaitoksen käyttöjärjestelmän hälytykset 29.1.2024.	29
	Kuvio 10 Jäähdytyslaitoksen työtilaukset sekä kaksi yleisintä työtilausten aiheuttajaa.	33
	Kuvio 11 Vika- ja vaikutusanalyysipohja	43

Taulukot

Taulukko 1 Toimintavarmuus ja sen tekijät	19
Taulukko 2 Kunnossapidettävyyteen vaikuttavat tekijät sekä mittarit	20
Taulukko 3 Kunnossapitovarmuus ja sen tekijät	21
Taulukko 4 VJ1 liuospiirin laitteet	26
Taulukko 5 VJ1 jäähdytysvesi- ja öljypiirin laitteet	28
Taulukko 6 SEK-326 käyttöjärjestelmän hälytykset 7.1.2024-8.2.2024	31
Taulukko 7 Puolivuotishuoltoon kuuluvat toimenpiteet	33
Taulukko 8 Operaattoreiden viikkohuollon toimenpiteet	34
Taulukko 9 Operaattorien haastatteluissa esille nousseita haasteita	37
Taulukko 10 Haastatteluiden purku	40
Taulukko 11 Vika- ja vaikutusanalyysin kohteet ja valintaperusteet	42

1 Johdanto

Teollisuuden kunnossapito on käynyt läpi pitkän historiansa aikana suuria muutoksia. Perinteisestä korjaavasta kunnossapidosta ja run to failure (RTF) ajattelusta on kuljettu kohti menetelmiä, joilla mahdollisiin vikaantumisiin pyritään puuttumaan jo ennen niiden syntymistä sekä luomaan erilaisilla kehittäville toimenpiteillä laitteisto, jonka toimintavarmuuteen voidaan luottaa. Käyttövarmuus on käsitteenä laaja ja siihen vaikuttavia asioita on lukematon määrä.

Laitteiston hyvällä käyttövarmuudella taataan suunnitellun tuotantomäärän toteutuminen ja se on siksi yritykselle erittäin tärkeä asia huomioida omassa toiminnassaan. Käyttövarmuuteen voidaan vaikuttaa positiivisesti paneutumalla laitteiston käytettävyyden osa-alueisiin, toimintavarmuuteen, kunnossapidettävyyteen sekä kunnossapitovarmuuteen ja kehittämällä aiheista tehtyjä löydöksiä. Toisaalta varsinkin uusien tai uudistettujen tuotantolaitosten kohdalla on syytä tarkastella organisaation kunnossapitostrategiaa, jonka avulla pyritään parantamaan laitteiden käyttövarmuutta.

1.1 Valmet Oyj ja Valmet Technologies Oy Rautpohja

Toimeksiantajayritys Valmet Technologies Oy kuuluu osaksi suurempaa Valmet Oyj konsernia. Valmet on maailmanlaajuisesti johtava paperi- ja kartonkikonevalmistaja, mutta toimii myös vahvassa markkina-asemassa sellu- sekä energiateknologioiden parissa. Valmet Oyj:n viisi liiketoimintalinjaa ovat palvelut, virtauksensäätö, sellu ja energia, automaatiojärjestelmät sekä paperit. Opinnäytetyö tehdään paperit-liiketoimintalinjan tuotanto- sekä kunnossapito-organisaatioille.

Maantieteellisesti Valmet Oyj toimii jokaisella mantereella. Alueet on jaettu viiteen osaan, Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, EMEA (Eurooppa, Lähi-itä ja Afrikka), Kiina sekä Aasian ja Tyynenmeren alue. Kuviossa 1. on nähtävissä tarkemmin, kuinka organisaation henkilöstö jakautuu alueittain. Valmet Oyj:n pääkonttori sijaitsee Espoossa ja se on listattuna Helsingin pörssiin (Nasdaq Helsinki), liikevaihtoa kertyi vuonna 2023 noin 5,5 miljardia euroa. (Valmet lyhyesti. N.d.)



Kuvio 1 Valmetin liiketoiminta ja henkilöstömäärät maailmanlaajuisesti (Valmet lyhyesti. N.d.).

Jyväskylän toimipisteessä Rautpohjassa tapahtuu suuri osa paperit-liiketoimintalinjan tuotannosta. Tehdasalueella on pitkä historia ja toiminta on alkanut Rautpohjassa jo vuonna 1938 (Fin Jyväskylä. N.d.). Rautpohjan imu-, valu- ja putkitelaverstaan tuotannossa tehdään monipuolisesti vaippojen koneistusta sorveilla ja erilaisilla pora- sekä hiomakoneilla. Kuviossa 2 on nähtävillä kaksi imutelan vaippaa, joista vasemmanpuoleinen on sorvattu aihio ja odottaa vaipanporausta, kun oikeanpuoleinen on vaipanporakoneelta valmistunut kappale. Vaippojen valmistuksen työvaiheeseen kuuluu myös tasapainotus tasapainotuskoneella. Tuotannon kokoonpanoissa kasataan imulaatikoita, laakerointeja sekä valmiita teloja, jonka jälkeen koekäyttölaitteessa testataan imutelojen toiminta. Koekäytön läpäissyt tela vietään maalaukseen ja lopulta pakkauksen kautta tela on valmis lähetettäväksi.



Kuvio 2 Valmet imutelan vaippoja valmiina tuotannossa (Roll-types. N.d.).

1.2 Opinnäytetyön lähtötilanne ja tavoitteet

Toteutettavan opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia toimeksiantajayrityksen, Valmet Technologies Oy:n Rautpohjan toimipisteen vaipanporakoneiden jäähdytyslaitoksen käyttövarmuuden parantamisen mahdollisuuksia. Tarve opinnäytetyön toteuttamiselle on lähtöisin tuotannosta ja kunnossapidosta. Jo pitkään Valmetilla on ollut tahto muuttaa kunnossapitostrategiaa suuntaan, jossa korjaavasta kunnossapidosta pyritään siirtymään kohti ennakoivaa kunnossapitoa.

Kohteena imu- ja valurautatelatuotanto on kunnossapidollisesti haastava, sillä tuotantolaitteet ovat monesti jo hyvin vanhoja sekä ominaisuuksiltaan räätälöityjä vastaamaan telatuotannon vaatimuksia. Koneiden standardisoinnit, varaosasaatavuus sekä toimittajan tuki ovat joissain tapauksissa huonolla tasolla. Tämä on johtanut vuosien saatossa siihen, että kunnossapito joutuu sitomaan resurssit tiukasti vikakorjauksien suorittamiseen, eikä näin ollen ennakoivan kunnossapidon toimien suunnitteluun ole jäänyt riittävästi aikaa.

Imutelojen vaipanporakoneiden jäähdytyslaitos on määritelty tuotantolaitteistona kunnossapidollisesti kriittisimpään luokkaan A. Vikaantuessaan se vaikeuttaa tai jopa pysäyttää täysin vaippojen imureikien porauksen, joka on itsessään työvaiheena haastava, aikaa vievä ja ennen kaikkea kallis

prosessi. Öljyn jäähtymisen häiriintyminen aiheuttaa porauksessa käytettävän öljyn liiallista lämpenemistä, jonka myötä vaipanporaus keskeytyy.

Tutkimustyön tavoitteeksi asetettiin tutustua tuotannon, kunnossapidon sekä jäähtytyslaitoksen toimintaan vaipanporauksessa osallistuvana toimijana ja tämän kautta löytää jäähtytyslaitoksen ominaisuuksista, komponenteista, kunnossapidon suunnitelmallisuudesta sekä toimintatavoista kohtia, joita olisi mahdollista kehittää, ja joiden kautta laitteiston käyttövarmuutta saataisiin parannettua. Lopputulokseksi opinnäytetyössä tuotettiin konkreettisia kehitysideoita, joiden tarkoituksena on parantaa jäähtytyslaitoksen käyttövarmuutta. Tämän lisäksi esille nostettiin myös ongelmia, jotka vaativat jatkotutkimusta.

Opinnäytetyölle annettujen lähtökohtien sekä toivottujen lopputulosten pohjalta tutkimukselle määritettiin seuraava tutkimuskysymys, johon saatuja lopputuloksia peilataan työn lopussa:

Millä toimenpiteillä on mahdollista parantaa jäähtytyslaitoksen käyttövarmuutta?

2 Tutkimusasetelma

2.1 Tutkimuksen alkukartoitus

Käyttövarmuuteen liittyviä tutkimuksia on hyödynnettävissä tietokannoissa erittäin paljon. Hakutuloksia tarkastelemalla on pyritty löytämään tuloksia, jotka vastaavat mahdollisimman paljon tämän tutkimuksen lähtökohtia ja tavoiteltavaa lopputulosta. Ruuskanen (2020) etsii tutkimuksessaan kehityskohteita käyttövarmuuteen sellun paalaamossa Äänekosken biotuotetehtaalla. Paalaamon toiminnallinen mallinnus on toteutettu materiaalinvirtauskaaviota sekä luotettavuuslohkokaaviota yhdistämällä. Perusteluita valinnalle on menetelmän antama mahdollisuus tarkastella järjestelmän materiaalivirtaa, eri tuotantovaiheiden riippuvuutta toisiinsa nähden sekä laitteiden kytkentämenetelmiä. Yhdistelmällä on tarkasteltu laitteiden sekä laitekokonaisuuksien vikaantumisten ja häiriöiden vaikutusta kohteen mahdolliseen kokonaiskapasiteettiin. (Ruuskanen 2020.) Heikkinen (2020) tutkii työssään Terrafame Oy:n kalkkikivilietteen tuotannon laitteiden kriittisyyttä PSK 6800-standardin mukaisesti ja etsii kehityskohteita käyttövarmuuden parantamiseksi vika- ja vaikutusanalyysin avulla. Tutkimustyössään hän hyödyntää tutkimusmenetelminä

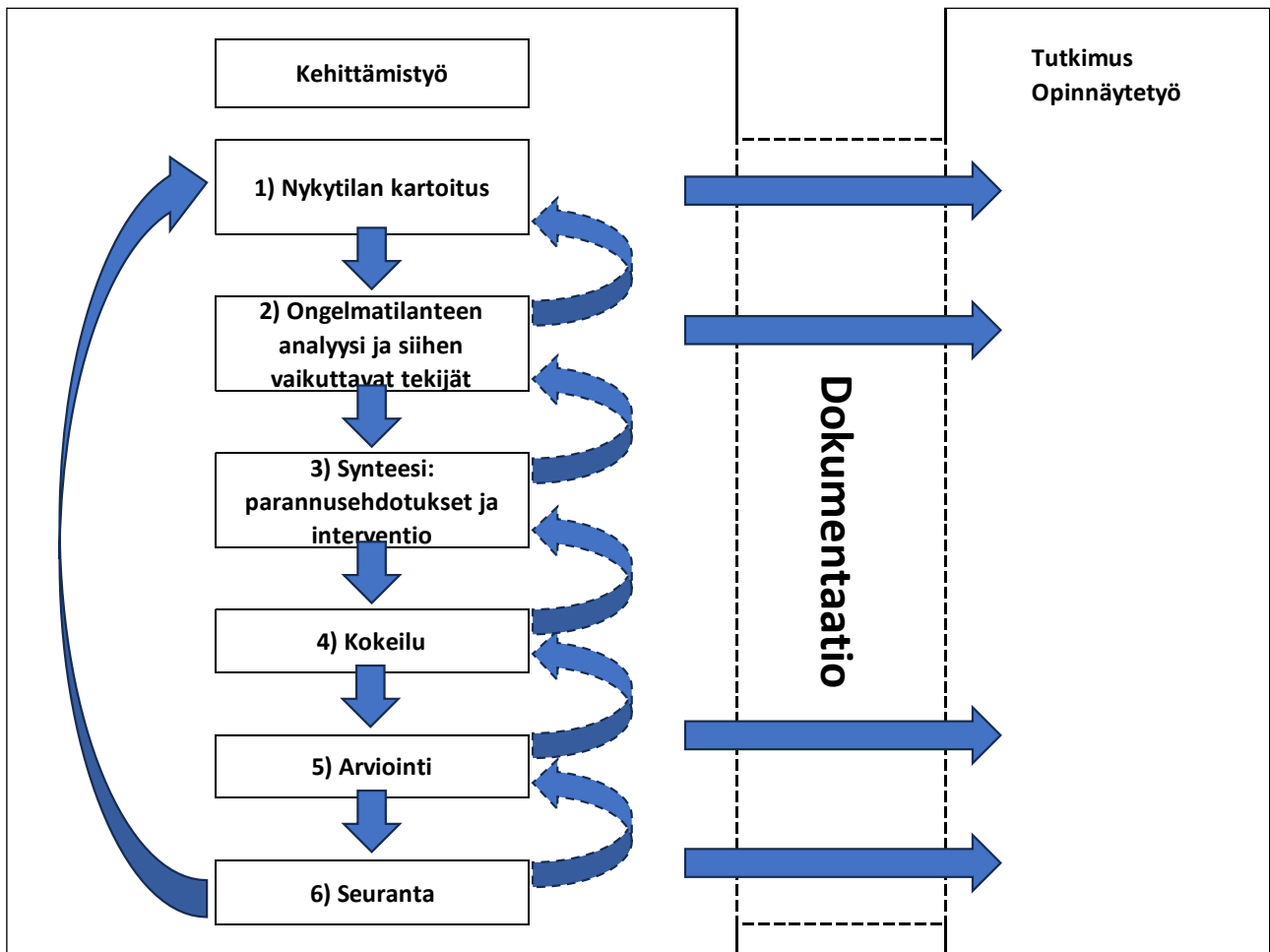
laadullisia haastatteluja sekä määrällisesti ja laadullisesti kunnossapitojärjestelmän datatietoa. (Heikkinen 2020.)

2.2 Tutkimusmenetelmän valinta

2.2.1 Kehittämistutkimus

Organisaatioissa suoritetaan jatkuvasti toiminnan kehittämistä sekä parantamista, tätä kutsutaan kehittämistyöksi. Jotta tästä suoritettavasta kehittämistyöstä saadaan kehittämistutkimusta, täytyy kehitystyön suorittamiseen käyttää tutkimuksellista otetta. Kehittämistutkimus ei ole yksinään tutkimusmenetelmä, vaan se koostuu joukosta erilaisia tutkimusmenetelmiä. Kehittämistyön tutkimusstrategiaan kuuluu sekä kvantitatiiviset, että kvalitatiiviset tutkimusmenetelmät, joita hyödynnetään kehityskohteen asettamien vaatimusten mukaisesti. (Kananen 2012, 19–21.)

Kehittämistutkimus jaetaan vaiheisiin, jotka ovat yksinkertaisimmillaan ongelman määrittely, ratkaisun esitys, ratkaisun kokeilu sekä arviointi (Kananen 2012, 53). Kuviossa 3 on määriteltyä kehittämistutkimuksen vaiheet ja kuinka vaiheiden välillä palataan taaksepäin arvioimaan tilannetta tutkimuksen edetessä. Vaiheisiin yksi ja kaksi, eli nykytilan kartoitukseen sekä ongelman analyysiin, tulee varata tutkimustyön aikataulutuksessa riittävästi aikaa tavoiteltavan lopputuloksen saavuttamiseksi. Jos tutkimustyössä siirrytään liian aikaisin vaiheen kolme parannusehdotuksiin ja interventioon, voi tämä johtaa tilanteeseen, että ratkaistavan ongelman ja sen muuttujien analysointi jää liian pintapuoliseksi ja lopulta tutkimustyössä ratkaistaan ongelmaa, jota ei todellisuudessa ole olemassa. (Kananen 2012, 53.)



Kuvio 3 Kehittämistutkimuksen vaiheet. Perustuen alkuperäiseen (Kananen, 2012, 52).

Toteutettava opinnäytetyön tutkimustyö noudattaa kehittämistutkimuksen peruskaavaa, sillä aiheena käyttövarmuuden parantaminen on sellaista kehittämistyötä, johon törmätään yritysten toiminnassa päivittäin. Valmet konsernin yhtä toiminnan kehittämismenetelmistä kutsutaan nimellä ”jatkuva parantaminen”, joka kuvaa sitä, että yrityksen yhteisen toiminnan kehittäminen kuuluu jokaisen työntekijän toimenkuvaan. Valmetin linjaus toiminnan kehittämisestä tukee kehittämistutkimuksen valintaa tämän opinnäytetyön tutkimusmenetelmäksi. Opinnäytetyön lopputuloksen kannalta on tärkeää huomioida, ettei toteutetussa tutkimustyössä pystytty aikataulun ja työn laajuuden puolesta toteuttamaan kehittämistutkimuksen kuvion 3 mukaisia vaiheita 4–6, vaan lopputulokseksi syntyi parannusehdotuksia, joiden toimeenpano, arviointi sekä seuranta jää toimeksiantajan vastuulle.

2.2.2 Kvantitatiivinen tutkimus

Kvantitatiivisessa, eli määrällisessä tutkimuksessa on oltava olemassa valmiita malleja tai teorioita. Tämä tarkoittaa, että ymmärrys käsiteltävästä ilmiöstä on jo olemassa. Kvantitatiivisen tutkimuksen pohjalla on aina tehtynä myös kvalitatiivinen tutkimus, jonka avulla on syntynyt käsiteltävä malli tai teoria. Määrällinen tutkimus tuottaa erilaisten matemaattisten kaavojen avulla lukuja, jotka antavat vastauksia tutkimuskysymykseen tai käsiteltävään ilmiöön. (Kananen 2012, 31–32.)

2.2.3 Kvalitatiivinen tutkimus

Kvalitatiivisen eli laadullisen tutkimuksen pohjalla on ilmiö, jonka teorioita ei tunneta. Kananen (2017, 35) mukaan laadullisella tutkimuksella on takanaan vain yksi kysymys ”Mistä ilmiössä on kyse?”. Koska tutkittava ilmiö on niin huonosti tunnettu, on aineistonkeruuvaiheen kyselylomakkeisiin mahdotonta luoda yksityiskohtaisia kysymyksiä, jotka vastaisivat käsiteltävään asiaan. Kananen (2017) mainitsee kirjoituksessaan myös, kuinka Strauss & Corbin (1998) mukaan laadullisella tutkimuksella pyritään etsimään ”löydöksiä” käsillä olevaan ilmiöön ilman määrällisen tutkimuksen tilastollisia ja muita määrällisiä keinoja. Lukujen sijasta laadullisessa tutkimuksessa pyritään vastaamaan ilmiöön sanoilla ja lauseilla, niin että tästä muodostuu mahdollisimman syvällinen ymmärrys (Kananen 2017, 35).

Laadullisen tutkimuksen tyypillisiksi piirteiksi Kananen (2017) luettelee Creswellin (2007) mallin mukaisesti seuraavanlaisia ominaisuuksia:

- Tutkimus tapahtuu aidossa ympäristössään.
- Aineisto kerätään asianomaisilta tutkittavilta vuorovaikutussuhteessa
- Tutkija on toimija, aineiston kerääjä.
- Tutkimusaineisto on monilähteistä.
- Aineiston analyysi on induktiivista, rekursiivista ja interaktiivista.
- Huomio on tutkittavien näkökulmassa, merkityksissä ja näkemyksissä.
- Tavoitteena on kokonaisvaltainen ymmärrys tutkittavasta ilmiöstä.

Laadullisen tutkimuksen eri vaiheisiin kuuluu joukko erilaisia tiedonkeruumenetelmiä, joista yleisesti kolme tärkeintä ovat havainnointi, teemahaastattelut sekä tutkittavan kohteen mahdolliset dokumentit (Kananen 2012, 93).

Laadullisen tutkimuksen havainnoinnilla voidaan saavuttaa tietoa esimerkiksi tilanteissa, joissa työtehtävään liittyvä osaaminen ja sen prosessit ovat pitkän oppimisen tulosta. Tällöin työtehtävässä tapahtuvien ilmiöiden kuvaaminen voi olla haastavaa. Tähän liittyy myös niin sanottu hiljainen tieto, jonka tavoittaminen voi olla haastavaa muilla tiedonkeruumenetelmillä. Havainnointi voi olla muodoltaan osallistuvaa, jolloin tutkijana toimiva henkilö osallistuu mukaan toimintaan, mikä mahdollistaa tutkijan pääsyn syvälle kiinni tutkittavaan ilmiöön ja antaa hyvän käsityksen kokonaisuudesta. Luotettavan tiedon tavoittamiseksi on kuitenkin huomioitava, että havainnoinnin on tapahduttava kohteen normaaleissa toimintaolosuhteissa, jottei mahdolliset toiminnan muutokset vaikuta tutkijan tekemiin päätelmiin. (Kananen 2012. 94–96.)

Tutkimuksessa tapahtuvan havainnoinnin kestoon vaikuttavat esimerkiksi seuraavat tekijät: kuinka hyvin tutkija tuntee tutkittavan kohteen, kuinka paljon tietoa havainnoinnista tarvitaan ja kuinka syvälle tutkittavaan ilmiöön on pureuduttava tarpeellisen tiedon saamiseksi. Tarkastellessa havainnoinnin pätevyyttä laadullisen tutkimuksen menetelmänä on ajankäytöllisesti tärkeää huomioida, että havainnoinnin aikana analyysijä on suoritettava syklisesti ja jatkuvasti refleктоimalla. Analyysillä arvioidaan havainnoinnista saavutettuja tietoja ja määrittellään, tarvitaanko tietoa lisää ja onko tavoitettava muuta tietoa, joka on oleellista tutkimustyölle. (Kananen 2012, 96.)

Teemahaastatteluilta haetaan tarkempaa ymmärrystä tutkimuksen ilmiöstä ja se on yleisimpiä laadullisissa tutkimuksissa hyödynnettäviä tiedonkeruumenetelmiä. Teemahaastatteluita on mahdollista toteuttaa yksilö- ja ryhmähaastatteluina, ja tämän avulla voidaan säätää tutkijalta kuluva aikaa haastatteluiden toteuttamiseksi. Ryhmähaastatteluissa tulee kuitenkin ottaa huomioon ryhmän mahdolliset vaikutukset haastattelun kulkuun. Ryhmähaastattelussa tutkijan täytyy pitää huoli siitä, että jokainen osallistuja saa äänensä kuuluviin. (Kananen, 2012, 99–100.)

Haastatteluihin mukaan valittavat henkilöt määritetään sen mukaan, mikä on heidän osuutensa tutkimuksen kohteena olevaan ilmiöön. Lähtökohtaisesti valinta kohdistuu henkilöihin, jotka ovat suoraan ilmiöön kosketuksissa, mutta jos he ovat tavoittamattomissa, valinta kohdistuu eniten ilmiöstä tietäviin henkilöihin. Haastateltavien henkilöiden määrää on laadullisessa tutkimuksessa haastavaa määrittää ennalta. Se määräytyy tutkimuksen suorittamiseen tarvittavan tiedon määrän tarpeen mukaisesti. (Kananen 2012, 100–101.)

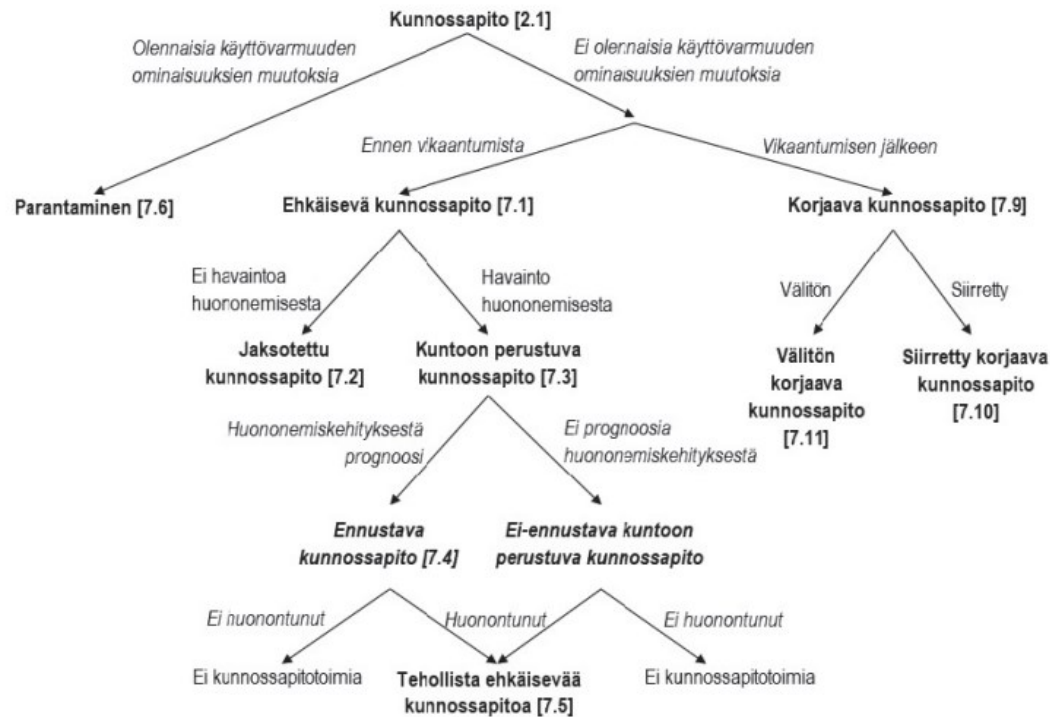
2.3 Tutkimuksen eettisyys

Sanalla tutkimusetiikka tarkoitetaan laajalti vastuullisuutta, eettisyyttä sekä rehellisyyttä tutkimuksen toteuttamisessa (Mustajoki & Kohonen 2021). Toteutetussa opinnäytetyössä noudatetaan Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohjeistusta hyvästä tieteellisestä käytännöstä (Hyvä tieteellinen käytäntö 2012). Tutkimuksessa on sovellettu tieteellisen tutkimuksen kriteerien mukaisia tiedonhankinta- ja tutkimusmenetelmiä, sekä tiedeyhteisölle ominaisia toimintatapoja, eli huolellisuutta ja rehellisyyttä tutkimuksen tekemisessä, tulosten tallentamisessa sekä esittämisessä. Tutkimuksessa on myös huolehdittu tietosuojasta sekä haastatteluiden että muun aineiston osalta. Haastateltuja on informoitu tutkimukseen osallistumisesta ja tutkimuksen tarkoituksesta.

3 Kunnossapito ja käyttövarmuus

3.1 Kunnossapito

Eurooppalainen SFS-EN 13306:2017 standardi määrittelee käsitteen kunnossapito seuraavalla tavalla: ”Kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon” (SFS-EN 13306:2017, 5). Järviön ja Lehtiön (2017, 17–19) mukaan John Moubray, luotettavuuskeskeisen kunnossapidon (RCM) kehittäjä, määrittelee kunnossapidon seuraavin piirtein. Kunnossapito varmistaa tuotantovälineiden toiminnan niiden koko elinkaaren aikana, varmistaa käyttäjien, omistajien sekä yhteiskunnan tyytyväisyyden, valitsee ja hyödyntää kohteelle sopivimpia menetelmiä vikaantumisten ja vikaantumisten seurausten hallitsemiseksi sekä saa jokaisen ihmisen tuen kunnossapitotoimille niiltä, jotka kunnossapitoon vaikuttavat. Kuviossa 4 on havainnollistettu kunnossapitolajit ja niihin vaikuttavat tekijät.



Kuva A.1 Kunnossapitolajit

Kuvio 4 Kunnossapitolajit. (SFS-EN 13306:2017, 22)

3.2 Kunnossapitolajit

3.2.1 Ehkäisevä kunnossapito

Standardeissa määritellään ehkäisevän kunnossapidon tarkoituksiksi vähentää kunnossapidettävän kohteen vikaantumisen ja suorituskyvyn heikentymisen todennäköisyyttä ja/tai arvioida edellä mainittuja tapahtumia. Ehkäisevällä kunnossapidolla on runsaasti alalajeja, jotka määritellään jokainen omin perustein. Jaksotetussa kunnossapidossa suoritetaan kunnossapidolliset toimet ennalta määritetyn ajanjakson tai käyttömäärän mukaan. Suoritettavat toimet voivat olla ennalta määriteltäviä kohteen vikaantumismekanismin perusteella, jolloin edeltävää toimintakunnon tutkimusta ei suoriteta. Kuntoon perustuvalla kunnossapidolla tarkoitetaan kunnossapidollisia toimia, jotka suoritetaan arvioimalla tai analysoimalla kohteen fyysistä tilaa. (SFS-EN 13306:2017, 13–14.)

Ehkäisevää kunnossapitoa hyödynnetään tapauksissa, joissa kunnossapidettävän kohteen toiminnan tulee olla luotettavaa, eikä häiriöitä saa esiintyä. Prosessien luotettavuus on ennakoivan kunnossapidon avulla saavutettavissa tasolle täysin varma, joka ei yleisesti kuitenkaan toteudu käytännössä, sillä niin korkean luotettavuustason tavoittelu tulee erittäin kalliiksi. Tästä syystä tavoiteltava luotettavuustaso on hallinnollinen päätös sen taloudellisten vaikutusten vuoksi. Nykyaikaiset turvallisuus- ja ympäristövaatimukset ovat aiheuttaneet prosessien luotettavuustasojen nousun mahdollisten vikaantumisten aiheuttamien riskien ehkäisemiseksi. Tämä seikka hälventää luotettavuustason taloudellisia vaikutuksia tuomalla päätöksentekoon mukaan lainsäädännöllisen aspektin. (Järviö & Lehtiö 2017, 101).

3.2.2 Korjaava kunnossapito

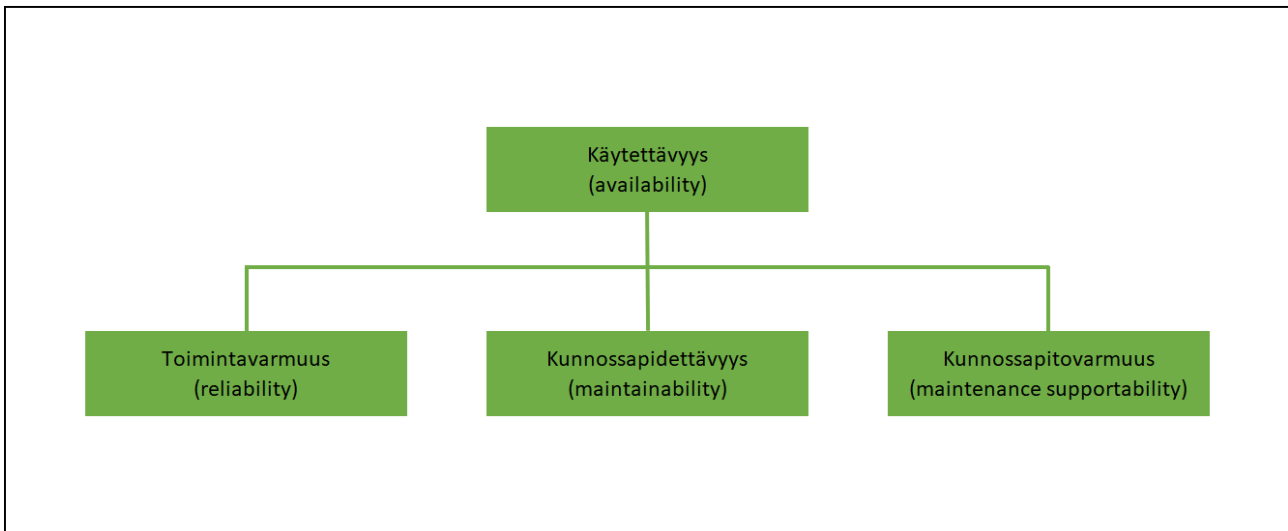
Kun kohde vaatii korjaavaa kunnossapitoa, on vikaantuminen jo tapahtunut. Tavoitteena on kunnossapitotoimet suorittamalla palauttaa kohde takaisin tilaan, jossa se suorittaa siltä vaaditun toiminnon. Kun kunnossapitotoimet on suoritettava heti vikaantumisen ilmetessä ei toivottujen seuraamusten välttämiseksi tai minimoimiseksi, kutsutaan tätä nimellä välitön korjaava kunnossapito. (SFS-EN 13306:2017, 14–15.)

Tapauksia, joissa korjaamiseen tarvittavia toimenpiteitä voidaan viivästyttää tuotantotilanteen sallimissa rajoissa, kutsutaan siirretyksi korjaavaksi kunnossapidoksi. Edellä mainitut siirretyn korjaavan kunnossapidon toimet voivat olla myös aikataulutettua kunnossapitoa, jos kohde sallii ominaisuuksiltaan töiden aikataulutuksen. (SFS-EN 13306:2017, 14–15.)

3.3 Käyttövarmuus

Käyttövarmuus on yleisesti käytössä oleva käsite, jolla kuvataan kohteen käytettävyyttä tai luotettavuutta (Järviö & Lehtiö 2017, 54). Käsitteen määritelmä on PSK standardoinnissa seuraava: ”käyttövarmuus on kyky toimia vaadittaessa vaaditulla tavalla”. Määritelmällä tarkoitetaan, että laitteelta vaaditut toimenpiteet toteutuvat tietyissä olosuhteissa, kun tarvittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla. (PSK 6201:2022, 9.)

Käyttövarmuus pitää sisällään käytettävyyden ja sen peruspiirteet. Näitä peruspiirteitä ovat kuvion 3 mukaisesti, kunnossapidettävyys, kunnossapitovarmuus sekä toimintavarmuus. Tietyissä tapauksissa mukaan voidaan lukea myös ominaisuuksia kuten, käyttöolosuhteet, turvallisuus, turvaaminen, eheys sekä taloudellisuus. (Järviö & Lehtiö 2017, 54.)



Kuvio 5 Käytettävyyden peruspilarit, perustuu alkuperäiseen (Järviö & Lehtiö 2017, 54).

Käytettävyys (engl. availability) on Järviön ja Lehtiön (2017, 54) mukaan yksinomaan tärkeimpiä suureita määrittämään tuotannon tehokkuutta kaikissa teollisuuden tuotannoissa, joiden laitteet pääosin kuuluvat kunnossapidon piiriin. Kuten aikaisemmin mainittiin, kohteen käyttövarmuustarkastelussa käytettävyys määritellään todennäköisyytenä suoriutua sille ennalta määritetyistä toimenpiteistä. Yksittäiselle koneelle kokonaiskäytettävyys K lasketaan alla olevan kaavan mukaan. (PSK 6201:2022, 6–7.)

$$K = \frac{\textit{käyntiaika}}{\textit{käyntiaika} + \textit{seisokkiaika}}$$

3.3.1 Toimintavarmuus

Standardi SFS-EN 13306:2017 määrittelee toimintavarmuuden olevan laitteen kyky toteuttaa siltä vaaditut toiminnot tietyn ajanjakson ajan määrättyissä olosuhteissa. Toimintavarmuutta voidaan tarkastella kolmelta eri kantilta: luontainen, oletettu sekä toteutunut toimintavarmuus. Luontai-

nen toimintavarmuus määräytyy kohteen suunnittelussa sekä valmistuksessa sille oletetuissa olosuhteissa, kun oletetaan että kohteelle ei suoriteta muuta kuin rutiinikunnossapitoa. (SFS-EN 13306:2017, 7.) Kohteen toimintavarmuutta voidaan mitata toteutuneella vikaantumisvälillä (engl. mean time between failures, MTBF) (Järviö & Lehtiö 2017, 56). Taulukossa 1 on esitetty toimintavarmuuden mittarit ja siihen vaikuttavat tekijät.

Taulukko 1 Toimintavarmuus ja sen tekijät, perustuu alkuperäiseen (Järviö & Lehtiö 2017, 56).

Toimintavarmuus (mittarit: vikaväli, MTBF, jne.)	
Konstruktio	Lähtötiedot, materiaalit, mitoitus, laitesuunnittelu
Luontainen toimintavarmuus	Kohteen suunnittelussa ja valmistuksessa määräytynyt toimintavarmuus
Rakenteellinen kunnossapidettävyyys	Vian etsinnän ja korjauksen helppous
Asennus	Tekninen suorittaminen, luovutus, käyttöopastus, kunnossapitosuunnitelmat, dokumentaation sovittaminen käyttäjän tarpeisiin
Käyttöomaisuudesta huolehtiminen (tarve, toteutus)	Ehkäisevä kunnossapito, kunnonvalvonta, kunnossapidon suorittaminen
Käyttö	Osaaminen, koulutus, työturvallisuus, motivaatio
Tuotantokyvyn varmentaminen	Saatavuus, valintatapa

3.3.2 Kunnossapidettävyyys

Kunnossapidettävyyys tarkoittaa sitä, kuinka hyvin kohde on säilytettävissä tai palautettavissa tilaan, jossa se ennalta määritellyissä olosuhteissa suorittaa siltä vaaditut toiminnot (SFS-EN 13306:2017, 7–8). Järviö ja Lehtiö (2017, 56) ovat määritelleet kunnossapidettävyyden ja siihen vaikuttavat tekijät taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2 Kunnossapidettävyyteen vaikuttavat tekijät sekä mittarit, perustuu alkuperäiseen (Järviö & Lehtiö 2017, 56).

Kunnossapidettävyys (mittari: korjausaika, MTTR, reagointiaste)	
Vian havaittavuus	Vian osoittamismahdollisuus, testaukset (OP/FUC) Instrumentointi/automaattinen kunnonvalvonta Proaktiivinen toiminta
Huollettavuus	Luontainen kunnossapidettävyys Laitestandardisointi, modulaarisuus Luokse päästävyys, reititettävyys, ohjeistus
Korjattavuus	Dokumentaatioiden ja varaosien saatavuus Luokse päästävyys Purkaminen, kokoaminen, testaus, säätäminen Standardityökalujen käyttö Työturvallisuus Raportointi, dokumentaation päivitys

3.3.3 Kunnossapitovarmuus

Kunnossapitovarmuudella mitataan kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa oikeita tukitoimenpiteitä, jotta kohteen vaatimat kunnossapitotoimet saadaan suoritettua (SFS-EN 13306:2017, 6). PSK standardisointi ottaa kantaa, että kunnossapitotoimet suoritetaan kohteelle ennalta määritetyissä olosuhteissa, jolla tarkoitetaan kohdetta itseään sekä sen fyysistä paikkaa (PSK 6201:2022, 9). Järviö ja Lehtiö (2017, 56) ovat määritelleet kunnossapitovarmuuden mittarit sekä vaikuttavat tekijät taulukon 3 mukaisesti.

Taulukko 3 Kunnossapitovarmuus ja sen tekijät, perustuu alkuperäiseen (Järviö & Lehtiö 2017, 56).

Kunnossapitovarmuus (mittarit: logistiset viiveet, saatavuus)	
Hallinto	Organisaatio, avainhenkilöt, ohjausjärjestelmä, -mittaristo Toiminnanohjausjärjestelmä (CMMS)
Rutiinit, systeemit	”Maintenance master plan” Yhteistyö/tiedonsiirto käytön ja kunnossapitäjän välillä Toimittajayhteistyö, -politiikka
Dokumentaatiot	piirustukset, ohjeet, vikahistoriat Saatavuus, ylläpito
Korjausvarusteet	Vakiotyökalut, koneet, erikoistyökalut Sijainti
Varaosat, materiaalit	Vaihto- ja varaosat, materiaalit, tarvikkeet Sijainti, saatavuus Logistiikka
Kunnossapitäjät	Määrä, sijainti, tavoitettavuus Ammattitaito, ylläpito ja kehittäminen, moniosaaminen Motivaatio

4 Käyttövarmuuden parantaminen

4.1 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito (engl. reliability centered maintenance) on yleisesti maailmalla kannatusta saanut menetelmä, jonka avulla pyritään parantamaan laitteen tai laitoksen kunnossapidettävyyttä sekä käyttövarmuutta. Mikkosen ja Komosen (2009, 75) mukaan RCM-prosessista on syntynyt monille virheellinen kuva siitä, että sen myötä tehtävät kunnossapitotyöt

lisääntyisivät entisestään. Todellisuudessa prosessin myötä on kuitenkin tarkoitus minimoida tehtävien kunnossapitotöiden määrä, kuitenkin vaarantamatta laitteiden taikka laitoksen toimintaa. Tämä lopputulos on saavutettavissa RCM:n tarjoaman systemaattisuuden avulla, jolloin turhat toimet jäävät pois ja suunnitelmissa keskitytään oleellisiin kunnossapitotoimiin. RCM:n tarkoituksena ei ole kuitenkaan ainoastaan vaikuttaa tehtäviin kunnossapitotoimiin vaan myös laitteiden suunnitteluun sekä kehittämiseen, joiden avulla saadaan myös parannettua kunnossapidettävyyttä ja käyttövarmuutta. (Mikkonen & Komonen 2009, 75.) RCM:n menetelmiin kuuluu muun muassa vika- ja vaikutusanalyysi, jota tässä työssä sovelletaan.

4.2 Toiminnallinen vikaantuminen ja vioittumistapa

Kun laite on tilassa, jossa se ei pysty toimimaan käyttäjän vaatimalla tavalla, voidaan sen sanoa olevan vikaantunut. Kohteen suorituskyvyn laskua ei voida kuitenkaan käsitellä vain yhtenä ainoana vikaantumisenä, vaan laitteilla on usein monia eri toimintoja ja käyttötarkoituksia, jolloin tietyn toiminnon suorituskyvyn heikkenemistä tai totaalista pysähtymistä kutsutaan toiminnalliseksi vikaantumiseksi (engl. functional failure). RCM-prosessiin kuuluu kohteen toimintojen eri vikaantumisten määrittäminen, eikä vain kohteen määrittäminen vikaantuneeksi sen ollessa kyvytön suoriutumaan sille vaatimuksena olevista toimenpiteistä. (Moubray 1997, 46–47.)

Kohteen toiminnallisia vikaantumisia voidaan Moubrayn (1997, 47) mukaan tarkastella neljästä näkökulmasta, joita ovat osittainen ja totaalinen vikaantuminen, suorituskyvyn ylä- ja alaraja, mittareiden ja indikaattoreiden vikaantuminen ja kohteen muut käyttötarkoitukset. Osittaisella ja totaalisella vikaantumisella tarkoitetaan tilaa, jossa kohde pystyy joko toimimaan suorituskyvyllä, joka ei vastaa haluttua, sekä vikaantumistilaa, jossa kohde ei toimi laisinkaan. Osittaisen sekä totaalisen vikaantumisen vikaantumismekanismit sekä seuraukset eroavat lähes aina toisistaan. Tästä syystä kaikki kohteen vioittumistavat, jotka voivat vaikuttaa kohteen eri toimintoihin, tulisi kuvata. Tiettyissä kohteissa toiminnallisiksi vioittumisiksi määritellään tilanteet, joissa kohteen suorituskyky ylittää tai alittaa sille määritellyn suorituskyvyn. (Moubray 1997, 48.) Tällainen vikaantumismekanismi voi olla esimerkiksi työstökone, jolta vaaditaan kappaleen työstämistä tiettyyn mittaan, jonka ylä- ja alaraja määritetään toleransseilla. Mittareiden, indikaattoreiden sekä turva- ja ohjausjärjestelmien vikaantumismekanismit tulee tiettyissä tapauksissa kuvata erillisinä vikaantumismekanismeina, riippuen vikaantumisen seurauksista. (Moubray 1997, 50.) Samalle kohteelle voi olla

asetettuna useita eri tehtäviä, jolloin raja-arvot muuttuvat tehtävän asettamien vaatimusten mukaisesti. Tämä luo kohteelle uusia vikaantumismekanismeja. (Moubray 1997, 50.)

Yksinkertaisimmillaan kuvattuna vioittumistapa (engl. failure mode) on se tapahtuma, joka aiheuttaa kohteen toiminnallisen vioittumisen (Moubray, 1997, 53). Kaikki kunnossapidon tehtävät valikoidaan, priorisoidaan sekä johdetaan kohteen vioittumistapojen tuntemuksen kautta, eikä kunnossapitotoimia tule päättää erikseen laite- tai komponenttikohtaisesti (Uusitalo 2000, 33). Tärkeää laitteen tai komponentin toiminnallista vikaantumista tutkittaessa on selvittää kohteen vioittumistapa, joka ohjaa kunnossapitäjää tekemään oikeita toimenpiteitä (Uusitalo 2000, 33). Uusitalon (2000, 33) mukaan vikaantuminen on tapahtuma, joka vaikuttaa järjestelmän tai komponentin suorituskykyyn haitallisesti, ja vioittumistapa on se mekanismi, jolla vikaantuminen tapahtuu. Moubrayn (1997, 53–54) mukaan vioittumistapaa tulisi lähestyä listaamalla ensin kohteen toiminnalliset vikaantumiset, jonka jälkeen määritellään mahdolliset vioittumistavat, jotka aiheuttavat kyseisen toiminnallisen vikaantumisen.

4.3 Vika- ja vaikutusanalyysi

Tuotantolaitteiden toimintavarmuuden takaaminen vaatii käyttäjiltä laajaa tuntemusta. Uusitalon (2000, 34) ja Laineen (2010, 127) mukaan vika- ja vaikutusanalyysillä on tarkoituksena selvittää tutkittavan kohteen vioittumistapojen aiheuttamat vaikutukset sekä seuraamukset, joiden pohjalta lopulta perustetaan kohteen kunnossapitostrategia.

Oikeanlaisen kunnossapitostrategian valitsemiseksi on vioittumistavasta saatava paljon tietoa. Laitteen tai komponentin vikaantumista on tärkeää analysoida vahingon sattuessa ja kunnossapitotoimia suoritettaessa, jolloin vioittumistavasta saadaan paljon arvokasta tietoa tulevaisuuden toimien suunnittelemiseksi. Kuitenkin usein vioittumistavan selvittäminen työelämässä nähdään liian työläänä tehtävänä, vaikka käytännössä tätä tehdään vikaantumisten ehkäisemiseksi ja korjaamiseksi tulevaisuudessa. (Uusitalo 2000, 33.) Moubrayn (1997, 55) mukaan usein kunnossapidon päivittäisessä toiminnassa käydään palavereja tapahtuneista vikaantumisista, jonka yhteydessä keskustellaan toteutuneesta vioittumistavasta, sen aiheuttajasta sekä mahdollisesta ehkäisystä. Kyseisten keskustelujen merkitystä nostaa se, kuinka hyvin käyty keskustelut dokumentoidaan ja mietityt toimenpiteet suoritetaan loppuun.

Vika- ja vaikutusanalyysiä tehtäessä on tärkeää kategorisoida kohteelle mahdolliset vioittumistavat. Usein kohteen toiminnallista vikaantumista tutkiessa kohteen vioittumistapa määritellään johdettavan laitteen komponentin heikkenemisestä, jolloin esimerkiksi käyttäjien virheet sekä asennusvirheet jäävät huomioimatta. Vioittumistavat jaotellaan kolmeen pääkategoriaan, jotka ovat kohteen suorituskyvyn laskeminen, suorituskyvyn nouseminen sekä liiallisen suorituskyvyn tavoittelu kohteen suunnitelluista ominaisuuksista. (Moubray, 1997, 58.)

Analyysiä tehdessä paras tietoperusta toiminnallisten vikaantumisten sekä vioittumistapojen selvittämiseksi on kohteen käyttäjät sekä kunnossapitohenkilöstö. Esimerkiksi kohteen käyttöjärjestelmän dokumenttien kautta saatava tieto kertoo usein vain kyseisen vioittumistavan seurauksista sekä työssä suoritetuista toimenpiteistä. Tästä syystä dokumenteista saatavaa tietoa tulee käyttää lähinnä aputietona vika- ja vaikutusanalyysiä tehdessä. (Uusitalo 2000, 40.)

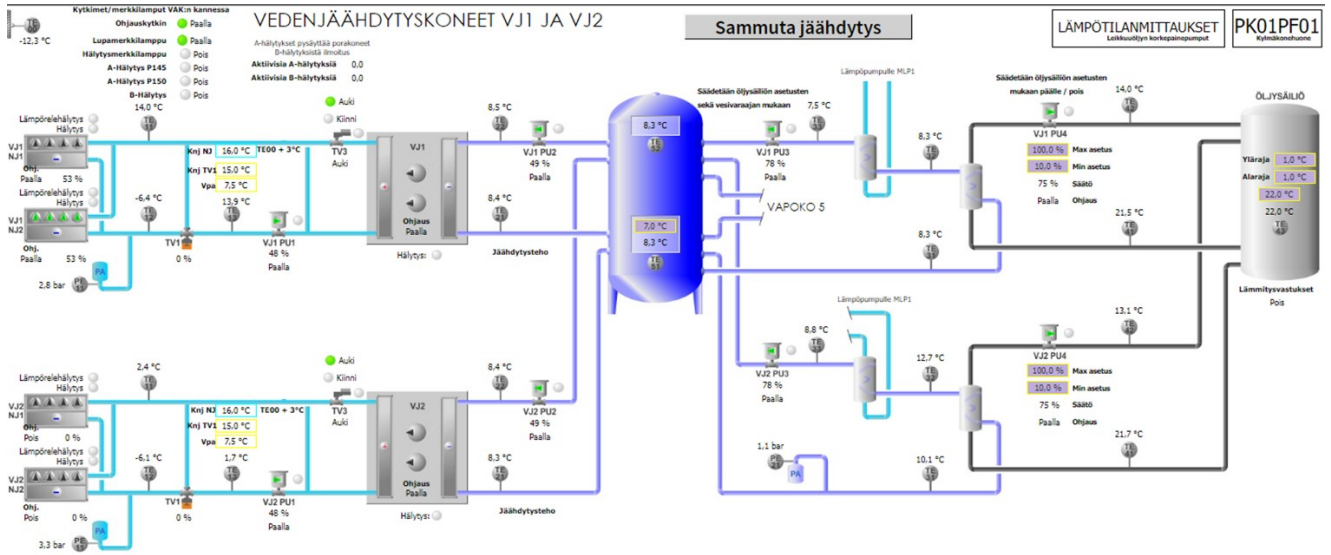
Laine (2010, 127–128) määrittää, että vika- ja vaikutusanalyysillä pyritään vastaamaan viiteen seuraavaan kysymykseen:

1. Mitä laitteen ja sen osien kuuluu tehdä?
2. Miten laite voi vikaantua toiminnallisesti?
3. Kuinka vioittuminen tapahtuu?
4. Miten kukin vika vaikuttaa toimintaan ja mitä seurauksia siitä on?
5. Mitä voidaan tehdä vikaantumisen ehkäisemiseksi tai ennakoimiseksi?

5 Vaipanporakoneiden jäähdytyslaitos

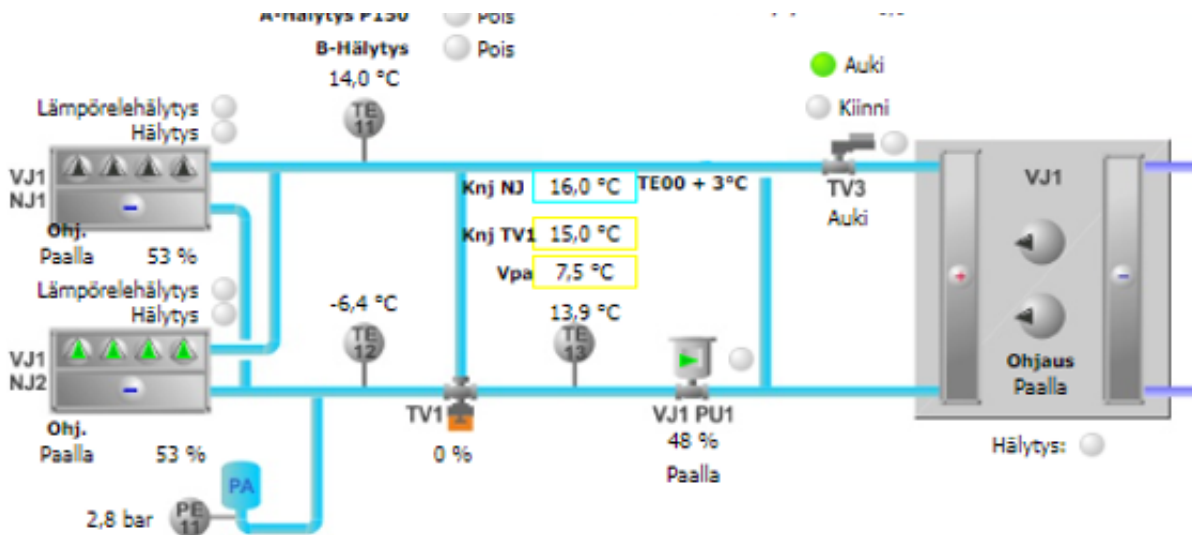
Imutelojen vaippojen imureikien poraamiseen tarkoitettujen vaipanporakoneiden käyttävät suuria määriä öljyä lastuamislakissa, muun muassa porien jäähdyttämiseen, porauslastujen huuhtelemiseen sekä porattavan vaipan jäähdyttämiseen. Öljyn tasaisen lämpötilan ylläpitäminen on tärkeää, jotta vaipanporakoneella voidaan porata optimaalisilla parametreilla ja vaipanporauksen laadun tuotto säilyy halutulla tasolla. Vaipanporakoneiden öljyn jäähdytys tapahtuu vuonna 2010 rakennetussa jäähdytyslaitoksessa, joka koostuu kahdesta erillisestä jäähdytysjärjestelmästä ja molemmat näistä kolmea eri nestettä kiertävästä piiristä. Vaipanporakoneet 7 ja 8 muodostavat yhteisen öljyjärjestelmän, johon kuuluu öljynsuodatuslaitos sekä jäähdytyslaitos. Vaipanporakone 5:lla on oma öljyjärjestelmä, jolla on oma suodatusjärjestelmä. Vaipanporakone 5 öljyn jäähdytys tapahtuu

omassa lämmönsiirtimessä, jossa kiertää jäähdytysvesi jäähdytyslaitoksen vesivaraajalta. Koko jäähdytysjärjestelmää ohjataan Are Oy:n tekemästä nettiselainpohjaisesta automaatiojärjestelmästä (Kuvio 6).



Kuvio 6 Jäähdytyslaitoksen ohjausjärjestelmä.

Järjestelmän liuospiirissä (kuvio 7) kierrätetään 35 %:sta vesiglykoliseosta. Liuospiirin päälaitteina ovat jäähdytyslaitoksen katolla olevat liuosjäähdyttimet sekä piirin kiertopumppu. Liuospiirin tarkoituksena on ottaa lämpöä vastaan vedenjäähdyttimen lauhduttimelta. Piirissä on kolmitie toimilaitteventtiili, jota automatiikka säätää liuosjäähdyttimiltä palaavan liuoksen lämpötilan mukaisesti. Kylmimmillä pakkasilla liuosjäähdyttimien tarve on vähäisempää. Jäähdytyslaitoksen vedenjäähdyttimet VJ1 ja VJ2 huolehtivat prosessin veden jäähdyttämisestä kylmätekniikan kiertoprosessin avulla. Vedenjäähdyttimistä käytetään usein tuotannossa ja kunnossapidossa nimitystä kompressori, joten tutkimuksessa viitataan laitteisiin, joko vedenjäähdyttiminä tai kompressoreina. Laitteiston vedenjäähdyttimet pitävät sisällään kaikki kylmälaitteelle perinteisimmät laitteet, joita ovat lauhdutin, paisuntaventtiili, höyrystin sekä kompressori, tämän lisäksi molemmat vedenjäähdyttinyksiköt ovat itsessään kahdennettuja järjestelmiä, eli yhdessä jäähdyttimessä on kaksi kompressoria ja muuta kylmäainepiiriä laitteineen. Liuospiirin laitteet ovat kokonaisuudessaan lueteltuna taulukossa 4.



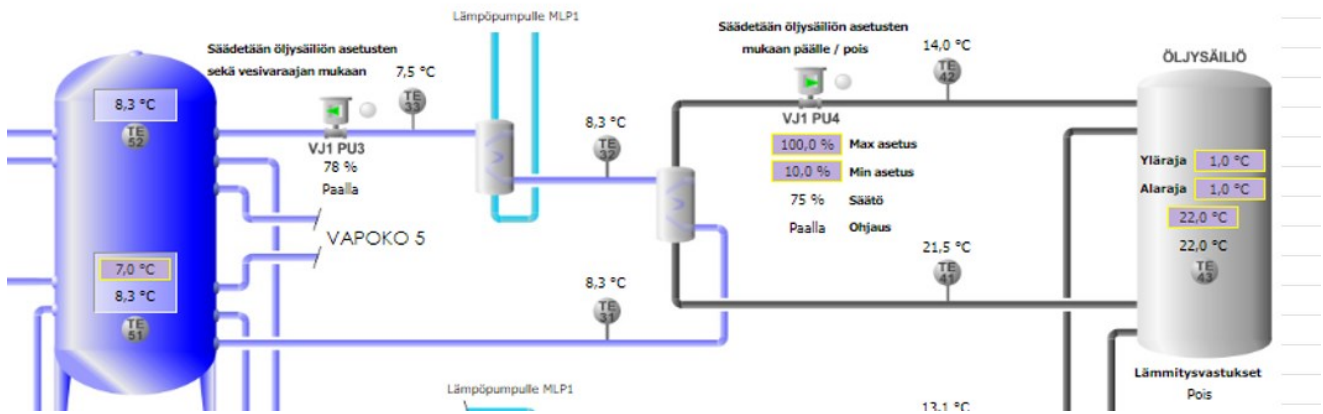
Kuvio 7 VJ1 liuospiiri.

Taulukko 4 VJ1 liuospiirin laitteet.

VJ1 liuospiirin laitteet.
VJ1TV3 toimilaitteventtiili.
VJ1NJ1 liuosjäähdytin.
VJ1NJ2 liuosjäähdytin.
VJ1PE11 paineanturi kattolauhduttimilta.
VJ1TE11 termostaatti VJ1 kompressoreilta.
VJ1TE12 lämpötilanmittaus.
VJ1TV1 kolmitie toimilaitteventtiili VJ1 liuospiirissä.
VJ1TE13 lämpötilanmittaus
VJ1 Vedenjäähdytin

Kuvion 8 mukaisesti jäähdytyslaitteisto jatkaa vedenjäähdyttimiltä vesikierrolla vesivaraajaan, jossa on meno- sekä paluupuolen lämpötilanmittaukset. PU3 kiertopumpun nopeutta säädetään varaajan sekä öljysäiliön lämpötilan mukaan. Varaajalta vesi kiertää öljypiiriin lämmönvaihtimelle, jossa porausöljyn jäähdytys tapahtuu. Öljypiiriin kiertoa ohjataan PU4 kiertopumpulla, joka

ohjautuu öljysäiliön asetusten mukaisesti. Varaajalta lähtee myös linjat vaipanporakone 5:lle. Jäähdytyslaitoksen vesipiireissä on viimeisenä ennen säiliötä lämmönvaihdin, joka toimii lämpöpumpun MLP1 piirin lämmön talteenottona ja näin ollen jäähdyttää vesipiirin paluulinjaa. Jäähdytysvesi- ja öljypiirin laitteet ovat lueteltuna taulukossa 5.



Kuvio 8 VJ1 jäähdytysvesi- ja öljypiiri

Taulukko 5 VJ1 jäähdytysvesi- ja öljypiirin laitteet

VJ1 jäähdytysvesipiirin laitteet
VJ1TE21 termostaatti kompressoreilta varaajalle.
VJ1TE22 termostaatti varaajalta kompressoreille.
VJ1PU2 kiertopumppu varaajalta kompressoreille.
VJ1PU3 kiertopumppu lämmönsiirtimeltä varaajalle.
VJ1TE33 termostaatti MLP1 lämmönsiirtimeltä varaajalle.
VJ1TE32 termostaatti öljykierron lämmönsiirtimeltä MLP1 lämmönvaihtimelle.
VJ1LS2 MLP1 lämmön talteenoton lämmönsiirrin.
VJ1TE31 termostaatti varaajalta öljykierron lämmönsiirtimelle.
VJ1LS1 Öljypiirin lämmönsiirrin.
VJ1PU4 öljypiirin kiertopumppu.
VJ1TE41 lämpötilanmittaus öljysäiliöstä lämmönsiirtimelle.
VJ1TE42 lämpötilanmittaus lämmönsiirtimeltä öljysäiliölle.

6 Jäähdytyslaitoksen käyttövarmuuden nykytilan selvitys

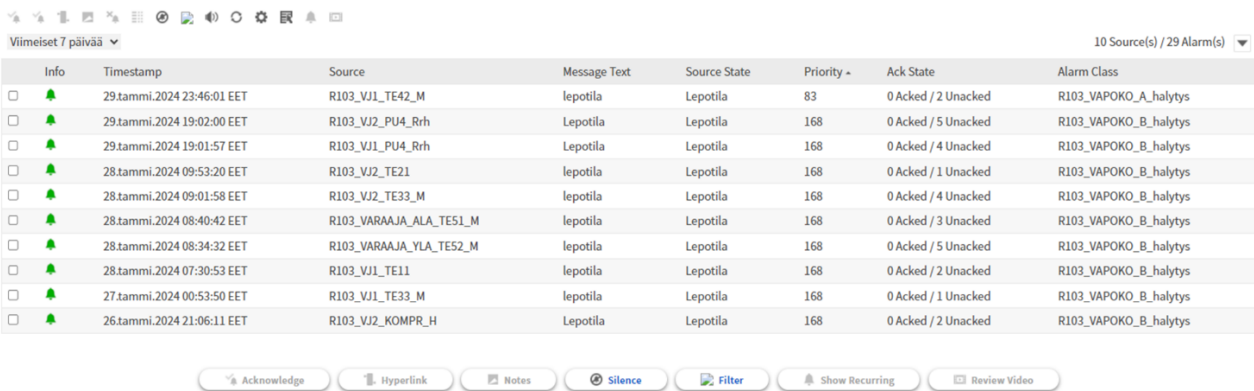
6.1 Työn eteneminen

Opinnäytetyön työosuuden toteutus aloitettiin havainnoinnilla, jonka aikana oli tehtävänä tutustua jäähdytyslaitoksen toimintaan, hankkia pohjatietoa teemahaastatteluiden toteuttamiseksi, kerätä ja analysoida kunnossapitojärjestelmän häiriö- ja vikatilaukset sekä tutkia laitekokoisuuden olemassa olevia dokumentteja. Työn alussa tarkasteltiin myös mahdollisuutta suorittaa laitekokoisuudelle käyttövarmuuslaskentaa, mutta sen osoittautuessa liian haastavaksi toteuttaa nykyisillä tiedoilla, jouduttiin laskennasta luopua. Tämän myötä toteutuneesta tutkimustyöstä tuli pääosin laadullista, pois lukien kuukauden aikaisten hälytysmäärien kerääminen sekä Novi kunnossapitojärjestelmän työhistorian tarkastelu. Jäähdytyslaitoksen havainnointi jatkui lopulta koko opinnäytetyöprosessin ajan ja opinnäytetyön toisella puoliskolla suoritettiin teemahaastattelut havainnoinnin kautta määritetyille kohderyhmille.

6.2 Käyttöjärjestelmän hälytykset

Jäähdytyslaitoksen käyttöjärjestelmä tallentaa hälytystietoja järjestelmässä omalle välilehdelle kuvion 9 mukaisesti. Hälytyksistä ei ole olemassa listaa, jossa olisi listattuna olemassa olevat hälytykset ja niiden määritelmät. Operaattoreiden ja Are Oy:n edustajien kanssa käytyjen keskustelujen kautta selvisi, että hälytyksistä ainoastaan Alarm Class: ”R103_VAPOKO_A-halytys” luokitellut hälytykset pysäyttävät vaipanporakoneet 7 ja 8. Hälytyksille määritetty kuvion 9 mukainen prioriteetti-luokka (priority) määrittää järjestyksen, jossa järjestelmään kirjautuneet hälytykset näkyvät hälytysvälilehdellä.

Ainoastaan kaksi jäähdytyslaitokselta peräisin olevaa hälytystä ovat tällä hetkellä määritelty A-hälytyksiksi. Kyseessä ovat kuvion 9 ylimmällä rivillä nähtävä VJ1 öljypiirin kiertopumpun jälkeisen lämpötilamittauksen hälytys R103_VJ1_TE42_M sekä vastaava VJ2 öljypiirin hälytys R103_VJ2_TE42_M. Kyseiset lämpötilanmittausanturit mittaavat öljypiirien paluupuolen nesteen lämpötilaa ja antavat hälytyksen, kun lämpötila nousee yli 30 celsiusasteeseen.



Info	Timestamp	Source	Message Text	Source State	Priority	Ack State	Alarm Class
<input type="checkbox"/>	29.tammii.2024 23:46:01 EET	R103_VJ1_TE42_M	lepotila	Lepotila	83	0 Acked / 2 Unacked	R103_VAPOKO_A_halytys
<input type="checkbox"/>	29.tammii.2024 19:02:00 EET	R103_VJ2_PU4_Rrh	Lepotila	Lepotila	168	0 Acked / 5 Unacked	R103_VAPOKO_B_halytys
<input type="checkbox"/>	29.tammii.2024 19:01:57 EET	R103_VJ1_PU4_Rrh	Lepotila	Lepotila	168	0 Acked / 4 Unacked	R103_VAPOKO_B_halytys
<input type="checkbox"/>	28.tammii.2024 09:53:20 EET	R103_VJ2_TE21	lepotila	Lepotila	168	0 Acked / 1 Unacked	R103_VAPOKO_B_halytys
<input type="checkbox"/>	28.tammii.2024 09:01:58 EET	R103_VJ2_TE33_M	lepotila	Lepotila	168	0 Acked / 4 Unacked	R103_VAPOKO_B_halytys
<input type="checkbox"/>	28.tammii.2024 08:40:42 EET	R103_VARAAJA_ALA_TE51_M	lepotila	Lepotila	168	0 Acked / 3 Unacked	R103_VAPOKO_B_halytys
<input type="checkbox"/>	28.tammii.2024 08:34:32 EET	R103_VARAAJA_YLA_TE52_M	lepotila	Lepotila	168	0 Acked / 5 Unacked	R103_VAPOKO_B_halytys
<input type="checkbox"/>	28.tammii.2024 07:30:53 EET	R103_VJ1_TE11	lepotila	Lepotila	168	0 Acked / 2 Unacked	R103_VAPOKO_B_halytys
<input type="checkbox"/>	27.tammii.2024 00:53:50 EET	R103_VJ1_TE33_M	lepotila	Lepotila	168	0 Acked / 1 Unacked	R103_VAPOKO_B_halytys
<input type="checkbox"/>	26.tammii.2024 21:06:11 EET	R103_VJ2_KOMPR_H	Lepotila	Lepotila	168	0 Acked / 2 Unacked	R103_VAPOKO_B_halytys

Kuvio 9 Jäähdytyslaitoksen käyttöjärjestelmän hälytykset 29.1.2024.

Järjestelmään tallentuneet hälytykset kirjattiin Excel-taulukon kaks kertaa viikossa koko havainnoinnin ajan. Haasteen seurantatyöhön loi se, että käyttöjärjestelmän hälytyksiä ei kuitata, ja jos hälytys tulee samasta lähteestä kuin aikaisemmin järjestelmään tallentunut, ajaa järjestelmä uuden hälytyksen vanhan päälle. Tällöin hälytystyyppin kuittaamattomien (Unacked) hälytysten määrä

kasvaa ja hälytyksen päivämäärä ja kellonaika (Timestamp) kirjautuu viimeisen mukaan. Hälytysseurannan tarkoituksena oli myös tarkastella ohjausjärjestelmän käyttöä ja sitä, kuinka järjestelmän antamiin hälytyksiin reagoidaan vaipanporauksen aikana, joten tätä kautta myöskään hälytysten kuittaamiseen ei puututtu.

Kuukauden aikana käyttöjärjestelmän kautta hälytyksiä kirjattiin yhteensä 138 kappaletta (kts. taulukko 6). Hälytysten kokonaismäärää nostaa huomattavasti R103_VJ1_TE32_M lämpötilanmittauksen 58 hälytystä, jotka olivat kirjautuneet järjestelmään 5 vuorokauden aikana, jossa oli mukana viikonloppu. Kyseiset hälytykset eivät aiheuttaneet mitään toimenpiteitä, joten niiden syntyperä ei ole täysin selvillä. 9 kappaletta VJ2_KOMPR_H hälytyksiä ovat tulleet VJ2 vedenjäähdyttimeltä ja aiheuttaneet häiriön. Vedenjäähdyttimen hälytykset eivät kuitenkaan aiheuttaneet suurempia toimenpiteitä, vaan ovat kuittaantuneet joko itsestään tai operaattorien toimesta. Ainoat hälytykset, jotka aiheuttivat kuukauden aikana toimenpiteitä, olivat yhteensä 22 kappaletta R103_VJ1_TE42_M ja R103_VJ2_TE42_M kriittisyysluokka A hälytyksiä sekä yksi R103_VJ1_NJ1_LAMPORELE_H kriittisyysluokan B hälytys.

TE42 lämmönmittausten antamien hälytysten aiheuttaja selvisi keskustellessa vaipanporauksen operaattoreiden kanssa. Hälytykset syntyvät tyypillisesti silloin, kun puhdasöljysäiliön öljyn lämpötilaa on nostettu vastuksilla ja aloitetaan uudelleen öljyn jäähdytys. Tämän lisäksi ilmaa öljypiireihin kertyy silloin, kun öljysäiliön pinta laskee hälytysrajalle $20 M^3$. Koko R103_VJ1_TE42_M lämpötilamittauksen hälytyksen A-luokitteluperuste on ilmoittaa operaattoreille ilmausentarpeesta, jotta kiertopumppu ei vikaannu ja öljyn jäähdyttäminen keskeydy. Öljylinjat joudutaan käydä ilmaamassa manuaalisesti pysäyttämällä pumpput taajuusmuuttajalta ja laskemalla ilma linjan korkeimpaan kohtaan asetetusta käsiventtiilistä. Ilmaustoimenpidettä käytiin seuraamassa yhden keran tapahtumahetkellä ja sen perusteella voidaan arvioida yhden ilmauskerran pysäyttävän vaipanporauksen noin 5–10 minuutiksi. Tämän lisäksi venttiiliä avatessa syntyy riski, että ilmaaja saa venttiilistä öljysuihkun päällensä.

Taulukko 6 SEK-326 käyttäjärjestelmän hälytykset 7.1.2024-8.2.2024

Hälytyksen tyyppi	Prioriteetti-luku	Kriittisyysluokka	Hälytysten määrä/tar-kastuskerta
R103_VJ1_TE42_M	83	A	10
R103_VJ1_TE42_M	83	A	4
R103_VJ1_TE42_M	83	A	2
R103_VJ2_TE42_M	83	A	1
R103_VJ2_TE42_M	83	A	2
R103_VJ2_TE42_M	83	A	1
R103_VJ2_TE42_M	83	A	2
R103_OLJYSAILIO_TE43_M1	168	B	1
R103_VARAAJA_ALA_TE51_M	168	B	1
R103_VARAAJA_ALA_TE51_M	168	B	2
R103_VARAAJA_ALA_TE51_M	168	B	1
R103_VARAAJA_YLA_TE52_M	168	B	3
R103_VARAAJA_YLA_TE52_M	168	B	2
R103_VARAAJA_YLA_TE52_M	168	B	1
R103_VJ1_NJ1_LAMPORELE_H	86	B	2
R103_VJ1_PU4_Rrh	168	B	3
R103_VJ1_PU4_Rrh	168	B	2
R103_VJ1_PU4_Rrh	168	B	3
R103_VJ1_PU4_Rrh	168	B	1
R103_VJ1_TE11	168	B	1
R103_VJ1_TE11	168	B	2
R103_VJ1_TE11	168	B	2
R103_VJ1_TE11	168	B	2
R103_VJ1_TE32_M	168	B	58
R103_VJ1_TE33_M	168	B	1
R103_VJ1_TE33_M	168	B	1
R103_VJ2_KOMPR_H	168	B	1
R103_VJ2_KOMPR_H	168	B	2
R103_VJ2_KOMPR_H	168	B	2
R103_VJ2_KOMPR_H	168	B	2
R103_VJ2_KOMPR_H	168	B	2
R103_VJ2_PU4_Rrh	168	B	1
R103_VJ2_PU4_Rrh	168	B	4
R103_VJ2_PU4_Rrh	168	B	1
R103_VJ2_PU4_Rrh	168	B	4
R103_VJ2_PU4_Rrh	168	B	1
R103_VJ2_TE21	168	B	1
R103_VJ2_TE33_M	168	B	1
R103_VJ2_TE33_M	168	B	1
R103_VJ2_TE33_M	168	B	4
Summa			138

Yhteenvedona hälytysten seurannan tuloksista voidaan tehdä johtopäätöksiä öljypiirien ilmaus-haasteista, vedenjäähdyttimien häiriöherkkyydestä sekä yleisesti ohjausjärjestelmän toiminnasta. Suuri määrä hälytyksiä aiheuttaa turhaa hämmennystä operaattoreille sekä vähentää operaattoreiden kynnystä reagoida hälytyksiin, joilla on todellisuudessa merkitystä jäähdytyslaitoksen toiminnalle.

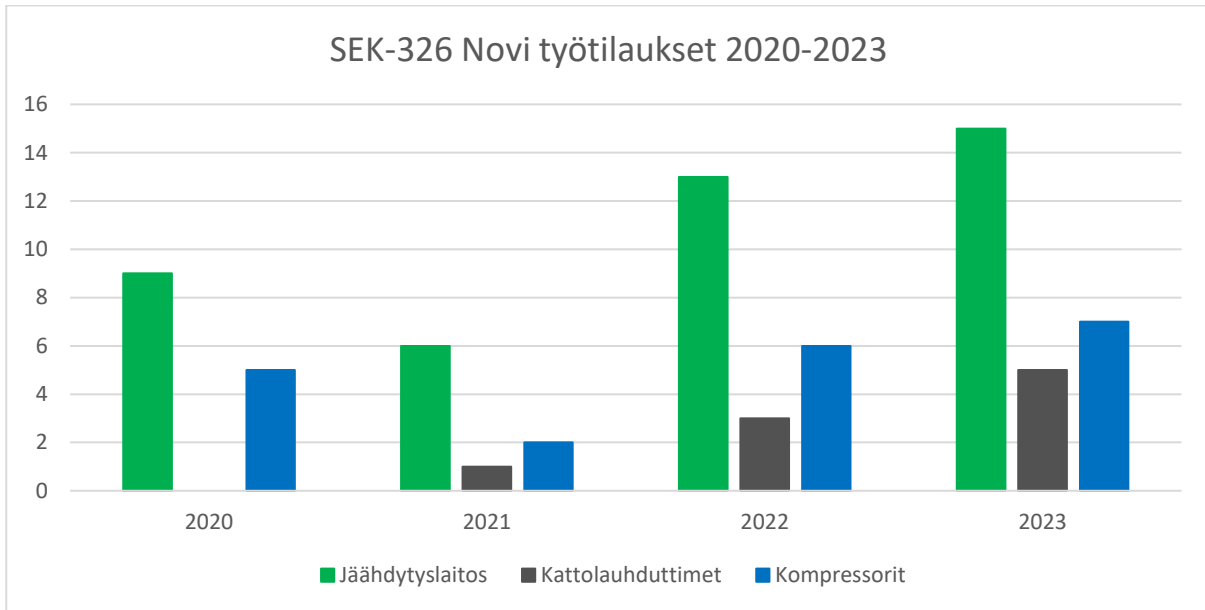
6.3 Kunnossapitojärjestelmän työtilaukset

Kunnossapitojärjestelmään tehtyjä työtilauksia tutkittiin tarkemmin siltä ajalta, jolloin nykyinen Novi-kunnossapitojärjestelmä on ollut tuotannon käytössä. Tämä tarkoitti sitä, että kun ensimmäinen Novi-työtilaus on kirjattu 13.8.2019 on historiatietoa saatavilla 4,5 vuoden ajalta. Tämän lisäksi vanhan kunnossapitojärjestelmä Arrow Maint:n arkistoituihin työtilauksiin tehtiin lyhyt katsaus laitteiden vikaantumisvälin ja vioittumistapojen arvioimiseksi

Novin SEK-326:lle kohdistetut vika- ja häiriötyötilaukset ajettiin Novista Exceeliin. Haasteeksi muodostui se, että Exceeliin ajaessa työtilauksista siirtyi vain otsikkotasolla näkyvät tiedot. Tämän jälkeen kaikki samaiset työtilaukset avattiin Novissa ja työtilauksille kirjatut toimenpiteet lisättiin Excel-taulukkoon manuaalisesti. Myöhemmin asiasta keskusteltaessa Valmetin kunnossapitohenkilöiden kanssa selvisi, että Novissa otsikkotason suodattimia olisi voitu muuttaa niin, että toimenpiteisiin sekä vaihetunneille kirjatut tekstit olisivat näkyneet otsikkotasolla, ja tämän myötä siirtyneet myös Exceeliin. Havainnoitu haaste historiatietojen massa-ajossa todettiin olemassa olevaksi myös kunnossapitohenkilöstön haastatteluissa, joista lisää kappaleessa 10.

Työtilausten tarkastelua hankaloitti myös se, että laite jolle työtilaus on kohdistettu, jouduttiin arvioimaan täysin työtilauksen otsikon sekä toimenpiteiden ja vaihetuntien kirjausten perusteella. Kunnossapitojärjestelmään ole asetettu niin sanottuja tytärlaitteita, joille kunnossapitotilauksen voisi kohdistaa suoraan. Useissa työtilauksissa työtilauksen kuvaus jätti työtilauksen kohteen tulkinnanvaraiseksi. Myös työtilauksien dokumentointi ja vaihetuntien kirjaaminen oli monesti huonolla tasolla, jolloin tehtyjen toimenpiteiden arviointi oli haastavaa ja jopa mahdotonta. Havaintojen perusteella kunnossapitojärjestelmä Arrow Maint:in aikaisten työtilausten dokumentointi oli kattavampaa ja informatiivisempaa.

Kokonaisuudessaan vika- ja häiriötyötilauksia jäähdytyslaitokselle oli tehty 13.8.2019–9.3.2024 välisenä aikana yhteensä 45 kappaletta. Työtilausten vuosittaiseen kokonaismäärään verrattuna suurimmat työtilauksen aiheuttajat olivat VJ1 ja VJ2 vedenjäähdyttimet sekä liuosjäähdyttimet VJ1NJ1 ja VJ1NJ2 sekä VJ2NJ1 ja VJ2NJ2. Määrät esitetty kuviossa 10. Työtilauksien perusteella useimpien vedenjäähdyttimien häiriöiden korjaamiseksi on usein riittänyt pelkkä hälytyksen kuittaaminen ja joissain tapauksissa häiriö on kuittaantunut itsestään ajan kuluessa.



Kuvio 10 Jäähdytyslaitoksen työtilaukset sekä kaksi yleisintä työtilausten aiheuttajaa.

6.4 Huoltosuunnitelmat

Tabox Services Oy suorittaa jäähdytyslaitokselle vuosittain kaksi huoltoa. Puolivuotishuollossa tehdään seuraavat toimenpiteet sekä tarkkaillaan laitteiston toimintaa taulukon 7 mukaisesti.

Taulukko 7 Puolivuotishuoltoon kuuluvat toimenpiteet

Sähkökaappien ja taajuusmuuttajien äänien kuuntelu.
Sähkökaappien imu- ja poistosuodattimien vaihtaminen.
Pumppujen moottoreiden puhdistus.
Putkistojen laippaliitosten visuaalinen tarkastus.
Pumppujen äänien kuuntelu poikkeavuuksien varalta.

Laitekokonaisuuden käyttäjäkunnossapitoon kuuluu viikoittainen huolto. Viikkohuollossa ei suoriteta varsinaisia huoltotoimenpiteitä, vaan se keskittyy laitteiden kunnonvalvontaan eli proaktiiviseen toimintaan. Viikkohuoltoa varten on tehty operaattoreille ohjeistus, jonka toimenpiteen tiivistettynä alla taulukossa 8.

Taulukko 8 Operaattoreiden viikkohuollon toimenpiteet

Jäähdytysveden sivukierron painemittareiden tarkastaminen. Suodattimen kunnon tarkkailu paine-eroa vertaamalla.
Vedenjäähdyttimen ohjauskeskuksen näyttötaulun tarkastaminen hälytysten varalta.
Vedenjäähdyttimien kylmäainepiirin tarkastussilmän tarkastaminen ilmakuplien varalta. (järjestelmässä ilmaa).
Pumppujen ja putkien silmämääräinen vuototarkastus.
Sähkökaappien ja taajuusmuuttajien äänten kuuntelu ja mahdollisen kuumenemisen havainnointi poikkeavuuksien varalta.
Pumppujen ja moottorien äänten kuuntelu poikkeavuuksien varalta.
Laitoksen ohjauspaneelien visuaalinen tarkastus.
Hätä/seis piirin testaaminen neljä kertaa vuodessa.

Are Oy suorittaa vedenjäähdyttimille vuosittain kattavan vuosi- ja syyskunnossapitoon sekä syksyllä 2023 aloitetun kuukausittain tehtävän huolto/tarkastuskäynnin. Vedenjäähdyttimiin liittyen vuosi- ja syyskunnossapitoon kuuluu muun muassa kylmäainejärjestelmän imu- ja korkeapaineet, kompressorien öljyn pinta, järjestelmän kylmäainetäytös, kompressorien moottoreiden käyntivirrät sekä tähti/kolmiokytkennän kontaktorien kunto silmämääräisesti. Tämän lisäksi vuosi- ja syyskunnossapitoon kuuluu yhteydessä tarkastellaan koko vedenjäähdytyslaitteiston toimintaa laajemmalla kantilta mittaamalla muun muassa liuosjäähdyttimen puhaltimien sekä liuospiirin sekä jäähdytysvesipiirin pumppujen moottoreiden käyntivirtoja. Kuukausihuollossa tehdään lyhyempi tarkastus vedenjäähdytyslaitteistolle.

6.5 Muut laitekokonaisuuden dokumentit

Laitekokonaisuuden olemassa olevat dokumentit ovat pääosin paperisina versioina kansioissa. Läpikäytyjä dokumenttikansioita oli neljä kappaletta, joista löytyi rakennus-, sähkö-, putki- ja instrumenttikaaviot sekä niiden kuvaukset. Kaikki dokumentit ovat vuosilta 2009–2010, jolloin nykyinen

jäähdytyslaitos on rakennettu. Jäähdytyslaitoksen konstruktion on tehty rakentamisen jälkeen muutoksia, kun alkuperäisen Pi-kaavion mukainen liuospiireistä kolmitieventtiileillä ohitettu vaapaajäähdytys on muutettu esco-projektin lämmön talteenotoksi. Näiden muutosten jälkeen laitekokonaisuuden piirustuksia ei ole päivitetty vastaamaan nykyistä tilannetta.

Valmet Technologies Oy:n verkkokannasta löytyi joitain samoja dokumentteja kuin kansioista, mutta yleisesti kyseisten dokumenttien etsinnästä jäi hyvin sekava kuva. Dokumentteja on verkkokannassa olemassa sekä kunnossapidon että tuotannon omissa kansioissa, joissa on tämän lisäksi useita eri kansioita, joista löytyi joitain jäähdytyslaitokseen liittyviä dokumentteja. Suurimmasta osasta kyseisiä dokumentteja ei kuitenkaan ollut hyötyä opinnäytetyön toteutuksessa.

Laitedokumenteista tehtiin havaintona niiden saatavuuden ja läpinäkyvyyden heikkous niitä tarvitsevalle. Dokumentteja on osattava kysyä oikeilta henkilöiltä ja esimerkiksi heidän poissa ollessa voi dokumenttien löytäminen osoittautua todella aikaa vieväksi tai jopa mahdottomaksi tehtäväksi. Tämän lisäksi dokumentteja päivittäessä voi syntyä päällekkäisyyksiä, joissa vanhoja dokumentteja ei hävitetä tai arkistoida asianmukaisesti, jolloin niiden olemassaolo voi aiheuttaa mahdollisia sekaannuksia esimerkiksi varaosahankintoja tehdessä. Tehtyjen havaintojen perusteella laitedokumentit päätettiin lisätä haastatteluissa käsiteltäväksi teemaksi, jonka myötä voidaan todeta, nähdäänkö nykyinen dokumenttien säilytysmenetelmä todellisuudessa kunnossapidollisena haasteena.

Dokumenteista löytyi mainitsemisen arvoisia havaintoja jäähdytyslaitoksen konstruktion liittyen. Dokumenttien perusteella nykyistä jäähdytyslaitosta suunniteltaessa on jäähdytyslaitoksen tarkoitettu palvelevan ainoastaan vaipanporakoneita 7 ja 8. Yhdessä dokumentissa mainitaan kuitenkin, että jos vaipanporakone 5:en öljyjärjestelmä voitaisiin yhdistää suunniteltavaan jäähdytyslaitokseen, öljyn jäähdytys saataisiin keskitettyä. Dokumenttien perusteella ennen päätöstä liittämään vaipanporakone 5 SEK-326 jäähdytyksen piiriin on jäähdytyslaitos suunniteltu toimivan kahdella 500kW tehoisella vedenjäähdyttimellä. Vaipanporakone 5:den porauksessa tarvittavan öljyn jäähdytystehon on arvioitu dokumenttien mukaan olevan tietyssä tuotantotilanteessa 700kW, joka vastaa Carrier-merkkisen jäähdytyskoneen jäähdytystehoa, joka poistettiin vaipanporakone 5:lta muutosten yhteydessä käytöstä.

7 Haastattelut

7.1 Operaattorihaastattelut

Havainnoinnin aikana todettiin, että vaipanporauksen operaattoreilla on todella paljon sellaista tietoa jäähdytyslaitoksen toiminnasta, jota ei dokumenttien tai ohjausjärjestelmän hälytystietojen tarkastelun kautta ollut suoraan todettavissa. Operaattoreiden haastattelujen kautta pyrittiin tekemään löydöksiä ilmiöistä, jotka vaikuttavat jäähdytyslaitoksen luotettavuuteen. Näiden ilmiöiden perusteella valittiin teemat myöhemmin tutkimuksessa käytyjä haastatteluita varten. Haastateltuja operaattoreita oli kahdeksan.

Operaattoreiden haastattelut aloitettiin seuraavanlaisilla lauseilla:

- Keskustellaan vaipanporauksen jäähdytyslaitoksesta. Kerro/kertokaa sen toiminnasta vaipanporauksessa.
- Keskustellaan lisää jäähdytyslaitoksesta. Kerro/kertokaa haasteista, joita sen toiminnassa on havaittavissa.

Jatkokysymyksinä käytettiin seuraavia kysymyksiä, joiden avulla pyrittiin etsimään tietoa käyttövarmuuden eri osa-alueista:

- Onko havaittavissa haasteita, jotka liittyvät kunnossapidon toimintaan?
- Mitkä ovat yleisimpiä vikaantumisia ja häiriöitä, jotka vaikuttavat öljyn jäähdyttämiseen/vaipanporaukseen?
- Onko olemassa haasteita, jotka liittyvät laitteen konstruktion?

Haastatteluissa esille nousseista ilmiöistä pyrittiin saamaan lisää tietoa seuraavilla kysymyksillä:

- Mistä tämä johtuu?
- Voitko tarkentaa?
- Onko ilmiössä havaittu muutoksia vuosien aikana?

Varsinkin pitkän työkokemuksen omaavilla operaattoreilla ensimmäinen kommentti liittyi siihen, kuinka jäähdytyslaitoksen toiminta on vuosien aikana parantunut Are Oy:n ohjausjärjestelmän

myötä. Haastattelussa pyrittiin muistuttamaan, että vaikka toiminta olisikin parantunut, ei tämä tarkoita sitä, että toiminta olisi nykyisellään ongelmaton. Operaattorit ovat vuosien aikana tottuneet jäähdytyslaitoksen toimintaan niin, että monet toiminnassa esiintyvät ongelmat nähdään pikemminkin ominaisuuksina. Tästä syystä haastatteluihin käytettiin paljon aikaa tarvittavien tietojen saavuttamiseksi. Haastatteluissa esiin nousseet asiat ovat tiivistetty taulukossa 9.

Taulukko 9 Operaattorien haastatteluissa esille nousseita haasteita.

Öljypiireihin pääsee ilmaa, kun aloitetaan öljyn jäähdyttäminen lämmityksen jälkeen sekä öljyn pinnan laskiessa hälytysrajalle.
Kunnossapidon vastuualueet ovat epäselvät ja tästä syystä oikean tekijän paikalle saaminen on haastavaa varsinkin ilta-/yövuorossa.
Asentajilta ei saada aina ilmoituksia töiden aloittamisesta ja lopettamisesta jäähdytyslaitoksella.
Jäähdytysteho ei meinaa riittää kesällä.
Jäähdytysteho ei meinaa riittää talvisin liuosjäähdyttimien puhaltimien jumiutumisten ja häiriöiden vuoksi.
Järjestelmän jäähdytystehon on koettu laskeneen vuosien aikana.
Ohjausjärjestelmässä usein paljon hälytyksiä samanaikaisesti.
Jäähdytyslaitoksen ohjausjärjestelmän tarkkailu on haastavaa valvomon tietokoneilla.
Kompressorit ovat herkkiä häiriöille olosuhteiden sekä kuorman muuttuessa.

Ensimmäisiksi jäähdytyslaitoksen käyttövarmuuteen liittyviksi haasteiksi operaattorit nimesivät öljypiireihin kerääntyvän ilman aiheuttamat käyttökatkot. Vastuualueiden epäselvyys esiintyy operaattoreiden mukaan niissä tilanteissa, jossa kompressori(t) ovat hälytystilassa ja paikalle tarvitaan kunnossapitoa. Lähtökohtaisesti kompressoreihin liittyvät häiriöt kuuluvat Are Oy:n vastuualueelle, jolloin Tabox services ohjaa työtilauksen Arelle. Näissä tapauksissa kompressorien häiriö voi johtua kuitenkin esimerkiksi vesipiirin kiertopumpun vikaantumisesta, jolloin vastuu korjauksesta kuuluu Tabox:lle. Samankaltainen tilanne toistuu, kun kompressorihäiriön sattuessa operaattorit soittavat Are Oy:n kylmälaitehälytysnumeroon ja vastuu korjausten suorittamisesta käännetään Tabox:lle riippuen häiriön aiheuttajasta. Operaattoreiden mukaan myös näissä tilanteissa on epäselvyyksiä siitä, kuka hoitaa kommunikoinnin palveluntuottajalta toiselle sen jälkeen, kun operaattorit ovat tehneet työtilauksen.

7.2 Kunnossapito- ja kehityshenkilöstö

Jäähdytyslaitoksen käyttövarmuuteen liittyvien ilmiöiden syvällisempään tutkimiseen sekä kehitysideoiden tavoittamiseen hyödynnettiin kunnossapito- ja kehityshenkilöstölle tehtyjä teemahaastatteluja. Erona operaattoreiden haastatteluihin oli, että kunnossapito- ja kehityshenkilöstön haastatteluissa tutkimuksen toteuttajalla oli syntynyt jo hyvä pohjatuntemus jäähdytyslaitoksen toiminnasta, ongelmista sekä tyypillisimmistä toiminnallisista vikaantumisista. Kohderyhmiksi valikoitui kolme Tabox Services Oy:n kunnossapidon asentajaa, kolme Valmetin kunnossapidon ja tuotannon kehitysinsinööriä sekä Are Oy:ltä neljä henkilöä. Haastateltavien henkilöiden määrä pyrittiin pitämään suhteellisen pienenä, jotta haastatteluihin ja analysointiin käytettävä aika pysyi tutkimuksen kannalta kohtuullisena. Kolme haastateltavaa kohderyhmää toi puolestaan monipuolisesti näkökulmia kaikkiin haastattelun teemoihin.

Haastatteluiden teemoiksi valittiin laitekokonaisuuden konstruktio, toiminnalliset vikaantumiset ja vioittumistavat, jäähdytyslaitoksen ohjausjärjestelmä, toimijoiden välinen yhteistyö, kunnossapitojärjestelmä, dokumentointi, huoltaminen, komponenttien saatavuus sekä laitekokonaisuuden ja sen toiminnan tuntemus vaipanporauksessa. Haastatteluissa kysytyt kysymykset valikoitiin haastateltavan kohderyhmän mukaan, eikä esimerkiksi Are Oy:n haastatteluissa keskusteltu kunnossapitojärjestelmän kehittämistä, sillä he eivät olleet koskaan käyttäneet kyseistä järjestelmää. Are Oy:n haastattelut keskittyivät pääosin jäähdytyslaitoksen vedenjäähdyttimiin niiden kunnossapidon kuullessa yrityksen vastuulle.

Haastatteluissa esitettiin seuraavia kysymyksiä:

- Yleisimmät vikaantumiskohteet jäähdytyslaitoksella?
- Ovatko vikaantumiset helposti paikannettavissa?
- Onko laitekokonaisuudessa paljon komponentteja, jotka ovat tekniikaltaan vanhentuneita tai niitä ei ole enää saatavilla?
- Ovatko laitteet helposti huollettavissa/korjattavissa? (luokse päästävyys)
- Onko laitekokonaisuuden nykytilanteen tuntemus riittävän hyvällä tasolla?
- Kuinka hyvin yhteistyö toimii kunnossapidon ja tuotannon välillä?
- Kuinka hyvin yhteistyö toimii kunnossapidon toimijoiden välillä?
- Onko kunnossapitojärjestelmä Novissa kehitettävää käyttövarmuutta ajatellen?
- Onko laitteiston dokumentit sekä dokumentointi riittävän läpinäkyvää kaikille toimijoille?

Are Oy:n henkilöiden ryhmähaastattelu järjestettiin Microsoft Teams palaverina. Tabox Services Oy:n kunnossapidon asentajien haastattelu toteutettiin ennalta sovittuna aikana työpäivän päätteeksi Tabox Oy:n tiloissa ryhmähaastatteluna. Ryhmähaastattelut todettiin haastattelujen päätteeksi onnistuneeksi. Jokainen haastatteluissa käsitelty teema muodosti laadukasta ja kriittistä keskustelua, jonka lisäksi jokainen haastateltava sai tuotua esille omia näkemyksiään teemaan liittyvistä ilmiöistä. Valmet Technologies Oy:n kunnossapidon ja tuotannon kehityshenkilöstön haastattelut järjestettiin läsnä yrityksen tiloissa yksilöhaastatteluina. Kunnossapito- ja kehityshenkilöstön haastatteluissa esiin nousseet asiat ovat esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10 Haastatteluiden purku

Yleisimmät vikaantumiskohdet ja seuraukset	<ol style="list-style-type: none"> 1. Liuosjäähdyttimien puhaltimien moottorit, jäähdytystehon tippuminen. Johtaa tuotantokatkoksiin (koneet poraavat vuorotellen) ja kuormittaa muuta jäähdytyslaitteistoa. 2. Liuosjäähdyttimien kennojen likaantuminen, jäähdytystehon tippuminen ja puhallinmoottorien ylikuumentuminen. Johtaa tuotantokatkoksiin (koneet poraavat vuorotellen) ja kuormittaa muuta jäähdytyslaitteistoa. 3. Vedenjäähdyttimet. Laitteen pysähtyminen hälytyksen/häiriön vuoksi. Johtaa tuotantokatkoksiin (koneet poraavat vuorotellen) ja kuormittaa muuta jäähdytyslaitteistoa. 4. Vedenjäähdyttimien kompressorien tähti/kolmio käynnistytksen kontaktorit. Kompressori ei käy täydellä teholla tai ei käynnisty laisinkaan. Järjestelmän kokonaisjäähdytystehon aleneminen. 5. Puhallinmoottoreiden taajuusmuuttajat, jäähdytystehon tippuminen. Johtaa tuotantokatkoksiin (koneet poraavat vuorotellen) ja kuormittaa muuta jäähdytyslaitteistoa. 6. Yksittäisenä nostona lämmönvaihtimet, joiden likaantumisen/tukkiutumisen aiheuttaa mahdollisesti jäähdytystehon laskemista. Kuormittaa muuta jäähdytyslaitteistoa ja nostaa energiakuluja.
Komponenteissa vanhentunutta tekniikkaa/saatavuusongelmia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Puhaltimien moottoreiden taajuusmuuttajien (Mitsubishi) tuki ja saatavuus huono. 2. Vedenjäähdyttimien varaosien saatavuus huono/selvityksessä maahantuojalta. Vedenjäähdyttimet ovat elinkaarensa lopulla. Tyypillinen elinkaari 15–20 vuotta (Are Oy:n arvio).
Laitteiden luokse päästävyys	<ol style="list-style-type: none"> 1. Puhaltimien moottoreiden vaihtaminen haasteellista. Hoitotasot riittämättömät ja työkalujen sekä varaosien vieminen kohteeseen haastavaa. Katolla ei riittävästi hoitotasoja ja korjaustöiden suorittaminen aiheuttaa työturvallisuusriskejä. Korjaustöihin tarvitaan nykyisin nosturiauto (moottoreiden nosto katolle ja asennustyöt). 2. Muiden korjaustöiden suorittaminen haastavaa jäähdytyslaitoksen sisällä (Ei nostopaikkoja esimerkiksi pumpuille).
Laitteiston nykytilan tuntemus	Laittekokonaisuuden jäähdytyskapasiteetti ja toimintatapa vaatii tarkempaa tarkastelua tulevaisuudessa. Muun muassa vaipanporauksessa tarvittavan jäähdytyskapasiteetin uudelleen tarkastelu. Epäily, että tuotantomäärät vaipanporakoneilla kasvaneet. Johtanut jäähdytyslaitoksen kasvaneeseen kuormaan.
Yhteistyö	<ol style="list-style-type: none"> 1. Laitteiston vastualueet ei ole määritelty riittävän tarkasti. 2. Are Oy:llä ei ole pääsyä Novi-kunnossapitojärjestelmään. 3. Epäselvä tilanne työtilaukseen reagoimisessa liittyen vedenjäähdyttiin, ei toimintaohjetta.
Kunnossapitojärjestelmä Novi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kunnossapitotyötilausten dokumentointi jättää sen sisällön tulkinnanvaraiseksi. 2. Historiatiedon hakeminen järjestelmästä hankalaa.
Laittekokonaisuuden dokumentit	Dokumentit eivät ole saatavilla yrityksen tietokannasta. Paperisten versioiden hankkiminen vaikeaa.

8 Laitteiden käyttövarmuuden parantaminen

Opinnäytetyön toteutusta jatkettiin tarkastelemalla laitteita, jotka kärsivät tehdyn aineistonke-ruun ja tutkimuksen perusteella toistuvista vikaantumisista tai niiden toiminta on muuten kriittistä järjestelmälle. Tarkastelu rajattiin koskemaan VJ1 jäähdytyslaitteistoa, sillä jäähdytysjärjestelmät ovat keskenään identtisiä. Tutkimuksessa kerätyn aineiston perusteella ei havaittu myöskään merkittäviä luotettavuuseroja kahden järjestelmän välillä. VJ1 jäähdytysjärjestelmän lisäksi kohteeksi valittiin myös vaipanporakone 5:den öljynjäähdytyksen kiertovesipumppu sekä lämmönsiirrin lait- teiden kriittisyyden vuoksi. Tarkoituksena rajaamiselle on pitää työn suorittamiseen käytettävä aika kohtuullisena opinnäytetyölle varattuun työmäärään nähden ja tuottaa tuloksia vain kohteille, jotka todellisuudessa hyötyvät tutkimuksen lopputuloksista.

Laitteiden käyttövarmuuden parantamiseksi haettiin kehitysideoita pääasiassa vika- ja vaikutus- analyysien avulla. Vika- ja vaikutusanalyysin toteuttamisesta rajattiin kuitenkin pois vedenjäähdyt- timet sekä kiertopumppuja ohjaavat taajuusmuuttajat. Vedenjäähdyttimen vika- ja vaikutusana- lyysi on raskas toteuttaa sen laajuuden vuoksi. Tämän lisäksi valintaa tukee se, että laitteen käytön aikaiset vioittumistavat ovat suurimmalta osin lähtöisin jäähdytyslaitoksen muista toiminnoista. Vedenjäähdyttimen käyttövarmuuden parantamisen mahdollisuuksia tarkastellaan omassa kapp- leessaan. Kiertopumppujen VACON taajuusmuuttajien on tutkimuksen perusteella havaittu olevan melko luotettavia. Tämän lisäksi tapahtuneet vikaantumiset on pystytty havaitsemaan huolloissa tehdyn kunnonvalvonnan kautta. Todetaan siis kyseisen toimenpiteen olevan riittävä. Vika- ja vai- kutusanalyysien kohteiksi valitut laitteet valintaperusteineen kuvattu taulukossa 11.

Taulukko 11 Vika- ja vaikutusanalyysin kohteet ja valintaperusteet.

Laitte/Laitteet	Valintaperuste
ALFA LAVAL liuosjäähdytin VJ1NJ1	Useita vioittumisia ja häiriöitä vuodessa. Laitteen toiminnan varmistaminen kriittistä vedenjäähdyttimen toiminnalle. Esille nousseet haasteet puhaltimien korjaustöissä. Huono luokse päästävyys. Analyysissä huomioidaan vain toinen järjestelmän liuosjäähdyttimistä niiden identtisuuden vuoksi.
KSB kiertopumput VJ1PU1, PU2, PU3, PU4 sekä Vapoko 5 Kolmeks kiertovesipumppu.	Kiertopumppujen vikaantumisia aika ajoin. Laitteet kriittisiä järjestelmän toiminnalle. Haastattelujen perusteella korjaus- ja huoltotyöt koettu haastaviksi huonon luokse päästävyiden vuoksi.
Tranter lämmönsiirtimet VJ1LS1 ja LS3 sekä Vapoko 5 ALFA LAVAL lämmönsiirtin	Lämmönsiirtimiä ei ole historiansa aikana huollettu. Laitteiden toiminta kriittistä öljyn jäähdyttämiseksi. Vikaantumisen aiheuttamat taloudelliset vaikutukset (öljyvuohto, nesteiden sekoittuminen) pahimmassa tapauksessa suuret. Vikaantumisten vaikutukset laitteiston jäähdytyskapasiteettiin ja energiankulutukseen.

8.1 Vika- ja vaikutusanalyysit

Vika- ja vaikutusanalyysien toteuttaminen aloitettiin luomalla analyysipohja. Toteutettu analyysipohja esitetty kuviossa 11. Analyysissä tarkastellaan vioittumistapoja ja niiden vaikutuksia laite-
tasolta. Tapa, jolla laitteen, komponentin tai ilmiön vikaantuminen on havaittavissa, käy ilmi sarakkeesta vian havaittavuus. Vian vaikutukset ja seuraukset sarakkeeseen kuvataan, millaisia taloudellisia ja tuotannollisia vaikutuksia sekä mahdollisia ympäristöön ja terveyteen vaikuttavia

tekijöitä vikaantumisella on. Kokonaisuudesta muodostetaan ehdotettu toimenpide, jonka avulla olisi mahdollista parantaa laitteen luotettavuutta.

Laite/Kohde	-	Tekijä:
Vika- ja vaikutusanalyysi VVA (FMEA)		

Laite	Osa/komponentti	Vioittumistapa	Vian syy	Vian havaittavuus	Vian vaikutukset ja seuraukset	Ehdotettu toimenpide

Kuvio 11 Vika- ja vaikutusanalyysipohja

Analyysissa laitteille mahdollisia vioittumistapoja tarkasteltiin tyyppilliseksi todettujen vioittumistapojen lisäksi laitteiden iän kautta. Esimerkiksi lämmönsiirtimien kohdalla pelkästään havainnoinnin kautta todettavia vioittumistapoja on käytännössä ainoastaan lamellien mahdollinen likaantuminen. Lamellien alkuperäisten tiivisteiden iän kautta voidaan kuitenkin arvioida, että niiden rikkoutumisen riski on kasvanut. Lämmönsiirtimen tiivisteiden rikkoutumisessa on olemassa riski, jossa rikkoutuminen johtaa pahimmassa tapauksessa nesteiden sekoittumiseen. Öljypiirin lämmönvaihtimessa ilmiön lopputuloksena seuraa pahimmillaan koko öljyjärjestelmän öljyn pilaantuminen. Analyysissa ei kuitenkaan otettu huomioon kaikkia kohteen mahdollisia vioittumistapoja, jos niiden tapahtumisen nähtiin olevan erittäin epätodennäköistä laitteen käyttöiän aikana. Tästä esimerkkinä se, ettei järjestelmän kiertopumpuille ole osoittautunut tyyppilliseksi vioittumistavaksi juoksupyörän kuluminen, joka toistuu yleisesti keskipakoispumpuille tehtävissä vika- ja vaikutusanalyysissä. Valmiit vika- ja vaikutusanalyysit on esitetty liitteissä 1–9.

8.2 Vedenjäähdytin

Jäähdytyslaitoksen vedenjäähdyttimet ovat tutkimuksesta saatujen tietojen perusteella lähestymässä elinkaarensa loppua. Laitteilla voi mahdollisesti olla käyttötuntien puolesta vielä pitkälti elinikää jäljellä, mutta käyttövarmuuteen vaikuttaa oleellisesti heikentynyt kunnossapitovarmuus. Vedenjäähdyttimien kylmätekniikan kiertoprosessin lauhduttimien (ONDA H98276) sekä höyrystimien (ONDA H98266) saatavuustilanne on osoittautunut epäselväksi ja toimitusaika voi olla useita kuukausia. Kylmätekniikan kiertoprosessin kuntoa mitataan ja tarkastellaan Are Oy:n vuosi- ja kuukausihuolloissa suorittamalla paine-ero mittauksia. On kuitenkin selvää, että laitteiden iän myötä

yllättävän rikkoutumisen riski kasvaa. Pahimmassa tapauksessa höyrystimen tai lauhduttimen rikkoutuessa laitteen sisäiset paine-erot tasaantuvat. Höyrystimessä tämä tarkoittaa jäähdytysveden sekoittumista kylmäaineeseen ja lauhduttimessa glykolivesiseoksen. Molemmissa tapauksissa kylmäainekierto on päätyneenä vesi reagoi kylmäaineen kanssa ja muodostaa happoa. Muodostunut happo aiheuttaa kompressorin moottorin käämeissä korroosiota ja tuhoaa lopulta moottorin täysin. Aktiivisella kunnonvalvontamittauksella vikaantumisiin olisi mahdollista reagoida vikaantumishetkellä, mutta sen avulla ei kuitenkaan pystytä täysin poistamaan pahimman skenaarion mahdollisuutta.

Laitetta ohjaavan säätimen (RHOSS L4014776 [PGD0RH0F00]) saatavuuden on koettu olevan likimain olematon. Vastaavissa tilanteissa rikkoutuneen säätimen tilalle Are Oy on mahdollisesti pystynyt ohjelmoimaan toisen valmistajan säätimen, jolla laite on saatu palautettua takaisin toimintakuntoon. Kyseinen korjaustyö ottaa kuitenkin aikansa, eikä ole välttämättä toteutettavissa niin suoraviivaisesti kuin yllä on mainittu. Pahimmassa tapauksessa korjaus ei ole toteutettavissa lainkaan.

Kompressorien moottorit käynnistetään tähti/kolmio -kytkennällä. Öljynjäähdytyksen luonteen takia kompressorit käynnistyvät useita kertoja vuorokaudessa, joka kuluttaa mekaaniset kontaktorit loppuun nopeasti. Nykyisellään kontaktorien vaihto uusiin on toteutettu vikakorjauksena ongelman ilmentyessä. Kontaktorien hajoaminen tulee usein esiin siinä kohtaa, kun jäähdytyslaitteiston kuorma on suuri ja jäähdyttämiseen tarvitaan molempien vedenjäähdyttimien kaikkia kompresso-reita. Vika havaitaan, kun kompressori ei kytke kaikkia vaiheita, jolloin se käy vajaalla teholla tai vaihtoehtoisesti useamman kontaktorin ollessa rikkoutuneena kompressori ei käynnisty lainkaan. Kontaktorien kuntoa on hankalaa tarkkailla käytön aikana ja lopputulos, jossa kontaktorin kärjet eivät kosketa toisiaan muodostuu yllättäen. Kontaktorien kunnossapidolliseksi toimenpiteeksi voitaisiin harkita kuntoon perustuvaa tai aikaperustaista kunnossapitoa. Aikaperustaisen kunnossapidon puolesta puhuu se, että tällöin kaikki kontaktorit ovat saman ikäisiä, jolloin mahdollisten vikaantumisten riski on teoreettisesti pienempi.

Vedenjäähdyttimet ovat tutkimuksen perusteella herkkiä menemään häiriötilaan ulkopuolisten muuttujien vuoksi. Häiriöitä viime aikoina on aiheuttanut ainakin vesivaraajalta vedenjäähdyttimen höyrystimelle kiertävän veden lämpötila. Lämmön talteenoton kautta saatu jäähdytysteho on

riittänyt jäädyttämään veden lämpötilan varaajalla niin kylmäksi, että vedenjäähdyttimen käytössä syntyy riski, että vesi jäätyy höyrystimellä. Ilmiön kautta vedenjäähdytin antaa niin sanotun jäätyminenestohälytyksen, jonka koodi on 031 ja menee häiriötilaan. Kyseinen hälytys kuittaantuu itsestään lämpötilojen noustessa, mutta ajoittain kuittaantumisessa on pitkä viive. Ongelma korjattiin Are Oy:n toimesta opinnäytetyön aikana muuttamalla vedenjäähdyttimen parametrejä niin, että laite saa käyntiluvan vasta kun höyrystimelle tulevan veden lämpötila on +10 celsiusastetta.

9 Kehitysehdotukset

Tutkimuksessa esiin nousseet kehitysehdotukset jaoteltiin kaikkiin kappaleen 3.3 mukaisiin käytävyyden osa-alueisiin tulosten selventämiseksi.

9.1 Toimintavarmuus

Seuraavassa luvussa esitellään kehitysideoita, joilla on mahdollista parantaa tietoperustan luvussa 3.3.1 käsiteltyä toimintavarmuutta jäädytyslaitoksella. Tämän lisäksi tekstissä kerrotaan myös tutkimuksessa esille nousseista ongelmista, jotka vaativat mahdollista jatkotutkimusta toimintavarmuuden parantamiseksi.

Jäähdytyslaitos kokonaisuutena

Jäähdytyslaitoksen luotettavuutta heikentää tehtyjen löydöksiä perusteella, sille suunnittelun kautta määräytynyt luontainen toimintavarmuus sekä laitteiston mitoitus. Ongelmia ilmenee, kun vaipanporakoneet ovat tuotannollisesti kovassa kuormassa tai kun kesällä lämpötilat ovat korkeat olosuhteiden puolesta. Toisaalta on todettava, että raja, jossa jäähdytyskapasiteetti loppuu, jäi tutkimuksen aikana epäselväksi. Lämmön talteenoton kautta saatavaa jäähdytystehoa tulisi mitata kesä- sekä talviajalta, jotta voitaisiin arvioida koko järjestelmän jäähdytystehoa. On mahdollista, että varsinkin talviaikana lämmön talteenoton kautta saatava lisäjäähdytys nostaa kokonaiskapasiteetin riittävälle tasolle. Vaipanporakone 5:den öljyn jäähdytyksen liittämiseksi jäähdytyslaitoksen piiriin ei löytynyt läpikäydyistä dokumenteista perusteltua tietoa, miksi vedenjäähdyttimien yhteisjäähdytystehoa on päätetty nostaa vain noin 600kW suuremmaksi alun perin suunnitellusta 1000kW jäähdytystehosta. Jäähdytyslaitoksen kapasiteetin arviointi vaipanporakoneiden öljyn

jäähdyttämiseksi vaatii laajempaa tarkastelua aiheen kompleksisuuden vuoksi. Öljyn lämpenemiseen vaikuttavia asioita vaipanporauksessa on huomattavan suuri määrä, mutta suurimmat lämpenemistä aiheuttavat tekijät ovat öljyn siirtäminen matala- ja korkeapainepumpuilla puhtasöljysäiliöstä vaipanporakoneille. Tämän lisäksi öljyn lämpötilaan vaikuttavia tekijöitä on ainakin itse poraustapahtuma, öljyn siirto kaivopumpuilla suodatuslaitokselle sekä suodatuslaitoksen toiminta. Näistä syistä ehdotetaan, että todellisen jäähdytyskapasiteetin tarpeen selvittämiseksi tehtäisiin pidempikestoinen suodatuslaitokselta puhtasöljysäiliöön palaavan öljyn lämpötilan seuranta. Mittauksista saaduissa tuloksissa tulisi ottaa huomioon myös mittaustulokseen vaikuttavat tekijät vaipanporauksessa ja olosuhteissa.

Jäähdytyslaitoksen käyttövarmuutta on saatu tutkimuksen perusteella parannettua muun muassa Are Oy:n toimittaman ohjausjärjestelmän avulla verrattuna aikaan, jolloin vanha järjestelmä oli käytössä. Nykyinen järjestelmä aiheuttaa tästä huolimatta suuria määriä turhia hälytyksiä, joihin ei reagoida käytön aikana millään tavalla. Järjestelmässä on paljon lämpötilaa mittaavia laitteita, joiden hyödyntäminen käytön aikana on lähinnä informatiivista. Näiden laitteiden hälytyksen tarpeellisuutta tulisi tarkastella järjestelmän logiikan kautta sen mukaan, mikä niiden funktio on mahdollisesti muiden laitteiden, kuten toimilaitteventtiilien sekä pumppujen, toimintaan.

Vedenjäähdyttimet

Vedenjäähdyttimien toimintavarmuus on tutkimuksen perusteella heikentynyt vuosien aikana laitteiden käyntituntimäärien kasvaessa. Tämän lisäksi vedenjäähdyttimet ovat nykyisellä käytöllä kovalla kuormituksella, eikä tilannetta helpota käyntituntien kautta laitteille huomioitavat tehohäviöt. Kunnonvalvontamenetelmistä värähtelymittausta olisi mahdollista hyödyntää kompressorien pyöriville elementeille, joita ovat sähkömoottori sekä ruuvit. Kompressorien käynnistyksen kontaktorit sekä laitteiston säätimen varmuusparistot olisi mahdollista vaihtaa aikaperustaisesti, jolloin kyseisten komponenttien aiheuttaman tuotantokatkon riski saadaan minimoitua. Kontaktorien sekä varmuusparistojen vaihdosta aiheutuvat kustannukset ovat sinänsä matalat verrattuna tuotantokatkoksen aiheuttamiin menetyksiin.

Kuten todettua, vedenjäähdyttimet menevät usein häiriötilaan ulkoisten muuttujien vuoksi. Häiriöiden syntymistä voitaisiin ehkäistä selvittämällä toistuvien häiriöiden juurisyyt ja optimoimalla

sen perusteella jäähdytyksen toimintaa ohjausjärjestelmän kautta. Jäähdytyslaitteille tasaisen kuorman pitäminen on haastavaa toteuttaa vaipanporaukseen liittyvien muuttujien vuoksi, mutta varsinkin vaipanporakoneiden 7 ja 8, puhdasöljysäiliön pinnantasoa ylläpitämällä voidaan tasata laitteiston kuormaa säiliön öljyn kiertonopeuden pienentyessä.

Liuosjäähdyttimet

Liuosjäähdyttimien suurimmat toimintavarmuuteen liittyvät haasteet ovat ilmansaasteiden aiheuttama kennojen likaantuminen sekä puhallinmoottoreiden vikaantuminen moottorityypin ja puhaltimen rakenteen vuoksi. Toimenpiteeksi kennojen puhtaanapitoon ehdotetaan vuosittaista pesua, josta generoidaan työtilaus kunnossapitojärjestelmään. Aikaisemmin kennoja on pesty tutkimuksen perusteella kahden vuoden välein tai visuaalisten havaintojen perusteella. Jäähdytyslaitoksen ollessa kapasiteetin puolesta tiukoilla kesäisin, on kennojen puhdistaminen vuosittain perusteltua.

Liuosjäähdyttimen puhaltimien tyyppiä olisi Are Oy:n haastattelussa käydyn pohdinnan mukaan mahdollista muuttaa niin sanottuun verkkopuhallinmoottoriin, jossa moottori on kiinnitetty puhaltimen verkkoon puhaltimen lavan yläpuolelle. Liitteen 1 vika- ja vaikutusanalyysin kautta todettiin puhaltimen tyyppin vaihtaminen parhaaksi toimenpiteeksi. Kappaleessa 3.3.1 esitetty vikaantumisväli on vanhoilla puhaltimilla matala, eikä yhden puhaltimen vikaantumisen vaikutukset vedenjäähdyttimen toiminnalle ole merkittäviä. Tästä syystä erillisen kunnonvalvontamenetelmän hyödyntäminen kohteessa ei olisi perusteltua. Haastattelun perusteella niin sanotut verkkopuhallinmoottorit on koettu luotettavammaksi, sillä puhaltimen rakenteen vuoksi vesi ei pääse ruostuttamaan samalla tavalla moottorin laakereita. Liuospuhaltimien laitevalmistaja käyttää nykyisin vastaavan tyyppisiä puhaltimia jäähdyttimissä ja lauhduttimissaan, joten sitä kautta korvaavia puhaltimia olisi helpointa alkaa tarkastelemaan.

Lämmönsiirtimet

Öljypiirien sekä vaipanporakone 5:den levylämmönsiirtimille ehdotetaan vika- ja vaikutusanalyysin mukaan toteutettavaksi määräajoin suoritettavaa lamellien pesua. Pesut olisi mahdollista suorittaa samanaikaisesti, kun öljysäiliöille tehdään määräajoin suoritettava säiliötarkastus, jolloin järjestelmä on muuten tyhjennettynä öljystä.

Tehdyn tutkimuksen mukaan puhdasöljysäiliöiden pohjalle kertyy ajan saatossa öljyn suodatukseen käytettävää hienojakoista piimaata ja on syytä epäillä, että se aiheuttaa myös mahdollisia kertymiä lämmönsiirtimiin. Laitteiden ikääntymisen myötä tiivisteiden rikkoutumisen riskit kasvavat. Tiivisteiden rikkoutuessa on epätodennäköistä, mutta mahdollista, että lämmönsiirtimessä kiertävät nesteet sekoittuvat keskenään. Nesteen ulospäin vuotamisen todennäköisyys tiivisteiden rikkoutuessa on suurempi. Öljypiirin lämmönsiirtimissä molemmat vioittumistavat aiheuttaisivat kuitenkin vuotavan järjestelmän vuoksi taloudellisia menetyksiä öljyn pilaantumisen takia. Huonoimmassa tapauksessa nesteiden sekoittumisen myötä on riskinä, että koko järjestelmän öljymäärä pilaantuu, sillä vesi öljyn seassa vaikuttaa ratkaisevasti öljynsuodatuslaitoksen toimintaan. Mainittujen syiden pohjalta ehdotetaan, että lämmönsiirtimien purkamisen ja pesun yhteydessä vaihdetaan lamelleihin uudet tiivisteet riskien ehkäisemiseksi.

Lämmön talteenoton lämmönsiirtimien likaantuminen on oletettavasti huomattavan paljon pienempää, sillä niissä nestettä kiertävät piirit ovat täysin suljettuja. Lämmön talteenoton lämmönsiirtimet ovat kuitenkin myös jo ikääntyneitä, jolloin tiivisteiden rikkoutumisen riski kasvaa. Vika- ja vaikutusanalyysin perusteella myös kyseisille lämmönsiirtimille ehdotetaan purkamista, jossa toteutetaan lamellien pesu ja uusitaan tiivisteet. Paras ajankohta työn toteutukselle on toteuttaa se samaan aikaan vesivaraajan säiliötarkastuksen kanssa. Toimenpiteiden aikaisten havaintojen perusteella voidaan harkita lämmönsiirtimien pesun tarvetta jatkossa. Lämmönsiirtimien pesu on mahdollista toteuttaa myös purkamatta, pesuyhteitä käyttämällä huuhtelupesuna.

Kiertopumput

Jäähdytysjärjestelmän kiertopumpuista vikaantuvat yleisimmin öljypiirien pumput, sillä niitä rasittaa käytön aikana usein toistuvat ilmalukot. Ongelman selvittämiseksi tulisi tehdä tarkempi selvitys säiliön rakenteesta. Epäilyksenä on, että puhdasöljysäiliöön suodatuslaitokselta sekä jäähdytyspiireistä tulevan öljyn virtauksen mukana syntyy kuohuntaa, jolloin varsinkin säiliön pinnan ollessa alhainen päätyy ilmaa öljypiirien kiertoa. Ilmiön tarkempi tutkiminen olisi vaatinut puhdasöljysäiliön tyhjentämisen väliaikaiseen säilöön, jota ei ollut mahdollista toteuttaa opinnäytetyön aikataulun puitteissa. Näin ollen ilmiön tarkempi tutkiminen rajattiin pois opinnäytetyöstä.

Vika- ja vaikutusanalyysien perusteella ehdotetaan, että koko järjestelmän kiertopumpuille toteutetaan jatkossa kunnonvalvontaa värähtelymittauksilla. Järjestelmän pumpuista liuospiirin sekä höyrystimeltä vesivaraajalle vettä siirtävät pumput keskeyttävät vikaantuessaan jopa kaksi kolmesta vaipanporakoneesta. Vaipanporakone 5 kiertovesipumppu pysäyttää vikaantuessaan tuotannon täysin kyseisellä koneella. Tämän lisäksi vaipanporakone 5 kiertovesipumpun mekaanisen tiivisteiden pettäessä syntyy riski siitä, että öljynkäsittelylaitoksen varoaltaaseen vuotanut vesi sekoittuu öljyyn ja päätyy lopulta öljyjärjestelmään. Tästä aiheutuu jo aikaisemmin mainittu ilmiö, jossa järjestelmään joutunut vesi sotkee totaalisesti öljynkäsittelylaitoksen toiminnan. Mahdollista vuotoa on haastavaa havainnoida visuaalisesti kohteen olosuhteiden vuoksi, jonka vuoksi ehdotetaan kyseisen pumpun tiivisteiden kunnon valvomiseksi pumpun alle sijoitettavaa vuodonilmaisinta.

9.2 Kunnossapidettävyys

Tässä luvussa esitellään kehitysideoita, joilla on mahdollista parantaa luvussa 3.3.2 esitettyä kunnossapidettävyttä. Käytännössä ehdotetut toimenpiteet näkyvät korjaus- ja huoltotöihin kuluvan korjausajan ja reagointiasteen nopeutumisenä sekä kunnossapitäjien työturvallisuuden parantumisena. Nämä seikat lyhentävät tuotannon pysähdystä sekä vapauttavat kunnossapidon resursseja muuhun käyttöön nopeammin.

Laitteiden huollettavuus ja korjattavuus

Tutkimuksessa todettiin, että jäähdytyslaitoksen laitteiden huono luoksepäästävyys vaikuttaa kohteen kunnossapidettävyteen. Liuosjäähdyttimien puhaltimien korjattavuus ja huollettavuus koettiin haastavaksi riittämättömien hoitotasojen ja katolle vaikean pääsyn vuoksi. Tämän vuoksi puhaltimia vaihdetaan vasta keliolosuhteiden salliessa ja useamman moottorin ollessa vioittuneena, jolloin vaikutukset vedenjäähdyttimien luotettavuuteen sekä energiakuluihin voivat olla jo huomattavat. Hoitotasojen jatkamisella jäädyttimiltä katon ulkopuolelle eliminoidaan se, että kunnossapitaja joutuu kiipeämään jäädyttimen kannen päälle katon reunalla. Tämän lisäksi lisäämällä katolle vievien vanhojen tikapuiden tilalle esimerkiksi kierreportaat, helpotettaisiin kunnossapitäjän kulkemista sekä työvälineiden viemistä katolle myös huonommissa keliolosuhteissa. Puhaltimien asennustyöt on jouduttu ajoittamaan viikonlopulle nosturin tukkiessa kulkurei-

tin, jossa arkisin liikkuu suuri osa keskusvaraston sekä imu-, valu- ja putkitelaverstaan tavaraliikenteestä. Jos ehdotettujen portaiden yläpään lisättäisiin laskutaso, voitaisiin varaosien ja tarvikkeiden nostamiseen katolle hyödyntää tehdasalueella nykyisin käytössä olevaa kalustoa, ja näin ollen nosturin tarpeesta voitaisiin luopua.

Laitteiden luoksepäästävyteen ei otettu yhtä paljon kantaa haastatteluissa kuin liuosjäähdyttimiin siitä syystä, että vikaantumisia tapahtuu harvemmin. Tutkimuksen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että nostopaikkoja lisäämällä voitaisiin parantaa kunnossapidon huolto- ja korjaustöiden tehokkuutta. Samalla asennustöistä aiheutuvien omaisuusvahinkojen sekä työtaturmien riskit pienenevät, kun nostoja ei enää tarvitse tehdä putkistoista tai muista nostoon soveltumattomista rakenteista. Yksinkertaisimmillaan nostoihin voidaan rakentaa laitteilta pääkäytävälle ja pääkäytävältä ovelle vieviä i-palkkirunkoja, joista laitteiden nosto ja siirto onnistuu siirtovaunulla.

Työtilauksien dokumentointi

Kunnossapitojärjestelmän työtilauksien informatiivisuudessa on parantamisen mahdollisuuksia. Tutkimuksen aikana havainnoitiin, että operaattorit tuntevat hyvin jäähdytyslaitoksen laitteet sekä ymmärtävät sen toimintaa. Työtilauksia tutkiessa havaittiin kuitenkin, että työtilauksien nimeäminen sekä vian kuvaus olisi monissa tapauksissa mahdollista kirjata tarkemmin. Tarkemmalla kuvauksella olisi mahdollista auttaa osaavaa kunnossapitäjää aloittamaan oikeat toimenpiteet, kuten varaosien ja työkalujen keräämisen, ilman että sitä tarvitsee käydä erikseen paikan päällä toteamassa. Työtilauksien vian kuvauksesta päästään korjauksien ja huollon jälkeiseen työtilauksen dokumentointiin. Kunnossapitäjän havainnoiman vioittumistavan sekä tehtyjen toimenpiteiden tarkemmalla kirjaamisella työtilaukseen olisi mahdollista tukea kunnossapidon toimintaa myös tulevaisuudessa. Dokumentoinnilla voidaan siirtää hiljaista tietoa tekijältä toiselle ja auttaa mahdollisesti vian etsinnässä.

9.3 Kunnossapitovarmuus

Tässä luvussa esitetään kehitysehdotuksia, joilla olisi mahdollista parantaa luvussa 3.3.3 esitettyä kunnossapitovarmuutta. Kehitysehdotuksissa otetaan kantaa kunnossapitoa tarjoavien toimijoiden sekä tuotannon yhteistyöhön, jäähdytyslaitoksen dokumentteihin sekä varaosien saatavuuteen ja mahdollisiin tarpeisiin.

Yhteistyö ja toimintatavat

Kaksi kunnossapitopalvelua tarjoavaa toimijaa on aiheuttanut haastatteluiden perusteella epäselvyyksiä vikaantumis- ja häiriötilanteissa, ja operaattoreille on jäänyt tämän takia epäselväksi se, kuka kutsuu oikean tekijän paikalle työtilauksen tekemisen jälkeen. Viimeisimpänä esimerkiksi vedenjäähdyttimen häiriötä varten Are Oy:n asentajan kutsuminen paikalle on jäänyt Tabox Services Oy:n toimihenkilöiden vastuulle. Tässä tapauksessa tiedon siirtyminen toimijalta toiselle kestää pahimmassa tapauksessa jopa 16 tuntia häiriön tapahtuessa myöhään iltapäivällä. Ongelmana on ollut myös, ettei Are Oy:llä ole ollut pääsyä Novi-kunnossapitojärjestelmään, jolloin vedenjäähdyttiiniin liittyvien työtilausten dokumentointi jää tekemättä kunnossapitojärjestelmään. Prosessi käyttäjätunnusten hankkimiseksi aloitettiin tämän opinnäytetyön tekemisen aikana. Tiedon siirtämiseksi ehdotetaan strukturoitua toimintamallia, jossa on määritetty selvät rajat sen suhteen, kuinka vikaantumistilanteissa toimitaan. Tilanne voisi edetä esimerkiksi niin, että Tabox Services Oy:n kunnossapitäjä käy toteamassa aamu-/iltavuorossa vikaantumisen syyn ja ottaa tarvittaessa yhteyden ennalta määritellylle Are Oy:n yhteyshenkilölle. Ohjeistukseen tulisi määrittää kellonajat, minä aikana otetaan yhteys kuhunkin henkilöön. Lisäksi mahdollisia poissaoloja varten tulisi määrittää varahenkilöt.

Laitedokumentit

Jäähdytyslaitoksen dokumenttien saatavuuden todettiin kappaleessa 7.6 olevan haastavaa niiden ollessa ainoastaan paperisessa muodossa paikoissa, jotka eivät ole yleisesti tiedossa. Havaintojen myötä ehdotetaan, että dokumentit siirrettäisiin yrityksen tietojärjestelmään sähköiseen muotoon laitekohtaiseen kansioon, johon olisi pääsy kunnossapitojärjestelmän kautta. Laitedokumenttien keskittäminen kaikkien saataville tietojärjestelmään lisäisi toiminnan läpinäkyvyyttä sekä tukisi kunnossapidon toimintaa tarvittavien tietojen ollessa helposti saatavilla. Laitedokumenteista tehtiin myös havainto, että laitteiston piirustukset vaativat päivitystä. Dokumenteista ei löydetty myöskään täydellistä laitelistaa, jonka kokoaminen suoritettiin opinnäytetyön aikana kenttätyönä, sekä keräämällä tietoa kunnossapitoyrityksiltä. Laitelista luovutettiin toimeksiantajan käyttöön.

Varaosat ja saatavuus

Jäähdytyslaitoksen laitteiden varaosien saatavuuden todettiin olevan melko hyvä muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Liuosjäähdyttimien taajuusmuuttajien (Mitsubishi FR-F740-00770-EC) saatavuustilanteen todettiin haastatteluiden perusteella olevan heikentynyt, jonka vuoksi suunnitelman tekeminen taajuusmuuttajien päivittämisestä uudempaan markkinoilla olevaan malliin olisi ajankohtaista. Vedenjäähdyttimien säätimien (RHOSS L4014776) sekä kylmäainekierron höyrystimien (ONDA H98266) ja lauhduttimien (ONDA H98276) saatavuustilanne todettiin haastattelujen kautta huonoksi. Säätimien kohdalla saatavuus on haastattelujen perusteella jopa olematon, ja höyrystimien ja lauhduttimien toimitusaika voi kokemusten mukaan olla useita kuukausia. Vedenjäähdyttimien komponenteista on haastatteluissa saatujen tietojen mukaan esitetty paljon kyseilyä maahantuojalle, ilman vastauksia. Kyseiset saatavuushaasteet aiheuttavat tilanteen, jossa komponenttien vikaantuessa vedenjäähdyttimet eivät ole enää palautettavissa toimintakuntoon. Luvussa 9.2 on esitetty Are Oy:n keino korvata rikkoutunut säädin, jonka mahdollisuutta voitaisiin tarkastella ennakkoon riskien pienentämiseksi. Lauhduttimen ja höyrystimen vikaantumiset eivät ole vedenjäähdyttimelle yleisiä vioittumistapoja, vaan vikaantumiset johtuvat usein käytön aikaisesta heikkenemisestä. Kyseisten komponenttien hankkiminen varastoon ei kuitenkaan välttämättä ole järkevä vaihtoehto kustannusten vuoksi. Tämän lisäksi vikaantumisen tapahtuessa vedenjäähdyttimet voivat olla elinkaarensa puolesta siinä tilanteessa, että ne vaatisivat mahdollisesti muidenkin laitteiden ja komponenttien osalta täydellistä entisöintiä, mikä ei pitkällä tähtäimellä ole kustannustehokas ratkaisu. Näistä syistä ehdotetaan, että vedenjäähdyttimille suunnitellaan lopullinen elinkaari olemassa olevien riskien hallitsemiseksi. Lopullisen elinkaaren arviointi voitaisiin aloittaa hankkimalla laitteille asiantuntijan suorittama laajempi kuntokartoitus, jonka avulla pystyttäisiin arvioimaan, kuinka paljon laitteilla on mahdollista käyttöikä vielä jäljellä.

Tutkimuksen aikana saatujen tietojen perusteella jäähdytyslaitokselle ei ole juurikaan varaosia varaosavarastossa. Varaosavarastoa ei ehditty inventoimaan opinnäytetyön aikana, joten tilanne jäi kokonaisuuden osalta kuitenkin epäselväksi. Opinnäytetyöstä saatuja tuloksia voidaan hyödyntää mahdollisia varaosahankintoja tehdessä. Esimerkiksi kiertopumppujen kohdalla voidaan harkita, onko varapumppujen varastoon hankkiminen tarpeellista, jos ehdotettua kunnonvalvontaa päätetään alkaa toteuttaa. Kunnonvalvonta voi mahdollistaa sen, että tarvittavat varaosat, varapumppu

tai -moottori voidaan hankkia vasta kunnonvalvonnan kautta osoitettuun tarpeeseen, jos saata-
vuus laitevalmistajalta on ennalta varmistettu.

10 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää keinoja, joilla vaipanporauksen jäähdytyslaitoksen käyttövar-
muutta saataisiin parannettua. Tulokseksi muodostui kehitysehdotuksia kaikille käytettävyyden
osa-alueille, mitkä ottavat kantaa laitteiden, kunnossapidon sekä hallinnon toimintaan järjestel-
män ympärillä. Tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan todeta, ettei jäähdytyslaitokselta voida
odottaa varsinkaan kesäaikaan kovinkaan hyvää luotettavuutta laitteen käyttöön mitoituksen ja
iän vuoksi. Ehdotetuilla toimenpiteillä olisi kuitenkin mahdollista parantaa tilannetta nykyisestä.

Työskentely tuotannossa vaipanporakoneiden työnjohtajana auttoi huomattavasti opinnäytetyön
aineistonkeruussa, jonka vuoksi toteutettua havainnointia ja haastatteluja voidaan pitää onnistu-
neena. Samalla tutkimuksen toteutus auttoi tutustumaan vaipanporauksen toimintaan kokonai-
suutena sekä sen parissa työskentelevään henkilöstöön. Toisaalta tiivis osallistuminen osana jääh-
dytyslaitoksen toimintaa aiheutti myös ajoittain tilanteen, että työtä uhkasi informaatiotulva.
Tilannetta korjattiin useaan kertaan työn aikana analysoimalla saatuja tuloksia ja poimimalla tutki-
mustyön toteuttamiselle keskeisimpiä asioita. Opinnäytetyötä aloittaessa ei odotettu jäähdytyslai-
toksen käyttövarmuutta koskevia haasteita ja ongelmia olevan niin paljon, jolloin myös analyysien
kautta poimittujen löydöksiä määrä nousi oletettua suuremmaksi. Pitkä aineistonkeruuvaihe ja
suuri tietomäärä aiheutti sen, että vika- ja vaikutusanalyysien sekä lopputulosten tekemiseen jäi
toivottua vähemmän aikaa.

Opinnäytetyötä aloittaessa keskusteltiin mahdollisuudesta toteuttaa jäähdytyslaitoksen nykytilaa
selvittäessä käyttövarmuuslaskentaa. Varsinkin kappaleessa 3.3 käsitellyn kokonaiskäytettävyyden
selvittämisellä olisi voitu myöhemmin tehdä vertailua toteutettujen kehitysehdotusten vaikutuk-
sista jäähdytyslaitoksen käyttövarmuudelle. Työn aikana todettiin, että laskentaa ei pystytä todelli-
suudessa toteuttamaan riittävän luotettavien lähtötietojen puutteen vuoksi. Varsinkaan kunnossa-
pitojärjestelmän historiatietojen perusteella saatavat seisahdusajat eivät olleet riittävän
luotettavia. Tämän lisäksi jäähdytyslaitoksen ohjausjärjestelmästä ei ollut saatavilla pitkälle ajan-
jaksolle historiatietoja hälytyksistä ja häiriöistä, jolloin myös tätä kautta toteutuneet seisahdusajat

olisivat jääneet selvittämättä. Tutkimustyön kehitysehdotusten arviointi on siis toteutettava opinnäytetyön aineistonkeruuta vastaavalla laadullisella selvitystyöllä sekä vertaamalla kunnossapitojärjestelmän vikatyötilausmääriä tässä opinnäytetyössä todettuihin.

Tutkimustyön tuloksia voidaan pitää luotettavina, sillä aineistoa kerättiin useiden toisiaan tukevien tietolähteiden, eli haastatteluiden, havainnoinnin ja dokumenttien, kautta. Lisäksi opinnäytetyössä hyödynnettiin vika- ja vaikutusanalyyseja kehitysehdotusten muodostamiseksi kerätyn aineiston pohjalta. Aineistoa kerättiin sekä analysoitiin huolellisesti, ja saatuja tuloksia arvioitiin kriittisesti.

Käyttövarmuutta parantamalla Valmet Technologies Oy:n on mahdollista parantaa kappaleen 3.3 mukaisesti tuotannon tehokkuutta ja laajemmalla mittapuulla myös kilpailukykyä markkinoilla. Laitteiden parantunut käyttövarmuus auttaa tuotantoa pysymään aikataulussa sekä nopeuttamaan tuotteiden läpimenoaikoja, joka näkyy lopulta yrityksen toimitusvarmuuden parantumisena. Jäähdytyslaitoksen kohdalla parantunut käyttövarmuus parantaa vaipanporakoneiden käytettävyyttä, joka on työvaiheena kriittinen imutelan vaippojen valmistuksessa. Tutkimustyön tuloksia voidaan hyödyntää laajemmin myös muiden tuotantolaitteiden käyttövarmuuden parantamisessa. Varsinkin kunnossapidettävyyttä ja kunnossapitovarmuutta koskevia kehitysehdotuksia soveltamalla tai suoraan hyödyntämällä saa tehty tutkimustyö vielä laajemmat mittasuhteet.

Lähteet

Fin Jyväskylä. N.d. Valmet Oyj:n verkkosivut. Viitattu 13.2.2024. <https://www.valmet.com/about-us/contact-us/valmet-locations/fin-jyvaskyla-rautpohja/>.

Heikkinen, V. 2020. Kalkkivilietteen tuotannon käyttövarmuuden parantaminen kriittisyysluokittelun ja vika- ja vaikutusanalyysin avulla. Opinnäytetyö AMK. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Teknologia. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Viitattu. 7.12.2023. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/352170/Heikkinen_Ville.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. 2012. Tutkimuseettinen neuvottelukunta. Julkaistu 14.11.2012. Viim. muutos 9.10.2023. Viitattu 29.5.2024. <https://tenk.fi/fi/ohjeet-ja-aineistot/HTK-ohje-2012>.

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2017. Kunnossapito. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: Promaint ry.

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2017. Laadullinen tutkimus pro graduna ja opinnäytetyönä. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Konola, J. 2000. Mitä RCM on? Julkaisussa Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Toim. J. Järviö. Rajamäki: KP-Tieto Oy, 15–22.

Laine, H. 2010. Tehokas Kunnossapito. Tuottavuutta käynnissäpidolla. Helsinki: KP-Media Oy.

Mikkonen, H. & Komonen, K. 2009. Kunnossapidon toimintamallit. Julkaisussa Kuntoon perustuva kunnossapito. Toim. H. Mikkonen. Helsinki: KP-Media Oy, 69–94.

Moubray, J. 1997. Reliability-centered maintenance. 2. p. Butterworth-Heinemann.

Mustajoki, H. & Kohonen, I. 2021. Mikä ihmeen tutkimusetiikka? Vastuullinen tiede. Julkaistu 25.8.2021. Viitattu 29.5.2024. <https://vastuullinentiede.fi/fi/tutkimuksen-suunnittelu/mika-ihmeen-tutkimusetiikka>.

PSK 6201:2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Aihealue: Kunnossapito. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. Vahvistettu 11.5.2022. Viitattu 2.3.2024. <https://janet.finna.fi/>, PSK standardit.

Roll-types. N.d. Valmet Oyj:n verkkosivut. Viitattu 13.2.2024. <https://www.valmet.com/tissue/services-for-tissue/workshop-and-roll-services/rolls/roll-types/?page=1&product-Form=a015800000AoVEpAAN>.

Ruuskanen, S. 2020. Paalauslinjojen käyttövarmuuden arviointi ja kehittäminen. Opinnäytetyö AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Tekniikan ala. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Viitattu.

5.12.2023. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/342374/Ruuskanen_Simo-opinn%c3%a4ytety%c3%b6.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

SFS-EN 13306:2017. Kunnossapidon terminologia. Aihealue: Kunnossapito. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SDS ry. Vahvistettu 8.12.2017. Viitattu 23.11.2023. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

Soriola, M. 2023. Raideliikennekaluston kunnossapidossa käytettävien nimikkeiden luokittelu ja varmuusvarastointi. Opinnäytetyö YAMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Teknologia. Projektijohdaminen. Viitattu 15.11.2023. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/798054/Opinn%c3%a4ytety%c3%b6_Soriola_Mikko.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

Taskinen, J. 2023. Tuotannon avainkoneiden kriittisten osien analyysi. Opinnäytetyö AMK. Savonia ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen ala. Energiatekniikan tutkinto-ohjelma. Viitattu 15.11.2023. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/795486/Taskinen_Janne.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

Uusitalo, M. 2000. Vika ja vaikutusanalyysi, VVA. Julkaisussa Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Toim. J. Järviö. Rajamäki: KP-Tieto Oy, 31–42.

Valmet lyhyesti. N.d. Valmet Oyj:n verkkosivut. Viitattu 13.2.2024. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>.

Liite 4. VVA Lämmönsiirrin VJ1LS2

Laitte/Kohde		VJ1LS2		Tekijä: Aaro Leppänen	
Tranter GCD-054N		Vian syy/mekanismi		Vian havaittavuus	
Vika- ja vaikutusanalyysi VVA (FMENA)		Vian vaikutukset ja seuraukset		Ehdotettu toimenpide	
Luovuttaa lämpää jäähdytysvedestä kiinteistön lämmitysjärjestelmään: lämmönsiirtoteho 840 kW					
Osa/komponentti	Vioittumistapa	Vian syy/mekanismi	Vian havaittavuus	Vian vaikutukset ja seuraukset	Ehdotettu toimenpide
Lämmönsiirtimen lamellit	Lamellien likaantumisen sisäpuolelta	Epäpuhtaudet vedessä tai glykolivesiseoksessa	Operaattorien havainnot jäähdytystehon laskemisesta	Laitteiston jäähdytystehon ja hyötysuhteen laskeminen. Likaantumisen aiheuttama energialujen kasvamisesta sekä liisää mullie jäähdytyslaitteille aiheutuva rasitus. Tapahtuu piilevästi käytön aikana. Alueiduneta menetyksiä ja vaikutuksia vaikea arvioida ilman seuranta.	Lämmönvaihtimen purku ja lamellien pesu kesähuollossa. Lamellien pesu jatkossa, tehyn havaintojen perusteella. Löydöksiä myötä voidaan myös tarkastella huuhtelepuosum mahdollisuutta, jolloin lamellova ihtimila ei tarvitse purkaa. Huuhtelepuosu 4 vuoden välein vesiväriajaan tarkastuksen kanssa saman aikaisesti.
Lamellien likaantuminen ulkopuolelta	Ilman epäpuhtaudet	Asennusvirhe/kohliintuminen nostossa	Operaattorien havainnot jäähdytystehon laskemisesta/silmämääräiset havainnot	Laitteiston jäähdytystehon ja hyötysuhteen laskeminen. Alueiduneta energialujen kasvamisesta ja rasittaa muuta jäähdytyslaitteisto. Likaantuminen tapahtuu piilevästi käytön aikana. Alueiduneta menetyksiä ja vaikutuksia vaikea arvioida ilman seuranta.	Ulkopuolisen pesun toteutus samanaikaisesti lämmönvaihtimen purkamisen kanssa. Mahdollista toteuttaa myös lämmönvaihtimen ollessa paikallaan jäähdytyslaitteksella.
Lamelliin/lamellien täpönninen			Vahinkojen toteaminen tapahtumakertelä		Lämmönsiirtimen luokse päästettyä tulisi parantaa.
Lamellien tiivistykset	Tiivisteiden rikkoutuminen	Käytön aikainen heikkeneminen	Silmämääräinen havainno nesten vuoto ulos lämmönsiirtimestä (vesi tai glykolivesi). Nesteidän sekoittuminen lämmönsiirtimestä tapahtuu piilevästi ja huomataan luoksen pakkauskoston muutoksesta. Lisäksi: paineen alenema ja nestemäärän väheneminen järjestelmässä.	Veden vuotaminen voi aiheuttaa vuoden suuruudesta riippuen lopulta koko jäähdytysjärjestelmän alusajon (suljetun järjestelmän tyhjenninen). Vuospiirrin keskeytyy kaikilla vaijaporaakoneilla. Vuospiirrin vuotaminen vaikuttaa kiinteistön lämmitysjärjestelmään.	Tiivisteiden vaihtaminen sen rikkoutuessa. Tiivisteiden vaihto aina lämmönsiirtimen purkamisen/ huuhtelepuosum yhteydessä.
	Vanhan vallinen tiiviste	Asennusvirhe	Asennusvirhe (tiiviste väärin aseteltu ta pakettia kiristetty liikaa)		
	Tiivisteiden rikkoutuminen	Asennusvirhe, (pakettia ei kiristetty riittävästi/tyrsällä)			
	Tiiviste väljä				
Lämmönsiirtimen laippaliitokset	Tiivisteiden rikkoutuminen	Käytön aikainen heikkeneminen	Nesteen vuoto laippaliitoksesta (vesi tai glykolivesi) tai laippaliitos ei pida	Nesteen vuoto laippaliitoksesta (vesi tai glykolivesi). Lisäksi: paineen alenema ja nestemäärän väheneminen järjestelmässä.	Veden vuotaminen aiheuttaa tuotantokätkön kahdelle vaijaporaakoneelle. Voi myös aiheuttaa vuoden suuruudesta riippuen lopulta koko jäähdytysjärjestelmän alusajon (suljetun järjestelmän tyhjenninen). Vuospiirrin vuotaminen vaikuttaa kiinteistön lämmitysjärjestelmään.
	Tiiviste puuttuu	Asennusvirhe, huolimattomuus	Asennusvirhe, huolimattomuus		Hvaksytty /iski.

Liite 5. VVA kiertopumppu VJ1PU4

		Laitte/Kohde		VJ1PU4		Tekijä: Aaro Lemppinen	
		KSB Eraline GN 150-200/1104 G9					
		Vika- ja vaikutusanalyysi VVA (FMCA)					
Laitte	Osa/komponentti	Vioittumistapa	Käyttökäyttö: Kierättää öljyä puhdasöljysäiliön ja lämmönstittimen välillä.	Vian havaittavuus	Vian vaikutukset ja seuraukset	Ehdotettu toimenpide	
Moottori KSB-1LA9169-4KA66-ZX77A	Moottorin laakerointi	Laakerin vioittuminen	Käynnön alkaen heikkeneminen	Moottori lämpenee, laukaisee mahdollisesti lämpösuojaajan, moottorin kuorma kasvaa, ääni ja värinä	Pumpun pysähtyminen aiheuttaa katkon VJ1 piirin välittömästi. Nosta energiaa VJ1 piiriin öljyn lämpötilan nostamiseksi ja lämpösuojaajan laukaisemiseksi. Pumppu ei kiertä nesteitä öljytilassa ja näin ollen öljy ei jäähdy. Poraus keskeytyy toisella vaijpporakoneella (7/8). Korjausajaksi lyhyt tehdyn havainnon jälkeen.	kunnonvalvonta värahtelymittauksella. Luoksepäästävyyden parantaminen.	
	Moottorin kytkentä	Kytetty väärin.	Aseennusvirhe	Pumppu pyörii väärään suuntaan	Kuormittaa moottoria pitkällä ajanjaksoilla. Nosta energiaa VJ1 piiriin öljyn lämpötilan nostamiseksi ja lämpösuojaajan laukaisemiseksi. Pumppu ei kiertä nesteitä öljytilassa ja näin ollen öljy ei jäähdy. Poraus keskeytyy toisella vaijpporakoneella (7/8). Heikon luokse päästävyyden takia pitkä korjausajaksi.	Moottorin pyörimissuunnan visuaalinen tarkastaminen kytkemisen jälkeen.	
	Moottorin suojaajate	Lämpösuojaajan laukeaminen	Moottori likaantunut	Moottori käy kuumana, kuorma, pitää mahdollisesti laukea aina uudelleen.	Nosta energiaa VJ1 piiriin öljyn lämpötilan nostamiseksi ja lämpösuojaajan laukaisemiseksi. Pumppu ei kiertä nesteitä öljytilassa ja näin ollen öljy ei jäähdy. Poraus keskeytyy toisella vaijpporakoneella (7/8). Heikon luokse päästävyyden takia pitkä korjausajaksi.	kunnonvalvonta värahtelymittauksella. Luoksepäästävyyden parantaminen.	
			Moottorin etenevä laakerivika	Pumppu ja moottori käy kuumana, kasvanut kuorma, pitää mahdollisesti laukea aina uudelleen.	Nosta energiaa VJ1 piiriin öljyn lämpötilan nostamiseksi ja lämpösuojaajan laukaisemiseksi. Pumppu ei kiertä nesteitä öljytilassa ja näin ollen öljy ei jäähdy. Poraus keskeytyy toisella vaijpporakoneella (7/8). Heikon luokse päästävyyden takia pitkä korjausajaksi.	kunnonvalvonta värahtelymittauksella. Luoksepäästävyyden parantaminen.	
			Pumpun akselihoiki	Pumppu akselihoiki	Keskeyttää porauksen moitteellisesti vaijpporakoneella 7/8. Tuotantokatkos noin 5-10 minuuttia. Vihentää pumpun ja moottorin käyttöikää pitkällä ajanjaksoilla.	Erillinen tutkimus siitä, miten ilmaa pääsee säiliöstä putkiin. Säiliön ja putkien rakenteelliset muutokset johtopäätösten pohjalta.	
Pumppu (KSB)			Pumpussa ilmaa, putkiin pääsee ilmaa puhdasöljysäiliöstä.				

Liite 6. VVA kiertopumppu vaipanporakone 5

Laite/Kohde		V5 kiertovesipumppu		Tekijä: Aaro Leppänen			
Kolmeks Pump AKN127/2		Vika- ja vaikutusanalyysi VVA (FMEA)					
Laite	Osa/komponentti	Vioitumistapa	Käytötarkeutus: kierrättää jäähdytystä vesivaraajan ja V5 lämmönsiirtimen välillä.	Vian havaittavuus	Vian vaikutukset ja seuraukset	Ehdotettu toimenpide	
Moottori (Kolmeks)	Moottorin laakerointi	Laakerin vioittuminen	Käytön alkaen heikkeneminen	Moottori lämpenee, laukaisee mahdollisesti lämpösuojan, moottorin kuorma kasvaa, ääni ja värinä	Pumpun pysähtyminen keskeyttää vaipanporakone 5 öljyn jäähdyttämisen lämmönsiirtimellä. Poraus keskeytyy vaipanporakoneella 5.	Kunnonvalvonta värähtelymittauksella.	
			Asemusvirhe		Neste ei kierrä jäähdytyspiirissä ja ei näin ollen jäähdytä öljyä lämmönsiirtimellä. Poraus keskeytyy vaipanporakoneella 5. Korjausajaksi lyhyt tehotyö hävaimon jälkeen.	Moottorin puhallussumun visuaalinen tarkastaminen asemuksen jälkeen.	
	Moottorin kytkentä	Kytetty väärin.	Asemusvirhe	Pumppu pyörii väärään suuntaan.	Kuormittaa moottoria pitkällä ajanjaksoilla. Nostaa energialkuja. Lämpösuojan laukeaminen keskeyttää vaipanporakone 5 öljyn jäähdytyksen. Poraus keskeytyy.	Moottorin puhallussumun ja jäähdytyslaitojen puistaaminen puoli vuotishuollossa. (nykyinen toimenpide)	
	Moottorin suojalaitte	Lämpösuojan laukeaminen	Moottori ilkaantunut	Moottori käy kuumana, kasvanut kuorma, pitää mahdollisesti outoa ääntä, värinä. Lämpösuoja laukeaa aina uudelleen.	Moottori käy kuumana, kasvanut kuorma, pitää mahdollisesti outoa ääntä, värinä. Lämpösuoja laukeaa aina uudelleen.	Kunnonvalvonta värähtelymittauksella.	
			Moottorin etenevä laakerivika		Pumppu ja moottori käy kuumana, kasvanut kuorma. Lämpösuoja laukeaa aina uudelleen.	Nostaa energialkuja. Heikentää pumpun tuottoa. Lämpösuojan laukeaminen aiheuttaa katon vaipanporakone 5 öljyn jäähdytyksessä. Poraus keskeytyy vaipanporakoneella 5.	Kunnonvalvonta värähtelymittauksella.
Pumppu (Kolmeks)			Pumpun akseliholkki				

Pumppu (kolme)	Akselihoikki	Kuluminen	käytön aikainen heikkeneminen	Pumpun lämpeneminen, moottorin kuorman kasvaminen, tärinä ja ääni. Vainke ajaa pumpun täysillä kierroksilla. Pumppu vuotaa mahdollisesti vettä akselilta.	Pumpun pysähtyminen aiheuttaa kaikon vaiipanporakone 5 ollyn jäähdytyksessä ja poraus keskeytyy. Heikon lukitse päästävyyden takia pitkä korjausaika.	Kunnonvalvonta väriohjelmittauksella.
		Välillisen akselihoikin asennus	Asennusvirhe			Pumpun kasaaminen huollossa uusilla osilla.
	Mekaaninen tiiviste	Tiivisteiden rikkoutuminen	käytön aikainen heikkeneminen		Vuodon suuruudesta riippuen voidaan jatkaa ollyn jäähdytystä esimerkiksi vaiipanporakoneen kappaleenvaihtoon asti. Poraus keskeytyy pumpun vaihdon ajaksi. Suljetun jäähdytysvesipiirin nestemäärän vähentäminen. Oljynkäsittelylaitoksen lattialle pääsynyt vesi voi päätyä oljyjärjestelmään, jolloin järjestelmän oljy pilaantuu.	Pumpun alle mahdollista sijoittaa vuodonilmaisim.
			Asennusvirhe	Pumppu vuotaa vettä pesän ja moottorin välisistä akselilta.		Pumpun kasaaminen huollossa uusilla osilla.
	Pesän tiiviste	Tiivisteiden rikkoutuminen	käytön aikainen heikkeneminen	Pesän ja pesän kannen välisistä vuotaa vettä.	Pumpun tuoton heikkeneminen, viikaantumisen voi rikkoo moottorin laakerointi. Poraus keskeytyy pumpun vaihdon ajaksi vaiipanporakoneella 5. Heikon lukitse päästävyyden takia pitkä korjausaika.	Pumpun alle mahdollista sijoittaa vuodonilmaisim.
			Asennusvirhe			Pumpun kasaaminen huollossa uusilla osilla.
	Pumpun pesä	Kulumus	Kulutusnsenkaan loppuun kuluminen	Pumppu tarvitsee/pitää ääntä. Pumppu tuoton heikkeneminen	Pumpun tuoton heikkeneminen. Viikaantumisen voi rikkoo moottorin laakerointi. Poraus keskeytyy pumpun vaihdon ajaksi vaiipanporakoneella 5. Heikon lukitse päästävyyden takia pitkä korjausaika.	Kunnonvalvonta väriohjelmittauksella. Kulutusnsenkaan vaihtaminen pumpun huollossa.
	Pesän kanssi	Muttereiden löystyminen	Väriohjelmittauksella	Pumppu mahdollisesti tarvitsee/pitää ääntä ja mutterit löysillä. Vuotaa mahdollisesti vettä.	Pumpun pysäyttäminen työn ajaksi. Ollyn jäähdytys ja poraus keskeytyy työn ajaksi vaiipanporakoneella 5. Oljy korjausaika.	Kiertäisin ruuvilukittua pumpun kasaamisessa.
	Laippaliitokset	Tiivisteiden rikkoutuminen	käytön aikainen heikkeneminen	Pumppu tarvitsee/pitää ääntä. Pumppu tuoton heikkeneminen	Pysäyttää vaiipanporakone 5 ollyn jäähdytyksen ja vaiipanporauksen työn suorittamisen ajaksi. Suljetun jäähdytysvesipiirin nestemäärän vähentäminen. Oljynkäsittelylaitoksen lattialle pääsynyt vesi voi päätyä oljyjärjestelmään, jolloin järjestelmän oljy pilaantuu.	Pumpun alle mahdollista sijoittaa vuodonilmaisim.
		Tiivisteiden rikkoutuminen	Asennusvirhe			
		Tiiviste puuttuu	Asennusvirhe			

Liite 7. VVA kiertopumppu VJ1PU1

Laite/kohde		KSB ETALINE GN 125-200/754 G10		VJ1PU1		Tekijä: Aaro Leppänen	
KSB- ja vaikutusanalyysi VVA (FMCA)		Käytötarkkoitus: Kierättäessä 35% glykoolivettä liuospiirissä vedenjäähdyttimen lauhduttimen ja liuosjäähdyttimen välillä.		Vian havaittavuus		Vian vaikutukset ja seuraukset	
Laite	Osa/Komponentti	Voitutumistapa	Vian syy	Vian havaittavuus	Vian vaikutukset ja seuraukset	Ehdotettu toimenpide	
Moottori KSB-1L49154-2465-2X7A	Moottorin laakerointi	Laakerin voittuminen	Käytön aikainen heikkeneminen	Moottori lämpenee, laukaisee mahdollisesti lämpösuoja, moottori kuorma kasvaa, ääni ja tärinä	Pumpun pysähtyminen aiheuttaa katkon VJ1 vedenjäähdyttimellä. Poraus keskeytyy kahdella kolmesta vaipporakoneesta. Heikon luokse päästävyyden takia pitää korjausaika.	Kunnonvalvonta värähtelymittauksella. Luokse päästävyyden parantaminen.	
	Moottorin kytkentä	Kytetty väärin.	Aseennusvirhe	Pumppu pyörii väärään suuntaan.	Neste ei kierrä liuospiirissä lauhduttimelle jolloin kylmäaine ei jäähdy lauhduttimella. Poraus keskeytyy kahdella kolmesta vaipporakoneesta. Korjausaika lyhyt tedin havainnon jälkeen.	Moottorin pyörimissuunnan visuaalinen tarkastaminen kytkennän jälkeen.	
	Moottorin suoja-aitte	Lämpösuojaan laukeaminen	Moottori likaantunut	Moottori käy kuumana. Moottorin puhaltimen suoja ja jäähdytysliivekkeet siimämaäräisesti likaista.	Kuormittaa moottoria pitkällä ajanjaksoilla. Nostaa energialukua. Lämpösuojaan laukeaminen pysäyttää pumpun jolloin kylmäaine ei jäähdy lauhduttimella. Poraus keskeytyy kahdella kolmesta vaipporakoneesta. Heikon luokse päästävyyden takia pitää korjausaika.	Moottorin puhallin-kotelo on ja jäähdytyslapojen pöytäsaaminen puoliuotisuoliossa. (myyminen toimipide)	
			Moottorin etenevä laakerivika	Moottori käy kuumana, kasvanut kuorma, pitää mahdollisesti outoa ääntä, tärinä. Lämpösuoja laukeaa aina uudelleen.	Nostaa energialukua. Heikentää pumpun tuottoa. Lämpösuojaan laukeaminen pysäyttää pumpun, jolloin kylmäaine ei jäähdy lauhduttimella. Poraus keskeytyy kahdella kolmesta vaipporakoneesta. Heikon luokse päästävyyden takia pitää korjausaika.	Kunnonvalvonta värähtelymittauksella. Luokse päästävyyden parantaminen.	
Pumppu (KSB)			Pumpun akselihoikki	Pumppu ja moottori käy kuumana, kasvanut kuorma. Lämpösuoja laukeaa aina uudelleen.		Kunnonvalvonta värähtelymittauksella. Luokse päästävyyden parantaminen.	

Pumppu (KSB)	Akselihoikki	Kuluminen	käytön aikainen heikkeneminen	Pumpun lämpeneminen, moottorin kuorman kasvaminen, tärinä ja ääni. Väikeä ajaa pumppua täysillä kierroksilla.	Pumpun pysähtyminen aiheuttaa katkon V11 vedenjälkhdittimellä. Poraus keskeytyy kahdella kolmesta vaijpporakonnesta. Heikon luokse päästävyyden takia pitää korjausaika.	Kunnonvalvonta värähtelymittauksella. Luoksepäästävyyden parantaminen.
		Vaiillisen akselihoikin asennus	Asennusvirhe			Pumpun kasaaminen huollossa uusilla osilla. Viikkohuollossa sekä kunnossapidon puoliuotisuollossa. Mandollisiin elykoivesivuoctoihin olisi hyvä varautua kuurtolla elykola varastoon.
	Mekaaninen tiiviste	Tiivisteen rikkoukuminen	käytön aikainen heikkeneminen		Pumppu joudutaan pysäyttämään liuospiirin vuodon takia joka aiheuttaa katkon V11 vedenjälkhdittimellä. Poraus keskeytyy kahdella kolmesta vaijpporakonnesta. Suljetun liuospiirin nestemäärän vähenneminen. Heikon luokse päästävyyden takia pitää korjausaika.	Varmistaminen, että pumppu kasataan oikealla valmistajan suosittelemalla tiivistemateriaalilla.
			Asennusvirhe	Pumppu vuotaa elykoivesiseosta pesään ja moottorin välistä akselilta.		Pumpun kasaaminen huollossa uusilla osilla.
						Visuaalinen kunnonvalvonta operaattorien viikkohuollossa sekä kunnossapidon puoliuotisuollossa. Mandollisiin elykoivesivuoctoihin olisi hyvä varautua kuurtolla elykola varastoon.
	Pesän tiiviste	Tiivisteen rikkoukuminen	käytön aikainen heikkeneminen	Väriä tiivistemateriaali	Pumppu vuotaa pesän ja pesän kannen välistä elykoivesiseosta.	Varmistaminen, että pumppu kasataan oikealla valmistajan suosittelemalla tiivistemateriaalilla.
			Asennusvirhe		Pumpun pysäyttäminen aiheuttaa katkon V11 vedenjälkhdittimellä. Voidaan mahdollisesti jatkaa tuotantoa esimerkiksi kappaleen vaihtoon saakka. Poraus keskeytyy pumppuun vaihdon ajaksi kahdella kolmesta vaijpporakonnesta. Heikon luokse päästävyyden takia pitää korjausaika.	Pumpun kasaaminen huollossa uusilla osilla.
						Kunnonvalvonta värähtelymittauksella. Uuden kuluksenrikaan vaihtaminen aina pumppua huollessa. Luoksepäästävyyden parantaminen.
	Pumpun pesä	Kulumut	kuluksenrikaan loppuun kuluminen		Pumppu mahdollisesti tärisee/pitäää äänää ja mutterit löysillä. Vuotaa mahdollisesti elykoivesiseosta.	Kiertäisiin nuuikuitetta pumppua kasatessa.
	Pesän kanssi	Mutterien löysyminen	Tärinä		Pumppu joudutaan pysäyttämään työn ajaksi. Eivarsinaista tuotantokatkoa vaijpporakonnesta. Lmyt korjausaika (mutterien kiritys).	
	Laipaliitokset	Tiivisteen rikkoukuminen	käytön aikainen heikkeneminen		Pumppu pysäyttäminen aiheuttaa katkon V11 vedenjälkhdittimellä. Voidaan mahdollisesti jatkaa tuotantoa esimerkiksi kappaleen vaihtoon saakka. Poraus keskeytyy pumppuun vaihdon ajaksi kahdella kolmesta vaijpporakonnesta. Heikon luokse päästävyyden takia pitää korjausaika.	Kunnonvalvonta värähtelymittauksella. Uuden kuluksenrikaan vaihtaminen aina pumppua huollessa. Luoksepäästävyyden parantaminen.
		Tiivisteen rikkoukuminen	Asennusvirhe			
		Tiiviste puuttuu	Asennusvirhe		Laipaliitos vuotaa elykoivesiseosta.	Hyväksyty riski. Mandollisiin elykoivesivuoctoihin olisi hyvä varautua kuurtolla elykola varastoon.

Liite 8. VVA kiertopumppu VJ1PU2

Laite	Osa/komponentti	Voittumistapa	Käyttötarkoitus: Kierättä jäähdytysvettä varajajalta vedenjäähdyttimen höyrytimelle	Vian havaittavuus	Vian vaikutukset ja seuraukset	Ehdotettu toimenpide
Moottori KSB-1L49133-4K466-ZX77A	Moottorin laakerointi	Laakerin voittuminen	Käytön aikainen heikentyminen	Moottori lämpenee, laukaisee mahdollisesti lämpösuoja, moottorin kuuma kasana, ääni ja mahdollisesti pumpun tärinä.	Pumpun pysähtyminen aiheuttaa kation VJ1 vedenjäähdyttimellä. Poraus keskertyy/kahdella kolmesta vaijapanorakoneesta. Heikon luokse päästävyyden takia pitkä korjausaika.	kumonnavuonna vääräntymittauksella.
	Moottorin kytkentä	kytketty väärin.	Asemusvirhe	Pumppu pyörii väärään suuntaan.	Neste ei kiertä vesipiirissä höyrytimelle, jolloin vesi ei jäähdy höyrytimellä. Poraus keskertyy kahdella kolmesta vaijapanorakoneesta. Korjausaika lyhyt tardin havaitson jälkeen.	Moottorin pyörimissuunnan visuaalinen tarkastaminen asennuksen jälkeen.
	Moottorin suojalaite	Lämpösuojaan laukeaminen	Moottori likaantunut	Moottori käy kuumana. Moottorin puhaltimen suoja ja jäähdytysilvekkeet siinä määrin lämpösuoja laukeaa aina uudelleen.	Kuormittaa moottoria pitkällä ajanjaksoilla. Nostaa energiatarkkuja. Lämpösuoja laukeaminen pysäyttää pumpun ja aiheuttaa kation VJ1 vedenjäähdyttimellä ja poraus keskertyy kahdella kolmesta vaijapanorakoneesta.	Moottorin puhallinlaitteen ja jäähdytysilvekkeiden puhtausasteen tarkastaminen toimenpiteiden jälkeen.
			Moottorin etenevä laakerivika	Moottori käy kuumana, kasvanut kuuma, pitkä mahdollisesti outoa ääntä, tärinä. Lämpösuoja laukeaa aina uudelleen.	Nostaa energiatarkkuja. Heikentää pumpun tuottoa. Lämpösuoja laukeaminen aiheuttaa pumpun pysähtymisen ja kation VJ1 vedenjäähdyttimellä ja poraus keskertyy kahdella kolmesta vaijapanorakoneesta. Heikon luokse päästävyyden takia pitkä korjausaika.	kumonnavuonna vääräntymittauksella.
Pumppu (KSB)			Pumpun akselihoikki			kumonnavuonna vääräntymittauksella.

Laite/Kohte
KSB Etaline GN 100-170/1502 G11
Vika- ja vaikutusanalyysi VVA (FMCA)

VJ1PU2

Tekijä: Aaro Leppänen

Liite 9. VVA kiertopumppu VJ1PU3

Laitte/Kohde		Käyttötarkoitus: Kiertettä jäähdytysvettä vesivaraajan sekä öljypöirän ja lämmön talteenoton lämmönsiirtimien kautta.		Vaihtuvuus		Ehdotettu toimenpide	
KSB Etaline GN 125-160/404 G10 Vika- ja vaikutusanalyysi VVA (FMEA)		Vian havaittavuus		Vian vaikutukset ja seuraukset			
Laitte	Osa/komponentti	Voituttumistapa	Vian syy	Vian havaittavuus	Vian vaikutukset ja seuraukset	Ehdotettu toimenpide	
Moottori KSB-1LA9113-4K461-2X72A	Moottorin laakerointi	Laakerin voituttuminen	Käytön aikainen heikkeneminen	Moottori lämpenee, laukailee mahdollisesti lämpösuoja, moottorin kuorma kasvaa, ääni ja värinä	Pumpun pysähtyminen aiheuttaa katkon VII piirin öljyn jäähdytyksessä. Poraus keskeytyy toisella vaiipanporakoneella (7/8). Heikon luokse päästävyyden takia pitkä korjaus aika.	Kunnonvalvonta vääräheijuttauksella. Luoksepäästävyyden parantaminen.	
	Moottorin kytkentä	kytketty väärin	Aseennusvirhe	Pumppu pyörii väärään suuntaan	Neste ei kiertä jäähdytyspiirissä ja näin ollen ei jäähdytä öljyä lämmönsiirtimellä. Poraus keskeytyy toisella vaiipanporakoneella (7/8). Korjaus aika lyhyt. Tiedon havainnointi jälkeen.	Moottorin pyörimissuunnan visuaalinen tarkastaminen asennuksen jälkeen.	
	Moottorin suoja laite	Lämpösuoja laukeaminen	Moottori likaantunut	Moottori käy kuumana. Moottorin puhaltimen suoja ja jäähdytysliikkeet siltimänalaisesti likaistia	Kuormittaa moottoria pitkäällä ajajaksolla. Nostaa energiatkuluja. Lämpösuoja laukeaminen aiheuttaa katkon VII piirin öljyn jäähdytyksessä. Poraus keskeytyy toisella vaiipanporakoneella (7/8).	Moottorin puhallinokseon ja jäähdytyspiirin puhtauttamisen parantaminen (nykyinen toimintatila)	
			Moottorin etenevä laakerinvika	Moottori käy kuumana, kasvanut kuorma, pitää mahdollisesti outoa ääntä, värinä. Lämpösuoja laukeaa aina uudelleen.	Nostaa energiatkuluja. Heikentää pumpun tuottoa. Lämpösuoja laukeaminen aiheuttaa katkon VII piirin öljyn jäähdytyksessä. Poraus keskeytyy toisella vaiipanporakoneella (7/8). Heikon luokse päästävyyden takia pitkä korjaus aika.	Kunnonvalvonta vääräheijuttauksella. Luoksepäästävyyden parantaminen	
Pumppu (KSB)			Pumpun akselihoikki			Kunnonvalvonta vääräheijuttauksella. Luoksepäästävyyden parantaminen	

Pumppu (KSB)	Akselihoikki	Kuluminen	Käytön aikainen heikkeneminen	Pumpun lämpeneminen, moottorin kuorman kasvaminen, tärinä ja sääl. Vaikaa ajaa pumppua täysillä kierroksilla.	Pumpun pysähtyminen aiheuttaa katkon VII piiriin oljyn jäähdytyksessä. Poraus keskeytyy toisella vaiipanorakoneella (7/8). Helikon luokse päästävyiden takia pitää korjausaika.	Kumonvalvonta värähtelymittauksella, Luoksepäästävyiden parantaminen.
	Vaillisen akselihoikin asennus	Aseennusvirhe	Aseennusvirhe	Pumppu vuotaa vettä pesän ja moottorin välisistä akselista.	Voidaan vuodon suuruudesta riippuen jatkaa tuotantoa esimerkiksi kappaleen vaihtoon saakka. Poraus keskeytyy toisella vaiipanorakoneella (7/8). Helikon luokse päästävyiden takia pitää korjausaika. Suljettu vesikierto vaatii täyristä.	Pumpun kasaaminen huollossa uusilla osilla, viikkihuollossa sekä kunnossapidon puoli vuorishuollossa. Luoksepäästävyiden parantaminen.
	Mekaaninen tiiviste	Tiivisteen rikkoutuminen	Käytön aikainen heikkeneminen	Pumppu vuotaa vettä pesän ja moottorin välisistä akselista.	Voidaan vuodon suuruudesta riippuen jatkaa tuotantoa esimerkiksi kappaleen vaihtoon saakka. Poraus keskeytyy toisella vaiipanorakoneella (7/8). Helikon luokse päästävyiden takia pitää korjausaika. Suljettu vesikierto vaatii täyristä.	Pumpun kasaaminen huollossa uusilla osilla, viikkihuollossa sekä kunnossapidon puoli vuorishuollossa. Luoksepäästävyiden parantaminen.
	Pesän tiiviste	Tiivisteen rikkoutuminen	Käytön aikainen heikkeneminen	Pesän ja pesän kannen välistä vuotaa vettä.	Voidaan vuodon suuruudesta riippuen jatkaa tuotantoa esimerkiksi kappaleen vaihtoon saakka. Poraus keskeytyy toisella vaiipanorakoneella (7/8). Helikon luokse päästävyiden takia pitää korjausaika. Suljettu vesikierto vaatii täyristä.	Pumpun kasaaminen huollossa uusilla osilla.
			Aseennusvirhe		Pumpun pysäyttäminen aiheuttaa katkon VII piiriin oljyn jäähdytyksessä. Voidaan mahdollisesti jatkaa tuotantoa esimerkiksi kappaleen vaihtoon saakka. Poraus keskeytyy toisella vaiipanorakoneella (7/8). Helikon luokse päästävyiden takia pitää korjausaika.	Kumonvalvonta värähtelymittauksella. Uuden kulutusrenkaan vaihtaminen aina pumppua huolittaessa. Luoksepäästävyiden parantaminen
	Pumpun pesä	Kulumut	Kulutusrenkaan loppupuun kuluminen	Pumppu tärissee/pitää sääntä. Pumpun tuoton heikkeneminen	Pumpun tuoton heikkeneminen	
	Pesän kanssi	Muttereiden löystyminen	Tärinä	Pumppu tärissee/pitää sääntä ja muuten löysällä. Vuotaa mahdollisesti vettä.	Aiheuttaa katkon VII piiriin oljyn jäähdytyksessä. Poraus keskeytyy toisella vaiipanorakoneella (7/8). Lmyt korjausaika (muttereiden kiristy).	Kärskeisiin ruuviliukretta pumppua kasaatessa.
				Pumppu tärissee/pitää sääntä. Pumpun tuoton heikkeneminen	Pumpun pysäyttäminen aiheuttaa katkon VII piiriin oljyn jäähdytyksessä. Voidaan mahdollisesti jatkaa tuotantoa esimerkiksi kappaleen vaihtoon saakka. Poraus keskeytyy toisella vaiipanorakoneella (7/8). Helikon luokse päästävyiden takia pitää korjausaika.	Kumonvalvonta värähtelymittauksella. Uuden kulutusrenkaan vaihtaminen aina pumppua huolittaessa. Luoksepäästävyiden parantaminen
		Kulumut	Kulutusrenkaan loppupuun kuluminen			
	Laippaliitos	Tiivisteen rikkoutuminen	Käytön aikainen heikkeneminen		Vuodon suuruudesta riippuen voidaan jatkaa porausta esimerkiksi kappaleen vaihtoon saakka. Poraus keskeytyy korjauksen ajaksi toisella vaiipanorakoneella (7/8). Ulos järjestelmästä vuodanut oljy pilalla. Lmyt korjausaika.	Korjaava kunnossapito. Siirretty korjaava, jos mahdollista.
		Tiivisteen rikkoutuminen	Aseennusvirhe			
		Tiiviste puuttuu	Aseennusvirhe	Laippaliitos vuotaa vettä.		