

Arkittamon kunnonvalvonnan kehittäminen

Teemu Pylväinen

OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2023

Konetekniikka
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

PYLVÄINEN, TEEMU:
Arkittamon kunnonvalvonnan kehittäminen

Opinnäytetyö 49 sivua, joista liitteitä 9 sivua
Tammikuu 2023

Metsä Board Äänekosken kunnossapidon yhtenä kehitystavoitteena on ollut vähentää kartonkitehtaasta erillisenä osastona toimivan arkittamon kunnossapidon häiriökorjauksista aiheutuvaa suunnittelematonta seisokkiaikaa. Arkittamo on muutettu entisen M-Realin paperitehtaan käytöstä kartongin arkitukseen soveltuvaksi vuonna 2012, eikä sen kunnossapidolle ole vielä luotu virallista laitteiston kunnonvalvontasuunnitelmaa tai -ohjeistusta. Kunnonvalvontaan panostamalla pyritään tunnistamaan vikaantuvat laitteet aikaisemmin, jotta vaadittavat korjaustoimenpiteet pystyttäisiin ajoittamaan suunniteltuihin seisokkiajankohtiin paremmin. Opinnäytetyön lisäksi tilaajalla on käynnissä ja suunnitteilla muitakin käyntivarmuuden parantamiseen tähtääviä kehitysprojekteja.

Työ aloitettiin käytössä olleiden kunnonvalvontatoimintojen nykytilanteen selvityksellä. Havaintojen perusteella arkittamon kunnonvalvontaan luotiin suunnitelma mittaavan kunnonvalvontatoiminnan käynnistämisestä, joka tilaajan hyväksynnän jälkeen saatettiin alkuun. Käynnistämissuunnitelma piti sisällään kunnonvalvontalaitteiston hankinnan, ulkopuolisen käyttäjäkoulutuksen järjestämisen, laitteiston ylläpito- ja koulutusvastuun määrittämisen sekä tunnistettujen kunnonvalvontatarpeen omaavien laitteiden jakamisen perusteltuihin mittausreittilistoihin.

Tärkeimmäksi tavoitteeksi työn aikana muodostunut suunnitelmallisen mittaavan kunnonvalvontatoiminnan käynnistäminen saatiin työssä toteutettua. Alkutilanneselvityksen yhteydessä löydettiin lisäksi useita toiminnan jatkokehitysmahdollisuuksia, joita tilaaja pystyy halutessaan hyödyntämään, kun mittaava kunnonvalvonta saadaan ensin luontevaksi osaksi arkittamon kunnossapidon toimintaa. Rajallisen aikataulun vuoksi toiminnalla saavutettavia hyötyjä ei pystytä työssä arvioimaan tarkasti.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

PYLVÄINEN, TEEMU:

Development of Condition Monitoring in a Sheeting Plant
Bachelor's thesis 49 pages, appendices 9 pages
January 2023

No official plans have ever been made towards the condition monitoring of the sheeting plant of the Metsä Board Äänekoski board mill. The condition monitoring has based mainly on the sensory perceptions made by the maintenance mechanics and plant operators.

By focusing on planned condition monitoring the clients' aim was to reduce the amount of unplanned maintenance done on production time. The necessary maintenance actions can be scheduled in to planned shutdowns when the faults are found earlier.

The first part of the project was to find out the current state of all the condition monitoring operations in the sheeting plant through interviews and work experience. A development plan was created and put into action on approval of the client. The plan consisted of making an operation starting plan, making the necessary equipment purchases, arranging a training event by an outside provider, and defining the responsibilities regarding the condition monitoring functions.

As a result of the thesis, the planned condition monitoring measuring was initiated in the mechanical maintenance department of the sheeting plant. Suggestions on how the client can further develop its condition monitoring functions were also presented. Due to limited time, the benefits achieved cannot be accurately evaluated.

Key words: condition monitoring, vibration measurement, maintenance, sheeting plant

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	METSÄ BOARD	7
	2.1 Äänekosken kartonkitehdas	7
	2.2 Arkittamo	8
3	KUNNOSSAPITO	10
	3.1 Pää tavoitteet	10
	3.1.1 Käyttövarmuus	10
	3.1.2 Tuotannon kokonaistehokkuus	12
	3.2 Kunnossapitolajit	12
	3.2.1 Suunnittelematon kunnossapito	13
	3.2.2 Ehkäisevä kunnossapito	13
	3.2.3 Parantava kunnossapito	14
	3.2.4 Muu kunnossapito	14
4	VIKAANTUMINEN	15
	4.1 Vierintälaakerin vauriomekanismit	16
	4.2 Vikojen havaitsemisen kannattavuus	17
5	KUNNONVALVONTA	18
	5.1 Kunnonvalvonnan suunnittelu	18
	5.2 Mittausjärjestelmät	19
	5.3 Värähtelymittaus	21
	5.4 Iskusysäysmittaus	22
	5.5 Muita kunnonvalvontamenetelmiä	23
	5.5.1 Lämpötilamittaus	23
	5.5.2 Aistinvarainen kunnonvalvonta	24
6	ALKUTILANNE	25
	6.1 Mittaava kunnonvalvonta arkittamossa	25
	6.2 Arkkileikkureiden värähtelymittaukset	27
7	KEHITYSSUUNNITELMA	28
8	TYÖN TOTEUTUS	29
	8.1 Mittauslaitteiston hankinta	29
	8.2 Koulutus ja vastuunjako	29
	8.3 Mittausreitit	30
	8.3.1 Laitteiden kunnonvalvontatarpeen arviointi	32
	8.3.2 Mittausvälien määrittäminen	33
9	JATKOKEHITYSSMAHDOLLISUUDET	34
10	POHDINTA	36

LÄHTEET	38
LIITTEET	41
Liite 1. Alkuperäinen mittausreittilista.....	41
Liite 2. Mittausreittilista: Arkittamo.....	44
Liite 3. Mittausreittilista: Paperikonesali.....	45
Liite 4. Mittausreittilista: Katto	47
Liite 5. Laitetason kriittisyyden tekijät.....	48
Liite 6. Suositeltuja värähtelyn mittausvälejä jatkuvatoimisille laitteille	49

1 JOHDANTO

Metsä Board Äänekosken kartonkitehtaan erillisenä osastona toimivan arkittamon kunnossapitoseisokkiajasta huomattavan suuri aika on koostunut suunnitelmattomista häiriökorjauksista. Vaikka vikatilanteisiin pystytään niiden ilmaantuessa reagoimaan nopeasti, on tuotannon suunnitteleman seisokkiaika kustannuksiltaan aina suunniteltua kalliimpaa. Tehokkaalla kunnonvalvonnalla vikaantuvat kohteet pystytään tunnistamaan ajoissa, joka mahdollistaa vaadittujen korjaustoimenpiteiden ajoittamisen suunniteltuun huoltoseisokkiaikatauluun paremmin sekä niihin valmistautumisen tuotantoajalla.

Opinnäytetyön toimeksiantona on selvittää arkittamon kunnossapidon kunnonvalvontatoiminnan nykytila ja tehdä havaintojen perusteella konkreettisia toimenpiteitä, joilla toimintaa saataisiin tehostettua. Kartonkitehtaassa kunnonvalvonta on pitkälle kehitettyä ja järjestelmällistä, mutta arkittamossa järjestelmällistä kunnonvalvontasuunnitelmaa ei ole virallisesti aloitettu, ja toiminta on perustunut pääsääntöisesti henkilöiden aistienvaraiseen havainnointiin. Tilaaja haluaa työn teettämällä parantaa arkittamon käyntivarmuutta. Käyntivarmuutta parantavia kehitysprojekteja on toteutuksessa ja suunnitteilla tämän lisäksi useampia.

Työn pääpainoksi muodostuu suunnitelmallisen kunnonvalvontatoiminnan käynnistäminen arkittamossa, ja sen vaatimien järjestelyjen hoitaminen. Alkutilanneselvityksen perusteella tehdyn kehityssuunnitelman mukaiset tilaajan hyväksymät toimenpiteet toteutetaan ja esitellään löydetyt jatkokehitysehdotukset, joita tilaaja pystyy hyödyntämään tulevaisuudessa kehittäessään toimintaa entisestään.

2 METSÄ BOARD

Metsä Group -konserniin, eli Metsäliitto Osuuskuntaan kuuluva Metsä Board on johtava eurooppalainen kevyiden ja korkealaatuisten taive- ja tarjoilupakkaus-kartonkien valmistaja. Muut yrityksen tuotantoyksiköt sijaitsevat Kemissä, Tampereella, Joutsenossa, Kaskisissa, Hämeenkyrössä, Simpeleellä sekä Ruotsin Husumissa. Koko Metsä Boardin liikevaihto oli vuonna 2021 2,1 miljardia euroa, ja sen henkilöstömäärä 2400 vuosittaisen tuotantokapasiteetin ollessa 2 miljoonaa tonnia. (Metsä Board n.d.).

METSÄ GROUP		LIIKEVAIHTO 6,0 MRD. EUROA	HENKILÖSTÖÄ 9 500	
METSÄLIITTO OSUUSKUNTA		OMISTAJINA LÄHES 100 000 SUOMALAISTA METSÄNOMISTAJAA		
PUUNHANKINTA JA METSÄPALVELUT	METSÄ WOOD PUUTUOTTEET	METSÄ FIBRE SELLU- JA SAHATEOLLISUUS	METSÄ BOARD KARTONKI	METSÄ TISSUE PEHMO- JA TIIVISPAPERIT
LIIKEVAIHTO 2,0 MRD. EUROA	LIIKEVAIHTO 0,6 MRD. EUROA	LIIKEVAIHTO 2,6 MRD. EUROA	LIIKEVAIHTO 2,1 MRD. EUROA	LIIKEVAIHTO 0,9 MRD. EUROA
HENKILÖSTÖ 850	HENKILÖSTÖ 1 700	HENKILÖSTÖ 1 400	HENKILÖSTÖ 2 400	HENKILÖSTÖ 2 500
METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 100%	METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 100%	METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 50,1%. METSÄ BOARD 24,9%. ITOCHU CORPORATION 25,0%	METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 48,2% (OSUUS ÄÄNIMÄÄRISTÄ 67,1%)	METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 100%
METSÄ SPRING INNOVAATIOYHTIÖ				

KUVA 1. Metsä Board osana Metsä Groupin yritysrakennetta (Metsä Group n.d.).

2.1 Äänekosken kartonkitehdas

Metsä Board Äänekoski on yksi kahdeksasta Metsä Boardin tuotantoyksiköstä, joista 6 on kartonkitehtaita ja 2 valkaistun kemihierteen, eli BCTMP:n tuotantolaitosta. Kartonkitehdas sijaitsee Keski-Suomessa Äänekosken biotalouskeskityksessä, jossa toimii lisäksi muun muassa Metsä Fibren biotuotetehdas, Metsä Woodin koivuviilutehdas, Pro Nemus -vierailukeskus, sekä Metsä Springin tekstiilikuitukoelaitos ja 3D-kuitukoelaitos. Metsä Groupin ulkopuolisia toimijoita tehdasalueella ovat Nouryon Chemicals Finland Oy:n karboksimeetyyliselluloosa

(CMC) tehdas ja Specialty Minerals Nordic Oy Ab:n kalsiumkarbonaatti (PCC) tehdas. Lisäksi Veolia Services Suomi Oy on rakentamassa integraation yhteyteen biometanolin jalostuslaitosta. (Metsä Fibre 2022; Metsä Board n.d.).



KUVA 2. Metsä Board Äänekoski ja muuta tehdasintegraattia. Arkittamo sijaitsee kuvassa joen oikean puolisissa tiloissa. (Metsä Board n.d.).

Äänekosken kartonkitehdas koostuu yhdestä kartonkikonelinjasta ja erillisenä yksikkönä toimivasta kolmen arkkileikkurin arkittamosta, jossa kartonkirullat leikataan arkeiksi. Kartonkikonelinja käynnistyi Äänekoskella ensimmäisen kerran vuonna 1899. Nykyinen, järjestyksessä toinen konelinja on käynnistynyt 1966 ja käynyt läpi viimeisimmät laajemmat uudistukset vuosina 2002 ja 2012. Kartonkoneen trimmileveys on 3,60 metriä ja maksiminopeus 800 m/min, mahdollistaen 260 000 tonnin vuosituotantokapasiteetin. Tehdas työllistää yhteensä noin 200 henkilöä. Laadustaan tunnetun päällystetyn ja valkaistun taivekartongin tyyppillisiä loppukäyttökohteita ovat suklaa- ja makeispakkaukset, terveydenhuollon pakkaukset, kosmetiikkapakkaukset ja graafiset sovellukset. (Metsä Board n.d.).

2.2 Arkittamo

Äänekosken kartonkitehtaan arkittamo toimii erillisenä osastonaan joulukuussa 2011 lakkautetun entisen M-Realin paperikone 2:n kiinteistössä. Arkittamo toimi

aikaisemmin paperitehtaan käytössä ja kartonkia arkitettiin kartonkitehtaan omalla arkkileikkurilla, joka nykyään on jo purettu. Nykyisen arkittamon kaksi vanhempaa arkkileikkuria AL7 ja AL8 muutettiin paperitehtaan lakkauttamisen jälkeen kartongin arkitukseen soveltuviksi, ja myöhemmin 2019 arkittamoon hankittiin kolmas arkkileikkuri AL9. Useiden uudistuksien jälkeen nykyinen leikkureiden yhteinen vuosituotantokapasiteetti on 140 000 tonnia. Äänekoskella tuotetun kartongin lisäksi arkittamossa leikataan myös Metsä Boardin Tampereen (Tako) ja Kyröskosken (Kyro) tehtaiden kartonkia. Leikatun kartonkiarkin minimikoko on 460 x 640 mm ja maksimi- 1600 x 1600 mm. (Metsä Board Äänekoski 2022; Salo 2022).

Arkittamon tuotantoprosessi on hyvin pitkälle automatisoitu. Sisäistä logistiikkaa hoitavat automaattiset rulla-, ja lava-, ja tuotevarastot sekä itseohjautuvat vihi-vaunut. Vuorossa työskentelee tuotantotehtävissä yhteensä 8 henkilöä, joista 2 ovat kunnossapidon käynninvarmistajia. Päivätöissä arkittamossa on 3 mekaanisen- ja 3 sähköautomaatiokunnossapidon asentajaa. Toimihenkilöitä on yhteensä 5: käyttöpäällikkö, käyttöinsinööri, tuotantoinsinööri sekä kunnossapidon aluemestarit. (Metsä Board Äänekoski 2022; Salo 2022).



KUVA 3. Näkymää arkittamosta. Kuvassa AL9 aukirullain, josta kartonkirullat syötetään leikkuriin. (Metsä Board Äänekoski 2022).

3 KUNNOSSAPITO

Useat ovat saattaneet aikojen saatossa pitää kunnossapitoa teollisuuden niin sanottuna ”pakollisena pahana” tai ”mustana aukkona”, jonka tuoma lisäarvo toiminnalle on olematonta. Tämä ei kuitenkaan vastaa totuutta, sillä oikein toteutettuna kunnossapito on investointia tulevaisuuteen, joka takaa, että tuotanto toimii täydellä kapasiteetillaan luotettavasti nyt ja tulevaisuudessa. Kunnossapito on oma tieteenhaaransa, jonka tehokas toteuttaminen edellyttää kaikkien vaikuttavien fysiikan tieteiden soveltamista. (Mobley 2014).

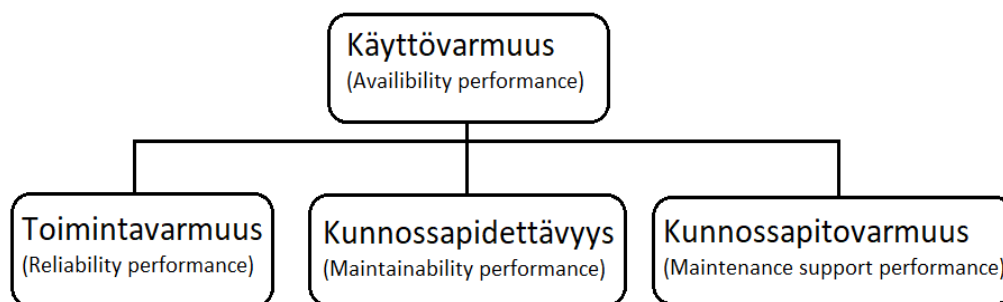
Suomen Standardisoimisliitto SFS määrittelee kunnossapito -termin seuraavasti: ”Kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.” (SFS-EN 13306:2017 2019, 5).

3.1 Pää tavoitteet

Kunnossapidon keskeisimpinä päätavoitteina voidaan pitää parasta mahdollista tuotannon kokonaistehokkuutta ja käyttövarmuutta. Tärkeitä tavoitteita näiden lisäksi ovat työ- ja ympäristöturvallisuuden huomioiminen ja kustannustehokkuus. (PSK 6201 2022, 5). Yksinkertaistetusti sanottuna kunnossapidon tarkoitus on ylläpitää tuotantolaitteiden tuotantokykyä (Mikkonen 2009, 70).

3.1.1 Käyttövarmuus

Käyttövarmuudella tarkoitetaan kykyä toimia vaadittaessa vaaditulla tavalla. Se tarkoittaa kohteen kykyä olla tilassa, jossa vaaditun toiminnon suorittaminen onnistuu olettaen oikeat olosuhteet, ja ulkoisten resurssien saatavuuden. (PSK 6201 2022, 9). Käyttövarmuutta mitataan käytettävyytenä, joka on kunnossapidon kannalta tärkein osatekijä tuotantotehokkuuden suhteen. Se koostuu toimintavarmuuden, kunnossapidettävyyden ja kunnossapitovarmuuden summasta. (KnowPap 2022a).



KUVIO 1. Käyttövarmuuden osatekijät (KnowPap 2022a).

Toimintavarmuudella tarkoitetaan kohteen kykyä toimia vaaditulla tavalla vaadittujen olosuhteiden, aikavälin ja kunnossapidollisten edellytysten puitteissa. Sen mittareina käytetään keskimääräistä vikaantumisväliä MTBF (Mean Time Between Failure) ja keskimääräinen vikaantumisaika MTTF (Mean Time To Failure). Puhekielessä toimintavarmuudella tarkoitetaan yleisesti kohteen vikaherkkyttä tai luotettavuutta. (KnowPap 2022a).

Kunnossapidettävyyys kuvaa kohteen kykyä olla pidettävissä tilassa tai palautettavissa tilaan, jossa se pystyy toimimaan vaaditusti määritellyissä olosuhteissa, kun kunnossapito suoritellaan vaadittuja resurssien käyttöä ja menetelmiä noudattaen (PSK 6201 2022, 10). Kunnossapidettävyyttä mitataan keskimääräisenä korjausaikana MTTR (Mean Time To Restoration). Puhekielessä kunnossapidettävyydellä tarkoitetaan kohteen korjaamisen helppoutta tai vaikeutta. (KnowPap 2022a).

Kunnossapitovarmuudella tarkoitetaan organisaation kykyä palauttaa kohde toimintakuntoon määritellyjä välineitä ja työkaluja käyttäen. Kunnossapitovarmuutta mitataan keskimääräisenä odotusaikana MWT (Mean Waiting Time). (KnowPap 2022a).

3.1.2 Tuotannon kokonaistehokkuus

Kokonaistehokkuuden määrittää tuotannon käytettävyyden K , tehokkuuden (nopeus) N ja laatukertoimen L tulo, joka voidaan laskea seuraavien kaavojen mukaisesti:

$$K = \frac{\text{Käyntiaika} - \text{seisokkiaika}}{\text{Käyntiaika}} \quad (1)$$

joka on aikakäsite, eikä sisällä laatuun tai toiminta-asteeseen liittyvää häviötä.

$$N = \frac{\text{Nimellistuotanto} \times \text{tuotantomäärä}}{\text{Nimellistuotanto}} \quad (2)$$

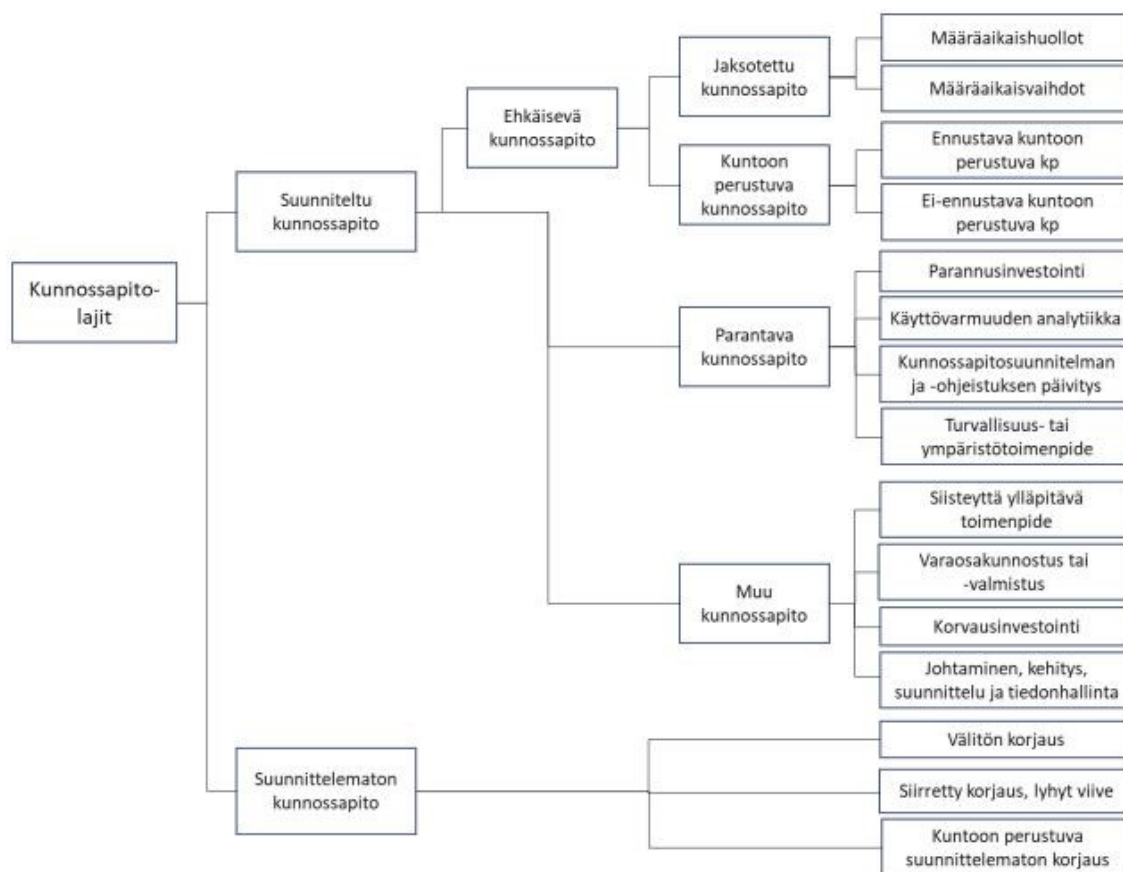
$$L = \frac{\text{Tuotanto} - \text{Hylätty tuotanto}}{\text{Tuotanto}} \quad (3)$$

Kokonaistehokkuudesta puhutaan usein sen englanninkielisellä termillä OEE (Overall Equipment Efficiency). (Villanen 2013).

3.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapidon luokitteluista eri lajeihin on olemassa useita erilaisia määritelmiä. Määritelmissä yhteistä pääsääntöisesti on kuitenkin kahden pääryhmän erottelu suunniteltuun ja suunnittelemattomaan kunnossapitoon. Suunnitellulla kunnossapitotoiminnalla käytännössä pyritään minimoimaan suunnittelemattoman kunnossapidon tarve, joka koostuu vikaantuneiden laitteiden korjaamisesta.

Kunnossapitolajien terminologia saattaa helposti aiheuttaa väärinkäsityksiä ja haasteita, sekä suomen, että englannin kielessä, johtuen niiden kirjavaksikin kuvailluista määritelmistä ja käytöstä (Mikkonen 2009, 95).



KUVIO 2. Kunnossapitolajien luokittelu (PSK 6201 2022, 40).

3.2.1 Suunnittelematon kunnossapito

Korjaustoimenpiteet, jotka suoritetaan välittömästi tai siirretysti ovat suunnittelematonta kunnossapitoa. Laitteen korjaustarve voi ilmetä joko välittömästi tai viiveellä poikkeamahavainnon jälkeen. Välittömiä korjaustarpeita ei joko ehditä, pystytä tai päätetä valmistella, jolloin ne ovat suorittajalle yllättäviä ja työ tulee sisältämään viiveitä. Suunnittelemattomia korjauksia pyritään usein siirtämään suunniteltuihin seisokkeihin sellaisten laitteiden kohdalla, jotka eivät ole tuotannon tai turvallisuuden kannalta kriittisiä, jotta valmistelut saadaan suoritettua tuotantoajalla. (PSK 6201 2022, 27–28).

3.2.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon tavoite on nimensä mukaisesti pyrkiä pienentämään vikaantumisen mahdollisuutta tai toimintakyvyn heikkenemistä. (Mikkonen 2009, 99). PSK 6201 standardissa ehkäisevän kunnossapidon toimet on jaettu edelleen kahteen eri pääryhmään, kuntoon perustuvaan ja jaksotettuun kunnossapitoon.

Kuntoon perustuvalla kunnossapidolla tarkoitetaan toimenpiteitä, jotka suoritetaan jatkuvan tarkkailun tai määräaikaistarkastuksien perusteella selvitettyihin kohteen vaatimiin tarpeisiin. Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa poikkeamiin reagoimisella ajoissa pyritään minimoimaan vikaantumisen seurannaisvaikutukset ja siirtämään suunnittelemattomia korjauksien tarvetta suunniteltuihin ajankohtiin. (PSK 6201 2022, 29).

Kunnossapitotoimet, jotka suoritetaan ilman toimintakunnon ennakkotutkimusta ovat jaksotettua kunnossapitoa. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi voitelu- huolto, osien määräaikaivälein vaihtaminen ja muut määräajoin tehtäväksi ajoitetut huoltotoimenpiteet. Tavoitteena jaksotetulla kunnossapidolla on vikaantumisen ehkäisy ja hidastaminen. (PSK 6201 2022, 32).

3.2.3 Parantava kunnossapito

Parantavaa kunnossapitoa ovat toimenpiteet, joiden tarkoituksena on parantaa kohteen ominaisuuksia kuten toimintavarmuutta, kunnossapidettävyyttä tai henkilö- ja ympäristöturvallisuutta muuttamatta sen vaadittuja toimintoja. Kohteen toimintavarmuuteen ja kunnossapidettävyyteen liittyvä parantava kunnossapito voi liittyä myös sen kustannustehokkuuden optimointiin. Myös käyttövarmuuden analytiikka, parannusinvestoinnit ja kunnossapito-ohjelman sekä -ohjeistuksen päivittäminen ovat toimenpiteitä, jotka kuuluvat parantavaan kunnossapitoon. (PSK 6201 2022, 32–33). Standardissa SFS-EN 13306:2017 (2019) käytetään parantavasta kunnossapidosta termiä parantaminen (SFS-EN 13306:2017 2019, 14).

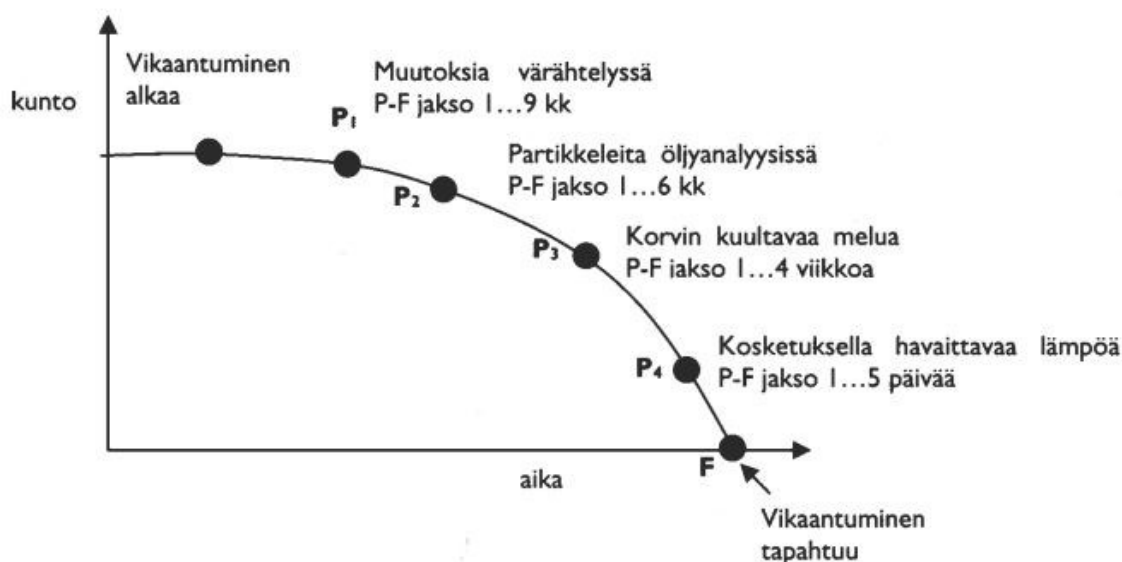
3.2.4 Muu kunnossapito

Muuhun kunnossapitoon sisältyvät työt, joita ei voida lukea kuntoon perustuviksi, korjaaviksi, jaksotetuiksi tai parantaviksi. Tällaisia keskeisiä kunnossapitotöitä ovat muun muassa varaosakunnostus ja -valmistus, siisteyttä ylläpitävät toimenpiteet, kunnossapidon tiedonhallinta, johtaminen, kehitys ja suunnittelu. (PSK 6201 2022, 34).

4 VIKAANTUMINEN

Vikaantumisella tarkoitetaan kohteen kyvyn menettämistä suorittaa vaadittua toimintaa. Vikaantumisen seurauksena kohteessa on vika. SFS 13306:2017 (2019) standardin määritelmä vialle on kohteen tila, jossa se ei kykene suorittamaan vaadittua toimintaa pois lukien ehkäisevän kunnossapidon, jonkin muun suunnitellun toimenpiteen tai ulkoisten resurssien puutteesta johtuvan toimintakyvyttömyyden takia. Vika voi olla olemassa vikaantumisen seurauksen sijaan myös muista syistä, kuten esimerkiksi spesifikaation, suunnittelun, valmistuksen tai kunnossapidon virheen takia. Tällaista havaitsematonta vikaa kutsutaan piileväksi viaksi. (SFS-EN 13306:2017 2019, 10–13).

Vian kehittyminen sisältää kolme perusvaihetta, jotka ovat vian alku, kehittyminen ja lopulta vikaantuminen. Kunnossapidon suorittamisen näkökulmasta vikaantumisen etenemisen kulku on tärkeä tuntee. Vikojen torjumisen kannalta vikaantumissyiden tuntemus on myös tärkeää, sillä vikaantuminen aiheutuu harvoin vain yhdestä tietystä syystä. (Vikojen analysointi, n.d.).



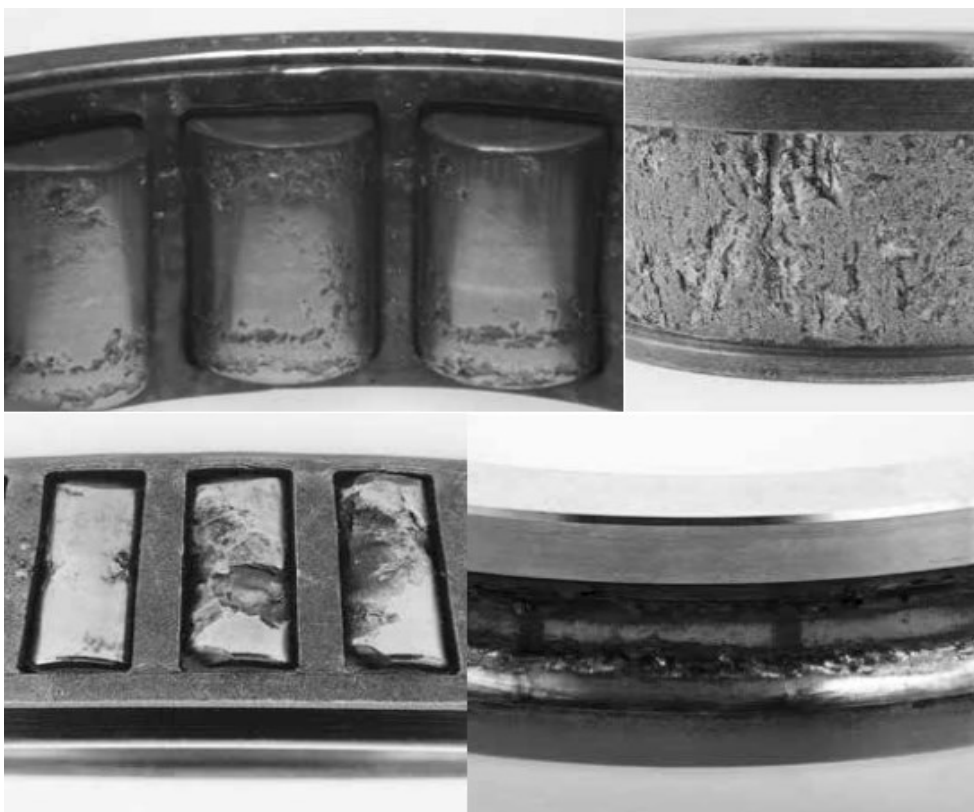
KUVIO 3. Vierintälaakerin P-F-käyrän esimerkki oirekuvauksineen (Mikkonen 2009, 141).

Kuvion 3 käyrä havainnollistaa laakerivaurion etenemistä. Vikaantumisen havaitseminen alkavien oireiden perusteella mahdollistaa lopullisen vikaantumisen ennustamisen, ja täten sen siihen varautumisen. Käyrän pituus kunkin laitteen kohdalla tulisi määrittää kunnonvalvonnalle sopivan taajuuden. P-F-käyrää voidaan hyvinkin pitää kuntoon perustuvan kunnossapidon suunnittelun perustana. Mitä aikaisemmin vikaantuminen pystytään havaitsemaan, sitä enemmän aikaa korjauksen suunnitteluun ja ajoittamiseen jää käytettäväksi. (Mikkonen 2009, 140–141).

4.1 Vierintälaakerin vauriomekanismit

Vierintälaakerin vikaantumiselle on useita eri syitä. Niin sanottu luonnollinen syy vikaantumiselle on rasituksen aiheuttama materiaalin väsyminen. Väsyminen aiheuttaa laakerin pinnoille epätasaisuuksia, jotka laakerin pyöriessä kasvavat kertaantuvalla nopeudella. Normaaleissa käyttöolosuhteissa oikein mitoitettun laakerin elinikä on hyvinkin pitkä, mutta usein sitä voi lyhentää esimerkiksi:

- Heikko tai vääränlainen voitelu. Voiteluaine jakaa kuormitusta ja estää osakseen ylikuumenemista
- Lian tai muun ylimääräisen aineen pääsy laakeriin
- Voiteluaineen pilaantuminen veden tai muun nesteen takia
- Asennusvirheet
- Liialliset rasitukset
- Korroosio. (Beckhoff Automation 2021).



KUVA 4. Liiallisen rasituksen aiheuttamia laakerivaurioita (Timken 2020, muokattu).

4.2 Vikojen havaitsemisen kannattavuus

Vikoja havaittaessa pystytään ajoissa tehdyllä havaitsemisella saavutettu säästö laskemaan kaavalla

$$S = \Delta p + \Delta r + \Delta c \quad (4)$$

, jossa S on yksittäisen vian kustannussäästö, Δp on säästetyt tuotantomenetykset, Δr on säästetyt huolto- tai korjauskustannukset ja Δc on säästetyt seurausvaikutukset (Nohynek & Lumme 1996, 40). Säästettyjen kustannuksien laskeminen ja seuranta on aiheellista, kun halutaan varmistua vikojen havaitsemiseen käytettyjen resurssi- ja laitekustannuksien kannattavuudesta.

5 KUNNONVALVONTA

Kunnonvalvonnalla tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla määritetään laitteen toimintakunnon nykytila ja arvioidaan sen kehittyminen mahdolliseksi viaksi tarvittavien toimenpiteiden ajankohdan määrittämiseksi (KnowPap 2022b). Kun huolto- ja korjaustarpeet tunnistetaan ajoissa, saadaan keskimääräinen odotusaika eliminoitua valmistelemalla työt etukäteen ennen niiden aloittamista tuotantoajalla. Lisäksi useissa tapauksissa keskimääräinen korjausaika on myös lyhyempi, kun korjaustoimenpide suoritetaan ennen laitteen vaurioitumista. Tällöin todennäköisyys alkuperäisestä viasta aiheutuville seurannaisvaurioille laskee merkittävästi. Kunnossapitokustannuksia pystytään useimmissa tapauksissa vähentämään jopa yli 50 prosenttia, kun korjaavan kunnossapidon tarve poistuu. (Nohynek & Lumme 1996, 12).

5.1 Kunnonvalvonnan suunnittelu

Kunnonvalvonnan suunnittelu on syytä aloittaa nykyisen toiminnan kartoituksella, mikäli sellaista laitoksessa on ollut olemassa. On arvioitava, voidaanko kunnonvalvonnalle asetetut tavoitteet saavuttaa kehittämällä mahdollista olemassa olevaa toimintaa, vai onko laajempi kehitystyö tarpeellista. (Mikkonen 2009, 162).

Laitteiden yleisimmät vikaantumistavat määrittävät ne kunnonvalvontatekniikat ja menetelmät, joita hyödyntää. Menetelmistä on valittava tapauskohtaisesti ne, joilla kunnonvalvonta on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista niin, että asetetut tavoitteet pystytään saavuttamaan. (Mikkonen 2009, 162). PSK 5705 (2006) standardin mukaisesti värähtelyvalvonnan suunnittelu pohjautuu seuraaviin menettelyihin:

- Määritellään laitteiden kunnonvalvonnan tarve.
- Kartoitetaan laitteet, joille värähtelyvalvonta on teknisesti mahdollista toteuttaa ja edelleen niistä ne, joille sen toteuttaminen on kannattavaa. Mikäli värähtelyvalvonta ei sovellu laitteen kunnonvalvontamenetelmäksi, on syytä selvittää muiden menetelmien soveltamista.
- Valituille laitteille laaditaan mittaussuunnitelma, joka määrittää käytettävät valvontamenetelmät ja niiden raja-arvot, mittausvälit, mittausjärjestelmät,

käytännön järjestelyt, dokumentoinnin, raportoinnin ja seurannan. (PSK 5705 2006, 2).

Varsinkin mittaustoimintaa aloitettaessa joudutaan panostamaan rahallisesti laitehankinnan lisäksi koulutukseen. Mittaustoiminnan tarkoituksena on tuotantolaitoksen kannattavuuden nosto, ja usein jo vuoden sisällä pystytään näkemään mittaustoiminnan taloudelliset hyödyt. Mittaustoiminnan kannattavuus voidaan laskea myös kaavan 4 mukaisesti, kun otetaan mukaan kaikki aikavälillä havaitut vikaantumiset. Mittaustoiminnan aloittamisessa on kuitenkin olemassa riskinsä, joita on syytä pyrkiä välttämään. Esimerkkeinä:

- Liian tiheä mittausväli voi johtaa työhön turhautumiseen. Myöskään saatettavat höydyt eivät kata resurssikustannuksia.
- Liian harva mittausväli. Toiminta voi unohtua ja jäädä pois kokonaan.
- Mittaustoimintaan ja tulosten analysointiin ei anneta riittävästi aikaa, jolloin toimintaa ei pystytä suorittamaan kunnolla.
- Hankitaan liian monimutkainen mittalaite, jota ei opita käyttämään.
- Tehdään aluksi vääriä tulkintoja, joiden kautta luottamus toiminnan hyödyllisyyteen menetetään. (Nohynek & Lumme 1996, 38–40).

Organisaation toimivuudella on myös suuri merkitys. Epäselvät vastuualueet, resurssien, käyttäjätuen, työrauhan ja toiminnan arvostuksen puute organisaation eri tasoilta ovat suuria asioita joihin kunnonvalvontatoiminta voi pahimmillaan kaatua. (Mikkonen 2009, 175).

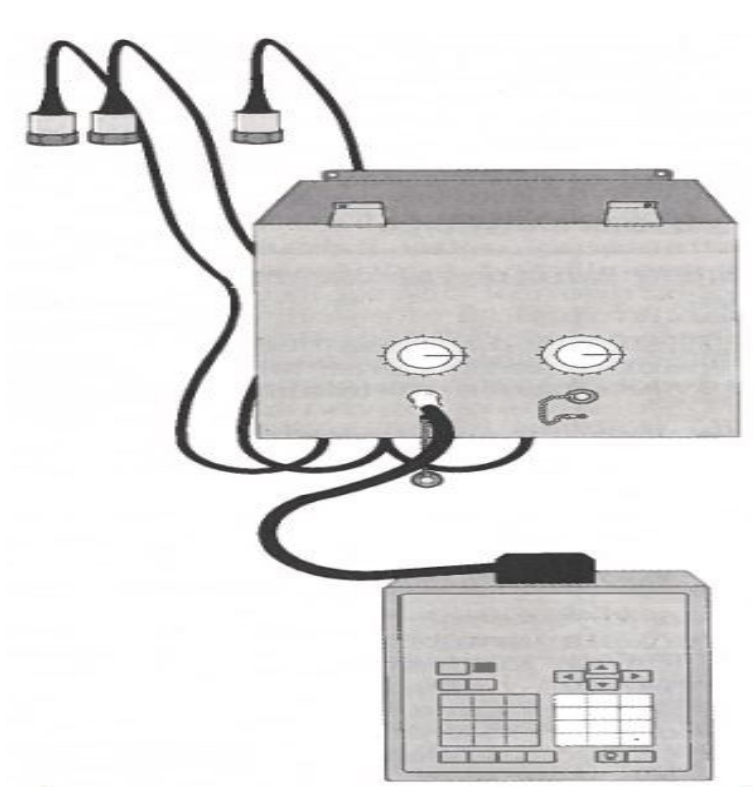
5.2 Mittausjärjestelmät

Kunnonvalvontamittauksia pystytään suorittamaan kiinteällä järjestelmällä, puoli-kiinteällä järjestelmällä, tai kannettavalla mittalaitteella. Käytettävää järjestelmää valittaessa on otettava huomioon kohteen suojaustarve ja vikojen kehittymisnopeus. (PSK 5705 2006, 6).

Kiinteää järjestelmää käytetään laitteissa, joissa on suuri vikaantumisnopeus ja häiriöherkyys, lyhyt mittausväli tai kuormitusvaihtelu sellainen, että vertailukelpoisten mittaustulosten saanti on vaikeaa. Järjestelmän tiedonkeruu voi olla jat-

kuvaa tai määrätyin väliajoin tapahtuvaa. Määrätyin väliajoin tapahtuvassa tiedonkeruussa on varmistuttava, että väliaika on riittävän tiheä mahdolliseen vaurioitumisaikaan nähden. Esimerkkejä laitteista, joissa vian kehittyminen voi olla hyvin nopeaa ovat turbiinit, kompressorit ja generaattorit. (PSK 5705 2006, 7). Kiinteistä järjestelmistä puhutaan yleisesti online-järjestelminä.

Puolikiinteällä järjestelmällä pystytään valvomaan kohteita, jotka ovat huonosti luokse päästävissä. Laitteeseen asennetaan kiinteät anturit, joista johdotus vedetään paikkaan, josta mittaus pystytään suorittamaan kannettavalla mittalaitteella. Mittaustarkkuutta voidaan myös saada parannettua joissain tapauksissa asentamalla puolikiinteitä mittauspisteitä. (PSK 5705 2006, 7). Jos mitattavia kohteita on paljon, ja puolikiinteiden mittauspisteiden asentaminen yhteen hyvin saavutettavissa olevaan paikkaan onnistuu, pystytään mittauksien tekemistä nopeuttamaan ja parantamaan toistettavuutta verrattuna käsimittalaitteen siirrettävän anturin käyttämiseen.



KUVA 5. Puolikiinteän asennuksen periaate (Nohynek & Lumme 1996, 36).

Kannettavat mittalaitteet soveltuvat kohteiden valvomiseen, jotka ovat hyvin saatavissa ja vikaantuminen on mittausaikaväliin nähden hidasta. Kannettavilla mittalaitteilla saadaan myös täydennettyä kiinteillä mittalaitteilla saatuja tietoja. (PSK 5705 2006, 7).



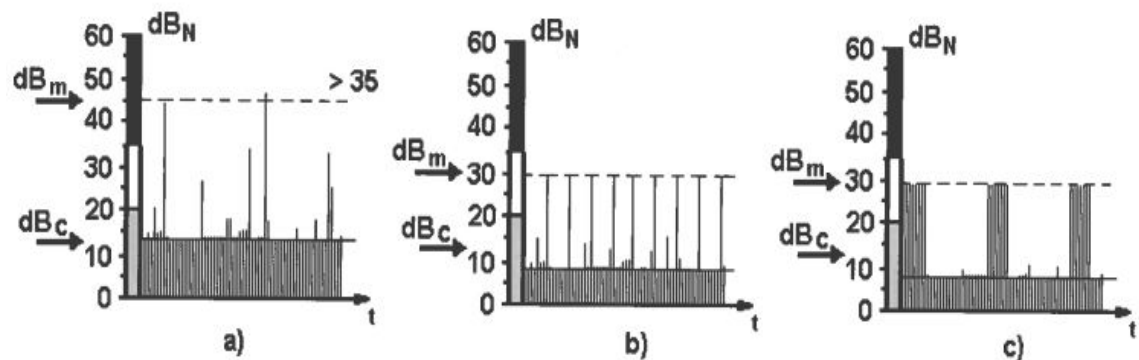
KUVA 6. Kannettava SPM-mittauslaite Leonova Diamond (SPM-Instrument n.d.).

5.3 Värähtelymittaus

Yleisimmin käytetty, ja oikein toteutettuna useimmissa tapauksissa paras kunnonvalvontamenetelmä on värähtelymittaus. Värähtelymittaustapoja on tarjolla lähes rajaton määrä, mistä syystä omaan tarpeeseen tehokkaimman mahdollisen tavan tunnistaminen voi olla haastavaa. (Nohynek & Lumme 1996, 17). Värähtelyä, eli tärinää mitataan valvottavan laitteen rakenteen, mittaustekniikan ja todennäköisen vikatyypin perusteella nopeutena, siirtymänä, kiihtyvyytenä tai kiihtyvyyden derivaattoina. Matalaa, alle 10 Hz taajuisia tärinää, sekä liukulaakeroitujen laitteiden akselivärähtelyä voidaan mitata siirtymänä, kun taas kiihtyvyyden mittausta suositellaan käytettäväksi yli 1000 Hz ylärajataajuudellisen värähtelyyn. (PSK 5706 2015, 2).

5.4 Iskusysäysmittaus

Iskusysäysmenetelmä (eng. Shock pulse method) on vuonna 1969 patentoitu SPM Instruments AB:n kehittämä korkeataajuusvärähtelymittausmenetelmä. 32kHz resonanssitaajuuden omaavan anturin käytöllä pyritään erottamaan laakerivauriosta indikoivat heikot signaalit laitteen muusta värähtelystä. (Halme & Parikka 2006; SPM-Instrument 2015). Vaurioituneen laakerin tuottaman värähtelyn ominaistaajuuden mittaussignaalista lasketaan iskusysäyksen huippuarvo (dB_m) ja mattoarvo (dB_c). Mattoarvon perusteella saadaan indikaatiota laakerin voitelun tilasta. Mittaustuloksista saadaan muodostettua kuvion 4 mukaisia iskusysäyskuvioita. (Mikkonen 2009, 249).



KUVIO 4. Iskusysäyskuvioita erilaisista vauriotilanteista (Mikkonen 2009, 249).

Esimerkkikuvioissa on kuvattuna kolme erilaista kuviota. Kuvion 4a tilanteessa mitatussa laakerissa on ulkokehävaurio, joka aiheuttaa epätasaisia huippuarvoja. Vastaava kuvio voi aiheutua laakerivaurion lisäksi myös esimerkiksi huonosti kiinnitetystä tai väljästä akseliolkista. Kuvion 4b kaltaiset tasaiset huippuarvot aiheutuvat jokaisella pyörähdyskierroksella toisiinsa iskevästä osista. Leveän huippuarvoalueen kuten kuviossa 4c aiheuttajana ovat toisiinsa hankaavat osat. Vastaavanlaisia desibeliarvoja voivat edellä mainittujen lisäksi aiheuttaa useat muutkin eri tekijät, tehden diagnosoinnista hankalampaa. Mittaustulosten arviointia voi epäselvissä tilanteissa helpottaa mittauksen kuunteleminen mittauslaitteen kuulokkeiden kautta. (Mikkonen 2009, 249).

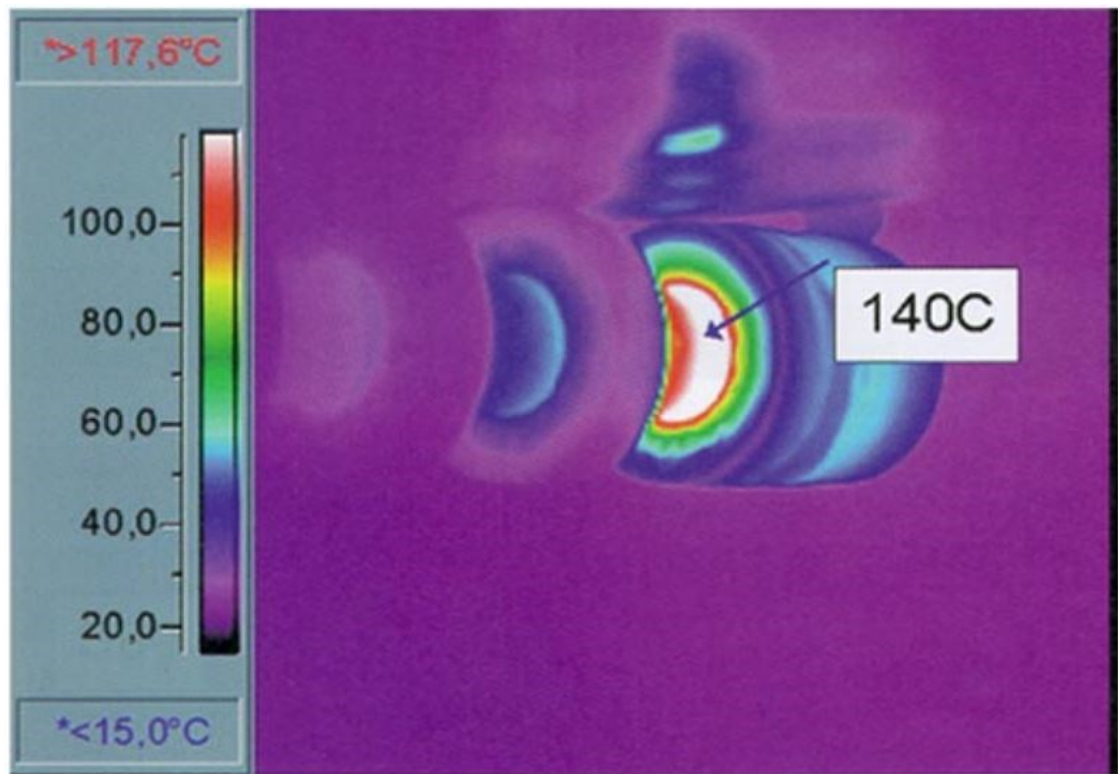
5.5 Muita kunnonvalvontamenetelmiä

Erilaisten värähtelymittauksien lisäksi on olemassa useita muitakin kunnonvalvontamenetelmiä. Alla esiteltujen lisäksi yleisimpiin menetelmiin kuuluvat rakenteen akustisen emission mittaukset, voitelu- tai hydrauliiikkaöljyjen kulumishiukkasanalyysit ja epätahtimoottoreiden sähkövirta-analyysit sähkömoottoreiden kunnonvalvontaan. (KnowPap 2022b).

5.5.1 Lämpötilamittaus

Lämpötilamittaukset ovat olleet varsinkin aikaisemmin suosittu menetelmä laakereiden kunnonvalvonnassa. Laakerivauriosta aiheutuva lämmönkehitys alkaa kuitenkin vasta melko myöhäisessä vaiheessa, minkä takia kannattaa lämpötilamittausta hyödyntää pääasiassa muita mittauksia täydentävänä kunnonvalvontamenetelmänä. (Nohynek & Lumme 1996, 20).

Lämpötilan mittaukseen on olemassa kosketuksellisia käsimittareita, infrapunamittareita ja infrapunakameroita eli lämpökameroita. Lämpökameroita käytetään nykyään näistä eniten, sillä ne ovat kaikkein monikäyttöisimpiä. Laakerivaurioiden tunnistamisen lisäksi lämpökameralla pystytään havaitsemaan myös esimerkiksi sähkökomponentin viasta aiheutuva kuumentuminen, putkitukoksen sijainti tai viallinen hydraulisyylinteri. Kohdetta ei tarvitse koskettaa tai siihen osoittaa tarkasti, jotta lämpötila saadaan mitattua. Heikkoutena lämpökuvauksella tosin ovat mahdolliset lämmön heijastumisista aiheutuvat häiriöt. (KnowPap 2022b).



KUVA 7. Viallinen telan laakeri kuvattuna lämpökameralla (KnowPap 2022b).

5.5.2 Aistinvarainen kunnonvalvonta

Kunnonvalvonta ei ole pelkästään mittaamista, vaan sen yksi tärkeä osa on erilaisten aistinvaraisten havaintojen tekeminen. Aiemmin kunnonvalvontaa suoritettiin pääasiassa aistinvaraisin menetelmin, kuten puukepin avulla kuuntelemalla tai kokeilemalla koneenosien lämpöä. Näitä menetelmiä ei ole syytä aliarvioida tänäkään päivänä. (Nohynek & Lumme 1996, 13, 15).

On olemassa useita signaaleja laitteen kunnon muutoksesta, jotka pystytään havaitsemaan parhaiten vain aistinvaraisin menetelmin. Esimerkiksi laitteen ulkopuolesta tai lattialta huomattava öljyvuoto, sähkön tai kemikaalin haju ympäristössä, sekä laitteen poikkeava vaihteleva käyntiääni enteilevät usein suurempia ongelmia, jos niihin ei reagoida ajoissa. (KnowPap 2022c).

6 ALKUTILANNE

Kartonkitehtaan ja arkittamon kunnossapito on jaettu yhteensä neljään osastoon. Sekä kartonkitehtaalla, että arkittamossa on oma mekaaninen- ja sähköautomaatiokunnossapito-osastonsa, joiden toiminnasta vastaavat omat aluemestarit. Kartonkikoneen mekaaniseen kunnossapitoon kuuluu 8 käynninvarmistajan lisäksi 2 voitelijaa ja 2 kunnonvalvojaa. Kunnonvalvojat vastaavat koko kartonkikoneen kunnonvalvonnasta ja heidän esihenkilönään toimii mekaanisen kunnossapidon työsuunnittelija.

Arkittamon mekaanisen kunnossapidon vahvuus on 3 käynninvarmistajaa, sekä aluemestari. Käynninvarmistajien työnkuvaan kuuluvat kaikki mekaanisen kunnossapidon työtehtävät kuten ennakkohuollot, asennus- ja korjaustyöt, voiteluhuollot ja kunnonvalvonta. Aluemestari toimii käynninvarmistajien esimiehenä toimenkuvanaan päivittäisen toiminnan työjohto, töiden suunnittelu ja niiden edellytyksistä vastaaminen. (Metsä Board Äänekoski 2021a).

Kunnonvalvonta arkittamossa on perustunut pääosin aistinvaraiseen havainnointiin laitosmieskierros -tyyppisellä toimintatavalla. Käynninvarmistajat kiertelevät kohteita arkittamossa ja etsivät poikkeavaisuuksia laitteiden toiminnassa. Käynninvarmistajat ovat kokeneita ja tuntevat laitteistot hyvin. Pelkkään aistinvaraiseen kunnonvalvontaan perustuvassa toiminnassa keskeinen ongelma on kuitenkin se, että pyörivien laitteiden laakerien vikaantuminen on jo lähellä lopullista vaurioitumista silloin, kun vika on havaittavissa aistinvaraisin menetelmin. Lisäksi esimerkiksi vakituisten käynninvarmistajien lomaillessa tai uuden henkilöstön tullessa töihin on mahdollista, että joidenkin laitteiden tarkastusvälit voivat jäädä turhan pitkiksi. Vikaantuvan laakerin ääni voi myös olla vaikea tunnistaa meluisassa ympäristössä.

6.1 Mittaava kunnonvalvonta arkittamossa

Kartonkitehtaan kunnonvalvojat ovat tehneet omatoimisesti mittauskierroksia arkittamossa oman mittausreittilistansa mukaisesti noin kuukauden välein. Viral-

lista käskyä mittaavan kunnonvalvontatoiminnan aloittamiseksi tai muuta ohjeistusta arkittamosta ei kuitenkaan ole koskaan laadittu. Mittauskierroksia suorittaessaan kunnonvalvojat ovat tehneet useita vikahavaintoja liittyen muuhunkin kuin ainoastaan mitattujen laakereiden kuntoon liittyen. Mittaustuloksien perusteella tai muutoin kierroksella havaitut viat kirjataan vikailmoituksiksi tehtaalla käytössä olevaan SAP 02/R3 toiminnanohjausjärjestelmään, joiden perusteella vastaava kunnossapidon aluemestari aloittaa korjaustoimenpiteiden valmistelun. Lisäksi kunnonvalvojat ovat osallistuneet erikseen pyydettyä vikojen paikallistamisiin erikoistapauksissa.

Kartonkitehtaan kunnonvalvojan määrittämä ja toteuttamaa mittausreittilista sisältää yhteensä 18 pumppua, 8 puhallinta, 3 sekoitinta ja 3 alennusvaihdetta, eli yhteensä 32 eri laitetta. Lista on luotu paperitehtaan aikaisen reittimittauslistan pohjalta vuonna 2012, kun arkittamo siirtyi osaksi kartonkitehdasta (Manninen 2022). Tällöin esimerkiksi uusinta AL9 arkkileikkurikokonaisuutta ei ollut vielä hankittu. Kopio alkuperäisestä mittausreittilistasta liitteessä 1.

Mittausreitti on tyypillisesti kierretty kahdestaan, sillä mitattavia kohteita on samassa listassa suhteellisen paljon. Yhdeltä henkilöltä mittauksien tekemisessä kestää melko kauan. Lisäksi listaan kuuluvien rakennuksen katolla sijaitsevien ilmanvaihtopuhaltimien mittauksen tekeminen on välillä saatettu jättää välistä tai siirtää myöhemmäksi, esimerkiksi huonon sään tai kiireisen aikataulun takia. (Manninen 2022).

Kunnonvalvojat käyttävät mittauksien tekemiseen kannettavia Leonova Diamond iskusysäysmittalaitteita, joilla kerätty mittausdata analysoidaan Condmaster Ruby -ohjelmistolla. Iskusysäysmittalaitteet antavat suoran indikoinnin voiteluainekalvon paksuudesta, ja laakereihin lisätään rasvaa tarvittaessa heti. Mittauskierroksen piirissä olevista laitteista kaikki paitsi kolme vaihdelaatikkoa ovat rasvavoitelulla, joista muutama on asennettu automaattinen rasva-annostelija.

6.2 Arkkileikkureiden värähtelymittaukset

Arkittamon kolmesta arkkileikkurista värähtelymittausanturointia on asennettu ai-noastaan uusimpaan AL9 leikkuriin. Leikkurissa on SKF:n Online -värähtelymit-tausjärjestelmän piirissä 3 telaa: vetotela, sekä poikkileikkausyksikön ylä- ja ala-telat. Leikkuri on ollut tuotannollisessa käytössä vasta vuoden 2019 keväästä läh-tien, eikä kyseisten telojen laakeroinneista yksikään ei ole vielä vikaantunut sinä aikana. Muissa teloissa leikkurilla laakerivaurioita on tapahtunut lyhyen historian aikana paljon. Lisäksi arkkileikkurin rakenteen takia tahdistettu imulaatikko ai-heuttaa runkorakenteeseen ylimääräistä värähtelyä, joka häiritsee laakereiden värähtelymittaustulosten analysointia. (Honkonen 2022).

Useiden laakereiden vikaantumisien takia vuonna 2019 AL9:lle teetetyssä väräh-telymittaustutkimuksessa todetaan, että leikkurin rakenne on värähtelymittauk-sien kannalta hyvin haastava, sillä iso osa sen sisältämien telojen laakeroinneista on luoksepääsemättömissä paikoissa. Värähtelymittaukset pystyttiin tällöin teke-mään vain 7 telasta. Niiden lisäksi 11 telan laakeroinnit pystyttiin kuuntelemaan stetoskoopilla, mutta loppuihin ei päästy käsiksi ollenkaan. (Kääriäinen 2019). Jatkuvasti pyöriviä teloja kyseisessä leikkurissa on yhteensä noin 100 kappaletta (Metsä Board Äänekoski 2020).

Arkkileikkureista vikaantuvat laakerit havaitaan nykyisellään tuotannon operaat-toreiden ja käynninvarmistajien toimesta yleensä siinä vaiheessa, kun laakeri al-kaa pitämään tuotantosaliin tai valvomoon kuultavaa ääntä. Tällöin laakerin vaih-toon on alettu varautumaan heti, sillä vikaantuminen on jo pitkällä. Yleisesti leik-kuri on pysäytetty häiriökorjausseinokkiin viimeistään seuraavan työvuoron ai-kana, ettei vikaantuva laakeri hajoa lopullisesti aiheuttaen suurempia vaurioita. Leikkureissa on jatkuvasti pyöriviä teloja kokoon nähden paljon ja oikean oireile- van laakerin tunnistaminen ilman mittaus- tai muita apuvälineitä vaatii vahvaa ammattitaitoa ja kokemusta.

7 KEHITYSSUUNNITELMA

Nykytilannetta arvioitaessa selkeimpänä ja tehokkaimpana kehitystoimena tulee esiin tarve aloittaa suunnitelmallinen mittaava kunnonvalvontatoiminta arkittamon oman kunnossapidon toimesta. Nykyinen toimintamalli, jossa eri osastolla työskentelevät kunnonvalvojat käyvät suorittamassa yhtä mittauskierrosta ei ole optimaalinen. Tehokkaan toiminnan ja jatkuvan kehityksen edellytyksenä on, että kunnonvalvontaa suorittaa pääasiallisesti laitoksen omaan kunnossapitoon kuuluvat henkilöt, jotka tuntevat käsiteltävän laitteiston hyvin, ovat päivittäin paikalla ja tietävät laitoksen suunniteltujen huoltoseisokkien aikataulun. Kunnossapitotöiden kautta laitetuntemus kehittyy jatkuvasti ja uusia ideoita kehittämiseen on mahdollista saada samalla. Toiminnan aloittamiseksi vaaditaan mittauslaitehankinnan lisäksi selkeä toiminta- ja koulutussuunnitelma sekä vastuunjako.

Nykyisen olemassa olevan mittausreittilistan tarkastelu ja selkeyttäminen on myös tarpeen, sillä tällä hetkellä sen jokaisen pisteen läpikäynti vie kaikkine oheistarkastuksineen yhdeltä mittaajalta turhan paljon aikaa. Lisäksi kaikkien samaan reittilistaan sisällytettyjen laitteiden mittausvälien ei välttämättä tarvitsisi olla yhtä pitkiä keskenään.

Arkittamon laitekanta on verrattuna kartonkitehtaaseen reilusti pienempi, eikä kunnonvalvontatoiminta siksi vaadi yhtä suurta resurssointia. Toimintaa on mahdollista tehdä myös päivittäisen kunnossapitotyön ohessa. Analysointityö vaatii toki alkukoulutuksen lisäksi reilusti aiheeseen perehtymistä ja harjoittelua ennen kuin toiminnasta tulee rutiininomaista. Tehokkaan kunnonvalvontatoiminnan kannalta on ratkaisevan tärkeää, että sitä suorittavalla henkilöllä itsellään on aitoa mielenkiintoa ja oppimishalua aiheen suhteen. Tulosta tuottavaa tutkivaa työtä ei pystytä tekemään ilman niitä.

8 TYÖN TOTEUTUS

8.1 Mittauslaitteiston hankinta

Käyttötarkoitukseen parhaiten soveltuvaksi kunnonvalvontamenetelmäksi todettu on iskusysäysmittaus, jonka takia päädyttiin pyytämään SPM Instrument Oy:ltä tarjous samanlaisesta Leonova Diamond -käsimittalaitteesta tarvikkeineen, jota kartonkitehtaan kunnonvalvonnassakin käytetään. Järjestelmän käyttöönotto ja opettelu on helppoa, kun talon sisältä löytyy jo valmiiksi vahvaa osaamista. Ennen tarjouksen pyytämistä vertailtiin myös muiden valmistajien käsimittalaitteita ja järjestelmiä, mutta käyttötarkoitukseen hyvin soveltuvan SPM:n järjestelmän rinnalle ei nähty järkeväksi hankkia muita. Standardin PSK 5710 (2010) mukainen luokittelu erityyppisten mittalaitteiden valitsemisesta eri vahvistaa kyseisen mittalaitteen soveltuvuuden käyttötarkoitukseen (PSK 5710 2010).

Tarjoukseen sisältyy käsimittalaitteen tarvikkeineen lisäksi myös jo olemassa olevan analysointiohjelmiston, Condmaster Rubyn lisenssin laajentaminen uudelle käyttäjälle (Pylkkänen 2022). Samaan tarjoukseen pyydettiin SPM:ltä myös käsistetoskooppi kuulokkeilla, joka toimii hyödyllisenä apuvälineenä haasteellisemmissä vianmääritystilanteissa. Laitteistot tilattiin työn tilaajan hyväksytyä tarjouksen.

Laitteistohankintaan kuuluu päivän kestävä tehtaalla järjestettävä käyttäjäkoulutus, sekä laitetoimituksen yhteydessä tehtävä käyttöönotto ja ohjelmistoasennus. Uuden käyttäjän lisäksi koulutustilaisuuteen voivat osallistua myös kartonkitehtaan kunnonvalvojat, joiden ohjelmistolisenssit saadaan päivitettyä samalla. (Pylkkänen 2022).

8.2 Koulutus ja vastuunjako

Mekaanisen kunnossapidon asentajia haastatteleamalla kolmen henkilön porukasta löytyi asiasta selvästi eniten kiinnostunut henkilö, joka toimintaa alkaisi

harjoittelemaan. Laitehankintaan sisältyvän käyttöönottokoulutuksen lisäksi toiminnan käynnistäminen ja saaminen osaksi päivittäistä rutiininomaista toimintaa vaatii tuettua harjoittelua. Kartonkitehtaan kunnonvalvojen kanssa toiminnan aloittamisesta on keskusteltu paljon, ja he pystyisivät toimimaan harjoitteluvaiheessa koulutettavan henkilön tukena. Laitehankinnan ja koulutuksen järjestämisen jälkeen hänen on mahdollista tulla kartonkitehtaalle kunnonvalvojen mukaan tekemään kartonkikonelinjan mittauskierroksia ja opiskelemaan mittausulosten analysointia. Mittalaitteen käyttöön totuttua arkittamon mittausreititietokierroksia pystyisi alkaa kiertämään itsenäisesti määritellyin aikavälein. Arkittamon laitteiston mittausulosten analysoinnit sovittiin alkuvaiheessa tehtäväksi kokonaan yhteisesti (Lehtolainen 2023).

Kunnonvalvontatoimintaan koulutettavan henkilön ensisijainen toimenkuva on jatkossakin kunnossapitoasentaja, ja täten arkittamon mekaanisen kunnossapidon aluemestari pysyy hänen esimiehenään. Aluemestarin tulee varmistaa, että kunnonvalvontatoimintaan saadaan järjestettyä riittävä määrä aikaa. Tarvikehankinnat liittyen kunnonvalvontalaitteistoon ja laitteiden ylläpito kuuluvat myös hänelle. Kartonkitehtaan kunnonvalvojat ja heidän esihenkilönsä pystyvät neuvomaan tarpeen mukaan mahdollisissa epäselvissä niihin liittyvissä tilanteissa. (Lehtolainen 2023).

8.3 Mittausreititietolistat

Liitteen 1 alkuperäistä mittausreititietolistaa läpikäydessä selvisi, että kunnonvalvontatarpeen omaavan laitekannan lisääntyessä on mittauspisteitä lisäilty listalle, minkä takia kulkujärjestys mittapisteiden sijainnin mukaisesti on paikoitellen muuttunut. Mittausreititietoinen on oltava pituudeltaan sellainen, että mittausulosten lisäksi tulokset pystytään analysoimaan ja tarvittaessa raportoimaan yhden päivän aikana (Mikkonen 2009, 168). Toimintaa harjoitellessa aikaa tulee kulumaan enemmän, joten jakamalla laitteet useampaan mittausreititietolistaan saadaan niistä sopivamman pituisia.

Laitteiden jakoa erillisiin mittausreititietoloihin huomioitiin niiden sijainti laitoksessa, suositeltava mittausväli ja mahdollisimman tasainen määrällinen jako. Näiden seikkojen perusteella laitteista muodostui 3 selkeää mittausreititietolistaa,

jotka sisältävät laitteita 12, 11 ja 9 kappaletta. Listojen ei ole välttämätöntä olla lopullisia, vaan niitä on mahdollista muokata tai yhdistellä myöhemmin käyttäjän mielen mukaan, mikäli sellaiseen ilmenee tarvetta. Uudet mittausreititilistat ovat esiteltyinä liitteissä 2 (Arkittamo), 3 (Paperikonesali) ja 4 (Katto). Listat ovat nimettyinä informatiivisesti sijaintiensa perusteella kulkujärjestyksessä ja niiden alla olevien laitteiden sisältämät mittauspisteet ovat eriteltyinä. Taulukoiden perusteella ne pystytään määrittämään analysointiohjelmistoon suoraviivaisesti.



KUVA 8. Esimerkkinä kuva AL9 hylkypulpperin pumpusta, jossa mittauspisteet ovat merkittyinä taulukon 1 mukaisessa järjestyksessä vasemmalta oikealle.

TAULUKKO 1. Arkittamo -mittausreittilistaan kuuluva AL9 hylkypulpperin pumppu mittauspisteineen.

AAN-290-054-220	AAN/P9006	AL9 HYLKYPULPPERI PUMPPU
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu kp
		pumppu hp

Kohteet ovat olleet alkuperäisessä listassa nimettynä ainoastaan laitekoodeil-
laan ja lyhennetyillä selitteillä tehden siitä hieman vaikeaselkoisen. Tehtaalla
käytetään laitteita käsiteltäessä yleisemmin toimintopaikkakoodeja, jotka selvi-
tettiin hakemalla laitekoodien perusteella toiminnanohjausjärjestelmän toiminto-
paikkarakenteesta.

▼	AKI/AAN-280-030-061	PK-SALI GLYGOLIKIERTO PPU 1 (AKI_403006)
▶	AKI/P2213	KESKIPAKOPUMPPU KLN-15
▶	AKI_PTT03-18	PK-SALI GLYGOLIKIERTO PPU 1
▼	AKI/AAN-280-030-062	PK-SALI GLYGOLIKIERTO PPU 2 (AKI_403007)
▶	AKI/P2218	KESKIPAKOPUMPPU KLN-15
▶	AKI_PTT03-19	PK-SALI GLYGOLIKIERTO PPU 2
▼	AKI/AAN-280-030-063	PK-SALI GLYGOLIKIERTO PPU 3 (AKI_403008)
▶	AKI/P2197	KESKIPAKOPUMPPU KHL-12
▶	AKI_PTT03-23	PK-SALI GLYGOLIKIERTO PPU 3

KUVA 9. Havainnollistava kuvakaappaus esimerkkinä toimintopaikka- ja laite-
koodirakenteesta SAP 02/R3 toiminnanohjausjärjestelmässä.

8.3.1 Laitteiden kunnonvalvontatarpeen arviointi

Arkittamon laitekannasta on tehty vuonna 2021 standardia PSK 6800 (2008)
mukaillen kriittisyysanalyysi, jossa jokaisen toimintopaikan kriittisyys on arvioi-
tuna perustuen vikaantumisen seurauksiin. Laadittua kriittisyysanalyysiä ei ole
aiemmin hyödynnetty kunnonvalvonnan piirin sisältyvien laitteiden kunnonval-
vontatarpeen arvioimiseen. Kriittisyysindeksin laskentaperusteiseen kuuluvat
korjaus- tai seurauskustannukset, tuotantovaikutukset sekä turvallisuus- ja ym-
päristövaikutukset. Standardin laitetaso kriittisyyden arviointitaulukko on esitet-
tynä liitteessä 5. (PSK 6800 2008). Mittaavan kunnonvalvonnan piiriin sisällytet-
tyjen laitteiden kriittisyysluokitukset tarkistettiin analyysistä ja todettiin niiden tu-
kevan mittaavan kunnonvalvonnan kannattavuutta. Kriittisyysanalyysin sisältä-
män luottamuksellisuuden takia sitä ei pystytä käsittelemään työssä tarkemmin.

8.3.2 Mittausvälien määrittäminen

Suositteluja värähtelymittaus aikavälejä käsitellään standardissa PSK 5705 (2006), jonka mukaan mittausväli määräytyy konetyypin, sen kriittisyyden ja vastaanottaman rasituksen laadun perusteella. Kriittisyys määritellään yksinkertaisesti kriittiseksi tai ei kriittiseksi, ja rasitus kovaksi tai kevyeksi. Arkittamon valvottavat laitteet koostuvat laadituissa mittausreittilistoissa pumpuista, puhaltimista, vaihteistoista sekä moottoreista, joiden mittausvälit määrittyvät niitä käyttävien laitteiden mukaan. Mittaustuloksien osoittaessa poikkeamia, on mittaustoimintaa syytä tehostaa esimerkiksi lyhentämällä mittausväliä. Standardin arviointitaulukko on esiteltynä liitteessä 6. (PSK 5705 2006, 8–9).

Mittausreittilistat Arkittamo ja Paperikonesali koostuvat suurilta osin pumpuista ja puhaltimista, jotka ovat tuotannolle kriittisiä, mutta niiden vastaanottamat rasitukset eivät ole normaalitilanteessa erityisen suuria. Pumpun tai puhaltimen, joka on kriittinen, ja jonka vastaanottama rasitus on kevyttä, suositeltava kunnonvalvontamittausaikaväli on standardin PSK 5705 (2006) mukaisesti neljästä viikosta kahteen kuukauteen (PSK 5705 2006, 9). Paperikonesali -listan sisältämien vaihteistojen, eli arkkihylyn pumppaussäiliön sekä hakuvesisäiliön sekoittimien alenusvaihteiden mittausaikavälisuositus on sama kuin pumpuilla. Näillä perusteilla Arkittamo ja Paperikonesali -mittausreittilistojen mittausaikaväliksi voidaan suositella 4 viikkoa.

Katto -mittausreittilista koostuu rakennuksen ilmanvaihtokoneistoista, joiden kriittisyys on arvioitu hieman alhaisemmaksi kuin Arkittamo ja Paperikonesali -listojen sisältämät pumput ja puhaltimet keskimäärin. Niiden vastaanottama rasitus on vaihtelevaa, minkä takia niiden mittausaikavälin ei ole tarpeellista olla yhtä tiheä. Katto -mittausreittilistan suositeltavaksi mittausaikaväliksi määräytyy täten 2 kuukautta.

9 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

Uusia laitteita hankittaessa tai päivitettäessä tarvittavat muutokset pystytään tekemään jo olemassa oleviin reittimittauslistoihin helposti. Myös kokonaan uusien reittimittauslistojen määrittäminen voi olla järkevää, mikäli esimerkiksi laitekantaa uudistetaan tai lisätään merkittävästi tulevaisuudessa. Käyttäjäkokemuksen karttuessa on mahdollista saada paljon uusia ideoita, joilla toimintaa pystytään tehostamaan ja tekemään helpommaksi. Puolikiinteiden mittapisteiden lisääminen joihinkin laitteisiin voi olla kannattavaa, mikäli sillä saadaan parannettua työergonomiaa tai -turvallisuutta. Tällä hetkellä kaikkien laitteiden mittapisteet ovat turvallisesti saavutettavissa käsimittalaitteella, mutta työergonomian kannalta osa sijaitsee hieman hankalissa paikoissa. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi Arkittamo -listaan sisältyvät AL7 repijäpuhaltimet 1 ja 2, joiden mittauksien suorittamista varten on laskeuduttava alas kulkutasolta monttuun, johon ei johda portaita.

Kuten kappaleessa 6.2 kerrotaan, on arkkileikkureiden telojen kunnonvalvontamittauksia tehty aikaisemmin ainoastaan perinteisin värähtelymittauksin. Koska isoimpiin ongelmiin niissä on kuulunut leikkurin rakenteen kautta johtuva mittaus tuloksia häiritsevä värähtely, iskusysäysmittauksien tekeminen ja tuloksien tarkastelu kannattaa aloittaa. Saatujen mittaustuloksien arviointia ja seuranta on juuri edellä mainituista syistä tehtävä huolellisesti, eikä niiden perusteella tule tehdä välittömästi liian nopeita johtopäätöksiä laakereiden todellisista kunnoista.

Jotta arkkileikkureiden mittauksia pystyttäisiin suorittamaan tehokkaasti ja turvallisesti, on puolikiinteiden mittauspisteiden lisääminen arkkileikkureiden telojen laakerointeihin suositeltavaa. Ensin on syytä määrittää leikkureista telat, joiden kunnossapidettävyyden huonointa. Toisin sanoen puolikiinteiden mittauspisteiden asentaminen kannattaa aloittaa niistä teloista, joiden laakerointi on hankalinta ja vaatii pisimmän seisokkiajan. Määrittelyn perusteena on vikaantumishistorian lisäksi mahdollista hyödyntää kappaleessa 8.2 käsiteltyä arkittamon kriittisyysanalyysiä. Mikäli laakereista saadaan hyödyntämiskelpoista mittaustuloksia, kannattaa ajan mittaan puolikiinteät mittauspisteet lisätä jokaiseen jatkuvasti pyörivään telaan, jota ei pääse käsimittalaitteella nykyisellään mittaamaan turvallisesti. Mittauspisteitä pystytään asentamaan arkkileikkureiden suunniteltujen

huolto- ja siivousseisokkien aikana, jolloin asennustyöstä ei aiheudu itsessään lisää seisokkiaikaa. Leikkureiden omien mittausreittilistojen määrittäminen tulee myös ajankohtaiseksi, kun mittapisteitä saadaan ensin tehtyä.

Metsä Boardin kunnossapitovastuualueeseen kuuluu arkittamorakennuksen yhteydessä sijaitseva vanha miehittämätön raakaveden pumppausasema, jonka pumppaamasta vedestä kartonkitehdas hyödyntää osan. Raakavesiaseman kunnonvalvonta on myös samaan tyyliin epäsuunnitelmallista omatoimisiin kierrokseen perustuvaa, kuten arkittamossa aikaisemmin. Sijaintinsa puolesta raakavesiasemalle on arkittamosta lyhyt matka, joten jos sen laitteet halutaan ottaa tulevaisuudessa suunnitelmallisen kunnonvalvonnan piiriin, on tarkoituksenmukaisempaa kunnonvalvontaa tehdä arkittamosta käsin, kuin kartonkitehtaalta. Jatkuvasti pyöriviä laitteita on raakavesiasemalla määrällisesti vähän ja niiden kriittisyys Metsä Boardille on arvioitava ennen mahdollista mittausreittilistojen määrittämistä ja toiminnan aloittamista. Raakavesiaseman kunnonvalvonnan kehitystarpeista on ollut aikaisemminkin keskustelua, mutta toiminnan kannattavuuteen ja tarpeellisuuteen liittyvän epävarmuuden takia asiaan ei ole perehdytty tarkemmin.

10 POHDINTA

Työn tuloksena on alkutilanneselvityksen pohjalta laaditun kehityssuunnitelman mukaisesti suunnitelmallisen mittaavan kunnonvalvonnan aloitus arkittamon mekaanisen kunnossapito-osaston toimesta. Tilaajayrityksen kaikkien projektille asianomaisten henkilöiden mielipiteitä kuunnelleen saatiin luotua ja saatettua alulle mittaavan kunnonvalvonnan toimintasuunnitelma, tehtyä mittauslaitteistohankinta, järjestettyä ulkopuoliselta toimijalta käyttäjäkoulutus sekä määriteltyä kunnonvalvontatoiminnan ylläpitämistä vaativat henkilövastuut. Lisäksi työn aikana syntyi jatkokehitysehdotuksia, joita tilaaja voi halutessaan hyödyntää toiminnan kehittämiseksi edelleen.

Alkutilanneselvityksen yhteydessä tunnistetut kehitysmahdollisuudet liittyen suunnitelmallisen mittaavan kunnonvalvonnan kehittämiseen ja laajentamiseen esitellään työn loppuvaiheessa. Kyseisiä suunnitelmia ei tarkoituksellisesti tämän työn puitteissa lähdetty toteutettaman, sillä työn pääpainona olleen toiminnan käynnistämisen haluttiin olevan mahdollisimman helppoa ja selkeää ilman uusia isompia lisäjuonteita.

Opinnäytetyöhön käytettävissä olleen rajallisen aikamäärän takia ei sen toteuttamisella saavutettuja hyötyjä pystytty työssä arvioimaan. Vikaantumisista aiheutuvien tuotannon häiriöseisokkien kustannukset ovat kuitenkin sellaiset, että kunnonvalvontaan käytettyjen resurssi- ja laitteistokustannuksien itsensä takaisinmaksu alkaa hyvin nopealla tahdilla, kun ensimmäinen häiriöseisokki saadaan sillä estettyä tai siirrettyä vaadittavien toimenpiteiden suorittaminen suunniteltuun seisokkiajankohtaan. Rajallisen aikamäärän ja projektiin liittyvien henkilöiden muut työkiireet aiheuttivat myös sen, että laitteistohankinta käyttöönottoineen sekä ulkopuolinen koulutus saatiin järjestettyä vasta sellaiseen ajankohtaan, että niitä ei pystytä sisällyttämään opinnäytetyöhön tarkemmin.

Kartonkitehtaan kunnossapidolle suuri osa vikailmoituksista tulee kunnonvalvojien havaitsemista vioista, joista merkittävä määrä on liian myöhään havaittaessa tuotannon keskeyttäviä. Yhden arkkileikkurin pysähtyessä arkittamon tuotanto

laskee kolmanneksen, toisin kuin kartonkitehtaassa, jossa kartonkikoneen häiriö-
seisokki tarkoittaa koko tuotannon keskeytymistä. Tässä mielessä kustannusver-
tailu arkittamon ja kartonkikoneen häiriöseisokkien välillä ei ole täysin suoravii-
vaista. Arkittamon laitekannasta osalla on kuitenkin yhteisvaikutus kahteen leik-
kuriin tai koko tuotantoon, tehden niistä yksittäisesti kustannuksellisesti kriittisem-
piä. Tällaisia laitteita pyrittiin sisällyttämään työssä mittaavan kunnonvalvonnan
piiriin mahdollisimman monta. Vastaavalla tavalla kriittisiin muihin laitteisiin on
syytä tulevaisuudessakin kiinnittää erityistä huomiota.

LÄHTEET

Beckhoff Automation GmbH & Co. 2021. TF3600 TwinCAT 3 Condition Monitoring, Bearing monitoring. Versio 1.8. Verkkosivu. Viitattu 27.12.2022.

https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/tf3600_tc3_condition_monitoring/1162492299.html&id=

Halme, J. & Parikka, R. Värähtelypohjaiset mittaus- ja analysointimenetelmät rasvavoideltujen vierintälaakerien voiteluvirheiden tunnistamiseksi. VVT. Pdf-dokumentti. Viitattu 28.12.2022.

<https://docplayer.fi/11056725-Varahtelypohjaiset-mittaus-ja-analysointimenetelmät-rasvavoideltujen-vierintälaakerien-voiteluvirheiden-tunnistamiseksi.html>

Honkonen, P. Kunnossapitoinsinööri. 2022. Haastattelu 20.12.2022. Haastattelija Pylväinen, T. Äänekoski

KnowPap versio 23.0. 2022a. AEL / Proledge Oy. Käynnissäpito. Kunnossapidon merkitys. Verkkosivu. Viitattu 9.12.2022. Vaatii käyttöoikeuden.

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/maintenance/1_maintenance/1_importance/1_content_and_goals/frame.htm

KnowPap versio 23.0. 2022b. AEL / Proledge Oy. Käynnissäpito. Kunnonvalvonta ja kuntoon perustuva kunnossapito. Verkkosivu. Viitattu 21.12.2022. Vaatii käyttöoikeuden.

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/maintenance/1_maintenance/2_operations/1_monitoring/frame.htm

KnowPap versio 23.0. 2022c. AEL / Proledge Oy. Käynnissäpito. Aistinvarainen kunnonvalvonta. Verkkosivu. Viitattu 22.12.2022. Vaatii käyttöoikeuden.

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/maintenance/1_maintenance/2_operations/4_sense/frame.htm

Kääriäinen, J. 2019. Condition monitoring measurement of sheet cutter KDD-2300 (AL9) bearings. Raportti. SKF Oy. Luettu 20.12.2022

Lehtolainen, H. Tehdaspalvelupäällikkö. 2023. Haastattelu 5.1.2023. Haastattelija Pylväinen, T. Äänekoski

Manninen, J. Kunnonvalvoja, mekaaninen kunnossapito. 2022. Haastattelu 25.11.2022. Haastattelija Pylväinen, T. Äänekoski

Metsä Board. n.d. Tietoa meistä. Verkkosivu. Viitattu 16.11.2022

<https://www.metsagroup.com/fi/metsaboard/metsa-board/tietoa-meista/metsa-board-lyhyesti/>

Metsä Board Äänekoski. 2020. AL9 Arkkileikkuri pääkoonpano. Tekninen dokumentti. Viitattu 10.1.2023. Vaatii käyttöoikeuden.

Metsä Board Äänekoski. 2021. Mekaaninen kunnossapito. Viitattu 9.12.2022. Vaatii käyttöoikeuden.

Metsä Board Äänekoski. 2022. MB Äki Arkittamo. PowerPoint-esitys. Päivitetty 29.12.2022. Viitattu 2.1.2023. Vaatii käyttöoikeuden.

Metsä Fibre. 2022. Äänekosken biotuotetehtaan ympärillä toimii laaja kumppaniverkosto. Uutiset ja tiedotteet. Viitattu 27.12.2022.
<https://www.metsagroup.com/fi/metsafibre/uutiset-ja-julkaisut/uutiset-ja-tiedotteet/artikkelit-videot/2022--fi/aanekosken-biotuotetehtaan-ymparilla-toimii-laaja-kumppaniverkosto/>

Metsä Group. n.d. Tietoa meistä. Verkkosivu. Viitattu 18.1.2023
<https://www.metsagroup.com/fi/tietoa-metsa-groupista/tietoa-meista/yritysraenne/>

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito: käsikirja. 1. painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Mobley, R. K. 2014. Maintenance Engineering Handbook, 8. painos. McGraw-Hill Education. Viitattu 30.11.2022.
<https://www-accessengineeringlibrary-com.libproxy.tuni.fi/content/book/9780071826617/chapter/chapter1#c9780071826617pt01ch01lev1sec01>

Nohynek, P. & Lumme V. E. 1996. Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset. 1. painos. Rajamäki: KP-Media Oy.

Opetushallitus. n.d. Kunnossapito. Vikojen analysointi. Verkkosivu. Viitattu 9.12.2022.
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_6-1_vikojen_analysointi.html

PSK 5705. 2006. Kunnonvalvonta. Värähtelymittaus. Mittaustoiminnan suunnittelu. 5. painos. PSK Standardointiyhdistys ry. PDF-dokumentti. Viitattu 16.1.2023. Vaatii käyttöoikeuden.
https://psk-standardisointi.fi/Standard/Ryhma57/PSK5705_5p.pdf

PSK 5706. 2015. Kunnonvalvonnan värähtelymittaus. Valvontamenetelmät. 4. painos. PSK Standardointiyhdistys ry. PDF-dokumentti. Viitattu 28.12.2022. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://psk-standardisointi.fi/Standard/Ryhma57/PSK5706-4p.pdf>

PSK 5710. 2010. Kunnonvalvonnan värähtelymittaus. Mittalaitteiden tyypit ja valinta. 3. painos. PSK Standardointiyhdistys ry. PDF-dokumentti. Viitattu 12.1.2023. Vaatii käyttöoikeuden.
https://psk-standardisointi.fi/wp-content/uploads/PSK5710_3p_k.pdf

PSK 6201. 2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 4. painos. PSK Standardointiyhdistys ry. PDF-dokumentti. Viitattu 8.12.2022. Vaatii käyttöoikeuden.
https://psk-standardisointi.fi/wp-content/uploads/PSK6201_4p_k.pdf

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. PSK Standardointiyhdistys ry. PDF-dokumentti. Viitattu 10.1.2023. Vaatii käyttöoikeuden.
https://psk-standardisointi.fi/wp-content/uploads/psk6800_liitteinen.pdf

Pylkkänen, J. Managing Director. 2022. Metsä Board Äki arkittamo kunnonvalvonta. Sähköpostiviesti. Luettu 19.12.2022.

Salo, T. Arkittamon käyttöpäällikkö. 2022. Haastattelu 29.12.2022. Haastattelija Pylväinen, T. Äänekoski.

SFS-EN 13306:2017. 2019. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 8.12.2022. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/840250.html.stx>

SPM Instrument AB. n.d. Products and services. Leonova Diamond. Verkkosivu. Viitattu 23.12.2022.
<https://www.spminstrument.com/products-and-services/portable-instruments/leonova-diamond/>

SPM Instrument AB. 2015. Kurssimateriaali. Julkaisematon. Opinnäytetyöntekijän hallussa.

Timken. 2020. Bearing damage analysis reference guide. Pdf-dokumentti. Viitattu 27.12.2022.
<https://www.timken.com/resources/5892-bearing-damage-analysis-with-lubrication-reference-guide/>

Villanen, H. 2013. Tuotantokoneiden kokonaistehokkuus, OEE (Overall Equipment Efficiency). Prosessitaito. PDF-dokumentti. Viitattu 8.12.2022.
http://www.prosessitaito.fi/Tuotantokoneiden_kokonaistehokkuus_OEE.pdf

LIITTEET

Liite 1. Alkuperäinen mittausreittilista

1 (1)

44. PAPERITEHDAS

- 📁 F677 - -001. ARK.SAL.PUH.S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 F677 - -002. ARK.SAL.PUH.S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 F677 - -003. ARK.SAL.PUHALLIN KP
- 📁 F677 - -004. ARK.SAL.PUHALLIN HP
- 📁 P2474- -001. S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 P2474- -002. S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 P2474- -003. PUMPPU KP
- 📁 P2474- -004. PUMPPU HP
- 📁 P2475- -001. S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 P2475- -002. S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 P2475- -003. PUMPPU KP
- 📁 P2475- -004. PUMPPU HP
- 📁 F269 - -001. ARK.SAL.TULOILM.PUH. S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 F269 - -002. ARK.SAL.TULOILM.PUH.S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 F269 - -003. ARK.SAL.TULOILM.PUHALLIN KP
- 📁 F269 - -004. ARK.SAL.TULOILM.PUHALLIN HP
- 📁 F271 - -001. ARK.SAL.TULOILM.PUH. S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 F271 - -002. ARK.SAL.TULOILM.PUH.S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 F271 - -003. ARK.SAL.TULOILM.PUHALLIN KP
- 📁 F271 - -004. ARK.SAL.TULOILM.PUHALLIN HP
- 📁 F684 - -001. ARK.SAL.TULOILM.PUH. S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 F684 - -002. ARK.SAL.TULOILM.PUH.S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 F684 - -003. ARK.SAL.TULOILM.PUHALLIN KP
- 📁 F684 - -004. ARK.SAL.TULOILM.PUHALLIN HP
- 📁 F100?- -001. PÖLYNEROTINPUHALLIN S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 F100?- -002. PÖLYNEROTINPUHALLIN S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 F213 - -002. ARKKIHYLKYPULP. HÖNK.PUH. S-MOOT. D-PÄÄ
- 📁 F213 - -003. ARKKIHYLKYPULPPERIN HÖNKÄPUHALLIN KP
- 📁 F213 - -004. ARKKIHYLKYPULPPERIN HÖNKÄPUHALLIN HP
- 📁 S5991- -001. ARKKIHYLK.PULP. SEKOIT.1. S-MOOT. N-PÄÄ
- 📁 S5991- -002. ARK.HYLK.PULP. SEKOIT.1 S-MOOT. D-PÄÄ
- 📁 S5991- -003. SEKOITIN 1 KP
- 📁 S5991- -004. SEKOITIN 1 HP
- 📁 S5992- -001. ARK.HYLK.PULP.SEKOIT. 2 S-MOOT. N-PÄÄ
- 📁 S5992- -002. ARK.HYLK.PULP.SEKOIT. 2 S-MOOT. D-PÄÄ
- 📁 S5992- -003. ARK. HYLK.PULP. SEKOITIN 2 KP
- 📁 S5992- -004. ARK.HYLK.PULP.SEKOITIN 2 HP
- 📁 P318 - -001. ARK.HYÖK.PULP.PUMPPU S-MOOT N-PÄÄ
- 📁 P318 - -002. ARK.HYLK.PULP.PUMPPU S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 P318 - -003. ARK.HYLK.PULP.PUMPPU KP
- 📁 P318 - -004. ARK.HYLK.PUMLP.PUMPPU KP

(jatkuu)

- 📁 F272 - -001. ARKKILEIK.7.REP.PUH.1 S-M N-PÄÄ
- 📁 F272 - -002. ARKKILEIK.7.REP.PUH.1 S-M D-PÄÄ
- 📁 F272 - -003. ARKKILEIK.7.REP.PUH.1 KÄYTTÖPÄÄ
- 📁 F272 - -004. ARK.LEIK.7.REP.PUH.1 HOITOPÄÄ
- 📁 F274 - -001. ARK.LEIK.7.REP.PUH.2 S-M N-PÄÄ
- 📁 F274 - -002. ARK.LEIK.7.REP.PUH.2 S-M D-PÄÄ
- 📁 F274 - -003. ARK.LEIK.7.REP.PUH.2 KÄYTTÖPÄÄ
- 📁 F274 - -004. ARK.LEIK.REP.PUH.2. HOITOPÄÄ
- 📁 F267 - -001. ARK-LEIK.8.REP.PUH. S-M N-PÄÄ
- 📁 F267 - -002. ARK.LEIK.8.REP.PUH. S-M D-PÄÄ
- 📁 F267 - -003. ARK.LEIK.8.REP.PUH. KÄYTTÖPÄÄ
- 📁 F267 - -004. ARK.LEIK.8.REP.PUH. HOITOPÄÄ
- 📁 P5000- -001. AL 9 PULP.KIERRÄTYSP. S-M N-PÄÄ
- 📁 P5000- -002. AL 9LPULP.KIERRÄTYSP. S-M D-PÄÄ
- 📁 P5000- -003. AL 9 PULP.KIERRÄTYSP. KP
- 📁 P5000- -004. AL 9 PULP.KIERRÄTYSP. HP
- 📁 S5100- -001. AL 9 HYLKYPYLPPERI SEK. S-M N-PÄÄ
- 📁 S5100- -002. AL 9 HYLKYPULPPERI SEK. S-M D-PÄÄ
- 📁 S5100- -003. AL 9 HYLKYPULPPERI SEK. KP
- 📁 S5100- -004. AL 9 HYLKYPULPPERI SEK. HP
- 📁 P5001- -001. AL 9 HYLKYPUMPPU S-M N-PÄÄ
- 📁 P5001- -002. AL 9 HYLKYPUMPPU S-M D-PÄÄ
- 📁 P5001- -003. AL 9 HYLKYPUMPPU KP
- 📁 P5001- -004. AL 9 HYLKYPUMPPU HP
- 📁 P2213- -001. S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 P2213- -002. S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 P2213- -003. PUMPPU KP
- 📁 P2213- -004. PUMPPU HP
- 📁 P2218- -001. S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 P2218- -002. S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 P2218- -003. PUMPPU KP
- 📁 P2218- -004. PUMPPU HP
- 📁 P2197- -001. S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 P2197- -002. S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 P2197- -003. PUMPPU KP
- 📁 P2197- -004. PUMPPU HP
- 📁 S542 - -001. ARK.HYLK.SÄIL. SEKOITIN 1 S-MOOTT. N-PÄÄ
- 📁 S542 - -002. ARK.HYLK.SÄIL.SEKOIT. 1 S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 S542 - -003. VAIHDE ENSIÖAKSELI KP
- 📁 S542 - -004. VAIHDE ENSIÖAKSELI HP
- 📁 S542 - -005. VAIHDE TA 5
- 📁 S542 - -006. VAIHDE TA 6
- 📁 S542 - -007. VAIHDE HIDAS HP

3 (1)

- 📁 S542 - -008. VAIHDE HIDAS KP
- 📁 S543 - -001. ARK.HYLK. SÄILIÖN SEK.2 S-MOOT. N-PÄÄ
- 📁 S543 - -002. ARK.HYLK.SÄIL.SEKOIT. 2 S-MOOT.D-PÄÄ
- 📁 S543 - -003. VAIHDE ENSIÖAKSELI KP
- 📁 S543 - -004. VAIHDE ENSIÖAKSELI HP
- 📁 S543 - -005. VAIHDE TA 5
- 📁 S543 - -006. VAIHDE TA 6
- 📁 S543 - -007. VAIHDE HIDAS HP
- 📁 S543 - -008. VAIHDE HIDAS KP
- 📁 P147 - -001. ARKKIHILYN PUMPPU S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 P147 - -002. ARKKIHILYN PUMPPU S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 P147 - -003. ARKKIHILKY PUMPPU KP
- 📁 P147 - -004. ARKKIHILKY PUMPPU HP
- 📁 S544 - -001. HAKUVESISÄIL. SEKOITIN S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 S544 - -002. HAKUVESISÄIL. SEKOITIN S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 S544 - -003. VAIHDE ENSIÖAKSELI KP
- 📁 S544 - -004. VAIHDE ENSIÖAKSELI HP
- 📁 S544 - -005. VAIHDE TA 5
- 📁 S544 - -006. VAIHDE TA 6
- 📁 S544 - -007. VAIHDE HIDAS
- 📁 S544 - -008. VAIHDE HIDAS KP
- 📁 P317 - -001. HAKUVESIPUMPPU S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 P317 - -002. HAKUVESIPUMPPU S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 P317 - -003. HAKUVESIPUMPPU KP
- 📁 P317 - -004. HAKUVESIPUMPPU HP
- 📁 P2109- -001. S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 P2109- -002. S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 P2109- -003. PUMPPU KP
- 📁 P2109- -004. PUMPPU HP
- 📁 P2110- -001. S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 P2110- -002. S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 P2110- -003. PUMPPU KP
- 📁 P2110- -004. PUMPPU HP
- 📁 P1928- -001. GLYGOLIN KIERT.PUMP.1.S-M N-PÄÄ
- 📁 P1928- -002. S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 P1928- -003. PUMPPU KP
- 📁 P1928- -004. PUMPPU HP
- 📁 P1929- -001. S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 P1929- -002. S-MOOTTORI D-PÄÄ
- 📁 P1929- -003. PUMPPU KP
- 📁 P1929- -004. PUMPPU HP
- 📁 P2296- -001. S-MOOTTORI N-PÄÄ
- 📁 P2296- -002. S-MOOTTORI D-PÄÄ

Liite 2. Mittausreittilista: Arkittamo

Arkittamo. Suositeltu mittausväli 4 viikkoa		
Toimintopaikka	Laite	Sijainti + mittauspisteet
AL7/8 PULPPERI		
AAN-290-054-120	AKI_PI02-03.06	ARKKIHYLYKYPULPPERI ROOTTORI 1
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu
AAN-290-054-130	AKI_PI02-03.07	ARKKIHYLYKYPULPPERI ROOTTORI 2
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu
AAN-290-054-140	AAN/P0318	ARKKIHYLYKYPULPPERI PUMPPU SULZER
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu kp
		pumppu hp
ARKKISALI		
AAN-290-020-010	AKI/F0272	AL7 REPIJÄPUHALLIN 1
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		puhallin kp
		puhallin hp
AAN-290-020-020	AKI/F0274	AL7 REPIJÄPUHALLIN 2
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		puhallin kp
		puhallin hp
AAN-290-020-030	AKI/F0267	AL8 REPIJÄPUHALLIN
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		puhallin kp
		puhallin hp
AAN-290-054-151	AKI_PI05-26	ARKKIHYLYKYPULPPERI HÖNKÄPUHALLIN
		sähkömoottori d-pää
		puhallin kp
		puhallin hp
AL9 PULPPERI		
AAN-290-054-210	AAN/S5100	AL9 HYLKYPULPPERI ROOTTORI
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu kp
		pumppu hp
AAN-290-054-220	AAN/P9006	AL9 HYLKYPULPPERI PUMPPU
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu kp
		pumppu hp
AAN-290-054-230	AAN/P9005	AL9 HYLKYPULPPERI KIERRÄTYPUMPPU
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu kp
		pumppu hp
AAN-280-002-021	AKI/P2296	LAUHDESÄILIÖ PUMPPU 1
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää

Liite 3. Mittausreittilista: Paperikonesali

1 (4)

Paperikonesali. Suositeltu mittausväli 4 viikkoa		
Toimintopaikka	Laite	Sijainti + mittauspisteet
		PK-SALI LISÄAINELIPPA GLYGOLIPUMPUT
AAN-280-030-061	AKI/P2213	PK-SALI GLYGOLIKIERTO PPU 1
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu kp
		pumppu hp
AAN-280-030-062	AKI/P2218	PK-SALI GLYGOLIKIERTO PPU 2
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu kp
		pumppu hp
AAN-280-030-063	AKI/P2197	PK-SALI GLYGOLIKIERTO PPU 3
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu kp
		pumppu hp
		PK-SALI MÄRKÄPÄÄ
AAN-290-054-060	AKI/S0542	ARKKIHILYN PUMPPAUSSÄILIÖN SEKOITIN 1
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		vaihde ensiöakseli kp
		vaihde ensiöakseli hp
		vaihde ta 5
		vaihde ta 6
		vaihde hidas hp
		vaihde hidas kp
AAN-290-054-070	AKI/S0543	ARKKIHILYN PUMPPAUSSÄILIÖN SEKOITIN 2
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		vaihde ensiöakseli kp
		vaihde ensiöakseli hp
		vaihde ta 5
		vaihde ta 6
		vaihde hidas hp
		vaihde hidas kp
AAN-290-054-080	AAN/P0147	ARKKIHILYN PUMPPASUSSÄILIÖN PUMPPU
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu kp
		pumppu hp

(jatkuu)

AAN-290-054-020	AKI/S0544	ARKITTAMO HAKUVESISÄILIÖN SEKOITIN
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		vaihde ensiöakseli kp
		vaihde ensiöakseli hp
		vaihde ta 5
		vaihde ta 6
		vaihde hidas hp
		vaihde hidas kp
AAN-290-054-030	AAN/P0317	ARKITTAMO HAKUVESISÄILIÖN PUMPPU
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu kp
		pumppu hp
AAN-280-008-010	AKI/P2109	KUITUPIT. JÄTEVEDEN PUMPPU 1
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu kp
		pumppu hp
AAN-280-008-020	AKI/P2110	KUITUPIT. JÄTEVEDEN PUMPPU 2
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu kp
		pumppu hp
		KALANTERIHALLIN "YLÄHYLLY"
AAN-280-030-073	AKI/P1928	LÄMMITYSKIERTO GLYGOLI PUMPPU 1
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu kp
		pumppu hp
AAN-280-030-074	AKI/P1929	LÄMMITYSKIERTO GLYGOLI PUMPPU 2
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		pumppu kp
		pumppu hp

Liite 4. Mittausreittilista: Katto

Katto. Suositeltu mittausväli 2 kuukautta		
Toimintopaikka	Laite	Nimitys -> mittapisteet
		KATOLLE PÄÄAULAN PORTAIKOSTA
AAN-280-030-049	AAN/F9024	ARVA 2 POISTOILMAPUHALIN 1
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
AAN-280-030-039	AKI/F0664	ARVA 2 TULOILMAKONE 1
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		puhallin kp
		puhallin hp
AAN-280-030-040	AKI/F0665	ARVA 2 TULOILMAKONE 2
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		puhallin kp
		puhallin hp
		ARVA 1 KATTO
AAN-280-030-002	AKI/F0677	TULOILMAKONE RULLAVARASTO (ARVA 1)
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		puhallin kp
		puhallin hp
		VÄLIKATTO
AAN-290-054-250	AKI/F0662	AL9 HYLKYPULPPERI HÖNKÄPUHALLIN
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		puhallin kp
		puhallin hp
		ARKKISALIN KATTO
AAN-280-030-038	AKI/F0269	ARKKISALI TULOILMAYSIKKÖ 3
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		puhallin kp
		puhallin hp
AAN-280-030-037	AKI/F0684	ARKKISALI TULOILMAYSIKKÖ 2
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		puhallin kp
		puhallin hp
AAN-290-054-151	AKI_PI05-26	ARKKIHYLKYPULPPERI HÖNKÄPUHALLIN
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää
		puhallin kp
		puhallin hp
AAN-290-020-061	AKI/MO3612	PUHALLIN PÖLYNEROTIN
		sähkömoottori n-pää
		sähkömoottori d-pää

Liite 5. Laitetason kriittisyyden tekijät

(PSK 6800 2008)

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_s = 30$		$M_s = 0$	Ei turvallisuusriskiä
			$M_s = 2$	Vähäinen turvallisuusriski
			$M_s = 4$	Kohtalainen turvallisuusriski
			$M_s = 8$	Merkittävä turvallisuusriski
			$M_s = 16$	Vakava turvallisuusriski
	Ympäristöriskit $W_e = 20$		$M_e = 0$	Ei ympäristöriskiä
			$M_e = 2$	Vähäinen ympäristöriski
			$M_e = 4$	Kohtalainen ympäristöriski
			$M_e = 8$	Merkittävä ympäristöriski
			$M_e = 16$	Vakava ympäristöriski
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetykset $W_p = 0...100$	1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta 2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta 4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta 8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta	$M_p = 0$	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle
			$M_p = 1$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi ≤ 3 h)
			$M_p = 2$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi ≤ 10 h)
			$M_p = 3$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)
			$M_p = 4$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi >24 h)
	Laatukustannus $W_q = 30$		$M_q = 0$	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.
			$M_q = 1$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 1 h)
			$M_q = 2$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 3 h)
			$M_q = 3$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)
			$M_q = 4$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >8 h)
Korjaus- tai seurauksenkustannukset	Korjaus- tai seurauksenkustannus $W_r = 20$	$M_r = 0$	Korjauskustannuksilla tai seurauksenkustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.	
		$M_r = 1$	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 2 h)	
		$M_r = 2$	Keskinertaiset korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 10 h)	
		$M_r = 3$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)	
		$M_r = 4$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >24 h)	

Liite 6. Suositeltuja värähtelyn mittausvälejä jatkuvatoimisille laitteille

(PSK 5705 2006, 9)

Taulukko 1 Suositeltavia värähtelyn mittausvälejä jatkuvatoimisille laitteille.			Table 1. Recommended vibration measurement intervals for machines in continuous operation.							
Konetyyppi Machine type	Kriittisyys Criticality	Rasitus Stress	Suositeltava mittausväli Recommended measurement interval							
			Jaksottainen kunnonvalvontamittaus				Tarkastusmittaus ¹⁾			
			kiinteä on-line	2 vko 2 weeks	4 vko 4 weeks	2 kk 2 months	4 kk 4 months	6 kk 6 months	12 kk 12 months	24 kk 24 months
Pumppu ja puhallin Pump and fan / blower	kriittinen critical	kova heavy	X							
	kriittinen critical	kevyt light	X							
	ei kriittinen non critical	kova heavy								
	ei kriittinen non critical	kevyt light								
Turbogeneraattori Turbo generator	kriittinen critical	kaikki all	X							T
Ruuvikompressori Screw compressor	kriittinen critical	kova heavy	X							
	kriittinen critical	kevyt light	X							
	ei kriittinen non critical	kova heavy								
	ei kriittinen non critical	kevyt light								
Vaihteisto Gear	kriittinen critical	kova heavy	X							T
	kriittinen critical	kevyt light	X							T
	ei kriittinen non critical	kova heavy								T
	ei kriittinen non critical	kevyt light								
Moottori Motor	Mittausväli määritetään käytettävän laitteen mukaan. Värähtelymittauksia täydennetään tarvittaessa erikoismittauksilla. The measurement interval shall be based on the driven machine.									
Telat Cylinders	kriittinen critical	kova heavy	X							
	kriittinen critical	kevyt light	X							
	ei kriittinen non critical	kova heavy								
	ei kriittinen non critical	kevyt light								

X) kiinteä järjestelmä on ensisijainen kriittisille koneille, toteutus määritellään taloudellisilla perusteilla
X) a permanent online system is the primary choice for critical machines and is implemented on economical grounds

Tumma Mittausväli jaksottaisessa kunnonvalvonnassa tulisi sijaita tällä alueella. Mittausväli tarkennetaan kokemuseräisesti. Mittausvälit on esitetty aika-alueina todennäköisimmän vikaantumismekanismin etenemisnopeuden mukaan olettaen, että suoritetaan muutakin valvontaa kuin värähtelymittauksia.

Dark The measurement interval in periodical condition monitoring should fall in this range. The measurement interval shall be adjusted based on experience. The measurement intervals have been presented as time slots according to the progress rate of the most probable fault mechanisms and assuming that other methods than vibration measurements are used for monitoring.

¹⁾ Kertaluonteisella tarkastusmittauksella täydennetään säännöllisin mittausvälein tai kiinteällä järjestelmällä tehtyjä mittauksia. Menetelminä käytetään monipuolisempia mittausmenetelmiä kuin säännöllisessä kunnonvalvonnassa.

¹⁾ Occasional checks are used to supplement the measurements performed at regular intervals or by online systems. More versatile measurement methods than during the periodic condition monitoring shall be used.