



samk

Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

EETU HUTTUNEN

Käyttäjähuoltokierroksen luominen Toyme- järjestelmään

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA
2023

Tekijä(t) Huttunen, Eetu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Syyskuu 2023
	Sivumäärä	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Käyttäjahuoltokierroksen luominen Toyme- järjestelmään		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikka, Insinööri		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksen oli luoda tuotannon koneille digitaalinen sovellus Toyme-järjestelmään, joka edesauttaa koneiden kunnossa pysymistä ja sen kautta lisää tuottavuutta. Sovelluksen luomista varten kerättiin tietoa yrityksen koneiden käyttäjiltä, kunnossapidolta, sekä ajansaatossa kerätyistä huoltotiedoista.</p> <p>Sovelluksen tavoitteena oli luoda selkeä huoltokierros, jotta koneiden käyttäjät saatiin huoltamaan koneita säännöllisesti ja perusteellisesti, jotta koneet eivät pääsisi hajoamaan hidastaen tuotantoa.</p> <p>Sovelluksen sisältö perustui koneiden yleisimmin vikaantuviin kohteisiin, ja niiden huoltamiseen säännöllisesti.</p> <p>Haasteena opinnäytetyön toteuttamisessa oli suuri määrä koneita, ja niiden huollettavien kohteiden kartoittaminen, sekä niiden siirtäminen digitaaliseen sovellukseen.</p>		
<p>Asiasanat Konetekniikka, tuotanto, kunnossapito, käyttäjahuoltokierros, TPM</p>		

Author(s) Huttunen, Eetu	Type of Publication Bachelor's thesis	Date September 2023
	Number of pages	Language of publication: Finnish
Title of publication Creating a user service round in the Toyme system		
Degree program Mechanical engineering		
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to create a digital application for production machines in the Toyme system, which helps to keep the machines in good condition and thereby increases productivity. For the creation of the application, data was collected from the users of the company's machines, maintenance, as well as maintenance data collected over time.</p> <p>The aim of the application was to create a clear service round so that machine operators could maintain the machines regularly and thoroughly, so that the machines could not break down and slow down production.</p> <p>The content of the application was based on the most common failures of the machines, and their maintenance on a regular basis.</p> <p>The challenge in the implementation of the thesis was a large number of machines, and the mapping of their dependent objects, as well as their transfer to a digital application.</p>		
<p><u>Key words</u></p> Mechanical engineering, production, maintenance, user service round, TPM		

ALKUSANAT

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii porilainen kuparivalssaamo Aurubis Finland Oy. Yrityksen kontaktihenkilönä ja ohjaajana toimii tuotantopäällikkö Santtu Koivula, ja koulusta opinnäytetyön ohjaajana konetekniikan lehtori Jarmo Juuso. Haluan kiittää Aurubis Finland Oy:tä sekä Satakunnan ammattikorkeakoulua mielenkiintoisen opinnäytetyön mahdollistamisesta. Kolmen kesän aikana saamani kokemus tuotannon työntekijänä on avannut uusia näkökulmia kunnossapitoon, sekä tuotannon toimintaan ja suunnitteluun.

Opinnäytetyön tekeminen oli pitkä ja antoisa matka, joka tarjosi syventävää tietoa yrityksen toiminnasta, sekä kunnossapidosta.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 AURUBIS FINLAND OY	7
2.1 Yrityksen historia	7
2.2 Yritys nykyään	7
3 TEORIAA OPINNÄYTETYÖN POHJALLE	8
3.1 Kriittisyysanalyysi.....	8
3.1.1 Perusteet.....	8
3.1.2 Standardit.....	10
3.2 5S-menetelmä.....	11
3.3 Kunnossapito.....	12
3.3.1 Perusteet.....	12
3.3.2 Kunnossapidon lajit	13
3.3.3 Strategiat (TPM)	17
3.3.4 Strategiat (RCM)	20
3.3.5 Kunnossapidon standardit.....	22
3.4 Kunnonvalvonta	23
3.4.1 Käsite	24
3.4.2 Menetelmät	24
3.4.3 Kunnonvalvonnan kehittäminen ja suuntaus	28
3.4.4 Kunnonvalvonnan tulosten hyödyntäminen ennakoivan kunnossapidon järjestämisessä.....	30
4 KÄYTTÄJÄHUOLTOKIERROKSEN TOTEUTUS	32
4.1 Kriittisyysanalyysi.....	32
4.1.1 Kriittisyyslaskenta	33
4.2 Ohjelmiston valinta	34
4.3 Käyttäjahuoltokierroksen toteutus	35
4.4 Käyttäjahuoltokierroksen vaikutukset.....	36
4.5 Käyttäjahuoltokierroksen kouluttaminen käyttäjille	37
4.6 Käyttäjahuoltokierroksen kehittäminen	37
5 LOPPUSANAT	39
LÄHTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksen oli luoda tuotannon koneille käyttäjähuoltokierros Toyme-järjestelmään, joka edesauttaa koneiden kunnossa pysymistä ja sen kautta lisää tuottavuutta. Sovelluksen luomista varten kerättiin tietoa yrityksen koneiden käyttäjiltä, kunnossapidolta, sekä ajansaatossa kerätyistä huoltoraporteista.

Järjestelmään oli tavoitteena luoda selkeä ja yksinkertainen, mutta kattava huoltokierros. Tarkoituksena oli saada koneiden käyttäjät tarkastamaan, sekä huoltamaan koneita säännöllisesti ja perusteellisesti, jotta koneiden mahdolliset viat saataisiin korjattua ajoissa ennen kuin kone hajoaa ja hidastaisi tuotantoa.

Sovelluksen sisältö perustui koneiden kriittisimpiin sekä yleisimmin vikaantuviin kohteisiin, niiden tarkistamiseen ja huoltamiseen säännöllisesti, sekä koneiden työympäristön puhtauteen.

2 AURUBIS FINLAND OY

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Aurubis Finland Oy. Aurubis Finland Oy on osa saksalaista Aurubis-konsernia, ja on pohjoismaiden ainoa kuparivalssaamo. Valssaamon ja siihen integroidun valimon valmistamia tuotteita käytetään sähköautojen osista aina arkkitehtuurisiin ratkaisuihin asti useissa maissa. Aurubis Finland Oy:n tehdas sijaitsee Porin kuparipuistossa.



Kuva 1. Aurubiksen logo (Aurubis.fi)

2.1 Yrityksen historia

Aurubis Finland Oy:n Saksalainen emoyhtiö Aurubis AG on perustettu vuonna 1866. Yritys toimi vuoteen 2009 asti nimellä Norddeutsche Affinerie AG. Vuosien mittaan yritys on laajentunut Belgiaan, Bulgariaan, Yhdysvaltoihin, Italiaan, sekä Suomeen. Aurubis Finland Oy:n tehdas on alun perin vuonna 1940 valmistuneen Outokummun tehdas. Vuonna 2005 tehtaasta tuli Luvata ja vuonna 2011 Aurubis AG hankki osan Luvatan toiminnoista liiketoimintakaupalla.

2.2 Yritys nykyään

Aurubis Finland Oy on pohjoismaiden ainoa kuparivalssaamo ja yksi maailman suurimmista kuparin kierrätykseen keskittyneistä yrityksistä. Yritystä pyritään jatkuvasti kehittämään mahdollisimman tuotantotehokkaaksi ja ympäristöystävälliseksi. Aurubis Finland Oy:n liikevaihto vuonna 2023 oli yli 506 miljoonaa euroa. (Kauppalehti, 2023.)

Aurubis työllistää yhteensä noin 7100 työntekijää ympäri maailmaa yli 20 eri maassa. Porin tehtaassa Aurubiksella työskentelee 290 henkilöä.

3 TEORIAA OPINNÄYTETYÖN POHJALLE

3.1 Kriittisyysanalyysi

Kriittisyysanalyysillä pystytään arvioimaan tuotannon koneista tuotannolle tärkeimmät, eli kriittisimmät tuotantolaitteet. Tämän avulla pystytään keskittämään tarvittava määrä kunnossapidon huomiota oikeille koneille, jotta kunnossapidon resursseja ei käytetä koneisiin, jotka eivät ole tuotannolle kovinkaan tärkeitä. Näin kunnossapito saadaan optimoitua, ja ylimääräiset huoltokustannukset karsittua pois.

3.1.1 Perusteet

Laitteiden kriittisyyskartoituksesta on olemassa kotimainen standardi PSK 6800. Sen mukaan kriittisyys on ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Riski voi liittyä henkilöiden loukkaantumiseen, merkittäviin aineellisiin vahinkoihin, tuotannon menetykseen tai muihin ei hyväksyttäviin seurauksiin. Riskin suuruudella tarkoitetaan vikaantumisen vaikutuksen ja sen toteutumisen todennäköisyyden tuloa (PSK 6800). Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski ei ole hyväksyttävällä tasolla. (Mikkonen, 2009, s.148.)

Kriittisyysarvioinnin tekeminen

Ensimmäisessä vaiheessa määritellään tarkasteltava alue, eli onko kyseessä koko tehdas, joku sen osasto tai muu erikseen rajattu kohde. Jos tarkasteltavana on laaja kokonaisuus, voi olla tarpeen määritellä esimerkiksi osastokohtainen painoarvo tuotannon menetykselle. Sen avulla voidaan ottaa huomioon eri osastojen väliset erot kriittisyyskertoimia määriteltäessä. Varsinainen laitekohtainen kriittisyysanalyysi tehdään eri tekijöiden pohjalta työryhmäarviointina. PSK 6800:ssa käytetään kriittisyyden arviointiin seuraavia tekijöitä:

- vikaväli
- turvallisuusvaikutukset
- ympäristövaikutukset
- tuotannon menetys
- lopputuotteen laatukustannus

- korjauskustannus

(Mikkonen, 2009, s.148.)

Kriittisyyskartoituksessa ensimmäiseksi tarkastetaan, sopivatko painoarvot sovellettavalle teollisuuden toimialalle sellaisenaan, vai tarvitseeko niitä muuttaa.

Seuraavaksi tarkasteltavat laitteet listataan taulukkoon ja niille valitaan kertoimet kokemuspohjaisesti. Jotta kertoimet vastaisivat mahdollisimman paljon todellisuutta, olisi ne hyvä valita ryhmätyönä.

Laskennan jälkeen taulukko antaa laitteille kriittisyysindeksin. Sen antama arvo kuvaa arvioitujen laitteiden kriittisyyttä suhteessa toisiinsa. Arvojen perusteella pystytään järjestämään laitteet kriittisyyden mukaan. Tuloksista määritetään raja-arvo, jota suuremman kriittisyysarvon saaneille laitteille tehdään pienemmän arvon saaneita laitteita tarkempi tarkastelu.

Kriittisyysanalyysin indeksin kaava on:

$$K = p (W_s M_s + W_e M_e + W_p M_p + W_q M_q + W_r M_r)$$

p on vikaväli

W_s on turvallisuusriskien painoarvo ja M_s on turvallisuusriskien kerroin

W_e on ympäristöriskien painoarvo ja M_e on ympäristöriskien kerroin

W_p on tuotannon menetyksen painoarvo ja M_p on tuotannon menetyksen kerroin

W_q on laatukustannusten painoarvo ja M_q on laatukustannusten kerroin

W_r on korjauskustannusten painoarvo ja M_r on korjauskustannusten kerroin.

Tämän kaavan laskemiseksi käytetään alla olevan kuvan taulukon mukaisia arvoja.

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaväli (p)	Kerroin [M]	Valintakriteeri	
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit Ws = 30		Ms = 0	Ei turvallisuusriskiä	
			Ms = 2	Vähäinen turvallisuusriski	
			Ms = 4	Kohtalainen turvallisuusriski	
			Ms = 8	Merkittävä turvallisuusriski	
			Ms = 16	Vakava turvallisuusriski	
	Ympäristöriskit We = 20		Me = 0	Ei ympäristöriskiä	
			Me = 2	Vähäinen ympäristöriski	
			Me = 4	Kohtalainen ympäristöriski	
			Me = 8	Merkittävä ympäristöriski	
			Me = 16	Vakava ympäristöriski	
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetykset Wp = 0...100	1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta 2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta 3 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta 4 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta	Mp = 0	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle	
			Mp = 1	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi ≤3 h)	
			Mp = 2	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi ≤10 h)	
			Mp = 3	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)	
	Mp = 4		Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi >24 h)		
	Laatukustannus Wq = 30		Mq = 0	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.	
			Mq = 1	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤1 h)	
			Mq = 2	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤3 h)	
			Mq = 3	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)	
			Mq = 4	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >8 h)	
			Korjaus- tai seurauskustannukset Wr = 20	Mr = 0	Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.
				Mr = 1	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤2 h)
				Mr = 2	Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤10 h)
Mr = 3		Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)			
Mr = 4	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >24 h)				

Kuva 2. Laitetason kriittisyyden tekijät (PSK 6800). (Mikkonen, 2009, s.149.)

3.1.2 Standardit

Kriittisyyskartoitus on määritetty suomalaisessa standardissa PSK 6800.

Saman kaltainen standardi, jossa koneiden kunnonvalvonnan tarve määritellään samojen tekijöiden kuin standardin PSK 6800 tekijöiden perusteella, on standardi PSK 5707.

3.2 5S-menetelmä

5S on alun perin japanilainen viisiportainen työympäristön organisointimenetelmä. Sen on kehittänyt Hiroyuki Hirano osana hänen kokonaisvaltaista lähestymistapaansa tuotantojärjestelmiin. 5S on kehitystyökalu, jonka avulla oma työpiste organisoidaan toimivaksi. 5S auttaa pääsemään eroon turhista tavaroista ja helpottaa pitämään tarpeelliset tavarat ja koko työympäristön järjestyksessä, siistinä ja kunnossa.

(sixsigma www-sivut)

5S on usein ymmärretty väärin, ja sitä on pidetty siivousohjelmanä tai yksittäisenä parannuskampanjana. Se ei ole työtehtävien päälle liimattava erillinen toiminto, vaan jokapäiväinen, omaan työhön kuuluva toimintamalli. Keskeistä on, että tuotantolinjalta tai toimistosta poistetaan ylimääräiset tiedostot, koneet, materiaalit, työkalut ja kaikki asiat, jotka estävät virtausta. Kaikki ne asiat, joita ei tarvita sillä hetkellä tehtävästä suoriutumiseen. Loput asiat järjestetään ja työpisteet puhdistetaan. Menettely standardisoidaan ja siihen sitoudutaan yhdessä. Tarkoituksena on lyhentää läpimenoaikaa ja saada virtaus nopeammaksi.

(sixsigma www-sivut)

5S koostuu viidestä kohdasta, joiden avulla työpaikalle saadaan järjestys ja työturvallisuus sekä tuottavuus paranevat:

Lajittelu (Sort, Seiri); poistetaan kaikki ylimääräinen työpisteeltä.

Järjestäminen (Store, Seiton); järjestetään kaikki työpisteen tavarat omille paikoilleen.

Puhdistaminen (Shine, Seiso); puhdistetaan työympäristö roskista ja väärillä paikoilla olevista tavaroista.

Standardisointi (Standardize, Seiketsu); luodaan siisteystaso työpisteille ja tehdään ohjeet siisteyden ylläpitämisestä.

Sitoutuminen (Sustain, Shitsuke); pidetään siisteyttä yllä parhaan mukaan.



Kuva 3. 5S koostumus (sixsigma www-sivut)

3.3 Kunnossapito

Kunnossapito on erilaisten asioiden (kuten erilaisten prosessien, koneiden, laitteiden, rakenteiden, rakennusten, teiden, tietoverkoston, laivaväylien, terveyskeskusten, vesi- ja viemäriverkoston) pitämistä toimintakuntoisina siten, että ne toimivat luotettavasti, esiintyvät viat korjataan sekä ympäristö- ja turvallisuusriskit hallitaan.

(Järviö, 2004, s.11.)

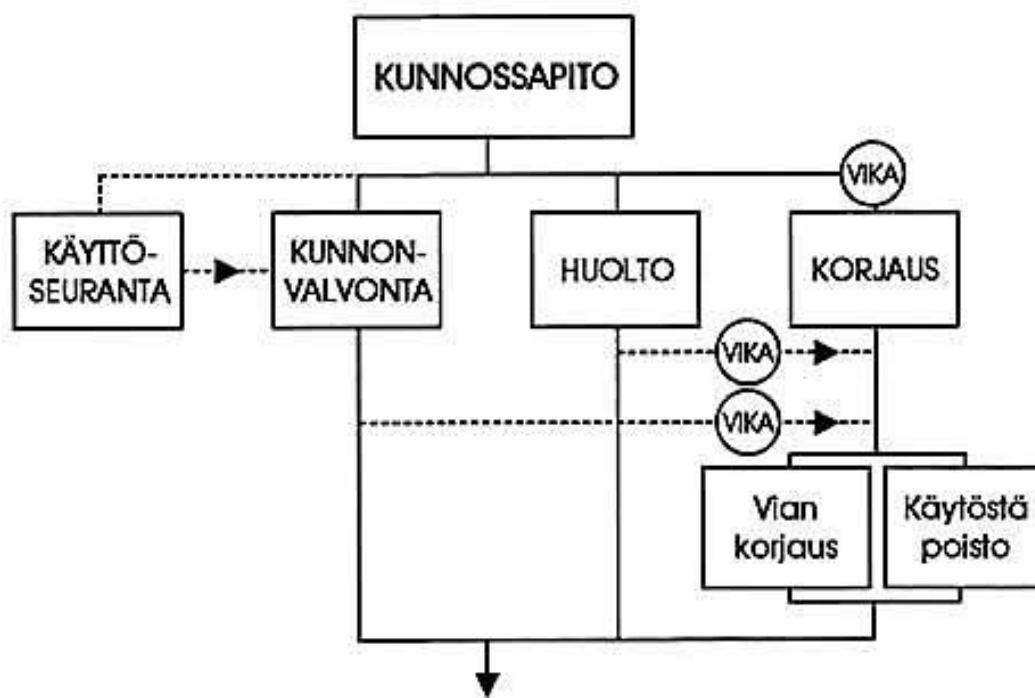
Kunnossapidolla on todella suuri merkitys yritysten ja kohteiden toimintaan ja tuottavuuteen.

3.3.1 Perusteet

Kunnossapito on todella tärkeä osa yrityksen tuottavuutta, sekä tuotannon toimivuutta. Kunnossapidon tarkoituksena on pitää tuotantovälineet kunnossa mahdollisimman

tehokasta käyttöä varten, jotta yritys hyötyisi mahdollisimman paljon mahdollisimman pienellä investoinnilla.

Investointitarve pienenee (mitä tehokkaampaa tuotantovälineen käyttö on, sitä pienemmillä investoinneilla yritys pystyy toimimaan), ja yrityksen kannattavuus ja kilpailukyky paranevat (tehokas käyttäminen tarkoittaa myös sitä, että tehty investointi tuottaa paremmin). (Järviö, 2004, s.9.)

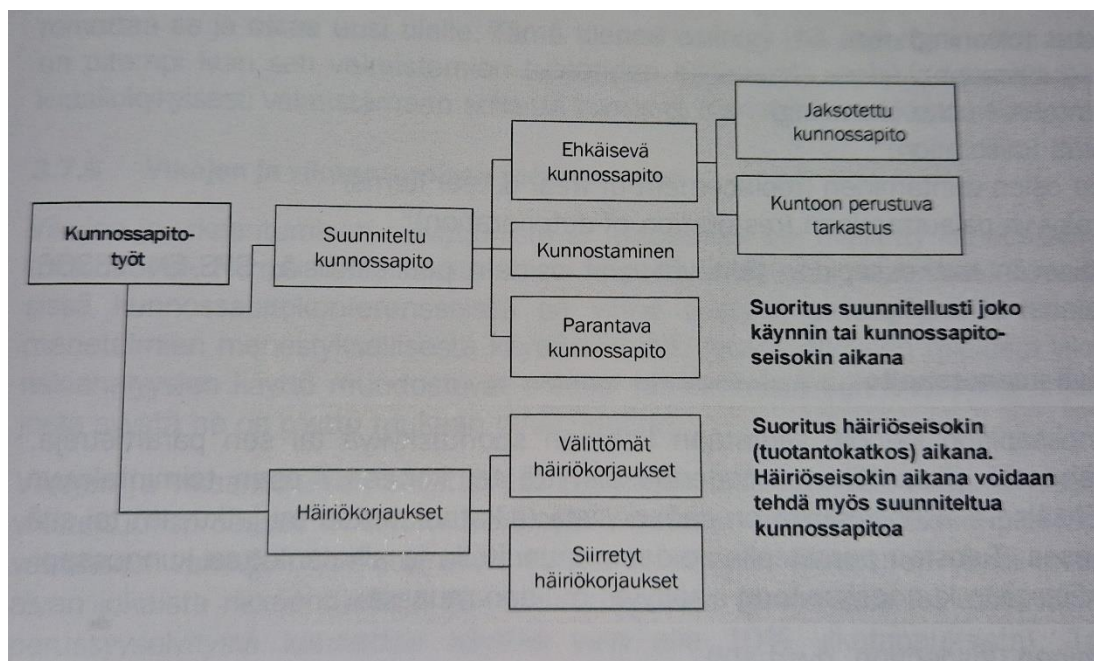


Kuva 4. Kunnossapidon periaate. (Edu www-sivut)

3.3.2 Kunnossapidon lajit

Kunnossapitotoiminta on jaoteltu viiteen eri päälajiin, jotka ovat:

1. huolto
2. ehkäisevä kunnossapito
3. korjaava kunnossapito
4. parantava kunnossapito
5. vikojen ja vikaantumisen selvittäminen



Kuva 5. Kunnossapitolajit (Järviö, 2004, s.39.)

Huolto keskittyy koneiden kunnon ylläpitämiseen. Siinä koneiden toimintaympäristö ja toimintaedellytykset pyritään pitämään mahdollisimman hyvänä. Huolto on yleisimmin jaksotettua käyttöajan, käyttömäärän, sekä käytön rasittavuuden mukaan.

Ehkäisevä kunnossapito keskittyy koneen vikojen tutkimiseen ja ehkäisemiseen ennen kuin viat tulevat esiin vaurioita aiheuttaen ja niiden selvittämiseksi seurataan koneen suorituskykyä, sekä parametreja. Sen tavoitteena on vähentää todennäköisyyttä vikaantumiselle tai toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevä kunnossapito on säännöllistä ja se on aikataulutettua, jatkuvaa tai sitä tehdään tarpeen vaatiessa.

Seuraamisesta saatujen tulosten perusteella voidaan aikatauluttaa ja suunnitella kunnossapidon tehtäviä, joita ovat muun muassa tarkastaminen, kunnonvalvonta, määritystenmukaisuuden toteaminen, testaaminen / toimintakunnon toteaminen, käynninvalvonta, sekä vikaantumistietojen analysointi.

Kunnonvalvontaa voidaan tehdä kohteen toimiessa tai seisokin aikana. Kunnonvalvonnan avulla etsitään oireilevia vikoja tai todetaan havaintojen avulla kohteen olevan toimintakunnossa. (Järviö, 2004, s.40.)

Korjaava kunnossapito keskittyy kohteen vikaantuneen osan tai komponentin palauttamiseen takaisin käyttökuntoiseksi, eli korjaamiseen. Se voi olla suunnittelematon

häiriökorjaus tai suunniteltu kunnostus. Korjaavan kunnossapidon avulla pystytään myös laskemaan osan tai komponentin elinaika käyttämällä korjausten suoritusajkoja. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyy seuraavat tehtävät: vian määrittäminen, vian paikallistaminen, korjaus, väliaikainen korjaus, sekä toimintakunnon palauttaminen.

Parantava kunnossapito keskittyy kohteen toimintaa parantavien muutosten toteuttamiseen. Se on jaoteltu kolmeen pääryhmään, jotka ovat:

1. uudempien osien tai komponenttien asentaminen vanhojen tilalle
2. uudelleensuunnittelu ja korjaus
3. modernisaatio

Ensimmäisessä pääryhmässä koneen vanhoja osia tai komponentteja voidaan vaihtaa uudempiin. Tällä ei kuitenkaan pyritä suoranaisesti vaikuttamaan kohteen suorituskykyyn.

Toisessa pääryhmässä uudelleensuunnittelulla ja korjauksilla pyritään parantamaan kohteen luotettavuutta koneen suorituskykyä muuttamatta.

Kolmannessa pääryhmässä modernisaatiolla pyritään muuttamaan kohteen suorituskykyä paremmaksi. Tätä käytetään yleisesti silloin kun vanhan kohteen suorituskyky on jäänyt vajaaksi uusiin vaatimuksiin nähden, mutta on vielä niin hyvässä kunnossa, että sitä ei ole järkeä hävittää, ja tulee halvemmaksi vain päivittää kone uudelle tasolle kuin ostaa kokonaan uusi.

Vikojen ja vikaantumisen selvittämisellä pyritään selvittämään vikaantumisen perussy syy sekä vikaantumisprosessi. Tulosten perusteella voidaan suorittaa toimenpiteitä, joilla estetään vastaavan vahingon uusiutuminen. Koska analyysien tekeminen vaatii erikoisosaamista, ei aivan jokaista rikkoontumista kannata analysoida (amerikkalaiset esittävät, että esimerkiksi perussyyselvitystä kannattaa käyttää vain alle 10 % vikata-pauksista). Tavanomaisimmat menetelmät ovat:

- vika-analyysi (fault analysis)
- vikaantumisen selvittäminen
- mallintaminen (reconstruction)

- perussyyn selvittäminen (RCFA, root cause failure analysis)
- materiaalianalyysit (analysis of material)
- suunnittelun analyysit (design analysis)
- vikaantumispotentiaalin kartoitukset / riskinhallinta

(Järviö, 2004, s.41.)

Kunnossapitoon liittyy myös muita lajeja, joista osa sisältyy lueteltuihin päälajeihin.

Näitä lajeja ovat:

Ehkäisevä kunnossapito; kunnossapitoa säännöllisin väliajoin tai asetettujen kriteerien täytyessä.

Aikataulutettu kunnossapito; tehtävien jaksottaminen aikatauluun tai työjaksojen lukumäärään. Sisältyy ehkäisevään kunnossapitoon.

Jaksotettu kunnossapito; perustuu kalenteriaikaan tai käytön määrään. Sisältyy ehkäisevään kunnossapitoon.

Kuntoon perustuva kunnossapito; perustuu kohteen suorituskyvyn seuraamiseen. Se voi olla aikataulutettua, jatkuvaa tai tarvittaessa tehtävää. Sisältyy ehkäisevään kunnossapitoon.

Ennustava kunnossapito; koneen suorituskyvyn heikkenemistä kuvaavien tekijöiden tarkkailua ja analysointia.

Korjaava kunnossapito; suoritetaan vasta kun vikaantuminen havaitaan. Korjaavan kunnossapidon tarkoitus on palauttaa toimintakunto.

Etäkunnossapito; kunnossapito tehdään olematta suoraan kosketuksessa kohteen kanssa.

Siirretty kunnossapito; suoritetaan viivästettynä kohteen vioittumisen havaitsemisen jälkeen.

Välitön kunnossapito; suoritetaan välittömästi vioittumisen havaitsemisen jälkeen.

Käynninaikainen kunnossapito; suoritetaan kohteen käydessä.

Lähikunnossapito; suoritetaan kohteessa.

Käyttäjän suorittama kunnossapito; suoritetaan koneiden käyttäjien toimesta.

3.3.3 Strategiat (TPM)

TPM (Total Productive Maintenance), eli kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito on lähtökohta sille, että tuotannon koneille luodaan optimaalinen toimintaympäristö ja ylläpidetään se. TPM-filosofian on kehittänyt japanilainen Seiichi Nakajima. Sitä on muutettu Suomessa hieman sopivammaksi, sillä alkuperäinen japanilainen järjestelmä ei ole välttämättä täysin kopiointikelpoinen, sillä kulttuurit eroavat toisistaan, joten se on sovellettu pohjoismaihin sopivammaksi.

Kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon keskeisiksi päämääriksi voidaan luokitella seuraavat asiat (Nakajima 89):

- a) maksimoida koneen kokonaistehokkuus (aika-, teho-, ja laatukertoimet huomiointu)
- b) kehittää kunnossapitosysteemi, joka kattaa koko koneen eliniän
- c) sitoa mukaan kaikki ihmiset ja osastot, jotka liittyvät koneen suunnitteluun, käyttämiseen tai kunnossapitoon
- d) sitoa mukaan koko yrityksen henkilökunta kaikilta tasoilta
- e) siirtää kunnossapidon suunnittelu ja toteutus niille ryhmille, joiden työtehtäviin kone jollain tavoin liittyy. Tyypillisin tällainen ryhmä koostuu ihmisistä, jotka käyttävät ja huoltavat konetta.

(Järviö, 2004, s.93.)

TPM-metodissa on myös kolme erityispiirrettä, jotka ovat:

- se sisältää menetelmiä tiedonkeruuseen, analysointiin, ongelmien ratkaisuun ja prosessin ohjaukseen. Näillä menetelmillä pyritään laitteen tehokkuuden parantamiseen
- se kannustaa käytön ja kunnossapidon työntekijöitä yhdenvertaistumaan
- se edistää jatkuvia laiteparannuksia, sekä sille on laajaa käyttöä standardisoinnissa, työpaikkojen organisoinnissa, visuaalisessa johtamisessa sekä ongelman ratkaisussa

TPM helpottaa vaikeasti laskettavien häviöiden / kustannusten arvioimisessa, sillä sen avulla parannetaan laitteiden kokonaistehokkuutta ratkaisemalla laitteiden luotettavuusongelmia.

TPM-ohjelman käyttöönotto on yleensä suuri prosessi, joka vaatii kaikkien sidosryhmien sitoutumista sekä aktiivista mukanaoloa. TPM-kehitysohjelma koostuu kolmesta vaiheesta, jotka ovat: kuntovaihe, mittausvaihe ja kehitysvaihe. Näihin kolmeen vaiheeseen sisältyy yhdeksän askelmaa.

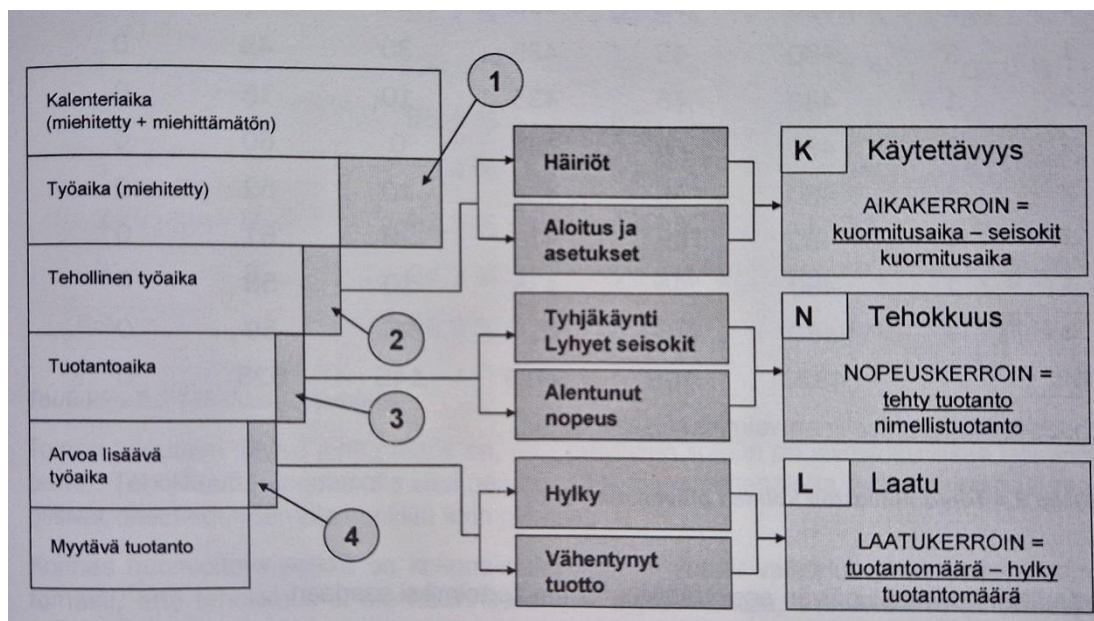
Kuntovaiheeseen kuuluu kriittisyyden arviointi, kunnan arviointi, kunnostus ja uusien kunnossapitosuunnitelmien laatiminen.

Kriittisyyden arvioinnin tarkoituksena on määrittää kaikkien koneiden kriittisyys kunnossapidon suhteen. Kriteerijä ovat seuraavat: korjauksen helppous, luotettavuus, tuotteiden laatu, läpimenonopeus, tuotannon menetys, turvallisuus, ympäristö ja kustannukset. Arviointi voidaan suorittaa pisteyttämällä koneet kriteerien suhteen, tai tutkimalla vikahistoriaa ja valitsemalla eniten vioittuvat koneet ensisijaisiksi. Pisteyttämällä valitaan eniten pisteitä saaneet koneet ensimmäisenä käsittelyyn. Jokaisen käsittelyn jälkeen selvitetään siitä saavutettu hyöty. Kun hyöty pienenee, uusien kohteiden mukaanotto tuottaa vähemmän taloudellista hyötyä.

Kunnonarvioinnissa arvioidaan koneen kunto, ja kunnostusvaiheessa tehdään kunnostussuunnitelma, aikataulutus, varataan resurssit ja suoritetaan kunnostaminen ja puhdistus. Uusien kunnossapitosuunnitelmien laatimisessa koneen kunnostuksen jälkeen koneelle luodaan uudet puhdistus-, tarkastus- sekä huolto-ohjeet.

Mittausvaiheeseen kuuluu laitehistoria ja laitteen kokonaistehokkuus. Laitehistoria on yksi tärkeimmistä tehokkaan kunnossapidon tukijaloista, sillä siitä näkee luotettavuuden selvittämiseen tarvittavat tiedot.

Laitteen kokonaistehokkuuden mittaamisessa keskitytään poistamaan hävikkejä, jotka eivät johdu koneen kunnosta, vaan erilaisista suorituskykyyn vaikuttavista tekijöistä. Mittarina tässä toimii KNL-metodi, eli lasketaan käytettävyys, nopeuskerroin, sekä laatukerroin. Näiden avulla saadaan laskettua kokonaistehokkuus prosentteina. Kehitysvaiheessa keskitytään ratkaisemaan ongelmia tehokkuuden lisäämiseksi, sekä luodaan uudet ohjeet ja menettelytavat.



Kuva 6. KNL-hävikit (modifioitu lähteestä Nakajima 89) 1 = Kone ei ole miehitetty, 2 = Seisokkihäviö, 3 = Nopeushäviö, 4 = Laatuhäviö (Järviö, 2004, s.97.)

TPM pyrkii vikaantumattomaan toimintaan, ja sitä edesauttaa käytön osallistuminen koneiden kunnan ylläpitoon.

Käytön suorittamaan kunnossapitoon siirtyminen toteutetaan seitsemän askeleen ohjelmalla (Nakajima 89):

- a) perusteellinen puhdistaminen
- b) ympäristön siistiminen
- c) puhdistus- ja huolto-ohjeet
- d) yleistarkastukset
- e) työpaikan järjestyksen varmistaminen
- f) käyttäjien osallistuminen koneen kunnossapitoon osana käynnissäpitoa

(Järviö, 2004, s.101.)

Nämä seitsemän askelta lisäävät koneiden luotettavuutta, sekä helpottaa koneiden huollettavuutta vian ilmetessä.

3.3.4 Strategiat (RCM)

RCM (Reliability Centered Maintenance), eli luotettavuuskeskeinen kunnossapito on metodi, jonka avulla kunnossapidettävän kohteen kunnossapito suunnitellaan.

Keskeisimmät päämäärät ovat:

- priorisoida prosessien laitteet ja näin kohdistaa kunnossapito sellaisiin laitteisiin, joissa sitä eniten tarvitaan. Tavanomaisimmat priorisointikriteerit ovat kustannukset, turvallisuus, ympäristövaatimukset sekä laatu
- selvitetään laitteiden vikaantumismekanismit ja näin luodaan pohja oikeiden, tehokkaiden kunnossapitomenetelmien käytölle
- kunnossapidon piiriin saatetaan myös sellaiset raja- ja turvalaitteet, jotka prosessin toimiessa ovat ”passiivisia”.
- sellaisille laitteille, joille ei löydy tehokkaita ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä, laaditaan valmiit toimintaohjeet käytettäväksi vikaantumisen ilmettyä.
- koneiden käyttöhenkilökunta oppii seuraamaan kriittisten komponenttien toimintaa
- kohdistamalla kunnossapito sinne, missä sitä tarvitaan, voidaan laskea kunnossapidon kustannuksia, parantaa prosessin tuottavuutta sekä laitteiden luotettavuutta

(Järviö, 2004, s.111.)

RCM-prosessissa määritellään mitä on tarpeellista tehdä, jotta tuotantovälineet toimivat niin kuin niiden halutaan toimivan. Tätä varten selvitetään prosessin tapahtumia.

RCM-prosessin ensimmäisessä vaiheessa määritetään tuotantovälineiden toiminnot sekä suorituskykystandardit konekohtaisesti. Koneiden käyttäjät yleisimmin tietävät parhaiten koneen käytöstä, joten heidän osallistumisensa RCM-prosessiin on tärkeää.

Seuraavaksi selvitetään mahdolliset toimintahäiriöt, sekä niiden syyt. Sen jälkeen selvitetään mahdolliset vikaantumistavat. Tähän otetaan mukaan vioittumiset, joita on tapahtunut jo aikaisemmin, sekä sellaiset, joita ei ole vielä päässyt ilmaantumaan.

RCM-prosessin neljäs vaihe on vikojen vaikutuksien selvittämistä kaikista listatuista vioista. Tiedot, joilla voidaan arvioida vikojen seurausvaikutukset, sisällytetään määrittämiin.

Määrittämissä käsitellään seuraavia asioita:

- mistä nähdään, että vikaantuminen on tapahtunut
- millaisia riskejä vikaantuminen aiheuttaa terveydelle tai ympäristölle
- miten vikaantuminen vaikuttaa tuotantoon tai toimintaan
- mitä konkreettisia vahinkoja vikaantuminen aiheuttaa
- mitkä ovat korjaustoimenpiteet

(Järviö, 2004, s.114.)

Seuraavaksi tutkitaan vikojen seurauksia. Vikojen seuraukset on jaettu RCM-prosessissa neljään ryhmään:

- *piilevien vikojen seuraukset*: Piilevät viat kehittyvät suuremmiksi vioiksi
- *turvallisuus- ja ympäristöseuraukset*: Vikaantuminen voi aiheuttaa vahinkoa käyttäjille, jolloin sillä on vahinkoseurauksia. Ympäristöseurauksia voi tulla ylimääräisistä päästöistä
- *toiminnalliset seuraukset*: Vikaantumisella on toiminnallisia vaikutuksia, jos se vaikuttaa tuotantoon
- *ei-toiminnalliset seuraukset*: Näitä seurauksia on vain korjaamisesta aiheutuvat välittömät kustannukset

Näitä ryhmiä käytetään pohjana kunnossapidon strategiselle päätöksenteolle RCM-prosessissa.

Seuraavana tehdään vikaantumisen hallinnan tehtävien valinta. Nämä tehtävät jaetaan kahteen ryhmään:

- *proaktiiviset*: tehtävät tehdään ennen kuin vikaantuminen johtaa koneen toimimattomuuteen. Nämä tehtävät on jaettu kolmeen ryhmään: jaksotettu korjaus, jaksotettu uusiminen ja kunnonvalvonta.

- *korjausohjeet, toimintaohjeet*: jos laitteelle on mahdotonta määritellä tehokasta ja ehkäisevää toimintamallia, laaditaan sille ohjeet, joiden mukaan toimitaan laitteen hajotessa. Tähän sisältyy muun muassa vian etsintä, sekä korjaava kunnossapito.

Viimeisenä suunnitellaan työtehtävät RCM-periaatteiden mukaisesti. Priorisoinnilla saadaan kohdistettua kunnossapito niille koneille, joissa se on tehokasta. Tällä tavoin saadaan säästettyä resursseja ja saadaan tehokkaampi kunnossapitotoiminta.

3.3.5 Kunnossapidon standardit

Kunnossapidon standardi SFS-EN 13306 on EU:n luoma standardi, joka on voimassa koko EU:n alueella. EU:n jäsenvaltiot voivat laatia omia kansallisia standardeja, jotka sopivat paremmin omaan käyttöön, mutta niiden tulee olla EU-määräysten mukaan harmoniassa EN-standardien kanssa, jotta EU:n alueen kaupankäyntiä ei pystyisi kukaan rajoittamaan omilla kansallisilla standardeillaan.

Suomessa standardeja laatii PSK Standardisointiyhdistys. Se laatii suomenkielisiä standardeja lähinnä teollisuuden tarpeisiin. PSK on laatinut EN-standardin pohjalta standardin PSK 6201 Kunnossapito, Käsitteet ja Määritelmät. Tämä standardi noudattaa EU-määräyksiä ja on harmoniassa vastaavien EN-normien kanssa.

Kunnossapito määritellään suoraan SFS-EN 13306 standardissa seuraavasti:

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

(Järviö, 2004, s.24.)

PSK 6201 määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

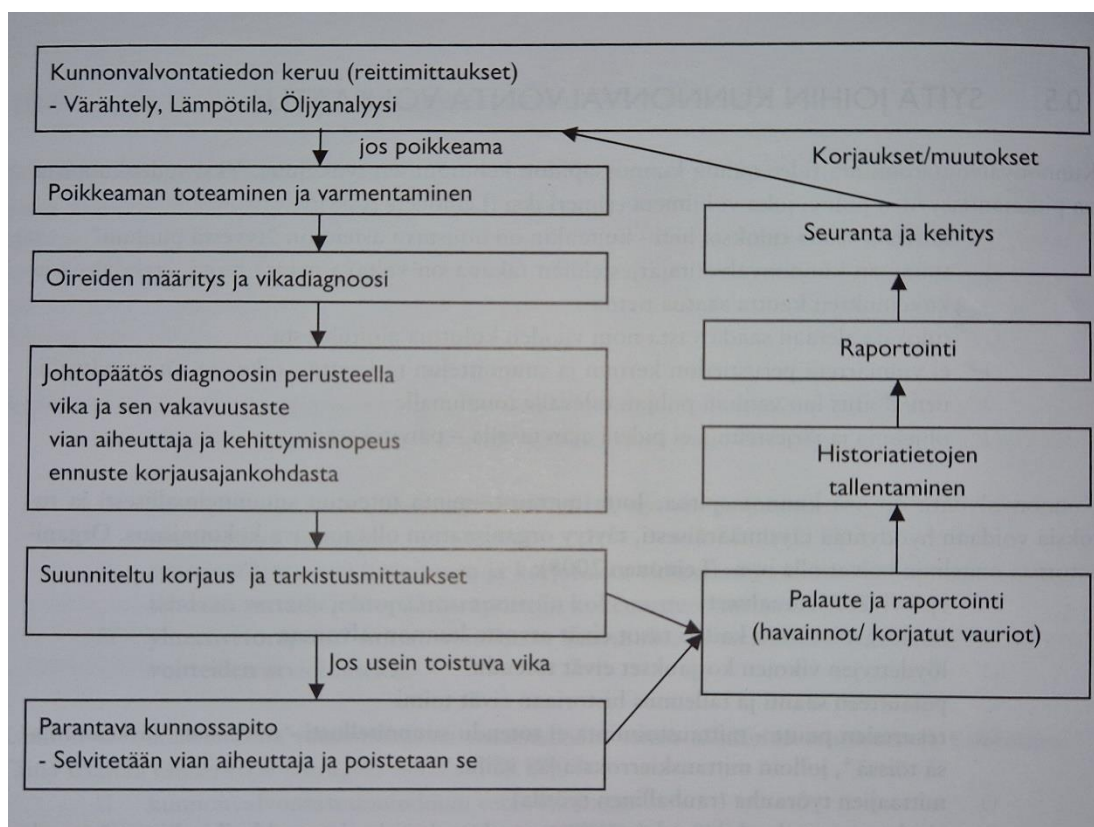
Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on

säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana

(Järviö, 2004, s.24.)

3.4 Kunnonvalvonta

Kunnonvalvonta on osa kunnossapidon toimintaa, jossa tarkkaillaan kohteiden kuntoa eri tavoilla. Tarkkailulla pystytään ennakoimaan mahdollisten vikojen syntyä, ja toimimaan ajoissa ennen kuin kone hajoaa toimintakunnottomaksi.



Kuva 7. Kunnonvalvonnan toteutus (Mikkonen, 2009, s.176.)

3.4.1 Käsite

Standardin PSK 6201 määritelmä:

”Kunnonvalvonnalla määritellään kohteen toimintakunnon nykytila ja arvioidaan sen kehittyminen mahdollisen vikaantumis-, huolto- ja korjausajankohdan määrittämiseksi. Kunnonvalvonnan toimenpiteitä ovat aistein sekä mittalaittein tapahtuvat tarkastukset ja valvonta sekä mittaustulosten analysointi. Kunnonvalvonta tuottaa lähtötietoja ehkäisevän kunnossapidon ja korjauksen suunnitteluun”.

(Mikkonen, 2009, s.101.)

3.4.2 Menetelmät

Kunnonvalvontaan kuuluu monta eri menetelmää. Menetelmiin kuuluu:

- mittaussuureet ja signaalinkäsittelymenetelmät
- värähtelymittaukset
- diagnostiikka
- sähkökoneiden sähköinen kunnonvalvonta ja diagnostiikka
- aistinvaraiset havainnot
- voiteluaineanalyysit
- lämpötilan mittaus
- NDT-menetelmät
- ääni- ja ultraäänimittaukset
- muuntajan käytönaikainen kunnonvalvonta
- venymäliuskamittaukset
- suojausjärjestelmät

Mittaussuureet ja signaalinkäsittelymenetelmässä keskitytään ja tutkitaan erilaisia suureita ja signaaleja, joita kone tuottaa ja käsitellään niitä. Signaalinkäsittelymenetelmiä ovat: aikatasosignaali, analogia-digitaalinen muunnos, signaalin esittäminen taajuustasossa, signaalin näytteisyys, suodatus, painotusikkunat, mittauksen keskiarvostus ja tahdistettu keskiarvostus, limitys, ratakäyrämittaus, kertalukujen seurantamittaus, kepstri, aallokemuunnos, signaalin derivointi ja integrointi, verhoikäyräanalyysi ja PeakVue-analyysi.

Signaaleja käsitellään, jotta saataisiin mahdollisimman tarkkaa tietoa kohteiden kunnosta.

Värähtelymittauksissa tutkitaan koneen aiheuttamia värähdyksiä eri menetelmillä antureiden avulla. Yleisimpiä suureita värähtelymittauksille ovat: siirtymä, nopeus, kiihtyvyys, taajuus, vaihekulma, vaihe-ero, ääni, ultraääni, akustinen emissio, iskusysäys, laserinterferometria ja laser dopplermittaus. Mittauksissa käytettävien antureiden toimintatapoja on monenlaisia, joten jokaiselle menetelmälle valitaan sopiva anturi.

Diagnostiikassa keskitytään mittaustuloksista huomattun vioittumisen syyn selvittämiseen.

Sähkökoneiden sähköisessä kunnonvalvonnassa ja diagnostiikassa keskitytään sähkömoottorien vikaantumisiin ja vikaantumisen syyn selvittämiseen, sekä erilaisiin mittauksiin ja signaalianalyysiin.

Aistinvaraisessa menetelmässä koneiden kunnon tarkistamiseen käytetään aisteja kuten näkö-, kuulo- ja tuntoaisti.

Näköaistin käyttö

Näköhavaintojen avulla voidaan tarkkailla laitteiden tiiveyttä. Alkava nestevuoto näkyy vuotokohdan kosteutena. Jos tiputtavaa vuotoa ei vielä voida korjata, sitä voidaan tarkkailla, laskemalla montako tippaa minuutissa vuotokohdasta tulee. Isompaa vuotoa voidaan tarkkailla keräämällä vuotava neste mittastiaan.

Näköhavaintoja voidaan tehdä myös erilaisista liitoksista. Liitoksen löystyminen voi näkyä irtoavana maalina, ruosteena tai mutterina. Liitoksen tarkkailua voidaan parantaa levittämällä liitoskohtaan jotain nestettä kuten vettä tai öljyä. Jos liitos on löysä, neste väreilee liitoskohdassa. Laitteen ympäristöä voidaan tarkkailla ja havaita irronneita osia. (Mikkonen, 2009, s.422.)

Kuuloaistin käyttö

Kuuloaistin käyttö kunnonvalvonnassa vaatii paljon tietoutta ja kokemusta. Usein tarvitaan myös apuvälineitä. Luonnostaan ihmisen muistiin tallentuvat kaikki kuullut äänet. Kuullessaan uuden äänen ihminen vertaa sitä muistiinsa tallentuneisiin ääniin. Tämä on hyvä ominaisuus ajatellen koneiden kunnonvalvontaa. (Mikkonen, 2009, s.424.)

Tuntoaistia käytetään useimmiten lämpötilan, värähtelyn ja kaasuvuotojen tarkkailuun.

Voiteluaineanalyysillä saadaan tietoa koneen osien kulumisesta, voitelun tehokkuudesta, voiteluaineen kunnosta, sekä prosessin toiminnasta.

Voiteluaineanalyysit voidaan jaotella analyysityypeittäin:

- Perusanalyysit, joilla tutkitaan voiteluaineen kuntoa.
- Hiukkasanalyysi, joilla seurataan voiteluaineen puhtautta ja epäpuhtaushiukkasten kokojakaumaa sekä koneen kuntoa. Analyysi käsittää kiinteiden hiukkasten sekä kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen analysoinnin.
- Kulumametallianalyysit, joilla tutkitaan koneen kuntoa seuraamalla voiteluaineessa olevien metallipitoisuuksien muutoksia.
- Joissakin tapauksissa tehdään erikseen vesipitoisuusanalyysijä.

(Mikkonen, 2009, s.429.)

Lämpötilan mittauksessa keskitytään seuraamaan lämpöä koneiden osista ja prosesseissa syntyvää lämpöä. Lämpötila voidaan mitata joko koskettavalla mittausanturilla tai koskemattomalla mittausmenetelmällä, jossa mitataan kohteen lähettämää lämpösäteilyä. Mittauksissa on käytössä Kelvinit, Celsius- ja Fahrenheit-asteet. Lämpeneminen voi aiheuttaa koneen osien muodon muutoksia ja aiheuttaa vahinkoa koneelle.

NDT-menetelmällä eli ”Non Destructive Methods”, eli rikkomattomalla tarkastusmenetelmällä tutkitaan syvemmin koneen kuntoa erilaisin menetelmin, ilman että mitään pitää purkaa. Näitä menetelmiä ovat esimerkiksi: endoskopia, stroboskopia, röntgenkuvaus, pyörrevirtausmenetelmä, ultraääniluotaus, jäljennemenetelmä, tunkeumanestemenetelmä, magneettijauh tarkastus, kovuusmittaus, Barkhausenin kohina.

Ääni- ja ultraäänimittauksissa tutkitaan koneen osia, jotka pitävä ääniä, joita ei pitäisi kuulua.

Äänen mittausmenetelmiä ovat äänen melumittaukset ihmiseen kohdistuvan räsituksen mittaamiseksi sekä äänitasomittaukset ja spektrimittaukset koneiden kunnonvalvonnassa. Voidaan myös suorittaa äänen intensiteetin mittaaminen, jolla voidaan paikantaa äänen tulosuunta ja äänilähde. Äänimittausta voidaan soveltaa värähtelymittauksen tavoin perustuen siihen, että mekaaninen värähtely aiheuttaa pinnan liikkeen,

joka toimii kovaäänisen kalvon tavoin ja säteilee ilmaan äänenä. (Mikkonen, 2009, s.460.)

Ultraäänen mittaaminen.

Ultraäänen tehotaso on yleensä alhainen. Tästä syystä mittauksessa käytetään suuntaavia mikrofoneja ja suodattimia, jotka suodattavat tehokkaasti matalamman taajuuden värähtelyt pois. Mikrofonin voi olla myös resonanssiperiaatteella toimiva, jolloin se vahvistaa erittäin voimakkaasti jollakin taajuuskaistalla esiintyvää ultraäänen värähtelyä. (Mikkonen, 2009, s.463.)

Muuntajan käytönaikaisessa kunnonvalvonnassa menetelmistä tärkein ja tehokain on öljyyn liuenneiden kaasujen analyysi, mikä tehdään yleensä laboratorioanalyysinä.

Venymäliuskemittauksilla saadaan selville rakennetta kuormittavien voimien avulla suurimmat sallitut rakennetta kuormittavat voimat. Venymäliuskalla mitataan kappaleen pinnasta suhteellinen venymä, jonka kappaleeseen kohdistuva kuormitus on aiheuttanut. (Mikkonen, 2009, s.467.)

Suojausjärjestelmillä voidaan tuottaa koneen ohjausjärjestelmälle tieto siitä, milloin kone pitää pysäyttää automaattisesti, tai saattaa tilaan, jossa konetta voidaan käyttää turvallisesti.

Suojauksessa käytetään tyypillisesti seuraavia suureita ja niiden muutosnopeuksia:

- absoluuttinen värähtely (kiihtyvyyssanturi, nopeusanturi)
- suhteellinen akselivärähtely (pyörrevirta-anturi)
- akselin asema: aksiaalinen (painelaakeri) ja radiaalinen
- S_{max} arvo (PSK 5706)
- ilmaväli (PSK 5706)
- vaihekulma
- akselin epäkeskisyys
- lämpötila
- paine
- kierrosluku
- pyörimissuunta
- absoluuttinen venymä

- suhteellinen venymä
- absoluuttinen siirtymä
- käynnistysten lukumäärä

(Mikkonen, 2009, s.474.)

3.4.3 Kunnanvalvonnan kehittäminen ja suuntaus

Kunnanvalvonnan kehittämiseksi tarvitaan raportteja, jotta voidaan seurata saatuja tuloksia ajan saatossa.

Kaikissa mittaustoiminnan raporteissa esitetään käytetyt mittauslaitteet, anturit, mittauspisteet ja mittaussuureet sekä niissä käytetyt ilmaisutavat (PSK 5709). Myös muut oleellisesti mittaustulosten tulkintaan ja toistettavuuteen vaikuttavat seikat tulee raporteissa tuoda esiin. Raportin laatija, mittausten suorittajat sekä paikka ja aika on esitettävä mittauskohteittain. (Mikkonen, 2009, s.503.)

Reittiraportti tehdään jokaisen mittausreitin lopuksi, kannettavaa mittalaitetta käytettäessä. Tämän raportin sisältö kohdistetaan koneiden kunnossapidosta ja käytöstä vastaaville henkilöille ja sen pääasiallinen tarkoitus on listata heti mittauksen jälkeen ne kohteet, joissa asetettu hälytysraja on ylittynyt. Vaihtoehtona raportille on yksinkertaisempi hälytysraportti, jossa ainoastaan listataan hälyttävät, erityisesti reittimittausten perusteella kiireellisiä jatkotoimenpiteitä vaativat laitteet. PSK 5709 suosittelee, että reittiraportissa esitetään seuraavat asiat:

- mitatut koneet
- havaitut poikkeamat
- suositeltavat toimenpiteet
- arvio turvallisuudesta käyttäjältä
- mittaamatta jääneet koneet ja syy, miksi ei mitattu
- viimeksi tehdyn mittauksen päivämäärä
- tarvittavat lisämittaukset ja muut tarkastukset, mikäli koneen kuntoa ei pystytä reittimittauksella luotettavasti arvioimaan
- edellisen mittauskerran jälkeen tehtyjen huolto- ja korjaustoimenpiteiden vaikutukset

(Mikkonen, 2009, s.503.)

Vianselvitysraportissa selvitetään havaittu poikkeama reittimittauksessa tai muulla tavoin huomattavasta poikkeamasta. Raportissa esitetään alussa yhteenveto, jossa ei käytetä ammattitermistöä pääkohtien kuvaamiseen. Raporttiosuudessa termistö ja mittaus-tulokset on esitetty niin täsmällisesti, että toinen asiantuntija pystyy tekemään johtopäätöksiä kohteen kunnosta pelkän raportin avulla.

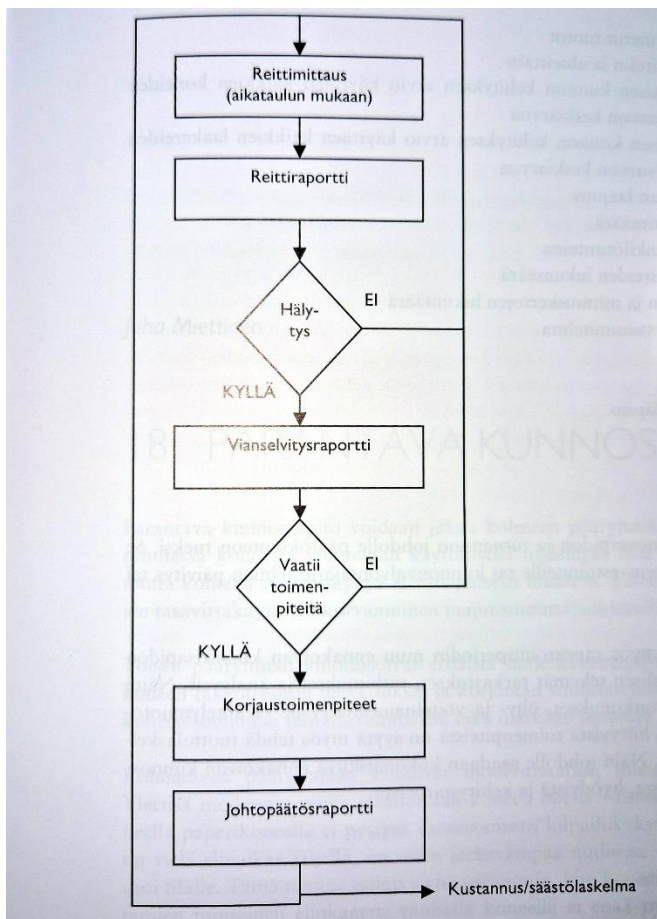
Vianselvitysraportissa esitetään edellä mainitun reittiraportin kohtien lisäksi seuraavat asiat:

- havaitut poikkeamat
- mittauksen aikana vallinneet prosessiolosuhteet, kuten koneiden kierrosluvut ja kuormitukset
- mittaus tulosten analysointi ja oireiden määrittäminen
- johtopäätösosa, jossa selvitetään viat ja tarvittavat toimenpiteet
- tarvittaessa vianselvitysraporttiin liitetään konekohtaiset johtopäätösraportit

(Mikkonen, 2009, s.504.)

Johtopäätösraportti koskee vain yksittäistä laitetta. Siinä selvitetään sen vika, vian syyt ja kehittymisnopeus korjauksen suunnittelua varten. Johtopäätösraportti voidaan liittää vianselvitysraporttiin, jos havaittujen poikkeamien perusteella ehdotetaan merkittävästi talouteen vaikuttavia toimenpiteitä. Johtopäätösraporttia täydennetään toimenpiteiden jälkeen, ja silloin lisätään tietoa, onko toimenpiteet suoritettu suositusten mukaisesti, oliko vika odotusten mukainen, vai löytyikö tarkistuksessa yllätyksiä. Raporttiin lisätään myös kustannus/säästö laskelma.

Tietojen tuleminen kunnonvalvonnan mittaajille on tärkeää, sillä sen avulla mittaus-toimintaa pystytään kehittämään, sekä analyyseistä saadaan luotettavampia.



Kuva 8. Esimerkki kunnonvalvontatoiminnan raporteista (Mikkonen, 2009, s.505)

3.4.4 Kunnonvalvonnan tulosten hyödyntäminen ennakoivan kunnossapidon järjestämisessä

Kunnonvalvonta on hyödyllinen työkalu ennakoivaan kunnossapitoon, sillä sen avulla pystytään seuraamaan kohteiden kuntoa todella tarkasti. Kunnonvalvonnan mittaamia tuloksia seuraamalla saadaan tietoa koneiden kunnosta, ja alkaviin vikoihini voidaan varautua ajoissa ennen kuin kone hajoaa kokonaan aiheuttaen pysähdyksen tuotantoon.

Kunnonvalvonnan tehtäväksi voidaan määrittää: ”Sellaisten tietojen tuottaminen, että koneita ja laitteita voidaan käyttää keskeytyksettä suunnitellun käyttöjakson ja suorittaa oikea-aikaisesti korjaukset, huollot sekä parannukset” (Nohynek & Lumme 2007). Mitä varhaisemmassa vaiheessa kunnonvalvonta voi havaita koneen kunnossa tapahtuneet muutokset, sitä enemmän aikaa on käytettävissä kunnossapitotöiden

suunnitteluun. Kokemus on osoittanut, että koneiden kunnossapitoon tarvittavat tiedot voidaan ilmaista hyvin yksinkertaisesti:

- nopeasti kehittyvien vikojen ilmoittaminen (hälytys)
- kehittyvien vikojen havaitseminen ja tunnistaminen (diagnoosi)
- jäljellä olevan käyttöajan arviointi (proгноosi)
- korjaavien toimenpiteiden suunnittelu

(Mikkonen, 2009, s.119.)

4 KÄYTTÄJÄHUOLTOKIERROKSEN TOTEUTUS

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda Aurubis Finland Oy:n valssaamoon täysin uusi käyttäjähuoltokierros. Vanha käyttäjähuoltokierros oli sisällöltään vanhentunut ja se oli ajan myötä alkanut jäämään huomioimatta virheellisyyden takia, joten uudelle järjestelmälle oli tarvetta. Käyttäjähuoltokierroksen yhteyteen lisättiin myös 5S-kierros, eli ympäristön siivouskierros. Tämän opinnäytetyön sisältö vastaa aikaisemmin mainitun TPM-metodin sisältöä käyttäjien osallistumisesta kunnossapitoon.

4.1 Kriittisyysanalyysi

Käyttäjähuoltokierroksen suunnittelun aloittamiseksi tehtiin kriittisyysanalyysi hallin koneista. Analyysi tehtiin vain tilastojen mukaan hallin eniten tuottaville koneille suuren koneiden määrän takia, sillä pienemmillä koneilla ei ole niin suurta merkitystä tuotantoon. Kriittisyysindeksin laskemiseksi käytettiin sen kaavaa:

$$K = p (W_s M_s + W_e M_e + W_p M_p + W_q M_q + W_r M_r).$$

Tämän kaavan avulla saatiin selville hallin tuottavimpien koneiden kriittisyysjärjestys, sekä koneiden kriittisimmät osat, jotka sisällytetään käyttäjähuoltokierrokseen. Pienempien koneiden kohteet valittiin vain kunnossapitoraporttien, sekä käyttäjien kokemuksen pohjalta, sillä koneita on monta.

Tuotannolle kriittisimmät koneet saatiin selville konekohtaisten tuotantotilastojen avulla. Kriittisyysanalyysissä keskityttiin tuotteiden laatuun vaikuttaviin tekijöihin, sekä tuottavuuteen konekohtaisesti.

Esimerkki kriittisyysindeksin laskemisesta ja pisteytyksen erottelusta:

$$K = 3 (30*2 + 20*0 + 50*3 + 30*2 + 20*2), K = 930$$

$$K = 3 (30*2 + 20*0 + 20*3 + 30*2 + 20*2), K = 660$$

Tästä nähdään, että suuremman arvon saanut kone / koneen osa on kriittisempi kuin pienemmän arvon saanut.

	A	B	C	D	E
1	Koneet:	Vikaväli (p)	Painoarvo (Ws, We, Wp, Wq, Wr)	Kerroin (Ms, Me, Mp, Mq, Mr)	Kriittisyys: $p(W_s M_s + W_e M_e + W_p M_p + W_q M_q + W_r M_r)$
2	Kuumavalssain 1012		3 30, 20, 70, 30, 20	4, 4, 3, 2, 2	$3(30^4 + 20^4 + 70^3 + 30^2 + 20^2) = 1530$
3	Katkaisusaha 1130		4 30, 20, 50, 30, 20	2, 2, 2, 2, 2	$4(30^2 + 20^2 + 50^2 + 30^2 + 20^2) = 1200$
4	Kaistasaha 1131		4 30, 20, 50, 30, 20	2, 2, 2, 2, 2	$4(30^2 + 20^2 + 50^2 + 30^2 + 20^2) = 1200$
5	Kylmävalssain 1101		3 30, 20, 65, 30, 20	2, 2, 3, 2, 2	$3(30^2 + 20^2 + 65^3 + 30^2 + 20^2) = 1185$
6	Läpivetouni 1112		3 30, 20, 50, 30, 20	2, 2, 2, 3, 3	$3(30^2 + 20^2 + 50^2 + 30^3 + 20^2) = 1050$

Kuva 9. Tuottavimpien koneiden kriittisyyslaskenta

	A	B	C	D	E
9					
10	Koneiden kohteet:				
11	1012				
12	uuni		2 30, 20, 40, 30, 20	4, 2, 3, 3, 2	$2(30^4 + 20^2 + 40^3 + 30^3 + 20^3) = 820$
13	jäähdytys		2 30, 20, 40, 30, 20	2, 0, 2, 2, 2	$2(30^2 + 20^0 + 40^2 + 30^2 + 20^2) = 480$
14	rata		3 30, 20, 30, 30, 20	2, 0, 2, 2, 2	$3(30^2 + 20^0 + 30^2 + 30^2 + 20^2) = 660$
15	laakerit		2 30, 20, 30, 30, 20	2, 0, 2, 2, 2	$2(30^2 + 20^0 + 30^2 + 30^2 + 20^2) = 440$
16					
17	1130				
18	romunpoisto		3 30, 20, 20, 30, 20	0, 0, 2, 2, 1	$3(30^0 + 20^0 + 20^2 + 30^2 + 20^1) = 360$
19	teränsiirto		4 30, 20, 30, 30, 20	2, 0, 2, 2, 2	$4(30^2 + 20^0 + 30^2 + 30^2 + 20^2) = 880$
20	hydrauliikkavuodot		3 30, 20, 10, 30, 20	2, 2, 2, 2, 1	$3(30^2 + 20^2 + 10^2 + 30^2 + 20^1) = 600$
21					
22	1131				
23	romunpoisto		3 30, 20, 20, 30, 20	0, 0, 2, 2, 1	$3(30^0 + 20^0 + 20^2 + 30^2 + 20^1) = 360$
24	teränsiirto		3 30, 20, 30, 30, 20	2, 0, 2, 2, 2	$3(30^2 + 20^0 + 30^2 + 30^2 + 20^2) = 660$
25	painopalkki		3 30, 20, 30, 30, 20	2, 0, 2, 2, 1	$3(30^2 + 20^0 + 30^2 + 30^2 + 20^1) = 600$
26	hydrauliikkavuodot		4 30, 20, 10, 30, 20	2, 2, 2, 2, 1	$4(30^2 + 20^2 + 10^2 + 30^2 + 20^1) = 800$
27					
28	1101				
29	vetokelat		2 30, 20, 40, 30, 20	2, 0, 3, 2, 2	$2(30^2 + 20^0 + 40^3 + 30^2 + 20^2) = 560$
30	paineilmavuodot		2 30, 20, 10, 30, 20	2, 0, 2, 2, 1	$2(30^2 + 20^0 + 10^2 + 30^2 + 20^1) = 320$
31	hydrauliikkavuodot		2 30, 20, 10, 30, 20	2, 2, 2, 2, 1	$2(30^2 + 20^2 + 10^2 + 30^2 + 20^1) = 400$
32	öljynerotin		3 30, 20, 20, 30, 20	0, 2, 2, 2, 2	$3(30^0 + 20^2 + 20^2 + 30^2 + 20^2) = 540$
33					
34	1112				
35	vetokelat		2 30, 20, 40, 30, 20	2, 0, 3, 2, 2	$2(30^2 + 20^0 + 40^3 + 30^2 + 20^2) = 560$
36	pesuharjat		2 30, 20, 20, 30, 20	0, 0, 2, 2, 1	$2(30^0 + 20^0 + 20^2 + 30^2 + 20^1) = 240$
37	Öljyvuodot		2 30, 20, 10, 30, 20	2, 2, 1, 2, 1	$2(30^2 + 20^2 + 10^1 + 30^2 + 20^1) = 380$
38	Suodattimet		3 30, 20, 20, 30, 20	0, 0, 2, 2, 1	$3(30^0 + 20^0 + 20^2 + 30^2 + 20^1) = 360$

Kuva 10. Koneiden kriittisimpien kohteiden kriittisyyslaskenta

4.1.1 Kriittisyyslaskenta

Kuvissa 9 ja 10 olevat kriittisyyslaskennat tehtiin kriittisimpien koneiden sekä koneiden osien selvittämistä varten, jotta tarkistettavat kohteet olisivat tärkeitä. Laskussa käytettiin luvussa 3 esiteltyä kaavaa sekä kuvassa 2 esitettyä taulukkoa. Taulukosta näkee arvot, joista valitaan sopivat, ja ne lisätään kaavaan $K = p(W_s M_s + W_e M_e + W_p M_p + W_q M_q + W_r M_r)$.

Laskettavat kohteet valittiin tuottavuuden, sekä toimintaperiaatteen laadullisesti tärkeimpien kohtien perusteella. Tuottavimmat koneet ovat kuumavalssain 1012, sahat (1130, 1131), kylmävalssain 1101, sekä läpivetouni 1112, joten nämä otettiin kriittisyysanalyysin kohteiksi. Laskukaavassa käytetyt kertoimet valittiin pohtimalla, kuinka isoja vaikutuksia vioittumisella olisi ja kuinka usein vioittumista tapahtuu.

Analyysissä luokiteltiin koneista kriittisiksi ne, jotka saivat vähintään arvon 1000. Koneiden osista kriittisiksi luokiteltiin vähintään arvon 400 saaneet, mutta myös pienemmän arvon saaneet osat otettiin siitä huolimatta mukaan huoltokierrokseen. Kriittisimmät koneet sekä koneen osat aiheuttavat eniten ongelmia vioituessaan, joten niitä on tärkeää seurata tarkemmin.

4.2 Ohjelmiston valinta

Käyttäjahuoltokierroksen pohjaksi valittiin Toyme-järjestelmä. Tähän päätökseen vaikutti järjestelmän helppokäyttöisyys, selkeys, sekä reaaliaikainen vika- tai huoltoilmoitusten seuraaminen. Järjestelmä myös tallentaa tietoa koneiden ilmoitetuista vioista ja antaa tietoa konekohtaisesti vikojen määrästä prosentteina huoltokierroksen sisällön mukaan. Sovelluksessa on valittu käyttäjahuoltokierroksen toteuttamiseen jokaiseen tarkastettavaan kohtaan kaksi valintapainiketta; kunnossa ja ei kunnossa. Näiden alla on erikseen tekstikenttä, johon voi tarkentaa mahdolliset huomiot. Kun jokainen valintapainike on valittu ja huoltokierros painetaan valmiiksi, sovellus kerää painetuista valinnoista tiedon, ja luo taulukon kyseisen koneen kunnosta, sekä näyttää mahdolliset huomiot tarkastetuista kohteista. Tarkastettavasta kohteesta voi myös lisätä kuvan, jotta kunnossapidon on helpompi löytää tarkistettava kohde. Järjestelmä pisteyttää jokaisen koneen, sekä näyttää tarkastettujen kohteiden valinnat ja ilmoitetut viat. Järjestelmä myös luo kaikista huoltokierroksista kaavion, joka näyttää koko hallin yleistä kuntoa keskiarvona koneista.

Tämä auttaa tutkimaan tehokkaammin koneiden vikaantumista aikojen myötä, sekä auttaa nopeuttamaan vioittuneiden kohteiden korjaamista, koska tieto kulkee suoraan järjestelmän ylläpitäjälle ja tätä kautta kunnossapidolle. Järjestelmä myös ilmoittaa huoltokierroksen tekijälle, jos jokin kohta on unohtunut välistä, joten huoltokierros tulee aina tehtyä kokonaan. Järjestelmä myös helpottaa työnjohdon varmuutta siitä, että jokaisen koneen käyttäjät suorittavat huoltokierroksen vaadittuna ajankohtana, sillä jokaisen koneen tarkastuksia pystytään seuraamaan järjestelmästä.



Kuva 11. Toyme Lab logo (Toymelab.com)

4.3 Käyttäjahuoltokierroksen toteutus

Käyttäjahuoltokierroksen konekohtaiset tarkistuskohteet valittiin kriittisyysanalyysien, kunnossapitoraporttien, sekä käyttäjien havaitsemien kriittisten osien mukaan. Koska vuorotyössä koneita käyttää useampi työntekijä, saatiin laajempi näkökulma koneiden toiminnalle tärkeisiin kohtiin. Huoltokierrokseen lisättiin myös koneiden ja koneiden ympäristön puhtaudesta huolehtiminen (5S-menetelmä), sillä se on myös iso tekijä koneen toimivuudelle, sekä kunnossapidettävyydelle. Myös työturvallisuus paranee, kun työpisteet ovat siistissä kunnossa.

Hallin jokainen kone suunniteltiin mukaan käyttäjahuoltokierrokseen, joten suunnittelu aloitettiin eniten tuottavista koneista. Hallin koneista eniten tuottaville koneille tehtiin muita koneita yksityiskohtaisempi huoltokierros, sillä eniten tuottavat koneet tekevät eniten tappiota tuotannolle vioittuneena. Pienemmille ja vähemmän tuottaville koneille tehtiin hieman kevyempi huoltokierros.

Käyttäjahuoltokierroksen selkeyttämiseksi luotiin järjestelmään jokaiselle koneelle kartta huoltokierroksen kulusta numeroittain. Kun käyttäjahuoltokierros saatiin valmiiksi, käytiin se vielä konekohtaisesti läpi kohta kerrallaan, jotta pienetkin virheet saatiin pois.

Käyttäjahuoltokierroksen suunnittelun pohjana käytettiin TPM- menetelmää. Kun koneista ja puhtaudesta pidetään huolta, tuottavuus ja turvallisuus kasvavat. Käyttäjät halutaan mukaan kunnossapitotoimintaan, jotta tuotanto pysyisi mahdollisimman vakaana. Huoltokierroksen pitää olla mahdollisimman mielekäs ja merkityksellinen käyttäjille, jotta tämä olisi mahdollista.

Käyttäjahuoltokierroksissa käytetään aistinvaraista kunnonvalvonnan menetelmää sen yksinkertaisuuden takia. Huoltokierroksen yleisimpiä tarkistuskohteita ovat öljy- tai paineilmapuodot, pöytätasojen ja rullastojen pintavirheet, kuten esimerkiksi naarmut ja halkeamat, sekä suodattimien kunto. Rullastojen laakeripesien vioittumiset, kuten väljyydet ja halkeamat tarkastetaan myös aistien avulla. Jos laakereiden epäillään olevan vioittuneita, kutsutaan kunnossapito mittaamaan lämpötilaa laakereista, ja näin saadaan selville, onko laakeri vioittunut. Nämä tarkistuskohteet ovat kriittisiä tuotteiden laadulle.

Tarkempia tietoja koneiden kunnosta seuraa kunnossapidon työntekijät erilaisilla antureilla, kuten värähtely- ja lämpöantureilla. Näiden antureiden dataa seurataan ajoittain tietokoneella.

Vioittuneet kohteet ilmoitetaan käyttäjahuoltokierroksen aikana järjestelmään, ja tieto kulkee eteenpäin mahdollisista huoltotarpeista kunnossapidolle.

Käyttäjahuoltokierros suunniteltiin käytettäväksi älypuhelimella, sillä jokaisella työpisteellä on oma työpuhelin, jota koneiden käyttäjät käyttävät. Puhelimella suoritettava huoltokierros nopeuttaa ja helpottaa tarkastamista. Järjestelmästä pyrittiin saamaan mahdollisimman mielekäs, jotta koneiden käyttäjien olisi helppo suorittaa huoltokierrokset perusteellisesti.

4.4 Käyttäjahuoltokierroksen vaikutukset

Käyttäjahuoltokierroksen tekemiseen menee aikaa noin 2 tuntia konetta kohden kerran viikossa, mutta se ei vähennä tuotannon tuottavuutta, sillä koneiden käytettävyys säilyy parempana, kun ollaan selvillä koneen kunnosta ja pystytään havainnollistamaan mahdolliset viat aikaisemmin ja viat saadaan korjattua nopeammin, joten koneet eivät joudu odottamaan pitkiä aikoja korjausta. Uusi käyttäjahuoltokierros myös ottaa aikansa koulutuksen järjestämisestä vuorotöiden takia, sillä työntekijöitä on paljon ja monessa vuorossa, joten kerralla ei pysty kaikkia kouluttamaan. Koulutuksen jälkeenkin käyttäjät saattavat tarvita neuvoa ohjelman käytössä.

Käyttäjahuoltokierroksesta saadaan sovelluksen avulla myös tarkempaa tietoa koneiden kunnosta ja vioittumishistoriasta, sillä sovellus tallentaa konekohtaisesti tietoa koneiden vioittumisilmoituksista. Sovellus antaa tiedon kaavioina sekä prosenttilukuna.

Pisteet		
Tulos	OK	Tarkastettu
Yht.	9/12 (75%)	12/12 (100%)

Kuva 12. Yksittäisen koneen tarkastuspisteet



Kuva 13. Huoltokierroksien keskiarvot (testinä vain yhden koetarkastuksen tulokset)

4.5 Käyttäjähuoltokierroksen kouluttaminen käyttäjille

Koulutus on tärkeä osa projektin maaliin saattamista. Käyttäjien tulee osata perusteellisesti käyttää sovellusta, sekä ymmärtää käyttäjähuoltokierroksen merkitys tuotannon toiminnassa. Koulutus toteutetaan järjestämällä koneiden käyttäjille koulutus aiheesta, jossa näytetään alusta alkaen, miten sovellus toimii, sekä kerrotaan mitä hyötyä käyttäjähuoltokierroksesta on tuotannon ja kunnossapidon osalta. Koulutusta jatketaan myös tarvittaessa työn ohella esimiesten ohjeistuksella, jotta jokainen työntekijä osaisi itsenäisesti suorittaa vaaditun tehtävän.

4.6 Käyttäjähuoltokierroksen kehittäminen

Käyttäjähuoltokierroksen kehittäminen on tärkeää kunnossapidon sekä tuotannon osalta. Jos koneista saadaan tarkempaa tietoa, on niiden kunnan seuraaminen

helpompaa ja viat saadaan korjattua aikaisempaa, jolloin tuottavuus paranee entisestään. Kunnonvalvonnan osalta on mahdollista lisätä käyttäjien seurattavaksi tarkempia mittareita, kuten erilaisia antureita seuraamaan koneiden kuntoa. Tällä tavoin saadaan parempaa tietoa koneista ja pystytään reagoimaan nopeammin mahdollisiin muutoksiin koneen toiminnassa. Kun koneista saadaan parempaa tietoa, on mahdollista saada laajempaa tietoa koneen toiminnasta ja tämän kautta pystytään laajentamaan käyttäjähuoltokierroksen tarkistuskohteita.

Käyttäjähuoltokierrosta joudutaan ajoittain myös päivittämään muuttuvien rakenteiden ja järjestelmien vuoksi. Jotta käyttäjähuoltokierros olisi mahdollisimman tehokas, tulee sen aina olla ajan tasalla.

5 LOPPUSANAT

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja sopivan haastava. Työhön joutui keräämään paljon tietoa, sillä koneita oli todella monta ja työ oli todella laaja. Käyttäjähuoltokierroksen luominen oli tärkeä osa tuotannon toimintaa, joten oli hienoa saada tehdä ja kehittää merkityksellistä työtä.

Haluan vielä kiittää opinnäytetyön mahdollistajia Aurubis Finland Oy:tä sekä Satakunnan ammattikorkeakoulua ja konetekniikan lehtoria Jarmo Juusoa. Opinnäytetyötä oli todella mielenkiintoista tehdä, ja se opetti paljon uutta ja avasi uusia näkökulmia kunnossapidon toiminnasta tuotannossa, sekä tuotannon toimivuudesta yrityksen tuottavuuteen.

LÄHTEET

Aurubis Finland Oy. (2023). Haettu 12.09.2023 osoitteesta <https://www.aurubis.fi/about-us/>

Wikipedia. (2023). Haettu 12.09.2023 osoitteista <https://en.wikipedia.org/wiki/Aurubis> ja https://fi.wikipedia.org/wiki/Aurubis_Finland

Kauppalehti. (2023). Haettu 27.09.2023 osoitteesta <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/24134775>

Järviö, J. (2004). Kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja n:o 10.

Mikkonen, H. (2009). Kuntoon perustuva kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja n:o 13.

Edu. (2024). Haettu 15.01.2024 osoitteesta http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-1_kunnossapidon_kasitteet_ja_maaritelmat.html

Toyme Lab Oy. (2024). Haettu 17.01.2024 osoitteesta <https://toymelab.com/>

Sixsigma. (2013). Haettu 22.02.2024 osoitteesta <https://sixsigma.fi/5s-kehitystyokalu/>