

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TUOTANNON AVAINKONEIDEN KRIITTISTEN OSIEN ANALYYSI

ANDRITZ Warkaus Works Oy

TEKIJÄ Janne Taskinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Janne Taskinen	
Työn nimi Tuotannon avainkoneiden kriittisten osien analyysi	
Päiväys 12.4.2023	Sivumäärä/Liitteet 35/9
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) ANDRITZ Warkaus Works Oy	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä varaosa-analyysi tuotannon avainkoneille soodakattiloiden valmistaja ANDRITZ Warkaus Worksin konepajan kriittisille suurille ja keskisuurille koneille. Selvitys tehtiin kahdelle suurelle jauhekaarihitsauskoneelle, kolmelle erilaiselle putkentaivutus-koneelle ja kahdelle työstökeskukselle. Vuonna 2022 yhtiö otti käyttöön uudet toimitilat Varkauden Hasinmäessä ja samalla syntyi tarve selvittää koneiden varaosien saatavuutta ja investointitarpeita. Työssä käytettiin PSK-standardeja, Warkaus Worksin kunnossapidosta vastaavaa yhteistyökumppani KoneCranesin tietokantaa kunnossapidon tehdyistä toimenpiteistä, Andritz Warkaus Works Oy:n sisäisiä tietokantoja, kunnossapidon henkilöstön sekä työntekijöiden kokemuksia.</p> <p>Työssä selvitettiin edellä mainittujen koneiden huoltohistorian perusteella niiden vikaantuneita osia, vikaantumis- missyklejä, vikaantumisen vaikutusta tuotantoon ja selvitettiin varaosien saatavuutta. Koneiden käyttäjiä ja kunnossapidon henkilöstöä haastatteleamalla selvitettiin käytön aikana ilmenneitä ongelmia. Näiden perusteella arvioitiin eri osien kriittisyyttä ja varastossa pidettävää määrää. Varaosista selvitettiin varaosien saatavuus, toimittajat, toimitusajat ja hinnat. Jotkin koneiden osista oli vanhaa tekniikkaa, ja varaosia ei välttämättä ollut saatavilla. Näiden osalta työ auttoi arvioimaan tulevia koneiden päivitys- ja investointitarpeita. Toimintavarmuudella parannettiin myös koneiden turvallisuutta käytön aikana.</p> <p>Tuloksena saatiin arvioitua eri osien rikkoutumisväliä, varaosien saatavuutta ja toimitusaikoja sekä selvitettyä tulevaisuuden investointitarpeita vanhentuneiden komponenttien osalta. Näillä tiedoilla arvioitiin eri komponenttien varastossa pidettävä määrä, pystytään ehkäisemään vikatilanteita ennakoivalla huollolla ja voitiin parantaa tuotannon nopeaa ylös ajoa vikatilanteen sattuessa sekä välttämään pitkiä huoltotaukoja. Tuloksista saatiin sisäinen ohjeistus varastossa pidettävistä osista, niiden kappalemäärästä, toimittajista ja koneiden ennakoivan huollon tarpeesta sekä käyttäjäkunnossapidon ohjeistus.</p>	
Avainsanat Varaosa-analyysi, kriittisyysanalyysi, konepaja, huolto, kunnossapito	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering	
Author(s) Janne Taskinen	
Title of Thesis Analysis of Critical Spare Parts in Production	
Date 12 April 2023	Pages/Appendices 35/9
Client Organisation /Partners ANDRITZ Warkaus Works Oy	
<p>Abstract</p> <p>The aim of this study was to create a spare part analysis for the critical large and medium-sized machines of the workshop of the recovery boiler manufacturer Andritz Warkaus Works. The study was conducted on a portal welding machine, panel welding machine, three different kind of pipe bending machines and two machining units. In 2022, the company moved to new facilities in Hasinmäki, Varkaus and need for study of the spare parts analysis was discovered. The study was made using PSK standards, the maintenance history database from Konecranes, the internal databases of Andritz Warkaus Works, and experiences of the maintenance personnel and production employees.</p> <p>Based on the maintenance history of the machines, the failed parts of the machines, failure cycles and the impact of the failed spare parts on production were studied. By interviewing machine operators and maintenance personnel, problems that occurred during production were discovered. Based on these observations, the criticality of different parts was evaluated. The availability of spare parts, the suppliers, delivery times and prices were studied. Some of the machines and parts were old technology, and spare parts were not no longer necessarily available. Regarding these, the thesis helped to evaluate future machine upgrading and investment needs. Operational reliability also improved the safety of the machines during operation.</p> <p>As a result of the study the failure interval of the critical parts, the availability of spare parts and future needs for the outdated components were clarified. With this information, recommendations for spare parts to be kept in stock were given. This information helped to prevent malfunctions with proactive maintenance, improved production start-up in the event of malfunction and thus long maintenance breaks were eliminated. Based on the results, internal instructions for the spare parts to kept in stock, suppliers and detailed parts information, the need of proactive maintenance and instructions for user maintenance were made.</p>	
<p>Keywords spare parts analysis, maintenance, critical analysis, workshop</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	ANDRITZ Warkaus Works Oy	6
1.2	KoneCranes Oy	7
1.3	Keskeiset termit	7
2	KESKEISET STANDARDIT JA KUNNOSSAPITO	9
2.1	Varaosa-analyysi	9
2.2	PSK standardisointi	9
2.2.1	PSK 6800	9
2.2.2	Koneen osien kriittisyystarkastelu	11
2.2.3	Osien vian kehittyminen	12
2.2.4	Kriittisyysarviointi ja ABC-analyysi	13
2.3	Kunnossapidon kustannusjakaumat/tyypit	13
2.4	Korjaava kunnossapito ja ennustava kunnossapito	14
2.5	Kunnossapidon ohjaus.....	14
2.6	Varasto ja varaston hallinta	14
3	TYÖVAIHEET.....	16
3.1	Aloitusvaihe ja aiheeseen perehtyminen	16
3.1.1	Työn lähtökohdat.....	16
3.2	Työvaihe	16
3.2.1	Kriittisyysluokittelu ja toimitusaika	17
3.2.2	Turvallisuusriskit ja ympäristöriskit.....	18
3.2.3	Tuotannon menetys.....	18
3.2.4	Laatukustannukset.....	19
3.2.5	Korjauskustannukset.....	19
4	KONEIDEN ESITTELY JA KONEKOHTAINEN ANALYYSI	20
4.1	Putkentaivutuskone Schwarze-Wirtz CNC 100 DB	20
4.1.1	Analysoidut varaosat ja niiden kriittisyys	20
4.2	Putkentaivutuskone Schwarze-Wirtz SR 100 DB "Lumikki"	21
4.2.1	Analysoidut varaosat ja niiden kriittisyys	21
4.3	Putkentaivutuskone Schwarze-Wirtz WE 80	22
4.3.1	Analysoidut varaosat ja niiden kriittisyys	23

4.4	Portaalihitsauskone Pema	23
4.4.1	Analysoidut varaosat ja niiden kriittisyys	24
4.5	Pema 1600/8 CNC paneelihitsauskone	26
4.5.1	Analysoidut varaosat ja niiden kriittisyys	26
4.6	Ayce 100 aarpora.....	27
4.6.1	Analysoidut varaosat ja niiden kriittisyys	28
4.7	Valmet CNC-työstökeskus	29
4.7.1	Analysoidut varaosat ja niiden kriittisyys	29
4.8	Käyttäjäkunnossapidon ohjeistus	30
5	TULEVAISUUDEN HAASTEET	31
5.1	Ohjainjärjestelmät ja sähköosat	31
5.1.1	Siemens S7-300	31
5.1.2	Siemens S5	31
5.1.3	Siemens Sinumerik 810M	31
5.1.4	Rexroth Indramat System 200 BTV 30	32
5.1.5	Sähköosat	32
5.2	Mekaaniset osat.....	32
5.3	Hydrauliikan osat	32
5.4	Hitsaukseen liittyvät osat.....	32
5.4.1	Poltinvarret, langansyöttömoottorit ja maadoituslaahaimet.....	32
5.4.2	Esab A2-A6 PEH- ja PEK-ohjaimet.....	33
5.4.3	Esab LAF 635, LAE 800 ja LAF 1001 virtalähteet	33
5.5	Suosituksiset tulevaisuuden investoinneille.....	33
6	POHDINTA.....	34
	LÄHTEET	35
	LIITE 1: KRIITTISYYSLASKURIT JA TULOKSET	35
	LIITE 2: KYSELYTUTKIMUKSEN POHJA.....	35
	LIITE 3: KÄYTTÄJÄKUNNOSSAPIDON OHJEISTUS	35

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on tehdä ANDRITZ Warkaus Worksin tuotannon avainkoneiden varaosille kriittisyys selvitys. Konekannan ikääntyessä avainkoneiden joidenkin varaosien saatavuus on heikentynyt, varaosatuki on päättymässä tai päättynyt. Työssä arvioidaan eri osien saatavuutta ja varastossa pidettävien varaosien tarvetta, jotta vikatilanteissa voidaan taata nopea tuotannon ulosajo.

Tarve tehdyille opinnäytetyölle on syntynyt tarpeesta parantaa avainkoneiden toimintavarmuutta ja minimoida mahdollisten korjausten aiheuttamat pysähdykset tuotannossa. Varaosien saatavuutta, toimittajia, toimitusaikoja ja varastossa pidettävien osien määrää ei ollut aikaisemmin selvitetty. Kriittisiä varaosia on pidetty varastossa, mutta varsinaisille osakohtaisille varastosaldolle ei ole ohjeistusta. Varastosta otetuille osille tilataan uudet tilalle sitä mukaan, kun osia vaihdetaan, ja joitakin osia ei pidetä varastossa eikä niiden toimitusaikaa tai toimittajaa tiedetä. Työn tarkoitus on toimia pohjana laajemmalle työlle, jossa varaosille on jatkossa saatavilla toimittajat, toimitusajat, hinnat ja varastosaldot. Näillä tiedoilla helpotetaan varaston seurantaa ja lyhennetään suunnittelemattomien korjaustöiden kestoa sekä pienennetään niiden aiheuttamia tuotannon menetyksiä. Tiettyjen osien kohdalla pystytään myös arvioimaan ennakoivan huollon tarvetta.

Työssä selvitetään huoltohistorian perusteella sellaiset osat, joilla on havaittavissa selkeää toistuvaa vikaantumista ja sellaiset, joiden saatavuuden tiedetään olevan heikko. Työssä tutkittavien varaosien valintaan käytetään Warkaus Worksin kunnossapidosta vastaavan KoneCranesin huoltohistoriaa koneista sekä käyttäjien ja kunnossapito henkilöstön kokemuksia koneiden vikaantumisista. Näille osille tehdään kriittisyysanalyysi PSK-standardin 6800 Excel-laskurilla, jolla luokitellaan osat kolmeen eri luokkaan alkaen vähiten kriittisistä osista: C, B ja A. Kriittisyyden tarkastelulla saadaan kokonaiskuva, jolla voidaan arvioida varastossa pidettävien osien määrää ja minimoimaan määrät vaarantamatta tuotannon jatkuvuutta.

1.1 ANDRITZ Warkaus Works Oy

ANDRITZ Warkaus Works on perustettu 1.7.2000. Vuonna 2013 yhtiö siirtyi kokonaan ANDRITZ Oy:n omistukseen, joka on myös yhtiön suurin asiakas. Yhtiön tuotteina kattiloiden paineenalaiset ydinkomponentit sekä määritellyt "ei paineenalaiset" komponentit. Pääasiassa Warkaus Works valmistaa soodakattilan tulipesän seiniä, tulistimia, kokoojakammioita, ekonomaisereita, sulakouruja ja kattiloiden huolto-osia kuten seinäohituksia. Uudet toimitilat sijaitsevat Varkauden Hasinmäessä ja ne otettiin käyttöön vuonna 2022. Alkuvuonna 2022 yhtiöllä oli 90 työntekijää, joista 19 oli toimihenkilöitä sekä muutamia vuokrahenkilöitä. Lisäksi tiloissa toimii yhteistyökumppaneita ja alihankkijoita kuten kunnossapidon, pintakäsittelyn ja tarkastuksen henkilöitä. 2021 Warkaus Worksilla oli seuraavat voimassa olevat valmistusluvut: ASME, SFS-EN ISO-9001 ja Kiinan valmistuslisenssi. Vuonna 2020 yhtiö saavutti Ympäristöjärjestelmä 14001:den. Yhtiön liikevaihto oli vuonna 2020 noin 21 Meur ja 2021 noin 15 Meur. (ANDRITZ Warkaus Works Pelisäännöt, 2021.)

1.2 KoneCranes Oy

ANDRITZ Warkaus Worksin kunnossapitoa ja varastoa on hoitanut samoissa tiloissa toimiva yhteistyökumppani KoneCranes Oy. KoneCranes on huoltanut ja korjannut tuotannon koneita sekä hallinnoinut varastoa. Yhtiö on hoitanut varaosien tilaukset omien toimituskanavien kautta ja huolehtinut varaosien varastoinnista. Tuotannon työntekijät tekevät sähköisesti huolto- ja korjauspyynnöt, ja kunnossapito tekee tarvittavat toimenpiteet työjärjestyksen mukaisesti.

1.3 Keskeiset termit

PSK-standardissa 6201 määritetään kunnossapidon termit seuraavasti:

Korjaus

Kunnossapidon toimenpide, jolla palautetaan viallisen kohteen vaadittu toiminto.

Kunnossapito

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 toiminnan sen koko elinjakson aikana.

Käyttö

Tuotannon toteuttamisen välittömät toimenpiteet, kuten prosessinohjaus ja koneiden käyttö. Käyttöön voi myös kuulua tuotteen, prosessin, tms. vaatimat kytkentöjen muutokset, vaihtoyksiköiden, komponenttien ja työkalujen vaihdot.

Parantaminen

Toimenpide, jonka tarkoituksena on parantaa kohteen turvallisuutta, luotettavuutta tai kunnossapidettävyyttä muuttamalla kohteen toimintaa.

Muuttaminen

Yhdistelmä kaikista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joilla muutetaan yhtä tai useampaa kohteen toimintaa. Huom. 2 Muutos ei ole kunnossapitoa, vaan se on kohteen toiminnan muuttamista.

Vikataajuus

Vikojen lukumäärä tarkastelujaksolla.

Vikaantumisväli

Kahden peräkkäisen vian välinen ajanjakso.

Vaurio

Vikaantumisesta voi seurata vaurio, joka on kohteeseen kehittyvän vian fyysinen ilmentymä. Esimerkiksi komponentin vikaantuminen voi johtaa ympäröivän laitteen rikkoutumiseen.

Kriittinen varaosa

Tuotannon toiminnan kannalta niin olennainen osa, että se on pidettävä häiriötilanteen varalta nopeasti saatavilla. (PSK 6201 2022.)

2 KESKEISET STANDARDIT JA KUNNOSSAPITO

2.1 Varaosa-analyysi

Tarve varaosa-analyysille syntyy, kun:

- Vaarana on avainkoneiden pitkät seisokkiajat
- Koneen ohjausjärjestelmä on vanhentunut tai vanhentumassa
- Kone on ikääntynyt tai ikääntymässä
- Varaosien saanti on vaikeutunut
- Varaosien varastossa pidettävät määrät halutaan selvittää

Analyysillä selvitetään sellaiset varaosat, jotka voivat pysäyttää koneen ja tuotannon vikaantues-
saan. Näiden osien saatavuus ja varaosatilanne selvitetään, jonka perusteella voidaan hankkia va-
rastoon ne kriittiset osat, joilla on pitkä toimitusaika. Lisäksi selvitetään sellaiset varaosat, joiden
varaosatuki on loppunut tai joita ei ole enää saatavilla. Hankkimalla kriittiset osat varastoon voidaan
minimoida koneiden seisokkiajat ja tuotantomenetykset.

Lähtötietoina analyysiin kerätään vikalistoja, tarkastusraportteja ja haastatellaan kunnossapitohenki-
löstöä sekä käyttöhenkilöstöä. Kriittisyys määritellään analyysin tekijän, koneen toimittajan varaosa-
listan ja materiaalihistorian perusteella. Näillä tiedoilla selvitetään kriittisten osien varastotiedot, val-
mistajat, jälleenmyyjät ja toimitusajat. Varaosa-analyysin loppuraportissa esitetään varaosille han-
kintasuositukset sekä hinnat hankittaville osille. (Konecranes 2015.)

2.2 PSK standardisointi

PSK Standardisointi on puolueeton teollisuuden ja sitä palvelevien yritysten yhteinen kehitysyksikkö,
jonka tavoitteena on jäsenistön, jonka jäsenyritysten yhteinen liikevaihto on noin 86 miljardia euroa,
kotimaisen ja kansainvälisen liiketoiminnan tukeminen koulutuksella ja standardisoinnilla. Standardit
laaditaan työryhmissä, joihin osallistuu vuositasolla noin 250 asiantuntijaa ja noin 500 PSK:n piirissä
olevaa aktiivista asiantuntijaa, jotka osallistuvat yhteisten ongelmien ratkaisuihin muun muassa lau-
suntojen antamisella standardiehdotuksiin. Laadittujen standardien kehyksenä käytetään eurooppa-
laisia ja kansainvälisiä tuotestandardeja. Standardit ovat käytännönläheisiä ja menetelmätyyppisiä
työkaluja. Toiminta on riippumatonta ja puolueetonta, ja ratkaisut perustuvat tutkittuun tietoon sekä
luotettaviin ja toimiviin menetelmiin. (PSK standardisointi 2023.)

2.2.1 PSK 6800

PSK-standardi 6800 esittää menetelmän ja Excel-laskurin tuotannon koneiden kriittisyysanalyysiin.
Laskurilla voidaan tehdä tuotantolinjan tai koneen varaosille kriittisyysanalyysi pisteyttämällä eri osa-
alueet, joiden yhteenlasketuista pisteistä saadaan kriittisyysindeksi seuraavalla menetelmällä.

*”Menetelmää käytetään kunnossapitosuunnitelman lähtötiedon tuottamiseen. Lisäksi sitä voidaan
käyttää esimerkiksi hankintavaiheen tukena määriteltäessä hankittavan kriittisen laitteen ominai-
suuksia, laatutasoa ja vastaanottokriteerejä”*

Kriittisyyden arviointi tehdään seuraavasti:

1. Määritetään tarkastelun laajuus.
2. Määritetään standardin kohdan 5 mukaan tuotannon menetyksen painoarvo W_p .
3. Arvioidaan sopivatko taulukossa 1 annetut muut painoarvot sovellettavalle teollisuuden toimialalle. Tarvittaessa standardissa annettuja painoarvoja muutetaan.
4. Listataan standardin liitteenä 1 olevaan taulukkolaskentaohjelmaan tarkasteltavat laitteet.
5. Valitaan tarkasteltaville laitteille taulukosta 1 käytettävät kertoimet.
6. Ohjelma laskee laitteiden kriittisyysindeksin (K) ja sen osaindeksit (K_s , K_e , K_p , K_q ja K_r) käyttäen hyväksi annettuja parametreja.
7. Kriittisyysluokittelu tehdään lajittelemalla laitteet kriittisyysindeksin K mukaiseen järjestykseen. Mikäli laitteiden kriittisyyttä halutaan tarkastella vain esimerkiksi laatu- ja kustannusten kannalta, käytetään lajitteluperusteena kriittisyyden osaindeksiä K_q , katso kohta 6.

(PSK 6800 2008, 3)

Varsinaisesti laskentatyökalu (kuva 1) on tehty suurempia tuotantokokonaisuuksia varten, mutta sovellettuna on toimiva ratkaisu myös koneen yksittäisten komponenttien kriittisyyden arviointiin.

Laitos		Kriittisyysluokittelun kohde		Tekijät		Versio		Päiväys		Kriittisyyden raja-arvo	400			
										Tuotannon menetyksen painoarvokerroin W_p	100			
Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö 0...16	Tuotannon menetys (0...4)	Lopputuotteen laatu- ja kustannus (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyysindeksi	Kriittisyyden osaindeksit					
		Painoarvot $W \rightarrow$	30	20	100	30	20		K	K_s	K_e	K_p	K_q	K_r
								0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0
								0	0	0	0	0	0	0

KUVA 1. Kriittisyyden laskentaohjelma (PSK 6800 2008)

Kriittisyysindeksiin vaikuttavat vikaantumisväli, turvallisuus, ympäristö, tuotannon menetys ja korjauskustannukset. PSK 6800 standardi antaa ohjeelliset arvot kriteerien määrittelyyn taulukon mukaisesti (kuva 2).

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_s = 30$	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	$M_s = 0$	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 $W_p = 0...100$	$M_p = 0$	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 $W_q = 30$	$M_o = 0$	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.	
		$M_o = 1$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 1 h)	
		$M_o = 2$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 3 h)	
		$M_o = 3$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)	
		$M_o = 4$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >8 h)	
Korjaus- tai seurauskustannukset $W_r = 20$	$M_r = 0$	Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.		
	$M_r = 1$	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 2 h)		
	$M_r = 2$	Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 10 h)		
	$M_r = 3$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)		
	$M_r = 4$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >24 h)		

¹⁾ Lukuarvot ovat ohjeellisia

KUVA 2. Laitetason kriittisyyden tekijät (PSK 6800 2008)

Kriteerit määritellään laitoskohtaisesti, johon luokittelua tehdään. Eri osa-alueiden painoarvot ja kriittisyys määritellään tapauskohtaisesti. Kriittisyysindeksi muodostuu turvallisuusriskistä, ympäristöriskistä, tuotannon menetyksestä, laatukustannuksista, korjaus- tai seurauskustannuksista ja vikaantumisvälistä. Painoarvo 100 % jaetaan tapauskohtaisesti sopivassa suhteessa turvallisuusriskeille, ympäristöriskeille, laatukustannuksille ja korjaus- tai seurauskustannuksille. Näiden summa 100 % on tuotannon menetyksen painoarvo. Painoarvolla kerrotaan osa-alueelle annettu kerroin ja kriittisyysindeksi saadaan laskettua kaavalla $K = p \times (W_s \times M_s + W_e \times M_e + W_p \times M_p + W_q \times M_q + W_r \times M_r)$. (PSK 6800 2008)

2.2.2 Koneen osien kriittisyystarkastelu

Tarkastelu aloitettiin jakamalla kone osiin käyttämällä hyväksi huoltohistoriaa sekä käyttäjien ja huoltohenkilöstön kokemuksia. Tarkastelu kuitenkin rajattiin koskemaan osia, joilla selkeästi on havaittavissa toistuvia vikaantumisia huolto- ja käyttöhistoriassa. Ulkopuolelle jätettiin osat, joiden vikaantuminen historian ja kokemusten perusteella on hyvin epätodennäköistä. Kuitenkin sellaiset osat lisättiin työhön, joiden kohdalla varaosatuki oli loppunut ja korvaavia osia ei ollut saatavilla, tai esi-

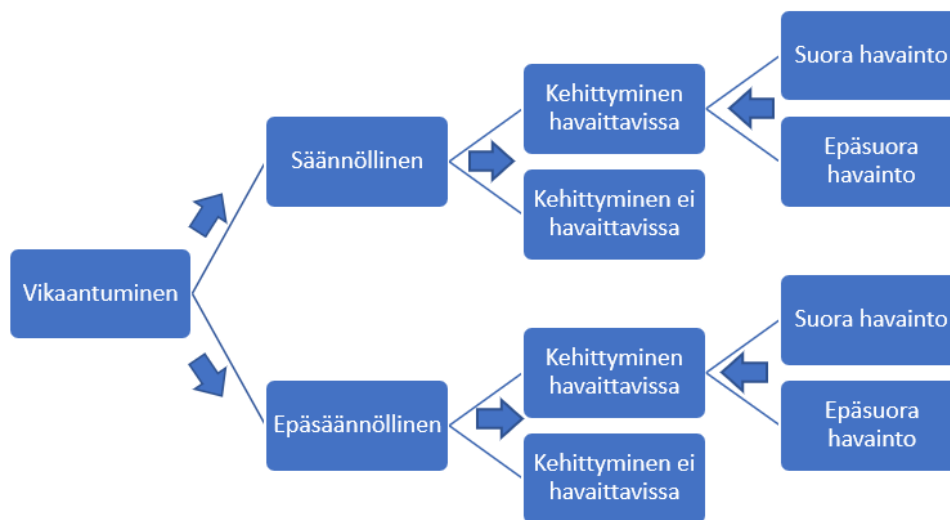
merkiksi toimintakuntoon saattaminen olisi vaatinut niin suurta investointia, ettei se olisi ollut taloudellisesti järkevää. Esimerkkinä tästä Ayce 100 työstökeskukselle oli pyydetty tarjous ohjainpäivityksestä, joka oli ollut kannattamaton johtuen koneen iästä ja käyttöasteesta.

2.2.3 Osien vian kehittyminen

Osien vikaantumisen kehittyminen voidaan määritellä vikaantumispuun mukaisesti. Tietolähteenä työssä ovat muun muassa:

- Kunnossapidon tallentamat vikahistoriatiedot
- Käyttäjien kokemukset vikaantumisista
- Kunnossapidon henkilöstön ja huoltoyritysten kokemukset

Näistä kerätyillä tiedoilla voidaan arvioida osien vikaantumisen säännöllisyyttä tai epäsäännöllisyyttä. Kuitenkin johtuen koneiden käyttöasteen epäsäännöllisyydestä ja työstettävien materiaalien vaihteluissa myös vikaantumissykleissä on ollut vaihteluita. Tästä huolimatta huoltohistoriasta sai selkeän kuvan osista, jotka toistuvasti vikaantuivat. Osien vian kehittyminen voidaan esittää vikaantumispuun (kuva 3) avulla.



KUVA 3. Vikaantumispuu (Taskinen 2023)

Tuotettavien kappaleiden materiaalit, paksuudet, koot sekä esimerkiksi taivutussäteet ja -kulmat vaihtelevat, joten nämä rasittavat koneen eri osia tavalla. Tämän takia eri tuotteet rasittavat koneita eri tavalla. Tämä asettaa rajoitteita luotettavaan vikaantumissyklin arviointiin, kuitenkin vikahistorian perusteella voitiin arvioida koneiden kriittisiä osia. (Laine 2010, 140.)

Puhtaanapito korostuu esimerkiksi liukupintojen ja rullien kohdalla. Vikaantuneet tai lommoontuneet liukupinnat ja ohjainrullat voivat aiheuttaa työstettävän kappaleen pintaan, jotka voivat aiheuttaa lisäkustannuksia, jos kappaleet vaurioituvat. Lisätyönä voi tulla esimerkiksi putken vaihto hitsatta-

vaan paneeliin tai muita kustannuksia aiheuttavia vaurioita. Pahimmassa tapauksessa tuotteet päätyvät vaurioituneena asiakkaalle, jolloin korjauskustannukset nousevat ja vahinkoa aiheutuu menetetyistä maineesta.

Joissakin tapauksissa, kuten putkentaivutuskoneissa, käyttäjät voivat havainnoida tulevia korjauskohteita aistien perusteella. Laatupoikkeamat, äänet, näkyvät viat ja muutokset koneen toiminnassa viestivät tulevista vikaantumisista. Vikatilan voidaan katsoa olevan pitkän kehitysketjun viimeinen lenkki ja pääsemällä tähän kehitysketjuun riittävän varhain voidaan vaurioitumista vähentää merkittävästi. Myös erilaiset laakeriviat ovat usein havaittavissa ääninä, värinä ja heikentyneenä laaduna. (Järviö ym. 2007, 53.)

2.2.4 Kriittisyysarviointi ja ABC-analyysi

Kriittisyyttä arvioidessa käytettiin PSK-standardin 6800 mukaista Excel-työkalua, jolla pystyttiin jakamaan osat kolmeen luokkaan kriittisyyden mukaan, A, B ja C kriittisimmästä -ei niin kriittisiin. PSK-standardi 6201 määrittelee ABC-analyysin seuraavasti: Varastonimikkeet asetetaan tärkeysjärjestykseen esimerkiksi niiden hinnan, kriittisyyden tai jonkin muun tarkasteltavan ominaisuuden mukaan (A-, B- ja C-tuotteet). Käytännössä Excel työkaluun asetettiin kaksi raja-arvoa, joiden mukaan osat luokiteltiin. Arvon 400 alle jäävät kuuluivat luokkaan C, arvon 400 ylittävät mutta arvon 1600 alle jäävät luokkaan B ja arvon 1600 ylittävät luokkaan A. (PSK 6800 2008, PSK 6201 2022.)

2.3 Kunnossapidon kustannusjakaumat/tyypit

Kunnossapidon kannattavuuden analysointi suorilla taloudellisilla laskelmilla on hankalaa tarkasteluun liittyvien eri osien vuoksi, kuten kunnossapidolla saavutettujen tuottojen laskeminen. Laadun paraneminen ja tuotannon kasvu voidaan laskea perinteisillä menetelmien avulla, kun taas toimintavarmuuden paranemisesta johtuvaa markkinaosuuden kasvua on hankalampaa käsitellä rahassa tehtävillä vertailulaskelmilla.

Suorat kustannukset kunnossapidosta voidaan jaotella eri tavoilla ja niiden yhdistelmiin:

-Työtehtäviin

-Työkohteisiin

-Kustannuslajeittain

-Toimenpidelajeittain

-Työn suorittajan alan tai tekniikan eri alojen mukaan, kuten sähkö-, kone-, rakennustekniikan jne. mukaan.

Perinteisessä kirjanpitoon pohjautuvassa kustannusjaottelussa kustannukset jaotellaan palkkoihin, tila- ja työkalukustannuksiin, varaosiin ja tarvikkeisiin, ostettuihin palveluihin ja hallinnollisiin kustannuksiin.

Tuottoa tuotannon lisäarvosta syntyy vähentämällä tuotannon seisakkiaikoja ja käyttämällä tehokkaammin tuotantohyödykkeitä. Tuotannon koneiden korkeimman mahdollisen tehokkuuden saavuttamiseksi tulee keskittyä seisakkiaikojen minimoimiseen, tuotantonopeuden ylläpitoon ja laatupuutteiden poistamiseen. Karkeasti voidaan laskea, että tuotannon lisäarvo = tuotannon lisäys.

Kunnossapidolla tehostetusta tuotannosta saadaan myös tuottoja parantuneen laadun, toimitusvarmuuden, koneiden käyttöiän pitenemisen ja parantuneen maineen muodossa. Myös tuotannolle riittää pienemmät raaka-aine-, väli- ja lopputuotevarastot. (Opetushallitus 2015.)

2.4 Korjaava kunnossapito ja ennustava kunnossapito

Korjaavassa kunnossapidossa on tavoitteena palauttaa kone tilaan, jossa se pystyy toteuttamaan vaaditun toiminnon vian tai muun poikkeaman havaitsemisen jälkeen. Usein tämä on suunnittelema- tonta korjausta ja toteutetaan välittömästi. Korjaustarve voi ilmetä välittömästi tai viiveellä esimerkiksi laatupoikkeamien havaitsemisen jälkeen. Ennustavassa kunnossapidossa tehtävät korjaavat toimenpiteet pyritään ajoittamaan ennusteiden perusteella. Ennusteita saadaan analyyseistä, havaituista tunnusmerkeistä ja tarkastelemalla koneen tilan tai toiminnan muutoksia. (PSK 6201 2022.)

2.5 Kunnossapidon ohjaus

Kunnossapitoa on tehty Konecranesin toimesta ja tiettyihin koneisiin sekä niiden komponentteihin on tehty huollot suunnitelman mukaisesti. Käytönaikaisissa konerikko- ja häiriötilanteissa käyttäjät laativat vikailmoituksen sähköisesti halleissa olevilla päätteillä. Viat kunnostetaan seuraavassa järjestyksessä:

1. Työturvallisuutta vaarantavat
2. Avainkoneet
3. Muut koneet
4. Koneet, jotka voidaan korvata muilla koneilla

Kunnossapidon työnjohtaja asettaa korjaustarpeet tärkeysjärjestykseen ottaen huomioon edellä mainitun työjärjestyksen ja toimittaa toimeksiannot kunnossapitohenkilöstölle. Konecranes kirjaa tehdyt huoltotoimenpiteet tietojärjestelmäänsä. (ANDRITZ 2022.)

2.6 Varasto ja varaston hallinta

Varaston hallinnan kannalta tärkeitä huomioon otettavia tekijöitä on osien rikkoutumisen ennakoitavuus, yllättävän rikkoutumisen todennäköisyys, osien varastointi ja niiden tuottamiseen tarvittava aika. Alihankintaosilla tärkeinä tekijöinä on toimitusaika, joihin toimittaja on sitoutunut tai sitten sitoutunut pitämään varaosaa varastossaan tai valmistamaan toimitusaikalupauksella. Myös osan tai osien hinta on otettava huomioon varaston hallinnassa. Vaikka tuotannon kannalta saatavuus on paras, kun varaosa on omassa varastossa, tämä ei aina ole taloudellisesti paras ratkaisu. Jos varaosien kierto varastossa on huono, pääomakustannukset varaosaa kohti ovat korkeita. Tilanteessa, jossa koneita poistetaan käytöstä ja romutetaan, saatetaan havaita, että koneeseen on runsaasti

varaosia, jotka myös joudutaan romuttamaan ja samalla menetetään rahaa. Varastossa siis kannattaa pitää kriittisimpiä varaosia, joilla on pitkä toimitusaika ja vikaantuminen on epäsäännöllistä sekä vaikeasti ennakoitavaa. Tällaisia osia tavallisesti ovat elektroniikan komponentit. Joidenkin halpojen osien varastomäärä, kuten laakereiden, kannattaa pitää sellaisella tasolla, että uusi osa on välittömästi saatavilla. Varaosatoimittajia arvioidessa on otettava huomioon, että usein koneiden ja laitteiden valmistajat nykyisin ostavat komponentit toimittajilta, jotka voivat myös käyttää alihankintaa. Näin ollen yksittäisten osien ostoketjut voivat olla hyvinkin pitkiä, pois lukien yleisesti moniin käyttö-tarkoituksiin sopivat varaosat, jotka ovat ”hyllytavaraa”, kuten laakerit. (Laine 2010, 142–143.)

3 TYÖVAIHEET

3.1 Aloitusvaihe ja aiheeseen perehtyminen

Työ aloitettiin sopimalla tilaajan kanssa työstä ja työn tavoitteista. Työ rajattiin koskemaan tiettyjä tuotannon avainkoneita, jotka olivat: Putkentaivutus koneet Schwarze-Wirtz CNC 100 DB, Schwarze-Wirtz SR 100 DB, Schwarze-Wirtz WE 80, portaalihitsauskone Pema, paneelihitsauskone Pema, Valmet työstökeskus ja Ayce 100 aarpora.

Näiden koneiden huoltohistorian sekä huoltohenkilöstön ja tuotannon työntekijöiden kokemuspohjan perusteella päätettiin arvioida eri osien kriittisyyttä. Aloituspalaveri pidettiin 20.1.2023 Savonian ja Warkaus Worksin työnohjaajien kesken. Palaverissa käytiin läpi työn tavoitteet ja rajaukset.

Työsuunnitelmaa tehdessä perehdyttiin työmenetelmiin, alan kirjallisuuteen, työhön liittyviin standardeihin sekä etsittiin työhön liittyviä materiaaleja ja lähteitä. Aloitusvaiheen päätteeksi palautettiin työsuunnitelma.

3.1.1 Työn lähtökohdat

Varsinaista kunnossapitostrategiaa ei ole käytössä. Tietyille koneille tehdään vuosihuollot ja tarkastetaan sekä tarvittaessa vaihdetaan tietyt osat tarpeen vaatiessa. Muuten koneille ja laitteille suoritetaan korjaavaa kunnossapitoa tarpeen mukaan. Varastossa pidettäville osille ei ole ohjeistusta, joitakin osia pidetään varastossa ja tilataan uusi käyttöön otettujen tilalle.

3.2 Työvaihe

Työvaiheen aluksi hankittiin KoneCranesilta avainkoneiden huoltohistoria, joka oli saatavilla aikaväliltä 01/2017–01/2023. Koska huoltohistoria oli suhteellisen lyhyeltä ajalta, kerättiin lisätietoa kunnossapidon työntekijöiltä ja tuotannon työntekijöiltä lisätietoa koneiden historiasta. Kunnossapidon henkilöstöä haastatteleamalla saatiin tietoa noin kymmenen vuoden ajalta ja tuotannon henkilöstöltä vuosikymmenten ajalta, joten haastatteluilla oli suuri merkitys työlle. Huoltohistoriasta oli havaittavissa tiettyjen osien toistuva vikaantuminen, kuitenkin vikaantumissyklissä oli vaihtelua. Vaihtelua selittävät tuotannon työkuorma ja työstettävät materiaalit. Vaihtelevasti tuotanto on käynnissä yhdessä, kahdessa tai kolmessa vuorossa, myös esimerkiksi työstettävien putkien halkaisija, seinämävahvuus ja materiaali vaihtelee tilatun lopputuotteen mukaan.

Huoltohistoriasta selvisi selkeitä kohteita, jotka olivat aiheuttaneet ongelmia. Kuitenkaan kaikkia oleellisia korjaustöitä ei ollut huoltohistoriassa, vaan tieto tehdyistä toimenpiteistä tuli käyttäjiltä ja kunnossapidolta. Esimerkiksi putkentaivutus koneiden pääketju oli vaihdettu historian aikana, mutta siitä ei ollut mainintaa kunnossapidon tietojärjestelmissä. Tätä ketjua voitiin pitää koneen toiminnan kannalta kriittisenä osana, koska katketessaan ketju pysäyttää koneen toiminnan täysin ja tuotantolinjan muu tuotanto on riippuvainen koneen tuottamista taivutuksista. Korjaustyön viipyessä pahimmillaan vika voi pysäyttää linjan tuotannon osittain tai kokonaan.

Huoltohistorian läpikäynti aloitettiin kokoamalla tiedot yhteen kolmesta eri Excel taulukosta konekohtaisiksi luetteloiksi. Kootun luettelon huoltotoimenpiteet jaettiin kategorioihin kunnossapidon toimen-

piteiden mukaisesti, kuten esimerkiksi hydraulikkaan, pneumatiikkaan, mekaanisiin liikkeisiin, ohjaimiin, laakereihin ja muihin konekohtaisiin toimintoihin liittyviin osioihin. Listaukset järjestettiin päivämäärän mukaan järjestykseen, ja poistettiin turhat sekä kahteen kertaan tehdyt kirjaukset.

Listasta oli havaittavissa sellaisia komponentteja, joiden vikaantuminen oli toistuvaa. Näiden osalta pystyttiin myös arvioimaan vikaantumisväliä tarkemmin. Kuitenkin työhön valittiin myös sellaisia osia, joiden saatavuuden tiedettiin olevan huono, toimitusaikojen pitkiä, tai sellaisia, joita on pidettävä kunnossapidon varastossa. Työhön valitut osat päätettiin lopullisesti tuotantopäällikön ja kunnossapidon kanssa.

Seuraavassa vaiheessa aloitettiin varaosien mallien selvitys ja toimittajien selvitys. Joidenkin osien, kuten sähkömoottoreiden, mallit sai selville tyyppikilvistä, kun taas joidenkin osien mallit täytyi selvittää konekansioista. Kuitenkin joihinkin koneisiin oli tehty vuosien saatossa muutoksia, joista ei ollut huoltohistoriassa mainintaa. Jotkin muutoksista oli tehty koska alkuperäisiä tai korvaavia osia ei ollut enää saatavilla. Konekansioita oli kahdesta viiteen jokaista selvittävää konetta kohti, ja osa kansioista oli saksankielisiä, jotka toivat omat haasteensa selvitystyöhön. Lähtökohtaisesti toimittajia etsittiin tunnetuista toimittajista, ja joissain tapauksissa kysely lähetettiin suoraan maahantuojalle tai valmistajalle. Samaan aikaan toimittajien selvityksen kanssa alkoi kriittisyysarvioinnin työstäminen. Kriittisyyden arviointiin käytettiin PSK standardin 6800 laskentatyökalua. Kuitenkin todettiin, että laskurissa käytetty arvo p eli vikaantumisväli ei ole niin oleellinen kuin varaosien toimitusaika, joten vikaantumisvälin sijaan käytettiin laskurissa osan toimitusaikaa. Kriittisyyslaskuriin asetettiin raja-arvot, joilla voitiin luokitella osat kolmeen eri luokkaan. Excel työkaluun asetettiin kaksi raja-arvoa, joiden mukaan osat luokiteltiin A, B ja C luokkiin. Arvon 400 alle jäävät kuuluivat luokkaan C, arvon 400 ylittävät mutta arvon 1600 alle jäävät luokkaan B ja arvon 1600 ylittävät luokkaan A. Näin saatiin luokiteltua kriittisyydet osille, joiden perusteella pystyttiin arvioimaan varastossa pidettävien varaosien määrää. Varastosaldojen arvioinnissa otettiin huomioon osan kriittisyysluokka, toimitusaika ja hinta.

3.2.1 Kriittisyysluokittelu ja toimitusaika

Kriittisyysarviointiin sovellettiin laskuria eri osa-alueiden kertoimia ja painoarvoja muuttamalla työhön soveltuvalla tavalla. Useimpien osien kohdalla vikaantumisvälit ovat pitkiä, ja vikaantumisväliä oleellisempi arvo on osien toimitusaika. Toimitusaikojen kerroin määritettiin taulukon (taulukko 1) mukaisesti. Pienin kerroin yksi tarkoittaa, että osa on saatavilla toimittajan varastossa Varkaudessa, ja suurin kerroin kahdeksan tarkoittaa yli neljän viikon toimitusaikaa.

TAULUKKO 1. Toimitusaika ja kertoimet

Toimitusaika	Kerroin
Toimittajan varastossa Varkaudessa	1
1 päivä	2
2-3 päivää	3
1 vko	4
2 vko	5
3 vko	6
4 vko	7
Yli 4 vko	8

3.2.2 Turvallisuusriskit ja ympäristöriskit

Turvallisuusriskit koneiden käytössä ja vikaantumistilanteissa olivat hyvin pieniä. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta määrittelee turvallisuuteen liittyvät vaatimukset. Käytännössä koneet ovat tehty turvalliseksi käyttää ja huoltaa asetusten mukaisesti, joten painoarvo turvallisuuden kriittisyydessä asetettiin pieneksi, viiteen prosenttiin. Samoin ympäristöriskit, koska koneet sijaitsivat tuotantotiloissa, jossa ympäristövahingot jäisivät hyvin rajatulle alueelle. Suurimpana ympäristöriskinä voisi nähdä hydrauliiikan öljyvuodon, mutta sekin tulisi jäämään hyvin rajatulle alueelle koneen läheisyydessä, ja olisi siivottavissa imeyttämällä hyvinkin nopeasti. Näin ollen myös ympäristöriskien painoarvo asetettiin viiteen prosenttiin. Taulukossa (taulukko 2) on esitetty kertoimet ja perusteet kertoimille. (VNA 400/2008.)

TAULUKKO 2. Turvallisuusriskit, ympäristövaikutukset ja kertoimet

Turvallisuusriskit	Kerroin
Ei turvallisuusriskiä	0
Lievä turvallisuusriski	1-2
Lievästi kohonnut turvallisuusriski	3-4
Ympäristövaikutukset	
Ei ympäristövaikutusta	0
Pieni ympäristöhaitta	1
Lievä ympäristön likaantuminen	2

3.2.3 Tuotannon menetys

Tuotannon menetyksellä tarkoitetaan aikaa, jona vikaantumisen takia ei pystytä tekemään tuotantoa. Yksi tunti tai vähemmän on tuotannon kannalta lähes merkityksetön, joten kertoimet saavat arvon yksi, jos aikaa menee noin kaksi tuntia, ja siitä aika ja kertoimet kasvavat progressiivisesti ylöspäin (taulukko 3). Tuotannon menetyksen painoarvo on 100 %, joka on turvallisuusriskien, ympäristöriskien, laatu- ja korjauskustannusten ja korjauskustannusten summa.

TAULUKKO 3. Tuotannon menetys ja kertoimet

Tuotannon menetys:	Kerroin
1h tai vähemmän	0
2h	1
4h	2
8h	3
Yli 16h	4

3.2.4 Laatukustannukset

Laatukustannukset ja niiden kertoimet asetettiin heikentyneestä laadusta johtuviin kustannuksiin. Näitä kustannuksia ovat esimerkiksi tuotteen korjauskustannukset, materiaalihukat ja ylimääräiset tarkastuskustannukset. Näiden kustannusten summaa arvioiden asetettiin kertoimet (taulukko 4). Laatukustannusten painoarvoksi asetettiin 45 %.

TAULUKKO 4. Laatukustannukset ja kertoimet.

Laatukustannus	Kerroin
Vähäinen kustannus	0
Alle 1000e	1
Alle 5000e	2
Alle 10000e	3
Suuret kustannukset	4

3.2.5 Korjauskustannukset

Korjauskustannuksiin kuuluvat varaosan hinta ja kunnossapidon tekemän työn tuntiveloitus. Kokonaiskustannus on arvioitu lisäämällä varaosan hintaan kunnossapidon arvioitu koneen korjausaika (taulukko 5). Korjauskustannusten painoarvoksi asetettiin 45 %.

TAULUKKO 5. Korjauskustannukset ja kertoimet

Korjauskustannus	Kerroin
Alle 50e	0
Alle 100e	1
Alle 500e	2
Alle 1000e	3
Yli 1000e	4

4 KONEIDEN ESITTELY JA KONEKOHTAINEN ANALYYSI

4.1 Putkentaivutuskone Schwarze-Wirtz CNC 100 DB

CNC-ohjatulla taivutuskoneella taivutetaan pääasiassa tulistinputkien taifeita ja paluupolvia (kuva 4). Uusiin toimitiloihin muuton yhteydessä koneen ohjaus ja taivutuspyötä modernisoitiin vastamaan sen aikaisia tarpeita. Uudistettu ohjausjärjestelmä mahdollisti mm. koneen etäohjauksen ja ohjelmoinnin. SR 100 DB:hen erona koneessa on automaattinen putken syöttölaite "tykki" ja putken mittaus taivutuslestille sekä automaattinen putken katkaisusaha.



KUVA 4. Schwarze-Wirtz CNC 100 DB (Taskinen 2023)

4.1.1 Analysoidut varaosat ja niiden kriittisyys

Pystyakseliin kohdistuu koneen kovimmat mekaaniset rasitukset. Paksut putkimateriaalit ovat aiheuttaneet yllättäviä akselin katkeamisia, joten osaa suositellaan pidettäväksi varastossa, samoin alapään osat. Pääketjun katkeaminen tapahtuu yleensä yllättäen ja samoista syistä kuin pystyakselin. Pienempi ketju ei ole niin herkkä rikkoutumaan, kuitenkin se on suositeltavaa pitää varastossa. Säätöventtiilin toimitusaika on pitkä ja sitä suositellaan pidettäväksi varastossa. Rajakytinten hinta on alhainen ja toimitusaika saattaa olla viikkoja, joten niitä suositellaan pidettäväksi varastossa useampi (taulukko 6).

TAULUKKO 6. Schwarze-Wirtz CNC 100 DB putkentaivutuskoneen analyysin tulokset

Kone	Putkentaivutuskone CNC 100 DB		
Osa	Kriittisyysindeksi	Kriittisyysluokka	Suositus varastosaldoksi
Pysty akseli	4280	A	1
Alapään osat	4280	A	1
Pääketju	3080	A	1
Ketju pienempi	570	B	1
Proportionaali- eli säätöventtiili	2065	A	1
Rajakytkimet	930	B	2

4.2 Putkentaivutuskone Schwarze-Wirtz SR 100 DB "Lumikki"

Konetta (kuva 5) käytetään pääasiassa soodakattilan alaosien ohitusten mm. sulakouruohitusten, paloilmaohitusten ja muiden keittopintojen läpivientien putkien taivutukseen. Koneen taivutusta ohjaa Siemens S5 logiikka. Suurimpana erona CNC-taivutuskoneeseen on ohjaus ja putken syötön puuttuminen.



KUVA 5. Schwarze-Wirtz SR 100 DB "Lumikki" (Taskinen 2023)

4.2.1 Analysoidut varaosat ja niiden kriittisyys

Pysty akseli ja käännön alapään osat (ks. kuva 6) ovat kriittisimmät osista. Niiden kuluminen on havaittavissa väljyytenä liikkeissä, kuitenkin murtumisia ja katkeamisia voi tapahtua yllättäen. Johtuen pitkästä toimitusajasta osia suositellaan pidettäväksi varastossa (taulukko 7). Myös pääketjun katkeamista on hankala ennakoita, joten on suositeltavaa pitää ketju varastossa kuten myös pienempi ketju. Käyttöpolkimen toimitusaika on lyhyt, kuitenkin huoltohistoriasta voi havaita toistuvia vikaantumisia, joten varapoljin kannattaa pitää varastossa. Sähkömoottorilla ei ole vikahistoriaa ja se on saatavilla toimittajan varastosta lyhyellä toimitusajalla, joten tämän osan hankkiminen varastoon ei ole tarpeellista. Jäähdytyspumppu on toiminnan kannalta kriittinen osa ja alhaisesta hinnasta se kannattaa pitää varastossa, kuten myös rajakytkimet.

TAULUKKO 7. Schwarze-Wirtz SR 100 DB putkentaivutuskoneen analyysin tulokset

Kone	Putkentaivutuskone SR 100 DB		
Osa	Kriittisyysindeksi	Kriittisyysluokka	Suositus varastosaldoksi
Pystyakseli	4280	A	1
Alapään osat	4280	A	1
Pääketju	3080	A	1
Ketju pienempi	570	B	1
Poljin	435	B	1
Polkimen osat	435	B	1
Moottori	1875	A	0
Jäähdytyspumppu	300	C	1
Rajakytkimet	930	B	2



KUVA 6. Taivutuskoneen alapään osat. (Taskinen 2023)

4.3 Putkentaivutuskone Schwarze-Wirtz WE 80

Konetta käytetään pääasiassa soodakattilan kokoojakammioiden putkitaipeden taivutukseen ja keit-topintojen ohitusten taivutukseen. Koneen liikkeitä ohjaa Omron CJ1M logiikka. Muihin putkentaivutuskoneisiin verrattuna kone on kooltaan ja tehoiltaan pienempi (kuva 7).



KUVA 7. Putkentaivutuskone Schwarze-Wirtz WE 80. (Taskinen 2023)

4.3.1 Analysoidut varaosat ja niiden kriittisyys

Osista pystyakseli varaosineen ja Omron-ohjain ylittivät kriittisyysindeksin 1600, ja ne luokiteltiin kriittisyysluokkaan A. Omronilta ei ollut enää saatavilla käytössä olevaa ohjaus logiikkaa, mutta korvaava malli on markkinoilla, jolla vanhentunut malli voitaisiin korvata suhteellisen pienellä investoinnilla. Muiden osien, kuten rajakytkinten saatavuus on hyvä, mutta toimitusajat voivat olla pitkiä. Osien hintoja tarkastellessa havaittiin, että esimerkiksi rajakytkinten hinta on alhainen ja toimitusaika pitkä, joten niitä kannattaa pitää varastossa vikatilanteiden varalta (taulukko 8).

TAULUKKO 8. Schwarze-Wirtz WE 80 putkentaivutuskoneen analyysin tulokset

Kone	Putkentaivutuskone WE 80		
Osa	Kriittisyysindeksi	Kriittisyysluokka	Suositus varastosaldoksi
Pystyakseli	4280	A	1
Alapäänosat	3200	A	1
Ketju	1500	B	1
Potentiometri	705	B	1
Ohjaus Cpu	2280	A	1
Rajakytkimet	1380	A	1

4.4 Portaalihitsauskone Pema

Portaalihitsauskoneella (kuva 8) hitsataan soodakattiloiden keittopintojen evärautoja kiinni seinäputkiin. Eväraudoilla putket yhdistetään yhdeksi elementiksi, joista kattilan runko on koottu. Hitsaus tapahtuu SAW-prosessilla (submerged arc welding) eli jauhekaariprosessilla. Koneella on mahdollista hitsata kahdeksalla poltinpäällä samanaikaisesti. Poltinpäällä tarkoitetaan hitsaavaa poltinpäätä. Kone liikkuu lattiaan asennettujen kiskojen päällä ja hitsaa pöydälle asetellut putket sekä eväraudat kiinni toisiinsa. Logiikkana koneessa on Siemens S7 300.



KUVA 8. Portaalihitsauskone Pema (Taskinen 2023)

4.4.1 Analysoidut varaosat ja niiden kriittisyys

Polttimien siirtomoottoreilla tarkoitetaan hitsauspolttimien hitsauspäitä asemointia ohjaavia moottoreita. Liikkeet ovat ylös ja alas liikkeet sekä sivuliikkeet. Näitä moottoreita on useita, ja ne ovat sovellettavissa yleismallisista kuorma-autojen tuulilasin pyyhkijänmoottoreista. Koska ne ovat yleismallisia, niiden hinta on matala ja toimitusaika lyhyt. Suositeltava varastomäärä on yksi. Poltinvarret, jotka johtavat hitsausvirran ja -langan ovat tilauksesta työstettäviä kappaleita, joten toimitusaika riippuu toimittajan työkuormasta. Nämä osat ovat yhteensopivia paneelihitsauskoneen koneeseen, joten niiden määrä varastossa pidettävä määrä on yhteensovitettu molemmille koneille. Sivusiirtojen moottorit ja vaihteistot ovat toimintavarmoja, joten niitä ei kannata pitää varastossa yhtä kappaletta enempää. Maadoituslaahaimet vaihdetaan yleensä vuosihuollon yhteydessä, ja ne hankitaan etukäteen varastoon. Laahaimet tehdään tilaustyönä tietyn mittaisista kupariakseleista ja niitä valmistetaan vähintään kaksi sarjaa (taulukko 9) eli 40 kappaletta. Kone liikkuu kiskojen päällä kahden servomoottorin avulla. On huomattu, että toisen servomoottorin vikaantuminen ei estä koneen toimintaa, joten molempien moottorien pitäminen varastossa ei ole kannattavaa. Kuitenkin yksi moottori on suositeltavaa pitää varastossa. Vetopyörät, vapaapyörät ja niiden akselit eivät välttämättä aiheile ennen vikaantumista. Koska toimitusaika on pitkä, niitä suositellaan pidettäväksi sarjat varastossa. Näiden laakerit kannattaa pitää varastossa, vaikka ne ovat saatavana hyvin lyhyellä toimitusajalla ja hinta on alhainen. Siemens S7-300 sarjan ohjaimella ja siihen liittyvillä osilla on pitkä toimitusaika, kuitenkin osat ovat saatavana pikatoimituksena muutamassa päivässä. Pikatoimitus kuitenkin nostaa yksittäisten osien hintaa, ja kaikkien osien hankkiminen varastoon nostaa varaston arvon liian korkeaksi. Näin ollen suositellaan hankittavaksi varastoon vain ne osat, jotka ovat yhteensopivia paneelihitsauskoneen ohjaimen kanssa. Hitsausvirtalähteiden ja PEK-ohjainten saatavuus on hyvä, ja koska yhden ohjaimen tai virtalähteen vikaantuminen vaikuttaa vain yhteen poltinpäähän, näiden hankki-

minen varastoon ei ole välttämätöntä. Kuitenkin suositellaan, että PEK-ohjaimen väyläkortti hankitaan varastoon. Evärullien ja kuonamurskaimien osia on varastossa, mutta toimitusaika on pitkä. Rakenteeltaan nämä ovat yksikertaisia ja niiden kunnostaminen on mahdollista kunnossapidon koneilla. Suositellaan että varalla olevien osien kuntoa seurataan ja tarvittaessa hankitaan uudet osat varastoon. Langansiirtomoottorit ovat kalliita, ja yhden moottorin rikkoutuminen ei estä muiden poltinpäiden käyttöä. Yhtä moottoria suositellaan pidettäväksi varastossa, ja mahdollisesta paneelihitsauskoneen modernisoinnista jää varastoon moottoreita yhden varastossa olevan moottorin lisäksi, joten uusien hankkiminen ei ole tarpeellista. Moottoreiden laakereita on suositeltavaa pitää varastossa, jotta moottorit voidaan huoltaa tarvittaessa ja näin pidentää niiden käyttöikä. Syklonien kulutuspalojen kuntoa on syytä seurata huoltojen yhteydessä ja tarvittaessa tilata uudet varastoon. Jauheen syöttöletkut ja imurin letkut ovat kuluvia osia, jotka ovat suositeltavaa pitää varastossa ja vaihtaa vuosihuollon yhteydessä. Jauheensyöttöventtiilit ovat pitkäikäisiä, silti niitä on suositeltavaa pitää kaksi varastossa koska venttiilit sopivat myös paneelihitsauskoneeseen.

TAULUKKO 9. Portaalihitsauskone Peman analyysin tulokset

Kone	Pema portaalihitsauskone		
Osa	Kriittisyysindeksi	Kriittisyysluokka	Suositus varastosaldoksi
Polttimien siirtomoottorit	540	B	1
Polttinvarret/suutinputket	270	C	8
Sivusiirtojen moottorit	940	B	1
Sivusiirtojen vaihteet	1300	B	1
Laahaimet	2125	A	1 sarja/20 kpl
Vetopyörät/vapaapyörät	4240	A	1 sarja (4 kpl)
Vetopyörien akselit	4240	A	2 sarja (4 kpl)
Vetopyörien laakerit	1560	B	1 sarja (8 kpl)
Ajomootorit	3760	A	1
Siemens S7-300 cpu	4280	A	1
I/O	4280	A	1
Evärullien akselit	1520	B	2
Evärullien laakeri	90	C	4
Kuonamurskaimen rullat	720	B	2
Kuonamurskaimen laakerit	90	C	4
Langansyöttömoottori	3400	A	1
Langansyöttömoottori	2125	A	1
Langansyöttömoottorin varaosat	145	C	2
Sykloonin kulutuspalat	2370	A	0
Jauheen syöttöletkut	110	C	5 metriä
Jauheen syöttöventtiilit	675	B	2
Kuonaimurin putket	110	C	5 metriä

4.5 Pema 1600/8 CNC paneelihitsauskone

Konetta (kuva 9) käytetään soodakattilan ekonomaisereiden eli veden esilämmittimien evärautojen hitsaukseen, ja joissakin projekteissa kattilan pohjapaneelien hitsaukseen. Kone hitsaa eväraudat putkiin SAW-menetelmällä kahdeksalla poltinpäällä, ja näistä kasataan ekonomaiserin paneeleita.



KUVA 9. Pemamek paneelihitsauskone (Taskinen 2023)

4.5.1 Analysoidut varaosat ja niiden kriittisyys

Optisia tunnistimia on saatavilla edullisesti ja lyhyellä toimitusajalla. Tunnistin sijaitsee paikalla, jossa rikkoutuminen voi tapahtua kappaleen osuessa tunnistimeen ja näitä tulisi pitää varastossa kaksi. Siirtomootoreita on neljä, ja näitä suositellaan pidettäväksi varastossa yksi vaihteistoinen. Enempää ei ole tarve varastoida koska toimitusaika on lyhyt. Inkrementti-anturit ovat jatkuvassa mekaanisessa rasituksessa ja vikaantumisia tapahtuu noin puolen vuoden sykleissä. Suositeltavaa on pitää kaksi anturia varastossa jatkuvasti johtuen pitkästä toimitusajasta. Siemens S7-300 sarjan ohjaimen varaosia on myös suositeltavaa pitää varastossa vain niitä, jotka ovat yhteensopivia portaalihitsauskoneen kanssa. Enerpacit ja niiden varaosat ovat varastossa olevia malleja, ja niitä suositellaan pidettäväksi yhdet varastossa. Rullien laakerit ovat toimittajan hyllytavaraa ja alhaisesta hinnasta sekä huoltohistorian perusteella niitä suositellaan pidettäväksi varastossa kaksi kappaletta (taulukko 10). Maadoituslaahaimet ovat saatavilla valmistajan varastosta Saksasta lyhyelläkin toimitusajalla. Laahaimet ovat näkyvällä paikalla ja niiden vikaantuminen on havaittavissa ennen toiminnan pysäyttävää vikaantumista. Näin ollen varastossa on hyvä pitää yksi kahdeksasta laahaimesta. PEH-ohjaimen ei ole saatavilla kuin joitain pisteosia, ja suositellaan koneen modernisointia, jossa vaihdetaan ohjaimet nykyaikaisiin PEK-ohjaimiin. Samoin hitsausvirtalähteiden osien saatavuus on heikko, ja modernisoinnissa ne tulisi vaihtaa LAF-1001 malleihin. Modernisointia ei ole välttämätöntä toteuttaa kerralla. Asteittaisella uusimisella vanhat ohjaimet, virtalähteet ja langansiirtomootorit voidaan jättää varaosiksi käyttöön jääville laitteille. Kuten portaalihitsauskoneessa, jauheensyöttö- ja imurinletkut ovat kulutusosia, jotka on hyvä vaihtaa vuosihuollon yhteydessä. Jauheensyöttöventtiileitä suositellaan pidettäväksi kaksi varastossa yhteisenä portaalihitsauskoneen kanssa.

TAULUKKO 10. Paneelihitsauskone Peman analyysin tulokset

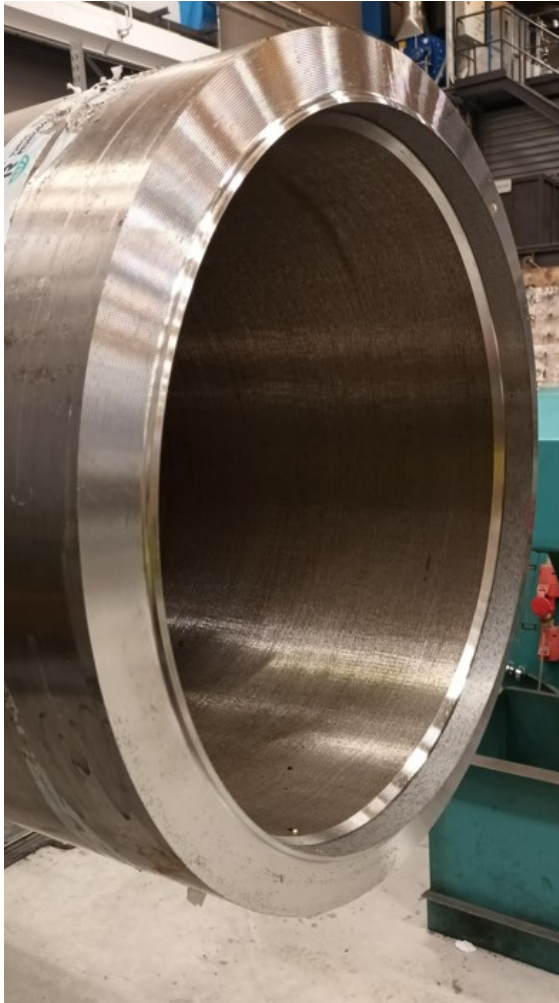
Kone	Pema paneelihitsauskone		
Osa	Kriittisyysindeksi	Kriittisyysluokka	Suositus varastosaldoksi
Optinen tunnistin kuituineen	315	C	2
Siirtomoottorit	1305	B	1
Inkrementti-anturi (pulssianturi)	3920	A	2
Ohjain Siemens S7 CPU	4280	A	1
I/O	4280	A	1
Enerpacin sylinterit ja varaosat	360	C	1
Laakerit rulliin	45	C	2
Laahaimet	1140	B	1/8 kpl sarjasta
PEH	5160	A	1
Virtalähde (LAE-650, LAF-850)	5160	A	1
Jauheensyöttö venttiilit	675	B	2
Jauheensyöttö- ja imurinletkut	140	C	5 metriä
Langansiirtomoottori	2125	A	1
Langansiirtomoottorin varaosat	145	C	2 sarja

4.6 Ayce 100 aarpora

Koneella (kuva 10) pääasiassa viistetään jysimällä kattiloiden kokoojakammioiden putkenpäitä (kuva 11) jatkohitsausta varten. Alun perin manuaalikäyttöiseen koneeseen on lisätty ohjain. Ohjaimena on Rexroth Indramat System 200 BTV 30.



KUVA 10. Ayce 100 aarpora (Taskinen 2023)



KUVA 11. Viistetty kokoojakammionpää (Taskinen 2023)

4.6.1 Analysoidut varaosat ja niiden kriittisyys

Muistiparistot, jotka antavat virran muistille, kun koneesta katkaistaan virta, on syytä vaihtaa vuosihuoltojen yhteydessä. Rexroth-ohjaimelle valmistaja tarjoaa kunnostusta, kuitenkin varaosia ei ole saatavilla. Suositellaan että ohjaimelle tehdään tehdaskunnostus, jos ohjaimessa ilmenee vikatiloja tai tämä on tuotannon kannalta mahdollista. Karalaakerit ovat kalliita ja toimitusaika on suhteellisen lyhyt. Laakerien rikkoutuminen on havaittavissa ennen tuotannon pysäyttävää rikkoutumista ja yhden laakerin pitäminen varalla on suositeltavaa (taulukko 11).

TAULUKKO 11. Ayce 100 aarporan analyysin tulokset

Kone	Ayce 100		
Osa	Kriittisyysindeksi	Kriittisyysluokka	Suositus varastosaldoksi
Muistiparistot	1340	B	1
Ohjainkortit/ohjain	2120	A	1
Karalaakerit	1560	B	1

4.7 Valmet CNC-työstökeskus

Työstökoneella (kuva 12) koneistetaan pääasiassa kokoojakammioiden ”piippujen” lähtöreikiä eli reikiä lähtöputkille, jotka jakavat kattilaveden tasaisesti kattilan keittopinnoille, ekonomaisereille ja tulistimille. Konetta ohjaa Siemens Sinumerik 810M ohjauslogiikka.



KUVA 12. Valmet työstökeskus (Taskinen 2023)

4.7.1 Analysoidut varaosat ja niiden kriittisyys

Leikkuunestepumppu on käytön kannalta kriittinen osa, kuitenkin pumppu on kallis ja saatavuus hyvä, niin pumpun pitäminen varastossa ei ole kannattavaa. Leikkuunesteen takaisku on yleismallinen, jollaisia löytyy rautakauppojen hyllystä muutaman euron hintaan ja yksi kannattaa pitää aina varastossa. Ohjaimen osia, kortteja ja elektroniikan osia ei ole enää saatavana uutena. Tietyiltä yrityksiltä löytyy joitain purkuosia ja kunnostettuja osia ja suositeltavaa on, että nämä osat hankitaan varastoon, jos niitä on saatavilla. Enerpac-sylintereitä on saatavilla eri toimittajilta hyllytavarana kuten myös korjaussarjoja niihin. Yksi varasylinteri ja korjaussarja on suositeltavaa pitää varastossa (taulukko 12).

TAULUKKO 12. Valmet työstökeskuksen analyysin tulokset

Kone	Valmet		
Osa	Kriittisyysindeksi	Kriittisyysluokka	Suositus varastosaldoksi
Leikkuunestepumppu	590	B	0
Takaisku	200	C	1
ELE-Osat	3880	A	1
Kortit ja ohjaus	3880	B	1
Enerpackit ja niihin varaosat	360	C	1

4.8 Käyttäjäkunnossapidon ohjeistus

Käyttäjäkunnossapidolla voidaan ehkäistä ja ennakoida tulevia vikaantumisia. Näillä päivittäisillä toimenpiteillä käyttäjät parantavat koneiden toimintavarmuutta. Ohjeet perustuvat pääasiassa aistien varaiseen koneen toiminnan tarkkailuun.

Aistien varainen koneen toiminnan tarkkailu:

- Poikkeavat äänet sekä tärinät koneen käydessä ja liikuessa
- Poikkeavat hajut, esim. palaneen haju
- Poikkeamat tuotteessa, visuaalinen tarkastus ja poikkeamien syyn etsintä
- Tehojen häviäminen koneesta

Päivittäinen tarkastus voideltavien osien kohdalla:

- Liukupintojen rasvaus tarvittaessa
- Rasvanippojen voitelu tarvittaessa

Koneen ja työskentelyalueen puhtaanapito:

- Työvuoron päätteeksi koneen puhdistus
- Työvuoron päätteeksi työpisteen siivous

Tarvittaessa löystyneiden pulttien ja ruuvien kiristys harkinnan mukaan, kunnossapito hoitaa vaativammat työt.

5 TULEVAISUUDEN HAASTEET

5.1 Ohjainjärjestelmät ja sähköosat

5.1.1 Siemens S7-300

Portaalihitsauskoneen ja paneelihitsauskoneen Siemens S7-300 sarjan ohjelmoitavat logiikat siirtyivät lokakuussa 2023 Phase out-vaiheeseen eli ohjaus logiikoiden myynti loppuu, mutta varaosatuki järjestelmille jatkuu 10 vuotta eteenpäin. Vaiheen jälkeen uusia osia ei enää valmisteta, ja osat myydään loppuun varastosta. Varaosien saatavuus on vuoteen 2033 asti taattu, mutta tämän jälkeen kriittisten osien hankinta varastoon on suositeltavaa, jos logiikat eivät ole kohtuullisella investoinnilla korvattavissa. Johtuen pitkistä toimitusajoista ja ottaen huomioon, että logiikka on käytössä kahdessa koneessa, on suositeltavaa pitää yhdet osat omassa varastossa.

5.1.2 Siemens S5

Putkentaivutuskoneessa SR 100 DB oleva Siemens S5-sarjan ohjain siirtyi Phase out-vaiheeseen 2006 ja varaosatuki loppui vuonna 2015. Kyseiseen logiikkaan ei ole saatavana varaosia kuin käytettynä ja kunnostettuna. Varaosatuen päätyttyä on suositeltavaa selvittää järjestelmän modernisoinnin kustannukset.

5.1.3 Siemens Sinumerik 810M

Valmet työstökeskuksen Siemens Sinumerik 810M ohjaus (kuva 13) on vuodelta 1986, ja varaosatuki on päättynyt. Kuitenkin purkuosia ja kunnostettuja logiikan osia on saatavilla koneeseen tietyiltä toimittajilta. Suositeltavaa on hankkia näitä osia varastoon tai selvittää logiikan modernisointia.



KUVA 13. Siemens ohjauspaneeli. (Taskinen 2023)

5.1.4 Rexroth Indramat System 200 BTV 30

Uusia varaosia BTV30 ohjaimelle ei ole enää saatavilla. Bosch Rexroth tarjoaa perushuoltoa ohjaimelle ja huollettu kone vastaa teknisesti uutta laitetta, jolle myönnetään takuu. Myös ohjainpaneelille on saatavilla vastaava palvelu. Toimintavarmuuden parantamiseksi on suositeltavaa tehdä tehdashuolto ohjaimelle.

5.1.5 Sähköosat

Sähkömoottoreiden, rajakytkinten ja antureiden saatavuus on hyvällä tasolla. Kaikkia alkuperäistä mallia olevia osia ei välttämättä ole saataville, mutta valmistajilta on tullut nykyaikaisempia korvaavia malleja. Sähkömoottoreita, joilla on pitkä toimitusaika, kuten portaalin ajon servomoottori, on suositeltavaa hankkia varastoon. Kuitenkin portaalissa on kaksi ajomoottoria ja se toimii myös yhdellä servomoottorilla, niin on harkinnan varaista kannattaako varastoon hankkia molemmat moottorit vai yksi.

5.2 Mekaaniset osat

Mekaanisia osia on saatavilla koneiden valmistajilta hyvin. Vaihdelaatikoiden, ketjujen ja laakereiden ollessa yleismallisia, saatavuus on hyvä ja toimitusajat kohtuullisia. Taivutuskoneiden pystyakselien ja niihin liittyvien osien, hitsauskoneiden maadoituslaahaimien, pyörien ja rullien sekä muiden osien ollessa tilauksesta tehtäviä tuotteita myös toimitusajat ovat pidempiä. Kuitenkin yllättäviin rikkoutumisiin varautuminen hankkimalla osat varastoon voidaan lyhentää merkittävästi tuotannon pysähdyksiä.

5.3 Hydrauliiikan osat

Proportionaali- eli säätöventtiilien saatavuus on hyvä, mutta toimitusajat ovat noin kuukauden luokkaa. Venttiileillä on pitkä toimitusaika ja toistuvia vikaantumisia huoltohistoriassa, joten korkeasta hinnasta huolimatta niitä on suositeltavaa pitää varastossa. Enerpac-hydraulisyylintereiden saatavuus on hyvä ja korjaussarjoja sylintereille on saatavilla lyhyellä toimitusajalla.

5.4 Hitsaukseen liittyvät osat

5.4.1 Poltinvarret, langansyöttömoottorit ja maadoituslaahaimet

Jauhekaarihitsauskoneiden poltinvarret ovat tilauksesta teetettäviä osia, joten saatavuus on hyvä, mutta toimitusaika riippuu valmistajan työjonosta. Myös maadoituslaahaimet portaalihitsauskoneeseen tehdään tilauksesta ja laahaimet on yleensä vaihdettu vuosihuollon yhteydessä varastossa pidetyistä osista. Paneelihitsauskoneen maadoituslaahaimet ovat tehdastavaraa ja saatavana valmistajan varastosta Saksasta. Toimitusaika laahaimille on pikatoimituksena noin 3 päivää. Langansyöttömoottoreita on kahta mallia: 24 voltin sähkömoottorit kulmavaihteella, jotka ovat yhteensopivia siirtojen ohjainmoottoreiden kanssa ja Esabin valmistamia vaihteistolla olevia moottoreita, joita on yksi yhtä poltinpäätä kohden. 24 voltin moottoreilla toimitusaika on lyhyt ja hinta alhainen. Esabin valmistamille moottoreille ovat toimitusajat 2–5 viikon luokkaa ja hinta huomattavasti korkeampi. Kuitenkaan moottorin vikaantuminen ei estä koneen käyttöä, ainoastaan hitsauksen poltinpäällä, jossa moottori sijaitsee. Esabin moottoreiden ollessa suhteellisen kalliita, on harkinnan varaista montako moottoria kannattaa pitää varastossa.

5.4.2 Esab A2-A6 PEH- ja PEK-ohjaimet

Paneelihitsauskoneella käytettyjen PEH-ohjainten valmistus ja varaosatuki on päättynyt, ainoastaan joitain pisteosia voi olla saatavilla. Ohjainten päivittäminen nykyaikaisiin PEK-malleihin on suositeltavaa. Koska ohjaimia on useampia, modernisointi on mahdollista toteuttaa asteittain poltinpää kerrallaan ja jättää vaihdetut PEH-ohjaimet varaosiksi käyttöön jääville. PEK-ohjaimia on toistaiseksi saatavilla, ja valmistuksen päätyttyä varaosia valmistetaan seuraavat 10 vuotta. Osien toimitusajat PEK-ohjaimiin ovat suhteellisen lyhyet, ja yhden ohjaimen vikaantuminen pysäyttää ainoastaan sen yksikön ohjaaman poltinpään toiminnan. Käytännössä yhden poltinpään vikaantumisen jälkeen on mahdollista jatkaa tuotantoa seitsemällä poltinpäällä, joten voidaan katsoa, ettei varaosien pitäminen omassa varastossa ole välttämätöntä.

5.4.3 Esab LAF 635, LAE 800 ja LAF 1001 virtalähteet

LAF 635 virtalähteen valmistus ja varaosatuki on päättynyt. LAE 800 virtalähteen valmistus on myös loppunut, mutta joitain varaosia on vielä saatavilla. Näitä kahta virtalähdettä ei ole käytössä kuin paneelihitsauskoneella, portaalihitsauskoneella käytössä on LAF 1001 virtalähteet. LAF 635 ja osittain LAE 800 mallien korvaamiseksi LAF 1001 malleille on suunnitelmat, joten varaosien hankkiminen vanhentuneille virtalähteille varastoon ei olisi kannattavaa. Haastattelujen perusteella LAF 1001 mallit ovat erittäin varmatoimisia, ja yksi yksikkö on varastossa varalla, joten osien saatavuuden ollessa hyvä ei varastoon kannata hankkia kalliita osia. Myöskään virtalähteen vikaantuminen ei vaikuta kuin yhteen poltinpäähän.

5.5 Suositukset tulevaisuuden investoinneille

CNC-putkentaivutuskone on modernisoitu 2022 ja koneelle ei ole tarvetta tehdä investointeja lähitulevaisuudessa. WE 80 putkentaivutuskoneen Omron-ohjain on suositeltavaa uusia nykyaikaisempaan malliin ja se on toteutettavissa suhteellisen pienellä investoinnilla. SR 100 DB putkentaivutuskoneen Siemens S5 ohjaimen korvaaminen nykyaikaisemmalla ohjauksella on suositeltavaa lähitulevaisuudessa. Paneelihitsauskoneelle suositellaan hitsausvirtalähteiden ja PEH-ohjainten korvaamista asteittain LAF-1001 virtalähteillä ja PEK-ohjaimilla. Portaalihitsauskoneella ei ole päivitystarpeita. Ayce 100 koneen Rexroth ohjaimen tehdaskunnostus on suositeltavaa viimeistään silloin kun kunnostuspalvelu on lakkaamassa. Valmet työstökeskuksen ohjaimen modernisoinnin kustannus on suositeltavaa selvittää tai harkita nykyaikaisemman koneen hankkimista.

6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli selvittää tuotannon avainkoneiden varaosien vikaantumistaajuutta, osien saatavuus, toimittajat, toimitusaika ja osien hinta työn tekohetkellä. Tuloksena työstä saatiin lista avainkoneiden kriittisistä varaosista ja arvioitua niiden kriittisyyttä. Näiden pohjalta pystyttiin tekemään varaosasuositus varastossa pidettävistä osista. Joidenkin osien toimitusajat voivat olla hyvinkin pitkiä, ja kaikkia osia ei ollut enää saatavilla. Niiden osien osalta, joita ei enää ollut saatavilla, saatiin hyödyllistä tietoa tulevista koneiden modernisointi- ja investointitarpeista. Tuloksilla mahdollistettiin varautuminen yllättäviin vikaantumisiin ja tuotannon mahdollisimman sujuva ylös ajo vikaantumisen sattuessa.

Työn tilaaja sai työstä listattuna varaosien mallit, varaosakanavat, toimitusajat, hinnat ja suosituksen varastossa pidettävistä osista. Vastaavaa selvitystyötä avainkoneille ei ollut tehty, ja työn oli tarkoitus toimia pohjana laajemmalle selvitystyölle, jossa koneiden toimintavarmuutta parannettaisiin ja vältettäisiin pitkittyneitä huoltoseisokkeja. Työn tekohetkellä tilaajalla ei ollut varsinaista kirjanpitoa varastossa olevista osista, ja työ toimi myös pohjana varastonhallinnan kehittämisessä. Työn pohjalta tehtiin myös käyttäjäkunnossapidon ohjeistus ja joidenkin kohteiden osalta suositeltiin ennakkoivaa kunnossapitoa.

Kaikkiaan työ oli mielenkiintoinen ja haastava tehdä. Työstä tuli odotettua laajempi ja uusiin toimintoihin muuton ollessa käynnissä työn tekoaikaan oli omat haasteensa aikataulujen yhteen sovittamisessa. Koska työssä selvitettiin varaosätietoja myös monilta osatoimittajilta, kyselyiden lähettäminen ja lisätietojen toimittaminen osatoimittajille vei odotettua enemmän aikaa. Työn edistymistä seurattiin viikoittaisilla palavereilla työnohjaajan kanssa aina kun se sopi aikatauluihin. Näistä edistymispalavereilla oli suuri merkitys työn onnistumiselle ja näissä palavereissa sai tukea sekä ohjausta, jotta työ edistyi oikeaan suuntaan. Warkaus Worksin ja KoneCranesin henkilöstöltä sai tukea työn eri vaiheissa, ja ennen kaikkea arvokasta tietoa tuotannon koneista.

Työ edistyi alkuperäisen työsuunnitelman mukaisesti, kuitenkin kaikkia työhön valittujen osien saatavuutta ei ehditty selvittämään. Kyselyihin saatuihin vastauksiin oli paljon toimittajakohtaisia eroja. Vastausten saaminen varaosakyselyihin kesti joiltakin toimittajilta useamman viikon eikä kaikkiin kyselyihin vastattu tai vastaukset saattoivat olla vajavaisia. Osalta toimittajista vastaukset tulivat hyvin nopeasti. Jälkeenpäin ajateltuna työn olisi mielestäni voinut rajata tarkemmin koskemaan tiettyjä varaosakategorioita. Näin työstä olisi voinut saada paremman ja selkeämmän tuotoksen, jonka pohjalta olisi ollut mahdollista lähteä johdonmukaisesti jatkamaan työtä laajemmaksi kokonaisuudeksi.

Yksi haastavimmista työn vaiheista oli kriittisyysarvioinnin tekeminen ja laskurin soveltaminen tilaajan tarpeisiin. Laskurista tehtiin useampi eri versio, joista käytetty malli oli mielestäni paras vaihtoehto. Työstä sai arvokasta kokemusta kunnossapidon toimivuuden merkityksestä tuotannon jatkuvuuden kannalta ja varaosien toimitusketjun rakenteesta. Työn tekoaikaan portaalihitsauskoneen servomoottorin ohjain vikaantui, jolloin tämän opinnäytetyön tarpeellisuus korostui käytännössä. Sain työn alkaessa ja edetessä palautetta työn tärkeydestä. Toivon, että tämän työn pohjalta voidaan lähteä kehittämään kunnossapitoa ja varaston hallintaa tehokkaammaksi.

LÄHTEET

- Alastalo, R.; Bärling, M.; Hirvonen, M.; Hyppönen, H.; Issakainen, O.; Packalén, E.; Saarinen, L.; Väyrynen, P.; Maaranen, K.; Malkanmäki, H.; Asp, R.; Tuominen, T.; Hyppönen, H. & Ojansivu, L. Kunnossapidon tuotot ja kustannukset. Kunnossapito menestystekijä. Opetushallitus 2016. Verkkojulkaisu. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_3-2_kunnossapidon_tuotot_ja_kustannukset.html. Viitattu 20.03.2023
- ANDRITZ Confluence toimintaohjeet, kunnossapito 2023. Viitattu 22.03.2023.
- ANDRITZ Warkaus Works Pelisäännöt, perehdytysmateriaali 2022. Viitattu 10.02.2023.
- KoneCranes huoltohenkilöstö 2023, kyselytutkimus. Haastattelu 10.03.2023.
- Warkaus Works tuotannon työntekijät 2023, kyselytutkimus. Haastattelu 06.03.2023.
- Järviö, Jorma, Piispa, Taina, Parantainen, Timo & Åström, Thomas 2007. Kunnossapito. 4. painos. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab.
- Konecranes Oyj, Varaosa-analyysi 2015. Verkkojulkaisu. https://www.konecranes.com/sites/default/files/download/konecranes_varaosa-analyysi_fi_2015_low.pdf Viitattu 06.02.2023.
- Laine, Hannu S. 2010. Tehokas kunnossapito, tuottavuutta käynnissä pidolla (Kunnossapitoyhdistys Promaint, kunnossapidon julkaisusarja). – n:o 16.
- PSK 6201. 2022. Kunnossapito, käsitteet ja määritelmät. PSK Standardisointiyhdistys ry. Verkkojulkaisu. https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.savonia.fi/wp-content/uploads/PSK6201_4p_k.pdf. Viitattu 12.02.2023.
- PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. PSK Standardisointiyhdistys ry. Verkkojulkaisu. https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.savonia.fi/wp-content/uploads/psk6800_liitteineen.pdf. Viitattu 16.02.2023.
- PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Suora lainaus s3. PSK Standardisointiyhdistys ry. Verkkojulkaisu. https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.savonia.fi/wp-content/uploads/psk6800_liitteineen.pdf. Viitattu 10.02.2023.
- PSK 9110. 2023. Käyttövarmuuden hallinta. Vikaluokittelu. PSK Standardisointiyhdistys ry. Verkkojulkaisu. <https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.savonia.fi/wp-content/uploads/PSK9110.pdf>. Viitattu 12.03.2023.
- Siemens industry varaosakuvasto. Verkkojulkaisu. <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/3SE21001C>. Viitattu 08.03.2023.
- Taskinen, J. (2023). Itse otetut ja tuotetut kuvat. Varkaus: Janne Taskinen.
- Valtioneuvoston asetus 400/2008. Verkkojulkaisu. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080400>. Viitattu 5.4.2023.

LIITE 1: KRIITTISYYSLASKURIT JA TULOKSET

LIITE 2: KYSELYTUTKIMUKSEN POHJA

LIITE 3: KÄYTTÄJÄKUNNOSSAPIDON OHJEISTUS