

Koeajolaitteiden huoltosuunnittelu ja kriittisyysanalyysi

Mikael Lyytikä

Opinnäytetyö

Toukokuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma

Kunnossapito

Tekijä(t) Lyytikä, Mikael	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2018
	Sivumäärä 50	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Koeajolaitteiden huoltosuunnittelu ja kriittisyysanalyysi		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Harri Tuukkanen, Kirsi Niininen		
Toimeksiantaja(t) Salainen		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön kohteena oli traktoritehtaan kokoonpanolinjan päässä oleva erillinen koeajohuone. Koeajohuone sisältää traktorin lopputestaukseen vaadittavat laitteet. Työn tavoitteena oli tehdä traktorin lopputestaukseen käytettäville laitteille huoltosuunnitelmat sekä kriittisyysanalyysi liittyen laitteiden varaosiin. Lisäksi tavoitteena oli liittää huoltosuunnitelmat kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä Arrow Noviin.</p> <p>Huoltosuunnitelma toteutettiin keräämällä tietoja laitteiden toiminnoista sekä dokumenttien avulla saaduista tiedoista. Haastatteluja tehtiin kunnossapitohenkilöstölle ja laitteiden käyttäjille. Haastatteluista saatiin kokemuskkeista tietoa käyttöön. Huoltosuunnitelmien teossa käytettiin lisäksi apuna kokemuskkeista kunnossapidon työkalua, ECM-analyysiä. Tutkimusmenetelmänä hyödynnettiin kvalitatiivista menetelmää.</p> <p>Kriittisyysanalyysi tehtiin koeajohuoneen laitteiden kriittisyyden määrittämiseen tuotannon kannalta. Apuna käytettiin PSK 6800-standardi, kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Lisäksi tehtiin laitteiden varaosille kriittisyysluokittelu vika- ja vaikutusanalyysin mukaisesti.</p> <p>Lopputuloksena saatiin tehtyä kaikille koeajohuoneen laitteille viralliset huoltosuunnitelmat. Huoltosuunnitelmat saatiin liitettyä kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmään Arrow Noviin. Laitteille ja varaosille saatiin toteutettua kriittisyysanalyysi.</p> <p>Opinnäytetyön tehdyn tuloksen myötä yritys sai valmiit huoltosuunnitelmat käyttöönsä ja huoltosuunnitelmien liittäminen Arrow Noviin varmistaa laitteiden huollettavuuden. Laitteiden käytettävyyden ja toimintavarmuuden paranevat säännöllisen huollettavuuden myötä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Kunnossapito, kokemuskkeinen kunnossapito, ECM-analyysi, PSK 6800-standardi, vika- ja vaikutusanalyysi		
Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Lyytikkä, Mikael	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2018
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 50	Permission for web publication: x
Title of publication Maintenance planning and critical analyses for test driving equipment		
Degree programme Degree programme in Mechanical and Production Engineering		
Supervisor(s) Tuukkanen, Harri & Niininen, Kirsi		
Assigned by Confidential		
Abstract <p>The subject of the thesis was a separate test drive room at the end of the assembly line at a tractor factory. The test drive room includes the required equipment for the final testing of a tractor. The objective was to create maintenance plans for tractor testing equipment and critical analysis for the spare parts. It was also a priority to enter the maintenance plans in to the maintenance data system Arrow Novi.</p> <p>The maintenance plan was executed by collecting data of the equipment activities and using the information in the documents. Maintenance personnel and equipment users were interviewed. Interviews gave experience-based information. An experience -focused maintenance method, ECM -analysis helped creating the maintenance plan. The research method used was qualitative methodology.</p> <p>Critical analysis was made to determinate the critically of equipment in the test drive room for the production. PSK 6800 -standard, the critical classification used in the industry was used to aid. In addition, critical classification, for the spare parts of the equipment was made according to failure and effect analysis.</p> <p>As an end result official maintenance plans for every piece of equipment in the test drive room were created. The maintenance plans were entered into the maintenance data system Arrow Novi. Critical analysis for the equipment and the spare parts was achieved.</p> <p>As a result of thesis, the company gets maintenance plans to access and entering the maintenance plans in to Arrow Novi ensures the reliability of the equipment. Equipment usability and operational reliability improve with regular serviceability.</p>		
Keywords/tags (subjects) Maintenance, experience focused maintenance, ECM-analysis, PSK 6800-standard, failure and effect analysis		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Opinnäytetyön lähtökohdat ja tavoite	4
1.2	Tutkimus- ja tiedonkeruumenetelmät	4
2	Kunnossapito.....	5
2.1	Kunnossapidon määritelmä.....	6
2.2	Kunnossapitolajit	6
2.2.1	Suunniteltu kunnossapito.....	7
2.2.2	Häiriökorjaukset	8
2.3	Kunnossapidon tehokkuus	8
2.4	Vikaantuminen	10
2.4.1	Vika	10
2.4.2	Vikojen kehittyminen.....	11
2.4.3	Vikaantumisaika.....	11
2.5	Kunnossapidon tietojärjestelmät	12
3	Huoltosuunnitelma.....	13
3.1	Kriittisyydenluokittelu teollisuudessa	13
3.2	Varaosien kriittisyydenluokittelu	14
3.3	RCM	14
3.4	Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA)	15
3.5	ECM-analyysi	16
4	Varaosien hallinta.....	19
4.1	Kunnossapidon varastot.....	19
5	Teollisuusvoitelu	20
5.1	Voiteluaineet	20

5.2	Voitelulaitteet ja järjestelmät	21
6	Hydrauliikka	23
7	Koeajuhuone	24
8	Työn toteutus	26
8.1	Työn alkukartoitus	26
8.2	Huoltosuunnitelmien toteutus	27
8.3	Kriittisyysanalyysi	30
9	Tulokset	31
9.1	Huoltosuunnitelmat	31
9.2	Laitteiden ja varaosien kriittisyysluokittelu	32
10	Pohdinta.....	35
Lähteet		37
Liitteet		39
Liite 1.	Huoltosuunnitelma koeajopukeille	39

Kuviot

Kuvio 1. Kunnossapitolajit PSK 6201-standardin mukaisesti (PSK 6201:2011, 22, muokattu).....	7
Kuvio 2. Laitteen perinteinen vikaantumiskäyrä (Järviö 2012, 76, muokattu).....	11
Kuvio 3. Koeajopukki	25
Kuvio 4. Koeajorullasto.....	26
Kuvio 5. Laitteet lisättyinä huoltojaksoihin Arrow Novi-kunnossapidon tietojärjestelmässä	32
Kuvio 6. System 24 rasvapurkki (SKF System 24)	35

Taulukot

Taulukko 1. Työkalumalli vika- ja vaikutusanalyysin tekemiseen (Laine 2010, 129, muokattu).....	16
Taulukko 2. Esimerkki ECM-analyysin ensimmäisestä vaiheesta A (Smith 2004, 179, muokattu.).....	17
Taulukko 3. Esimerkki ECM-analyysin toisesta vaiheesta B (Smith 2004, muokattu.)	18
Taulukko 4. Esimerkki ECM-analyysin kolmannesta vaiheesta C (Smith 2004, 181, muokattu).....	19
Taulukko 5. Esimerkki tehdyistä haastatteluista.....	28
Taulukko 6. ECM-analyysin B-vaihe	28
Taulukko 7. ECM-analyysin C-vaiheesta tehty sovellettu versio.....	29
Taulukko 8. Kriittisyysluokittelu vika- ja vaikutusanalyysin mukaisesti	30
Taulukko 9. Laitteiden kriittisyysanalyysi.....	32
Taulukko 10. Varaosien kriittisyysluokittelu	33
Taulukko 11. Pisteytystaulukko koeajopukille.	34

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön lähtökohdat ja tavoite

Opinnäytetyön kohteena oli traktoritehtaan kokoonpanolinjan päässä oleva erillinen koeajuhuone. Koeajohuoneessa testataan traktorin toimivuus koeajolaitteiden avulla. Työn aiheena oli tehdä traktorin koeajolaitteille huoltosuunnitelmat sekä kriittisyysanalyysi liittyen varaosien kriittisyyden määrittämiseen. Työn aiheeksi valikoitui huoltosuunnitelmien teko, koska koeajohuoneen laitteille oli tarve saada virallinen huoltosuunnitelma. Aihe rajattiin koskemaan näitä laitteita, jotka ovat neljä koeajopakettia, koeajorullaston ja kolme dynamometriä. Jokaisella koeajolaitteella on lisäksi omat hydraulikoneikot sekä hydrauliiikan mittauspisteet. Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmästä Arrow Novista löytyivät nämä laitteet ja niiden vikahistoriaa vuosien varrelta, mutta ei huoltosuunnitelmia. Huoltotoimenpiteet olivat vain kunnossapitohenkilöstön ja kehitysinsinöörin muistin varassa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia jokaiselle koeajohuoneen laitteelle huoltosuunnitelma, jotta tiedot saataisiin laadittua viralliselle huoltopohjalle henkilöiden muistien varasta. Lisäksi tarkoituksena oli tehdä laitteille ja varaosille kriittisyysanalyysi, jonka avulla pystyttiin kartoittamaan kriittisimmät varaosat liittyen koneajohuoneen laitteisiin. Tavoitteena oli myös liittää huoltosuunnitelmat ja varaosat kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmään.

1.2 Tutkimus- ja tiedonkeruumenetelmät

Opinnäytetyössä tutkimusmenetelmänä käytettiin kvalitatiivista tutkimusmenetelmää eli laadullista tutkimustapaa. Kvalitatiivisen tutkimusmenetelmän tarkoituksena on ilmiöiden kuvaileminen, ymmärtäminen ja tulkinnan antaminen. Tarkoituksena on ilmiön syvälinen ymmärtäminen.

Laadullisella tutkimuksella tutkitaan prosesseja, joihin määrällisellä tutkimuksella on mahdoton syventyä, koska prosessit ja ilmiöt ovat niin monimutkaisia. Laadullisessa tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita sen merkityksestä, miten ihmiset kokevat ja näkevät reaali maailman. Tutkimuksella on selvä kontakti tutkittavan ja tutkijan välillä, ja tutkimus on useasti kuvailevaa eli deskriptiivistä. (Kananen, 2008, S24-25.)

Aineiston keräämiseen käytettiin laadullisen tutkimuksen tiedonkeruumenetelmiä. Työssä käytettiin havainnointimenetelmää, mikä Kanasen mukaan tarkoittaa havainnointia. Sitä voidaan käyttää laadullisen tutkimuksen tiedonkeruumenetelmänä. Havainnoinnin kohteita ovat yksilön käyttäytyminen tai toiminta tai toimiminen ryhmässä. Havainnoinnin käyttö on perustelua silloin, kun ilmiöstä ei ole tietoa tai tieto on vähäistä. Sillä saadaan paljon erilaista tietoa, mutta käyttökelpoisuus riippuu tutkittavasta ilmiöstä. Havainnoinnit voidaan toteuttaa eri tavoin: piilohavainnot, suora havainnointi, osallistuva havainnointi ja osallistava havainnointi. Työssä hyödynnettiin osallistuvaa havainnointi menetelmää. Kanasen mukaan osallistuvassa havainnoinnissa tutkija on mukana yhteisössä. Hänen täytyy päästä jäseneksi yhteisöön, jotta hän pystyisi tekemään havaintoja ilmiöstä. Kananen (2008, 69-70.)

Työssä hyödynnettiin myös haastattelu menetelmää aineiston keruu vaiheessa. Haastattelun toiminta on hyvin yksinkertainen. Haastattelija esittää kysymyksiä haastateltavalle koskien henkilön faktoja, ajatuksia ja mielipiteitä. Kysymysten avulla pyritään ratkaisemaan varsinainen tutkimusongelma. (Kananen 2009, 73.) Tässä työssä hyödynnettiin yksilö- ja ryhmähaastatteluja. Haastattelut olivat vapaamuotoisia eli kyseessä oli ns. Avoin haastattelu. Haastatteluja tehtiin kahdelle kunnossapidon asentajalle ja laitteen käyttäjille. Lisäksi haastateltiin kehitysinsinööriä, jolla oli paljon tietoa koeajolaitteista.

Lisäksi aineistonkeruuvaiheessa hyödynnettiin dokumentteja. Dokumentit tarkoittavat Kanasen (2008, 81) mukaan kaikkia painettuja kirjoja, kirjallista aineistoa sekä kuva- ja äänimateriaaleja. Dokumentit voidaan ryhmitellä eri luokkiin, kuten salaisiin tai yksityisiin ja julkisiin dokumentteihin.

2 Kunnossapito

Kunnossapidon ensisijainen tarkoitus on pitää laitteet toimintakunnossa sekä niille vaaditulla toimintatasolla. Kunnossapidon tehtävänä on korjata rikkoutuneet laitteet tai komponentit toimintakuntoon, mutta korjaustoiminta ei ole tärkein asia kunnossapidossa. Kunnossapitoa pidetään helposti vain ylimääräisenä kustannustekijä, mut-

ta nykynäkemyksen mukaan se on tärkeä tuotannontekijä, jonka avulla varmistetaan tuotantolaitoksen kilpailukyky. (Mikkonen 2009, 25.)

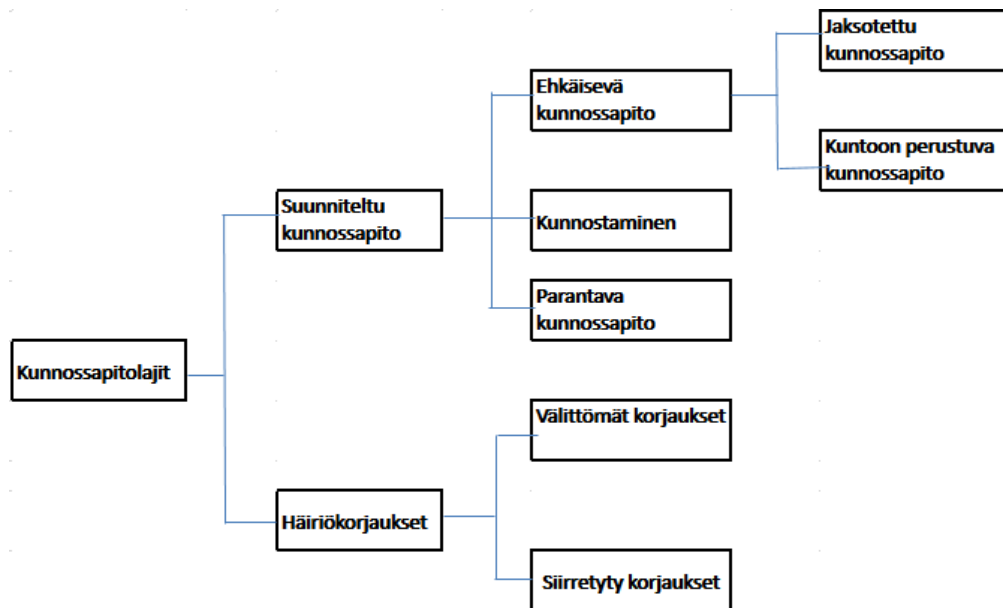
2.1 Kunnossapidon määritelmä

Kunnossapidon määritelmiä löytyy useista kansainvälisistä ja kansallisista standardeista sekä monista alan teoksista. Käytännössä nämä kaikki määritelmät ovat hyvin pitkälti samankaltaisia, ja ne poikkeavat vain sanamuodoiltaan toisistaan. (Mikkonen 2009, 26.) PSK standardisointi 6201:2011 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.” (PSK 6201:2011, 2.)

2.2 Kunnossapitolajit

Kuviossa 1 kunnossapito on jaettu PSK 6201 standardin mukaisesti kahteen osaan: suunniteltu kunnossapito ja häiriökorjaukset.



Kuvio 1. Kunnossapitolajit PSK 6201-standardin mukaisesti (PSK 6201:2011, 22, muokattu)

2.2.1 Suunniteltu kunnossapito

Suunniteltu kunnossapito on jaoteltu kolmeen pääryhmään: ehkäisevä kunnossapito, kunnostaminen ja parantava kunnossapito. Lisäksi ehkäisevä kunnossapito jaotellaan kahteen pienempään ryhmään: jaksotettu kunnossapito ja kuntoon perustuva kunnossapito.

Ehkäisevän kunnossapidon tarkoituksena on pitää yllä kohteen käyttöominaisuuksia sekä palauttaa heikentynyt toimintataso ennen vian tai mahdollisen vaurion syntymistä. Ehkäisevä kunnossapito on aikataulutettua tai jatkuvaa tai sitä tehdään vaadittaessa eli se on säännöllistä toimintaa. Sen avulla pystytään suunnittelemaan ja aikatauluttamaan kunnossapitotehtäviä. (PSK 6201:2011, 22; Järviö 2012, 50.)

Jaksotettu kunnossapito on ehkäisevän kunnossapidon toimenpide, joka tehdään suunnitellun ajanjakson välein, esimerkiksi kalenteriajan, tuotantomäärän, käyttötuntien tai energiakäytön mukaisesti. Toiminnot tehdään suunnitelman mukaisesti, eikä se tarvitse erillistä toimintakunnon tutkimista. (PSK 6201:2011,22.)

Kuntoon perustuva kunnossapito on kunnonvalvonnalla tai tarkastustoiminnoilla havaittujen kohteiden suunniteltu korjaus. Kunnonvalvonta perustuu aistin ja mittalaitteiden avulla tapahtuvaan tarkastukseen sekä mittatulosten analysointiin. Kun-

nonvalvonnalla määritellään kohteen toiminnon nykytila ja määritetään mahdollinen kehittymisen vikaantumis-, huolto- ja korjausajankohta. (PSK 6201:2011,23.)

Kunnostamisella tarkoitetaan kuluneen tai vaurioituneen kohteen palauttamista toimintakuntoon korjaamalla. Korjaavat toimenpiteet suoritetaan tavallisesti korjaamoilla, ja koneet jäävät varalaitteiksi varastoon. (PSK 6201:2011, 23.)

Parantavalla kunnossapidolla pyritään tehostamaan kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä. Parantavalla kunnossapidolla ei saa kuitenkaan muuttaa kohteen toimintoa, kuten nostaa suorituskykyä. (PSK 6201:2011,23.)

2.2.2 Häiriökorjaukset

Häiriökorjauksella pyritään palauttamaan vikaantunut kohde toimintakuntoon sekä käyttöturvallisuudeltaan alkuperäiseen tilaan. (PSK 6201:2011, 23.) Häiriökorjaukset on jaoteltu kahteen ryhmään: välittömiin ja siirrettyihin korjauksiin.

Välittömän häiriökorjauksen tarkoituksena on vian havaitsemisen jälkeen korjata kohde välittömästi takaisin toimintakuntoon tai palauttaa vaaditulle toimintatasolle (PSK 6201:2011, 23).

Siirretty häiriökorjaus tarkoittaa, että sitä ei suoriteta välittömästi vian havaitsemisen jälkeen. Siirrettyä häiriökorjausta siirretään tehtäväksi toiseen ajankohtaan, joka on sopiva tuotannolle tai organisaatiolle. (PSK 6201:2011, 23.)

2.3 Kunnossapidon tehokkuus

Tuotantolaitoksen tehokkuutta voidaan mitata toteutuneen tuotannon määrällä, joka on katsottu kunnossapidon näkökulmasta. Kunnossapito on osa yrityksen liiketoimintaa, joten koneen toiminnan tehokkuus täytyy pystyä mittaamaan myös rahallisesti. Koneen tuotanto riippuu paljon koneen suorituskyvystä, johon vaikuttaa käytövarmuus ja koneen käyttäjien tehokkuus. (Järviö 2012, 57.)

Kunnossapidon tavoitteet

Kunnossapidon keskeisiä tavoitteita ovat tuotannon kokonaistehokkuuden (KNL) mittaaminen sekä hyvä käyttövarmuus kohteelle. Näiden avulla saadaan hyvätasoinen käytettävyys ja käyttöaste kohteelle. (Järviö 2012, 58.) Tunnuslukuja seuraamalla saadaan mitattua kunnossapidon merkitys yrityksessä: mitä isompi painoarvo on tuotannon koneilla ja laitteilla, sitä suurempi merkitys on kunnossapidon toiminnalla. (PSK 7501:2010, 6.)

Tuotannon kokonaistehokkuus (KNL)

Kokonaistehokkuuden (KNL) avulla pystytään laskemaan tuotannon ominaistehokkuutta. Kokonaistehokkuus koostuu käytettävyydestä (K), toiminta-asteesta (N) ja laatukertoimesta (L). Käytettävyys ilmaisee, kuinka hyvin työaika on käytetty. Toiminta-asteen avulla saadaan tietää, kuinka tehokasta tuotantotoiminta on ollut. Laatu-kertoimen avulla saadaan laadullisesti hylättyjen tuotteiden määrä kaikista tuotteis-ta. (Järviö 2012, 59; Laine 2010, 23.)

Käyttövarmuuden mittarit

Tärkeimpiä tekijöitä joilla mitataan kohteen kunnossapidettävyyttä ja ominaisuuksia, ovat seuraavat:

- Käyntiaika on ajanjakso, jolloin kohde suorittaa vaadittua toimintoa.
- Käyttöaika on se ajanjakso, jonka kohde tarvitsee tuottaakseen vaaditun tuotantomäärän. Tähän otetaan huomioon käyntiaika sekä käytön ja kunnossapidon vaatimat seisokit. Käyttöaikaan ei huomioida ulkoisia tekijöitä, kuten lakkoa, raaka-aine pulaa tai energiakatkosta.
- Joustoaika on ajanjakso, jolloin kohdetta ei käytetä, mutta sille voidaan suorittaa kunnossapidon toimenpiteitä.
- Valmiusaika on, kun kohde on toimintakuntoinen valmiustilassa.
- Ulkoinen toimintakyvyttömyysaika on tila, jossa kohde on toimintakuntoinen, mutta siltä puuttuvat ulkoiset resurssit (syynä lakko, energia- tai raaka-ainepula)
- Toimintakelpoisuustila tarkoittaa, että kohde ei pysty suorittamaan vaadittua toimintoa vian tai ehkäisevän kunnossapidon toiminnan takia.
- Toimintakelpoisuusaika on ajanjakso, jossa kohde on toimintakelpoisuustilassa.

- Toimintakelvottomuus aika on ajanjakso, jolloin kohde on toimintakelvottomuustilassa
- Toipumisaika on vian havaitsemisen jälkeen tehtyihin toimenpiteisiin kulunut aika, kuten vaadittuihin korjaustoimenpiteisiin ja ylösajoon kulunut aika. (Järviö 2012, 60; PSK 6201:2011, 29-31.)

2.4 Vikaantuminen

Vikaantuminen on tapahtuma tai tapahtumaketju, joka aiheuttaa kohteessa vian, ja tämän seurauksena kohde ei kykene suoriutumaan tehtävästä vaaditulla tasolla. Vikaantumisten tutkiminen on luonut oman käsitteistön, jonka tunteminen on kunnossapito-organisaation perusvaatimuksia. (Järviö 2012, 66.)

2.4.1 Vika

Vika on kohteen tila, jossa se ei kykene suorittamaan vaadittua toimintoa lukuun ottamatta tilannetta, jossa kohde on toimintakyvyn johtuen ehkäisevästä kunnossapidosta tai suunnitellusta kunnossapidosta tai ulkoisten resurssien puutteiden takia. Vika on yleisesti vikaantumisesta johtuva seuraus, mutta joissakin tilanteissa se voi olla jo aikaisemmin olemassa. Vaaditulla toiminnolla tarkoitetaan, että koko toiminto puuttuu tai ei ole laadullisesti/turvallisesti hyväksyttävää. (Järviö 2012, 67.)

Vikaantumisesta seuraa vika, joka on tyyppillisesti häiriö tai vaurio. Häiriö tilassa kohde ei ole rikki, mutta vaatii välittömän korjaustoimenpiteen. Häiriö korjataan palauttamalla kohteen toimintakyky puhdistamalla, säätämällä tai esimerkiksi uudelleen käynnistämällä. Häiriöitä seuraamalla pystytään määrittelemään komponenttien vikaväli. Vauriotilanteessa kohde on rikki ja seuraamukset ovat samanlaiset kuin häiriössä. Kohde korjataan korjaavan kunnossapidon keinoin ja vaurioiden perusteella pystytään määrittämään komponenttien vikaväli sekä elinikä. (Järviö 2012, 67.)

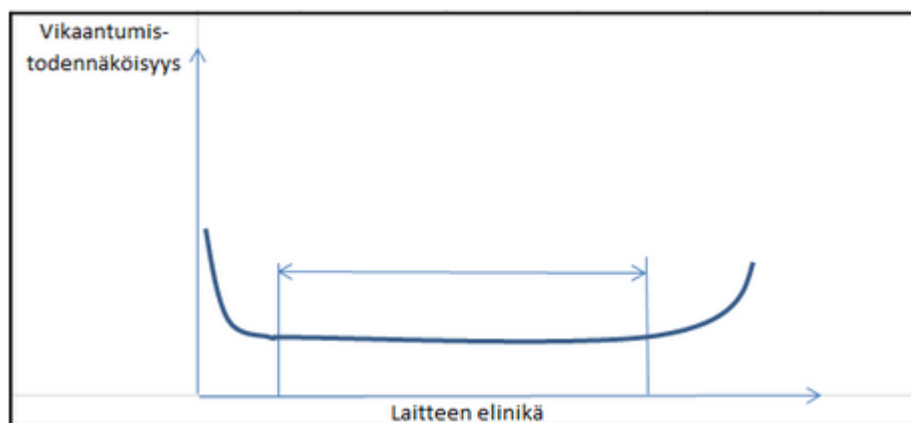
2.4.2 Vikojen kehittyminen

Laitteet on suunniteltu toimimaan moitteettomasti, jos vain käyttökohde ja ylläpitäminen ovat vaaditulla tasolla. Tämä vaatii sitä, että laite on suunniteltu ja valmistettu oikein käyttötarkoitusta kohden. Lisäksi täytyy käyttää oikeaa materiaalia valmistuksessa sekä huolehtia, että laitetta käytetään ja ylläpidetään oikein. Tällä ehkäistään laitteen rikkoutumista. (Järviö 2012, 72.)

Vika ei synny laitteeseen koskaan itsestään, koska vialla aina on oma syntymä- ja kehittymismekanismi. Vikatila on useasti pitkän kehitysketjun viimeinen lenkki, mutta tarpeeksi varhaisella havaitsemisella pystytään pääsemään ajoissa kiinni vikaantumiseen. Varhainen havaitseminen voi estää merkittäviäkin vahinkoja. Vikojen määrä kertoo koneen käyttäjien ja kunnossapidon ammattitaidosta sekä osaamisesta. (Järviö 2012, 72.)

2.4.3 Vikaantumisaika

Vikaantumisen perinteinen käsitys on esitetty kuviossa 2 kylpyammeen muotoisella vikaantumiskäyrällä. Alkuvaiheessa laitteessa esiintyy niin sanottuja lastentauteja, mutta sisäänajo kauden jälkeen toiminta vakiintuu ja tietyn eliniän jälkeen tulee jyrkkä nousu, joka johtuu laitteen loppuun kulumisesta. (Järviö 2012, 76.)



Kuvio 2. Laitteen perinteinen vikaantumiskäyrä (Järviö 2012, 76, muokattu)

Kunnossapidon on tiedettävä, että elinikänuolen (kuviassa 2) osoittamalla alueella kohteelle tehdään kunnossapitoa. Nuolen osoittamalla alueella vikaantumisen todennäköisyys on vakio eli vikaantuminen on yhtä todennäköistä koko jakson ajan. Vian kehittyminen alussa johtuu yleensä huonosta valmistautumisprosessista. Keskeisimmät syyt alkuvikaantumiselle ovat huono suunnittelu, materiaali-, valmistus- ja asennusvirheet sekä huono ohjeistus tai dokumentointi. Suunnitellun käyttöiän loppupuolella vikaantuminen kasvaa, minkä takia laite voidaan poistaa käytöstä ja korvata uudella laitteella. Koneeseen liittyvät turvallisuus- ja ympäristöön aiheutuvat vaarat on jo viranomais määräyksillä otettu pois käytöstä. (Järviö 2012,76.)

2.5 Kunnossapidon tietojärjestelmät

Kunnossapitojärjestelmä on tarkoitettu kunnossapidon materiaalivirtojen hallintaan ja toiminnanohjaukseen, ja sen avulla pystytään hallitsemaan tarvittavia yhteyksiä muihin yrityksiin tietojärjestelmien kautta. Kunnossapitojärjestelmää käyttävät kunnossapito-organisaatio, tuotanto ja kunnossapitoa hoitavat ulkopuoliset yritykset. Nykypäivänä erityisen tärkeässä asemassa ovat työntekijät, jotka tuottavat uutta tietoa tietojärjestelmiin. Kunnossapitojärjestelmän lyhenne on CMMS, joka tulee sanoista Computerized Maintenance Management. EAM-järjestelmä on uudempi lyhenne kunnossapitojärjestelmälle, ja se tulee sanoista Enterprise Asset System. (Mikkonen 2009, 116.)

Kunnossapitojärjestelmiä on erilaisia riippuen yrityksen tarpeista ja niissä on nykyisin hyvin monipuolinen laajennusmahdollisuus. Järjestelmät ovat hyvin pitkälti samankaltaisia perusominaisuuksiltaan eli kunnossapidon toiminnon ohjaukseltaan. Kunnossapitojärjestelmä pitää sisällään muun muassa laitekortiston, päiväkirjan, kunnossapitotöiden ohjauksen, vikaseurannan, ennakkohuollon, työnsuunnittelun, materiaalin ohjauksen ja kustannuslaskennan sekä raportoinnin. Kunnossapitojärjestelmän ydin on laitekortisto, koska järjestelmän muut sovellukset käyttävät laitekortiston tietoja apunaan toiminnassaan. Laitekortisto toimii niin sanotusti tietokantana järjestelmässä, joka koostuu erityyppisistä tietueista. Prosessipaikkojen tiedot kirjataan

paikkakortteihin ja laitteiden tiedot laitekortteihin. Näiden korttien avulla muodostuu hierarkia, josta käyvät ilmi paikkojen, laitteiden, varaosien ja asiakirjojen yhteydet toisiinsa. Kortistosta pystytään suoratoisto yhdistämään esimerkiksi CAD- tai muihin sähköisiin tiedostoihin. (Mikkonen 2009, 116-119.)

3 Huoltosuunnitelma

Huoltosuunnitelman laatiminen laitteelle on keskeistä laitteen toimintavarmuuden kannalta. Teollisuudessa käytetään nimitystä ennakkohuolto, mutta standardeja laatiessa on haluttu luopua termistä ja käyttää sen sijaan huoltosanaa. Huolto on jaksotetun kunnossapidon toimenpide, joka pitää sisällään muun muassa kohteen tarkastuksen, säädön, puhdistuksen, rasvauksen, öljynvaihdon ja suodattimen vaihdon. Huoltoa tehdään suunniteltujen jaksojen välein, kuten käyttötuntien, kalenteriajan, tuotantomäärän ja energiakäytön mukaisesti. (Laine 2010, 123.)

3.1 Kriittisyydenluokittelu teollisuudessa

Kriittisyys kuvaa kohteeseen liittyvää riskin suuruutta. Riski voi olla turvallisuuteen, ympäristöön tai tuotantoon liittyvä asia. Kriittisyysluokittelua käytetään kunnossapidon lähtötietojen tuottamiseen huoltosuunnitelmaa tehtäessä. Lisäksi kriittisyysluokittelua voidaan käyttää tukena uusien laitteiden hankinnassa. Laitteiden kriittisyyteen vaikuttavat korjaus- ja seurauskustannukset, tuotannon vaikutukset sekä turvallisuus- ja ympäristötekijät. (PSK 6800, 3-7.)

Turvallisuus- ja ympäristöriskejä voidaan arvioida kertoimilla, jotka nousevat aina riskin suurennettua. Esimerkiksi alimmalle turvallisuusriskille kerroin on nolla ja ylimmälle turvallisuuskerroin on 16, jolloin riski on vakava. (PSK 6800, 13.)

Tuotannonvaikutuksella tarkoitetaan menetettyä tuotantoa, josta seuraa suunnitellun lematon seisokki. (PSK 6800, 5-10.)

Korjauskustannukset syntyvät laitteen vikaantumisen johdosta, ja seurauskustannukset syntyvät, kun vikaantuminen vaikuttaa laitteen vaurioitumiseen tai toisen laitteen vikaantumiseen. (PSK 6800, 10.)

3.2 Varaosien kriittisyysluokittelu

Varaosien kriittisyysluokittelu voidaan jakaa kolmeen luokkaan, joista ensimmäinen on kriittisin ja kolmas matalin. Kriittisyysluokittelussa ensimmäisenä on osa, jotka pysäyttävät koneen tai laitteen välittömästi tai huonontaa linjan tuotantoa merkittävästi. Turvallisuus- ja ympäristövaaraa aiheuttavat osat kuuluvat myös ensimmäiseen luokkaan. (Laine 2010, 128.)

Toiseen luokkaan kuuluu vikaantuminen, jossa konetta pystytään ajamaan, mutta osat täytyisi vaihtaa mahdollisimman nopeasti. Osat myös alentavat linjan kapasiteettia tai tuotteen laatua. Kolmannen luokan osien vikaantuessa laitetta voidaan ajaa seuraavaan huoltoseisokkiin asti. Se ei huononna linjan kapasiteettia tai tuotteen laatua. (Laine 2010, 128)

3.3 RCM

RCM (Reliability Centered Maintenance) on luotettavuuskeskeinen kunnossapitomenetelmä, joka on todettu hyväksi huollon suunnittelussa. RCM-menetelmä perustuu ennakkohuoltosuunnitelman laatimiseen. Sen avulla laaditaan oikeanlainen huoltosuunnitelma laitteelle. RCM-mallin avulla päästään alhaisempiin kustannuksiin ja korkeampaan luotettavuuteen. Hyvän kunnossapito-ohjelman tekeminen on tärkeä asia, jotta saadaan enemmän tuotteita, parempia tuotteita, halvemmilla kustannuksilla ja turvallisemmin. (Laine 2010, 123, 126.) RCM-menetelmän avulla pyritään vähentämään ehkäisevää kunnossapitoa kuitenkin vaarantamatta laitteiden tai laitoksen toimintaa. John Moybray mukaan suunnitellusta tai ehkäisevästä kunnossapidosta 40 % on tarpeetonta. (Mikkonen 2009, 75)

3.4 Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA)

Laitteiston toiminta-analyysistä käytetään nimeä vika- ja vaikutusanalyysi eli VVA, joka on englanninkielessä FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). Vika- ja vaikutusanalyysin tarkoituksena on havainnollistaa koko laitekokonaisuuden prosessin. Laitteiston toiminta-analyysi on tärkeä asia, jotta saadaan selville mahdolliset laitteiden viat, kuten mistä ne johtuvat ja ilmenevät sekä millaisia seurauksia niistä voi syntyä koko tuotantolinjalle. (Laine 2010, 127.)

VVA-prosessi

Alkuvaiheessa vika- ja vaikutusanalyysiä tehdessä on hyvä ottaa käsittelyyn ensiksi pieni osakokonaisuus, koska liian suuren prosessin käsittelyssä analyysin tekijöiltä loppuu helposti aika kesken ja työ mahdollisesti siirretään vuosilla eteenpäin. Pienemmissä kokonaisuuksissa on parempi mahdollisuus saada konkreettisia tuloksia, mikä motivoi taas organisaatiota jatkamaan työskentelyä. VVA:n ensimmäisenä vaiheena on määritellä, mistä osista lähdetään analysoimaan. Kokonaisuuden kannalta on hyvä aloittaa tärkeistä osista ja etenkin, jos samat osat ovat myös vikaantumisherkkiä. Seuraavaksi tehdään toiminnalle kriittisyysluokittelu, jossa kriittinen osa määritellään. Korkein kriittisyysluokittelu tarkoittaa sitä, että vikaantuminen pysäyttää välittömästi koko tehtaan tuotantoprosessin. Matalimmassa kriittisyysluokassa joudutaan ostamaan varaosia alihankkijoilta, mikä hidastaa vähän tuotannon kokoonpanoa. (Laine 2010, 128.)

Vikatilanteiden läpikäynnissä käydään potentiaaliset vikatilanteet läpi ja kuvaillaan toiminnot vikatilanteessa, kuinka vika poikkeaa normaalista tilasta, sekä selvitetään, mistä viat johtuvat. Seuraavaksi pyritään selvittämään, kuinka vikaantuminen vaikuttaa toimintaan, esimerkiksi seisokkiaikaan ja laadun alenemiseen. Lisäksi määritellään, minkälaisia seuraamuksia vikaantumisesta voi aiheutua laitokselle ja ympäristölle. Vikaantumisten perusteella laaditaan huolto-ohjelma ja varaosasuositukset, joiden tarkoituksena on ennakoida, tunnistaa tai korjata vikaantuminen. Taulukossa 1 on malli yksinkertaisesta työkalusta VVA:n tekemiseen, sen avulla päästään jo hyviin tuloksiin. (Laine 2010, 128-129.)

Taulukko 1. Työkalumalli vika- ja vaikutusanalyysin tekemiseen (Laine 2010, 129, mukattu)

Kone/tuotantolinja								
Toiminto	Laite	Osa	Kriittisyys	Laitteen tai osan toiminta	Vikatilanne	Vioittumistapa	Vian vaikutukset	Vian seuraukset

Huolto-ohjelman laatimisessa ja kunnossapitotoimenpiteiden kohdentamisessa noudatetaan yleensä seuraavaa järjestystä:

1. laitteen jakaminen huoltokohteisiin
2. laitteen vikaantumismekanismien arviointi
3. kunnossapitotoimenpiteiden valinta (tarkastukset, määräaikaishuollot ja puhdistukset)
4. luotettavuuden arviointi (konstruktio muutosten kirjaus)
5. kunnossapitotoimenpiteen ajoitus vuodelle (toimenpiteiden kasaus ja ajoitus)
6. huolto-ohjeiden/työohjeiden luominen
7. dokumentointi
8. loppuarviointi

(Laine 2010, 130–131.)

3.5 ECM-analyysi

ECM-analyysin prosessi perustuu kokemuskeskeiseen kunnossapitoon. Analyysi on tarkoitettu tilanteisiin, jossa halutaan selvittää ehkäisevän kunnossapidon tehokkuus laitteille sekä kustannustehokkaampia ratkaisuja ehkäisevän kunnossapidon menetelmiin. Tämä on huomattavasti lyhyempi menetelmä kuin esimerkiksi klassinen RCM. (Smith 2004, 177–178.)

ECM-analyysin tekeminen perustuu kolmeen vaiheeseen, A, B ja C, jossa jokainen vaihe sisältää avainkysymyksen johon pyritään vastaamaan. Vaiheet muistuttavat pitkälti klassista RCM-analyysiä, mutta ECM-analyysin vaiheet ovat kuitenkin suhteel-

lisen lyhyitä. Analyysin tekemiseen riittää esimerkiksi Excel-ohjelma tai käsin tehty versio paperille. (Smith 2004, 178.)

Ensimmäinen askel

Ensimmäisessä askeleessa (A-vaiheessa) kysytään, ovatko nykyiset ennakkohuolto tehtävät oikeita ja tehokkaita. Smithin kirjasta on otettu esimerkkitaulukko 2, jossa kuvataan vaihe A.

Taulukko 2. Esimerkki ECM-analyysin ensimmäisestä vaiheesta A (Smith 2004, 179, muokattu.)

1	2	3	4	5	6	7
Nykyinen ennakkohuollon toimenpide	Komponentin nimi	Vikamuoto, joka pystytään ehkäisemään ennakkohuollolla	Vikamuodon kuvailu	Onko ennakkohuolto järkevä? (K/E)	Mietitään sallitaanko vikaantuminen vai pysytäänkö aikaisemmassa ennako huoltotoimenpiteessä vai parannetaanko sitä	Kuvaillaan ennakkohuoltoon tehdyt muutokset
Moottorin ilmanavan tarkastaminen	Kompressorin moottori	Ilmasuodatin tukossa	Moottorin ylikuumentuminen	K	Muokataan ennakkohuollon toimenpidettä	Suodattimien vaihto säännöllisiin väliajoin

- Sarakkeessa 1 kuvataan nykyinen ennakkohuoltotoimenpide.
- Sarakkeessa 2 kerrotaan, mitä komponentteja järjestelmään sisältyy ja miten ne huomioidaan ennakkohuollon tehtävässä.
- Sarakkeessa 3 kuvataan vikamuoto, joka mahdollisesti pystytään estämään ennakkohuollon toimenpiteellä. Jos ennakkohuollon toimenpidettä ei löydy vikamuodolle, tulisi se poistaa kokonaan.
- Sarakkeessa 4 kuvaillaan tarkemmin vikaantumisen muotoja lyhyesti.
- Sarakkeessa 5 mietitään ennakkohuolto tehtävistä syntyviä kustannuksia.
- Sarakkeessa 6 pohditaan, sallitaanko vikaantuminen vai pysytäänkö aikaisemmassa ennako huoltotoimenpiteessä vai parannetaanko sitä.
- Sarakkeessa 7 kuvaillaan ennakkohuoltoon tehdyt muutokset.

(Smith 2004, 179–180.)

Toinen askel

B-vaiheen kysymyksenä on, olisiko korjaavan kunnossapidon toimenpide voitu ehkäistä ennakkohuoltotoimenpiteellä. Tähän kysymykseen haetaan vastausta kysymysten avulla. Smithin esimerkki B-vaiheesta on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Esimerkki ECM-analyysin toisesta vaiheesta B (Smith 2004, muokattu.)

1	2	3	4	5	6	7	8
Korjaavan kunnossapidon päivämäärä	Komponentin nimi	Korjaavan toimenpiteen kuvailu	Vikamuodon kuvailu	Vian syy	Vian vaikutus	Onko vian vaikutus, niin vakava että se pitäisi ehkäistä? (K/E)	Ehkäisevä toimenpide
9.11.1989	Kompressori	Vesi vuoto	Ilmajäähdyttimen tiiviste vuotaa	Väljä	Paineen menetys	E	Ei ennakkohuolto työtä, asennuksesta johtuva vika

- Sarakkeessa 1 merkataan suoritettava korjaavan kunnossapidon toimenpide (päivämäärä).
- Sarakkeessa 2 merkataan, mikä komponentti on vikaantunut.
- Sarakkeessa 3 kuvataan häiriökorjauksentoimenpide.
- Sarakkeessa 4 kuvataan vikamuoto tarkasti.
- Sarakkeessa 5 kerrotaan, mistä vika on johtunut.
- Sarakkeessa 6 kuvaillaan vian vaikutus, komponentti ja laitetaso.
- Sarakkeessa 7 mietitään, onko seuraukset niin vakavia, että ne pitäisi ehkäistä.
- Sarakkeeseen 8 mietitään, tarvitaanko kohtaan 7 ehkäiseviä toimenpiteitä ja toimenpiteille määritellään intervalli. Lisäksi määritellään tehokas ennakkohuollontoimenpide vian ehkäisemiseen.

(Smith 2004, 180–181)

Kolmas askel

C-vaiheessa käydään läpi, onko A- ja B-vaiheiden lisäksi ilmennyt muita vikoja, joiden seurauksista voisi syntyä vakavia vaurioita sekä näiden vikojen ehkäiseminen tapahtuu kolmannessa vaiheessa. (Smith 2004, 181–182) Smithin kirjasta oleva esimerkki taulukko 4, jossa on esitetty kolmannen vaiheen kulku.

Taulukko 4. Esimerkki ECM-analyysin kolmannesta vaiheesta C (Smith 2004, 181, muokattu)

1	2	3	4	5
Komponentin nimi	Uusi vikamuoto	Vian syy	Vian vaikutuksen kuvailu	Tehokas ennakkohuolto ja intervalli
Voiteluöljyn korkean lämpötilan kytkin	Mittarissa epätavallista poikkeamaa	Ikääntyminen tai värinä	Ei pidä paikkaansa	Kalibrointi, 3kk välein

- Sarakkeessa 1 listataan komponentti.
- Sarakkeessa 2 kuvaillaan hypoteettinen vikamuoto.
- Sarakkeessa 3 arvioidaan vian syyt.
- Sarakkeessa 4 kuvaillaan lyhyesti vian vaikutukset.
- Sarakkeessa 5 määritellään lopuksi tehokas ehkäisevän kunnossapidon toimenpide ja intervalli.

(Smith 2004, 181–182)

4 Varaosien hallinta

Varasto tarkoittaa yleisesti varastorakennusta ja -tiloja tai varastossa olevaa tavaraa. Varastointi käsittää varastotoimintaa ja varastotoimintoja. Varastoinnista luullaan helposti, että siitä aiheutuu vain ylimääräisiä lisäkustannuksia, mutta näin ei ole. Varastointi on useissa tapauksissa välttämätöntä ja oikein suunniteltuna se tuottaa lisäarvoa yritykselle. Varastoja on erilaisia riippuen yrityksen käyttötarkoituksesta ja sen toimialasta sekä tavoitteista. (Logistiikan maailma)

4.1 Kunnossapidon varastot

Kunnossapidon varaosat ovat tärkeässä asemassa tuotannon kannalta. Kunnossapidon varaosien varastoinnilla pystytään pitämään tuotannon laitteet kunnossa tai palauttamaan ne nopeasti toimintakuntoon. Laitteiden varaosien varastointi on kallista, mutta tuotantolaitteen pitempiaikainen seisonta tulee yritykselle paljon kalliimmaksi

kuin varaosan pitäminen varastossa. Tämän takia on hyvä tarkistaa säännöllisin väliajoin, mitä varaosia on tarpeellista varastoida. (Richards 2011, 16.)

Kunnossapidon varastot voidaan jakaa kahteen ryhmään: varaosavarastoihin ja työvälinevarastoihin. Varaosavarastoihin kuuluu tuotannon koneiden osia, joiden tilausaika on pitkä tai joita on hankala saada. Pientarvikkeita kuuluu jatkuvasti koneiden korjaamiseen. Työvälinevarasto sisältää kunnossapidon tarvitsemat työvälineet. Työvälinevarastolle tyypillistä on suuri nimikemäärä varastosaldojen ollessa minimaalisia. (Karhunen, Pouri & Santala 2004, 303.)

5 Teollisuusvoitelu

Voitelu on tehokkain tapa vähentää liikkuvien osien välille syntyvää kitkaa ja kulumista. Oikeaoppisella voitelulla pystytään parantamaan koneiden käyttövarmuutta, jolloin koneiden elinikä pidentyy. Tehokas voitelu alentaa kitkaa, jolloin energiaa säästyy ja kohteen suoritustehokkuus nousee, sekä koneiden kuluminen on vähäisempää. (Anttila, Kajander, Korpi, Lehtovaara, Luukkainen, Malinen, Malkamäki, Miettinen, Mikkola, Pietiläinen, Pulkkinen, Rinkinen, Ronkainen, Rätty, Strengell, Suontama, Sänätjoki, Vihersalo, Virtanen & Vuolle 2013, 11.)

5.1 Voiteluaineet

Voiteluaine on kahden kiinteän pinnan väliaine, se voi olla kaasua, nestettä tai kiinteää ainetta. Voiteluaineissa on paljon peruskäsitteitä, joiden tietäminen auttaa tuntemaan aineen käyttäytymistä kohteessa. Tämä helpottaa voiteluaineen valintaa, koska valtaosa käsitteistä on esitetty analyysiarvoissa, jotka kuvaavat voiteluaineen ominaisuuksia. (Anttila ym. 2013, 49.)

Nestemäisen voiteluaineen tärkein ominaisuus on viskositeetti, joka kertoo aineen sisäisen kitkan suuruuden. Viskositeetti riippuu paljon lämpötilasta, mitä korkeampi on viskositeetti-indeksi, sitä pienempi vaikutus lämpötilalla on viskositeettiin. Viskositeettiarvojen perusteella määritellään viskositeetti-indeksi, joka mitataan +40 ja +100 asteessa. (Anttila ym. 2013, 50–53.)

Suurin osa voiteluaineista on nestemäisessä muodossa, jotka ovat yleisesti öljypohjaisia. Perusöljynä käytetään voiteluöljyissä kasvi- ja mineraaliöljyjä sekä synteettisiä öljyjä. Mineraaliöljy valmistetaan raakaöljystä, joka tyhjötislataan ja puhdistetaan. Kasviöljyjä käytetään lähinnä vain biohajoavissa voiteluaineissa raaka-aineena, jotka koostuvat triglyserideistä ja luonnon estereistä. Kasviöljyn etuja ovat korkea leimahduspiste, hyvät kitkaominaisuudet ja biohajoavuus. Huonoja ominaisuuksia ovat heikko hapettumisenkesto, jähmettyminen kylmässä, käyttöiän lyhyys ja käyttölämpötilojen rajoitteisuus. (Anttila ym. 2013, 55–59.)

5.2 Voitelulaitteet ja järjestelmät

Voitelulaitteet ovat keskeinen osa kunnossapidon työkaluja, joilla varmistetaan tuotannon toimivuus tehokkaana. Voitelulaitteita hankittaessa on erityisesti kiinnitettävä huomiota laatuun ja luotettavuuteen, eikä vain hinnan perusteella tehtyihin valintoihin. (Anttila ym. 2013, 221-222.)

Käsinvoitelu

Käsitoimisia rasvauskohteita ovat nipat, joita on erilaisia paikasta ja käyttökohteesta riippuen. Tyypillisiä nippoja Euroopassa ovat kaulanippa, tasonippa, koveronippa ja pallopäänippa. Nippon rasvaus tapahtuu käsitoimisilla voitelulaitteilla, kuten esimerkiksi vipuvarsipuristimella. Paineilmatoimisia voitelulaitteita voidaan käyttää öljypumppuihin ja rasvauspumppuihin. Monipistevoitelulaitteet soveltuvat hyvin kylmiin olosuhteisiin ja suurempiin rasvauskohteisiin. Monipistevoitelulaitteissa on suurempi voiteluainepatruuna ja säiliökoko sekä laitteissa on omat ohjaus- ja valvontayksiköt verrattuna yksipistevoitelujärjestelmiin. (Anttila ym. 2013, 222-227.)

Keskusvoitelujärjestelmät

Keskusvoitelujärjestelmiä käytetään laajemmissa voitelukohteissa. Keskusvoitelujärjestelmät koostuvat ohjausyksiköstä, pumppausyksiköstä, putkistosta ja annostinryhmistä sekä paineenvälontayksiköstä. Ohjauskeskuksella pystytään säännöstelemään voitelujaksoja, paineistusaikoja ja ohjaamaan useampaa voitelukanavaa sekä seuraamaan voiteluhistoriaa. Pumppauskeskukseen kuuluu suuntaventtiiliyksikkö, voiteluainesäiliö ja paineilmatoiminen voiteluainepumppu varusteineen. Putkistossa on huomioitava voitelujärjestelmän laajuus, ympäristö ja voiteluaineen ominaisuus-

det. Putkiston mitoitusta varten on olemassa laskentaohjelma, jonka avulla saadaan laskettua oikean kokoinen putkisto käyttöön. (Anttila ym. 2013, 228-229.)

Yksilinjainen keskusvoitelujärjestelmä

Tyypillisiä yksilinjaisen keskusvoitelujärjestelmän käyttökohteita ovat yksittäiset koneet ja laitteet, kuten puunkäsittelylaitteet, kuljettimet ja liikkuva kalusto. Järjestelmissä käytetään voiteluaineena puolijuoksevia rasvoja NLGI 1 luokkaan asti. Toiminta perustuu, kun annostimen mäntä työntää voiteluaineen kohteelle paineistuessaan. Annostuksia saa erikokoisena ja niitä voidaan säätää erikseen kohteiden mukaisesti. (Anttila yms. 2013, 230) Yksilinjainen järjestelmä on myös progressiivinen keskusvoitelujärjestelmä, jonka toiminta perustuu jatkuvaan voiteluun kohteelle. Progressiivinen järjestelmä soveltuu pieniä kerta-annoksia vaativille voitelukohteille kuten liukupinnat, johteet ja nivelet. (Anttila ym. 2013, 232.)

Kaksilinjainen keskusvoitelujärjestelmä

Kaksilinjaisen järjestelmän tyypillinen käyttökohde on laajat alueet, jotka kattavat useampia laitteita ja koneita. Esimerkki käyttökohteita ovat sellutehtaan kuitulinja ja terästehtaan valssauslinja. Kaksilinjajärjestelmän annostimien toiminta perustuu paineistukseen, jonka aikana linjan paine nousee ja annostimen luistin siirtyy ääriaseentoon, jolloin voiteluaine siirtää mäntää. Mäntä työntää voiteluaineen voitelukohteelle ja paineistuksen jälkeen paine purkautuu. Pumppauksen uudelleenikäynnistymisen jälkeen paineistuu toinen runkolinja, jonka seurauksena mäntä työntää rasvan toiselle linjaimelle. Annostimia on erikokoisia ja niitä pystyy säätämään käyttökohteen mukaisesti. (Anttila ym. 2013, 229.)

Ruiskutusvoitelujärjestelmä

Rasvaruiskuvoitelujärjestelmän toiminta perustuu pisaramuotoiseen voiteluun, jonka tyypillisiä käyttökohteita ovat avohammaskäytöt ja kannatuskehät. Voiteluaineena käytetään rasvaa tai öljyä, jonka viskositeetti on korkea. Ohjauyksikkö antaa käskyn voiteluaineen pumppaukselle ja avaa painejärjestelmän sulkuventtiilin. Voitelujärjestelmän annostin kuljettaa rasvan ruiskusuuttimelle, joka ruiskuttaa voiteluaineen kohteelle pisaramuodossa. Paineistusajan jälkeen ohjauyksikkö sulkee paineilmajärjestelmän sulkuventtiilin. Öljyruiskutusjärjestelmässä voiteluaine syötetään paineil-

man avulla tai ilman pisaramuodossa kohteelle. Paineilmaa käytettäessä on seurattava, ettei öljy muutu sumuksi, joka on terveydelle vaarallista. Öljyruiskutusjärjestelmän käyttökohteita ovat ketjut, leikkaavat terät ja liukupinnat. (Anttila ym. 232-233.)

Kiertovoitelujärjestelmä

Kiertovoitelujärjestelmässä öljy voitelee ja jäähdyyttää sekä puhdistaa kohdetta. Järjestelmän on kyettävä voitelemaan kaikki kohteet puhtaalla öljyllä ja tuottamaan oikea määrä öljyä kohteelle. Lisäksi tehtävänä on poistaa epäpuhtaudet, kuten kulumispartikkelit, hapettumistuotteet, vesi ja ilmakuplat sekä pystyä toimimaan korkeissa lämpötiloissa. Kiertovoitelujärjestelmässä öljy kulkeutuu pääsäiliöstä suodattimelle ja sitä kautta lämmönvaihtimeen, jossa öljy jäähdyytetään oikeaan lämpötilaan. Öljy virtaa paineputkia pitkin virtausmittariryhmille, jossa öljy säädetään haluttuun paineeseen riippuen kohteesta. Voitelukohteilta öljy kiertää takaisin tarvittaessa vesisäiliön kautta pääsäiliöön. (Anttila ym. 2013, 234-237.)

6 Hydrauliikka

Hydrauliikan tarkoituksena on saada aikaiseksi paine, joka tarvitsee energiaa kohteen siirtämiseen ja ohjaamiseen. Ensimmäisissä hydrauliikan laitteissa käytettiin voimansiirron väliaineena vettä, mutta nykyisin väliaineena käytetään paineenalaista öljyä. Teollisuudessa hydrauliikka jakautuu kahteen osaan hydrodynamiikkaan ja hydrostaatiikkaan. Hydrodynaamisessa tavassa käytetään suurta liikenopeutta, joka saadaan aikaan pumpulla ja soveltuu esimerkiksi turbiinin juoksupyörälle. Hydrostaattisen toiminta perustuu voimansiirtämiseen nesteen avulla ja voimanlähteenä toimii ensiö-, sähkö- tai polttomoottori, joka pyörittää pumppua. (Ansaharju 2009, 239-240)

Hydrauliikanputkistot

Hydrauliputkiston käyttötarkoitus jaetaan kahteen ryhmään aineensiirtoon tai tehonsiirtoon. Esimerkiksi prosessiteollisuudessa käytetään aineensiirtoon tarkoitettuja putkistoja. Tehonsiirtoon tarkoitettuja putkistoja käytetään paikoissa, joissa sähkö- tai polttomoottorin teho siirretään toimilaitteelle putkistoa pitkin. Hydrauliikanputkistot jaetaan teollisuus- ja mobilehydrauliikan putkistoihin. Teollisuusputkistoja käytetään perinteisesti tehtaissa, joissa on asennettu putkistot kiinteästi. Työkoneissa,

kuten metsäkoneissa käytetään mobilehydrauliikkaputkistoa, jossa on teräsputkien lisäksi paljon hydrauliletkuja taipumisen vuoksi. (Virta 2010, 2)

Turvallisuus

Hydrauliikkaan liittyy paljon työturvallisuus asioita, jotka ovat tiedettävä ennen asennusta. Virheellisesti asennettu hydrauliputkisto on hengenvaarallinen ja voi aiheuttaa pahimmassa tapauksessa kuoleman. Putkistossa oleva paineenalainen neste voi olla 70 astetta, mutta korkea lämpötila ja paine eivät ole ainoita hydrauliikan turvallisuusriskejä. Lisäksi hydrauliikan turvallisuusvaaroja ovat öljysuihkut, kuorman tai taakan putoaminen, palovammat ja tulipalon vaara sekä letkun iskeytyminen. Hydrauliijärjestelmät ovat nykyään luotettavia ja harvoin tapahtuu käytön aikana tapaturmia. Suurimpia tapaturmariskejä ovat huollot, korjaukset ja vian etsiminen. Esimerkiksi öljyvuotoa ei saa lähteä paikantamaan kädellä, koska pienikin öljysuihku voi läpäistä ihon ja öljy pääsee verenkiertoon. (Virta 2010, 58–60)

7 Koeajuhuone

Koeajuhuone on erillinen tila, jossa traktorit testataan lopuksi. Koeajolaitteita on viisi kappaletta, joista neljä on koeajopukkeja ja yksi koeajorullain. Koeajuhuoneessa on koeajolaitteiden lisäksi traktorin testaukseen vaadittavia laitteita, joita ovat tehonmittauslaitteet ja hydrauliikan mittauspisteet.

Koeajopukin tarkoituksena on nostaa traktori ilmaan koeajon ajaksi. Koeajopukin akselivälin säätö perustuu automatiikkaan, joka säätää traktorin akselivälin sopivaksi koeajopukille sen jälkeen, kun tiedot on syötetty koneeseen. Laitetta pystytään hienosäätämään sivulle ja eteen ilmatyynyjen avulla, jotka ovat laitteen jokaisessa nurkassa. Traktori nostetaan ilmaan etu- ja taka-akselista kierrenostimien avulla, jotka sijaitsevat nostimen jokaisessa kulmassa. Edessä on kaksi kierrenostinta, joista on ketjuvälitys sähkömoottorille, ja samanlainen menetelmä on myös takaosan kierrepukeilla. Koeajopukkien etu- ja takaosassa on jarrulaite, joka liikkuu sivulle ja toimii ilmasylintereiden avulla. Takaosan jarrulaitteen pyörät toimivat hydrauliikalla ja etuosan jarrulaitteen pyörä on kiinteä. Jarrulaitteen avulla saadaan testattua traktorista tasauspyöränlukon toiminta. Koeajopukilla on oma hydraulikoneikko, joka antaa hyd-

raulipaineen laitteelle. Koeajopukin tyypillisiä huoltokohteita ovat rasvaukset, hydrauliiikka, ilmatyönnyt ja puhdistukset. Kuviossa 3 on kuva koeajopukista.



Kuvio 3. Koeajopukki

Koeajorullasto soveltuu pienempien traktorien testaukseen. Koeajorullastossa traktoria ei nosteta ilmaan, vaan se testataan rullien päällä ajamalla. Traktori kiinnitetään edestä kuviossa 4 näkyvien kiinnitysliinojen avulla. Takaosan kiinnitys tapahtuu traktorin peräkoukkuun tulevilla mekanismeilla. Koeajorullaimen huoltokohteita ovat rullat, ketjut, puhdistus ja rasvaukset sekä rullien laakereiden kunnon tarkkailu ja vaihtotyöt. Kuviossa 4 on kuva koeajorullastosta.



Kuvio 4. Koeajorullasto

Hydrauliikan mittauspisteen tarkoitus on mitata traktorista vaaditut hydraulipaineet. Hydrauliikan mittauspisteitä on jokaisella koeajopaikalla. Traktorin ulosoton paineet tarkistetaan, että ne ovat vaaditulla tasolla. Huoltokohteita hydrauliikanmittauspisteellä ovat suodattimien vaihdot ja hydrauliletkujen ja liittimien tarkastaminen sekä puhtausmittauksen suoritus laitteelle.

Dynamometrejä on koeajohuoneessa yhteensä kolme kappaletta ja niiden tarkoituksena on mitata traktorin vaaditut tehot. Tehonmittauslaitetta pystytään liikuttamaan ilmatyynyn avulla, joka toimii paineilmalla. Tyypillisiä huoltotoimenpiteitä ovat puhdistukset, rasvaukset, paineilma ja ilmatyynynkunnan tarkastaminen sekä lattian tarkastaminen laitteen liikkuvuusalueelta.

8 Työn toteutus

8.1 Työn alkukartoitus

Toteutusvaiheen alussa tutustuttiin koeajohuoneen laitteisiin ja niiden toimintatavoihin, jotta päästiin tarkemmin syventymään laitteisiin. Koeajohuoneen laitteista tehtiin omia havaintoja ja niistä laadittiin muistiinpanoja. Tämän jälkeen alettiin tarkastelemaan tietokannasta löytyviä dokumentteja laitteista. Ensimmäisenä kerättiin laitteista kaikki tiedot, kuten piirustukset, muutostyöt, huoltohistoria ja huolto-

ohjeet. Data koottiin yhteen, minkä jälkeen analysoitiin se tieto, joka nähtiin hyödylliseksi työssä. Arrow Novi-kunnossapidontietojärjestelmästä saatiin laitteista vikahistoriaa, jota hyödynnettiin huoltosuunnitelmien teossa. Järjestelmästä saatiin tietoa tyypillisimmistä vioista, joita oli ilmennyt koeajuhuoneen laitteilla vuosien varrelta. Lisäksi löytyi erilaisia huoltotoimenpiteitä, joita oli tehty kohteille.

8.2 Huoltosuunnitelmien toteutus

Huoltosuunnitelman tekemisen avuksi mietittiin muutamia mahdollisia menetelmiä, joita voisi hyödyntää työssä. Yhtenä vaihtoehtona oli RCM-menetelmä, joka suljettiin pois, koska se vaatii suuret ajalliset resurssit ja henkilöstön sitoutumista. Se ei ollut tässä tapauksessa mahdollista. ECM-menetelmä nähtiin parhaimmaksi vaihtoehdoksi hyödyntää huoltosuunnitelmien teossa, koska menetelmä perustuu kokemukseen tietoon, joka oli työssä keskeinen asia. ECM-analyysiä ei kuitenkaan tehty kokonaan, vaan siitä tehtiin kevennetty versio, jossa hyödynnettiin osittain vaiheiden kysymyksiä.

ECM-analyysin A-vaihetta ei katsottu hyödylliseksi käyttää apuna työssä, koska vanha huoltosuunnitelmaa ei ollut järkevää alkaa parantelemaan tai muokkaamaan. Laitteille oli tehty muutostöitä ja vanhasta huoltosuunnitelmasta puuttui paljon huollettavia kohteita, joten huoltosuunnitelma päädyttiin tekemään kokonaan alusta.

Kokemukseen tiedon lähtökohtana oli miettiä ja selvittää keneltä lähteä kyselymään tietoa laitteista sekä minkälaisilla tavoilla tiedot saataisiin kerättyä. Tietoa kerättiin aluksi kunnossapitohenkilöstöltä haastattelujen ja kyselyiden avulla, koska heillä oli kokemusta laitteiden huolto- ja korjaustöistä. Muutamalla kunnossapidon asentajalla oli tietoa enemmän nimenomaan koeajuhuoneen laitteiden huoltotöistä ja häiriökorjaustoimenpiteistä. Erityisesti käytiin läpi koeajolaitteiden toimintaa ja huoltokohteita. Myös muiden laitteiden huoltokohteet käytiin läpi. Haastatteluja tehtiin koeajuhuoneen laitteiden käyttäjille ja kyseltiin mahdollisia vikaantumisen kohteita sekä sitä, mitkä kohteet heidän mielestään vikaantuvat useammin kuin muut. Kehitysinsinöörit kerättiin tietoa laitteiden muutos- ja huoltotöistä vuosien saatossa. Haastattelut toteutettiin yksilö- ja ryhmähaastatteluina henkilöille. Kokemuspohjalta saadut tiedot kerättiin yhteen, jotta pystyttiin tutkimaan ja analysoi-

maan saatua dataa. Näiden tietojen pohjalta mietittiin varsinaista huoltosuunnitelmaa. Taulukossa 5 on esimerkki, kuinka haastattelut on toteutettu henkilöille.

Taulukko 5. Esimerkki tehdyistä haastatteluista

Haastateltavat	Kysymykset	Vastaukset
Laitteiden käyttäjät	Tyypillisimpiä vikoja koeajopukeille?	Etunastat jumittavat
Kunnossapitohenkilöstö	Millaisia huoltotoimenpiteitä on tehty laitteille?	Rasvauksia pääasiassa, kesä seisokissa isompia huoltotoimenpiteitä
Kehitysinsinööri	Millaisia muutostöitä laitteille on tehty?	Pääasiassa pieniä muutos töitä vuosien saatossa. Esimerkiksi muutamia komponentteja on vaihdettu. Piirrustuksista näkee tarkemmin tehdyt muutos työt

ECM-analyysin toista vaihetta hyödynnettiin vikojen määrittämiseen sekä mahdollisiin vikojen ehkäisemisen tapoihin. B-vaiheen kysymysten avulla käytiin läpi eri komponenttien vikaantumisia ja sitä, millaisia häiriökorjaustoimenpiteitä oli tehty. Vikamuodot kuvailtiin tarkasti ja selvitettiin vian aiheuttaja. Lopuksi mietittiin ovatko vikaantumisesta johtuvat seuraukset vakavia ja tarvitseeko ehkäiseviä toimenpiteitä miettiä. Taulukossa 6 on esimerkki, kuinka ECM-analyysin B-vaihdetta on hyödynnetty työssä. Muutamille vikaantumisen tyypeille laadittiin ehkäisevä toimenpide ja intervalli, joka nähtiin tarpeelliseksi.

Taulukko 6. ECM-analyysin B-vaihe

1	2	3	4	5	6	7	8
Korjaavan toimenpiteen päivämäärä	Komponentin nimi	Kuvataan häiriökorjaustoimenpide	Vikamuodon kuvaus	Vian syy	Vian vaikutuksen kuvaus	Ovatko vian vaikutukset niin vakavia, että ne pitäisi ehkäistä	Tehokas ennakkohuollotoimenpide
3.4.2017	Etunastat	Nastat vioittuneet	Etunastat jäävät pohjaan	Vihreät etupalikat kuluneet	Nastat eivät tunnista painoa	Kyllä	Vaihdettava, jos vihreän etupalikan pinta on kulunut niin, että kuorma on vaarassa painaa nasta pohjaan asti

Jokaiselle laitteelle laadittiin komponenttiluettelo. Koeajuhuoneen laitteille tehtiin komponenttiluettelo, jotta se helpottaisi huoltokohteiden löytämistä. Komponenttiluettelon jälkeen mietittiin huoltokohteita laitekohtaisesti, jossa käytettiin taulukon 7 mukaista ECM-analyysi taulukkoa apuna. Taulukkoa oltiin muokattu alkuperäisestä

ECM-analyysin vaiheesta C. Taulukkoon tehtiin alustava luettelo huoltokohteista ja niiden perään laadittiin huoltotoimenpide. Huoltotoimenpiteiden miettimiseen käytettiin apuna dokumentteja ja kokemuskeskeistä tietoa, joita oli aikaisemmin käyty keräämässä. Lisäksi hyödynnettiin valmistajan antamia huolto-ohjeistuksia komponenteille. Jokaiselle koeajuhuoneen laitteen komponentille tehtiin taulukon 7 mukainen toimenpide. Taulukossa 7 on esimerkki koeajopukin sähkömoottorille tehdystä toimenpiteestä, jossa käy ilmi ennakkohuollon toimenpide ja intervalli kohteelle.

Taulukko 7. ECM-analyysin C-vaiheesta tehty sovellettu versio

1	2	3	4	5	6	7	8
Kohde	Komponentin nimi	Onko kohde vikaantunut aiemmin?	Vian syy	Vian vaikutuksen kuvailu	Tarvitseeko ennakkohuoltoa (K/E)	Kuvaillaan ennakkohuollon toimenpide	intervalli
Kierrepukki	Sähkömoottori	Ei	-	-	K	Moottorin tuuletus ripojen puhdistus sekä laakeri- ja käyntiäänen kuunteleminen	Vuosittain

Intervallin tarkoituksena on määritellä, kuinka usein mitäkin kohdetta huollettaisiin. Intervallit laadittiin taulukon 7 mukaisesti, jokaiselle komponentille. Komponenteista etsittiin tietoja dokumenteista, mitkä oli aikaisemmin analysoitu sekä pyrittiin löytämään huolto-ohje internetistä. Muutamista kohteista, kuten kierenostimista, löytyi suora ohje huoltotoimenpiteistä ja huoltoajankohdista. Apuna käytettiin myös joissakin kohteissa kokemuskeskeistä tietoa intervallin laatimiselle. Arrow Novista löydettyä vikahistoriaa hyödynnettiin myös, mikä oli analysoitu jo aikaisemmassa vaiheessa.

Kunnossapitohenkilöstöltä tuli muutamia huoltokohteita ja huoltotoimenpiteitä lisää. Heiltä saatiin muutamia hyviä tietoja liittyen huoltoväleihin ja huoltotoimenpiteisiin, minkä jälkeen tehtiin vielä pieniä muutoksia huoltosuunnitelmaan. Lisäksi käytiin vielä näyttämässä huoltosuunnitelmaa kehitysinsinöörille. Häneltä tuli vielä muutamia parannus- ja kehitysideoita huoltosuunnitelmaan, esimerkiksi rasvaukseen liittyen. Uudet tiedot lisättiin huoltosuunnitelmaan, jotka oli saatu henkilöiltä. Näiden tietojen pohjalta saatiin laadittua Exceliin huoltosuunnitelmat. Myöhemmin tuli vielä ideana toimeksiantajalta, että voisi laatia käyttäjäkunnossapidolle toimenpiteet huoltosuunnitelmaan, koska yrityksen tarkoituksena on ottaa käyttöön käyttäjäkunnos-

sapito lähiaikoina. Käyttäjäkunnossapidon toimenpiteet ja intervallit lisättiin jokaiseen huoltosuunnitelmaan laitekohtaisesti.

8.3 Kriittisyysanalyysi

Kriittisyysanalyysin tekeminen alkoi tutustumisella erilaisiin menetelmiin, joita voitaisiin käyttää analyysin tekemisen vaiheessa. PSK 6800-standardia päätettiin käyttää apuna laitteiden kriittisyyden määrittämiseen, koska menetelmällä pystytään määrittämään laitteen kriittisyys. Standardista löytyi valmis Excel-laskuri kriittisyyden laskemiseen, jota hyödynnettiin työssä. Laitteille määriteltiin riski kertoimien avulla, mihin luokkaan laite kuuluu. Kertoimien perusteella määriteltiin, millainen riski laitteella on muun muassa turvallisuuteen, ympäristöön ja tuotantoon liittyen. Näiden tietojen ja laskelmien avulla saatiin tehtyä laitteille oikea kriittisyysluokittelu. Kriittisyysanalyysistä toimeksiantaja pystyy näkemään, mitkä laitteet ovat kriittisimmät tuotannon kannalta.

Varaosien kriittisyyden määrittäminen tehtiin varaosien kriittisyysluokittelun mukaisesti, joka on sovellettu vika- ja vaikutusanalyysistä eli laitteiden toiminta-analyysistä. Kriittisyysluokittelussa oli otettu huomioon turvallisuus, ympäristö ja tuotantoon liittyvät tekijät sekä varaosien hinta ja saatavuus tekijät. Luokittelun avulla varaosat saatiin laadittua oikean kriittisyyden mukaisesti. Taulukossa 8 on esimerkki koeajopukin komponentille tehdystä kriittisyysluokittelusta. Kaikille koeajuhuoneen laitteiden komponenteille on tehty taulukon 8 mukaisesti alustava kriittisyysluokittelu taulukon avulla.

Taulukko 8. Kriittisyysluokittelu vika- ja vaikutusanalyysin mukaisesti

Laite	Komponentti	Määrä	Pysäyttää laitteen toiminnan sekä aiheuttaa turvallisuus- ja ympäristövaaraa	Laietta voidaan vielä käyttää, mutta osa tulisi vaihtaa mahdollisimman nopeasti	Osan vikaantuessa laitetta voidaan ajaa seuraavaan huoltoseisokkiin asti	Kriittisyysluokka (A,B ja C)	Tilausaika 1-3 pv.	Tilausaika 3-7 pv.	Tilausaika yli 7pv.
Koeajopukki	Kierrenostin	4	Kyllä			A			x
Koeajopukki	Sähkömoottori	2	Kyllä			A		x	

9 Tulokset

9.1 Huoltosuunnitelmat

Huoltosuunnitelmat saatiin tehtyä kaikille koeajuhuoneen laitteille sekä liitettyä ne yrityksen virallisiin huoltopohjiin. Virallista huoltopohjaa ei tarvinnut tehdä itse, koska yrityksellä oli oma huoltopohja, jota oli käytetty. Huoltopohjaan laitettiin laitteen tiedot ja huoltokohteet sekä tarvittavat huoltotoimenpiteet. Intervallit on laadittu seuraavien aikavälien mukaisesti: vuosittain, kuuden ja kolmen kuukauden välein. Käyttäjäkunnossapidolle on laadittu viikoittaiset huoltotoimenpiteet. Huoltosuunnitelmaan lisättiin kuvia laitteiden huoltokohteista, jotta kohteiden havainnollistaminen olisi helpompaa. Huoltosuunnitelmaan laadittiin lisäksi muutamista huollettavista kohteista huolto-ohje, jonka nähtiin olevan tarpeellinen huoltosuunnitelmassa.

Kunnossapitojärjestelmään luotiin koeajuhuoneen kohtaan huoltovälit, jotka menivät laadittujen intervallien mukaisesti. Lisäksi merkattiin tekijä, esimerkiksi mekaaninen kunnossapito. Lopuksi jokaiselle huoltovälille lisättiin laitteet, joka näkyy kuviossa 5 (L). Laitteita lisättiin kohtaan (L), kunkin laitteen intervallin mukaisesti. Huoltosuunnitelmat lisättiin järjestelmään dokumentit kohtaan.

Virallisten huoltosuunnitelmien ansiosta laitteiden huollettavuus on säännöllistä ja huoltotoimenpiteet ovat oikeat. Huoltosuunnitelmien löytyminen Arrow Novista mahdollistaa laitteiden säännöllisen huollettavuuden. Liitteessä 1 on malli esimerkki koeajopukin huoltosuunnitelmasta. Kaikille koeajuhuoneen laitteille on laadittu saman tyylinen huoltosuunnitelma, kuten liitteessä 1 on.

Osahuolto		Osahuollon nro Selite		Kone seisoo Työkorttien lkm Kiireellisyys		
L	T	D	10	VUOSITTAIN	1	Tehdään Heti
Laitteet						
Lkoodi	Laitenimi	Väli	Kesto	Seuraava generointi		
K4201	Koeajopukki 1	1 vuotta	16 tuntia	25.6.2018 10:00:00		
K4203	Koeajopukki 2	1 vuotta	16 tuntia	25.6.2018 10:00:00		
K4202	Koeajopukki 3	1 vuotta	16 tuntia	25.6.2018 10:00:00		
K4204	Koeajopukki 4	1 vuotta	16 tuntia	25.6.2018 10:00:00		
K4205	Koeajorullasto	1 vuotta	8 tuntia	25.6.2018 10:00:00		
K4270	Sigma 5 Froment	1 vuotta	2 tuntia	25.6.2018 10:00:00		
K4271	Sigma 5 Froment	1 vuotta	2 tuntia	25.6.2018 10:00:00		
K4272	Sigma 5 Froment -3,	1 vuotta	2 tuntia	25.6.2018 10:00:00		

Kuvio 5. Laitteet lisättyä huoltojaksoihin Arrow Novi-kunnossapidon tietojärjestelmässä

9.2 Laitteiden ja varaosien kriittisyysluokittelu

Laitteiden kriittisyysluokittelu saatiin tehtyä PSK 6800-standardin avulla, joka on esitetty taulukossa 9. Kriittisiä laitteita tuotannon kannalta olivat koeajopukit ja koeajorullasto. Kriittisyyden raja-arvo oli laadittu 400 ja tuotannonmenetyksen painoarvokerroin 100. Kriittisyyden raja-arvot ovat laadittu toimeksiantajan mukaisesti oikeiksi. Koeajolaitteet ylittivät kriittisyyden raja-arvon, joten ne olivat kriittiset tuotannon kannalta. Toimeksiantajaa kiinnostivat laitteet, jotka ylittivät kriittisyyden raja-arvon.

Taulukko 9. Laitteiden kriittisyysanalyysi

Laitos		Kriittisyyden raja-arvo		400		Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp		100					
Toimintopaikan tunnistus	Toimintopaikan nimitys	Vikaan- tumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö 0...16	Tuotannon menetys (0...4)	Loppu- tuotteen laatu- kustus- tannus (0...4)	Korjau- kustannus (0...4)	Kriitti- syys- indeksi	Kriittisyyden osaindeksit				
		Painoarvot W ->	30	20	100	30	20	K	Ks	Ke	Kp	Kq	Kr
K4201	Koeajopukki 1	2	4	2	2	2	2	920	240	80	400	120	80
K4203	Koeajopukki 2	2	4	2	2	2	2	920	240	80	400	120	80
K4202	Koeajopukki 3	2	4	2	2	2	2	920	240	80	400	120	80
K4204	Koeajopukki 4	2	4	2	2	2	2	920	240	80	400	120	80
K4205	Koeajorullasto	2	3	2	2	2	2	860	180	80	400	120	80
K4257	Pakokaasumurit	1	2	2	1	1	1	250	60	40	100	30	20
K4270	Sigma 5 Froment	1	1	1	1	1	1	200	30	20	100	30	20
K4271	Sigma 5 Froment	1	1	1	1	1	1	200	30	20	100	30	20
K4272	Sigma 5 Froment	1	1	1	1	1	1	200	30	20	100	30	20

Taulukko 10. Varaosien kriittisyysluokittelu

		A-luokan osan vikaantuessa aiheuttaa välittömästi laitteen toimintakyvyttömyyden, sekä turvallisuus- ja ympäristö vaaraa	B-luokan osan rikkoutuessa laitetta pystytään vielä käyttämään, mutta rikkoutunut osa olisi vaihdettava mahdollisimman nopeasti	C-luokan osan/osien vikaantuessa laitetta pystytään käyttämään seuraavaan huoltoseisokkiin asti	1. 0-3 pv 2. 3-7pv 3. yli 7pv
		A-kriittinen varaosa (1)	B-kriittinen varaosa (2)	C-kriittinen varaosa (3)	Tilausaika (1-3)
Varaosat	Määrä				
Kierrenostin	4	1			3
Sähkömoottori VEM 2-nopeusmoottori K21R 112 M 6-4L (kierrenostin)	2	1			2
Rullaketju DIN 10B-1 (kierrenostin)	2	1			1
Ketjupyörä 10B rullaketjulle (kierrenostin)	2	1			1
Ketjupyörä 10B rullaketjulle (kierrenostin)	2	1			1
Nostosylinteri	6	1			2
satulat	4	1			2
Anturi			2		2
Etunasta	2		2		2

Varaosien kriittisyysanalyysi toteutettiin koeajohuoneen laitteille taulukon 10 mukaisesti. Varaosien kriittisyysluokka on jaettu kolmeen ryhmään A-, B- ja C-luokkaan. A-luokka on kaikista kriittisin varaosa, mikä aiheuttaa laitteen toimintakyvyttömyyden sekä turvallisuus- ja ympäristövaaraa. B-luokan varaosan vikaantuessa laitetta pystytään käyttämään, mutta osa olisi vaihdettava mahdollisimman pian. C-luokan varaosan vikaantuessa laitetta pystytään käyttämään seuraavaan huoltoseisokkiin asti. Varaosan kriittisyyteen vaikuttaa lisäksi tilausaika. Varaosien kriittisyysluokittelu on toteutettu toimeksiantajan haluamalla tavalla. Toimeksiantajaa kiinnostivat eniten A-luokan varaosat, koska ne ovat kaikkein kriittisimmät laitteen toimivuuden kannalta. A-luokan osan on löydyttävä varastosta, jotta laite saadaan palautettua mahdollisimman nopeasti takaisin toimintakuntoon.

Taulukko 11. Pisteytystaulukko koeajopukille.



Pisteytystaulukosta käy ilmi laite, varaosan kriittisyysluokka ja kuinka monta varaosaa luokassa on sekä tilausaika varaosalle. Taulukossa 11 on esimerkki koeajopukin pisteytystaulukosta. Kaikille koeajohuoneen laitteille on laadittu samanlainen pisteytystaulukko, kuten taulukko 11 on. Pisteytystaulukko on laadittu toimeksiantajan näkökulmasta katsottuna parhaalla mahdollisella tavalla, josta on hyötyä toimeksiantajalle jatkossa.

Kehitysidea

Jatkokehitys ideana oli rasvauksen parannus koeajopukeille ja koeajorullastolle. Koeajolaitteilla on paljon rasvausnippoja, jotka asentaja joutuu rasvaamaan käsin. Helpottaakseen asentajan työtä kehitysideana olisi automaattinen System 24 rasvapurkki koeajolaitteille. Koeajorullaston laakereiden rasvaus on hankala suorittaa, johtuen painavista levyistä, jotka joudutaan siirtämään ennen rasvausta. System 24 helpottaisi jatkossa toimintaa siten, että levyjä ei tarvitsisi siirtää rasvauksen ajaksi. Kuviossa 6 on kuva System 24 rasvapurkista, jonka toiminta perustuu automaattiseen purkin tyhjenemiseen. Rasvan tyhjenemisen voi säätää 1-12 kuukauteen ja rasva tyhjenee automaattisesti halutulla ajanjaksolla.



Kuvio 6. System 24 rasvapurkki (SKF System 24)

10 Pohdinta

Opinnäytetyön lähtökohtana oli tehdä huoltosuunnitelmat koeajuhuoneenlaitteille sekä selvittää kriittisimmät varaosat laitteiden vikaantumisen kannalta. Tavoitteet saatiin täytettyä, mitä toimeksiantaja oli laatinut tehtäväksi. Tuloksista voidaan päätellä, että kaikkien laitteiden huoltosuunnitelmat tuli tehtyä koeajuhuoneenlaitteille. Lisäksi kriittisyysanalyysi laitteille ja varaosille saatiin laadittua. Yritys sai työstä oikeanlaiset huoltosuunnitelmat, joiden avulla koeajolaitteiden toimintavarmuus paranee ja sen myötä käytettävyys nousee. Huoltosuunnitelmien liittäminen Arrow Novikunnossapitojärjestelmään takaa jatkossa laitteiden säännöllisen huollettavuuden.

Opinnäytetyön luotettavuus perustuu työn aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen ja standardeihin. Luotettavuus tekijöitä ovat lisäksi kunnossapitohenkilöstön ja kehitysinsinöörin ammattitaitoon perustuva tieto. Huoltosuunnitelmissa käytettiin myös valmistajan antamia ohjeistuksia huoltotoimenpiteistä ja huoltoväleistä. Työn toteutus pyrittiin kertomaan tarkasti ja havainnollistamaan kuvilla, jotta siitä käy ilmi työn luotettavuus mahdollisimman hyvin.

Johtopäätökset

Koeajolaitteiden huoltosuunnitelman tekeminen oli keskeinen asia yrityksen kannalta, koska heillä ei ollut laadittuna virallista huoltosuunnitelmaa koeajuhuoneen laitteille, minkä mukaisesti huollot olisivat tehty laitteille. Työn ansiosta laitteet tullaan huoltamaan oikein ja säännöllisin väliajoin. Lisäksi huoltosuunnitelmiin on helppo

tehdä lisäyksiä, jos jälkeen päin tulee mieleen uusia huoltokohteita tai huoltotoimenpiteitä. Huoltosuunnitelmien päivittäminen jää yrityksen toimeksiantajan vastuulle tulevaisuudessa. Työstä suoriuduttiin hyvin, koska tavoitteet saatiin täytettyä, mitä toimeksiantaja oli antanut tehtäväksi.

Lähteet

- Ansaharju, T. 2009. Koneenasennus ja kunnossapito. Porvoo: WSOY oppimateriaalit.
- Järviö, J. 2012. Kunnossapito tuotanto-ominaisuuden hoitaminen. 5. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media.
- Kananen, J. 2009. Kvalitatiivisen tutkimuksen teoria ja käytänteet.
- Karhunen, J., Pouri, R. & Santala, J. 2004. Kuljetukset ja varastointi. Helsinki: Suomen logistiikkayhdistys
- Laine, H. 2010. Tehokas kunnossapito tuottavuutta käynnissäpidolla. Helsinki: KP-Media.
- Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media.
- PSK 6201:2011. Kunnossapito. käsitteet ja määritelmä. 3. painos. PSK standardisointiyhdistys ry.
- PSK 6800:2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. standardisointiyhdistys
- PSK 7501:2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. Painos. PSK standardisointiyhdistys.
- Richards, G. 2011. Warehouse management. London: Kogan page limited
- SKF System 24. Automatic Lubrication. Viitattu 20.4.2018
http://www.skf.com/binary/21-61451/LUB0367V_NG_tcm_12-61451.png.
- Smith, A. 2004. RCM gateway to class maintenance. Amsterdam: Butterwoth-Heinemann.
- Anttila, K., Kajander, K., Korpi, A., Lehtovaara, A., Luukkainen, T., Malinen, R., Malkamäki, H., Miettinen, J., Mikkola, K., Pietiläinen, L., Pulkkinen, P., Rinkinen, J., Ronkainen, H., Rätty, K., Strengell, K., Suontama, K., Säynätjoki, M., Vihersalo, J., Virtanen, I., Vuolle, P., 2013. Teollisuvoitelu. 5. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media.

Varastointi. N.d. Logistiikan maailma. Viitattu 2.3.2018.

<http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/>

Virta, S. 2010. Hydrauliputkistot. 2. painos. Helsinki: KP-Media.

Liitteet

Liite 1. Huoltosuunnitelma koeajopukeille

Huolto-ohje, Koeajopukki

K4201-K4204, huolto-ohje, ohje päivitetty 15.3.2018

3 KUUKAUDEN VÄLEIN

Kierrenostin

- Rasvapurkkien system 24 vaihto
- Ketjun kireyden tarkastaminen, puhdistus ja rasvaus (Ketjun venyminen voidaan tarkistaa mittaamalla, tarkemmat ohjeet löytyvät kuvasta 2)
- Ketjupyörien samansuuntaisuuden tarkastaminen (välitys sähkömoottorilta kierrenostimelle)

Nostosylinterit

- Nippojen rasvaus ja sylintereiden kunnon tarkastaminen

Satulat

- Satuloiden kunnon tarkastaminen

Nastat ja etu palikat (vih.) (toimenpide tehdään siihen asti kunnes tulee käyttäjäkunnossapito)

- Nastojen liikkuvuuden ja kunnon tarkastaminen
- Etu palikoiden kunnon tarkastaminen ja tarvittaessa vaihto (Vaihdeettava, jos palikan pinta on kulunut niin, että kuorma on vaarassa painaa nasta pohjaan asti tai palikka on murskaantunut)

Keskinosto

- Nippojen rasvaus, ketjun kireyden tarkastaminen, puhdistus ja rasvaus
- Ketjupyörien samansuuntaisuuden tarkastaminen
- Keskinosto kierre nostimen kunnon tarkastaminen

Ilmasylinterit

- Koeajopukkien ilmasylintereiden kunnon ja toiminnan tarkastaminen

Jarrulaiteet

- Takajarru laitteiden nippojen rasvaus
- Ketjun puhdistus, rasvaus, sekä kireyden tarkastaminen
- Liukukiskojen rasvaus
- Etujarrulaitteen kunnon tarkastaminen ja rasvaus

Akselinvälisäätö sylinterit

- Nippojen rasvaus ja toiminnan tarkastaminen
- Akselinvälisäätö liukupalkkien rasvaus ja tarkastus

Anturit (toimenpide tehdään siihen asti kunnes tulee käyttäjäkunnossapito)

- Antureiden kiinnityksen tarkastaminen ja tarvittaessa kunnostus

Koeajopukkien puhdistus (toimenpide tehdään siihen asti kunnes tulee käyttäjäkunnossapito)

- Roiskealtaiden puhdistus ja yleispuhdistus
- Valojen kiinnitysten tarkastaminen ja putsaus

Koeajopukin toimivuus (toimenpide tehdään siihen asti kunnes tulee käyttäjäkunnossapito)

- Toiminnan ja liikkuvuuden tarkastaminen
- Ilmatyynyjen tarkastaminen ja tarvittaessa vaihto
(Vaihdettaessa on puhdistettava ilmatyynyn alunen)
- Ohjauskahvan ja nappien testaus

Kohdistuslaser (toimenpide tehdään siihen asti kunnes tulee käyttäjäkunnossapito)

- Toiminnan tarkastaminen, kohdistus ja putsaus

Ylä- ja alarajojen toiminnot (toimenpide tehdään siihen asti kunnes tulee käyttäjäkunnossapito)

- Rajojen toiminnan testaus

Hydraulikoneikko

- Öljyn määrän tarkastaminen
(Jos vähentynyt merkittävästi on selvitettävä mahdollinen vuoto)

6 KUUKAUDEN VÄLEIN**Hydraulikoneikko**

- Suodattimien- ja lauhduttimen puhdistus
- Öljy määrän tarkastus
(jos vaatii lisäystä merkittävästi, selvitettävä mahdollinen vuoto)

VUOSITTAIN**Kierrenostin**

- Kierrenostimien rasvojen vaihtaminen ja osien peseminen (Rasvaa 0,9KG/täyteen)
- kierteen välyksen tarkastaminen
(tarkemmat ohjeet löytyvät kuvasta 4)
- Laakereiden ja osien kunnan tarkastaminen
(laakerit vaihdettava viimeistään 5 vuoden välein)

Sähkömoottorit

- Sähkömoottoreiden tuuletus ripojen ja tuulettimen puhdistus
- Kuuntele laakeri- ja käyntiääni

Koeajopukkien puhdistus

- Koeajopukkien nosto ja monttujen puhdistus
- Rungon, Kaapeleiden ja suojakoteloiden tarkastaminen
- Hydrauliletkujen kunnan, pikaliittimien ja liittimien tarkastaminen

Pakokaasuimuri

- Pakokaasuimurin huuvien- ja pehmusteiden kunnan tarkastaminen
- Ilmasylinterien testaus ja kunnan tarkastaminen

Nippojen rasvaus

- Pukin kaikkien hippojen rasvaus

**Hydrauliikanmittauspiste**

- Öljyn lähetys puhtausmittauksen huoltoon (Topi hoitaa)
- Sähkömoottorin jäähdytysripojen ja tuulettimen putsaus
- Kuuntele moottorin käyntiääni

**Hydraulikoneikko**

- Öljyn vaihto, Suodattimien ja lauhduttimen puhdistus
- Moottoreiden tuuletus ripojen ja tuulettimen puhdistus
- Käyntiäänen kuunteleminen

**Ketjut ja ketjupyörät**

- Kaikkien ketjujen puhdistus ja rasvaus
- Ketjupyörien puhdistaminen, kunnon ja yhdensuuntaisuuden tarkastaminen (Jos ketjupyörien hampaiden kuluneisuutta on paljon, on se vaihdettava uuteen, ketjupyörän kuluneisuudesta on ohje kuvassa 6)

**KUITTAUS**

Päivämäärä: _____ Allekirjoitus: _____

SÄHKÖHUOLLOT VUOSITTAIN**Sähkökaappi**

- Suodattimen vaihto
- PC-paneelin puhdistus ja tarvittaessa suojakalvon vaihto
- Tarkasta sähkölaitetilan laitteiden kunto silmämääräisesti
- Puhdista sähkökeskus ylimääräisestä roskasta ja pölystä
- Kuvaa lämpökameralla keskus ja liitokset huonojen liitosten varalta

**SÄHKÖHUOLLOT KAHDEN VUODEN VÄLEIN****Sähkökaappi**

- Maadoitusmittaukset

**KUITTAUS**

Päivämäärä: _____ Allekirjoitus: _____

KÄYTTÄJÄKUNNOSSAPIDON TOIMENPITEET VIIKON VÄLEIN



Koeajopukin tarkastaminen



- Liikkuvuuden testaus, ohjauskahvan ja nappien testaus (Ilmatyynyjen vaihto tarvittaessa ja ilmatyyny alusien putsaus)
- Roiskealtaiden puhdistus
- Valojen puhdistus ja kiinnitysten tarkastaminen
- Nastojen liikkuvuuden ja kunnan tarkastaminen
- Etupalikoiden kunnan tarkastaminen ja tarvittaessa vaihto (Vaihdettava, jos palikan pinta on kulunut niin, että kuorma on vaarassa painaa nasta pohjaan asti tai palikka on murskaantunut)
- Koeajopukin yleinen tarkastaminen (Sisältää antureiden kiinnityksen, letkujen kunnan ja rungon tarkastaminen silmämääräisesti, sekä hydrauliyksikön tarkastaminen vuotojen varalta)
- Hydrauliiikanmittauspisteen letkujen ja pikaliittimien tarkastaminen
- Pakokaasuimurin toimivuuden testaus ja pehmusteen kunnan tarkastaminen
- Kohdistuslaserin toiminnan tarkastaminen, kohdistus ja puhdistus
- Ylä- ja alarajojen toimintojen testaus

KUITTAUS

Päivämäärä: _____ Allekirjoitus: _____

Koeajopukin etuosa (Kuva 1.)



1

2

3

4

5

6

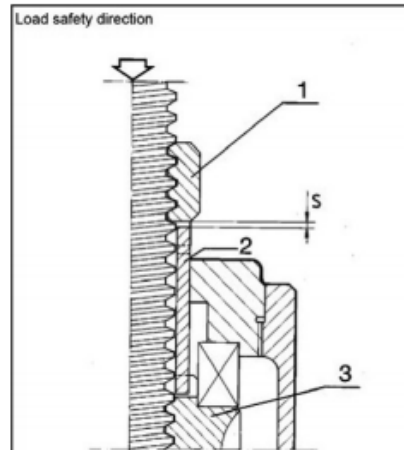
7

8

Merkkien selitykset

1. Etunasta
2. Etupalikka (vih.)
3. Etusatula
4. Etujarrulaite
5. Nostosylinteri
6. Kierrenostin
7. Anturi
8. Etujarrulaitteen liukukisko

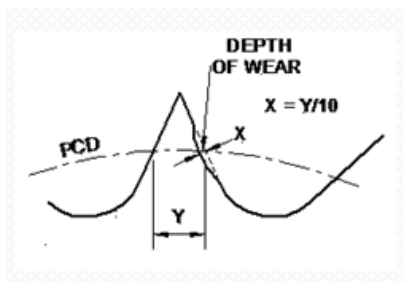
Välyksen mittaus (Kuva 4.)



1. Turvamutteri
2. välys (S)
3. Kierukka pyörä

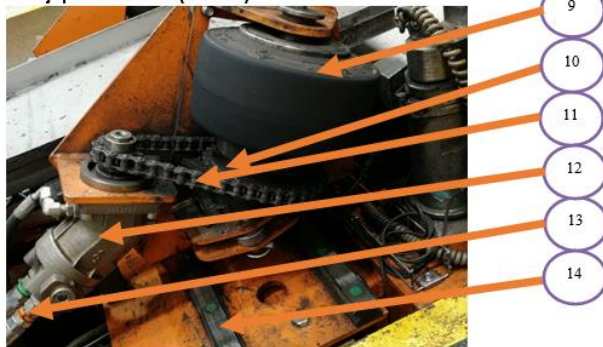
Mittaa kierukka pyörän välys ja jos pyörä on kulunut yli 25-prosenttia, täytyy se vaihtaa.

Ketjupyörän kuluneisuuden tarkastaminen (Kuva 5.)



Kun tarkastelee ketjupyörän hampaiden pintaa, siitä pitäisi heti nähdä onko pyörä kulunut tai ei. Jokaisessa hampaassa näkyy kiiltävä kohta ketjun jakoympyrällä. Yllä olevan kuvan mukaan ketjupyörä on vaihdettava, jos kuluminen, muuttuja X, on vähintään 10 % muuttujasta Y.

Koeajopukin takaosa (Kuva 6.)



Merkkien selitykset

9. Takajarrulaitteen pyörä
10. Ketjuratas
11. Ketju
12. Hydraulimoottori
13. Hydrauliletkun liitin
14. Jarrulaitteen liukukisko

Koeajopukin keskiosa (Kuva 7.)

15

16

17

18

Merkkien selitykset

- 15. Etu- ja takaosan roiskealtaat
- 16. Monttu
- 17. Akselinvälisäätö liukupalkki
- 18. Akselinvälisäätö hydraulisylinteri

Kierrepukkien voimansiirto (Kuva 8.)

19

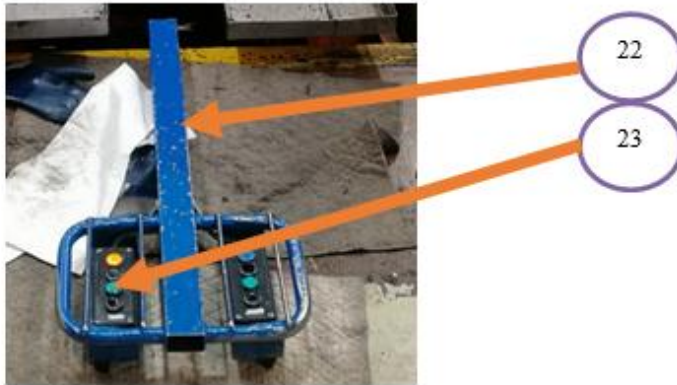
20

21

Merkkien selitykset

- 19. System 24 rasva tuupit
- 20. Ketjuvälitys kierrepukeille
- 21. Kierrepukkien sähkömoottori

Koeajopukin ohjaukakahva (Kuva 9.)



Merkkien selitykset

- 22. Ohjaukakahva
- 23. Ohjaukakahvan napit

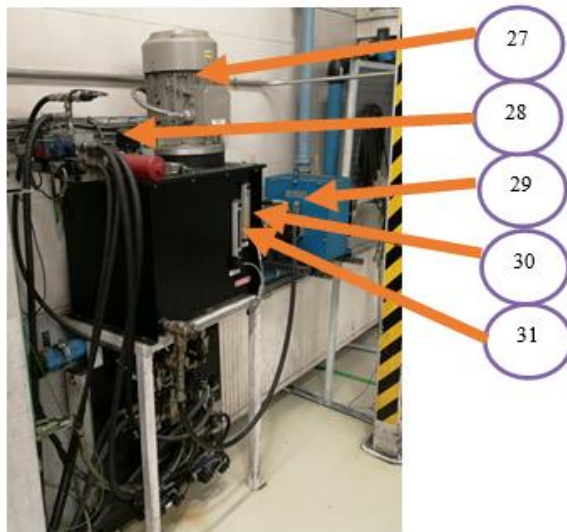
Koeajopukin keskinosto (Kuva 10.)



Merkkien selitykset

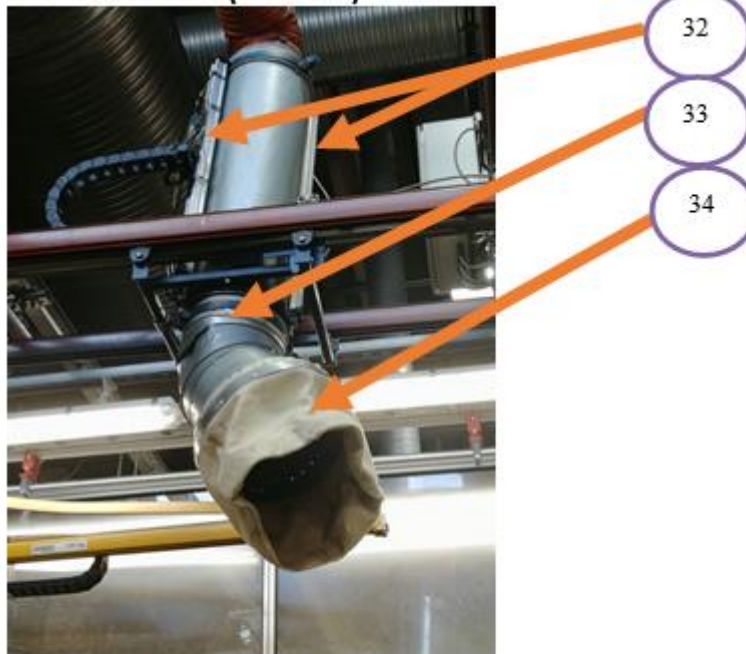
- 24. Keskinostimen kierrepukki
- 25. Ketjuvälitys pukille
- 26. Keskinostimen sähkömoottori

Koeajopukin hydraulikoneikko (Kuva 11.)

**Merkkien selitykset**

- 27. Hydraulipumppu
- 28. Öljysäiliön korkki
- 29. Hydraulikkakoneikon jäähdytyspuhallin
- 30. Hydr. Öljyn lämpötila
- 31. Öljyn tason määrä

Pakokaasuimuri (Kuva 12.)

**Merkkien selitykset**

- 32. Pakokaasuimurin ilmasylinterit
- 33. Pakokaasuimurin poistoputki
- 34. Pakokaasuimurin pehmuste

Hydrauliikanmittauspiste (Kuva 13.)

35

36

Mercken selitykset

35. Suodattimet

36. Hydrauliletkut ja pikaliittimet