

Akseli Hokkanen

KAHMAREIDEN HUOLTO-OHJELMAN PARANTAMINEN

KAHMAREIDEN HUOLTO-OHJELMAN PARANTAMINEN

Akseli Hokkanen
Opinnäytetyö
Kevät 2024
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

ALKUSANAT

Haluan kiittää käyntivarmuuspäällikkö Niko Alaluusuaa ja kunnossapitoinsinööri Antti Luokkalaa, jotka antoivat aiheen minulle ja auttoivat haasteiden tullessa. Suuret kiitokset kuuluvat myös ohjaavalle opettajalle Vesa Moilaselle.

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä: Akseli Hokkanen

Opinnäytetyön nimi: Kahmareiden huolto-ohjelman parantaminen

Työn ohjaaja: Vesa Moilanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2024

Sivumäärä: 31 + 4 liitettä

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin Outokummun terässulaton kakkoslinjan romupihan kahmareiden huolto-ohjelman parantamista ja kriittisten varaosien kartoitusta. Työn tavoitteena oli kehittää nykyistä huolto-ohjelmaa ja päivittää osaluettelo, jotta kahmareiden luotettavuutta ja uunin käyntivarmuutta voidaan parantaa. Tutkimuksessa käytettiin kahden vuoden ajalta kerättyä vikahistoriaa sekä FMEA-menetelmää (vika- ja vaikutusanalyysi), jonka pohjalta luotiin toimenpiteitä, jotka parantavat laiteluotettavuutta.

Kahmarit ovat keskeisessä roolissa terässulaton prosessissa, sillä ne siirtävät romut valokaariuuniin. Jos kahmarit rikkoutuu, tuotanto pysähtyy, mikä korostaa laitteiden kunnossapidon merkitystä. Opinnäytetyössä analysoitiin nykyinen huolto-ohjelma, tarkasteltiin vikahistoriaa ja arvioitiin kriittisten varaosien tarpeet. Tavoitteena on pidentää laitteiden vikaantumisvälejä, parantaa laiteluotettavuutta ja vähentää kunnossapitokustannuksia.

Työn aikana tietoja hankittiin internetin lisäksi Outokummulla käytössä olevista järjestelmistä, vikahistoriaa haettiin kunnossapidon tietojärjestelmästä ja päiväkirjasta. Piirustukset ja kahmarin käyttö- ja huolto-opas ovat Outokummun sisäisiä lähteitä.

Tämän opinnäytetyön pohjalta tehdyt toimenpiteet parantavat laiteluotettavuutta ja vähentävät ylläpitäviä laiterikkoja. Toimenpiteiden ansiosta tarkastuskierroksilla tullaan löytämään viat entistä tarkemmin. Myös korjaamalla tehtyihin huoltoihin lisätyt toimenpiteet parantavat laiteluotettavuutta.

Asiasanat: Kunnossapito, huolto, kehittäminen, hydraulikka

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering, Option of production technology

Author: Akseli Hokkanen
Title of thesis: Improving grabbers maintenance program
Supervisor: Vesa Moilanen
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2024
Number of pages:31 + 4 appendices

This thesis dealt with the improvement of the maintenance program for the grabbers in the second line scrap yard of the Outokumpu steel melting shop and the mapping of critical spare parts. The goal of the work is to develop the current maintenance program and update the parts list to improve the reliability of the grippers and the stability of the furnace. The research uses the failure history collected over a period of two years and the FMEA method on the basis of which measures were created that improve equipment reliability.

The grabs are an essential part of the steel smelting process, as they move the scrap to the electric arc furnace. If the grapples breaks, production stops, which emphasizes the importance of equipment maintenance. In the thesis, the current maintenance program is analyzed, the failure history is reviewed, and the needs of critical spare parts are estimated. The goal is to extend equipment failure intervals, improve equipment reliability and reduce maintenance costs.

During the work, information was obtained not only from the internet, but also from the systems in use at Outokumpu, the fault history was searched from the maintenance information system and the diary. The drawings and the grapple operation and maintenance manual can be found in Outokumpu's internal sources.

The measures taken on the basis of this thesis improve device reliability and reduce unexpected device failures. Thanks to the measures, defects will be found more precisely during the inspection rounds. The measures added to the maintenance performed at the workshop also improve device reliability.

Keywords: Maintenance, Hydraulics, improvement

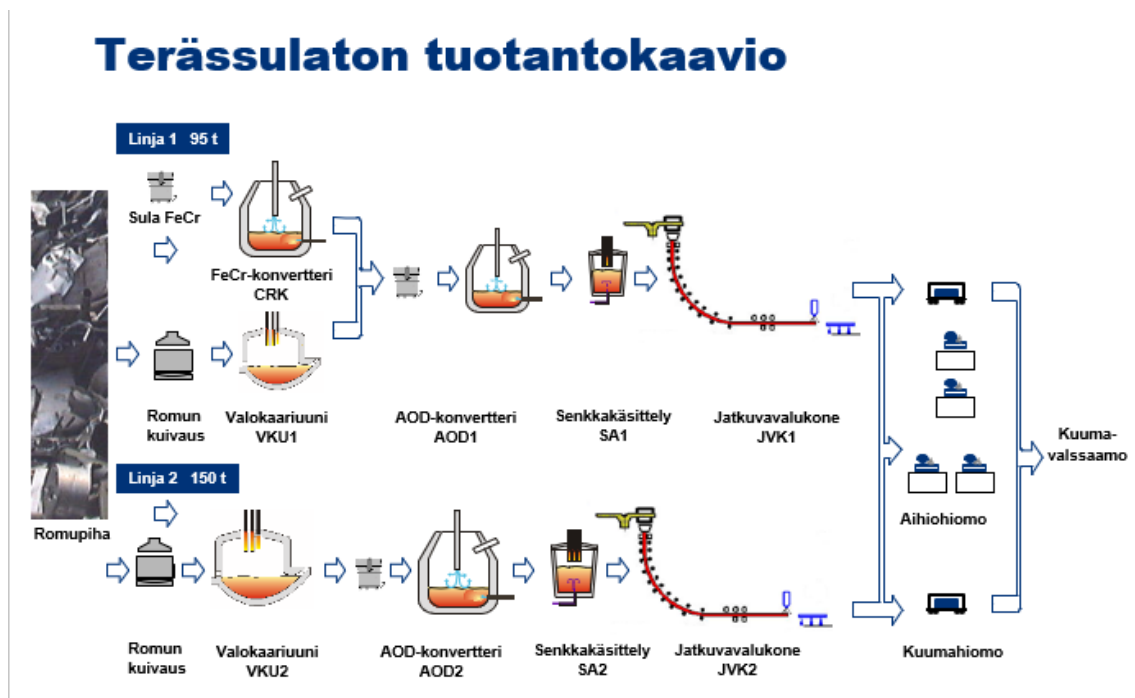
SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Opinnäytetyön tavoitteet ja tarkoitus	8
1.2	Menetelmät.....	8
2	KAHMAREIDEN KUNNOSSAPITO	9
2.1	Kahmarit.....	9
2.2	Kunnossapito.....	10
2.3	Kunnossapitolajit	11
2.3.1	Suunniteltu kunnossapito.....	11
2.3.2	Suunnittelematon kunnossapito	12
2.4	FMEA	12
2.4.1	FMEA:n vaiheet	12
2.4.2	Suunnitteluvaiheen FMEA (DFMEA).....	13
2.4.3	Prosessivaiheen FMEA (PFMEA)	13
3	KAHMAREIDEN HUOLTO-OHJELMAN KEHITTÄMINEN	15
3.1	Kahmarit Outokummulla	15
3.2	Kahmareiden ennakkohuolto.....	15
3.3	Kahmareiden korjaus ja huolto	16
3.4	Valmistajan laatima huolto-ohjelma.....	17
3.5	Tekniset tiedot.....	19
3.6	SFMEA:n vaiheet	21
3.7	SFMEA:n toimenpiteet	23
3.8	Varaosakartoitus	23
3.9	Osaluettelo	24
4	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	26
4.1	Operaattorin tarkastus	26
4.2	Kunnossapidon ennakkohuoltokierros.....	26
4.3	Huoltohallissa tehtävät huollot ja korjaukset.....	26
4.4	Käyttötuntimittari ja tilan seuranta	27
5	POHDINTA	28
	LÄHTEET.....	30

LIITTEET 32

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Outokumpu Tornio Works Oy. Opinnäytetyö kohdentuu tarkemmin Outokummun Tornion tehtaan terässulatolle linjalle kaksi ja aivan linjan alkupäähän, romupihalle. Terässulatolla on kaksi tuotantolinjaa ja linjojen suurin ero on ykköslinjalla oleva ferrokromikonvertteri ja kakkoslinjan suurempi tuotantokapasiteetti. Kuva 1 havainnollistaa terässulaton prosessia. Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui linjan kaksi kahmareiden huolto-ohjelman parantaminen ja kriittisten varaosien kartoitus. Kahmarit ovat todella tärkeä osa terässulaton prosessia, sillä niillä lastataan romut romukoreihin, jotka panostetaan sen jälkeen valokaariuuniin. Romukahmareiden ollessa rikki koko kakkoslinjan tuotanto seisoo, koska ei saada uuniin sulatettavaa romua. Kahmarissa on ollut jonkin verran toiminnallisia vikoja, joten on tärkeä tutustua tarkemmin kahmarin viikahistoriaan ja tehdä päätelmiä, millä keinoin pystytään parantamaan kahmarin laiteluotettavuutta ja uunin käyntivarmuutta.



KUVA 1. Terässulatun tuotantokaavio (Outokumpu 2016)

1.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja tarkoitus

Työn tavoitteena on parantaa nykyistä kahmareiden huolto-ohjelmaa ja tehdä varaosakartoitusta kriittisimmille varaosille. Työn aikana tehdään laitteistoanalyysi (FMEA), jonka pohjalta suunnitellaan kahmareille parannettu huolto-ohjelma ja kartoitetaan kriittisimmät varaosat. Varaosakartoituksen tavoitteena on harmonisoida sekä saada yleiskuva nykyisestä varastotilanteesta. Varaosakartoituksessa nykyiset osaluettelot tarkastetaan ja päivitetään ajan tasalle. Työn tavoitteena on selvittää, miten huolto-ohjelmaa parantamalla voidaan pidentää vikaantumisväliä, parantaa laiteluotettavuutta ja myös uunin käyntivarmuutta, nämä toimenpiteet myös vähentävät kunnossapidon kustannuksia.

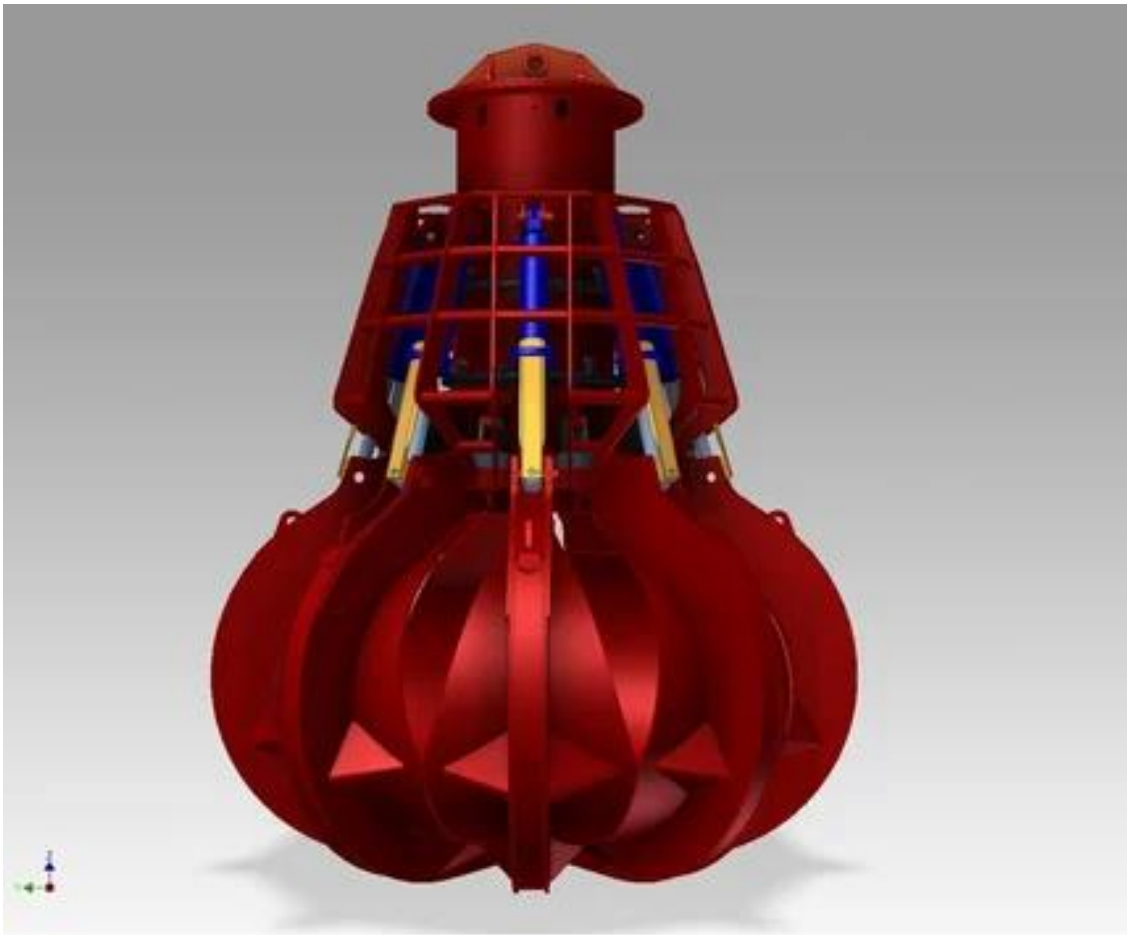
1.2 Menetelmät

Työssä tutustutaan kahmareiden vikahistoriaan kahden vuoden ajalta käyttäen apuna Outokummulla käytössä olevaa kunnossapidontietojärjestelmää eli KUTI-järjestelmää ja päiväkirjaa, sillä näistä saadaan selville laitteen vikahistoriaa ja mitkä ovat kriittisimpiä varaosia. Kahmareista tehdään laitteistoanalyysi, joka helpottaa parantamaan nykyistä huolto-ohjelmaa. Kahmareita on neljä kappaletta ja niihin pyritään perehtymään yksilöinä. Kahmareista on yhtäaikaisesti käytössä kaksi kappaletta, yksi on huollossa ja yksi odottaa valmiina vaihtoa.

2 KAHMAREIDEN KUNNOSSAPITO

2.1 Kahmarit

Kahmari on yleisesti käytetty nimi kauhoista ja kourista, jotka on tarkoitettu erilaisten materiaalien käsittelyyn ja siirtelyyn. Kaikkia kahmareita yhdistää niiden toimintaperiaate, jossa kahmarin lavat puristuvat yhteen ja aukeavat esimerkiksi hydraulikan avulla. Kahmareita on erilaisia malleja, kuten romu- ja sipulikourat (kuva 2). Kahmarin mallin valinnassa olennainen asia on materiaali, jota halutaan kahmarilla siirrettävän. Materiaaleja on pienijakeisesta hiekasta aina isompiin kiviin tai romuihin. Kahmareita on käytössä esimerkiksi kaivinkoneissa, metsäkoneissa ja hallinostureissa.



KUVA 2. Romu- ja sipulikourat. (Holger Hartmann Oy 2024)

Kahmarin toinen yleinen malli on lajittelu- ja purkukourat (kuva 3). Tätä kahmarimallia käytetään nimensä mukaisesti materiaalien lajitteluun ja purkutöihin.



KUVA 3. Lajittelu- ja purkukoura Yellow G 40. (Green Attachments Oy 2024)

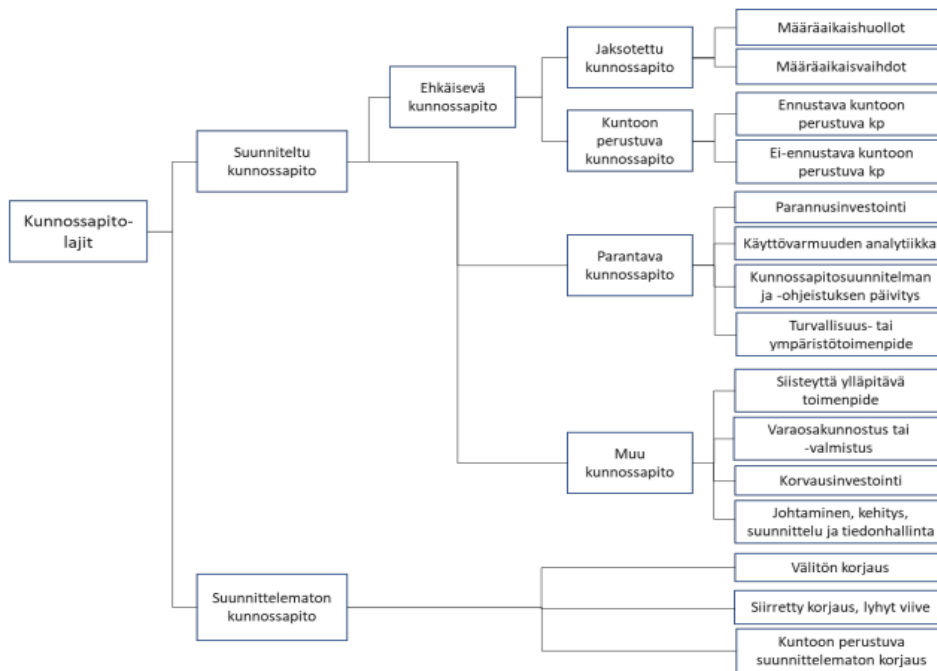
2.2 Kunnossapito

Kunnossapidon tavoitteena on pyrkiä pitämään laitteet toimintakunnossa niin, että ne toimivat optimaalisesti ja huipputeholla. Kunnossapidon merkitys on muuttunut ja muuttuu edelleen, koska ennen kunnossapito oli lähinnä rikkoutuneiden laitteiden korjaamista. Kunnossapidossa on siirrytty korjaavasta kunnossapidosta älykkäisiin kunnonvalvontajärjestelmiin, joiden avulla voidaan tehdä enemmän ennakoivaa kunnossapitoa. Kunnossapito kehittyi uusien kunnonvalvontalaitteiden mukana, joilla pystytään ennustamaan tarvittavia huoltoja ennen kuin laite hajoaa, ja näin pystytään välttämään odottamattomia laiterikkoja ja turhia kunnossapitokustannuksia ja tuotannon katkoksia. Standardin SFS-EN 13306:2017 mukaan kunnossapito määritellään seuraavasti: ”kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on

ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.” (SFS-EN 13306:2017; Männistö 2024)

2.3 Kunnossapitolajit

Kunnossapito voidaan jakaa standardin PSK 6201 mukaan kahteen pääläjiin, nämä ovat suunniteltu kunnossapito ja suunnittelematon kunnossapito (kuva 4). Tämän jaottelun mukaan nähdään, että suunniteltu kunnossapito on jaettu ehkäisevään, parantavaan ja muuhun kunnossapitoon.



KUVA 4. Kunnossapitolajien luokittelu (PSK 6201-O.2 2022,5)

2.3.1 Suunniteltu kunnossapito

Yksi suunnitellun kunnossapidon alalaji on ehkäisevä kunnossapito, joka sekin on jaettu kahteen osaan, jotka ovat jaksotettu kunnossapito ja kuntoon perustuva kunnossapito, nämä ovat esimerkiksi määräaikaishuoltoja tai kunnonvalvonnan perusteella todettuja tulevia kunnossapitotarpeita. Suunniteltuun kunnossapitoon kuuluvat myös parantava kunnossapito ja muu kunnossapito. Parantavaa kunnossapitoa ovat parannusinvestoinnit, käyttövarmuuden analytiikka, kunnossapitosuunnitelman ja -ohjeistuksen päivitys ja turvallisuus- tai ympäristötoimenpide. Muu kunnossapito kattaa esimerkiksi varaosien kunnostukset ja siisteyttä ylläpitävät toimet. (PSK 6201-O.2 2022,5)

2.3.2 Suunnittelematon kunnossapito

Suunnitelmaton kunnossapito on yleensä laitteeseen tulleesta viasta tai laitteen rikkoutumisesta johtuva toimenpide, jolla pyritään saattamaan laite takaisin toimintakuntoon. Suunnittelematon kunnossapito ei ole ennalta suunniteltua tai ajoitettua. Suunnittelemattomasta kunnossapidosta aiheutuu monenlaisia haittoja niin yritykselle kuin sen työntekijöille. Yritykselle se näkyy korkeina kustannuksina ja tuotannon menetyksinä, jotka voivat vaikuttaa pahimmassa tapauksessa esimerkiksi asiakassuhteisiin. Työntekijöille voi aiheutua ylimääräistä turvallisuusriskiä, jos vika liittyy johonkin kriittisen järjestelmän tai laitteen toimintahäiriöön. (Infraspeak 2023)

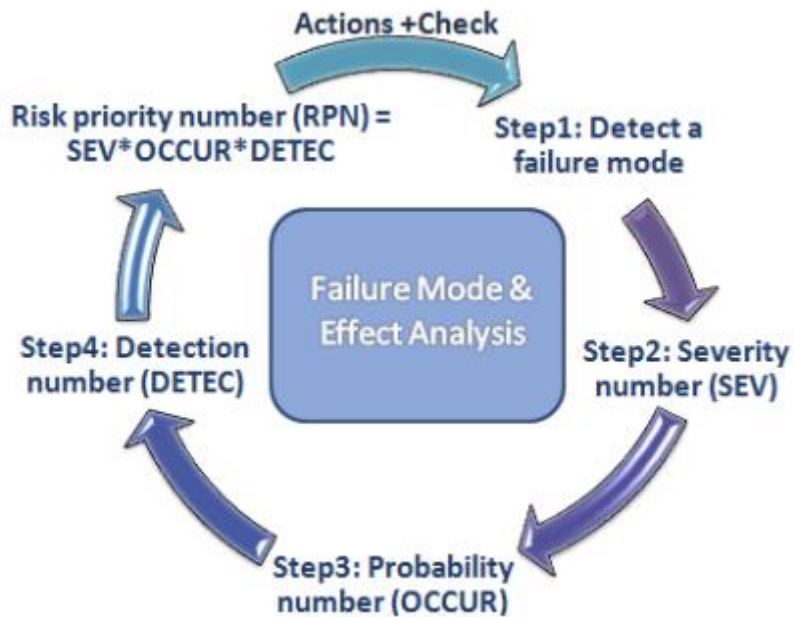
2.4 FMEA

FMEA on lyhenne englannin kielen sanoista Failure Mode and Effect Analysis. Suomen kielessä FMEA käännetään yleensä vika- ja vaikutusanalyysiksi. FMEA on analyyttinen menetelmä, jolla pyritään arvioimaan ja tunnistamaan mahdolliset vikatilanteet ja niiden vaikutukset tuotteeseen tai prosessiin. FMEA:n tavoitteena on löytää mahdollisia vikaantumistapoja ja virhesyitä, kun nämä on löydetty, määritellään ehkäiseviä toimenpiteitä. Ehkäisevien toimenpiteiden jälkeen arvioidaan, kuinka toimenpiteet ovat vaikuttaneet. FMEA on tehokas työkalu, jolla voidaan vaikuttaa esimerkiksi tuotteiden ja prosessin luotettavuuteen ja erinomaisen laadun varmistamiseen. (AIAG 2023)

2.4.1 FMEA:n vaiheet

FMEA lähtee tuotteen, prosessin tai järjestelmän määrittämisestä ja sen jälkeen määritetään rajat FMEA:lle. Tämän jälkeen kootaan tiimi, jolla on monipuolinen asiantuntemus kohteesta, jotta saadaan mahdollisimman monipuolinen analyysi. Laitteen valinnan ja tiimin kasauksen jälkeen alkaa itse analyysin tekeminen. Analyysin tekeminen alkaa mahdollisten vikatilojen tunnistamisella, jotka listataan taulukkoon. Vikatilojen tunnistamisen jälkeen tehdään jokaisesta viasta riskinarviointi, jossa arvioidaan todennäköisyyttä ja vakavuutta. Tästä käytetään lyhennettä RPN eli riskiprioriteettinumero, joka koostuu edellä mainituista asioista. Riskiprioriteettinumeron avulla on helpompi priorisoida vikatilat, jotka vaativat erityistä huomiota. Vikatilat ja niiden priorisointi on tärkeää, jotta voidaan tehdä toimenpiteitä havaittuihin ongelmakohtiin. Kriittisten vikatilojen käsittely alkaa sillä, että luodaan toimenpiteet todennäköisyyden ja vakavuuden vähentämiseen. Lieventämisstrategioiden

määrittämisen jälkeen tehdään toimenpiteiden käyttöönotto ja niiden valvontaa, eli katsotaan kuinka toimenpiteet ovat tehonneet. (Martech Zone 2024.) Kuvassa 5 on havainnollistettu FMEA:n vaiheet.



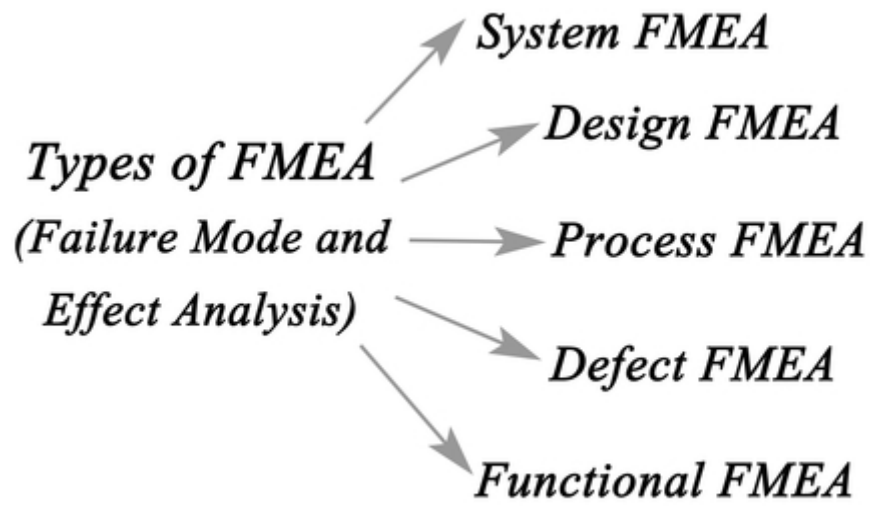
KUVA 5. FMEA prosessi vaiheittain. (Processexam 2024)

2.4.2 Suunnitteluvaiheen FMEA (DFMEA)

DFMEA keskittyy samoihin asioihin kuin perinteinen FMEA, mutta tämä otetaan huomioon jo tuotteen tai järjestelmän suunnitteluvaiheessa. DFMEA:n tarkoituksena on välttää suunnitteluvaiheessa tulevat ongelmat, kuten tuotteen turvallisuusongelmat, suorituskykypuutteet ja muut ongelmat sitten kun laite on jo käytössä. Tällä voidaan välttää kalliita uudelleensuunnitteluja ja vähentää esimerkiksi takaisinkutsujen riskiä, jotka ovat kalliita yrityksille. (Sharma & Srivastava 2018,2)

2.4.3 Prosessivaiheen FMEA (PFMEA)

PFMEA on työkalu, jolla pyritään tunnistamaan tuotantoprosessin heikkoudet, puutteet ja virheet vaiheet, jotka voivat vaikuttaa prosessin toimivuuteen tai lopputuotteeseen. Näiden ongelmien käsitteleminen jo ennen tuotannon aloittamista vähentää tuotantoprosessin katkoksia ja parantaa sen tehokkuutta. (Sharma & Srivastava 2018,2) Kuvassa 6 on FMEA:n erilaisia malleja.



KUVA 6. FMEA-lajit. (OpexLearning 2017)

3 KAHMAREIDEN HUOLTO-OHJELMAN KEHITTÄMINEN

Tämän luvun teksteistä osa perustuu omiin havaintoihin ja kokemukseen kahmareiden toiminnasta ja niihin tehtävistä huolloista ja ennakkohuoltokierroksista. Olen työskennellyt Outokummun terässulatolla neljä kesää ja, joka vuosi kahmarit ovat kuuluneet minun alueeseeni tavalla tai toisella.

3.1 Kahmarit Outokummulla

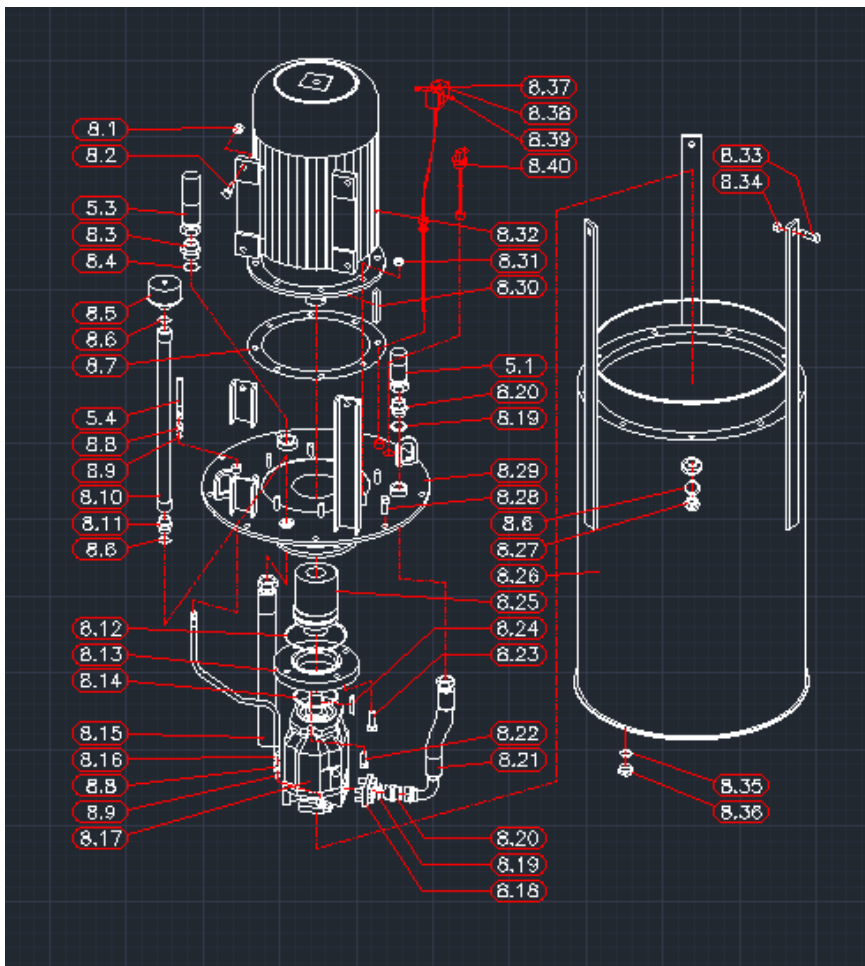
Outokummun terässulaton romupihalla on käytössä Rozzin ER5000-8P-malli. Terässulatolla on neljä samanlaista kahmaria, joista kaksi on samanaikaisesti käytössä ja yksi varalla. Lisäksi on yksi kahmari, jota huolletaan tai korjataan, näin varmistetaan, että tuotanto ei katkeaisi, vaikka yksi kahmareista vikaantuisi. Romupihalla käytössä oleva kahmarimalli koostuu kahdeksasta liikkuvasta lavasta, joista jokainen toimii omalla hydraulisella sylinterillä. Lavat ja sylinterit ovat kiinnitettyinä vahvaan teräsruntoon. Kahmarin lavat on suunniteltu siten, että ne tunkeutuvat syväälle materiaaliin eli tässä tapauksessa teräsromuun, jotta saataisiin kerralla mahdollisimman paljon materiaalia kyytiin (Holger Hartmann 2024).

3.2 Kahmareiden ennakkohuolto

Kahmariin säännöllisesti tehtäviin tarkastuskierroksiin kuuluu operaattoreiden tekemä tarkastus aina vuoronvaihdon yhteydessä, jossa katsotaan silmämääräisesti, että öljyn pinta on oikealla tasolla ja ettei se vuoda mistään, myös tarkastetaan letkut, että ne ovat moitteettomassa kunnossa. Päiväkunnossapidon tekemä viikoittainen ennakkohuolto tarkastuskierros kuuluu nykyiseen kerran viikossa tehtävään ennakkohuolto-ohjelmaan. Tarkastuskierrokseen sisältyy liikkuvien osien nip-pavoitelu, kahmarin ulkoinen tarkastus, mahdollisten öljyvuotojen ja öljynpinnankorkeuden tarkastus ja öljyn lisäys tarvittaessa, nostorenkaan ja sakkeleiden, kahmarin kynsien ja puslien kunnan tarkastus.

3.3 Kahmareiden korjaus ja huolto

Kahmarissa havaitaan vika tai jokin isompaa huoltoa tai korjausta vaativa toimenpide, jota ei voida suorittaa romupihalla vaan kahmari tuodaan kuljetustelineessä sulaton kunnossapidon korjaamoti-loihin ja vaihdetaan varalla ollut kahmari huoltoa vaatineen kahmarin tilalle. Yleisemmin vika on ollut öljyvuodossa, voimattomuudessa, kynsien kuluneisuudessa tai puslien väljyydessä, kun kahmari tuodaan korjaamolle. Vian ollessa sähkömoottorissa tai pumpussa pitää kahmariä purkaa enemmän, jolloin päästään alla olevassa kuvassa 7 näkyviin osiin käsiksi. Kyseisessä kahmarissa sylinterit, putkitukset ja muut osat ovat hyvin suojattuna, jotta ulkoiset tekijät eivät pääse hajottamaan näitä herkkiä osia kovinkaan helpolla. Tämän vuoksi myös joudutaan yleensä purkamaan vähän enemmän, jotta päästään korjaamaan viallinen komponentti.



KUVA 7. Kahmarin runko, moottori ja pumppu (Outokumpu Tornio k-asema)



KUVA 8. Kahmari numero 1 sulaton korjaamotiloissa kynnen vaihdossa

3.4 Valmistajan laatima huolto-ohjelma

Valmistajan käyttö- ja huolto-oppaasta selviää, että kahmarin huolto-ohjelma perustuu laitteen käyttötunteihin. Huolto-ohjelma on jaoteltu seuraavasti: operaattorin tekemä tarkastus aina ennen käynnistystä, sitten on määrätty seuraavat huollot tehtäviksi jokaisen 20, 100, 500 ja 2500 käyttötunnin jälkeen.

Operaattorin tekemä tarkastus ennen käynnistystä:

- tarkasta kytkentälevy ja kaikki sen osat kuten laipat, tapit ja puslat
- tarkasta ketjut, renkaat tai kahleet
- varmista, että sähköliitännät ovat täydellisessä kunnossa
- tarkasta laitteen kunto kokonaisuudessaan, kuten kuluminen, epämuodostumat, halkeamat

- tarkasta mekanismien kunto eli näkykö aukkoja koteloissa, tapeissa tai holkeissa
- varmista, että öljy on oikealla tasolla, kun koura on auki
- varmista, ettei hydraulijärjestelmässä ole vuotoja ja että letkut ovat täydellisessä kunnossa.

20 käyttötunnin jälkeen tehtävä huolto:

- tarkasta kaikki osat, jotka yhdistävät laitteen koneen koukkuun
- tarkasta tappien ja puslien kunto ja välykset
- tarkasta, ettei hitsauksissa ole halkeamia
- tarkasta, ettei teräsrakenteessa tai sylintereiden akseleissa ole rikkoutumia, halkeamia tai epämuodostumia
- tarkasta jokaisen tapin, mutterin ja pulttiliitoksen kireys
- mikäli tarpeellista, tarkasta ruuvien, pinnien ja sokkanaulojen kunto
- tarkasta, ettei laippojen rei'issä ole epämuodostumia
- tarkasta, ettei hydraulijärjestelmässä kuten letkuissa, liitännöissä, sylintereiden tiivisteissä ole vuotoja
- tarkasta, että öljy on oikealla tasolla laitteen ollessa auki.

100 käyttötunnin jälkeen tehtävä huolto, myös 20 tunnin huollon lisäksi seuraavat huolto- toimet täytyy suorittaa:

- Tarkasta, että moottorin kotelo on puhdas sekä ettei moottori ole peittynyt jätteisiin tai epäpuhtauksiin. Tarvittaessa poista epäpuhtaudet ja puhdista sähkömoottori.
- tarkasta suodattimen virtausmittari, että se on kunnossa.
- Tarkasta CE-tunnistelevyn olemassaolo ja kunto. CE-tunnistelevy täytyy uusida, jos se on kärsinyt tai kadonnut.
- Tarkasta vaaratilanteista varoittavien tarrojen paikallaolo ja kunto. Nämä täytyy uusida, jos ne ovat kärsineet tai kadonneet.

500 käyttötunnin jälkeen tehtävä huolto:

- tarkasta kytkentälevy, laipat, tapit ja puslat
- tarkasta ketjut ja renkaat
- vaihda välittömästi osat, jotka vaikuttavat kuluneilta tai epämuodostuneilta
- tarkasta, että laitteen ja koneen väliset sähköliitännät ovat moitteettomassa kunnossa
- vaihda öljynsuodatin ja ilmansuodatin

- tarkasta, että öljy on oikealla tasolla, kun laite on auki
- tarkasta, ettei hydraulijärjestelmässä ole vuotoja ja että letkut ovat täydellisessä kunnossa
- tarkasta, että moottorin kotelo on puhdas sekä ettei moottori ole peittynyt jätteisiin tai epäpuhtauksiin; tarvittaessa poista epäpuhtaudet ja puhdista sähkömoottori
- tarkasta, että tapin ja holkin välys on alle 0,6 mm, jos välys on suurempi, vaihda kuluneet osat
- tarkasta sylintereiden eristeet, tarvittaessa vaihda ne
- tarkasta teräsrakenteen kunto
- tarkasta tapin ja pulttiliitosten kunto ja kireys
- tarkasta laitteen toimivuus

2500 käyttötunnin jälkeen tehtävä huolto, myös 500 käyttötunnin huollon lisäksi seuraavat huoltotoimet täytyy suorittaa:

- Tarkasta, että moottorin kotelo on puhdas sekä ettei moottori ole peittynyt jätteisiin tai epäpuhtauksiin; tarvittaessa poista epäpuhtaudet ja puhdista sähkömoottori
- vaihda hydraulioöljy.

(Rozzi 2016)

3.5 Tekniset tiedot

Taulukossa 1 on kuvattu kahmarin tekniset tiedot. Tiedot on otettu valmistajan huoltokirjasta.

TAULUKKO 1. Kahmarin tekniset tiedot (Rozzi 2016)

MALLI	ER5000-8P
PAINO	9400 kg
TILAVUUS	5,00 m ³
NOSTOVOIMA	16000 kg
LAVAN VOIMA	3620 kg
MAX. TYÖPAIN	200 bar
SYLINTEREIDEN MÄÄRÄ	8 kpl
AVAUTUMISAIKA	8,5 sekuntia
SULKEUTUMISAIKA	14 sekuntia
SÄHKÖMOOTTORIN TEHO	45 kW
SÄHKÖMOOTTORIN JÄNNITE	400 Volt 50Hz – (440 Volt 60Hz)
SÄHKÖVENTTIILIEN JÄNNITE	220/230 Volt 50/60Hz
MAX. MOOTTORIN KU- LUTUS	80A + 10 %

3.6 SFMEA:n vaiheet

SFMEA:n tekeminen alkoi laitteen valinnasta, joka oli ennalta määritetty. Outokummulla vika- ja vaikutusanalyysit tehdään valmiille Excel-pohjalle. Analyysin tekeminen alkoi vikamatriisi-välilehden täyttämisestä, se aloitettiin määrittelemällä kahmarin vaadittu toiminta eli romujen lastaus romuhäkiästä romukoriin. Tämän jälkeen listataan pystyriiville kohdelaitteen pääkomponentit. Pääkomponenttien listauksen jälkeen listataan vaakariville kaikki mahdolliset tavat, joilla toiminto voi häiriintyä tai estyä kokonaan. Vaakarivillä on listattuna mahdolliset viat ja pystyriivillä komponentit. Taulukkoon merkataan seuraavaksi x-kirjaimella missä laitteessa tai komponentissa tunnistettu vika voi syntyä.

Vikamatriisivälilehden jälkeen on SFMEA-välilehti. Ajattelen tämän välilehden kahtena erillisenä osana eli ensimmäinen osa olisi nykytilanne ja nykyinen riskinarviointi (kuva 9). Riskinarviointi tehdään kertomalla kolme eri muuttujaa, josta saadaan riskianalyysiluku eli RPN. Riskinarviointi lasketaan kertomalla yhteen vakavuus, todennäköisyys ja havaitseminen. Jokaiselle muuttujalle on omat selitykset pisteytyksestä (kuva 11).

TOIMINTO	TOIMINNALLINEN VIKA	LAITE / KOMPONENTTI	VIKAMUOTO	VIAN AIHEUTTAJA	VIAN AIHEUTTAJA (tarkennus)		
Mikä kohteen odotetaan tekevän ja millä tuotustyyppillä	Millä tavalla tämä tämä toiminto häiriintyy tai estyy?	Mikä laite tai komponentti aiheuttaa ko. toiminnallisen viian?	Mikä tapahtuma aiheuttaa toiminnallisen viian	Mistä syystä vikamuoto syntyy?	Tarkenna tarvittaessa viian juurisyitä		
VIAN VAIKUTUS	VIAN SEURAUS	NYKYINEN HUOLTOSUUNNITELMA	NYKYINEN HUOLTO / TARKISTUS	RISKINARVIOINTI (NYKYINEN)			
Mitä tapahtuu vikamuodon vuoksi? (esim. miten operaattori havaitsee tilanteen, mitä hän joutuu välittömästi tekemään)	Mikä vaikutus vikautumisella on? Mikä on niiden seurausten kriittisyys? Vaarantuuko turvallisuus, menetetäänkö tuotantoa	Mitä menetelmiä käytetään tällä hetkellä esim. säännölliset tarkistukset, vaihdot, mittaukset, kunnonvalvonta	Kuinka usein huolto / tarkistus tehdään nykyisellä toimintamallilla	Riskitaulukon mukaisesti			
				V	T	H	RPN

KUVA 9. SFMEA-välilehden alkuosa

Toinen osa SFMEA:sta on toimenpiteiden määrittäminen, jolla pyritään vähentämään riskianalyysilukua (kuva 10). Toimenpiteiden määrittämisen ja suositellun huollon ja tarkistusvälin jälkeen tehdään uusi riskinarviointi samoin kuin edellinen. Riskit lasketaan toimenpiteiden jälkeen, niin nähdään riskianalyysiluvusta, saadaanko riskiä pienennettyä näillä toimenpiteillä. Lopuksi vielä määritetään toimenpiteille vastuuhenkilöt, jotka ovat vastuussa toimenpiteiden toteutumisesta.

SUOSITELTU TOIMENPIDE	SUOSITELTU HUOLTO / TARKISTUSVÄLI	VARAOSAT / TYÖKALUT / KOULUTUS	RISKINARVIOINTI (UUSI)
Mitä ennaltaehkäisevää toimintaa voidaan tehdä vaurion välttämiseksi tai riskin pienentämiseksi, apuna voidaan käyttää. RCM päätöspuuta	Kuinka usein kohteeseen tulee tehdä suositeltuja huoltoja / tarkastuksia?	Mitä varaosia, työkaluja tai koulutuksia toimenpide edellyttää jotta se voidaan suorittaa?	Riskitaulukon mukaisesti
			V T H RPN

KUVA 10. SFMEA-välilehden loppuosa

Vakavuuden arviointi		
Vaikutus	Kriteeri: Vakavuus	Pisteytys
Katastrofaalinen - ei ennakkovaroitusta	Todella korkea, vaurio voi aiheuttaa vakavan turvallisuusriskin ryhmälle henkilöitä: loukkaantuminen tai jopa kuolema. Pitkä korjausaika	10
Vaarallinen - ennakkovaroitus	Todella korkea, vaurio voi aiheuttaa vakavan turvallisuusriskin: loukkaantuminen tai jopa kuoleman. Pitkä korjausaika	9
Korkea	Laite toimintakyvytön, ei voi toteuttaa suunniteltua tehtävää.	8
Suuri	Laite käytettävissä alentuneella teholla. Asiakas mahdollisesti tyytymätön.	7
Merkittävä	Laite käytettävissä, mutta vaatii käyttäjältä jatkuvasti normaalia poikkeavaa toimintaa. Mahdollisesti vaikutusta asiakkaalle.	6
Kohtalainen	Laite käytettävissä, mutta vaatii käyttäjältä hetimitään normaalia poikkeavaa toimintaa. Lievä vaikutus asiakkaalle.	5
Pieni	Laitteen toimintakunto alentunut marginaalisesti.	4
Alhainen	Häiritsevä vaikutus. Ei vaikutusta toimintakykyyn. Vaurion havaitseminen todennäköistä.	3
Vähäinen vaikutus	Ei merkittävää vaikutusta. Kokenut henkilö havaitsee vaurion.	2
Ei vaikutusta	Ei havaittavaa vaikutusta toimintakykyyn, vaurion havaitseminen vaikeaa	1*

Todennäköisyyden arviointi		
Vaurio taajuus	Kriteeri: Todennäköisyys	Pisteytys
> 1 per 1kk	Todella korkea: Vauriota tiheästi	10
1 per 2 kk		9
1 per 4 kk	Korkea: Toistuvia vaurioita	8
1 per 6 kk		7
1 per 1 vuosi	Kohtalainen: Satunnaisia vaurioita	6
1 per 2 vuodessa		5
1 per 3 vuodessa		4
1 per 5 vuodessa		3
1 per 8 vuodessa	Matala: Vähän vaurioita	2
≤ 1 per 10 vuosi		1*

Havaitsemisen arviointi		
Havaitseminen	Kriteeri: Havaitseminen	Pisteytys
Ei havaittavissa	Vauriota ei havaita, tai siihen ei ole edes valvontaa.	10
Mahdollinen	Vaurio on mahdollista havaita, erilaisten valvontamentelmien avulla	9
Todella vaikea	Vaurio on mahdollista havaita, mutta vaatii erityistä tarkkuutta ilman erillisapuvälineitä esim. stroboskooppi	8
Vaikea	Vaurion vaikeaa, vaatii pidemmän seurantajakson	7
Heikko	Vaurion voi havaita yksittäisinä poikkeamina laitteen toiminnassa.	6
Keskinkertainen	Vaurion voi havaita toistuvina poikkeamina laitteen toiminnassa.	5
Havaittavissa	Vaurio poikkeaa selvästi normaalista toiminnasta	4
Helposti havaittavissa	Vaurion johdosta joudutaan tekemään ylimääräisiä työvaiheita esim. öljysäiliön ylimääräiset täyttämiset, laitteiden kuittaamiset	3
Selvästi havaittavissa	Vaurion havaitsee selkeästi jo kauempaa perusaistien avulla esim. poikkeava käyntiääni, haju, lämpö jne.	2
Varma	Laite ei pysty enää suoriutumaan annetusta tehtävästä	1*

KUVA 11. Riskien arvionitaulukko

3.7 SFMEA:n toimenpiteet

SFMEA:n pohjalta lisätään toimenpiteiksi tarkastuskierroksille liikkeiden testaukset, jotta saadaan selville paljon enemmän vikoja kuin silmämääräisellä tarkastuksella. Esimerkiksi venttiileiden toiminta nähdään liikkeiden ajolla: ovatko liikkeet semmoisia kuten kuuluu, pysyvätkö lavat auki-asennossa eivätkä valu itseksensä alas ja onko lapojen liike esimerkiksi tökkivää. Kahmarin tarkastuskierros KUTI-työllä on todella huonosti mainittu tarkastettavat asiat, on menty enemmänkin tarkastusporukan omilla tiedoilla ja kokemuksella tarkastuskierrokset läpi. Mallityölle lisättiin toimenpiteenä tarkastettavia asioita, jotta jokainen asentaja, jolle työmääräin annetaan tietää, mitä kierroksella tulisi tarkastaa, jotta löydetään mahdolliset viat. Näitä ei välttämättä muista tarkastaa, kun lapussa ei sitä ole mainittu. Kahmarin tarkastus on ajastettu kerran viikossa tehtäväksi työksi ja tämä riittää jatkossakin.

Riskianalyyysilukuja tehdessä huomasin, että vakavuutta ja todennäköisyyttä on vaikea lähteä pienentämään toimenpiteillä, mutta sen sijaan pystymme vaikuttamaan tarkastuskierroksilla tehdyillä toimenpiteillä vian havaitsemiseen ja estämään lisävahingot. Listatuilla toimenpiteillä saadaan RPN-lukua pienemmäksi, koska viat havaitaan helpommin ja aikaisemmin, koska ne lisätään tarkastuskierrosten yhteyteen.

Kahmareille ei ole minkäänlaista ajastettua ennakko- ja huoltotyötä, jossa olisi öljyn ja suodattimen vaihto. Valmistajan huolto-opiaan mukaan öljynvaihto tulisi tehdä jokaisen 500 käyttötunnin jälkeen. Kahmarin käyttötunteja ei tällä hetkellä seurata mitenkään, joten vaihtoehtoina olisi laskea arvio käyttötunneista tai lisätä käyttötuntimittari, jolla pystyisimme seuraamaan käyttötunteja. Käyttötuntimittarin ansioista voisimme tehdä ajastettuja ennakko- ja huoltotyötä, kun saamme tietoon jatkossa aikoja, kuinka pitkä vikaantumisväli tietyillä komponenteilla on. Öljyjä ja suodattimia on vaihdettu satunnaisesti, kun kahmari on tullut huoltoon. Öljyjen ja suodattimien oikea-aikaisella vaihdolla saadaan laitteen elinkaarta pidemmäksi sekä toimintavarmuutta saadaan lisättyä. Venttiilien toiminta voi olla vaarassa todella pienien partikkelien takia.

3.8 Varaosakartoitus

Varaosakartoitus tehdään nykyistä osaluetteloa tutkimalla ja tarvittaessa lisätään puuttuvat osat luetteloon. Varaosakartoituksessa käydään osaluettelo läpi ja katsotaan, että varaosat ovat ajan

tasalla, että varastossa olevat varaosat ovat nykyisen kahmariin kuuluvia osia ja että sieltä löytyy kaikki kahmarin osat. Kun osaluettelo on päivitetty ajan tasalle, voidaan alkaa katsomaan laitteistoanalyysin pohjalta, mitkä osat ovat kriittisiä kahmarin toiminnan kannalta ja mitkä osat olisi hyvä löytyä Outokummun varastosta heti tarpeen vaatiessa.

Kriittisille varaosille luodaan MAKO eli materiaalikoodin, jos sitä ei vielä ole tehty, kun MAKO:a luodaan, määritetään sille hälytyspiste ja varastointitapa. Hälytyspisteen tarkoituksena on, että tuotteelle on määritetty vähimmäismäärä varastossa. Kun se alittuu, tuotetta tilataan lisää varastoon riippuen siitä, mikä varastointitapa tuotteelle on määritetty.

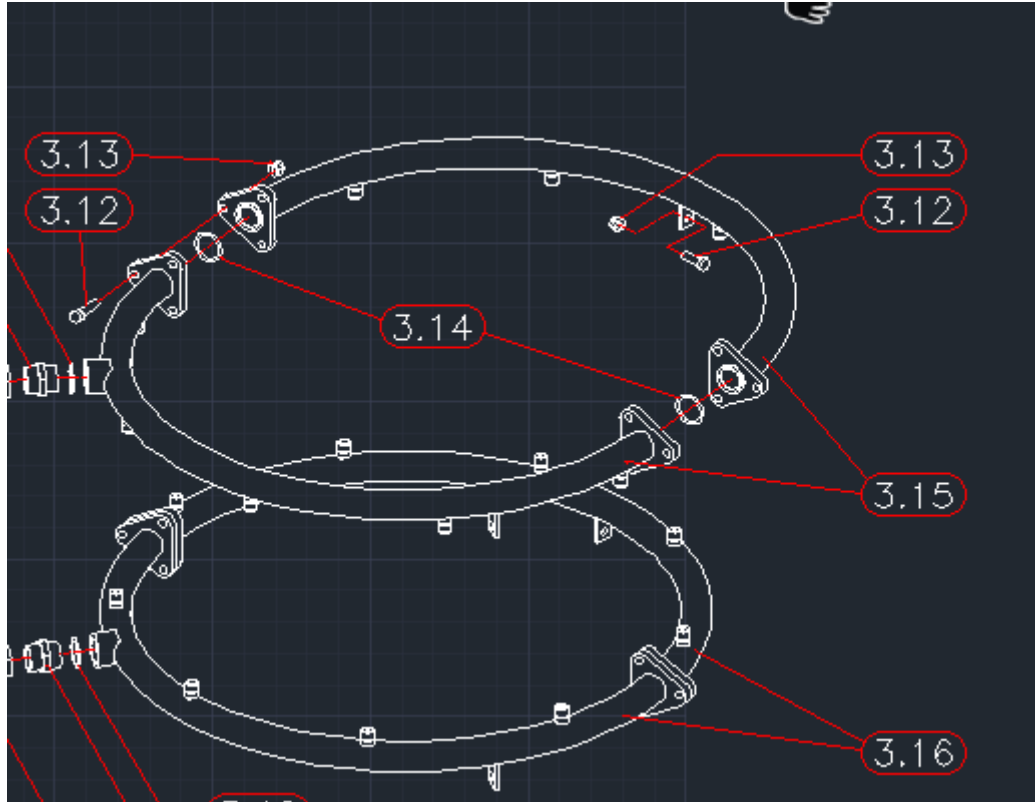
Varastointitapoja on kolmea erilaista Z2, ZD ja ND. Z2 tarkoittaa, että tuotteen tilausehdotus menee automaattisesti ostajalle, jolloin tilaus lähtee automaattisesti. ZD Tarkoittaa, että tuote tilataan tarpeen mukaan, eikä sitä varastoida. ND tarkoittaa, että tuotteesta on voimassa oleva vuosisopimus, minkä mukaan tuotetta toimitetaan varastoon sopimuksen mukaisesti. Kriittiset varaosat ovat yleensä Z2-luokan varaosia, jolloin sitä olisi aina tietty määrä varastossa riippuen hälytyspisteestä. ZD-luokan varaosia ovat tuotteet, joiden toimitusajat ovat lyhyempiä ja jotka ovat helpommin saatavilla. Varastointitavalla on suuri merkitys siinä, ettei jouduta odottamaan toiminnan kannalta kriittisiä varaosia. ND varastointitapa ei ole yleisesti käytetty mekaanisissa varaosissa, koska harvoin varaosat ovat semmoisia, joita menee säännöllisesti, mihin tämä toimitustapa sopii.

3.9 Osaluettelo

Jokainen kahmarin komponentti on osaluettelossa, jossa ne ovat listattuina omiin osiin. Osaluettelosta löytyy esimerkiksi runko ja hydraulikka, jotka ovat eriteltyinä osaluettelossa, jotta haettavan komponentin löytää helposti luettelosta. Avaamalla esimerkiksi hydraulikan osat luettelosta, löytyy vain hydraulikkaan kuuluvia osia, jolloin kaikki ei ole sekaisin vaan loogisessa järjestyksessä.

Kahmarin osaluettelossa on 28 osaa, joilla on oma MAKO. Nämä osat löytyvät omista varastoista. Suurin osa näistä osista liittyy hydraulikkaan, esimerkiksi pelkästään erilaisia venttiileitä on yhdeksän kappaletta. Joitakin kahmarin hydraulikkaosia, esimerkiksi venttiileitä, voidaan käyttää teräsulaton muissa laitteissa, johon ne ovat yhteensopivia.

Osaluettelo on ajan tasalla ja myös osat, joille on oma MAKO, ovat hyvin perusteltuja. Varastointitapojakaan ei tarvitse muuttaa, sillä nekin ovat oikeanlaiset. Imusarjoissa on ollut öljyvetoja ajoittain. Niitä on jouduttu hitsaamaan, koska varaosia ei ole ollut varastossa, koska tuote ei ole MAKO-osa. Hitsatut imusarjat ovat herkempiä hajoamaan uudestaan, mikä aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia kunnossapidolle ja vie resursseja. Imusarjoja on kahta erilaista ja niistä on tehty toimenpide, että makotettaisiin molemmat imusarjat (kuva 12), jotta ne löytyisivät varastosta tarvittaessa. Varastointitavaksi tälle olisi Z2, jotta se löytyisi varastosta ja olisi aina yksi molempia varastossa.



KUVA 12. Ylä- ja alaimusarja

4 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Operaattorin tarkastus

Operaattorin kierrokseen kuuluu kahmarin silmämääräinen tarkastus, johon kaikki pystyvät ilman erillistä kunnossapidon osaamista. Operaattorin tekemät kierrokset pyritään pitämään helppona, mutta kuitenkin tarkistetaan kohteet, jotta voidaan varmistua, ettei kahmarissa ei ole ennen käyntiinlähtöä isompia vikoja. Mikäli vikoja ilmenee kierroksen yhteydessä, on tästä ilmoitettava vuoromestarille tai henkilölle, joka ilmoittaa eteenpäin.

4.2 Kunnossapidon ennakkohuoltokierros

Kunnossapito tekee kerran viikossa ennakkohuoltokierroksen, joka on tarkempi tarkastus paikan päällä. Tälle kierrokselle lisättiin liiketestit, joilla saadaan todella laajasti viat selville hyvin pienellä vaivalla. Mallityölle toimenpiteiksi lisättiin tarkastuskohteita, koska nykyisellä työllä on todella suppea lista tarkastettavista kohteista ja kierroksen laajuus ja vastuu jää täysin työntekijän vastuulle ja muistettavaksi, että mitä kohteita kierroksella tulisi tarkastaa. Näillä toimenpiteillä varmistumme, että kierroksella olevat asentajat saavat parhaan mahdollisen tiedon kahmarin nykyisestä kunnosta ja voimme varmistua, että kaikki tarvittavat tarkastuskohteet on tarkastettu asiaan kuuluvalla tavalla.

4.3 Huoltohallissa tehtävät huollot ja korjaukset

Huoltohalliin tulleiden kahmareiden korjaustoimenpiteet riippuvat aina kahmarin kunnosta, mutta kahmariin tehdään aina tarkempi tarkastus, kun se tulee huoltoon ja tehdään korjauksia sen perusteella, mitä tarkastuksissa on havaittu. SFMEA:n pohjalta toimenpiteinä korjaamalla tehtäviin huoltoihin lisättiin paineiden mittaus, jolla nähdään, että kaikki arvot ovat valmistajan antamissa lukeissa (löytyvät huolto-oppaasta). Paineiden mittauksen lisäksi lisättiin liiketestit, joissa myös kellotetaan sulkeutumisaika ja avautumisaika ja verrataan niitä myös valmistajan antamiin aikoihin.

4.4 Käyttötuntimittari ja tilan seuranta

Kahmarin käyttötunteja ei seurata mitenkään, joten myös öljyn ja suodattimien vaihdot ovat satunnaisesti tehtäviä. Tästä syntyi ajatus käyttötuntimittarin hankinnasta ja käyttöönotosta, jotta jatkossa voisimme saada tietoa kahmarin käyttötunneista ja ajoittamaan huoltoja sen mukaan, kuinka paljon kahmarissa on käyttötunteja.

Kahmareita on kierrossa neljä yhtäaikaaisesti ja aina ei ole tietoa, mitkä kahmarit ovat käytössä, mitkä varalla tai huollossa. Excel-seurantataulukko olisi hyvä seurantatyökalu tähän. Samalla Excelissä voisi pitää kirjaa tehdyistä huoltotoimenpiteistä, esimerkiksi pumpun vaihdot, kynsien vaihdot, sylinterit ja muut. Tästä Excelistä näkisi suoraan kahmarin tullessa huoltoon, mitä huoltoja on viimeksi tehty ja suoritettu. Tällä Excelillä pystyttäisiin seuraamaan myös kahmareita yksilöinä, mikä on tärkeää huoltojen kannalta.

5 POHDINTA

Opinnäytetyö käsittelee Outokumpu Tornio Works Oy:n terässulatolinjan kaksi romupihan kahmareiden huolto-ohjelman parantamista ja kriittisten varaosien kartoitusta. Työssä käsitellään laitteiston kriittisyyttä ja huoltokierrosten kehittämistä, mikä on oleellista sekä tuotantotehokkuuden että kustannusten hallinnan kannalta.

Kahmarit ovat terässulatolla keskeisessä roolissa, sillä ne mahdollistavat romujen tehokkaan käsittelyn ja siirtämisen valokaariuuniin. Kahmareiden rikkoutuminen voi pysäyttää koko linjan tuotannon, niiden luotettavuus ja toiminnan jatkuvuus ovat kriittisiä tekijöitä. Tämä asettaa vaatimuksia sekä ennaltaehkäiseville huoltotoimenpiteille että varaosien saatavuudelle. Kahmareista johtuvat tuotannon pysähdykset ovat kuitenkin todella harvassa, koska kahmareita on aina kaksi käyttövalmiina ja varallakin on yksi tai kaksi riippuen siitä, onko huollossa ollut kahmari saatu valmiiksi ja palautettu.

Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa kahmareiden huolto-ohjelmaa hyödyntämällä Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) -menetelmää. FMEA tarjoaa systemaattisen tavan tunnistaa mahdollisia vikoja ja niiden vaikutuksia, mikä auttaa kehittämään sen huoltostrategiaa. Kahmaren viat ovat olleet suurimmilta osin hydraulikkaan liittyviä vikoja, esimerkiksi öljyvutoja. Nykyisten huoltokäytäntöjen ja varaosaluetteloiden tarkastelu ja päivittäminen auttavat luomaan selkeämmän kuvan varastotilanteesta ja tarvittavista kriittisistä varaosista. Tämä vähentää yllättäviä laiterikkoja ja huoltokustannuksia.

Työssä käytetty menetelmä, kuten KUTI-järjestelmän ja päiväkirjojen analysointi kahmareiden vikahistorian selvittämiseksi, on oikea tapa, koska sieltä ne löytyvät parhaiten. Tämä lähestymistapa on tärkeä, koska se tarjoaa realistisen kuvan laitteiden toiminnasta ja mahdollistaa konkreettisten parannusehdotusten tekemisen. Huolto-ohjelman nykytila kattaa säännölliset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet. Kuitenkin nykyisen ohjelman päivittäminen lisäämällä esimerkiksi liikkeiden testaukset ja tarkemmat ohjeet ennakkohuoltotarkastuskierroksiin voi merkittävästi parantaa kahmareiden luotettavuutta ja käyttövarmuutta. Tämä vähentää myös suunnittelemattomista kunnossapitotoimenpiteistä aiheutuvia riskejä ja kustannuksia.

Opinnäytetyö osoittaa, kuinka tärkeää on yhdistää teoreettinen osaaminen ja käytännön kokemus teknisen kunnossapidon kehittämisessä. Kahmareiden huolto-ohjelman parantaminen ja kriittisten varaosien kartoitus eivät ainoastaan vähennä tuotantokatkoksia ja huoltokustannuksia, vaan ne myös edistävät turvallisempaa ja luotettavampaa tuotantoprosessia Outokummulla.

LÄHTEET

AIAG 2023. (FMEA) Failure Mode & Effects Analysis. Hakupäivä 3.5.2024.

<https://www.aiag.org/quality/automotive-core-tools/fmea>.

Green Attachments Oy. 2024. Purkukoura/lajittelukoura. Hakupäivä 19.3.2024. <https://www.greennattachments.com/fi/pyoerivaet-purkukourat-lajittelukourat/422-purkukoura-lajittelukoura-yellow-g-40-3780t.html>.

Holger Hartmann Oy. 2024. Rozzi. Hakupäivä 14.3.2024. <https://www.holgerhartmann.fi/rozzi>.

Infraspeak 2023. Unplanned downtime: causes, consequences and solutions. Hakupäivä 13.4.2024. [Unplanned downtime: causes, consequences and solutions • Infraspeak Blog](#).

Männistö, Juha 2024. Kunnossapidon taustaa. Opintomateriaali. OAMK.

OpexLearning 2017. What Are the 5 Factors for a Successful FMEA? Hakupäivä 8.5.2024. [What Are the 5 Factors for a Successful FMEA? - \(opexlearning.com\)](#).

Outokumpu 2016. Terässlaiton tuotantokaavio. Sisäinen lähde.

Processexam 2024. Six Sigma Tools – Others. Hakupäivä 25.5.2024. [Six Sigma Tools – Others | Process Exam](#).

PSK 6201-O.2 2022. Kunnossapito. Ryhmä 62. Käsitteet ja määritelmät. Kunnossapitoluokkien lajittelu. Hakupäivä 22.4.2024. https://psk-standardisointi.fi/wp-content/uploads/PSK6201_4p_k.pdf. Vaatii lisenssin.

Rozzi 2016. Käyttö- ja huolto-opas. Sisäinen lähde.

SFS-EN 13306:2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Hakupäivä 22.3.2024. [SFS-EN 13306:2017](#). Vaatii lisenssin.

Sharma, Kapil & Srivastava, Shobhit 2018. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Implementation: A Literature Review. Hakupäivä 8.5.2024. [Failure-Mode-and-Effect-Analysis-FMEA-Implementation-A-Literature-Review.pdf \(researchgate.net\)](#).

Martech Zone 2024. Vikatilat ja vaikutusten analyysi. Hakupäivä 9.5.2024. [Mikä on FMEA? Vikatilan ja vaikutusten analyysi | Martech Zone Lyhenteet](#).

LAITTEISTOANALYYSI (SFMEA)

LIITE 1 (1)

TOIMINTO	TOIMINNALLINEN VIKA	LAITE / KOMPONENTTI	VIKAMUOTO
Mitä kohteen odotetaan tekevän ja millä suorituskyvyllä	Millä tavalla tämä tämä toiminto häiriintyy tai estyy?	Mikä laite tai komponentti aiheuttaa ko. toiminnallisen vian?	Mikä tapahtuma aiheuttaa toiminnallisen vian
		HYDRAULIIKKA	
Siirtää romut romuhökeistä romukoriin	Kalvari vikaantuu/toiminta pysähtyy	Hydrauliikkapumppu	Pumppu rikki, letku poikki
		Sylinteri	Tiivisteet hajoaa
		Sylinteri	Kiinitykset/mullinsilmä hajoaa
		Hydrauliikkaputket/letkut	Öljyvuoto
		Hydrauliikkaputket/letkut	Liittimet vuotaa
		SUUNTAVENTTIILI 4/3 NG22 24VDC. SUUNTAVENTTIILI 4/3 NG6 230VAC 50/60HZ	Luisti jumiä/takertelee, vääriä jännitteet, työntöpinnan katkeaminen, keskitysjousten katkeaminen, valukuokosten puhkeaminen, virheellinen kiinnitys, Tärinä
		VASTAVENTTIILI SV20PA1-4X PILOT	Läpi vuoto, Venttiilin jumminen(ei sulkeudu tai aukeaa),jouset, Tärinä
		PAINEENRAJOITUSVENTTIILI RDDA-3CN. PAINEENRAJOITUSVENTTIILI NG20. PAINEENRAJOITUSVENTTIILI VSBN-08A-35	Luisti jumiä, Venttiili-istukka/istukka halkautunut, jousi kuoleentuu/katkeaa, Rookat öljyn seassa, Tärinä
		KUORMANLASKUVENTTIILI CBGH-LKN	Läpi vuoto, tiivisteet vuotaa, venttiili jumittuu
		Imusarjat	Öljyvuoto
	Hidastavat viat	RUNKO	
		Lavat	Normaali käyttö
		Lapojen kiinitysosat (holkit ja tapit)	Normaali käyttö
		Kynnet	Normaali käyttö

LIITE1 (2)

VIAN AIHEUTTAJA	VIAN AIHEUTTAJA (tarkennus)	VIAN VAIKUTUS	VIAN SEURAUUS
Mistä syystä vikamuoto syntyy?	Tarkenna tarvittaessa vian juurisyitä	Mitä tapahtuu vikamuodon vuoksi? (esim. miten operaattori havaitsee tilanteen, mitä hän joutuu välittömästi tekemään)	Mikä vaikutus vikautumisella on? Mikä on niiden seurausten kriittisyys? Vaarantuuko turvallisuus, menetetäänkö tuotantoa
Pumppu pyörii ilman öljyä		Öljy ei kierrä järjestelmässä	Kahmari joudutaan vaihtamaan, silloin voidaan lastata toisella kahmarilla sen aikaa, ei tuotannon menetyksiä
Kuluminen		Öljyvuoto	Kahmari joudutaan vaihtamaan, silloin voidaan lastata toisella kahmarilla sen aikaa, ei tuotannon menetyksiä
Kuluminen/väsyminen		Sylinterin kiinitykset petteävät/sylinteri pääsee heilumaan	Kahmari joudutaan vaihtamaan, silloin voidaan lastata toisella kahmarilla sen aikaa, ei tuotannon menetyksiä
Kuluminen/romu rikkoo/tärinä	Romu voi osua ja hajottaa putken/letkun	Öljyvuoto	Kahmari joudutaan vaihtamaan, silloin voidaan lastata toisella kahmarilla sen aikaa, ei tuotannon menetyksiä
Tiivistet		Öljyvuoto	Kahmari joudutaan vaihtamaan, silloin voidaan lastata toisella kahmarilla sen aikaa, ei tuotannon menetyksiä
Liikainen öljy, virheellinen kiinnitys, virtausvoimat, luistin lasjeneminen(lämpö), rungon taipuminen		Liike hidastuu tai pysähtyy	Kahmari joudutaan vaihtamaan, silloin voidaan lastata toisella kahmarilla sen aikaa, ei tuotannon menetyksiä
Venttiilijumii(roskat), korroosio, kuluminen		Kahmarin lavat laskevat itsestään	Kahmari joudutaan vaihtamaan, silloin voidaan lastata toisella kahmarilla sen aikaa, ei tuotannon menetyksiä
Väärin säädetty, kuluminen, väsyminen,	Väärin säädetty jolloin öljy pääsee kietämsään koko ajan ja lämpenee	Öljyn lämpeneminen, Liike hidastuu tai pysähtyy	Kahmari joudutaan vaihtamaan, silloin voidaan lastata toisella kahmarilla sen aikaa, ei tuotannon menetyksiä
Kuluminen, roskia öljyn seassa, korroosio, ylikuormitus		Kahmarin lavat laskevat itsestään	Kahmari joudutaan vaihtamaan, silloin voidaan lastata toisella kahmarilla sen aikaa, ei tuotannon menetyksiä
Väsyminen, kuluminen	Tärinä voi aiheuttaa vuodon	öljyvuoto	Kahmari joudutaan vaihtamaan, silloin voidaan lastata toisella kahmarilla sen aikaa, ei tuotannon menetyksiä
Kuluminen	Lapojen sivut kuluvat		
Kuluminen	Holkit ja tapit kuluvat	Kahmarin lavat pääsee heilumaan sivuttain	Voi hajottaa sylinterin
Kuluminen		Lastaus hidastuu	Romu tarttuu huonosti, mutta tarvittaessa voi jatkaa lastausta

NYKYINEN HUOLTOSUUNNITELMA	NYKYINEN HUOLTO / TARKISTUSVÄLI	RISKINARVIOINTI (NYKYINEN)			
Mitä menetelmiä käytetään tällä hetkellä esim. säännölliset tarkistukset, vaihdot, mittaukset, kunnonvalvonta	Kuinka usein huolto / tarkistus tehdään nykyisellä toimintamallilla	Riskitaulukon mukaisesti			
		V	T	H	RPN
Vaihdetaan kun hajosa. Huolletaan jos järkevää.	huoltoon tullessa	8	5	4	160
Vaihdetaan kun hajosa. Huolletaan vanha ja palautetaan varastoon.	1krt/viikko	3	3	3	27
Tarkastukset kierroksen yhteydessä	1krt/viikko	6	2	4	48
Tarkastukset kierroksen yhteydessä	1krt/viikko	3	6	3	54
Tarkastukset kierroksen yhteydessä	1krt/viikko	3	4	3	36
Liiketestit (Operaattori)	Jokaisella käyttökerralla (Operaattori) 1krt/Viikko(Kunnossapidon tarkastus)	5	5	6	150
Liiketestit (Operaattori)	Jokaisella käyttökerralla (Operaattori) 1krt/Viikko(Kunnossapidon tarkastus)	5	5	6	150
Liiketestit (Operaattori)	Jokaisella käyttökerralla (Operaattori) 1krt/Viikko(Kunnossapidon tarkastus)	5	5	6	150
Liiketestit (Operaattori)	Jokaisella käyttökerralla (Operaattori) 1krt/Viikko(Kunnossapidon tarkastus)	5	5	6	150
	1krt/viikko	3	6	3	54
					0
Täytshitsaus , kun tulee huoltoon	1krt/viikko	4	3	2	24
Tarkastukset kierroksen yhteydessä	1krt/viikko	3	4	4	48
Tarkastukset kierroksen yhteydessä	1krt/viikko	4	4	2	32

LIITE1 (4)

SUOSITELTU TOIMENPIDE	SUOSITELTU HUOLTO / TARKISTUSVÄL	VARAOSAT / TYÖKALUT / KOULUTUS	RISKINARVIOINTI (UUSI)			
Mitä ennaltaehkäisevää toimintaa voidaan tehdä vaurion välttämiseksi tai riskin pienentämiseksi, apuna voidaan käyttää RCM päätösputta	Kuinka usein kohteeseen tulee tehdä suositeltuja huoltoja / tarkastuksia?	Mitä varaosia, työkaluja tai koulutuksia toimenpide edellyttää jotta se voidaan suorittaa?	Riskitaulukon mukaisesti			
			V	T	H	RPN
Lisätään mallityölle liikkeiden testaus, jotta nähdään onko avautumisaika(8.5 Sek.) ja sulkeutumisaika (14 Sek.) normaali	1 krt/ viikko	Mäntäsumppu A10VSO100DFR/31R-PPA12N00 (MAKO:615847)	8	5	2	80
Lisätään mallityölle sylinterien silmämääräinen tarkastus (vuodot)	1 krt/ viikko	HYDRAULISYLINTERI 110/70-500 L11016.1 (K)(MAKO:637241), TIIVISTESARJA 110/70 K108 (MAKO:637194), MÄNTÄ 110/70 FP050 (MAKO:637222), MÄNNÄNVARSI FS061	3	3	2	18
Lisätään mallityölle liikkeiden testaus, jotta nähdään onko sylinterien tapit/mullinsilmät kunnossa	1 krt/ viikko	SYLINTERIN YLÄPÄÄN TAPPI D60 A06017(MAKO: 637241), SYLINTERIN ALAPÄÄN TAPPI D60 A06018 (MAKO:637247)	6	2	3	36
Malliennoktyölle putkien ja letkujen silmämääräinen tarkistus	1 krt/ viikko		3	6	2	36
Malliennoktyölle putkien ja letkujen silmämääräinen tarkistus	1 krt/ viikko		3	4	2	24
Lisätään mallityölle liikkeiden testaus, jotta nähdään, että liikkeet ovat normaaleja ja venttiilit toimivat oikein (lavat pysyvät auki eikä valu itseksensä alas, lavat liikkuvat yhtäaikaaisesti, "sulavat liikkeet"(ei nykyisiä yms.)	1 krt/ viikko	SUUNTAVENTTIILI 4/3 NG22 24VDC. MAKO 629232,629230	5	5	4	100
Lisätään mallityölle liikkeiden testaus, jotta nähdään, että liikkeet ovat normaaleja ja venttiilit toimivat oikein (lavat pysyvät auki eikä valu itseksensä alas, lavat liikkuvat yhtäaikaisesti, "sulavat liikkeet"(ei nykyisiä yms.)	1 krt/ viikko	VASTAVENTTIILI SV20PA1-4X PILOT (MAKO:631423)	5	5	4	100
Lisätään mallityölle liikkeiden testaus, jotta nähdään, että liikkeet ovat normaaleja ja venttiilit toimivat oikein (lavat pysyvät auki eikä valu itseksensä alas, lavat liikkuvat yhtäaikaisesti, "sulavat liikkeet"(ei nykyisiä yms.)	1 krt/ viikko	PAINEENRAJOITUSVENTTIILI RDDA-3CN(MAKO:637201)PAINEENRAJOITUSVENTTIILI NG20(MAKO:606645), PAINEENRAJOITUSVENTTIILI VSBN-08A-35(MAKO:637198)	5	5	4	100
Lisätään mallityölle liikkeiden testaus, jotta nähdään, että liikkeet ovat normaaleja ja venttiilit toimivat oikein (lavat pysyvät auki eikä valu itseksensä alas, lavat liikkuvat yhtäaikaisesti, "sulavat liikkeet"(ei nykyisiä yms.)	1 krt/ viikko	KUORMANLASKUVENTTIILI CBGH-LKN(MAKO:637192)	5	5	4	100
Imusarjojen makotus ja mallityölle näiden tarkastus	1 krt/ viikko	Ylempi imusarja, Alempi imusarja, tiivistet	3	6	2	36
						0
Huolto ajoissa ettei riko enempää	1 krt/ viikko	Hitzaus	4	3	2	24
Lisätään mallityöhön välysten tarkastus(Huoluttamalla sivuttain)	1 krt/ viikko	TAPPI D80 A08010 637193, KARKAISTU HOLKKI P08001(637250)	3	4	4	48
Kahmarin tullaan huoltoon tarkastelu, että pitkö kynnisi uusia	1 krt/ viikko	Kynnet (MAKO:637249)	4	4	2	32