

Marko Tampio

Pintajyrsimen varaosien kriittisyysluokitus

Terrafame

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Kevät 2018



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tiivistelmä

Tekijä(t): Tampio Marko

Työn nimi: Pintajyrsimen varaosien kriittisyysluokitus

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), Konetekniikka

Asiasanat: Kriittisyysluokitus, vika- ja vaikutusanalyysi, kunnossapito

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Terrafame Oy:n liikkuvan kaluston kunnossapito. Työn tarkoituksena oli suorittaa pintajyrsimelle varaosien kriittisyysluokitus sekä tehdä kriittisimmille varaosille vika- ja vaikutusanalyysi.

Pintajyrsin on tela-alustainen ja dieselmoottorilla varustettu raskaan kaluston työkone. Jyrsimessä on 3,8 metriä leveä rumpu, joka on varustettu sadalla teräpiikillä. Leikkaussyvyyttä jyrsimessä säädellään korkeussäädettävien telojen avulla ja leikkaussyvyys voi olla enimmillään 350 mm.

Varaosien kriittisyysluokitus suoritettiin PSK 6800 -standardin mukaisesti. Kriittisyysluokitukseen mukaan valittiin 18 varaosaa. Varaosien kriittisyyttä arvioitaessa kriittisyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat vikaantumisväli, turvallisuus- ja ympäristötekijät, tuotannon menetys, lopputuotteen laatukustannukset sekä korjauskustannukset. Kriittisyysarvioinnin jälkeen varaosat listattiin kriittisyyden mukaiseen järjestykseen, josta valittiin viisi suurinta kriittisyysarvon saanutta varaosaa mukaan vika- ja vaikutusanalyysiin.

Vika- ja vaikutusanalyysissä käsiteltiin varaosien vikaantumismuotoja ja vikaantumisen syitä sekä käytiin läpi mahdollisia toimenpiteitä vikaantumisen ehkäisemiseksi. Analyysissä arvioitiin myös asteikolla yhdestä viiteen jokaisen vian vakavuus, esiintyminen ja havaittavuus. Analyysissä käsiteltiin ainoastaan varaosien tärkeimpiä vikaantumismuotoja sekä syitä vikaantumiselle. Analyysin tuloksena saatiin käsiteltyä jokaiselle varaosalle vikaantumisen ehkäisemiseksi suositeltuja toimenpiteitä, joilla käyttövarmuutta saataisiin parannettua.

Työn tavoitteena oli pintajyrsimen käyttövarmuuden parantaminen. Käyttövarmuuden paranemista ei kuitenkaan voi vielä tässä vaiheessa arvioida, vaan suositeltujen toimenpiteiden vaikutukset varaosien vikaantumisen ehkäisemiseksi näkyvät vasta myöhemmin. Työn tavoitteena oli myös luoda pohja, mistä jatkaa tulevaisuudessa kriittisyysluokitusta pintajyrsimelle.

Abstract

Author(s): Tampio Marko

Title of the Publication: Criticality Classification of Surface Miner Spare Parts

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: Criticality classification, failure mode and effects analysis, maintenance

The thesis work was commissioned by the movable machinery maintenance unit at Terrafame Oy. The purpose of the thesis work was to draw up the criticality classification for the surface miner spare parts, as well as the failure mode and effects analysis for the most critical spare parts.

Surface miner is a heavy-duty track machine equipped with a diesel engine. The miner has a 3.8-meter-wide cutting drum equipped with one hundred steel spikes. The cutting depth is controlled in the miner with height adjustable track units and the maximum cutting depth can be 350 mm.

The criticality classification of the spare parts was accomplished by following the PSK 6800 standard. 18 spare parts were included in the criticality classification. In evaluating criticality, the following factors were considered: mean time between failure, safety and environmental requirements, production down-time, quality costs for the end product and the cost of repairs. After the classification, spare parts were listed according to the criticality evaluation. From the list five spare parts with the highest criticality ranking were included in the failure mode and effects analysis.

Failure modes, reasons for failures and possible maintenance actions to avoid failures were evaluated concerning the spare parts in the failure mode and effects analysis. In the analysis the fatality of the failure, occurrence and observability were evaluated using a one to five ranking scale. Only the most important failure modes of the spare parts and reasons for the failures were analyzed. As an outcome of the analysis, a recommendation for preventive actions was done for each spare part to improve the overall operation reliability.

The purpose of the work was to improve operation reliability of the surface miner. The improvement of the operation reliability cannot be evaluated in this phase, as the results of the recommended preventive actions for the spare parts will be seen later on. Another purpose of the work was to provide a baseline from where to continue the criticality classification evaluation of the surface miner in the future.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Terrafame Oy	2
	2.1 Tuotantoprosessi.....	2
	2.2 Liikkuvan kaluston kunnossapito	4
3	Pintajyrsin	5
4	Kunnossapito	7
	4.1 Kunnossapitolajit.....	8
	4.1.1 Huolto	9
	4.1.2 Ehkäisevä kunnossapito	10
	4.1.3 Korjaava kunnossapito.....	11
	4.1.4 Parantava kunnossapito	12
	4.1.5 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen	12
	4.2 Käyttövarmuus	13
	4.2.1 Toimintavarmuus	13
	4.2.2 Kunnossapidettävyys	14
	4.2.3 Kunnossapitovarmuus	15
5	Koneiden ja laitteiden kriittisyysluokitus.....	16
	5.1 Tuotannon menetyksen painoarvo ja sen määrittäminen.....	16
	5.2 Kriittisyyden arviointi	17
	5.3 Laitteen kriittisyyden painoarvot	20
	5.3.1 Turvallisuusriskit	20
	5.3.2 Ympäristöriskit	21
	5.3.3 Tuotannon menetykset	21
	5.3.4 Laatukustannus	22
	5.3.5 Korjaus- tai seurauskustannukset	23
6	Vika- ja vaikutusanalyysi	24
	6.1 Vika- ja vaikutusanalyysin käyttötapoja	24
	6.2 Vikaantumismallit	25
	6.3 Analyysitaso.....	26
7	Kriittisyysluokituksen suoritus.....	27

7.1	Tuotannon menetyksen ja vikaantumisvälin painoarvokertoimien määrittäminen	27
7.2	Painoarvokertoimien määrittäminen riskeille sekä muille tekijöille	28
7.3	Kriittisyysluokituksen tulokset ja niiden tarkastelu	29
8	Vika- ja vaikutusanalyysin suoritus	30
8.1	Vikaantumismuodot	30
8.2	Vikaantumisen syyt	30
8.3	Vika- ja vaikutusanalyysin tulokset ja niiden tarkastelu	32
9	Yhteenveto	34
	Lähteet	35
	Liitteet	

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty Terrafame Oy:n liikkuvan kaluston kunnossapidon toimeksiannosta. Terrafame Oy on monimetalliyhtiö, joka sijaitsee Sotkamossa ja se tuottaa nikkeliä, sinkkiä, kobolttia ja kuparia. Aiheena opinnäytetyössä on pintajyrsimen varaosien kriittisyysluokitus. Aihe tuli toimeksiantajalta ja varaosien kriittisyysluokitukselle on tarvetta pintajyrsimessä. Opinnäytetyön tekemisessä tietoa on kerätty kirjallisuudesta ja kunnossapidon tietojärjestelmästä sekä hyödynnetty liikkuvan kaluston kunnossapitopäällikön kokemusta pintajyrsimen kunnossapidosta.

Varaosien kriittisyysluokitus suoritettiin PSK 6800 -standardin mukaisesti. Kriittisyysluokitukseen on tässä työssä otettu mukaan vain pieni osa pintajyrsimen varaosista, koska aika oli rajallinen työn tekemiseen ja varaosia on paljon pintajyrsimessä. Työn pohjalta on kuitenkin kriittisyysluokitusta hyvä jatkaa tulevaisuudessa. Kriittisyysluokituksen tulosten perusteella tässä työssä tehtiin kriittisimmille varaosille myös vika- ja vaikutusanalyysi.

Vika- ja vaikutusanalyysi tehtiin yrityksessä jo aiemmin käytössä olevalle pohjalle ja siinä perehdyttiin kriittisten varaosien potentiaalsiin vikaantumismuotoihin sekä syihin, jotka johtavat varaosien vikaantumisiin. Myös suositellut toimenpiteet varaosien vikaantumisen ehkäisemiseksi käsiteltiin analyysissä. Vika- ja vaikutusanalyysi tehtiin ainoastaan kriittisyysluokituksessa kriittisyyden raja-arvon ylittäville varaosille.

Opinnäytetyön tavoitteena oli käyttövarmuuden parantaminen sekä luoda pohja kriittisyysluokituksen suorittamiseen pintajyrsimelle. Työ antaa myös pohjan tulevaisuudessa muillekin koneille suoritettaville varaosien kriittisyysluokitukselle sekä vika- ja vaikutusanalyysille. Henkilökohtainen tavoitteeni työllä oli oppia lisää liikkuvan kaluston kunnossapidosta ja etenkin pintajyrsimen osalta.

2 Terrafame Oy

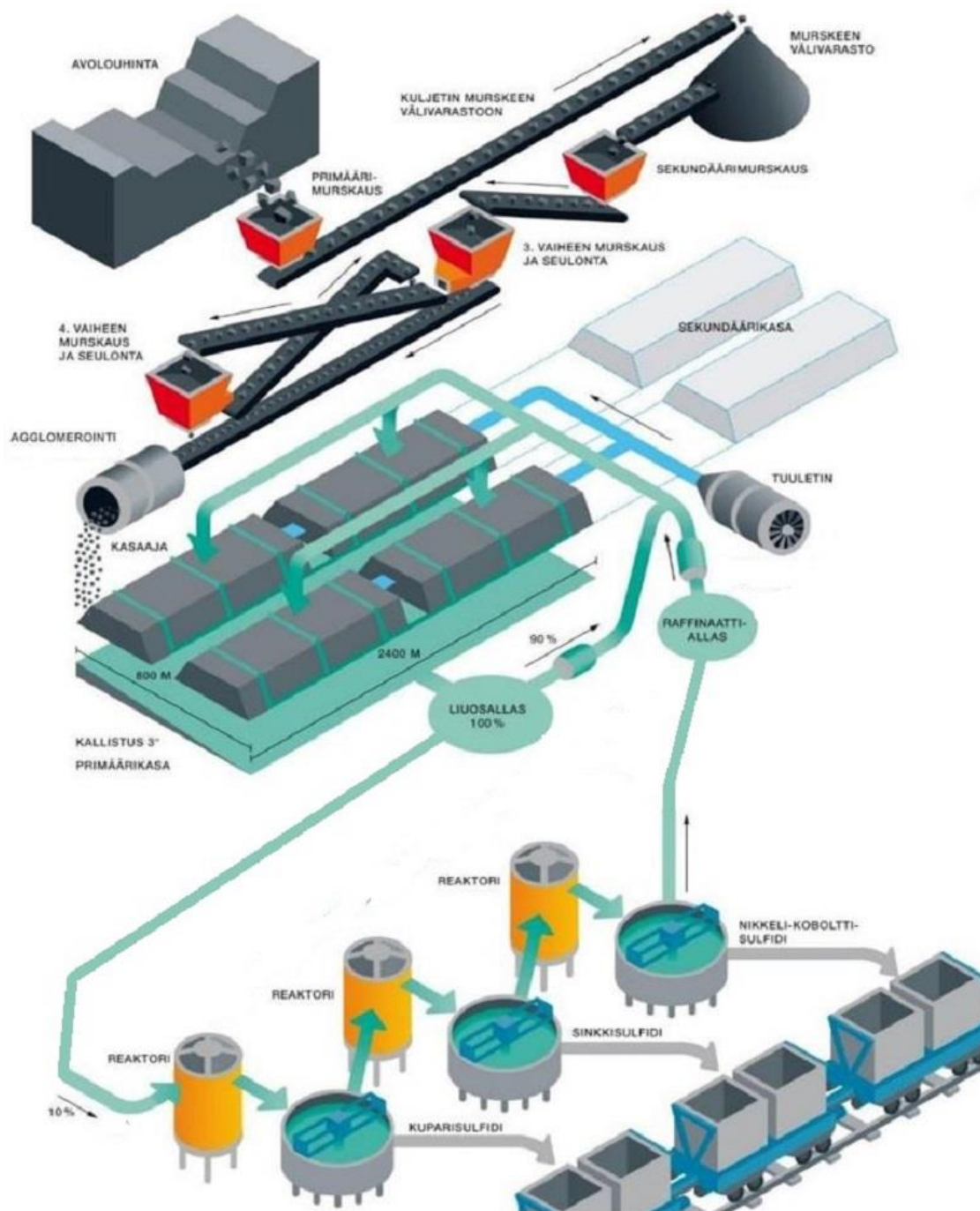
Terrafame Oy on monimetalliyhtiö, joka sijaitsee Sotkamossa ja se tuottaa kaivoksellaan sekä metallitehtaallaan sinkkiä, nikkeliä, kobolttia ja kuparia. Terrafame Oy:n toiminta alkoi vuonna 2015, jolloin se osti liiketoiminnan ja omaisuuden aiemmin kaivostoimintaa harjoittaneelta Talvivaara Sotkamo Oy:n konkurssipesältä. Terrafame Oy:n suurin omistaja on Suomen valtion omistama erityistehtäväyhtiö Terrafame Group Oy. Muut suurimmat omistajat ovat Galena Asset Management S.A. sekä Sampo Oyj. [1.]

Seuraavaksi lyhyet esittelyt tuotteista, joita Terrafame tuottaa:

- Nikkeli on metallina monipuolinen. Erityisesti se soveltuu ruostumattoman teräksen valmistukseen.
 - Sinkkiä käytetään teräksen suojauksessa korroosiolta ja siten se pidentää teräksen käyttöikää.
 - Kupari on metalli, joka muovautuu helposti sekä johtaa hyvin sähköä ja lämpöä.
- [1.]

2.1 Tuotantoprosessi

Malmin louhinta suoritetaan avolouhintana, jonka jälkeen malmi murskataan sekä seulotaan useammassa vaiheessa ja lopuksi agglomeroidaan ennen siirtoa bioliuotuskasoille. Bioliuotusprosessissa metallit erotellaan malmista hyödyntämällä mikrobeja. Mikrobitoiminnalle saadaan luotua optimaaliset olosuhteet kastelemalla kasoja happamalla tuotantoliuksella sekä puhaltamalla ilmaa kasoihin. Primäärikasalla liuotetaan kasattua malmin noin 15 kuukautta, jonka jälkeen primäärikasa puretaan ja siirretään loppuliuotukseen sekundäärikasalle. Bioliuotuksen jälkeen metallit erotetaan kierrätettävästä tuotantoliuksesta ja saostetaan metallitehtaalla vaiheittain sulfideiksi. Lopuksi lopputuotteet vielä suodatetaan ja myydään asiakkaille jalostettaviksi. Kuvassa 1 on esitetty Terrafame Oy:n tuotantoprosessi. [1.]

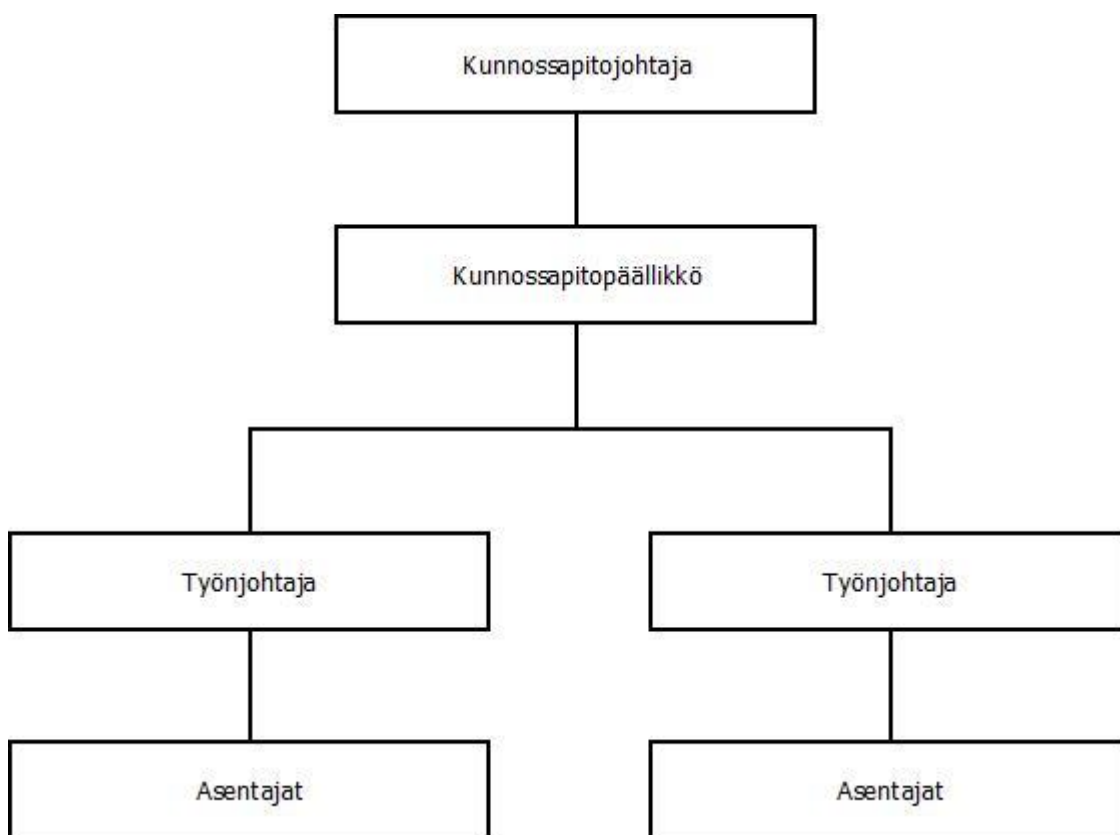


Terrafame Tuotantoprosessi

Kuva 1. Terrafamen tuotantoprosessi [2]

2.2 Liikkuvan kaluston kunnossapito

Perusedellytys kaluston kunnossa pysymiseen on noudattaa kunnossapito-ohjelmaa. Liikkuvalle kalustolle kaivoksessa on tehty suunnitellut kunnossapito- ja huolto-ohjelmat. Ohjelmia toteutetaan tuotannon kanssa yhteistyössä. Ohjelmat sisältävät mm. huoltojen määräytymisvälit sekä peruskunnostukset. Terrafame Oy:ssä on käytössä kunnossapidon ja service - liiketoiminnan järjestelmä IBM Maximo Asset Management. Järjestelmää käytetään kunnossapidossa laitehallintaan, töidenhallintaan sekä materiaalinhallintaan. Terrafamen liikkuvan kaluston kunnossapito-organisaatio on esitetty kuvassa 2. Lisäksi kunnossapitoa toteuttavat kaivoksella useat yhteistyökumppanit.



Kuva 2. Liikkuvan kaluston kunnossapito-organisaatio

3 Pintajyrsin

Terrafamen primäärikasoilla pintamaata jyrivät Wirtgen 2200 SM 3.8 -pintajyrsimet. Jyrsin on esitetty kuvassa 3 sekä jyrsimen tekniset tiedot taulukossa 1. Jyrsin on tela-alustainen ja dieselmoottorilla varustettu raskaan kaluston työkone. Jyrsimessä on 3,8 metriä leveä jyrsinrumpuyksikkö, johon on asennettu 100 teräpiikkiä pintamaata irrottamaan. Leikkaussyvyys jyrsimessä on enimmillään 350 mm. Terrafamen kaivoksella leikkaussyvyys määräytyy GPS:n mukaan. Leikkaussyvyyttä säädellään jyrsimessä korkeussäätävän telaston avulla. [3.]



Kuva 3. Wirtgen 2200 SM 3.8 -pintajyrsin [4]

Taulukko 1. Jyrsimen tekniset tiedot [3]

Cutting drum	
Cutting width, max,	3,800 mm
Cutting depth with conveyor system in windrowing mode**	0-350 mm
Number of cutting tools	100
Drum diameter with tools	1,300 mm
Engine	
Manufacturer	Caterpillar
Type	C27 ATAAC
Cooling	water
Number of cylinders	12
Rated power at 2,100 r.p.m	708 kW/950 HP/963 PS
Fuel consumption, full load	187 l/h
Fuel consumption, 2/3 load	125 l/h
Emission standards	no EC regulation / US Tier 2
Electrical system	
Electrical power supply	24 V
Tank capacities	
Fuel tank	1,400 l
Hydraulic fluid tank	550 l
Water tank	5,000 l
Driving properties	
Operating and travel speed	0-84 m/min (0-5 km/h)
Theoretical gradeability	90%
Max. longitudinal inclination of machine when operating at upward or downward slopes	25%
Ground clearance	370 mm
Crawler units	
Crawler units front and rear (L x W x H)	2,200 x 370 x 790 mm
Weight of base machine	
Empty weight of machine without filling media	50,350 kg
Operating weight, CE **	53,500 - 61,500 kg

** = Weight of machine with half-full water tank, half-full fuel tank, driver (75 kg) and on-board tools, excluding optional equipment

4 Kunnossapito

Ensisijainen kunnossapidon tehtävä on nykykäsityksen mukaan pitää laitteet käyttökunnossa. Kunnossapitoon kuuluvat edelleenkin rikkoutuneiden laitteiden sekä komponenttien korjaukset, mutta kunnossapidon päätarkoitus tämä ei ole. Nykykäsityksen mukaan kunnossapito ei ole kustannus, vaan tärkeä tuotannontekijä, jonka avulla tuotantolaitoksen kilpailukyky saadaan varmistettua. [5.]

Määritelmiä kunnossapidolle löytyy useista kansainvälisistä ja kansallisista standardeista sekä alaan liittyvistä teoksista.

Standardissa PSK 6201 määritellään kunnossapito 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. Standardi PSK 7501 käyttää myös samaa määritelmää [5][6].

Eurooppalaisessa standardissa SFS-EN 13306 määritellään kunnossapito seuraavasti:

Kunnossapito koostuu kaikista kohteen eliniän aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon [7].

Alan edelläkävijöistä ja RCM: n kehittäjänä tunnetun John Moubrayn määritelmä kunnossapidosta:

Kunnossapidolla varmistetaan, että laitteet jatkavat sen tekemistä, mitä käyttäjät haluavat niiden tekevän [5].

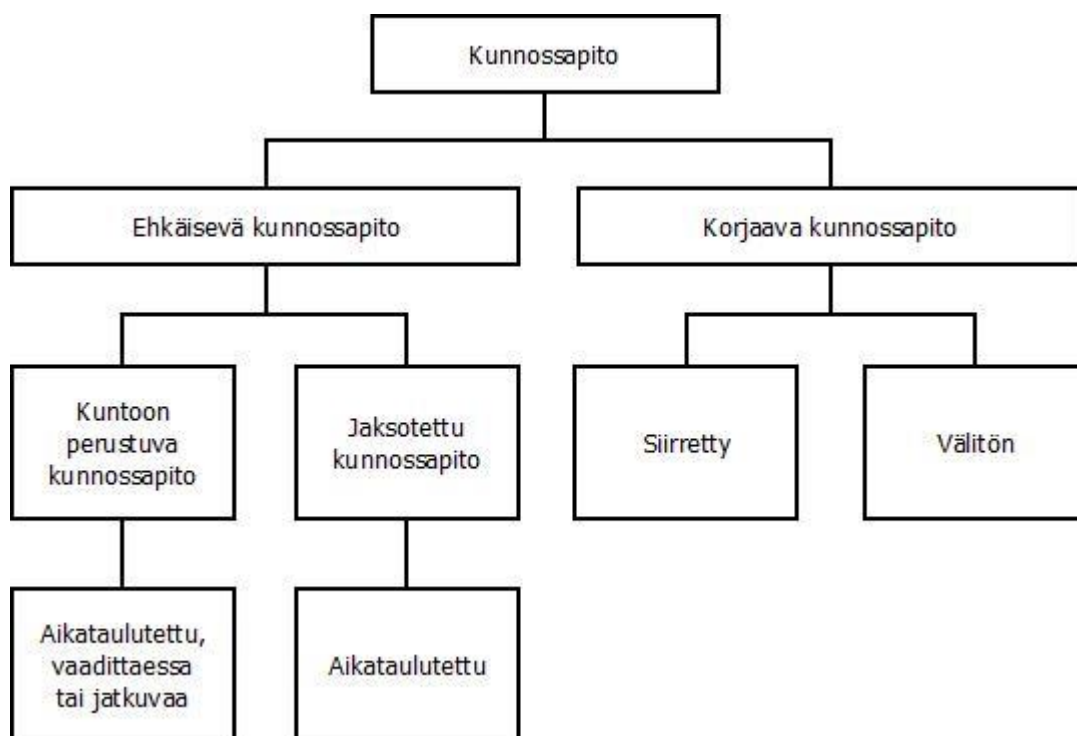
Määritelmät ovat käytännössä hyvin lähellä toisiaan, mutta Moubrayn määritelmä korostaa sitä, että jonkun on tiedettävä, mitä laitteen halutaan tekevän. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että laitoksessa täytyy olla selkeä suunnitelma siitä, millaista suorituskykyä laitteelta vaaditaan. Tämä taas määrää kunnossapidon tason sekä millaisia tuloksia halutaan. Näitten pohjalta sitten määritellään laitoksen kunnossapitostrategia sekä kunnossapidon käytännön toimenpiteet. Tästä voidaan laajennettuna todeta, että jo laitteita suunniteltaessa ja hankittaessa täytyisi ymmärtää mitä laitteilta halutaan, jotta hankintavai-

heessa voidaan kunnossapidolliset asiat huomioida järkevästi. Yhteenvetona määritelmistä voidaan todeta, että ne ovat pääosin toistensa kaltaisia ja niihin liittyvät seuraavanlaiset perusolettamukset:

- Kunnossapidon tavoite on, että kohde pysyy toimintakunnossa tai se korjataan toimintakuntoon.
- Kunnossapito käsittää varsinaisen tekemisen lisäksi kaikki toimenpiteisiin kuuluvat hallinnolliset ja johtamisen toimenpiteet. [5.]

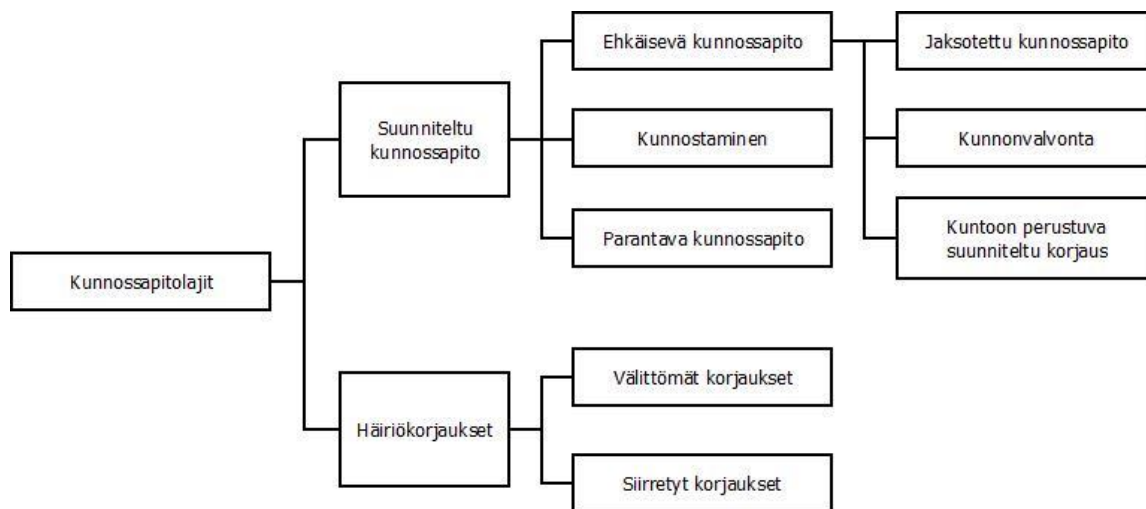
4.1 Kunnossapitolajit

SFS-EN 13306 -standardissa kunnossapitotoimenpiteet jaotellaan vian havaittavuuden mukaan. Vika tarkoittaa tilaa, jossa vaadittu toiminto jää kohteelta suorittamatta. Tämän mukaan ehkäisevä kunnossapito sisältää toimenpiteistä kaikki ne, jotka tehdään ennen kuin vika aiheuttaa pysähtymisen kohteessa. Kunnossapitolajit on esitetty standardin SFS-EN 13306 mukaisesti kuvassa 4. [8.]



Kuva 4. Kunnossapitolajit SFS-EN 13306

Standardissa PSK 7501 kunnossapitolajit jaotellaan hieman eri lailla sen mukaan, aiheutavatko ne tuotannossa häiriön vai ovatko ne suunniteltuja. Kunnossapitolajit on esitetty standardin PSK 7501 mukaisesti kuvassa 5. [9.]



Kuva 5. Kunnossapitolajit PSK 7501

Päivittäisessä kunnossapitotoiminnassa on tunnistettavissa viisi seuraavaa pääalajia:

- huolto
- ehkäisevä kunnossapito, joka käsittää myös jaksotetun kunnostamisen, kunnonvalvonnan, kuntoon perustuvan kunnossapidon sekä ennustavan kunnossapidon
- korjaava kunnossapito, joka käsittää myös kunnostamisen ja korjaamisen
- parantava kunnossapito
- vikojen sekä vikaantumisen selvittäminen. [7.]

4.1.1 Huolto

PSK 6201 -standardi määrittelee huollon seuraavasti:

Jaksotetun kunnossapidon toimenpide, joka sisältää kohteen tarkastamisen, säädön, puhdistamisen, rasvauksen, öljynvaihdon, suodattimen vaihdon ja muut vastaavat toimenpiteet [6].

Huollon tarkoitus on pitää yllä kohteen käyttöominaisuudet tai heikentyneen toimintakyvyn palauttaminen tai estetään syntymästä vaurioita. Määrävälein tehtävän jaksotetun huollon huoltoväli määräytyy käyttöajan tai -määrän mukaisesti. Huolto tehdään aina huolto-ohjelman mukaisesti ja siihen sisältyvät yleensä ainakin seuraavat toimenpiteet:

- tarkistus
- puhdistus
- voitelu
- öljyn sekä suodattimen vaihto
- kuluvien osien vaihtaminen
- sekä muita vastaavia toimenpiteitä. [7.]

4.1.2 Ehkäisevä kunnossapito

PSK 6201 -standardi määrittelee ehkäisevän kunnossapidon seuraavasti:

Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen [6].

SFS-EN 13306 -standardi määrittelee ehkäisevän kunnossapidon seuraavasti:

Määrätyin välein tai suunniteltujen kriteerien täytyessä pienennetään vikaantumisen mahdollisuutta tai kohteen toiminnan heikkenemistä [8].

Ehkäisevä kunnossapito sisältää keinoja, joilla voidaan seurata suorituskykyä tai parametreja halutussa kohteessa. Tarkoituksena on vikaantumisen vähentäminen tai estää/palauttaa toimintakyvyn heikkeneminen. Ehkäisevää kunnossapitoa voidaan tehdä säännöllisesti tai tarvittaessa. Kunnossapidon tehtäviä voidaan tulosten perusteella aika-tauluttaa sekä suunnitella. Ehkäisevä kunnossapito käsittää muun muassa seuraavia toimenpiteitä:

- tarkastaminen sekä toimintakunnon toteaminen
- määräysten mukaisuuden toteaminen

- testaaminen
- kunnonvalvonta sekä vikaantumistietojen analysointi
- käynninvalvonta.

Kunnonvalvontaa voidaan suorittaa kohteen ollessa käynnissä tai pysähdyksissä esimerkiksi seisokin aikana. Kunnonvalvonta paljastaa oireilevat viat tai sen avulla voidaan todeta, että kohde on toimintakunnossa. [7.]

4.1.3 Korjaava kunnossapito

PSK 6201 -standardi määrittelee korjaavan kunnossapidon seuraavasti:

Korjaavaa kunnossapitoa on häiriökorjaus, kunnostaminen ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus [6].

SFS-EN 13306 -standardi määrittelee korjaavan kunnossapidon seuraavasti:

Korjaava kunnossapito on kunnossapitoa, jota tehdään vian havaitsemisen jälkeen tavoitteena saattaa kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toiminnon [8].

Korjaavassa kunnossapidossa vikaantuva komponentti tai osa palautetaan käyttökuuntoon. Komponentin tai osan elinaika saadaan laskettua korjaavan kunnossapidon suorittamiseen kuluvien aikojen avulla. Korjaava kunnossapito käsittää häiriökorjaukset eli suunnittelemattomat tai kunnostukset eli suunnitellut korjaukset. Korjaava kunnossapito käsittää muun muassa seuraavia toimenpiteitä:

- vian määrittely sekä tunnistaminen
- vian paikantaminen
- korjaus tai väliaikainen korjaus
- toimintakunnon palauttaminen. [7.]

4.1.4 Parantava kunnossapito

PSK 6201 -standardi määrittelee parantavan kunnossapidon seuraavasti:

Parantavan kunnossapidon tarkoituksena on parantaa kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä muuttamatta kohteen toimintoa [6].

Parantavaan kunnossapitoon voidaan sisällyttää kolme pääryhmää. Ensimmäiseen pääryhmään kuuluvat kohteen komponenttien tai osien vaihdot uudempiin kuin alkuperäiset ilman, että suorituskyky varsinaisesti muuttuu. Toiseen pääryhmään kuuluvat erilaiset korjaukset ja uudelleensuunnittelut, joilla pyritään parantamaan epäluotettavuutta koneessa. Eli keskitytään muuttamalla konetta luotettavammaksi eikä keskitytä niinkään suorituskyvyn muuttamiseen. Kolmas pääryhmä käsittää modernisaatiot, joissa pyritään muuttamaan suorituskykyä kohteessa. Esimerkiksi uudistetaan vanha kone vastaamaan kilpailukykyä. [7.]

4.1.5 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei ole mielletty kunnossapitoon kuuluvaksi toiminnoksi eikä niitä käsitellä myöskään kunnossapidon standardeissa. Kuitenkin kansainvälisissä kunnossapitokonferensseissa on näiden menetelmien käytöstä esitetty useita menestyksellisiä esimerkkejä. Asiantuntijat ovatkin sitä mieltä, että vikaistorioiden ja riskianalyysien käyttö ovat eräitä tärkeimpiä ohjaavia voimia kunnossapidossa.

Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen perustuu vian perussyyn sekä vikaantumisprosessin selvittämiseen. Tuloksista nähdään, mitä toimenpiteitä voidaan tehdä, jotta vastaavaa vahinkoa ei syntyisi uudelleen. Menetelmiä vikojen ja vikaantumisen selvittämiseen ovat muun muassa:

- vika-analyysi
- perussyyn selvittäminen
- vikaantumispotentiaalin kartoitus/riskienhallinta
- materiaali- sekä suunnittelun analyysit. [7.]

4.2 Käyttövarmuus

Keskeisimpiä tavoitteita kunnossapidossa ovat korkea käyttövarmuus sekä tuotannon kokonaistehokkuus. Korkea käyttövarmuus kertoo toiminnan luotettavuudesta.

PSK 6201 -standardissa käyttövarmuus määritellään seuraavasti:

Käyttövarmuus on kohteen kyky olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa ja tietyllä ajan hetkellä tai tietyn ajanjakson aikana olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla [6].

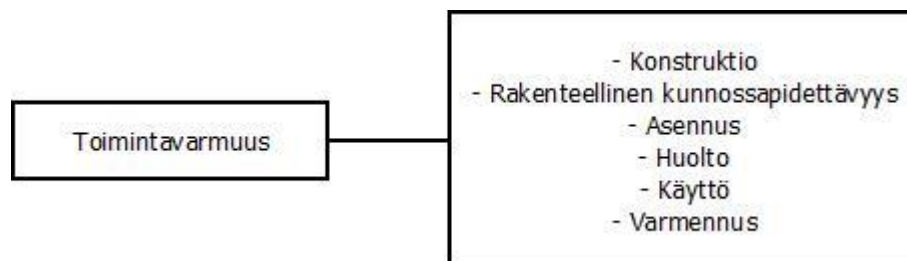
Käyttövarmuus ja tekijät jotka vaikuttavat siihen on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Käyttövarmuuteen vaikuttavat tekijät

4.2.1 Toimintavarmuus

Toimintavarmuus kuvaa, kuinka kohde suoriutuu vaaditusta toiminnosta, sille määrättyssä ympäristössä vaaditun ajanjakson. Tekijät, jotka vaikuttavat toimintavarmuuteen, on esitetty kuvassa 7. [7.]



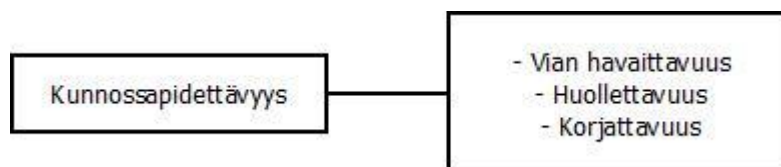
Kuva 7. Toimintavarmuuteen vaikuttavat tekijät

Alla toimintavarmuuteen vaikuttavat tekijät tarkemmin eriteltyinä:

- Konstruktio käsittää kaikki suunnitteluun liittyvät asiat.
- Rakenteelliseen kunnossapidettävyyteen sisältyy luokse päästävyys sekä vian haun ja korjauksen helppous.
- Asennus sisältää teknisen suorittamisen lisäksi kunnossapitosuunnitelmat, dokumentaatiot sekä kohteen luovutuksen ja käyttöön opastuksen.
- Huolto käsittää huollon toteutuksen lisäksi ennakoivan kunnossapidon.
- Käyttö sisältää osaamisen ja työturvallisuuden lisäksi koulutukset sekä motivaation.
- Varmennus sisältää saatavuuden sekä valintatavan. [7.]

4.2.2 Kunnossapidettävyyys

Kunnossapidettävyyys kuvaa sitä, millainen kyky kohteella on pysyä tilassa tai se pystytään palauttamaan tilaan, jossa se pystyy sille määrätyissä olosuhteissa toteuttamaan siltä vaaditun toiminnon. Tekijät, jotka vaikuttavat kunnossapidettävyyteen, on esitetty kuvassa 8. [8.]



Kuva 8. Kunnossapidettävyyteen vaikuttavat tekijät

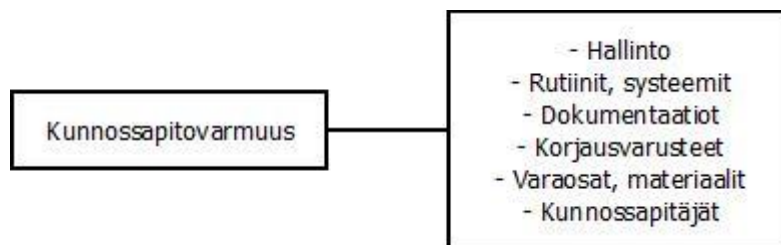
Alla tekijät tarkemmin eriteltyinä:

- Vian havaittavuus käsittää vian osoittamismahdollisuuden, testaukset, automaattisen kunnonvalvonnan sekä proaktiivisen toiminnan.
- Huollettavuus sisältää luontaisen kunnossapidettävyyden, laitestandardisoinnin, modulaarisuuden, luokse päästävyyden, reititettävyyden sekä ohjeistuksen.

- Korjattavuus sisältää varaosien ja dokumentaatioiden saatavuuden, luokse päästävyyden, purkamisen, kokoamisen, testauksen, säätämisen, standardityökalujen käyttämisen, työturvallisuuden sekä raportoinnin ja dokumentaatioiden päivityksen. [8.]

4.2.3 Kunnossapitovarmuus

Kunnossapitovarmuus kuvaa kunnossapito-organisaation kykyä käyttää oikeanlaisia tukitoimenpiteitä oikeassa paikassa, jotta kunnossapitotoimenpiteet saadaan suoritettua vaaditussa paikassa. Tekijät, jotka vaikuttavat kunnossapitovarmuuteen, on esitetty kuvassa 9. [8.]



Kuva 9. Kunnossapitovarmuuteen vaikuttavat tekijät

Alla tekijät tarkemmin eriteltyinä:

- Hallinto käsittää organisaation, avainhenkilöt, ohjausjärjestelmät mittareineen sekä toiminnanohjausjärjestelmät.
- Rutiineihin ja systeemeihin sisältyvät toimintaohjeet, kommunikointi ja yhteistyö kunnossapidon, käytön sekä mm. varaosien toimittajien välillä.
- Dokumentaatiot sisältävät piirustukset, ohjeet, vikahistoriat, sekä niiden saatavuuden ja ylläpidon.
- Korjausvarusteet sisältävät kaikki työkalut ja koneet sekä niiden sijainnit.
- Varaosat ja materiaalit käsittävät kaikki varaosat, materiaalit ja tarvikkeet sekä niiden sijainnit, saatavuuden ja logistiikan.
- Kunnossapitäjät käsittävät kunnossapitäjien määrän, sijainnin, tavoitettavuuden, ammattitaidon ja sen ylläpidon sekä kehittämisen, moniosaamisen ja motivaation. [8.]

5 Koneiden ja laitteiden kriittisyysluokitus

Koneiden ja laitteiden kriittisyysluokituksen tekemiseen on olemassa standardi PSK 6800. Se käsittelee kriittisyyttä ominaisuutena, joka kuvaa riskin suuruutta kohteessa. Riski voi liittyä turvallisuuteen, ympäristöön, tuotannon menetykseen tai muihin seurauksiin, jotka eivät ole hyväksyttäviä. *Riskin suuruudella tarkoitetaan vikaantumisen vaikutuksen ja sen toteutumisen todennäköisyyden tuloa* [10]. Kohde luokitellaan kriittiseksi, jos riski on kohteessa suurempi kuin sille asetettu hyväksyttävä taso. [5.]

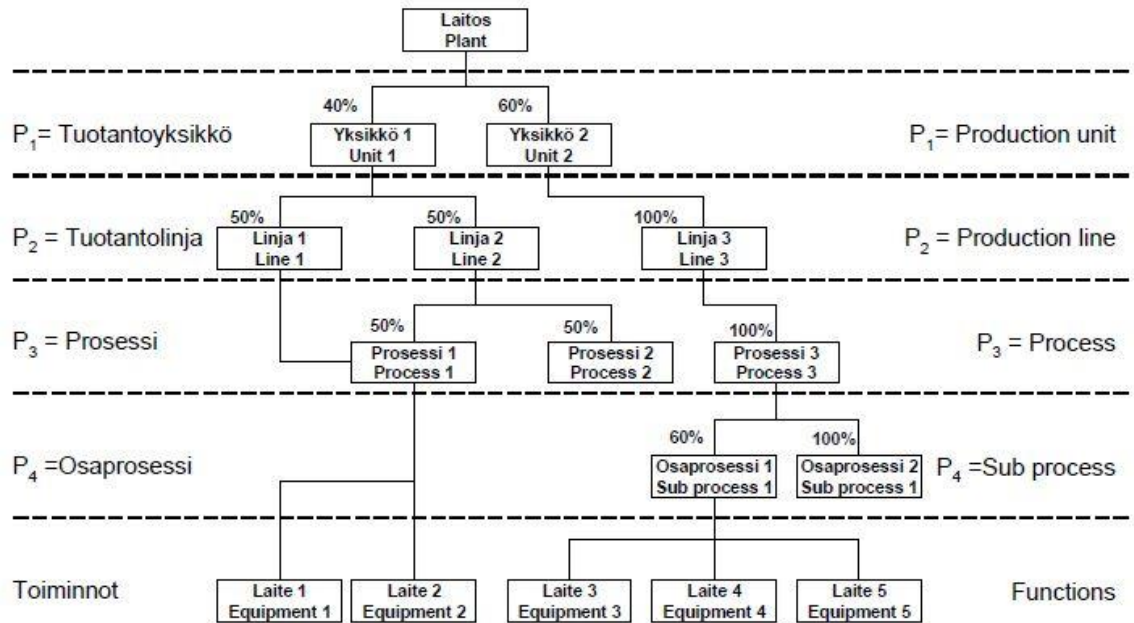
Kriittisyyskartoitusta käytetään kunnossapitosuunnitelman lähtötiedon tuottamiseen [10]. Kriittisyyskartoitusta voidaan myös esimerkiksi käyttää tukena hankintavaiheessa ominaisuuksia määriteltäessä kriittiselle laitteelle. Kriittisyyteen vaikuttavat tekijät laitteessa ovat turvallisuus- sekä ympäristövaikutukset, tuotantovaikutukset ja korjaus- tai seurauksustannukset. [5.]

5.1 Tuotannon menetyksen painoarvo ja sen määrittäminen

Prosessihierarkia ja sen vaikutus painoarvokertoimiin $P_1 \dots P_4$ on esitetty kuvassa 10. Painoarvokertoimet kuvaavat prosessitekniisten toimintojen riippuvuutta toisiinsa. Hierarkian malli on yleinen, ja sitä voidaan muokata alakohtaisesti tarvittaessa. Painoarvokertoimia käytetään laskettaessa tuotannon menetyksen painoarvo W_p . Painoarvokertoimet ositeetaan siten, että kriittinen laite saa painoarvoksi 100%. [10.]

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin W_p lasketaan kaavalla 1.

$$W_p = P_4 \times P_3 \times P_2 \times P_1 \quad (1) [10]$$



Kuva 10. Tuotannon vaikutuskertoimet [10]

Painoarvokerroin on laitoksella aina 100 %, joten sitä ei tarvitse huomioida.

Tuotantoyksikön painoarvokerroin P_1 on tuotantoyksiköiden suhteellinen osuus laitoksen koko tuotoksesta. Painoarvokertoimien summa on 100 %.

Tuotantolinjan painoarvokerroin P_2 on tuotantolinjojen suhteellinen osuus tuotantoyksikön koko tuotoksesta. Painoarvokertoimien summa on 100 % tuotantoyksikköä kohden.

Prosessin painoarvokerroin P_3 riippuu siitä, kuinka välttämätön prosessin lähtövirta on sen palvelemilleen kohteille. Esimerkiksi kun prosessi pysäyttää tuotantolinjan, niin silloin painoarvokerroin on 100 %.

Osaprosessin painoarvokerroin P_4 riippuu siitä, kuinka välttämätön osaprosessi on sen palvelemilleen kohteille. Esimerkiksi osaprosessin pysäyttäessä prosessin tai tuotantolinjan, niin silloin painoarvokerroin on 100 %. [10.]

5.2 Kriittisyyden arviointi

Ruvettaessa tekemään kriittisyyden arviointia, täytyy ensimmäisenä määritellä tarkastelun laajuus. Eli tehdäänkö arviointi koko tehtaaseen, tietylle osastolle vai johonkin erik-

seen rajattuun kohteeseen. Jos tarkastellaan laajaa kokonaisuutta, voidaan tarpeen mukaan määrittellä tuotannon menetykselle osastokohtainen painoarvo. Silloin kriittisyyskerroimia määriteltäessä voidaan huomioida erot osastojen välillä. Kriittisyysanalyysi laitekohtaisesti tehdään työryhmäarviointina eri tekijöiden pohjalta. PSK 6800 -standardissa seuraavat tekijät vaikuttavat kriittisyyteen: [5.]

- vikaväli
- turvallisuusvaikutukset
- ympäristövaikutukset
- tuotannon menetys
- lopputuotteen laatukustannus
- korjauskustannus. [5.]

Kriittisyysindeksi K lasketaan kaavalla 2.

$$K = p (W_s M_s + W_e M_e + W_p M_p + W_q M_q + W_r M_r) \quad (2) [10]$$

missä:

p on vikaväli

W_s on painoarvo ja M_s on kerroin turvallisuusriskille

W_e on painoarvo ja M_e on kerroin ympäristöriskille

W_p on painoarvo ja M_p on kerroin tuotannonmenetykselle

W_q on painoarvo ja M_q on kerroin laatukustannuksille

W_r on painoarvo ja M_r on kerroin korjauskustannuksille

Taulukossa 2 esitetään kertoimet ja painoarvot tarkemmin. Esitetyt painoarvot taulukossa 2 ovat esimerkinomaisia. Kriittisyysluokittelua alettaessa tekemään on arvioitava, ovatko painoarvot sopivia sellaisenaan tehtävään kohteeseen vai täytyykö niitä muuttaa. [5.]

Taulukko 2. Laitetason kriittisyyden tekijät [10]

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

Kriittisyysarvioinnin tekeminen yhteenvedona:

1. Määritellään tarkasteltava kohde.
2. Määritellään tuotannon menetyksen painoarvo W_p .
3. Arvioidaan taulukossa 2 annettujen painoarvojen sopivuus kyseiseen kohteeseen.
4. Listataan tarkasteltavat laitteet standardin mukaiseen taulukkolaskentaohjelmaan.
5. Valitaan taulukosta 2 käytettävät kertoimet tarkasteltaville laitteille.
6. Taulukkolaskentaohjelma laskee kriittisyysindeksin sekä osaindeksit laitteille.

7. Kriittisyysluokittelu suoritetaan lopuksi järjestelmällä laitteet järjestykseen kriittisyysindeksin mukaisesti. [10.]

5.3 Laitteen kriittisyyden painoarvot

Standardin PSK 6800 määritelmät painoarvoista ovat esimerkinomaisia. Painoarvoja voi kuitenkin käyttää, jos ne ovat sopivia tehtävään kohteeseen. Taulukossa 3 ovat vikaantumisvälin kertoimet ja selitykset kertoimille. [10.]

Taulukko 3. Vikaantumisväli [10]

Kerroin	Vikaantumisväli
1	yli 5 vuotta
2	2 - 5 vuotta
4	0,5 - 2 vuotta
8	alle 0,5 vuotta

5.3.1 Turvallisuusriskit

Turvallisuusriskillä tarkoitetaan sellaista vaaran mahdollisuutta, jolla voi olla haittaa henkilön terveydelle. Taulukossa 4 ovat turvallisuusriskien kertoimet ja selitykset kertoimille. Turvallisuuden kriittisyysindeksi K_s lasketaan kaavalla 3.

$$K_s = p \times (W_s \times M_s) \quad (3) [10]$$

Taulukko 4. Turvallisuusriskit [10]

Kerroin	Turvallisuusriski
0	Ei turvallisuusriskiä. Laitteen vikaantuminen ei aiheuta loukkaantumis- tai terveysvaaraa.
2	Vähäinen turvallisuusriski. Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa lievän loukkaantumisen tai sairastumisen.
4	Kohtalainen turvallisuusriski. Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa vakavan sairastumisen tai loukkaantumisen, josta jää pysyvä haitta.
8	Merkittävä turvallisuusriski. Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolonuhrin.
16	Vakava turvallisuusriski. Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolonuhrin ja vakavan vaaratilanteen tehtaassa ympäristössä.

5.3.2 Ympäristöriskit

Ympäristöriskillä tarkoitetaan sellaista ympäristön saastumisen mahdollisuutta, joka kohdistuu joko laitosalueelle tai sen ulkopuolelle. Taulukossa 5 ovat ympäristöriskien kertoimet ja selitykset kertoimille. Ympäristön kriittisyysindeksi K_e lasketaan kaavalla 4.

$$K_e = p \times (W_e \times M_e) \quad (4) [10]$$

Taulukko 5. Ympäristöriskit [10]

Kerroin	Ympäristöriski
0	Ei ympäristöriskiä. Laitteen vikaantuminen ei aiheuta ympäristön saastumisen vaaraa.
2	Vähäinen ympäristöriski. Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa ympäristön likaantumista laitosalueella.
4	Kohtalainen ympäristöriski. Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa paikallista laitosalueen saastumista.
8	Merkittävä ympäristöriski. Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa laitosalueen ja lähiympäristön saastumista.
16	Vakava ympäristöriski. Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa saastumista laitosalueella ja laajalla alueella sen ympäristössä, jonka korjaaminen vaatii suuria taloudellisia panostuksia ja palauttaminen voi kestää useita vuosia.

5.3.3 Tuotannon menetys

Tuotannon menetyksellä tarkoitetaan sellaista suunnittelematonta seisokkia, jolla on menetetty tuotantoaika. Menetetty tuotantoaika kasvattaa suhteessa kerrointa. Taulukossa 6 ovat tuotannon menetyksen kertoimet ja selitykset kertoimille. Tuotannon menetyksen kriittisyysindeksi K_p lasketaan kaavalla 5.

$$K_p = p \times (W_p \times M_p) \quad (5) [10]$$

Taulukko 6. Tuotannon menetys [10]

Kerroin	Tuotannon menetys
0	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle.
1	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi. Esimerkiksi alle 3 tuntia.
2	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi. Esimerkiksi alle 10 tuntia.
3	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi. Esimerkiksi 10 - 24 tuntia.
4	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi. Esimerkiksi yli 24 tuntia.

5.3.4 Laatukustannus

Laatukustannuksilla tarkoitetaan sellaisia ylimääräisiä kustannuksia, jotka aiheutuvat toimenpiteistä, joilla tuotteen laatu saadaan alkuperäiselle tasolle tai laaturvirheen takia tuote täytyy myydä halvemmalla. Menetetty laitoksen tuotantoaika kasvattaa suhteessa kerrointa. Taulukossa 7 ovat laatukustannusten kertoimet ja selitykset kertoimille. Laatukustannusten kriittisyysindeksi K_q lasketaan kaavalla 6.

$$K_q = p \times (W_q \times M_q) \quad (6) [10]$$

Taulukko 7. Laatukustannukset [10]

Kerroin	Laatukustannus
0	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.
1	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä. Esimerkiksi alle 1 tunti.
2	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä. Esimerkiksi alle 3 tuntia.
3	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä. Esimerkiksi 3 - 8 tuntia.
4	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä. Esimerkiksi yli 8 tuntia.

5.3.5 Korjaus- tai seurauskustannukset

Korjauskustannuksia muodostuu laitteen vikaantuessa ja seurauskustannuksia silloin, kun vikaantuminen aiheuttaa vaurioita laitteessa tai jossain toisessa laitteessa ilmenee vika. Menetetty laitoksen tuotantoaika kasvattaa suhteessa kerrointa. Taulukossa 8 ovat korjaus- tai seurantakustannusten kertoimet ja selitykset kertoimille. Kriittisyysindeksi K_r lasketaan kaavalla 7.

$$K_r = p \times (W_r \times M_r) \quad (7) [10]$$

Taulukko 8. Korjaus- tai seurauskustannukset [10]

Kerroin	Korjaus- tai seurauskustannukset
0	Korjaus- tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.
1	Vähäiset korjaus- tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä. Esimerkiksi alle 2 tuntia.
2	Keskinkertaiset korjaus- tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä. Esimerkiksi alle 10 tuntia.
3	Korkeat korjaus- tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä. Esimerkiksi alle 10 - 24 tuntia.
4	Korkeat korjaus- tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä. Esimerkiksi yli 24 tuntia.

6 Vika- ja vaikutusanalyysi

Vika- ja vaikutusanalyysillä (VVA) yleensä määritellään toiminnalliset viat ja mitkä ovat niiden vaikutukset sekä seuraukset. Vika- ja vaikutusanalyysi on analysointimenetelmä, jolla pyritään tunnistamaan sellaiset viat, jotka ovat merkittäviä vaikutukseltaan kohteen suorituskykyyn. Vika- ja vaikutusanalyysistä nähdään vikojen vaikutukset ja seuraukset tarkasteltavassa kohteessa. Vika- ja vaikutusanalyysiä tehtäessä on muistettava tietoa kerättyä vaatimukset, jotka kuntoon perustuvassa kunnossapidossa on. Vioittumistapoja tarkasteltaessa täytyy myös pystyä ennustamaan mahdollisesti tulevia vikoja ja niiden vioittumistapoja. Vika- ja vaikutusanalyysiä tehtäessä avainasemassa ovat laitteen kanssa tekemisissä olevat henkilöt. Heiltä löytyy tietoa laitteen vioista ja niiden seurauksista sekä miten korjata tai ennaltaehkäistä vikoja. [5.]

6.1 Vika- ja vaikutusanalyysin käyttötapa

Vika- ja vaikutusanalyysiä käyttämällä saavutetaan useita etuja, joista muutamia on lueteltuna seuraavaksi.

- Saadaan tunnistettua sellaisia vikoja, joilla on merkittäviä seurauksia tai eivät ole hyväksyttäviä esiintyessään yksin.
- Auttaa korvaavien komponenttien, osien, laitteiden ja materiaalien määrittämisessä.
- Vikojen vakavat seuraukset tunnistetaan ja täten esimerkiksi lisätään tarkastuksia.
- Tukee toimenpiteitä, jotka liittyvät käyttöön. Esimerkiksi suunnittelua, miten vikoja ja niiden seurauksia voitaisiin ennalta ehkäistä.
- Analysoijan tiedot ja ymmärtäminen syvenee tutkittavasta laitteesta.
- Lähestymistapa laitteiden tutkimiseen on järjestelmällinen ja täsmällinen.
- Saadaan keskitettyä huomio sellaisille alueille ja laitteille, joilla valvonnan tarve on suuri. [11.]

6.2 Vikaantumismallit

Vikatilanteen aiheuttaa vikaantuminen, joka on tapahtuma. Tapahtuma vaikuttaa haitallisesti suorituskykyyn tarkasteltavassa järjestelmässä tai komponentissa. Vikaantumismalliksi sanotaan mekanismeja, josta seuraa vikaantuminen. Vikaantumismallia määriteltäessä informaatiota täytyy olla riittävästi, jotta kohteen kannalta oikea kunnossapidon strategia voidaan valita, joko korjaava tai kuntoon perustuva kunnossapidon strategia. Kuitenkaan informaatiota ei ole hyväksi olla todella suurta määrää, koska tällöin kasvaa aika, joka kuluu analyysiprosessiin. Lähtiessä kartoittamaan vikaantumismalleja, on helpointa listata ensimmäiseksi erilaiset toiminnalliset viat. Sen jälkeen voidaan listata vikaantumismallit, jotka aiheuttavat vikatilanteita. [5.]

Perusedellytys kunnossapitotoiminnassa on tuntea vikaantumismallit. Vikaantuminen voi tapahtua yksittäisessä laitteessa monin eri tavoin. Esimerkiksi tuotantolinjastossa vikaantumisen mahdollisuuksia on satoja ja laitostasolla jo tuhansia. Useissa tapauksissa havaitaan vikaantuminen vasta kohteen vikaannuttua. Silloin kunnossapidon tehtävä on aiheutuneiden vaurioiden korjaus. Vikaantumisten ennaltaehkäisyssä sekä suunnitelluissa korjauksissa ennen vikaantumista on vikaantumismallien tuntemus ja analysointi tärkeässä asemassa. Näin saadaan kunnossapitotoimet suunnattua oikein ja ennaltaehkäistyä varsinkin sellaisia vikoja, joilla on vakavia seuraamuksia. [5.]

Kunnossapitostrategia valitaan vikaantumismallien mukaan ja kunnossapito suunnitellaan laitteelle vikaantumismallien tasolla. Ensimmäiseksi vikaantumismalli tunnistetaan ja sen jälkeen vaikutukset arvioidaan ja päätetään, mitä tilanteessa voidaan tehdä vian tunnistamisen, estämisen, ennaltaehkäisyyn tai korjaamisen suhteen. Pumppuryhmän vioittumistapoja ja niihin perustuvat kunnossapitotoimet on esitetty taulukossa 9. [5.]

Taulukko 9. Vikaantumistapoja pumppuryhmässä [5]

Vikaantumistapa	Korjaava toimenpide
Juoksupyörä kuluu loppuun.	Vaihdetaan juoksupyörä ennen eliniän loppua.
Ulkoisen esine jumittaa juoksupyörän.	Asennetaan suodatin imukanavaan.
Juoksupyörä irtoaa (asennusvirhe).	Asennuskoulutus

Vikaantumismalleista yksi tärkein on kuluminen ja se onkin ainoa joidenkin näkemysten mukaan. Vikaantumisista kuitenkin suuri osa johtuu käyttö- ja suunnitteluvirheistä. Tästä johtuen vika- ja vaikutusanalysissä täytyy huomioida kaikki vikaantumistavat, koska siten kunnossapitostrategiasta saadaan suunniteltua kattava. Seuraavaksi on esitelty kolme luokkaa, joihin vikaantumismallit voidaan jaotella.

1. Suoritustaso laitteessa laskee alapuolelle haluttua tasoa.
2. Haluttu taso nousee laitteen suoritustason yläpuolelle.
3. Asetetut vaatimukset eivät täyty laitteen toiminnassa. [5.]

6.3 Analyysitaso

Valittaessa laitteelle kunnonvalvontastrategiaa analyysin taso on oikea, kun vioittumistavat tunnistetaan ja sitä kautta strategia saadaan valittua. Oikea taso analyysissä vaihtelee ja onkin aina tapauskohtainen. Yleisesti ottaen laajempaa analyysiä tarvitsevat kohteet, joissa kunnossapidon edellytetään olevan ennakoivaa ja kohteissa, jotka vian tapahtumisen jälkeen korjataan, riittää suppeampi analyysi. Analyysin oikean tason löytämiseksi täytyy tuntea laite hyvin ja sen toiminta, sekä myös analyysin teosta täytyy olla kokemusta. Taulukossa 10 on esitetty vikaantumistapoja pumppuryhmässä eri tasoilla. [5.]

Taulukko 10. Vikaantumistapoja pumppuryhmässä eri tasoilla [5]

Taso 1	Taso 2	Taso 3	Taso 4	Taso 5	Taso 6	Taso 7
Pumppuryhmä vikaantuu.	Pumppu vikaantuu.	Juoksupyörä vikaantuu.	Juoksupyörä irtoaa.	Kiinnitysmutteri kiristämättä.	Kiinnitysmutteri kiristetty väärin.	Asennusvirhe
				Mutteri murtunut.	Mutteria kiristetty liikaa.	Asennusvirhe
		Runko murtunut.	Rungon pultit irronneet.	Pultit kiristämättä.	Asennusvirhe	

7 Kriittisyysluokituksen suoritus

Kriittisyysluokitus suoritettiin PSK 6800 -standardin mukaisesti. Standardin sisältämä lomakepohja on esitetty liitteessä 1. Standardissa arvioidaan kriittisyyttä henkilöturvallisuuden, ympäristövaikutusten ja taloudellisten vaikutusten näkökulmista. [10.]

Kriittisyysluokituksen ensimmäinen tehtävä oli listata kriittisyysluokiteltavat varaosat standardin tarjoamalle lomakkeelle. Varaosia lähdettäessä valikoimaan ensimmäiseksi täytyi varaosalista Maximo-kunnossapitojärjestelmästä muuttaa Excel-taulukkomuotoon. Seuraavaksi kriittisyysluokitteluun mukaan otettavat varaosat listattiin lomakkeelle yhteistyössä liikkuvan kaluston kunnossapitopäällikön kanssa. Varaosia pintajyrsimessä on todella paljon, ja niistä poimittiin lomakkeelle 18 kappaletta varaosia havaittujen kokemusten perusteella siitä, mitkä ovat kriittisiä varaosia. Lomake varaosista on esitetty liitteessä 2.

7.1 Tuotannon menetyksen ja vikaantumisvälin painoarvokertoimien määrittäminen

Tuotannon menetyksen painoarvokertoimen määrittäminen oli melko yksinkertaista. Pintajyrsimen kriittisyysluokitteluun mukaan otetut varaosat ovat kaikki sellaisia, että ne pysäyttävät tuotannon vikaantuessa. Joten tuotannon menetyksen painoarvokerroin sai arvoksi 100.

Vikaantumisvälin määrittämisessä oli helpointa käyttää varastotapahtumia. Eli katsoa Maximo-kunnossapitojärjestelmästä, milloin varaosa on vähennetty varastosta. Varastotapahtumista näkyi myös työtilausnumero, josta voi katsoa, miksi varaosa oli vaihdettu. Vikaantumisvälin määrittäminen vikatietojen perusteella olisi ollut työlästä, eikä vikatiedoista olisi voinut olla täysin varma, onko varaosa varmasti ollut viallinen vai ei. Kuvassa 11 on esitetty Maximo-kunnossapitojärjestelmän varastotapahtumat oikean takatelan vähennyksistä pintajyrsimiin. Varastotapahtumista näkyy myös käyttöpaikka, mille pintajyrsimelle telat on vähennetty. Kun vikaantumisväli oli määritelty, niin painoarvokertoimen määrittämisessä käytettiin suoraan standardin PSK 6800 tarjoamia määritelmiä, jotka on esitetty aiemmin taulukossa 3.

Tarkastele varastotransaktioita

Vastaanotot ja siirrot Toimitukset ja palautukset Säädöt

Toimitukset ja palautukset Suodatin 1 - 10/17

Transaktion laji	Todellinen päivämäärä	Transaktion päivämäärä	Määrä	Yksikkökustannus	Todelliset kustannukset	Rivikustannus	Työtilaus	Käyttöpaikka
ISSUE	25.7.2017 18:42	25.7.2017 18:42	-1,00				11410410	365JRS0001
ISSUE	18.10.2016 8:51	18.10.2016 8:51	-1,00				9425526	365JRS0001
ISSUE	21.3.2016 12:14	21.3.2016 12:14	-1,00				7887974	365JRS0001
ISSUE	24.3.2017 6:09	24.3.2017 6:09	-1,00				10479055	365JRS0001
ISSUE	31.10.2017 10:1	31.10.2017 10:1	-1,00				12051683	365JRS0001
ISSUE	10.3.2017 8:06	10.3.2017 8:06	-1,00				10407209	365JRS0002
ISSUE	27.10.2017 7:40	27.10.2017 7:40	-1,00				11921006	365JRS0002
ISSUE	10.7.2017 8:20	10.7.2017 8:20	-1,00				11301114	365JRS0002
ISSUE	14.8.2017 10:37	14.8.2017 10:37	-1,00				11539107	365JRS0003
ISSUE	5.3.2018 8:50	5.3.2018 8:50	-1,00				13068894	365JRS0003

Kuva 11. Pintajyrsimen oikean takatelan varastotapahtumat

7.2 Painoarvokertoimien määrittäminen riskeille sekä muille tekijöille

Turvallisuus- ja ympäristöriskien, tuotannon menetyksen, lopputuotteen laatukustannusten ja korjauskustannusten painoarvokertoimien määrittämisessä käytettiin myös suoraan standardin tarjoamia määritelmiä, jotka on esitetty aiemmin taulukoissa 4, 5, 6, 7 ja 8.

Kunnossapitoon liittyen turvallisuusriskejä jyrsimissä on vähän, jotka nousivat esille, liittyvät lähinnä öljyyn, jäähdytinnesteeseen tai kuumiin pintoihin.

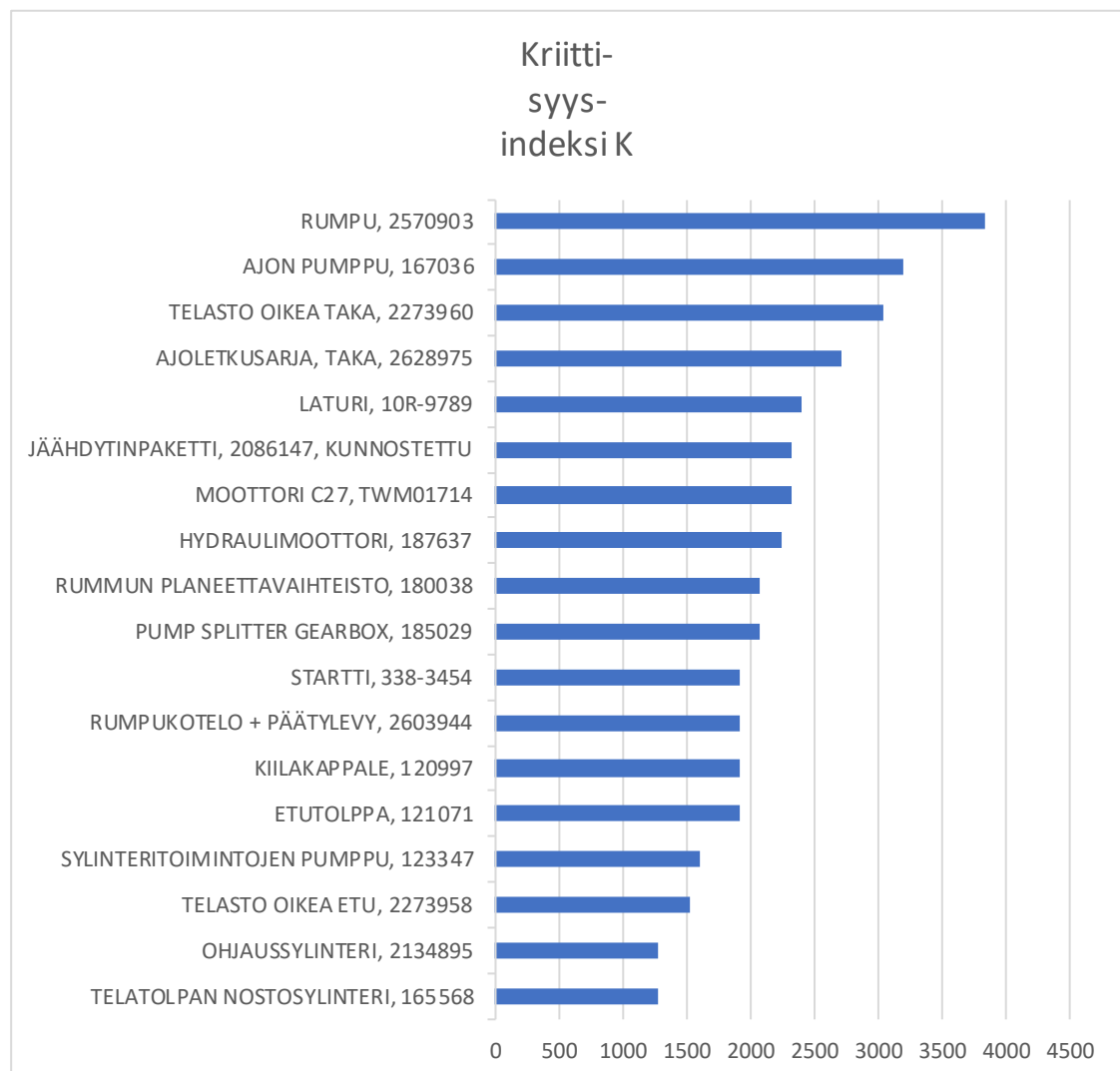
Pintajyrsimissä ympäristölle suurimpana riskinä ovat öljyvuodot. Öljyvuodot voivat aiheuttaa ympäristön likaantumista lievästi.

Tuotannon menetyksen ja korjauskustannusten painoarvokertoimien määrittämisessä käytettiin hyödyksi Maximo-kunnossapitojärjestelmää, josta työtilauksista näkyi aika, joka oli mennyt korjauksiin ja saman ajan pintajyrsin on myös tietysti ollut pysähdyksissä, eikä tuotantoa ole tapahtunut.

Laatukustannuksia pintajyrsimessä ei ole, koska millään komponentin vikaantumisella ei ole vaikutuksia lopputuotteen laatuun.

7.3 Kriittisyysluokituksen tulokset ja niiden tarkastelu

Kriittisyysluokituksen tuloksena saatiin taulukkolaskentaohjelmalla tehty kriittisyyslajittelu, jossa varaosat on järjestetty kriittisyysindeksin mukaiseen järjestykseen. Tuloksena saatu varaosien kriittisyyslajittelu on esitetty kuvassa 12. Lajittelun tulos käytiin liikkuvan kaluston kunnossapitopäällikön kanssa läpi ja todettiin onnistuneeksi. Varaosien kriittisyyteen pintajärsimessä vaikuttavat paljon varaosan vaihtoväli sekä miten kauan varaosan vaihdossa menee. Kriittisyysluokituksen lomakkeessa on laskettu osaindeksit jokaiselle kriittisyyteen vaikuttavalle tekijälle, ja niistä huomaa selvästi, että tuotannon menetys on vikavälin kanssa suurin kriittisyyteen vaikuttava tekijä. Esimerkiksi ensimmäisenä olevan rummun vaihtoväli on aika tiheä sekä vaihtamiseen käytetään kohtuullisen paljon työtunteja. Lopuksi kriittisyyden raja-arvoksi määriteltiin 2400, jolloin varaosien määräksi tuli 5 kappaletta, joita tarkasteltiin lähemmin vika- ja vaikutusanalysissä.



Kuva 12. Varaosien kriittisyyslajittelu

8 Vika- ja vaikutusanalyysin suoritus

Vika- ja vaikutusanalyysin suorittamisessa käytettiin lomakepohjaa, joka on jo aiemmin ollut käytössä Terrafamalla. Lomakepohja on esitetty liitteessä 3. Lomakkeelle lähdettiin kokoamaan kriittisyysluokituksesta määritetyn raja-arvon korkeammat pisteet saaneet varaosat, joita oli 5 kappaletta. Esimerkkinä yhtenä varaosana oli ajoletkusarja. Seuraavaksi ajoletkusarjasta eriteltiin lomakkeelle rakenneosat, joita oli liitin ja itse letku. Sama rakenneosien erittely käytiin jokaiselle viidelle varaosalle.

8.1 Vikaantumismuodot

Rakennesien erittelyn jälkeen ruvettiin miettimään jokaiselle rakennesalle mahdollisia vikaantumismuotoja ja niiden seurauksia. Vikaantumismuotoja saattoi tulla yhdelle rakennesalle useita, ja ne täytyi käsitellä kaikki erikseen. Esimerkkinä letku, joka voi kulua joko ulko- tai sisäpuolelta. Myös vikaantumisen vakavuus arvioitiin kertoimella yhdestä viiteen. Vian vakavuuden kertoimet ja selitykset on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Vian vakavuuden kertoimet sekä niiden selitykset

Kerroin	Vakavuuden selite
1	Pieni, käyttäjät eivät välttämättä havaitse vikaantumista.
2	Pienuhkö, aiheuttaa hieman prosessiongelmia esimerkiksi alentuneena tuottona.
3	Keskisuuri, aiheuttaa prosessin epäkäytettävyyttä tai laadullista ongelmaa.
4	Suuri, aiheuttaa suorituskyvyn romahtamisen, tuotannon väliaikainen katkeaminen.
5	Erittäin suuri, aiheuttaa välittömän alasajon tai henkilöriskin.

8.2 Vikaantumisen syyt

Kun vikaantumismuodot ja niiden seuraukset sekä vakavuus saatiin käsiteltyä, ruvettiin miettimään mahdollisia vikaantumisen syitä. Siihen kuului pohdintaa, mistä vika aiheutuu,

onko esimerkiksi letku vikaantunut mekaanisen hankautumisen vuoksi ja kuinka ennaltaehkäistä hankauksesta johtuvaa vikaantumista sekä kuinka usein vika esiintyy. Vian esiintyminen arvioitiin kertoimella yhdestä viiteen ja arvioinnissa käytettiin apuna kriittisyysluokittelussakin käytettyä vikaväliä. Vian esiintymisen kertoimet ja selitykset on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Vian esiintymisen kertoimet sekä niiden selitykset

Kerroin	Esiintymisen selite
1	Vika toistuu harvemmin kuin 5 vuoden välein.
2	Vika toistuu 2 - 5 vuoden välein.
3	Vika toistuu 1 - 2 vuoden välein.
4	Vika toistuu 3 - 12 kk välein.
5	Vika toistuu useammin kuin 3 kk välein.

Myös vian havaitseminen kuului tarkasteltaviin asioihin. Esimerkkinä rummun kuluminen on helposti havaittavissa silmämääräisesti. Vian havaittavuus arvioitiin vielä kertoimella yhdestä viiteen. Vian havaittavuuden kertoimet ja selitykset on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Vian havaittavuuden kertoimet ja niiden selitykset

Kerroin	Havaittavuuden selite
1	Vika on helppo havaita aistihavainnoin.
2	Vian pystyy havaitsemaan kunnonvalvonnan apuvälinein esimerkiksi lämpökameralla.
3	Vian pystyy havaitsemaan koneen vikadiagnostiikan avulla tai öljynäyteanalyysien perusteella.
4	Vikaantumisen havaitseminen hankalaa, vian voi havaita ainoastaan pysäyttämällä laitteen.
5	Vikaantumista ei voi havaita, joko suojarakenne estää havaitsemisen tai vika kehittyy nopeasti.

Lopuksi kun vikaantumismuodot ja syyt käsiteltiin sekä vakavuudelle, esiintymiselle ja havaittavuudelle saatiin arvioitua kertoimet, taulukkolaskentaohjelma laski RPN-arvon (Risk priority number). Eli mitä suurempi arvo, sitä tärkeämpi olisi kyseiseen vikaan puuttua, jotta RPN-lukua saataisiin pienennettyä.

8.3 Vika- ja vaikutusanalyysin tulokset ja niiden tarkastelu

Vika- ja vaikutusanalyysissä käsiteltiin viiden varaosan vikaantumismuotoja ja vikaantumisen syitä sekä käytiin läpi toimenpiteitä vikaantumisen ehkäisemiseksi. Analyysissä on käyty läpi tärkeimpiä vikaantumismuotoja sekä niiden aiheuttajia. Kuvassa 13 on esitetty analyysissä käsitelty ajoletkun rakenneosan yksi vikaantumismuoto sekä vikaantumisen syy. Kyseiselle vialle laskettu RPN-arvo oli tässä vaiheessa 20.

Potentiaaliset vikaantumismuodot			Potentiaaliset vikaantumisen syyt					
Potentiaalinen vikaantumismuoto	Vikaantumisen seuraukset	Vakavuus (S)	Vian aiheuttaja/vikaantumismekanismi	Esiintymisen (O)	Vian ennaltaehkäisy	Vian havaitseminen	Havaittavuus (D)	RPN
Letkun kuluminen ulkopuolelta	Öljyvuoto	4	Hankautuminen	5	Säännöllinen tarkistus	Vian voi havaita silmämääräisesti	1	20

Kuva 13. Ajoletkun potentiaalinen vikaantumismuoto sekä vikaantumisen syy

Vika- ja vaikutusanalyysissä käsiteltiin ajoletkun vialle myös suositellut toimenpiteet-osi, joka on esitetty kuvassa 14. Tämän osion tarkoituksena oli miettiä kyseiselle vialle suositeltuja toimenpiteitä sekä niiden vaikutuksia uuden RPN-arvon muodossa. Tuloksista käy ilmi, että vian vakavuus ja havaittavuus eivät muutu suositeltujen toimenpiteiden vuoksi, mutta vian esiintyminen harventuisi mahdollisesti ja uusi RPN-arvo olisi silloin 16.

Huom! Tämä on vain ennuste! Toimenpiteiden vaikutukset						
Suosittelut toimenpiteet	Suorittaja (tuotanto/Kupi)	Vakavuus	Esiintymisen	Havaittavuus	Uusi RPN	
Säännöllinen tarkistus sekä mahdollinen letkun suojaus	Kupi	4	4	1	16	

Kuva 14. Ajoletkun vikaantumista ehkäisevät suositellut toimenpiteet

Kaikille vika- ja vaikutusanalyysissä mukana olleille varaosille ja niiden rakenneosille käsiteltiin ajoletkun mukaisesti potentiaaliset vikaantumismuodot sekä vikaantumisen syyt,

joista saatiin tietty RPN-arvo. Seuraavaksi käsiteltiin vikaantumisen ehkäisemiseksi suositellut toimenpiteet, joista saatiin tuloksena uusi RPN-arvo, jonka tarkoituksena oli laskea suositeltujen toimenpiteiden vaikutuksesta. Varaosille toteutettu vika- ja vaikutusanalyysi kokonaisuudessaan on esitetty liitteessä 4.

Vika- ja vaikutusanalyysi käytiin kokonaisuudessa läpi liikkuvan kaluston kunnossapitopäällikön kanssa ja todettiin onnistuneeksi. Suositeltujen toimenpiteiden lopullisia vaikutuksia vikaantumisen ehkäisemiseksi ei tässä vaiheessa voi vielä arvioida, vaan vaikutukset sekä käyttövarmuuden mahdollinen paraneminen näkyvät vasta myöhemmin. Suurimmalla osalla varaosista on jo olemassa hyvin toimiva kunnossapito-ohjelma, joten kaikille varaosista ei tule juurikaan muutoksia käydyin vika- ja vaikutusanalyysin toimesta. Esimerkkinä rumpu, joka sai kriittisyysluokittelusta suurimmat pisteet. Rummulla on jo olemassa kattava kunnossapito-ohjelma. Rummun kuntoa seurataan säännöllisillä tarkastuksilla sekä rummun käyttötunteja myös seurataan.

9 Yhteenveto

Tämä opinnäytetyö on tehty Terrafame Oy:n liikkuvan kaluston kunnossapidon toimeksiannosta. Opinnäytetyö kohdistui pintajyrtimeen, joka toimii kasanpurussa bioliuotuska-soilla. Työn tuloksena saatiin pintajyrtimeelle varaosien kriittisyysluokitus sekä vika- ja vaikutusanalyysi kriittisille varaosille. Yrityksessä on muilla kunnossapidon osastoilla tehty jo aiemmin kriittisyysluokittelua sekä siihen liittyen vika- ja vaikutusanalyysiä kriittisille komponenteille.

Teoriaa työssä on esitelty työhön liittyen tärkeimmistä asioista. Yrityksestä on kerrottu lyhyesti ja pintajyrtimeen on myös esitelty lyhyesti. Kunnossapidon teorian osalta tiedonhaun vaiheessa huomasi, että kunnossapidosta ei ole paljoa kirjallisuutta suomen kielellä saatavilla ja varsinkin liikkuvaan kalustoon liittyen ei juuri ollenkaan. Kunnossapidon periaatteet ovat kuitenkin pääsääntöisesti samanlaisia, oli kyseessä tehdasprosessi tai pintajyrtimeen.

Kriittisyysluokittelua sekä vika- ja vaikutusanalyysiä tehtäessä yhteistyö liikkuvan kaluston kunnossapitopäällikön kanssa oli yksi tärkeimpiä tekijöitä onnistuneen lopputuloksen saamiseksi. Kunnossapitopäällikön kokemus pintajyrtimeen kunnossapidosta auttoi kriittisyysluokitteluun mukaan otettavien varaosien valinnassa ja ilman sitä olisi tehtävä ollut todella haastava. Pintajyrtimeessä on Terrafamen varastossa noin 400 nimikettä varaosia, ja siinä ei ole läheskään kaikkia varaosia, jotka pintajyrtimeen sisältää. Kriittisyysluokitteluun otettiin lopuksi mukaan havaittujen kokemusten perusteella 18 kappaletta varaosia ja niille tehtiin kriittisyysluokitus.

Vika- ja vaikutusanalyysiin päätyi kriittisyysluokituksesta mukaan 5 kappaletta varaosia eli 28 prosenttia kriittisyysluokituksessa mukana olleista varaosista. Analyysissä käsiteltiin varaosien tyypillisimpiä vikaantumismuotoja sekä syitä vikaantumiselle. Analyysistä olisi tullut erittäin pitkä ja aika työn tekemiseen olisi loppunut, jos siihen olisi otettu mukaan kaikki varaosien vikaantumismuodot sekä syyt vikaantumiselle. Lopuksi vika- ja vaikutusanalyysissä käsiteltiin kriittisten varaosien vikaantumista ehkäiseviä suositeltuja toimenpiteitä-osio, josta toivottava tulos tulevaisuudessa olisi pintajyrtimeen käyttövarmuuden paraneminen. Työn pohjalta kriittisyysluokitus sekä vika- ja vaikutusanalyysi on tarkoitus viedä kokonaisuudessaan läpi pintajyrtimeessä käsittäen kaikki varaosat.

Lähteet

1. Terrafame Oy. Kotisivut. <https://www.terrafame.fi/etusivu.html>. Haettu 2.4.2018.
2. Terrafame Oy. Terrafame yleisesittely materiaali. 2018.
3. Wirtgen Finland Oy. Kaivosjyrsimet 2200 SM 3.8 esite. <https://www.wirtgen-group.com/finland/fi/>. Haettu 3.4.2018.
4. Terrafame Oy. Wirtgen koulutusmateriaali. 2018.
5. Mikkonen H. Kuntoon perustuva kunnossapito. KP-Media Oy; 2009.
6. PSK standardisointiyhdistys ry. Standardi PSK 6201. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 2011.
7. Järviö J, Piispa T, Parantainen T, Åhström T. Kunnossapito. KP-Media Oy; 2007.
8. Järviö J, Lehtiö T. Kunnossapito, tuotanto-omaisuuden hoitaminen. KP-Media Oy; 2012.
9. PSK standardisointiyhdistys ry. Standardi PSK 7501. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2010.
10. PSK standardisointiyhdistys ry. Standardi PSK 6800. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. 2008.
11. Suomen standardisoimisliitto SFS. Standardi SFS 5438. Järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät. Vika- ja vaikutusanalyysi. 1988.
12. Aula E, Mikkonen P. Liikkuvan kaluston sähköhydrauliikka. Opetushallitus. 2008.
13. Fluid Finland. Kumiletkut ja letkuliittimet sekä niiden yleisimmät vauriot. <https://www.fluidfinland.fi/7>. Haettu 9.4.2018.
14. Hakapää A, Lappalainen P. Kaivos- ja louhintatekniikka. Opetushallitus. 2008.

Terrafame Oy
Wirrigen pintajyrin
Marko Tampio
V10
3.4.2018

Kritiikysyiden raja-arvo
Tuotannon menetyksen pamaarvokehrin Wp

2400
100

Toimintopaikan tunnistus	Toimintopaikan nimi	Vikaantumisväli (1..8)	Turvallisuus (0..16)	Ympäristö (0..16)	Tuotannon menetykset (0..4)	Lopputuotteen laatu (0..4)	Korjauskustannus (0..4)	Kritiikysyiden indeksi	Kritiikysyiden osaindeksit					
									Ks	Ke	Kp	Kq	Kr	
120423	TELASTO OIKEA TAKA, 2273960	8	0	2	3	0	2	3040	0	320	2400	0	320	Ajo
120421	TELASTO OIKEA ETU, 2273958	4	0	2	3	0	2	1520	0	160	1200	0	160	
119972	HYDRAULIMOOTTORI, 187637	8	0	2	2	0	2	2240	0	320	1600	0	320	
124694	AJOLEIKKUSARJA, TAKA, 2628975, SUOJAUTTU, P-17-380	8	2	2	2	0	2	2720	480	320	1600	0	320	
122155	ETULOPPA, 121071	4	0	0	4	0	4	1920	0	0	1600	0	320	Korkeus
119378	TELATOLPAINOSTOSYLINTERI, 165568	8	0	2	1	0	1	1280	0	320	800	0	160	
123206	OHJAUSSYLINTERI, 2134895	8	0	2	1	0	1	1280	0	320	800	0	160	Ohjaus
120184	KILAKAHPALE, 120997	8	0	0	2	0	2	1920	0	0	1600	0	320	
121459	AJON PUMPU, 167036	8	0	2	3	0	3	3200	0	320	2400	0	480	Hydrauliikka
121461	SYLINTERIOMMINTOJEN PUMPU, 123347	4	0	2	3	0	3	1600	0	160	1200	0	240	
123871	PUMP SPALTER GEARBOX, 186029	4	0	2	4	0	4	2080	0	160	1600	0	320	
121238	PUMPU, 2570903, 3.8kl VAHVISTUS LAPASSA, 1000MM PIKTOVALU	8	0	0	4	0	4	3840	0	0	3200	0	640	Jyrsintä
121236	PUMPUKOTILO + PÄÄTYLEIVY, 2603944, P-17-209	4	0	0	4	0	4	1920	0	0	1600	0	320	
121234	RUMMUN PLANEETTAVAHTIESTO, 180038	4	0	2	4	0	4	2080	0	160	1600	0	320	
120646	MOOTTORI CZ, TMM01714	4	2	2	4	0	4	2320	240	160	1600	0	320	Moottori
124010	JAAHDYNTIPAKETTI, 2086147, KUUNNOSTIETTU	4	2	2	4	0	4	2320	240	160	1600	0	320	
124172	STARTTI, 338-3454	8	0	0	2	0	2	1920	0	0	1600	0	320	Sähkö
121331	LATURI, 10R-9789	8	2	0	2	0	2	2400	480	0	1600	0	320	

			Terrafame	Vika-vaikutusanalyysi	RPN = Risk priority number			Laatija:	Marko Tampio						
								Läsnä:	Marko Tampio						
Toiminnot			Potentiaaliset vikaantumisuodot			Potentiaaliset vikaantumisen syyt					Huomi! Tämä on vain ennuste! Toimenpiteiden vaikutukset				
Kriittisyysind eksi	Prosessin käyttöpaikka	Prosessin laitteen rakennesea	Potentiaalinen vikaantumismuoto	Vikaantumisen seuraus	Vakavuus (S)	Esiintyminen (O)	Havaittavuus (D)	RPN	Suositellut toimenpiteet	Suoritaja (tuotanto/Kupi)	Vakavuus	Esiintyminen	Havaittavuus	Uusi RPN	Huomiot
3840	121.238 Rumpu 257/0903	Rumpu	Liika kuluminen	Osa vaihdettava välittömästi	4 Mekaaninen kuluminen	4 Säännöllinen ennaltaehkäisy tärkeisyys	4 Havaittavuus tärkeisyys	16 Säännöllinen tärkeisyys ja vaihto ennakoitava	Kulumisen voi havaita silmämääräisesti	Kupi	4	4	1	16	
3840	121.238 Rumpu 257/0903	Teränapdin	Liika kuluminen	Osa vaihdettava välittömästi	4 Mekaaninen kuluminen	4 Säännöllinen tärkeisyys	1 Säännöllinen tärkeisyys ja vaihto ennakoitava	20 Säännöllinen tärkeisyys ja vaihto ennakoitava	Kulumisen voi havaita silmämääräisesti	Kupi	4	4	1	20	
3200	121.459 Ajon pumppu 167/036	Terätappi	Liika kuluminen	Osa vaihdettava välittömästi	4 Mekaaninen kuluminen	5 Säännöllinen tärkeisyys	1 Säännöllinen tärkeisyys ja vaihto ennakoitava	48 Säännöllinen tärkeisyys ja vaihto ennakoitava	Kulumisen voi havaita silmämääräisesti	Kupi	4	5	1	20	
3200	121.459 Ajon pumppu 167/036	Ajon pumppu	Kuluminen	Pumpun toimintahäiriö tai rikkoontuminen	4 Kavitaatio	4 Säännöllinen suodattimien sekä öljyn vaihto	3 Säännöllinen tärkeisyys	48 Säännöllinen pumpun kunnan tärkeisyys	Vian voi havaita alentuneena toimintakykyinä	Kupi	4	3	3	36	
3200	121.459 Ajon pumppu 167/036	Ajon pumppu	Kuluminen	Pumpun toimintahäiriö tai rikkoontuminen	4 Öljyssä epäpuhtauksia	4 Säännöllinen suodattimien sekä öljyn vaihto	3 Säännöllinen tärkeisyys	48 Säännöllinen pumpun kunnan tärkeisyys	Vian voi havaita alentuneena toimintakykyinä	Kupi	4	3	3	36	
2400	10R-9789 Laturi	Latunin hihna	Katkeaminen	Ei lataa	4 Mekaaninen kuluminen, rasitus	4 Hihnan kunnan säännöllinen tärkeisyys	1 Hihnan kunnan tärkeisyys	16 Hihnan kunnan tärkeisyys sekä tarvittaessa	Katkeamisen voi havaita silmämääräisesti	Kupi	4	3	1	12	
2400	10R-9789 Laturi	Latunin hihnapyörä	Kuluminen	Ääntäminen	4 Mekaaninen kuluminen	4 Hihnapyörän säännöllinen tärkeisyys	1 Hihnapyörän tärkeisyys	16 Hihnapyörän säännöllinen tärkeisyys huollon yhteydessä	Kulumisen voi havaita aistihavainnoin	Kupi	4	3	1	12	
2400	10R-9789 Laturi	Latunin sähköiset osat	Sähköisten komponenttien viat	Ei lataa	4 Epäpuhtaudet, sähköiset kontaktit ja katkosviat, komponentti rikki	4 Latunin kunnan säännöllinen tärkeisyys	3 Lätaukskyvyn säännöllinen tärkeisyys	48 Lätaukskyvyn säännöllinen tärkeisyys	Vian voi havaita latunin latauksen tarkistuksella	Kupi	4	3	3	36	

