

Ennakkohuoltosuunnitelman toimintamallin ja ohjeistuksen laatiminen

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), konetekniikka, tuotanto ja kunnossapito

2021

Akseli Weckman

Tiivistelmä

Tekijä Weckman Akseli	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2021
	Sivumäärä 33	
Työn nimi Ennakkohuoltosuunnitelman toimintamallin ja ohjeistuksen laatiminen		
Tutkinto Insinööri (AMK), Konetekniikka, tuotanto ja kunnossapito		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Pasi Hänninen, Kunnossapitopäällikkö, Nordkalk Oy		
Tiivistelmä <p>Työn tavoitteena oli laatia toimintamalli ja ohjeistus ennakkohuoltojen suunnittelulle. Taustalla oli toimeksiantajan tarve ennakkohuoltojen laatimiselle ja nykyisen tiedon kirjaaminen toiminnanohjausjärjestelmään.</p> <p>Työ aloitettiin kirjallisuuskatselmuksella, jonka perusteella valittiin RCM-menetelmä. RCM:stä suoritettiin syvällisempi tarkastelu ja sen avulla laadittiin kriittisyysluokittelua hyödyntävä riskianalyysimenetelmä. Lopuksi menetelmää testattiin yhdellä tuotannon osa-alueella.</p> <p>Työn tuloksena saatiin onnistuneesti laadittua menetelmä, jolla voidaan määritellä halutun kohteen ennakkohuollot. Laaditun ohjeistuksen avulla prosessi pystytään tulevaisuudessa helposti toistamaan tekijästä riippumatta.</p>		
Asiasanat Kunnossapito, ennakkohuolto, ennakkohuoltosuunnitelma, vika- ja vaikutusanalyysi, kriittisyysluokittelu, RCM, Nordkalk		

Abstract

Author Weckman Akseli	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2021
	Number of Pages 33	
Title of Publication Development of a preventive maintenance plan operating model and guidelines		
Name of Degree Engineer (UAS), Mechanical and Production engineering		
Name, title and organization of the client Pasi Hänninen, Head of maintenance, Nordkalk Oy		
Abstract <p>The goal of this work was to develop an operating model and guidelines for planning preventive maintenance. The background was the employers need to prepare preventive maintenance and to record current information in to the operation system.</p> <p>The work began with a literature review, based on which the RCM method was selected. A more in-depth review of the RCM was carried out. Risk analysis method that utilized critical classification was created from the results of the in-depth analysis. The method was tested in a small area of the production line.</p> <p>As a result of the work, a method was successfully developed to determine the preventive maintenance needs of the selected object. With the help of the prepared instructions, the process can be easily repeated in the future, regardless of the person performing it.</p>		
Keywords Maintenance, preventive maintenance, preventive maintenance plan, failure mode and effect analysis, critical analysis, RCM, Nordkalk		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Kunnossapito.....	3
2.1	Kunnossapidon määritelmä	3
2.2	Kunnossapitolajit	3
3	Luotettavuuskeskeinen kunnossapito - RCM	5
3.1	Historia ja taustat.....	5
3.2	RCM-prosessin tavoite	5
3.3	RCM-prosessin kulku.....	6
3.3.1	Kriittisyysluokittelu	6
3.3.2	Toiminnot ja suorituskykystandardit.....	7
3.3.3	Vika- ja vaikutusanalyysi.....	9
3.3.4	Toiminnalliset viat ja vikaantumismallit.....	10
3.3.5	Vikojen seuraukset	13
3.3.6	Ennakoivat toimenpiteet	14
3.3.7	Korjaavat toimenpiteet	15
3.3.8	RCM-päätöskaavio	16
4	Käyttöohje.....	17
4.1	Tarkoitus.....	17
4.2	Ohjeen laatiminen ja rakenne	17
4.3	Kieliasu.....	18
5	Karkeamurskaamo.....	19
6	Työn toteutus.....	21
6.1	Ennakkohuollon tarpeiden määrittely.....	21
6.2	Menetelmän valitseminen	21
6.2.1	Taulukoiden testaaminen käytännössä ja kehitysideat.....	22
6.3	Karkeamurskaamon kriittisyysluokittelu	23
6.4	Leukamurskaimen riskianalyysi	25
6.5	Toimenpiteiden kirjaaminen IFS-toiminnanohjausjärjestelmään.....	28
6.6	Ohjeistuksen laatiminen.....	28
7	Yhteenveto	30
	Lähteet	32

Liitteet

Liite 1. RCM-päätöslomake

Liite 2. Kriittisyysluokittelutaulukko

Liite 3. Informaatiolomake

Liite 4. Päätöslomake osa 1

Liite 5. Päätöslomake osa 2

1 Johdanto

Työn taustalla on Nordkalk Lappeenrannan yksikön tarve ennakkohuoltojen toteutuksen suunnittelulle. Ennakkohuollot on tähän mennessä suoritettu pääsääntöisesti hiljaisen tiedon varassa ja kunnossapidon asentajat ovat tunteneet lähinnä oman toiminta-alueensa vaatimat ennakkohuollot. Kyseisiä ennakkohuoltotoimenpiteitä ei ollut kirjattu ylös toiminnanohjausjärjestelmään, mikä hankaloitti työnjohtoa ohjaamasta resursseja tehokkaasti niitä tarvitseviin kohteisiin. Tietojen ja huolto-ohjeiden puuttuminen järjestelmästä vaikeutti myös kokeneempien asentajien poissaolojen paikkaamista. Suurelta osalta näistä ennakkohuolloista on puuttunut myös perustelut niiden tekemiselle, mikä on hankaloittanut niiden tarpeellisuuden hahmottamista.

Opinnäytetyön tavoitteena on laatia yritykselle toimintamalli ennakkohuoltojen suunnitteluun ja niiden kirjaamiseen IFS-toiminnanohjausjärjestelmään. Samalla luodaan ohjeistus, jonka pohjalta työ voidaan toistaa yrityksen muissakin toimipisteissä. Lopuksi toimintamallin toimivuutta testataan pilottikohteessa.

Työn tavoitteena on myös kerätä nykyinen tietämys pilottikohteen laitteista ja laitehuolloista IFS-toiminnanohjausjärjestelmään. Tiedonlähteinä käytetään koneiden käyttäjiä, kunnossapitäjiä sekä laitevalmistajia. Eri lähteistä saatujen tietojen paikkaansa pitävyyttä ja tarpeellisuutta tarkastellaan vertaamalla niitä keskenään.

Nordkalk on vuonna 1898 perustettu kalkkikivipohjaisten tuotteiden ja sovellusten toimittaja, jolla on yli 30 toimipistettä kymmenessä eri maassa. Kaivostoimintaa suoritetaan 24 paikakunnalla, joista suurin osa sijoittuu Pohjois- ja Keski-Eurooppaan. Päätuotteita ovat kalkkikivi, murskattu ja jauhettu kalkkikivi sekä sammutettu ja poltettu kalkki. Yleisimpiä kalkin käyttökohteita ovat sellu- ja paperiteollisuus, metalliteollisuus sekä maatalous. Nordkalk työllistää noin 870 henkilöä ja liikevaihto oli vuonna 2019 noin 290 miljoonaa euroa. (Nordkalk a.)

Lappeenrannan yksikkö perustettiin vuonna 1910 ja se on siitä lähtien kasvanut yrityksen suurimmaksi toimipisteeksi Suomessa. Kaivoksen lisäksi alueelta löytyy kaksi rikastamo, jauhuslaitos sekä myyntikonttori ja aluetta on havainnollistettu kuvan 1 ilmakuvassa. Kalkin ohella alueelta löytyy myös harvinaista mineraalia wollastoniittia, josta valmistetaan raaka-ainetta muun muassa muovien, maalien ja keramiikan valmistukseen. Toimipisteen päätuotteita ovat kalkkikivi, erilaiset kalkkikivijauheet sekä wollastoniitti. Tuotteiden pääsäännöllinen kohde on paperiteollisuus. Alueella toimii myös Nordkalkin tytäryhtiö Suomen Karbonaatti ja yhdessä yritykset työllistävät noin 140 henkilöä. (Nordkalk b.)



Kuva 1. Nordkalk Lappeenrannan kaivos ja teollisuusalue (Nordkalk c)

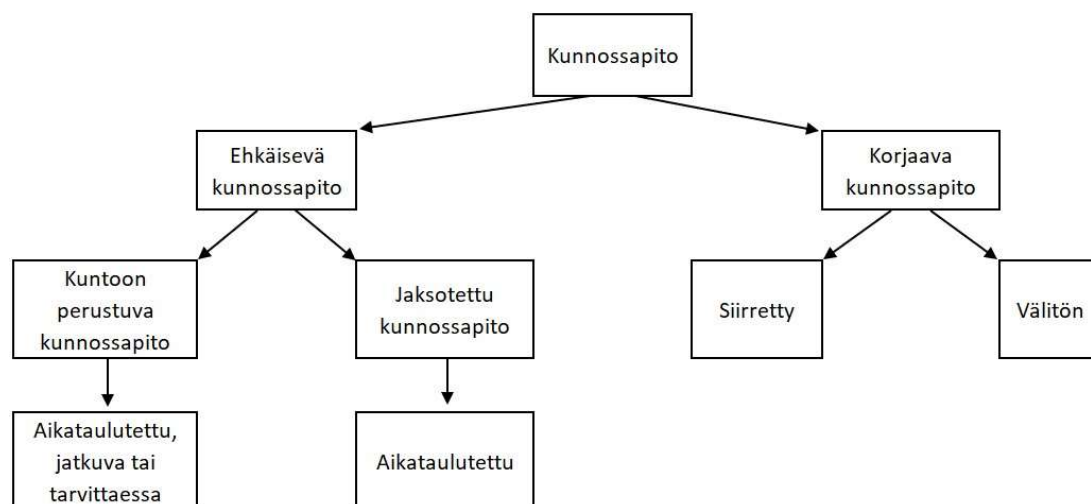
2 Kunnossapito

2.1 Kunnossapidon määritelmä

Standardi PSK 6201 (2011, 2,4) määrittelee kunnossapidon kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuutena, joiden tarkoituksena on säilyttää tai palauttaa tarkasteltava laite tilaan, jossa se kykenee suorittamaan siltä vaaditut toimenpiteet. Keskeisiä tavoitteita ovat hyvä käyttövarmuus, joka koostuu kunnossapitovarmuudesta, kunnossapidettävyydestä ja toimintavarmuudesta, sekä tuotannon kokonaistehokkuus. Myös kustannustehokkuus sekä ympäristön ja turvallisuuden huomioiminen ovat tärkeitä tavoitteita.

2.2 Kunnossapitolajit

Kansainvälinen ja Suomessa hyväksytty standardi SFS-EN 13306 jakaa kunnossapidon toimenpiteet vian havaitsemisen mukaan joko ehkäiseviin tai korjaaviin toimenpiteisiin. Tätä on havainnollistettu kuvassa 2. Vialla tarkoitetaan tilaa, jossa laite tai kohde ei pysty toteuttamaan siltä vaadittuja toimintoja. Ehkäisevän kunnossapidon jaksotetuilla tai kuntoon perustuvilla toimenpiteillä pyritään vähentämään tilanteita, joissa vika pysäyttää tai heikentää laitteen toimintaa. Korjaavassa kunnossapidossa vikaantuminen on jo tapahtunut ja laite pyritään palauttamaan takaisin alkuperäiseen toimintakuntoon, joko välittömästi tai viivästettynä. (Mikkonen ym. 2009, 96-97.)



Kuva 2. Kunnossapitolajit (mukailtu SFS-EN 13306 2019, 22)

Korjaava kunnossapito

Korjaavan kunnossapidon päämääränä on palauttaa vikaantunut osa tai komponentti sen alkuperäiseen toimintakuntoon. Tavoitteena on suorittaa korjaavat toimenpiteet kunnostuksina eli suunnitellusti. Laitteen vikaantuessa odottamattomasti luokitellaan korjaavat toimenpiteet suunnittelemattomiin eli häiriökorjauksiin. Korjaavaan kunnossapitoon sisällytetään seuraavat toimenpiteet (Järviö 2004, 37, 39):

- vian määrittäminen
- vian tunnistaminen
- vian paikallistaminen
- väliaikainen korjaus
- korjaus
- toimintakunnon palauttaminen.

Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon tavoitteena on etsiä oireilevia vikoja, jotka eivät vielä ole pysäyttäneet laitteen toimintaa. Eri toimenpiteillä pyritään seuraamaan laitteen suorituskykyä ja päämääränä on vähentää sen toimintakyvyn heikkenemistä ja vikaantumisen todennäköisyyttä. Ehkäisevää kunnossapitoa toteutetaan joko jaksotettuna, jatkuvasti tai tarvittaessa. Saatujen tuloksien pohjalta suunnitellaan ja aikataulutetaan tarvittavat huoltotoimenpiteet. (Järviö 2004, 37, 40.)

Järviön (2004, 59) mukaan säännöllisesti suoritettavaan ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat seuraavat toimenpiteet:

- Laitteen vikaantumiseen johtavien syiden tai olosuhteiden havaitseminen ja tarkkailu.
- Kaikki suoritettavat toimenpiteet, joilla laite pyritään pitämään halutulla suorituskykytasolla. Ne voivat olla esimerkiksi laitteen voiteluhuollon suorittaminen, rakenteen ylläpito tai sen toimintaympäristön siistiminen.
- Laitteen pysäyttävän vian alkamisen havaitseminen ja korjaaminen ennen vikaantumisen tapahtumista. Myös kunnostaminen eli suunniteltu korjaava kunnossapito sisältyy tähän kohtaan.

3 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito - RCM

3.1 Historia ja taustat

RCM (Reliability Centered Maintenance) eli luotettavuuskeskeisen kunnossapitoprosessin hahmottaminen alkoi 1950-luvulla, mutta varsinainen läpimurto tapahtui vasta 1960-luvulla, kun Yhdysvaltojen ilmailuvirasto perusti työryhmän kehittämään ennakoivaa kunnossapitoa lentokoneita varten. Työryhmää vetäneet Stanley Nolan ja Howard Heap lähtivät kehittämään huolto-ohjelmaa, jonka oletuksena oli vikaantumisen ajasta riippuvuus. Projektin lopputuloksena syntyi toimintaohje MSG-1 (Maintenance Steering Group 1) ja sen kaksi muuta versiota. Varsinainen RCM-prosessi julkaistiin vasta vuonna 1978. RCM-prosessi on laajassa käytössä energiasektorilla, lentoalalla ja öljynjalostuksessa. (Järviö 2004, 110–111.)

John Moubrayn vuonna 1997 julkaisema RCM II -kirja määrittelee RCM-prosessin paremmin teollisuuden tarpeisiin soveltuvaksi ja sitä pidetäänkin yhtenä alan perusteoksena (Mikkonen ym. 2009, 75). Kirjassaan Moubray määrittelee RCM:n prosessiksi, jonka avulla määritellään kunnossapidon vaatimukset fyysiselle omaisuudelle sen toimintaympäristössä (Moubray 1997, 7).

Alkuperäinen RCM on usein osoittautunut liian työlääksi ja kalliiksi prosessiksi, sen vaatiman koko tuotantoketjun kunnossapidon tarpeiden kartoittamisen takia. Tästä johtuen, siitä onkin kehitetty useita helpotettuja versioita, joissa yleisesti hyödynnetään jo olemassa olevaa tietoa tarkasteltavista laitteista. Täten voidaan karsia kohteita ennen RCM-prosessin aloittamista vähentäen huomattavasti tarvittavaa työmäärää. Riskinä näissä menetelmissä on liiallisesta oletamisesta ja huonosta tiedon keruusta johtuvat virheelliset analyysit, jotka voivat vaikuttaa huomattavasti kriittisten kohteiden hahmottamiseen. (Mikkonen ym. 2009, 77–78.)

3.2 RCM-prosessin tavoite

Kunnossapidon yksi haasteellinen perusongelma on ehkäisevän kunnossapidon suunnitteluprosessin toteuttaminen vaivattomasti, sillä siihen ei ole aiemmin ollut saatavilla tehokkaita työkaluja ja menetelmiä. Tämän takia kunnossapito on aiemmin jouduttu suunnittelemaan omien kokemusten sekä laitevalmistajan ohjeiden pohjalta, jonka seurauksena etenkin ehkäisevää kunnossapitoa toteutetaan liikaa. RCM-menetelmällä pyritäänkin vähentämään turhan työn tarvetta, kuitenkin vaarantamatta laitteen tai laitoksen toimintaa. Käytännössä RCM-menetelmän tavoitteena on selvittää, missä kohteissa tarvitaan eniten kunnossapitoa ja laatia niille kunnossapito-ohjelma. (Mikkonen ym. 2009, 75.) Järviö määritteli RCM:n keskeisimmät päämäärät Moubraytä mukailien seuraavasti (Järviö 2004, 111):

- Prosessin laitteiden priorisointi ja näin kunnossapidon kohdistaminen tuotannolle tärkeisiin kohteisiin. Yleisimmät luokittelukriteerit ovat kustannukset, ympäristö- ja turvallisuusvaatimukset sekä laatu.
- Laitteiden vikaantumismekanismien selvittäminen ja näin pohjan luominen oikeiden, tehokkaiden kunnossapitomenetelmien käytölle.
- Myös sellaiset raja- ja turvalaitteet, jotka ovat prosessin toimiessa passiivisia, saatetaan kunnossapidon piiriin.
- Toimintaohjeiden laatiminen vikaantumisen tapahtuessa sellaisille laitteille, joille ei löydy tehokkaita menetelmiä ehkäisevän kunnossapidon saavuttamiseksi.
- Laitteiden käyttäjät oppivat seuraamaan kriittisten komponenttien toimintaa.
- Kunnossapidon kohdistaminen sinne missä sitä tarvitaan ja täten mahdollisesti prosessin tuottavuuden sekä laitteiden luotettavuuden parantaminen ja kunnossapidon kustannuksien laskeminen.

3.3 RCM-prosessin kulku

Tässä projektissa päädyimme käyttämään RCM-analyysin ja kriittisyysluokittelun yhdistelmää. Syitä tälle päätökselle olivat sekä yrityksen olemassa oleva ja Paraisten yksikössä käytetty kriittisyysluokittelumenetelmä että tämän työn vaatiman ajan ja resurssien määrän optimoiminen. Tästä syystä opinnäytetyössä esitetty prosessin kulku poikkeaa hieman perinteisestä RCM-analyysistä.

Prosessin alussa määritellään tarkasteltava alue ja tehdään laitekohtainen kriittisyysluokittelu. Luokittelun perusteella valitaan kohteet, jotka otetaan tarkasteluun RCM-analyysissä. Tämän jälkeen määritetään kohteiden primääriset ja sekundääriset toiminnot sekä vaadittu suorituskvyn taso. Seuraavaksi kartoitetaan vikoja, jotka voivat johtaa laitteiden haluttujen toimintojen epäonnistumiseen. Näiden toiminnallisten vikojen osalta selvitetään, mitkä eri vikaantumismallit voivat johtaa niiden syntymiseen ja miten vikaantuminen ilmenee. Nämä saadaan yleensä selvitettyä vika- ja vaikutusanalyysin avulla. Kun edellä mainitut toimenpiteet on suoritettu, vikojen seuraukset luokitellaan RCM-päätöskaavion avulla neljään kategoriaan. Nämä kategoriat ovat piilevät seuraukset, turvallisuus- tai ympäristövaikutukset, toiminnalliset vaikutukset sekä ei-toiminnalliset vaikutukset. Niiden pohjalta kohteelle laaditaan ennakoivat, korjaavat tai parantavat toimenpiteet RCM-päätöskaavioita hyödyntäen.

3.3.1 Kriittisyysluokittelu

Standardin PSK 6800 mukaan kriittisyys on arvo, joka määrittelee kohteeseen liittyvän riskin suuruuden. Vaikuttavia tekijöitä kohteen kriittisyudessa ovat ympäristö-, turvallisuus- ja

tuotantovaikutukset sekä korjaus- ja seurauskustannukset. (PSK 6800 2008, 2,7.) Näille tekijöille laaditaan kyseiselle teollisuuden alalle sopivat painoarvot (Mikkonen ym. 2009, 150). Taulukossa 1 on käytetty standardin PSK 6800 asettamia painoarvoja ja niitä voidaan käyttää suuntaa-antavina painoarvoja määrittäessä.

Ennen kriittisyysluokitteluprosessin aloittamista on tarkasteltava laite jaettava sen sisältämiin komponentteihin. Tässä voidaan hyödyntää laitteenvalmistajan osaluetteloa. Tarkastelusta voidaan kuitenkin jättää pois sellaiset osat, jotka eivät yleisesti hajoa normaalissa käytössä, esimerkiksi tietyt rungon osat. (Laine 2010, 139.) Seuraavaksi komponentit listataan kriittisyysluokittelutaulukkoon ja niille valitaan kokemuspohjaisesti kertoimet. Tämä vaihe on hyvä toteuttaa ryhmätyönä, jotta valitut kertoimet ovat mahdollisimman lähellä todellisuutta. Ryhmään on hyvä kuulua edustajia laitteen tuntevista käyttäjistä, kunnossapitoasentajista ja toimihenkilöistä. (Mikkonen ym. 2009, 148–150.)

Laitos	
Kriittisyysluokittelun kohde	
Tekijät	
Versio	
Päiväys	
	Kriittisyyden raja-arvo 1000
	Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 100

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö 0...16	Tuotannon menetys (0...4)	Lopputuotteen laatukustannus (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyysindeksi
		Painoarvot W →	30	20	100	30	20	K
KO-151	1. puristimen ylätela	3	4	0	3	2	3	1620
KO-164	2. kuivausryhmän käyttö	3	4	4	3	2	2	1800
								0

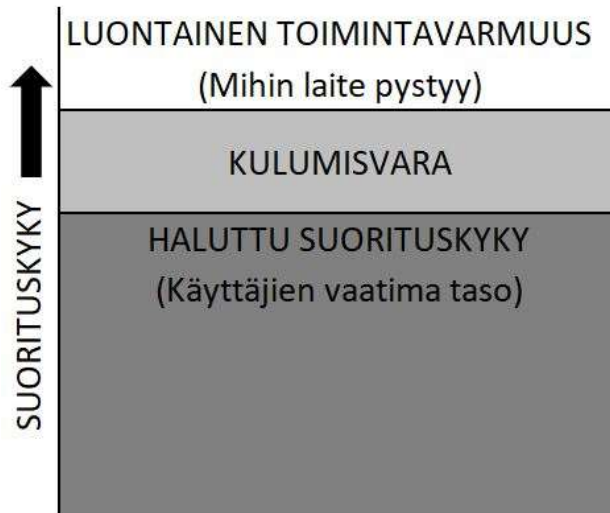
Taulukko 1. PSK 6800 mukaisesti tehty kriittisyysluokittelu (mukaiutu PSK 6800 2008, 12)

Taulukossa 1 kriittisyysindeksi muodostuu eri osatekijöiden summasta ja painotuksesta, jotka kerrotaan vikaantumisvälin laaditulla kertoimella. Kriittisyysindeksille asetetaan haluttu raja-arvo. Jos kriittisyysindeksi ylittää annetun raja-arvon, suoritetaan komponentille RCM-analyysi.

3.3.2 Toiminnot ja suorituskykystandardit

Prosessin ensimmäisessä vaiheessa määritellään tarkasteltavan laitteen (tai kokonaisuuden) toiminnot ja siltä vaadittava suorituskyky sen nykyisessä käyttöympäristössä. Laitteen toiminnallista tasoa selvittäessä on yleisesti käännytty laitteen käyttäjien puoleen. Heillä on yleisesti erinomainen näkemys siitä, kuinka laitteesta saadaan laadullisesti, määrällisesti ja taloudellisesti paras tulos koko organisaation kannalta. Siksi heidän osallistumisensa RCM-prosessiin on erittäin tärkeää. (Järviö 2004, 113.)

Kunnossapidon päämääränä on säilyttää laitteet sellaisessa kunnossa, jossa ne pystyvät suorittamaan vaaditut toiminnot, niiltä vaaditulla tasolla. Tämä taso määrittää laitteen suorituskyvyn minivaatimuksen, mutta ajan myötä kaikki laitteet kuitenkin altistuvat kulumiselle. Jotta laitteen kuluminen voidaan ottaa huomioon tarkastelussa, täytyy siis laitteen alkupe-
räisen eli luontaisen toimintavarmuuden olla korkeampi kuin haluttu suorituskyky. Tätä on havainnollistettu kuvassa 3. (Moubray 1997, 22–24.)



Kuva 3. Luontainen toimintavarmuus ja haluttu suorituskyky (mukailtu Moubray 1997, 23)

RCM-prosessissa on myös tärkeää tiedostaa laitteen toimintaympäristö, koska sillä on suuret vaikutukset kunnossapitosuunnitelman laatimisessa (Moubray 1997, 28). Esimerkiksi jos laitteen nykyisen toimintaympäristön lämpötila on suurempi kuin mille se on suunniteltu, on tarpeellista ottaa huomioon laitteen mahdollinen jäädyttäminen ylikuumenemisen estämiseksi. Moubray määritteli tärkeimmät tekijät toimintaympäristöä arvioidessa seuraavasti (Moubray 1997, 28–33):

- tuotantolaitoksen tyyppi
- laitteen redundanssi
- laatuvaatimukset
- ympäristövaatimukset
- työturvallisuusvaatimukset
- työvuorojärjestelyt
- keskeneräinen tuotanto
- korjaus aika
- varaosat

- markkinatilanne
- raaka-aineen saatavuus.

Kaikilla laitteilla on lähes aina useampi kuin yksi toiminto. Jotta RCM-prosessista saataisiin tarpeeksi kattava, täytyisi ne kaikki tunnistaa ja määritellä niiden suorituskykytaso. Tämän takia kyseessä onkin prosessin yksi työläimmistä osuuksista. Toiminnot voidaan jakaa kahteen pääryhmään, ensi- ja toissijaisiin, ja tarvittaessa voidaan lisätä alaluokkia. (Järviö ym. 2000, 25.)

Yhdellä laitteella on yleisesti yhdestä kolmeen ensisijaista toimintoa, joita varten kyseinen laite on hankittu. Esimerkiksi pakkauslaite on hankittu pakkaamaan tuotteita. Vaikka ensisijaiset toimenpiteet ovatkin helposti tunnistettavissa, voi niiltä vaaditun suorituskyvyn määrittäminen olla erittäin hankalaa. Muun muassa tuotannon nopeutta, laatua tai määrää voidaan käyttää suorituskyvyn vaatimuksina. (Moubray 1997, 35–37.)

Laitteilla on myös useimmiten toissijaisia toimintoja, kuten laitteen hallintajärjestelmä. Toissijaisten toimintojen hahmottaminen voi olla hankalampaa kuin ensisijaisten, mutta ne saattavat olla laitteen toiminnan kannalta yhtä tärkeitä tai jopa tärkeämpiä. Tämän takia niidenkin onnistunut määrittäminen on erityisen tärkeää. (Moubray 1997, 37-38.) Toissijaiset toimenpiteet on RCM:ssä jaettu seuraaviin kategorioihin (Moubray 1997, 38–43):

- ympäristö
- turvallisuus ja rakenteellinen kestävyys
- hallinta ja ergonomia
- ulkonäkö
- turvatoimet
- talous ja tehokkuus
- tarpeettomat toiminnot.

3.3.3 Vika- ja vaikutusanalyysi

Vika- ja vaikutusanalyysi- eli VVA-menetelmällä pyritään selvittämään sellaiset viat, joilla on merkittävät vaikutukset tarkasteltavien toimintojen suorituskykyyn. Myös kyseisten vikojen vaikutukset ja seuraukset on tavoitteena saada selville. Tarvittaessa voi myös käyttää vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysia (VVKA), joka on VVA-analyysin laajennus. Tässä menetelmässä otetaan huomioon vioittumistapojen kriittisyys ja arvioidaan vikojen esiintymistodennäköisyys. Kriittisyydellä tarkoitetaan vian seurauksien vakavuutta. (Mikkonen ym. 2009, 128, 153.)

VVA-analyysissä kerätään tietoa tarkasteltavasta laitteesta ja sen aikaisemmista vikaantumistavoista. Myös mahdollisia tulevia vikaantumistapoja on pyrittävä ennustamaan, jotta niidenkin vaikutukset prosessin kannalta voidaan arvioida. Yleisesti laitteen valmistajilla tai toimittajilla on saatavilla kattavasti tietoa laitteesta ja sitä on hyvä hyödyntää tiedonkeruussa, etenkin jos laitteesta ei ole riittävästi käyttökokemusta. Kaikki valmistajilta ja toimittajilta saatu tieto kannattaa hyödyntää analyysissä, mutta huomioon pitää ottaa myös laitteen käyttäjien ja kunnossapitäjien kokemukset. Heidän tietämyksensä laitteen päivittäisestä toiminnasta, mahdollisista vioista, vikojen seurauksista sekä vikojen korjaavista ja ennaltaehkäisevistä toimenpiteistä tekevät heistä yleensä parhaan tiedonlähteen VVA-analyysejä varten. (Mikkonen ym. 2009, 154.)

VVA-analyysi kannattaa aloittaa kriittisyysluokittelun perusteella kriittisempien laitteiden kohdalta. Näiden laitteiden toiminnot ja tarkasteltavat osat kirjataan taulukon 2 mukaisesti. Seuraavaksi kirjataan ylös mahdolliset vikatilanteet ja selvitetään, miten vikatilanne poikkeaa normaalitilasta ja kuinka se tapahtuu. Tämän jälkeen selvitetään vikaantumisen vaikutukset toimintaan, esimerkiksi laadun aleneminen, seisokkiaika yms. sekä millaisia seurauksia tällä on koko laitoksen sekä ympäristön ja turvallisuuden kannalta. (Laine 2010, 128.)

Kone/tuotantolinja:								
Toiminto	Laite	Osa	Kriittisyys	Laitteen tai osan toiminta (miten pitää toimia)	Vikatilanne (miten toiminta poikkeaa tarkoituksesta)	Vioittumistapa (kuinka vioittuminen tapahtuu, mistä johtuu)	Vian vaikutukset	Vian seuraukset

Taulukko 2. Esimerkki VVA-analyysissä käytettävästä taulukosta (mukailtu Laine 2010, 129)

3.3.4 Toiminnalliset viat ja vikaantumismallit

Toiminnallisella vialla tarkoitetaan RCM-prosessissa vikaa, joka estää tarkasteltavan laitteen jonkin toiminnon suorittamisen halutulla suorituskykytasolla. Yhdellä laitteen toiminnolla voi olla usein monta eri toiminnallista vikaantumistapaa ja nämä kaikki tulisi saada listattua. Nämä viat voidaan jakaa joko kokonaisvikoihin eli täyden toimimattomuuden aiheuttaviin vikoihin tai osittaisvikoihin. Osittaisvioilla tarkoitetaan vikatilaa, jossa laite toimii vielä osittain, mutta ei saavuta alinta vaadittua suorituskykytasoa. (Moubray 1997, 46–52.) Tämä RCM-prosessin vaihe toteutetaan yleensä vika- ja vaikutusanalyyseillä (Mikkonen ym. 2009, 153).

Vikaantumismallit

Vikaantumismalli tarkoittaa mekanismia, jolla vikaantuminen tapahtuu. Vikaantumisella puolestaan tarkoitetaan tapahtumaa, joka vaikuttaa haitallisesti tarkasteltavan kokonaisuuden tai komponentin vaadittuun suorituskykyyn. Jotta päädytään oikeaan ennakoivaan tai korjaavaan kunnossapito strategiaan, tulee vikaantumismallin määrittely sisältää riittävästi tietoa tarkasteltavasta kohteesta. (Mikkonen ym. 2009, 154.)

Yksittäisen laitteen vikaantumiseen voi olla useita eri tapoja ja tuotantolinjatasolla niitä voi olla satoja tai jopa tuhansia. Hyvin usein ne havaitaan vasta vikaantumisen jälkeen. Jotta kunnossapitotoimet saataisiin kohdistettua tehokkaasti, tulisi vikaantumismallit tunnistaa ja analysoida oikein. Parhaiten tämä onnistuu listaamalla aluksi erilaiset toiminnalliset viat ja vasta tämän jälkeen näihin vikatilanteisiin johtavat vikaantumismallit. (Mikkonen ym. 2009, 154.)

Vikaantumismallit voidaan jakaa kolmeen ryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä laitteen suorituskyky laskee halutun tason alapuolelle esimerkiksi laadullisesti tai määrällisesti. Suorituskyvyntason laskemiseen voi muun muassa vaikuttaa lika, voiteluhäiriöt, kuluminen tai inhimillinen tekijä. Tässä tapauksessa kulumisella tarkoitetaan kaikkia sen todennäköisimpiä eri muotoja, kuten korroosio, väsyminen tai eristeen heikkeneminen ja ne tulee huomioida analyysia tehtäessä. Toisessa ryhmässä laitteen hetkellinen suorituskykytaso nostetaan korkeammalle kuin mihin se kykenee, eli toisin sanoen laite ylikuormittuu. Tämä on jo itsessään riittävä tekijä aiheuttamaan toimintahäiriöitä, mutta samalla tämä laskee myös laitteen luotettavuutta lisääntyneiden vikaantumisten takia. Vaadittu suorituskykytaso voi nousta tarkoituksellisesti tai vahingossa tehdystä ylikuormittamisesta, käyttövirheestä, ulkoisesta syystä tai vääristä materiaaleista johtuen. Kolmannessa ryhmässä laite ei yksinkertaisesti pysty suorittamaan siltä vaadittua suorituskykytasoa eli se on "alitehoinen". Tällaiset tapaukset ovat melko harvinaisia, mutta niiden vaikutus koko tuotantoprosessiin on merkittävä ja siksi nekin olisi hyvä huomioida analyysissä. (Järviö ym. 2000, 34–36.)

Vikaantumismallien tunnistamisen jälkeen aletaan arvioimaan niiden vaikutuksia. Vaikutuksia määriteltäessä listataan vikaantumisen

- tunnistettavuus
- mahdolliset riskit turvallisuudelle ja ympäristölle
- vaikutus tuotantoon ja toimintaan
- aineellisen vahingon määrä
- mahdolliset ennakoivat tai korjaavat toimenpiteet.

Näitä tietoja hyödynnetään vikojen seurauksia määriteltäessä ja sitä käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.3.5. (Järviö 2004, 114.)

Saadut tulokset kirjataan ylös valitulle informaatiolomakkeelle niiden seurauksien havaitsemisen helpottamiseksi. Taulukossa 3 on esimerkki RCM-informaatiolomakkeesta, jossa on tarkasteltu kaasuturbiinin savupiippua. Taulukossa olevien tietojen perusteella valitaan sopiva kunnossapitomenetelmä jokaiselle vioittumistavalle. (Järviö ym. 2000, 41.)

Toiminto	Vika	Vioittumistapa	Vaikeus	Vaikeus	
1 Johtaa pakokaasu turbiinilta haluttuun kohtaan häiriöitä	a	Ei johda kaasua ollenkaan	1	Äänenvaimentimen kiinnityspultti ruostunut poikki	Äänenvaimentimen kiinnitys pettää ja se putoaa pakokaasukanavaan. Kohonnut vastapaine pysäyttää turbiini. Toimintakyvyttömyysaika 4 viikkoa.
	b	Kaasun kulku häiriintyy	1	Osa äänenvaimentimesta irtoaa väsymisen johdosta	Tukoksen laadusta riippuen pakokaasun lämpötila nousee ja turbiini pysähtyy. Osat saattavat vaurioittaa turbiinia. Toimintakyvyttömyysaika 4 viikkoa.
	c	Kaasu karkaa kanavasta	1	Liikkumasauma ruostunut	Sauma on turbiini vaipan sisällä, joten vaippa kerää karanteen kaasun. Suuri vuoto nostaa lämpötilaa ja voi sulattaa sähköjohtoja, vaikutuksia vaikea arvioida. Toimintakyvyttömyysaika 3 vuorokautta.
			2	Pakokaasukanavan tiiviste huonosti asennettu	Pakokaasua pääsee turbiinihalliin ja lämpötila nousee. Ilmastointijärjestelmä poistaa kaasua tehokkaasti, joten myrkyllisiä pitoisuuksia tuskin ilmenee. Pieni vuoto voidaan sallia. Toimintakyvyttömyysaika 4 vuorokautta.
d	Pakokaasu ei mene haluttuun kohteeseen	1	Savupiipun kiinnityspultit ruostuneet poikki	Savupiippu jää todennäköisesti roikkumaan tukirakenteiden varaan joksikin aikaa. Jos piippu kaatuu, se vaurioittaa tiloja, joissa työskentelee ihmisiä. Toimintakyvyttömyysaika muutamasta päivästä viikkoihin.	
		2	Myrsky kaataa savupiipun	Piippu on suunniteltu kestämään kovaa myrskyä, joten se tuskin kaatuu, mikäli tukivaijerit ovat kunnossa. Jos se kuitenkin kaatuu, alle jää tiloja, joissa työskentelee ihmisiä. Toimintakyvyttömyysaika muutamasta päivästä viikkoihin.	
2 Vähentää melua ISO 30 tasolle 50 metrin päässä	a	Melu ylittää annetun arvon	1	Vaimentavaa materiaalia kannatteleva verkko korrodoitunut	Äänenvaimenninmateriaali tulee pakokaasun mukana ulos piipusta. Osa voi pudota savupiipun pohjalle ja aiheuttaa häiriöitä pakokaasun virtauksessa ja mahdollisesti turbiini alasajon. Melutaso nousee asteittain. Toimintakyvyttömyysaika 2 viikkoa.

Taulukko 3. Esimerkki täytetystä RCM-informaatiolomakkeesta (Järviö ym. 2000, 41)

Arvioinnin tarkkuus

Kuten aikaisemmin mainittiin, vikaantumismallien määrittelyssä tarvitaan riittävästi tietoa niihin liittyen. Tällä tarkoitetaan sellaisen tietomäärän keräämistä, jonka pohjalta pystytään laatimaan oikea kunnossapitostrategia tarkasteltavalle kohteelle. Jos tiedon kerääminen jää liian vähäiseksi, analyysistä saadut tulokset jäävät pinnallisiksi. Tiedonmäärä ei saa myöskään kasvaa liian suureksi, koska se voi aiheuttaa huomattavasti ylimääräistä turhaa työtä. Käytännössä oikean tietotason löytäminen voi olla erittäin vaikeaa ja se vaihteleekin tapauskohtaisesti. Taulukon 4 esimerkkitaapauksessa pumppuryhmää on tarkasteltu eri tasoilla. Taulukon perusteella havaitaan, että mitä korkeammalle tasolle mennään, niin sitä tarkempaa tietoa vikaantumistavoista saadaan. Samalla myös kerätyn tiedon ja vaaditun työn määrä kasvaa huomattavasti. (Järviö ym. 2000, 36.)

Taso 1	Taso 2	Taso 3	Taso 4	Taso 5	Taso 6	Taso 7
Pumppu ryhmä vikaantunut	Pumppu vikaantuu	Juoksupyörä vikaantuu	Juoksupyörä irtoaa	Kiinnitysmutteri kiristämättä	Kiinnitysmutteri kiristetty väärin	Asennusvirhe
				Mutteri kulunut pois	Korroosio/erosio vaurio	
					Mutteri väärästä materiaalista	Väärä materiaalin valinta
						Väärä materiaali toimitettu
		Runko murtunut	Rungon ruuvit irronneet	Ruuvit kiristämättä	Asennusvirhe	
				Värähtely irrottanut ruuvit		

Taulukko 4. Pumppuryhmän vikaantumistapoja eri tasoilla (mukailtu Järviö ym. 2000, 37)

Vaikka analyysin oikean tason löytäminen onkin tapauskohtaista, niin yleisesti voidaan kuitenkin olettaa, että ennakoivaa kunnossapitoa edellyttävissä kohteissa tarvitaan yksityiskohtaisempaa tarkastelua eli tarkastelua korkeammalla tasolla. Kun taas kohteissa, jotka korjataan vasta vian tapahtumisen jälkeen, voidaan tarkastelu tehdä yleisemmin eli matalammalla tasolla. Oikean analyysitason hahmottamisessa auttaa sekä laitteen ja sen toiminnan syvälinen tuntemus että aikaisempi kokemus vikaantumismalli analyysin teosta. (Mikkonen ym. 2009, 157.)

3.3.5 Vikojen seuraukset

Seurausten vakavuuden ja luonteen perusteella voidaan tarkastella vikaantumista. Seurauksien ollessa vakavia pyritään pitämään vikaantumisen mahdollisuus minimissään tai ainakin ennustamaan sen tapahtuma-ajankohta. Jos seuraukset ovat puolestaan vähäisiä, niin ei ole välttämättä tarvetta tehdä lainkaan ennakoivia toimenpiteitä, vaan annetaan vikaantumisen tapahtua, jonka jälkeen suoritetaan laitteelle korjaavat toimenpiteet. Vikaantumisien seuraukset voidaan jakaa joko näkyviin tai piileviin ja niitä käsitellään tarkemmin seuraavissa alaotsikoissa. (Järviö ym. 2000, 44.)

Näkyvä vikaantuminen

Vikaantuminen luokitellaan näkyväksi, jos laitteen käyttäjä pystyy havaitsemaan sen normaaleissa olosuhteissa, esimerkiksi tuotannon pysähtymisenä. Näkyvät vikaantumiset voidaan edelleen jakaa turvallisuus-, ympäristö-, toiminnallisiin tai ei-toiminnallisiin seurauksiin. (Mikkonen ym. 2009, 158–159.)

Turvallisuusseurauksilla tarkoitetaan toiminnallisia menetyksiä tai muita vahinkoja, jotka voivat aiheuttaa loukkaantumisia tai jopa kuoleman. Ympäristöseuraukset taas voivat johdattaa ympäristösäädösten tai -standardien rikkomiseen. Näitä vikaantumisia pyritään ennalta ehkäisemään kunnossapidon toimin tai ääritapauksessa laitteen toiminta suunnitellaan turvallisemmaksi ympäristön ja turvallisuuden kannalta. (Järviö ym. 2000, 45–46.)

Toiminnalliset seuraukset ovat vikaantumisia, joilla on suoria haitallisia vaikutuksia laitteen toimintakykyyn. Vikaantuminen voi vaikuttaa tuotantomääriin sekä pysähtyneellä tai hidastuneella tuotannolla tai heikentyneellä laadulla. Näitä vikaantumisia tarkastellaan usein kokonaiskustannuksien kannalta ja siihen vaikuttavat vikaantumisen tiheys sekä tuotannonmenetykset ja korjauskustannukset. Ennakoivia toimenpiteitä kannattaa tehdä, jos niiden kustannukset ovat alhaisemmat kuin korjaavilla toimenpiteillä. Jos toteutuksen kannalta järkeviä ennakoivia toimenpiteitä ei löydetä, pyritään vikaantumisen kokonaiskustannuksia laskemaan uudelleensuunnittelun avulla. (Järviö ym. 2000, 46–47.)

Seuraukset, jotka eivät suoraan vaikuta turvallisuuteen, ympäristöön tai toimintoihin, luokitellaan ei-toiminnallisiksi. Näitä vikaantumisia tarkastellaan yleensä vain taloudellisin perustein, koska ne näkyvät vain korjauskustannuksina. Tarvittaessa myös seurausvahingot ja varajärjestelmien toimivuus voidaan huomioida tarkastelussa. Kuten toiminnallisissakin vikaantumisissa, ennakoivia toimenpiteitä ei suositella tehtäväksi, jollei se ole taloudellisesti kannattavampaa. (Moubray 1997, 108–110.)

Piilevä vikaantuminen

Vikaantuminen on piilevää, jos sitä ei pystytä havaitsemaan normaaliolosuhteissa. Yleensä ne havaitaan vasta yhteisvikaantumistilanteessa, jossa kaksi tai useampi toisiinsa liittyvä piilevän vikaantumisen omaava toiminto vikaantuu samanaikaisesti aiheuttaen laitteen toiminnallisen vikaantumisen. Tällaisia kohteita ovat yleensä suojalaitteet ja varajärjestelmät. Monesti piileviä vikaantumisia pyritään havaitsemaan säännöllisten testauksien ja tarkastuksien avulla. Jos näillä toimenpiteillä ei kuitenkaan vikaantumista saada laskettua hyväksytylle tasolle, täytyy kohde suunnitella uudelleen, erityisesti vikaantumisen aiheuttaessa turvallisuus- tai ympäristöseurauksia. Jos vika aiheuttaa vain taloudellisia vaikutuksia, tulee päätös uudelleensuunnittelun tekemisestä tehdä myös taloudellisin perustein. (Järviö ym. 2000, 48–49.)

3.3.6 Ennakoivat toimenpiteet

Vikojen seurauksien jälkeen selvitetään niille sopivat toimenpiteet, joilla pyritään hallitsemaan vikaantumista tai vikojen seurauksia. Nämä tehtävät voidaan jakaa proaktiivisiin tehtäviin ja korjaus- tai toimintaohjeisiin. (Moubray 1997, 129.)

Proaktiivisia tehtäviä eli ennakoivia toimenpiteitä tehdään ennen kuin vikaantuminen on päässyt tasolle, jossa se voi estää laitteen vaaditut toiminnot. Proaktiiviset tehtävät voidaan edelleen jakaa kolmeen ryhmään, jotka ovat jaksotettu korjaus, jaksotettu uusiminen sekä kunnonvalvonta. (Moubray 1997, 129.)

Jaksotetussa korjauksessa laitteelle suoritetaan toimenpiteitä sen eliniän lopussa tai eliniästä riippumatta. Toimenpiteitä kuten esimerkiksi osan uudelleensuunnittelu, laitteen tai sen osien määräaikaistarkastukset. Jaksotetussa uusimisessa sen sijaan laitteen eliniän lopussa tai eliniästä riippumatta uusitaan sen osa tai osakokonaisuus kunnosta riippumatta. Yhdessä nämä menetelmät tunnetaan ennakoivana kunnossapitona. (Järviö 2004, 116.)

Kunnonvalvonnalla pyritään tarkkailemaan oireilevien vikaantumisten kehittymistä ja täten ennakoimaan niiden vikaantumisen ajankohtaa. Tällöin korjausprosessiin pystytään valmistautumaan etukäteen ja samalla lyhentämään linjaston mahdollista seisomisaikaa. Kunnonvalvontaa voidaan toteuttaa säännöllisillä mittauksilla, aisteilla havaitsemalla tai toiminnan muutoksilla. (Järviö 2004, 116.)

3.3.7 Korjaavat toimenpiteet

Korjaus- tai toimintaohjeisiin eli korjaaviin toimenpiteisiin päädytään, jos laitteelle ei pystytä määrittelemään tehokasta ennakoivaa toimintamallia. Ohjeistuksella pyritään luomaan toimintamalli, jonka mukaan toimitaan, kun laite lopettaa toimintansa. Näitä toimenpiteitä ovat vianetsintä, korjaava kunnossapito sekä uudelleensuunnittelu ja niitä toteutetaan vasta laitteen rikkouduttua. (Järviö 2004, 115–117.)

Moubray (1997, 170) määrittelee sopivan korjaus- tai toimintaohjeen valitsemisen seuraavasti:

- Jos sellaista ennakoivaa toimenpidettä ei löydy, joka vähentäisi piilevien vikojen yhteisvikaantumisen seurauksia siedettävälle tasolle, tulee suorittaa tietyin aikavälein tehtävä vianetsintä. Jos sopivaa vianetsintätoimenpidettä ei löydetä, on kohteen uudelleen suunnittelua harkittava.
- Jos sellaista ennakoivaa toimenpidettä ei löydy, joka vähentäisi seurauksia siedettävälle tasolle turvallisuuteen ja ympäristöön liittyen, tulee kohde suunnitella uudelleen tai muuttaa sen toimintaa.
- Jos sellaista ennakoivaa toimenpidettä ei löydy, jonka kustannukset olisivat alhaisemmat kuin toiminnallisilla seurauksilla, ei määräaikaikkunnossapittoa kannata tehdä.

- Jos ennakoivaa toimenpidettä ei löydy, jonka kustannukset tarkasteluaikana ovat matalammat kuin vikojen ei-toiminnalliset seuraukset, ei kannata suorittaa määrääi-
kaskunnossapitoa. Uudelleensuunnittelun harkinta on suositeltavaa.

3.3.8 RCM-päätöskaavio

Laitteen tai osan seurauksia ja niiden vaatimia kunnossapidon toimenpiteitä selvittäessä, käytetään RCM-analysissä päätöskaaviota ja -lomaketta. Päätöskaaviossa esitetään seurauksiin liittyviä kysymyksiä, joihin vastataan kyllä tai ei, ja lopulta päädytään johonkin kunnossapidon ratkaisuun. Liitteessä 1 on esitetty yksi mahdollinen esimerkki päätöskaavio-
mallista. Päätöslomakkeeseen kirjataan taulukon 5 mukaisesti kohteen informaatiolomak-
keen tunnus, päätöskaaviossa käytetty ”polku” ja ehdotettu kunnossapidontoimenpide.
Myös toimenpiteen toteutusväli ja tekijä on hyvä kirjata ylös.

Päätöslomake																
Informaatioviittaus				Seurausten arviointi				H1	H2	H3	Vian etsintä toiminta			Ehdotettu toimenpide	Toimenpideväli	Toimenpiteen tekijä
ID 1	ID 2	ID 3	ID 4	H	S	E	O	S1 O1 N1	S2 O2 N2	S3 O3 N3	H4	H5	S4			
1	a	1	b	K	E	E	K	E	K					Ennakkohuoltotoimenpiteen kuvaus...	1 kk	Kunnossapitoasentaja

Taulukko 5. RCM-päätöslomake (mukailtu Järviö ym. 2000, 104)

4 Käyttöohje

4.1 Tarkoitus

Käyttöohjeen päämääränä on opastaa kohderyhmä sitä koskevan tuotteen turvalliseen, tu-
lokselliseen ja tehokkaaseen käyttöön. Tällaisia tuotteita voivat olla esimerkiksi laitteet, pal-
velut tai laitejärjestelmät. Hyvän käyttöohjeen tunnusmerkkinä pidetään sen kykyä auttaa
käyttäjää hahmottamaan tuotteen toimintaperiaate, jolloin hän pystyy tarvittaessa itse päät-
telemään ratkaisut tilanteissa, joita ei välttämättä ohjeissa edes mainita. (Nykänen 2002,
50.)

Standardi SFS-EN 82079-1 (2020, 9) painottaa etenkin tuotteen tarkoitetun käytön kuvaam-
ista ja tiedon antamista, jonka avulla voidaan välttää kohtuuttomia turvallisuusriskejä, toi-
mintahäiriöitä, vaurioita tai tehotonta toimintaa. Myös tietoa, jonka avulla käyttäjä pystyy
ennalta tunnistamaan ja välttämään tuotteen väärinkäyttöä, on hyvä sisällyttää käyttöohjei-
siin.

4.2 Ohjeen laatiminen ja rakenne

Laadittaessa käyttöohjeita on ne hyvä tehdä käyttäjän näkökulmasta. On olennaista tunnis-
taa toiminnalle tärkeät vaiheet ja mitkä niistä vaativat käyttäjän omaa toimintaa, esimerkiksi
miten laite asennetaan ja mitä työkaluja se vaatii. Näitä vaiheita ohjeistaessa on kirjoittajan
hyvä ottaa huomioon oma asiantuntemuksensa ja pohtia, onko käyttäjän tuntemus samalla
tasolla. (Kotimaisten kielten keskus.)

Käyttöohjeen tulee olla kokonaisrakenteeltaan selkeä, loogisesti etenevä ja helposti ym-
märrettävissä. Tässä voidaan hyödyntää selkeitä väliotsikoita ja sisällysluetteloa, havain-
nollistavia kuvia sekä numeroituja luetteloita. Usein on myös tärkeää tehdä kaikenkattava
asiahakemisto ja erillinen vianimääritysosa. Näillä toimilla pyritään käyttöohje tekemään sel-
laiseksi, josta käyttäjä löytää helposti ja nopeasti tarvitsemansa tiedon. (Nykänen 2002, 50.)

Kaiken kattava yksittäinen käyttöohje tuotteen toiminnallisista ja teknisistä tiedoista voi olla
toimiva ratkaisu tietyissä tilanteissa. Usein laajempien kokonaisuuksien kohdalla on kuitenkin
käytännöllisempää hajottaa käyttöohje erillisiin osiin, kuten esimerkiksi kokoonpano-,
käynnistys- ja huolto-ohjeiksi. Käyttäjän tarpeet ja esitiedot tulisi kuitenkin aina olla ohjeis-
tuksen lähtökohtana. Paras ratkaisu useimmissa tapauksissa on tehdä erillinen peruskäyt-
töä koskeva ohje ja sen lisäksi erityisosaamista vaativat ylläpito-, huolto- ja korjausohjeet.
(Nykänen 2002, 50–51.)

4.3 Kieliasu

Käyttöohjeessa käytettävän kielen on oltava yksiselitteistä ja selkeää. Tuotteen kohderyhmälle tuntemattomia termejä ja lyhenteitä tulisi välttää, tai ne on vähintään selitettävä huolellisesti. Tarvittaessa käyttöohjeeseen voidaan liittää sanasto-osa. Johdon- ja yhdenmukaisuutta on käytettävä tuotteen osien ja toimintojen nimityksien suhteen, ohjeistuksen selkeyden parantamiseksi. (Nykänen 2002, 51.)

Jotta käyttäjä hahmottaa, mitä hänen tulisi itse tehdä ja mitä jonkun muun, on käyttöohjeissa hyvä käyttää suoria käskymuotoja. Ohjeet on kuitenkin hyvä ilmaista myönteiseen sävyyn eli kerrotaan käyttäjälle mieluummin, mitä hänen kannattaa tai pitää tehdä kuin mitä hän ei saisi tehdä. Tällöin teksti ei vaikuta liian määräilevältä ja ohjeen noudattamisesta muodostuu oman edun ja tavoitteen mukainen mielikuva käyttäjälle. Käyttöturvallisuuden liittyvissä tärkeissä asioissa selvien kieltojen ilmaiseminen on tästä huolimatta suositeltavaa. (Nykänen 2002, 51–52; Kotimaisten kielten keskus.)

5 Karkeamurskaamo

Tässä luvussa käydään lyhyesti läpi opinnäytetyön pilottikohteeksi valitun karkeamurskaamon toimintaa. Koska leukamurskain valittiin riskianalyysin kohteeksi, sen ominaisuuksia on esitelty astetta tarkemmin.

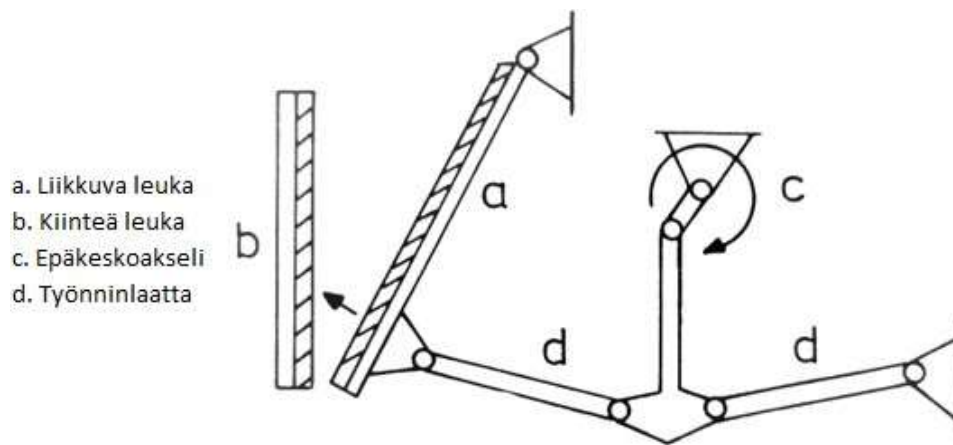
Karkeamurskaamolinjasto alkaa kippaustaskusta, johon maansiirtoautot kippaavat louhokselta tuomansa kiviaineksen. Kippaustaskulta hydraulisesti ohjattu syöttövaunu annostelee kiviainesta leukamurskaimelle, joka murskaa kivet halutun kokoisiksi. Käyttövoimansa leukamurskain saa liukurengasmootorilta. Tästä kiviaines päätyy välitaskuun, josta hydraulisesti ohjattu syöttövaunu annostelee sen lajittelulaitokselle vievälle hihnakuljettimelle.

Karkeamurskaamoon kuuluu kaksi hydraulikkayksikköä, jotka tuottavat linjaston laitteiden tarvitseman hydraulisen tehon. Linjastolta löytyy myös kaksi rikotuspuomia, joissa on kiinni hydraulivasarat. Näiden avulla ylisuuret kivet saadaan rikottua ja mahdolliset ruuhkat purettua. Osa koneiden voitelusta on toteutettu kiertovoitelujärjestelmän avulla, esimerkiksi leukamurskaimen liikkuvan leuan laakerit. Murskauksessa syntyvä pöly suodatetaan ilmasta pois kasettisuodattimen avulla. Karkeamurskaamon toimitilasta löytyy myös siltanosturi painavampien laitteiden ja komponenttien nostamiselle.

Leukamurskain Blake 17

Leukamurskain Blake 17 otettiin käyttöön vuonna 1966 ja sen toimitti Karhulan konepaja. Murskaimen kapasiteetti on 400 000–600 000 kiloa tunnissa ja kivet murskataan noin 180 millimetrin kokoisiksi. Käyttövoimansa laite saa 180 kilowattiselta liukurengasmootorilta, jonka pyörimisnopeus on 115 kierrosta minuutissa. Voimansiirto moottorin ja vauhtipyörän välillä on toteutettu ryhmäkiilahihnan avulla.

Blake-mallisen leukamurskaimen toimintaperiaatteena on kivien murskaaminen kiinteän ja liikkuvan leuan välissä. Liikkuva leuka on kiinnitetty työnninlaattaan, joka taas on liitetty epäkeskoakseliin. Epäkeskoakseli on kiinnitetty vastakkaiselta puolelta työnninlaatalle koneen runkoon. Liike-energiansa epäkeskoakseli saa siihen kiinnitetystä juoksupyörästä, jota laitteen käyttökone pyörittää. Kuvassa 4 on esitelty kaavamaisesti Blake-mallisen leukamurskaimen toimintaperiaatetta. (Lukkarinen 1985, 89, 94.)



Kuva 4. Blake-mallisen leukamurskaimen kaavamainen esitys (Lukkarinen 1985, 89)

6 Työn toteutus

6.1 Ennakkohuollon tarpeiden määritteleminen

Oppinäytetyö prosessi aloitettiin kirjallisuuskatselmuksella ennaoivasta kunnossapidosta ja sen suunnitteluun käytettävistä eri menetelmistä. Katselmuksen perusteella päädyimme valitsemaan RCM-menetelmän, mutta harkitsimme myös TPM-menetelmää (Total Productive Maintenance). Perinteisellä tavalla suoritettuna RCM-projekti saattaa kestää kuukausia tai jopa vuosia, mutta tämän työn osalta se ei ajallisesti ollut mahdollista tai perusteltua. Vaaditun työmäärän vähentämiseksi hyödynsimme kriittisyysluokittelua, jonka avulla valitsimme tuotannolle kriittisimmät kohteet ja suoritimme vain niille RCM-analyysin.

Hyödynsimme ennakkohuoltojen laatimisessa laitteiden valmistajien huolto-ohjeita, IFS-toiminnanohjausjärjestelmään kirjattuja laitekohtaisia huoltotoimenpiteitä sekä kunnossapidon asentajien tietämystä tarkasteltavien laitteiden huolloista. Näiden tiedonlähteiden avulla saimme kattavan kokonaiskuvan mahdollisista ennakkohuolloista ja pystyimme määrittelemään jokaiselle kohteelle sopivan ratkaisun.

6.2 Menetelmän valitseminen

Kriittisyysluokittelua varten päädyttiin käyttämään toimeksiantajalta jo valmiiksi löytynyttä taulukkoa, joka oli hankittu ulkopuoliselta toimittajalta. Kyseistä taulukkoa on hyödynnetty aiemmin Paraisten yksikön toiminnassa. Tämä aikaisempi positiivinen käytännön kokemus yrityksen sisällä vaikutti merkittävästi valintapäätökseen, koska toimintamallimme yksi selkeistä tavoitteista oli vastaavien ennakkohuoltosuunnitelmien toteuttaminen yrityksen muissakin yksiköissä. Myös taulukon helppokäyttöisyys ja haluamallamme tarkkuudella saadut tulokset vaikuttivat kyseiseen päätökseen.

Vaikkakin TPM-menetelmällä voitaisiin vähentää hävikkiä ja saavuttaa lähes häiriötön tuotanto, sen vaatima aika, resurssit sekä organisaatio muutokset osoittautuivat vertailussa heikommiksi. RCM-menetelmän valintaan vaikuttivat sen avulla johdonmukaisesti saavutettavat laitekohtaiset ennakkohuollot sekä laitteiston käytettävyyden, turvallisuuden ja taloudellisuuden paraneminen.

Työssä käytettyjen riskianalyysitaulukoiden pohjana käytettiin John Moubrayn RCM-prosessin vikaantumistapa, informaatio- ja päätöslomaketta (Moubray 1997, 68, 89, 199). Lomakkeiden sisältö käännettiin englannista suomen kielelle. Informaatiolomakkeeseen päädyttiin lisäämään sarakkeet laitekokonaisuudelle ja sen sisältämille laitteille. Päätöslomakkeeseen päädyttiin lisäämään sarake laitekokonaisuuden sisältämien laitteiden

informaatioviittauksille. Vikaantumistapa lomakkeeseen ei käännöksen lisäksi tehty muita muutoksia.

6.2.1 Taulukoiden testaaminen käytännössä ja kehitysideat

Laaditut taulukot testattiin ennen varsinaista pilottikohdetta pienimuotoisesti wollastoniitin jauhatuslaitoksen laitteilla, jotta niiden toimivuus saatiin varmistettua. Testiä tekevään ryhmään otettiin mukaan edustajia kunnossapidontyöntekijöistä ja -toimihenkilöistä. Heidän avullaan testistä saatiin luotettavat lopputulokset sekä rakentavaa palautetta prosessin ja taulukoiden toimivuudesta.

Testi aloitettiin suorittamalla kohteelle kriittisyysluokittelu, jossa laitteet pisteytettiin taulukon sisältämien kertoimien avulla. Kriittisyysluokittelussa käytetty pisteytysmenetelmä, jossa arvosteltiin laitteen toimintavarmuus ja vikaantumisesta syntyvät kustannukset, osoittautui toimivaksi, eikä sitä päädytty muuttamaan. Todettiin kuitenkin, että jos pisteytystä haluttaisiin tarkentaa, siihen voitaisiin lisätä arvot esimerkiksi vian havaittavuudelle tai laitteen luoksepäästävyydelle. Myös kriittisyysluokittelutaulukko osoittautui selkeäksi ja helppokäyttöiseksi, eikä testin pohjalta päädytty tekemään siihen muutoksia. Liitteessä 2 on esitetty tässä projektissa käytetty kriittisyysluokittelutaulukko.

Tämän jälkeen valittiin kriittisyysluokittelusta sattumanvaraisesti kriittinen laite, jolle suoritettiin riskianalyysi. Analyysiä suorittaessa huomattiin tarkastelun helpottuvan, kun suuri kokonaisuus jaettiin pienempiin tarkasteltaviin osakokonaisuuksiin. Tässä tilanteessa tarkasteltava laite päätettiin jakaa kriittisimpiin komponentteihin, kuten voimansiirtoon ja sähkömoottoriin. Tämän havaittiin helpottavan prosessia merkittävästi ja tarkentavan lopputuloksia huomattavasti. Tämän takia informaatiolomakkeeseen päädyttiin lisäämään komponenteille oma sarakkeensa. Kun prosessin lopputulokset saatiin päätöslomakkeelle, päädyttiin "ehdotettu toimenpide" sarake jakamaan "ehdotettu kunnonvalvonta toimenpide" ja "ehdotettu ennakkohuolto tai muu toimenpide" sarakkeiksi. Syynä tähän oli taulukon selkeyttäminen, sillä useammalle komponentille saatiin sekä kunnonvalvonnan että ennakkohuollon toimenpiteitä. Liitteissä 3, 4 ja 5 on esitetty tässä projektissa käytetyt riskianalyysitaulukot muutoksineen.

Vikaantumistapa lomakkeelle ei suoritettu testausta, sen yksinkertaisen toimintaperiaatteen ja aputyökalu aseman takia. Lomakkeelle päädyttiin kuitenkin tekemään vikaantumistapojen selvityksiä tuotannon yleisimmistä peruslaitteista. Esimerkiksi sähkömoottoreille ja niiden yleisimmille voimansiirto menetelmille laadittiin vikaantumistavat. Näitä tietoja voidaan jatkossa hyödyntää informaatiolomakkeiden täytössä.

6.3 Karkeamurskaamon kriittisyysluokittelu

Tämän opinnäytetyön pilottikohteeksi valittiin karkeamurskaamo ja sen kriittisyysluokittelun valmistelu aloitettiin kartoittamalla kaikki karkeamurskaamon sisältämät laitteet ja laitekonnaisuudet IFS-toiminnanohjausjärjestelmästä. Nämä laitteet ja laitekonnaisuudet listattiin kriittisyysluokittelutaulukkoon ja järjesteltiin selkeiksi ryhmiä. Esimerkiksi kuljettimet muodostivat oman ryhmänsä. Kirjatuille kohteille lisättiin myös kuvaus niiden toiminnasta kriittisyysluokittelu prosessin selkeyttämiseksi. Kohteiden listausta on esitelty taulukossa 6.

Tunnus	Laite tai toiminto	Laitteen tai toiminnon kuvaus
1102721001	Kippaustasku	
1102721002	Syöttövaunu 1 (Blake 17)	Siirtää kivet leukamurskaimelle
1102721003	Syöttövaunu 1 hydrauliyksikkö	Liikuttaa syöttövaunua 1
1102721004	Leukamurskain Blake 17	Murskata kivet halutun kokoisiksi
1102721005	Kiertovoitelupumppu	Voidella halutut kohteet

Taulukko 6. Kriittisyysluokittelun laitteiden tiedot

Kriittisyysluokittelun pisteytystä tehneeseen työryhmään osallistui sekä kunnossapidon että tuotannonohjauksen edustajia, joilla on kokemusta karkeamurskaamon laitteiden kunnossapidosta ja vikaantumisista. Pisteytys suoritettiin aina laite kerrallaan ja pisteytysprosessi aloitettiin määrittelemällä laitteen vikaantumisen mahdolliset vaikutukset ja seuraukset. Huomioon otettiin sekä ympäristö- ja turvallisuusvaikutukset että tuotannolliset ja taloudelliset seuraukset. Tämän jälkeen taulukosta löytyvän ohjeistuksen avulla pisteytettiin laitteen vikaantumisen todennäköisyys, toimintakyvyn palauttamisen vaatimat korjauskustannukset sekä rikkoutumisesta aiheutuvat tuotannonmenetykskustannukset. Ohjeistuksesta kerrotaan tarkemmin seuraavassa kappaleessa. Näiden kolmen arvon avulla taulukko laski tarkasteltavalle laitteelle riskiluvun kertomalla kustannuksien arvojen summan vikaantumisen todennäköisyyden arvolla. Taulukossa 7 on havainnollistettu taulukossa 6 esiintyneiden laitteiden pisteytystä.

Vikaantumisen vaikutukset ja / tai seuraukset	T	M	K	R
Tuotannon rajoitus	3	2	3	15
Tuotanto seis	3	2	3	15
Tuotanto seis	2	2	3	10
Tuotanto seis	3	4	4	24
Tuotanto seis	3	2	2	12

Taulukko 7. Kriittisyysluokittelun laitteiden pisteytys

Esitys kriittisyysluokaksi (1-5)	Vahvistettu kriittisyysluokka	Huomiot
4	60	Kippaus taskusta irtoavat osat ovat riski
4	60	
4	40	
4	96	
4	48	

Taulukko 8. Kriittisyysluokittelun lopputulokset

Taulukossa 8 punaisella taustalla merkityt laitteet ylittivät kriittisyysluokan raja-arvon. Tämä raja-arvo määriteltiin kriittisyysluokittelun lopputuloksien hajonnan perusteella. Tässä opinäytetyössä suoritettiin riskianalyysin vain yhdelle raja-arvon ylittäneistä laitteista. Normaalitilanteessa kaikille raja-arvon ylittäneille laitteille laadittaisiin riskianalyysi.

6.4 Leukamurskaimen riskianalyysi

Kriittisyysluokittelun perusteella leukamurskain valittiin riskianalyysin kohteeksi. Valintaan vaikutti leukamurskaimelle saatu kriittisyysluokka, joka oli huomattavasti korkeampi kuin muilla tarkasteltavilla laitteilla. Riskianalyysin suorittaminen aloitettiin informaatiolomakkeen täyttämällä.

Informaatiolomakkeelle kirjattiin ensimmäiseksi leukamurskaimen laitetunnus ja nimi. Tämän jälkeen leukamurskain jaettiin sen sisältämiin laitekomponentteihin ja ne kirjattiin taulukkoon omalle sarakkeellensa. Seuraavaksi listattiin kaikille leukamurskaimen laitekomponenteille niiden halutut toiminnot eli kuvaus siitä miten niiden tulisi toimia normaalitilanteessa. Tarkastelussa tutkituille laitekomponenteille ja niiden toiminnoille annettiin myös informaatioviittaukset, jotta niihin pystyttiin helpommin viittaamaan päätöslomakkeessa. Taulukossa 9 on havainnollistettu laitekomponenttien ja niiden toimintojen listausta.

Laitetunnus	ID 1	Laite tai osa	ID 2	Toiminto (miten pitäisi toimia?)
1102721004 Leukamurskain blake 17	1	Murskauslevyt	a	Murskata kivet halutun kokoisiksi
	2	Murtolevyt	a	Liikuttaa leukamurskainta

Taulukko 9. Riskianalyysin informaatiolomakkeen laitetiedot sekä niiden toiminnot

Seuraavaksi selvitettiin laitekomponenttien toimintojen mahdollisia vikoja ja miten vikaantuessaan niiden toiminta poikkeaa tarkoitetusta. Tämän jälkeen vioille määriteltiin mahdolliset vioittumistavat eli kuinka vioittuminen tapahtuu ja mistä se johtuu. Lopuksi selvitettiin millä tavalla vioittumistavat vaikuttivat tuotantoon, oliko varaosia varastossa ja kauanko kyseinen laite oli toimintakyvyttömänä. Vioille ja vioittumistavoille annettiin myös informaatioviittaukset päätöslomake viittausta varten. Taulukossa 10 on esitetty taulukon 9 laitekomponenteille kirjattuja tietoja.

ID 3	Vika (miten toiminta poikkeaa tarkoitetusta?)	ID 4	Vioittumistapa (kuinka vioittuminen tapahtuu, mistä johtuu?)	Vaikutukset (Mitä vaikutuksia vialla on?)
1	Kiviä ei saada murskattua ollenkaan	a	Murskauslevy osittain tai kokonaan irronnut kiinnityksistä	Murskalevy tai osia sen kiinnityksestä putoaa linjalle, mahdollisia lisa vaurioita. Tuotanto seis. Varaosaa ei varastossa. Toimintakyvyttömyysaika 2-3 vk.
		b	Liikkuvan leuan laakeri vika	Aiheuttaa tärinää, epätasaista käyntiä ja laakerikotelon kuumentumisen. Tuotanto seis. Varaosa varastossa. Toimintakyvyttömyysaika 5 pv.
2	Kivet jäävät liian isoiksi	a	Murskan säätö päässyt löystymään	Kivet jäävät liian suuriksi, mahdollisia tukoksia lajittelussa. Tuotannon rajoitus tai tuotannon pysähtyminen. Toimintakyvyttömyysaika 2-4 h.
		b	Murskalevyt kuluneet	Kivet jäävät liian suuriksi, mahdollisia tukoksia lajittelussa. Säädön kiristys tai uudet murskauslevyt tilalle. Tuotannon rajoitus tai tuotannon pysähtyminen. Varaosaa ei varastossa. Toimintakyvyttömyysaika 1-2 pv.
3	Kapasiteetin aleneminen	a	Murskan säätö liian kireällä	Kivet murskataan haluttua pienemmiksi, murskaus aika kasvaa ja tuotantokapasiteetti laskee. Tuotannon rajoitus. Toimintakyvyttömyysaika 2-4 h.
1	Leukamurskainta ei saada liikutettua	a	Jousitanko tai jousi rikkoutunut	Voimaa ei saada siirrettyä leukamurskaimelle. Tuotanto seis. Varaosa ei varastossa. Toimintakyvyttömyysaika 1-2 vk.

Taulukko 10. Informaatiolomakkeelle kirjattujen laitteiden vikoja, vioittumistapoja ja vaikutuksia

Informaatiolomakkeen jälkeen aloitettiin päätöslomakkeen täyttäminen informaatioviittauksien kirjaamisella. Seuraavaksi päätöskaavion avulla määriteltiin kunnossapitotoimenpiteet kaikille laitekomponenttien vioille. Samalla kun päätöskaavion kysymyksiin vastattiin, kirjattiin saadut vastaukset päätöslomakkeelle. Tällä toimenpiteellä pyrittiin selkeyttämään tehtyjen päätösten tulkitsemista, jotta esimerkiksi mahdollisten muutoksien tekeminen tulevaisuudessa helpottuisi. Taulukon 9 laitekomponenttien päätöslomakkeelle kirjattuja informaatioviittauksia ja päätöskaavion vastauksia on esitelty taulukossa 11. Tässä opinnäytetyössä käytettyä päätöskaaviota on esitelty liitteessä 1.

Informaatioviittaus				Seurausten arviointi				H1	H2	H3	Vian etsintä toiminta		
ID 1	ID 2	ID 3	ID 4	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4
								O1	O2	O3			
								N1	N2	N3			
1	a	1	a	K	E	E	K	K					
1	a	1	b	K	E	E	K	K					
1	a	2	a	K	E	E	K	E	K				
1	a	2	b	K	E	E	K	K					
1	a	3	a	K	E	E	K	K					
2	a	1	a	K	E	E	K	E	E	E			

Taulukko 11. Päätöslomakkeen informaatioviittaukset ja päätöskaavion vastaukset

Päätöskaavion tulosten perusteella kaikille laitekomponenttien vioille laadittiin kunnossapitotoimenpiteet. Esimerkiksi liikkuvan murskausleuan laakereille laadittiin säännöllinen kuulo- ja näköhavainnoilla suoritettava tarkastus sekä painotettiin laakereiden keskusvoitelujärjestelmän ylläpidon tärkeyttä. Keskusvoitelujärjestelmän kunnossapitotoimenpiteiden tarkempi laatiminen suoritettiin vasta sitä koskevassa riskianalysissä. Tämän jälkeen laadituille toimenpiteille määriteltiin kuinka usein niitä suoritetaan ja kuka ne suorittaa. Taulukon 9 laitekomponenteille laadittuja kunnossapitotoimenpiteitä on havainnollistettu taulukossa 12.

Ehdotettu kunnonvalvonta toimenpide	Toimenpideväli	Toimenpiteen tekijä	Ehdotettu ennakkohuolto tai muu toimenpide	Toimenpideväli	Toimenpiteen tekijä
Murskauslevyjen silmämääräinen tarkastus levyjen kiinnityksien valvomiseksi	6 kk	Asentaja			
Laakerien tarkastus kuulo- ja näköhavainnoilla	6 kk	Asentaja	Laakerin voitelun toimivuuden ylläpito		Asentaja
			Murskausvälin ajoittainen mittaaminen ja tarvittaessa säätö	6 kk	Asentaja
Murskauslevyjen kulumisen silmämääräinen tarkastus	12 kk	Asentaja			
Tuotantomäärien tarkkailu		Koneenkäyttäjä	Murskausvälin ajoittainen mittaaminen ja tarvittaessa säätö	6 kk	Asentaja
			Vaihdetaan uusi tilalle kun rikkoutuu		Asentaja

Taulukko 12. Päätöslomakkeen laaditut kunnossapitotoimenpiteet

6.5 Toimenpiteiden kirjaaminen IFS-toiminnanohjausjärjestelmään

Ennen kuin laadittuja ennakkohuoltojen toimenpiteitä lähdettiin kirjaamaan IFS-toiminnanohjausjärjestelmään, selvitettiin paras mahdollinen tapa ennakkohuoltoreittien laatimiselle ja raportoinnille. Koska ennakkohuoltoreittejä ei aikaisemmin ollut toimeksiantajan yrityksen sisällä laajemmin hyödynnetty, lähdettiin niiden tekemistä selvittämään IFS:n testiversiossa. IFS:n testiversioon laadittiin kuvitteellinen ennakkohuoltoreitti, joka sisälsi kolmen eri laitteen huoltotoimenpiteitä. Näille huoltotoimenpiteille laadittiin kuvitteellinen ohjeistus sekä selvitettiin miten niihin voidaan liittää mahdollisia huoltodokumentteja. Testiversiossa tutkittiin myös ennakkohuoltoreittien kalenteri pohjaisen generoinnin toimivuutta. Tuloksien perusteella pystyttiin toteamaan järjestelmän toimivan halutulla tavalla eli ennakkohuolloista generoitui työpyyntö haluttuina ajankohtina.

Selvityksien jälkeen aloitettiin riskianalysistä saatujen kunnossapitotoimenpiteiden laatiminen käytännön tasolla toimivaksi kokonaisuudeksi eli toimenpiteistä laadittiin ennakkohuoltoreittejä sekä yksittäisiä ennakkohuollon toimenpiteitä. Ennakkohuoltoreitteihin sisällytettiin toimenpiteitä, joissa laitteiden kunto tarkastettiin jollakin tavalla tai niissä suoritettava työ toistui useassa eri kohteessa. Esimerkiksi näkö- ja kuuloaisteilla suoritettavista tarkastuksista tai laakereiden rasvaamisesta laadittiin omat reittinsä. Yksittäisiin ennakkohuollon toimenpiteisiin sisällytettiin työt, joita ei pystytty järkevästi toteuttamaan reittitöinä. Jokaiselle toimenpiteelle määriteltiin sopiva toteutus aikaväli, jonka perusteella järjestelmä automaattisesti generoi työtilauksen kullekin toimenpiteelle.

6.6 Ohjeistuksen laatiminen

Ennakkohuoltojen suunnitteluprosessin ohjeistuksen laatiminen aloitettiin siinä käytettävien riskianalysitaulukoiden läpikäymisellä. Taulukoiden ohjeistaminen aloitettiin selittämällä lyhyesti niiden käyttötarkoitus ja niillä saatujen tuloksien merkitys. Tällä toimenpiteellä ohjeiden lukijalle pyrittiin perustelemaan kyseisten taulukoiden käyttämistä ja tuloksista saatuja

hyötyjä. Seuraavaksi laadittiin varsinaiset käyttöohjeet ja ne tehtiin numeroituina luetteloina. Näissä ohjeissa käytiin yksityiskohtaisesti läpi kaikki vaaditut toimenpiteet ja ne järjesteltiin testauksen perusteella hyväksi todetun suoritusjärjestyksen mukaisesti. Ohjeisiin lisättiin niiden selkeyttämiseksi myös kuvat esimerkki tapauksien pohjalta täytetyistä taulukoista.

Seuraavaksi aloitettiin koko ennakkohuoltojen suunnitteluprosessin ohjeistuksen laatiminen. Prosessista laadittiin kulkukaavio, jossa käytiin yleisesti läpi prosessin eri vaiheita ja samalla niistä kerrottiin lyhyesti. Ainoana poikkeuksena oli ennakkohuoltojen laatiminen IFS-toiminnanohjausjärjestelmään, jolle laadittiin oma kulkukaavionsa ja yksityiskohtainen selostus sen eri vaiheista ja menetelmistä. Syynä tälle ratkaisulle oli IFS-järjestelmän oman ohjeistuksen puutteellisuus sekä yrityksen henkilöstön vähäinen kokemus järjestelmän ennakkohuolto ominaisuuksien käytöstä.

7 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä laadittiin toimeksiantajalle menetelmä, jolla pystyttiin määrittelemään tuotannon laitteille ennakkohuoltoja. Samalla prosessista laadittiin ohjeistus ja selvitettiin miten saadut ennakkohuollon toimenpiteet kirjattaisiin IFS-toiminnanohjausjärjestelmään.

Työn alkuvaiheessa suoritettiin kirjallisuuskatselmus erilaisten kunnossapidon laatimismenetelmien suhteen ja hyvin nopeasti pystyttiin huomaamaan RCM-menetelmän sopivuus tämän opinnäytetyön tarpeisiin. RCM-menetelmän periaatteiden mukaisesti laadittiin ennakkohuoltojen suunnitteluun tarvittavat taulukot ja niille suoritettiin kattavat testaukset. Testeistä saadun palautteen avulla taulukoihin tehtiin tarvittavat muutokset ja niiden avulla lähdettiin suunnittelemaan karkeamurskaamon ennakkohuoltoja.

Karkeamurskaamon laitteiden selvityksen aikana havaittiin, ettei kohdealueella ollut juuri minkäänlaista IFS:n kirjattua suunniteltua ennakkohuoltoa. Suurin osa järjestelmään kirjatusta töistä sijoittui korjaavan kunnossapidon piiriin ja aikaisemmin suoritettut ennakkohuollot tehtiin lähinnä jokaisen asentajan oman tietämyksen ja kokemuksen perusteella. Tämä hankaloitti työnjohtoa seuraamasta mahdollisten ennakkohuoltojen tilannetta ja saatavilla olleiden resurssien optimaalista käyttöä.

Ennakkohuoltojen suunnittelun perustaksi laaditun kriittisyysluokittelutaulukon avulla saatiin erinomaisesti kartoitettua karkeamurskaamon tuotannon jatkuvuuden kannalta tärkeät laitteet. Taulukossa arvioitavien tekijöiden painotuksella saatujen tuloksien jakauma muodostui odotetulla tavalla eli suurin osa laitteista sijoittui arvostelu asteikon keskivaiheille.

RCM-menetelmän mukaisesti suoritettuna prosessin avulla laadittiin kattava ennakkohuoltosuunnitelma. Laadukas suunnitelma saatiin hyödyntämällä laitteiden valmistajien tietoja ja projektiin osallistuneiden kunnossapidonhenkilöstön kokemuksia. Ennakkohuoltosuunnitelman avulla töiden toteuttaminen selkeytyy huomattavasti. Osa niistä pystytään jopa toteuttamaan laitteiden käyttäjien toimesta, täten mahdollisesti vähentäen kunnossapidonhenkilöstön työmäärää.

Tämän opinnäytetyön aikana ei laadittuja ennakkohuoltosuunnitelmia ehditty syöttämään varsinaiseen IFS-järjestelmään tai testaamaan niitä käytännön tasolla. Myös tarkempien laitekohtaisten huolto-ohjeiden laatiminen jäi työn ulkopuolelle. Prosessia tullaan jatkamaan opinnäytetyön valmistuttua ja käytännön testeistä saatavan palautteen ja kehitysideoiden perusteella prosessista saadaan varmasti entistäkin tehokkaampi ja toimivampi kokonaisuus.

IFS-toiminnanohjausjärjestelmässä suoritettujen testien perusteella laadittiin toimintamalli, jonka avulla ennakkohuollot pystytään jatkossa luomaan helposti ja yhdenmukaisesti. Yhdenmukaisuus auttaa IFS-järjestelmän ylläpitoa ja sen antamien työmääräyksien tulkitsemista. IFS-järjestelmän käyttöä koskevilla tarkemmillä ohjeilla pyrittiin luomaan yhtenäisempi merkitsemistapa.

Ennakkohuoltojen suunnittelusta laadittu kulkukaavio mahdollistaa tulevaisuudessa prosessin toistamisen tai nykyisten toimenpiteiden päivittämisen. Jotta ennakkohuollot pysyisivät ajan tasalla koneiden kuntoon nähden, tulisi laaditut ennakkohuollot tarkistaa noin 3–5 vuoden välein. Laadituilla ennakkohuolloilla saavutettu taloudellinen hyöty selviää vasta pidemmän käyttö kokemuksen perusteella, mutta mahdollisia säästöjä kertyy etenkin tuotannon vähentyneistä seisontakustannuksista.

Lähteet

Järviö, J., Kokko, V., Konola, J., Leskelä, J., Mäki, K., Pakarinen, M., Pohjasto, H., Pokela, M., Ristimäki, P., Ruohomaa, H., Salmikuukka, J., Tiainen, S., Uusitalo, M., Välimäki, M. & Välisalo, T. 2000. Luottavuuskeskeinen kunnossapito. 4. Rajamäki. KP-Tieto Oy.

Järviö, J. 2004. Kunnossapito. 10. täydennetty painos. Rajamäki. KP-Media Oy.

Kotimaisten kielten keskus. Vinkkejä ohjetekstin tekijöille. Viitattu 24.2.2021. Saatavissa https://www.kotus.fi/ohjeet/virkakieliohjeita/ohjeita_ohjeiden_tekijoille#alku

Laine, H. 2010. Tehokas kunnossapito: tuottavuutta käynnissäpidolla. 16. Helsinki. KP-Media Oy.

Lukkarinen, T. 1985. Mineraalitekniikka: osa 1 mineraalien hienonnus. toinen painos. Helsinki. Insinööritieto Oy.

Mikkonen, H., Miettinen, J., Leinonen, P., Jantunen, E., Kokko, V., Riutta, E., Sulo, P., Komonen, K., Lumme, V., Kautto, J., Heinonen, K., Lakka, S. & Mäkeläinen, R. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. 13. Helsinki. KP-Media Oy.

Moubray, J. 1997. Reliability-centered maintenance. 2. edition. New York. Industrial Press Inc.

Nordkalk a. Nordkalk lyhyesti. Viitattu 1.2.2021. Saatavissa <https://www.nordkalk.fi/yritys/>

Nordkalk b. Toimipaikka, Lappeenranta. Viitattu 1.2.2021. Saatavissa <https://www.nordkalk.fi/yhteystiedot/toimipaikat/Suomi/Lappeenranta/>

Nordkalk c. Toimipaikka, Lappeenranta. Viitattu 18.2.2021. Saatavissa <https://nordkalk-cdn.eadmin.eu/resources/cache/lma-gickCrop/407342f1bf0c2f6d479213412d0d2ef6/image.jpg>

Nykänen, O. 2002. Toimivaa tekstiä: Opas tekniikasta kirjoittaville. Helsinki. Tekniikan Akateemisten Liitto TEK.

PSK 6201 2011. Kunnossapito. käsitteet ja määritelmät. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 6800 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

SFS-EN 13306 2019. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 82079-1 2020. Tuotteiden käyttöohjeiden laatiminen. Osa 1: Periaatteet ja yleiset vaatimukset. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Liitteet

Liite 1. RCM-päätöskaavio (Mikkonen ym. 2009, 600)

