

Kaisa Kumpulainen

## KUNNOSSAPITOTOIMINTOJEN ALOITUS

Insinöörityö  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikka ja liikenne  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Kevät 2013



Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä Kaisa Kumpulainen	
Työn nimi Kunnossapitotoimintojen aloitus	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Kunnossapito Kaivostekniikka	Ohjaaja Mikko Heikkinen  Toimeksiantaja Aquaminerals Finland Oy
Aika Kevät 2013	Sivumäärä ja liitteet 41+13
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli laatia kunnossapitotoimintojen runkoa Aquaminerals Finland Oy:lle. Yritys aloittaa tuotantotoimintansa tulevana kesänä. Tarkoituksena oli turvata tehtaan ylösajoa ja laatia puitteet, joiden pohjalta voidaan kunnossapitoa jatkokehittää kun tuotanto saadaan aloitettua.</p> <p>Työn teoriaosassa käsitellään yleisesti kunnossapitoa, sen käsitteitä ja erilaisia toimintastrategioita. Siinä esitellään kunnossapitotoimintoja ja sitä, kuinka kunnossapitotoiminnot kannattaa järjestää, jotta sille asetetut tavoitteet ovat saavutettavissa. Teoria auttaa ymmärtämään kunnossapitotoiminnan osa-alueita ja antaa perustan tehdyille kunnossapitotoiminnan aloittamiseen liittyville ratkaisuille, kuten dokumentoinnin, laitehierarkian ja tiedon hallinnoinnin järjestämiseen sekä sopivan kunnossapitostrategian valintaan.</p> <p>Soveltavassa osassa käsitellään, mitä käytännön toimenpiteitä kunnossapitotoiminnan aloittaminen vaatii. Insinööriyön tuloksena saatiin luotua ohjeita käyttäjille sekä kunnossapidolle. Suunnitelmat sisälsivät ideoita siitä, mitä tietoa kunnossapidolle tulisi kerätä, kunnonvalvonnan järjestämistä ja työohjeita.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Kunnossapito, kunnossapitojärjestelmä
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto



School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author Kaisa Kumpulainen	
Title Maintenance functions start-up	
Optional Professional Studies Maintenance Mining Technology	Instructor Mikko Heikkinen
	Commissioned by Aquaminerals Finland Oy
Date Spring 2013	Total Number of Pages and Appendices 41+13
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to create a body of maintenance functions for Aquaminerals, Finland. The company will start production operations next summer. The purpose was to secure the factory ramp-up, and to establish a framework on which to further develop the maintenance operations when production has started.</p> <p>The theoretical part deals with maintenance, its concepts and the different procedures in general. It sets out the maintenance operations, and how maintenance activities should be conducted in order for targets to be achieved. The theory illustrates the practical part of work activities and gives a basis for the maintenance start-up solutions.</p> <p>The practical part of this thesis is focused on the practical aspects of maintenance when starting production. The results of the thesis consist of instructions for users, as well as maintenance. The plans include information on inspections, condition monitoring, and fault searching. They also include some ideas on what data should be collected for the maintenance, how to organize condition monitoring, as well as work instructions.</p>	
Language of Thesis	
Keywords	
Deposited at	<input type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

## ALKUSANAT

Kiitän Aquaminerals Oy:n Erkki Salmirinnettä ja Tuomo Pikkaraista mielenkiintoisen insinööriyön tarjoamisesta ja ohjeista, joita sain työn suorittamiseen. Kiitos myös työtä ohjanneelle opettajalle Mikko Heikkiselle, jolta olen saanut neuvoja ja tukea työhön liittyen. Eero Soinista ja Seija Heikkistä saan kiittää kieliasuun liittyvästä ohjeista. Suuri kiitos myös perheelleni tuesta, jota sain opiskeluni aikana.

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 AQUAMINERALS FINLAND OY	2
2.1 Lähtötilanne Aquamineralsilla	2
2.2 Prosessikuvaus	3
3 KUNNOSSAPIDON KÄSITTEITÄ	5
3.1 Kunnossapidon määritelmä	5
3.2 Kunnossapidon aikakäsitteet	7
3.3 Kunnossapidon vaikutus tuotantotehokkuuteen	8
3.3.1 Toimintavarmuus	10
3.3.2 Kunnossapidettävyyden	10
3.3.3 Kunnossapitovarmuus	11
4 KUNNOSSAPITONÄKÖKOHDAT LAITE- JA TEHDASSUUNNITTELUSSA	12
5 KUNNOSSAPITOTOIMINNOT	14
5.1 Häiriökorjaus	16
5.2 Suunniteltu kunnossapito	16
5.3 Huolto	16
5.4 Ehkäisevä kunnossapito	17
5.4.1 Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu	18
5.4.2 Seisokkis suunnittelu	20
5.5 Korjaava kunnossapito	21
5.6 Parantava kunnossapito	22
5.7 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen	22
6 KUNNOSSAPITOTOIMINTAMALLIT	23
6.1 Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito TMP	24
6.2 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito RCM ja SRCM	25
6.3 Laatuajattelukeskeinen kunnossapito Six Sigma	26
6.4 Kustannustehokkuuskeskeinen kunnossapito TAC	26
6.5 Kuntoon perustuva kunnossapito CBM	28

7 KUNNOSSAPIDON TIETOJÄRJESTELMÄT	29
7.1 Laitapaikkojen ja laitteiden perustiedot	30
7.2 Materiaalihallinta	31
7.3 Vika- ja häiriöilmoitusjärjestelmä	32
7.4 Työmääräinjärjestelmä	32
7.5 Ennakoivan kunnossapidon järjestelmä	32
7.6 Ostotilausjärjestelmä	32
7.7 Dokumenttien hallinta	33
7.8 Yhteystietorekisteri	33
7.9 Resurssihallinta	33
7.10 Työtuntien kirjaus	33
7.11 Projekti- ja seisokkihallinta	34
7.12 Kalibrointi	34
8 KUNNOSSAPITOTOIMINTOJEN YLÖSAJO	35
8.1 Tiedon keruu ja hallinta	35
8.2 Laitteiston vastaanotto, varastointi ja asennus	36
8.3 Laitteiston kunnossapitosuunnitelman luominen	37
8.4 Työohjeiden ja ilmoituslomakkeiden laadinta	39
9 YHTEENVETO	40
LÄHTEET	41
LIITTEET	

## SYMBOLILUETTELO

CBM	Condition Based Maintenance, kuntoon perustuva kunnossapito
MLDT	Mean Logistic Delay Time, kunnossapitotarvikkeiden nouto eli keskimääräinen logistinen viive
MODT	Mean Operative Down Time, keskimääräinen käytöstä johtuva viive-aika ennen kunnossapitotöiden aloittamista
MTBF	Mean Time Between Failure, keskimääräinen vikaantumisväli
MTTR	Mean Time To Repair, keskimääräinen korjausaika
MWT	Mean Waiting Time, keskimääräinen odotusaika ennen kunnossapitotöiden alkamista. Muodostuu laitteen pysäyttämistä ja tarvikkeiden työpisteeseen toimittamisesta
PSK	Kansallinen standardisointijärjestö.
PSK 6201	Kansallinen standardi. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät
RCM	Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapidon toimintamalli
RTF	Run To Failure, konetta käytetään kunnes se vikaantuu
SFS-EN 13306	EU-standardi, kunnossapitosanasto
SIX SIGMA	Laatuajattelua korostava tuotannon toimintamalli, nykyisin laajentunut myös kunnossapidon toimintamalliksi
SRCM	Streamlined Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito, kevennetty malli RCM:stä
TAC	Total Asset Care, käyttöomaisuuden kokonaisvaltainen kunnossapito, keskittyy kunnossapitokustannusten minimoimiseen.
TMP	Total Productive Maintenance, kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito

## 1 JOHDANTO

Jokainen meistä on tekemisissä kunnossapitotoimintojen kanssa. Lähes kaikki ympärillämme olevat esineet ja laitteet tarvitsevat huoltoa pystyäkseen täyttämään niille suunnitellun tarkoituksen. Kiinteistöt, kodinkoneet, autot, maantiet jne. tarvitsevat erilaisia kunnossapitotoimia pysyäkseen käyttökuntoisina. Nykyisin kunnossapidosta on tullut yhä merkityksellisempi, koska laitteistoon sijoitettu pääoma halutaan tuottamaan mahdollisimman tehokkaasti. Siksi nykyaikaisen kunnossapidon tulisi olla hyvin suunniteltua. Ekologinen ajattelu ja raaka-aineiden hinnan nousu kannustavat huolehtimaan laitteistojen toimintakunnosta, jotta niiden käyttökunto pysyisi hyvänä mahdollisimman pitkään.

Kunnossapitotoimintojen suunnittelun tulisi alkaa yhtäaikaaisesti tuotantolaitoksen suunnittelun kanssa. Usein kuitenkin kunnossapitosektorin toimintojen kunnollinen suunnittelu aloitetaan vasta rakennusvaiheen loppupuolella, tuotantolaitoksen ylösajon yhteydessä tai vasta sitä mukaa, kun ongelmia ilmaantuu. Tuotantolaitoksen rakennusprojekti- ja ylösajoaikataulut ovat usein hyvin kireät. Jos laitteiston kunnossapitotoimintoja ei ole mietitty riittävän kattavasti, voivat yllättävät vikaantumiset ja laiterikot sotkea suunnitellun aikataulun ja viivästyttää tuotannon käynnistymistä.

Tärkeää tietoa laitteiston käyttäytymisestä ja käyttöolosuhteista menetetään, jos tiedon keräämistä ja tallentamista ei aloiteta jo laiteasennuksien ja koeajojen yhteydessä. Laitteiston ajoparametrien historiatietojen kerääminen hyödyttää prosessinohjausta ja kunnossapidon toimintojen tehokasta suunnittelua. Tehdyt kunnossapitotoimet tulisi myös kirjata ja tallentaa jotenkin, jotta kunnossapitoa voidaan kehittää ja kunnossapitoresurssien tehokkuutta seurata.

Tämän insinööriyön aiheena on kunnossapitotoimintojen eri osa-alueiden käynnistäminen toimintaansa aloittavassa tuotantolaitoksessa. Tarkoituksena on ottaa esille tiettyjä tuotantolaitteiston toiminnalle tärkeitä kunnossapidollisia seikkoja, jotka vaativat huomiota ja päätöksiä kunnossapitotoimintojen osalta, jotta laitoksen toimintavarmuus saataisiin hyväksyttävälle tasolle tuotannon käynnistyessä.



## 2 AQUAMINERALS FINLAND OY

Tämä insinöörityö on tehty Aquaminerals Finland Oy:lle, jonka toiminta-alue on vedenpuhdistusmineraalien valmistaminen. Mineraaleja käsitellään ja niitä yhdistellään prosessivaiheissa keskenään, jotta lopputuote saadaan absorboimaan itseensä epäpuhtauksia jätevesistä. Tuotteet poistavat veteen liuenneita metalleja ja puolimetalleja, kuten fosfori, arseni, nikkeli, kupari, lyijy, sinkki, magnaani ja kadmium. Yhtenä tuotteena saadaan kvartssia, jota käytetään esimerkiksi betonin raaka-aineena. Tuotantolaitos sijaitsee Paltamossa aikaisemmin käytössä olleella tehdasalueella. [1.]

Yrityksen tuotantoprosessin on tarkoitus käynnistyä kesällä 2013. Tuotantomenetelmä on uusi, joten tehdas on ensimmäinen laatuaan. Laitteisto on kuitenkin varsin yleisesti käytössä olevaa tekniikkaa. Innovaationa on mineraalien käsittely ja yhdistely siten, että tuotteeseen saadaan halutut ominaisuudet.

### 2.1 Lähtötilanne Aquamineralsilla

Suurin osa laitteistosta oli hankittu ja paikoilleen asennettu insinöörityön alkaessa. Prosessin tarvitseman lämpöenergian tuottava laitteisto ei vielä ollut saapunut tehtaalle insinöörityön alkaessa. Tuotantokoneet ja -laitteet ovat tulleet pääosin Kiinasta. Osa ohjaus- ja säätölaitteista on hankittu Euroopan alueelta ja osa Kiinasta. Kaikista laitteista ei ole tarkkoja laitekuvia eikä asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeita. Osa teknisistä asiakirjoista on pelkästään kiinaksi. Laiteluettelo ja layout-suunnitelma olivat käytettävissä. Sähkösuunnitelma on tehty ja automaatiosuunnitelma on työn alla. Alkuvaiheessa ei ole tarkoitus hankkia tietojärjestelmää kunnossapidon hallinnointia varten.

Tarkempaa strategiaa laitteiston luotettavan toiminnan varmistamiseksi ei ole vielä laadittu. Käyttöhenkilöstön työtehtäviin tulee kuulumaan paljon laitteiston kunnossapitotöitä, erillisiä vakansseja kunnossapitotoimintoihin ei ole. Työtehtävät, joita ei itse pystytä hoitamaan, ostetaan ulkopuoliselta toimijalta.

## 2.2 Prosessikuvaus

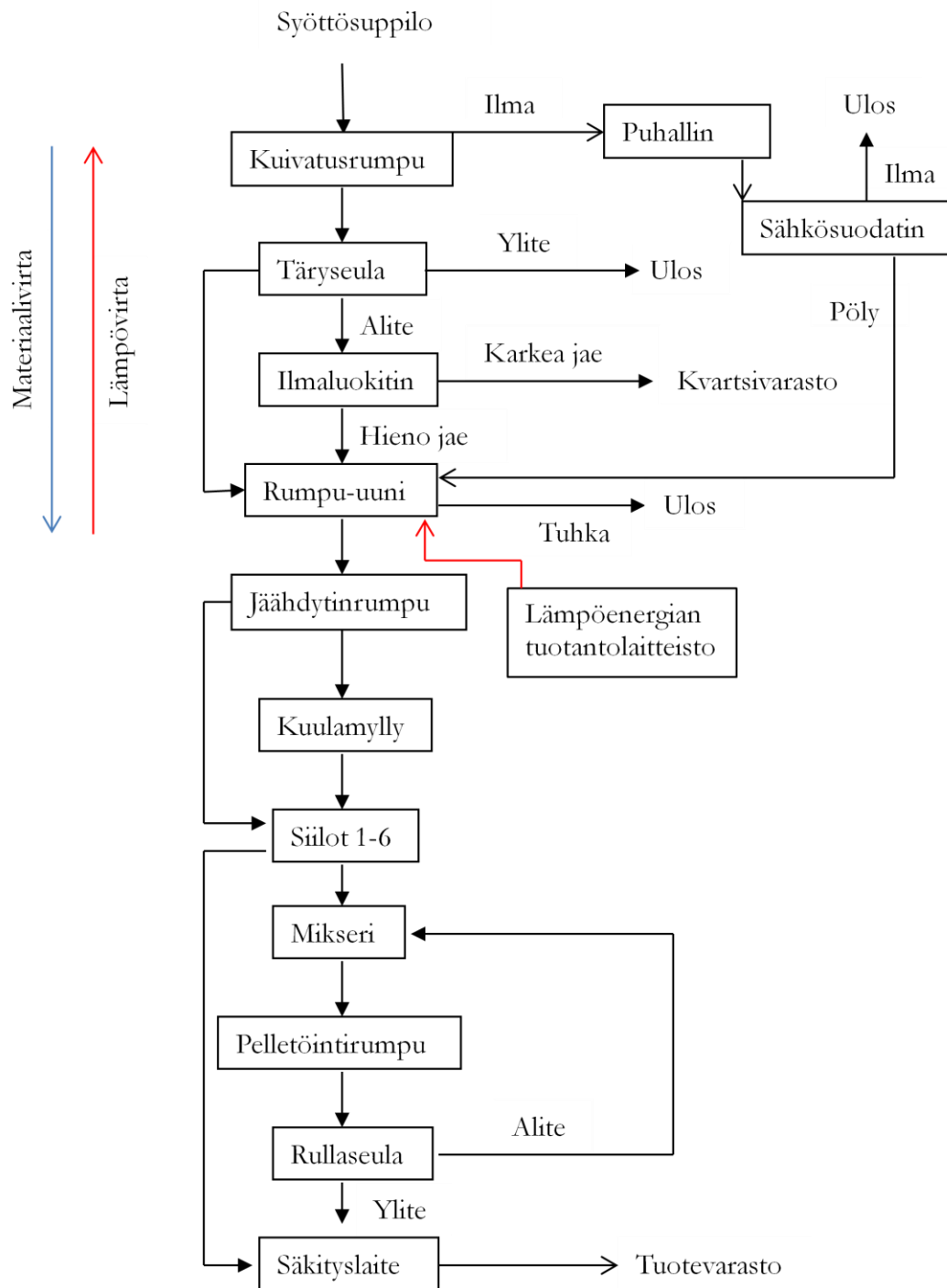
Tuotantoprosessi ei ole kovin monimutkainen, mutta tuotevalikoiman laajuuden vuoksi erilaisia materiaalin käsittelyvaihtoehtoja on useita. Raaka-aineet toimitetaan tehtaalle esiseulottuna rekkakuormina ja ne kasataan aumoiksi pyöräkuormaajalla. Eri raaka-aineet kasataan eri aumoihin. Kiviaines siirretään pyöräkuormaajalla syöttösuppiloon, joka annostelee materiaalin hihnakuljettimelle. Kuljettimella on vaaka, jolla syötteen määrää seurataan. Materiaali siirtyy hihnalta syöttöruuvilla kuivausrumpuun, jossa sen lämpötila nostetaan yli 100 °C:n. Kuivauksen aikana materiaalissa oleva vesi poistuu. Kuivatuksen jälkeen kiviaines seulotaan. Seulan ylite menee hihnakuljettimella ulos ja alite ilmaluokittimelle. Ylite on materiaalijae, joka ei läpäise lajitinta ja alite on lajittimen läpi menevä jae. Ilmaluokittimen karkeajae menee kvartsivarastoon. Ilmaluokitin voidaan ohittaa tarvittaessa ruuvikuljettimilla.

Seuraavassa prosessivaiheessa materiaalia kuivatetaan rumpu-uunissa. Materiaali syötetään rumpu-uuniin sulkusyöttimellä. Uunissa materiaalin lämpötila nousee rummun loppupäätä kohden, ollen lopussa noin 1000 °C. Korkea lämpötila tarvitaan, jotta mineraalien kidevesi saadaan poistumaan. Eloperäinen materiaali palaa rumpu-uunissa, ja tuhka poistuu uunista sulkusyöttimen kautta ruuvikuljettimelle ja lopulta ulos. Tuhkan määrä on oletettavasti hyvin pieni. Rumpu-uunin jälkeen seuraa tuotteen jäähdytys jäähdytinrummussa.

Jäähdytinrummun jälkeen materiaalin partikkelikokoa voidaan tarvittaessa säätää kuulamylyllä, tai se voidaan ohjata suoraan siloihin. Siloja on kuusi kappaletta. Siloilta aines voidaan siirtää suoraan säkityslaitteelle tai eri siloissa olevista eri materiaaleista voidaan sekoittaa haluttu mineraaliseos mikserillä. Mikseriltä tuote menee pelletöintirummulle. Pelletöinnissä materiaalijakeet saadaan kiinnittymään toisiinsa, minkä lopputuloksena on leca-soraa muistuttava rakenne. Pelletit lajitellaan rullaseulalla, jonka ylite menee säkityslaitteelle ja alite takaisin mikserille. Kuulamylyn ja säkityslaitteiston yhteydessä on pölynpoistolaitteisto. Säkityslaitteessa tuote pakataan suursäkkeihin. Suursäkit siirretään trukilla tuotevarastoon odottamaan toimitusta asiakkaalle. Tehtaan suunniteltu tuotantokapasiteetti vuorokaudessa on lopputuotteesta riippuen 24 - 48 tonnia.

Prosessilaitteistossa on paljon erilaisia kuljettimia. Kuvaan 1 on tehty prosessia havainnollistava lohkokaavio. Lohkokaaavion nuolet kuvaavat materiaalin siirtoa erilaisilla kuljettimilla. Prosessin vaatima lämmitysenergia tuotetaan puuhakkeen kaasutuslaitteistolla. Tarvittaessa voidaan prosessin vaatima lämpö tuottaa myös öljyllä. Kuuma ilma virtaa alipaineen vaiku-

tuksesta rumpu-uunin materiaalivirtaa vasten. Alipaine syntyy erillisellä puhaltimella. Rumpu-uunista poistuva kuuma ilma syötetään kuivatusrumpuun, jossa se esilämmittää prosessiin tulevaa kiviainesta.

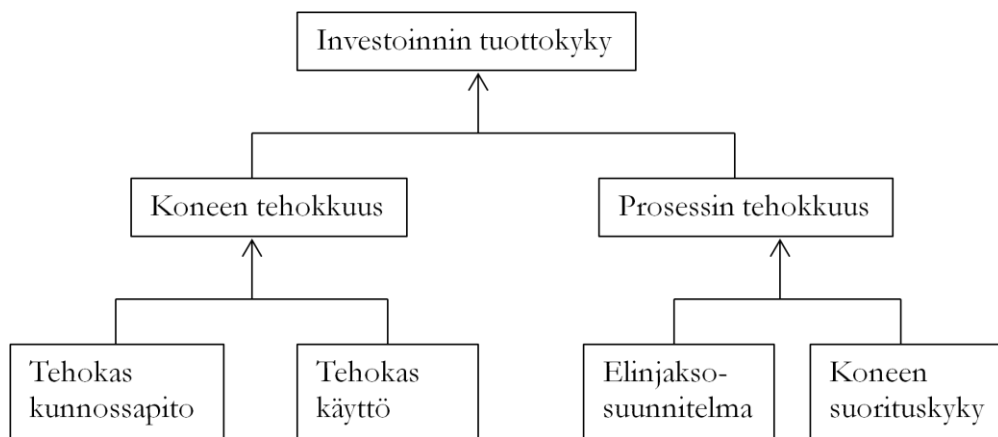


Kuva 1. Lohkokaavio tuotantoprosessista

### 3 KUNNOSSAPIDON KÄSITTEITÄ

Tässä osassa käsitellään kunnossapitosektorin eri käsitteitä ja osa-alueita. Tarkoituksena on osoittaa, kuinka kunnossapitotoiminnot kytkeytyvät kaikkiin yrityksen toiminta-alueisiin ja kuinka ne osaltaan vaikuttavat yritystoiminnan tuottavuuteen. Kunnossapidon tavoitteena on korkea tuotannon kokonaistehokkuus ja tuotantolaitteiston hyvä käyttövarmuus. Kunnossapito sisältää hallinnollisia, taloudellisia ja teknisiä toimintoja.

Kunnossapitoyhdistys määrittelee investoinnin tuottokyvyn muodostuvan koneen ja tuotantoprosessin tehokkuudesta. Koneen tehokkuus rakentuu taas tehokkaasta kunnossapidosta ja tehokkaasta käytöstä. Prosessin tehokkuus perustuu koneen suorituskykyyn ja elinjakosuunnitelmaan. Kuvassa 2 on esitetty kaavio investoinnin tuottokyvyn rakentumisesta. [2.]



Kuva 2. Investoinnin tuottokyky [2, s. 9.]

#### 3.1 Kunnossapidon määritelmä

Kunnossapitoa määritellään erilaisilla standardeilla. EU-standardi SFS-EN 13306 määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

"Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeen johdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon." [3.]

PKS Standardointi puolestaan määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

"Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttamaan se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana." [4.]

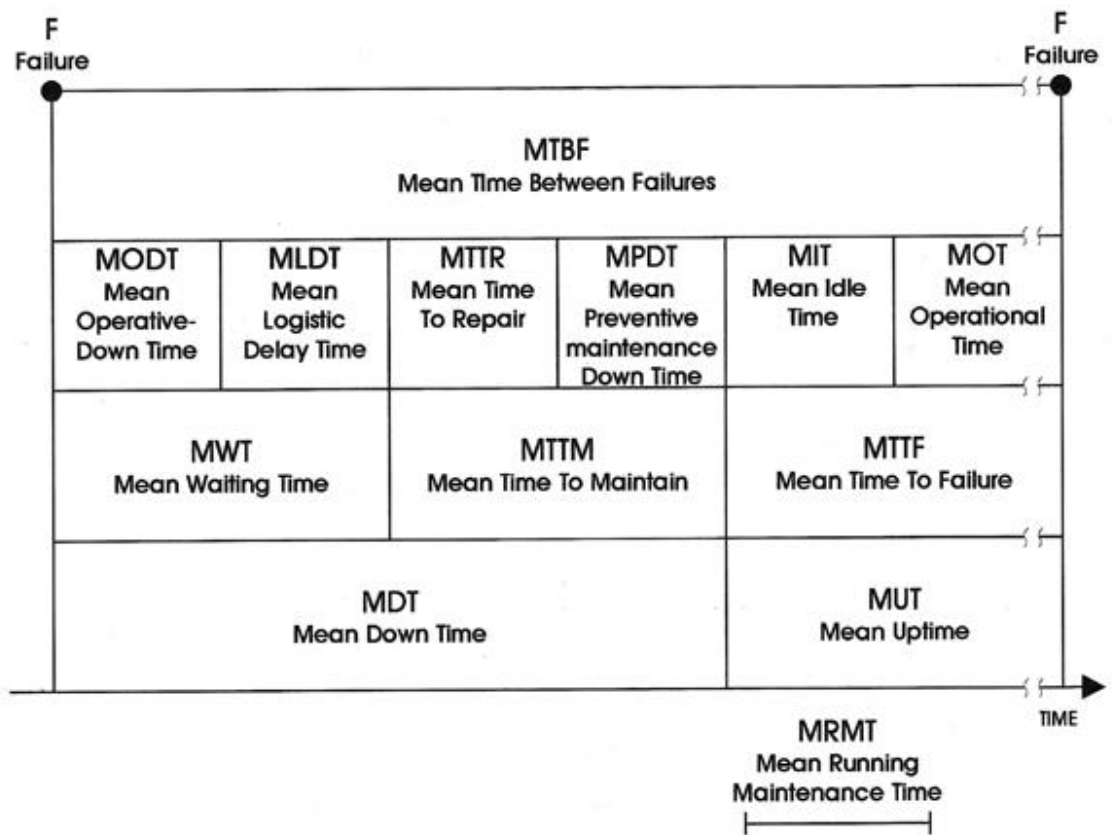
Kunnossapidoksi tulisi määritellä myös kone- ja laitossuunnittelun yksityiskohdat, joilla on merkitystä laitteiston vikaantumiseen tai kunnossapidettävyyteen. Laitteisto tulee suunnitella siten, että siinä on mahdollisimman vähän rikkoutuvia kohtia ja niin, että yleisimmin esiintyvät viat olisivat helposti huomattavissa heti vikaantumisen alussa, ennen kuin ne kehittyvät vakaviksi vaurioiksi. Konesuunnittelussa tulee huomioida, että kuluvien osien vaihtaminen on helppoa. Tällöin asennusajat jäävät lyhyiksi ja laitteisto on nopeammin tuotannon käytettävissä. Laitossuunnittelussa on osattava varata riittävästi tilaa laitteiston ympärille, jotta kaikki tarvittavat kunnossapitotyöt voidaan suorittaa turvallisesti. Toisinaan laitossuunnittelussa ei ole jätetty riittävästi tilaa raskaiden koneen osien liikuttelua varten, esimerkiksi isojen moottoreiden viereen tulisi päästä trukilla tai muulla nostolaitteella. Kunnossapito alkaa siis jo ennen kuin laite tai tuotantolaitos on rakennettu.

Kunnossapidon kehittäjänä tunnettu englantilainen John Moudbary on määritellyt kunnossapidon tavoitteeksi varmistaa omistajien, käyttäjien ja yhteiskunnan tyytyväisyys sekä valita ja käyttää parhaiten sopivia kunnossapitomenetelmiä vikaantumisen ja sen seurausten hallintaan. Lisäksi hänen mielestään tehokas kunnossapitotoiminta tarvitsee kaikkien kunnossapitoon vaikuttavien henkilöiden aktiivisen tuen. Kunnossapito koskettaa kaikkia riippumatta toimialasta ja niiden eri toiminnoista. Kunnossapito koskettaa niin ei-teollisia kuin teollisia-kin toimialoja ja liiketoiminnan eri toimintoja, kuten johtaminen, markkinointi, tuotanto, taloushallinto jne. [2.]

Kunnossapidon tehtävänä on varmistaa edellytykset kannattavalle ja laadukkaalle tuotanto-toiminnalle ylläpitämällä laitteiston hyvää toimintakuntoa. Hyvin toimivan kunnossapidon avulla päästään korkeaan tuotannon hyötysuhteeseen, koska seisokkiajat ovat lyhyemmät ja tuotteiden laatu parempi.

### 3.2 Kunnossapidon aikakäsitteet

Kunnossapidossa käytetään erilaisia aikakäsitteitä mittaamaan kunnossapidon tehokkuutta. Jakamalla kunnossapidon työ ja tuotannon häiriöajat pienemmiksi kokonaisuuksiksi voidaan havaita helpommin tuotantoa lyhentävät seikat. Tällöin päästään pohtimaan, kuinka toimintaa voitaisiin tehostaa tuotanto- ja kunnossapitotoiminnoissa, jotta häiriöajat saataisiin lyhyemmiksi. Kuvassa 3 on esitetty kunnossapitoon liittyvien aikamäärittelyjen kaavio.



Kuva 3. Kunnossapidon aikamäärittelyjen kaavio. [5.]

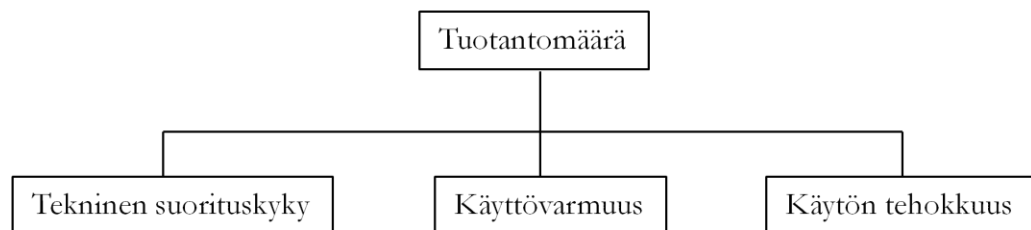
Taulukossa 1 on kuvan 3 englanninkieliset termit suomeksi.

Taulukko 1. Kunnossapidon aikamäärittelyt suomeksi. [5.]

<b>F</b>	keskeytyksen aiheuttaja, vika tai vaurio (Failure)
<b>MTBF</b>	keskimääräinen vikaväli (Mean Time Between Failures)
<b>MODT</b>	keskimääräinen käytöstä johtuva viiveaika (Mean Operative-Down Time)
<b>MLDT</b>	keskimääräinen logistinen viiveaika (Mean Logistic Delay Time)
<b>MTTR</b>	keskimääräinen vian korjausaika (Mean Time To Repaire)
<b>MPDT</b>	keskimääräinen pysäytyksen vaatima huoltoaika (Mean Preventive Maintenance Down Time)
<b>MIT</b>	keskimääräinen tyhjäkäyntiaika (Mean Idle Time)
<b>MOT</b>	keskimääräinen tuotantoaika (Mean Operational Time)
<b>MWT</b>	keskimääräinen odotusaika (Mean Waiting Time)
<b>MTTM</b>	keskimääräinen kunnossapitoaika (Mean Time To Maintain)
<b>MTTF</b>	keskimääräinen vikaantumisaika (Mean Time To Failure)
<b>MDT</b>	keskimääräinen seisokkiaika (Mean Down Time)
<b>MUT</b>	keskimääräinen käyttökelpoisuusaika (Mean Up Time)
<b>MRMT</b>	keskimääräinen käytönaikainen huoltoaika (Mean Running Maintenance Time)

### 3.3 Kunnossapidon vaikutus tuotantotehokkuuteen

Suomalainen kunnossapitotoimintojen kehittäjänä tunnettu tekniikan tohtori Jorma Järviö määrittelee koneen suorituskyvyn eli tuotannon määrän riippuvan koneen teknisestä suorituskyvystä ja sen käyttövarmuudesta sekä koneen tehokkaasta käytöstä. Kuvassa 4 on esitetty kaavio toteutuneen tuotannon osatekijöistä. [2.]



Kuva 4. Koneen suorituskyvyn osatekijät [2, s. 27.]

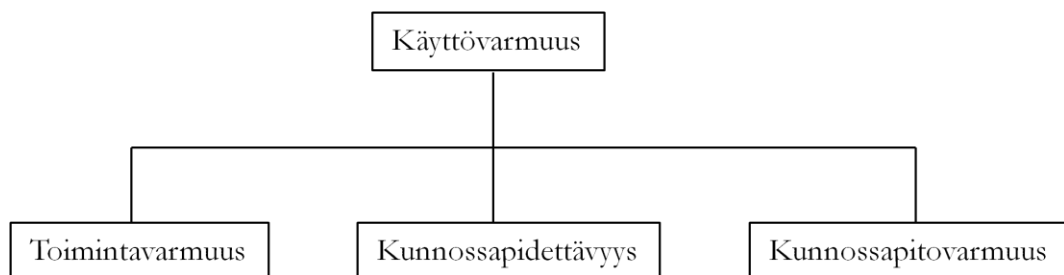
Tekninen suorituskyky luodaan laitteen suunnittelu ja valmistusvaiheessa, kunnossapidolla pyritään ylläpitämään tämä suorituskyky. Käytön tehokkuus riippuu käyttöhenkilöstön toi-

minnasta ja siitä, onko tuotannolle tilausta eli onko myyntiorganisaatio saanut tuotteille tilauksia. Käyttöhenkilöstön toimintatavoilla on vaikutusta tuotannon laatuun ja siihen, miten pian laitteisto kaipa kunnossapitotoimia. Esimerkiksi kuljettajan ajotavalla on suuri merkitys ajoneuvon huoltotarpeen määrään. Käytönaikainen laitteiston toiminnan seuraaminen ja esimerkiksi säännöllinen toimintaympäristön siivoaminen vähentävät häiriöitä tuotannossa ja koneiden toiminnassa. Käyttövarmuuden takaajana ovat laitteiston toimintavarmuus, kunnossapidettävyyys ja kunnossapitovarmuus. [2, s. 27-29.]

PSK 6201 -standardi määrittelee käyttövarmuuden 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." [4.]

Jorma Järviö määrittelee käyttövarmuuden osatekijöiksi toimintavarmuuden, kunnossapidettävyyden ja kunnossapitovarmuuden. Toimintavarmuus tarkoittaa koneen kykyä suorittaa vaadittu toiminto tietyssä ajanjaksossa ja määrättyissä olosuhteissa. Kunnossapidettävyydellä tarkoitetaan koneen ominaisuuksia olla pidettävissä toimintakuntoisena tai olla palautettavissa toimintakuntoon määrättyissä olosuhteissa, määrättyillä menetelmillä ja resursseilla. Kunnossapitovarmuudella tarkoitetaan kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa kunnossapitotoimia. Kuvassa 5 on havainnollistettu kaaviokuvalla käyttövarmuuden osatekijöitä.[2.]



Kuva 5. Käyttövarmuuteen vaikuttavat tekijät [2, s. 27.]



### 3.3.1 Toimintavarmuus

Toimintavarmuuden osatekijöiksi Järviö luettelee Kunnossapito-kirjassa konstruktion eli koneen suunnittelun lähtötiedot, rakenteellisen kunnossapidettävyyden, asennuksen, huollon, käytön ja varmennuksen. Rakenteellisella kunnossapidettävyydellä tarkoitetaan laitteen luoksepäästävyyttä, vian paikallistamisen ja korjauksen helppoutta. Asennuksella tarkoitetaan varsinaisen asennustyön lisäksi myös laitteiston luovuttamista, opastusta, kunnossapitosuunnitelmaa ja konekohtaista dokumentaatiota. Huollolla tarkoitetaan ennakoivaa kunnossapitoa ja huollon toteutusta. Käyttö tarkoittaa tässä yhteydessä varsinaisen fyysisen suorituksen lisäksi myös käyttöhenkilökunnan koulutusta ja motivaatiota. Varmennuksella tarkoitetaan sitä, että toiminto voidaan suorittaa useammalla keinolla, esimerkiksi varalaitteella. [2, s. 27-29.]

Toimintavarmuutta kuvaamaan käytetään keskimääräistä vikaantumisväliä, se on keskimääräinen aika laitteen vikaantumiseen edellisestä korjauksesta. Keskimääräisestä vikaantumisvälistä käytetään yleensä lyhennettä MTBF, joka tulee englanninkielisistä sanoista Mean Time Between Failure. [6.]

### 3.3.2 Kunnossapidettävyys

Laitteiston kunnossapidettävyys perustuu siihen, miten helposti esiintyvät viat ovat havaittavissa, miten ne ovat korjattavissa ja siitä, miten laitteisto on huollettavissa. Havainnointia helpottamaan käytetään usein erilaisia antureita tai pitemmälle vietyinä automaattista kunnon valvontaa. Aistein tapahtuva havainnointi ei aina anna riittävästi reagointiaikaa kunnossapitotoimille ennen laitteen rikkoutumista, vikaa indikoivat oireet jäävät havaitsematta. Korjattavuuden taso riippuu siitä, miten hyvin laitteistosta on dokumentaatiota, varaosia ja tarvittavia työkaluja yms. saatavilla sekä siitä, miten paljon purkaminen, kasaaminen ja käyntikuntoon saattaminen vie aikaa. [2, s. 28-29.]

Kunnossapidettävyttä kuvataan yleensä keskimääräisellä korjausajalla, josta käytetään lyhennettä MTTR (Mean Time To Repair). Se kertoo, kauanko keskimäärin vikaantuneen laitteen korjaamiseen kuluu aikaa. [6.]

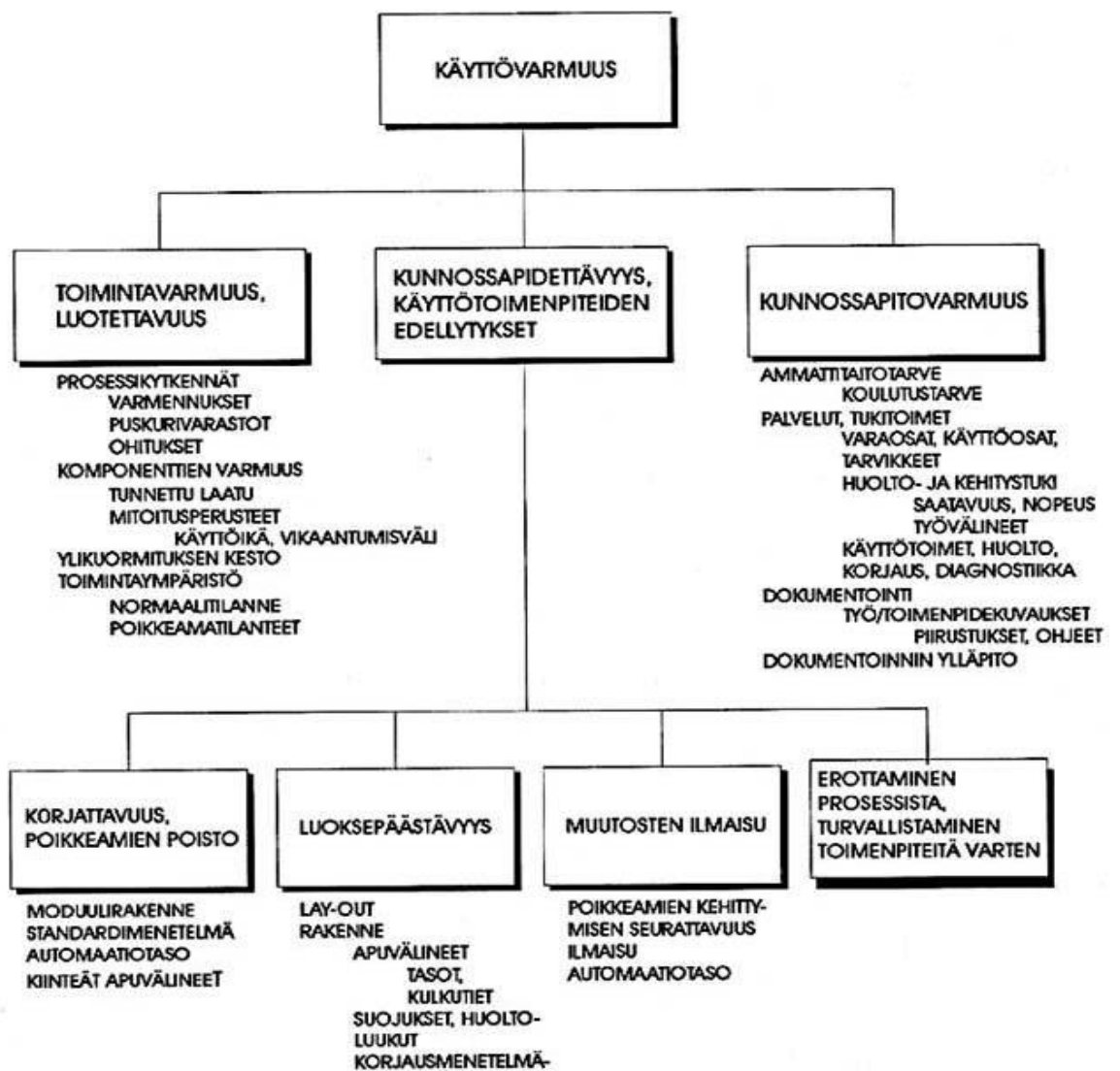
### 3.3.3 Kunnossapitovarmuus

Kunnossapito-organisaation tehokkuudesta kertovan kunnossapitovarmuuden osatekijät ovat dokumentaatiojärjestelmä, organisaatiohenkilöstö ja sen yhteistoimintatavat, varaosa-, korjausvaruste- ja materiaalijärjestelmä. Dokumentaatiojärjestelmällä tarkoitetaan tässä piirustusten, työohjeiden ja historiatietojen keräystä, saatavuutta ja tiedostojen ylläpitoa. Organisaation hallinto-, käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön ammattitaito ja motivaatio sekä yhteistoiminnan sujuvuus vaikuttavat osaltaan kunnossapitotöiden ja tiedonkulun sujuvuuteen. Varaosa-, korjausvaruste- ja materiaalijärjestelmiin kuuluvat mm. niiden varasto- ja logistiikkatoiminnot. [2, s. 29.]

Kunnossapitovarmuuden kuvaajana voidaan käyttää korjauksen odotusaikaa, josta käytetään lyhennettä MWT (Mean Waiting Time). Korjauksen odotusaika koostuu siitä ajasta mikä kuuluu vian havaitsemisesta siihen, kun itse korjausta päästään suorittamaan. Vian havaitsemisen jälkeen kuluu aikaa koneiden pysäyttämiseen ja tarvikkeiden noutamiseen. Koneiden pysäyttämiseen kuluvasta ajasta eli keskimääräisestä käytöstä johtuvasta viiveestä käytetään lyhennettä MODT (Mean Operative Down Time). Tarvikkeiden noudolla eli keskimääräisellä logistisella viiveellä on lyhenne MLDT (Mean Logistic Delay Time).

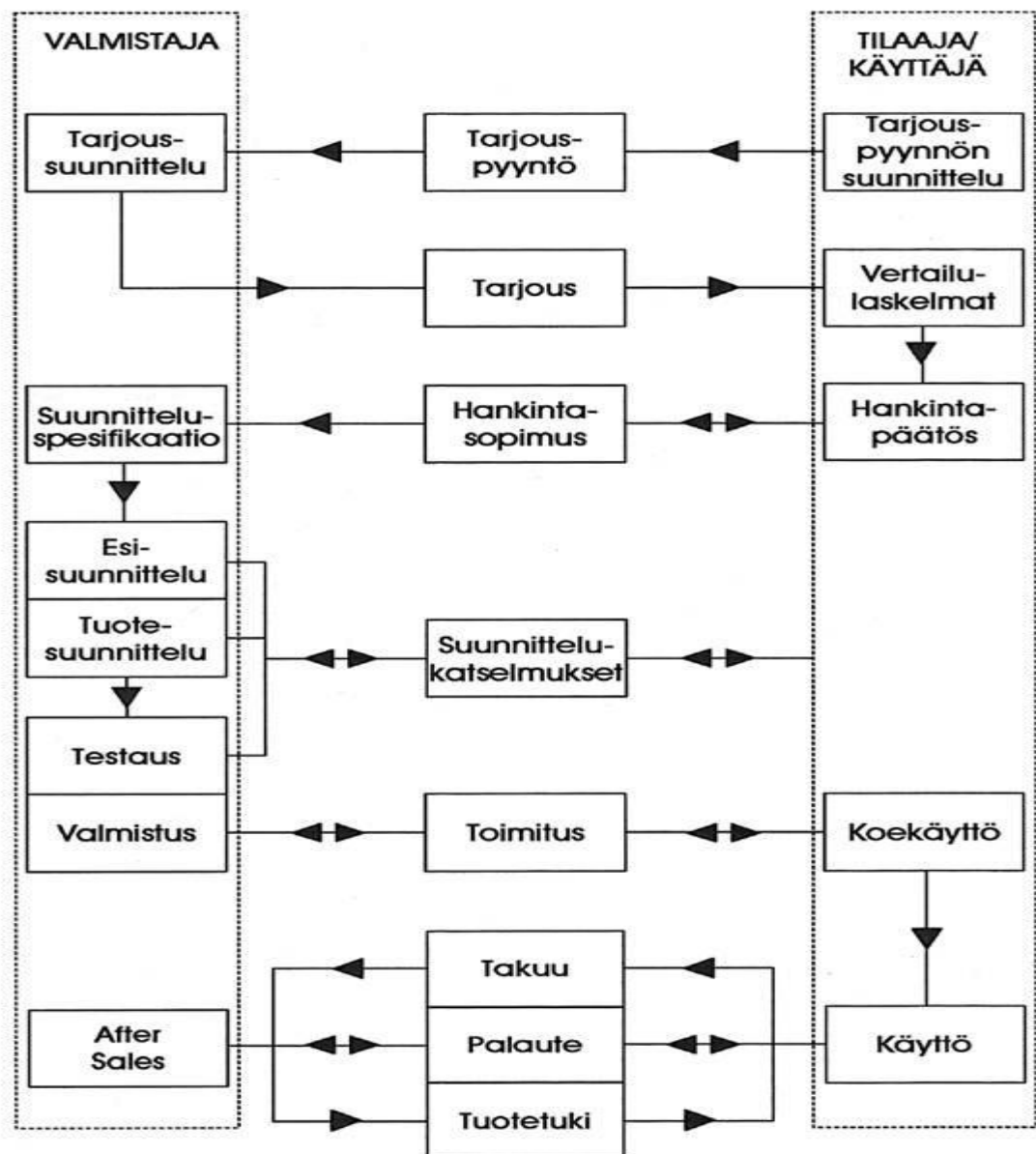
## 4 KUNNOSSAPITONÄKÖKOHDAT LAITE- JA TEHDASSUUNNITTELUSSA

Tässä luvussa esitetään, miten suuri merkitys laite- ja tehdassuunnittelulla on kunnossapitoon. Suunnittelupöydällä määräytyy merkittävä osa kunnossapidolle tulevista työtehtävistä. Koneiden rakennetta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon sen kunnossapidettavuus ja kunnossapitovarmuus. Käyttövarmuuteen ja käytettävyyteen vaikuttavista tekijöistä noin 75 % määräytyy laitesuunnittelussa. Tehdassuunnittelun tulee huomioida laitesijoittelussa mm. kunnossapitotöiden suorittamiseen vaadittava tila ja työturvallisuuskohdat. Kuvassa 8 on esitetty, mitä käyttövarmuuteen liittyviä asioita suunnittelijoiden tulisi ottaa huomioon. [8, s. 86-88.]



Kuva 6. Käyttövarmuuden jaottelu suunnittelussa huomioitaviin osatekijöihin [11.]

Tärkeimmät käyttövarmuutta koskevat vaatimukset on hyvä saada kirjattua tilaussopimukseen, jotta suunnittelussa huomioitaisiin riittävästi laitteiden toimintavarmuus. Toimitussopimuksessa tulisi olla vaatimuksena kunnolliset dokumentit, kuten rakennekuvat, osaluettelot, käyttö-, huolto- ja asennusohjeet. Tarvittaessa määritellään, millä kielellä dokumentit toimitetaan. Toimitussopimukseen voidaan kirjata vaatimukset standardeista, jotka laitteiden tulee täyttää. Tyypillisimmin vaatimuksia asetetaan turvallisuudelle, korroosion kestolle ja rakenteelle. Kuvassa 7 on esitetty, missä toimitusneuvotteluvaiheissa kunnossapitönäkökohdat tulisi määritellä tai ottaa muutoin huomioon. [8, s. 88- 90.]

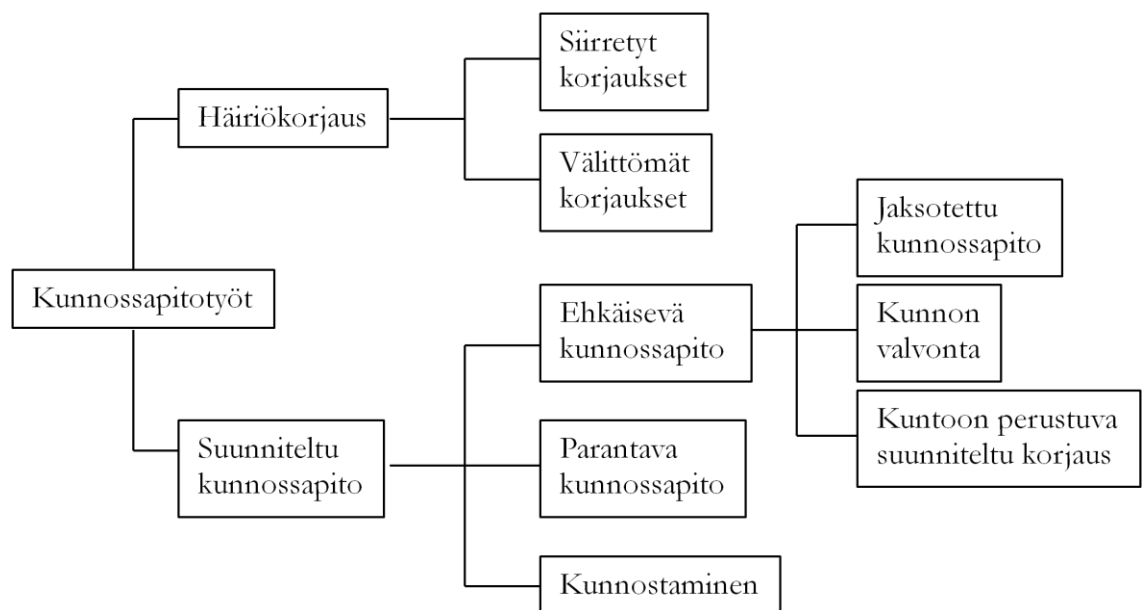


Kuva 7. Kunnossapito-ominaisuuksien määrittely toimitussopimukseen [12.]

## 5 KUNNOSSAPITOTOIMINNOT

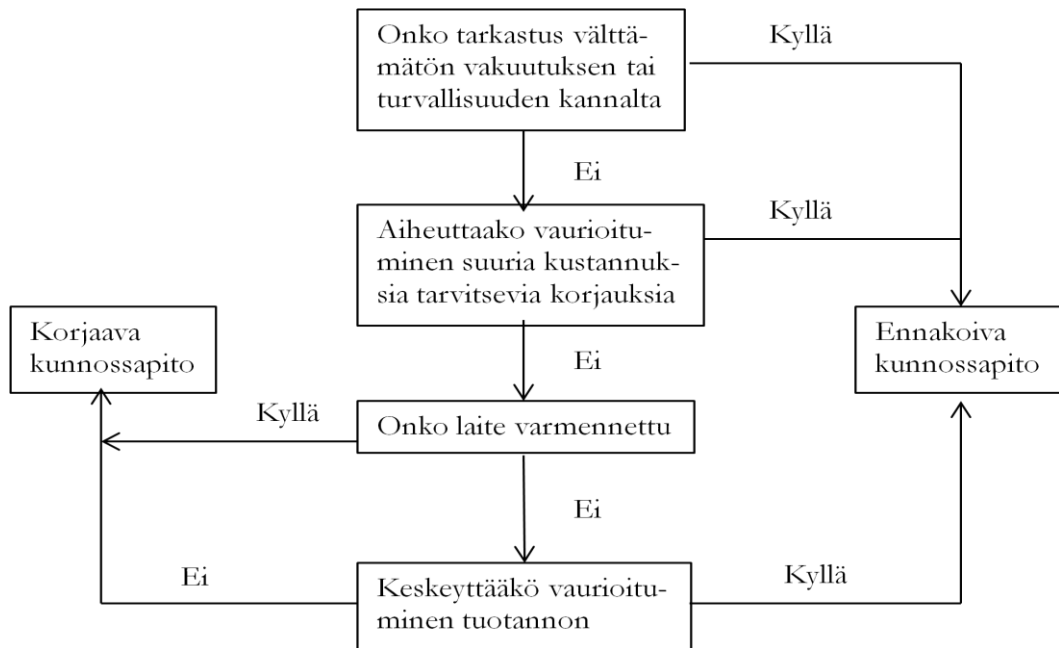
Tässä luvussa esitellään kunnossapitotoimintojen lajeja, joilla tuotantolaitoksen kunnossapito hallitaan. Perinteisesti kunnossapitotoiminnot ryhmitellään viiteen pääläjiin, jotka ovat huolto, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito ja vikojen sekä vikaantumisen selvittäminen. Yleensä jokainen laite tarvitsee jokaisen ryhmän toimintoja, painotukset ryhmien välillä vaihtelevat esimerkiksi laitteiston toimintavarmuuden tärkeyden mukaan. Käyttövarmuustaso eri laitteille määräytyy sen mukaan, kuinka suuri merkitys sillä on tuotantomäärään. Tuotannon toiminnan kannalta kriittisten laitteiden vika-aika halutaan pitää mahdollisimman lyhyenä, joten siihen kohdistuu erilaisia kunnossapitotoimia kuin tuotannon kannalta vähemmän tärkeisiin laitteisiin. Vika-ajalla tarkoitetaan tässä sitä ajanjaksoa, jolloin konetta ei voida käyttää vikaantumisen vuoksi.[2, s. 37-42.] [6. ]

Kunnossapitotyöt ryhmitellään myös häiriökorjaukseen eli korjaavaan kunnossapitoon ja suunniteltuun eli ehkäisevään kunnossapitoon. Suunnitellun kunnossapidon esitetään yleensä koostuvan kunnostamisesta eli korjaamisesta, parantavasta kunnossapidosta ja ehkäisevästä kunnossapidosta. Kuntoon perustuva suunniteltu korjaus eli huolto, kunnan valvonta ja jaksoitettu kunnossapito ovat ehkäisevän kunnossapidon osa-alueita. Kuvassa 8 on esitetty lohko-kaavio kunnossapitolajeista.[2, s. 37-42.]



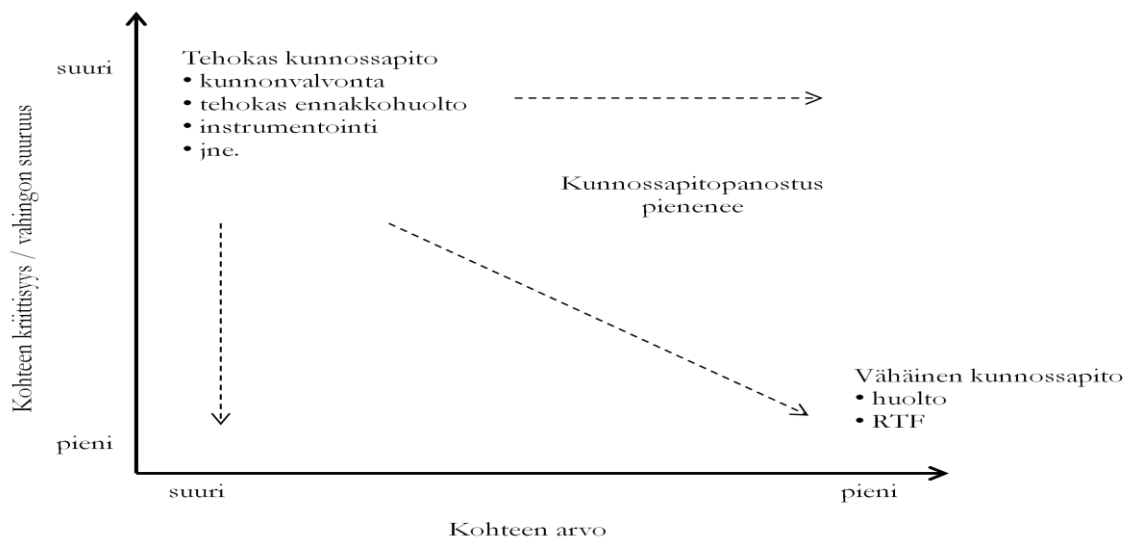
Kuva 8. Kunnossapitotöiden jaottelu. [7.]

Kuvassa 9 on esitetty, kuinka laitteelle valitaan kunnossapitostrategia. Kaaviolla havainnollistetaan valintakriteereitä sille, sijoitetaanko kohde korjaavan vai ennakoivan eli ehkäisevän kunnossapidon alaiseksi.



Kuva 9. Valintakriteerit ennakoivalle ja korjaavalle kunnossapidolle. [8, s. 28.]

Kuvassa 10 on esitetty periaate, minkä mukaan laitteistolle valitaan kunnossapidon toimintamalli. Valinnassa arvioidaan, millainen panos kunnossapitotoimiin kannattaa sijoittaa, jotta toimintavarmuus saadaan riittävälle tasolle. Panoksen rahallisen arvon täytyy tulla takaisin parantuneen tuotantovarmuuden kautta. [9, s. 113.]



Kuva 10. Kunnossapidon toimintamallin valinta [9, s. 113.]

## 5.1 Häiriökorjaus

Häiriökorjausta ovat kaikki vian ilmenemisen jälkeen suoritettavat toimenpiteet. Häiriökorjaus suoritetaan välittömästi vian ilmaannuttua, tai se voidaan tehdä siirrettynä seuraavan tuotantokatkoksen tai seisokin aikana. Häiriön korjaus on suunnittelematonta kunnossapitoa, ja siihen joudutaan, kun suunnitellulla kunnossapidolla ei ole voitu eliminoida yllättävää rikkoutumista. Kunnossapidon resurssien käytön kannalta ei ole järkevää pyrkiä eliminomaan täysin kaikkia yllättäviä rikkoontumisia, koska silloin kunnossapidon kustannukset karkaavat liian suuriksi ja toiminnan kannattavuus heikentyy. Häiriön korjauksellakin on paikkansa kunnossapitotoiminnassa ja erilaisia toimintasuunnitelmia ja työohjeita voidaan laatia myös vioille, joita ei pidetä tarpeellisena liittää suunnitellun kunnossapidon piiriin.

## 5.2 Suunniteltu kunnossapito

Suunnitellulla kunnossapidolla on tarkoitus estää ja hallita vikaantumista ja sen aiheuttamia tuotantokatkoksia. Toimenpiteet ovat jaksotettuja eli säännöllisesti toistuvia tai tarvittaessa tehtäviä. Niitä toteutetaan tuotannon aikana ja seisokkien yhteydessä. Kunnossapitokohteelle voidaan tehdä huolto-ohjelma, käynninaikainen seurantasuunnitelma, toimintakunnon testaus ja esiintyvien vikojen hallintasuunnitelma. Lisäksi koneen toimintakuntoa analysoidaan esimerkiksi kunnonvalvontajärjestelmästä saatujen tietojen perusteella. Näillä toimilla on tarkoituksena vähentää korjaavan kunnossapidon tarvetta.

## 5.3 Huolto

Huoltaminen tarkoittaa tässä yhteydessä laitteiden toimintaedellytysten ylläpitämistä esimerkiksi puhdistamalla, säätämällä, voitelulla, kuluvia osia vaihtamalla tai kalibroimalla. Huollon tarkoituksena on siis pitää laitteiston toimintaa yllä, ettei heikentynyt toimintakyky etene varsinaiseksi viaksi tai vaurioksi. Huoltotoimet tehdään usein määrävällein, jolloin puhutaan jaksotetusta huollosta. Jaksotetun huollon huoltovälit määräytyvät käyttöajan ja käytön rasittavuuden perusteella.[6.]

Huolto ei ole puhtaasti häiriökorjausta eikä suunniteltua kunnossapitoa. Huoltotoimissa voidaan vaihtaa laitteiston osia käyttötuntien perusteella, vaikka ne eivät vielä olisikaan havaittavasti vikaantuneita. Toisaalta suunnitelluista huoltoajoista voidaan joutua poikkeamaan, koska laite vikaantuu arvioitua nopeammin tai vikaantumista ei osattu ennustaa.

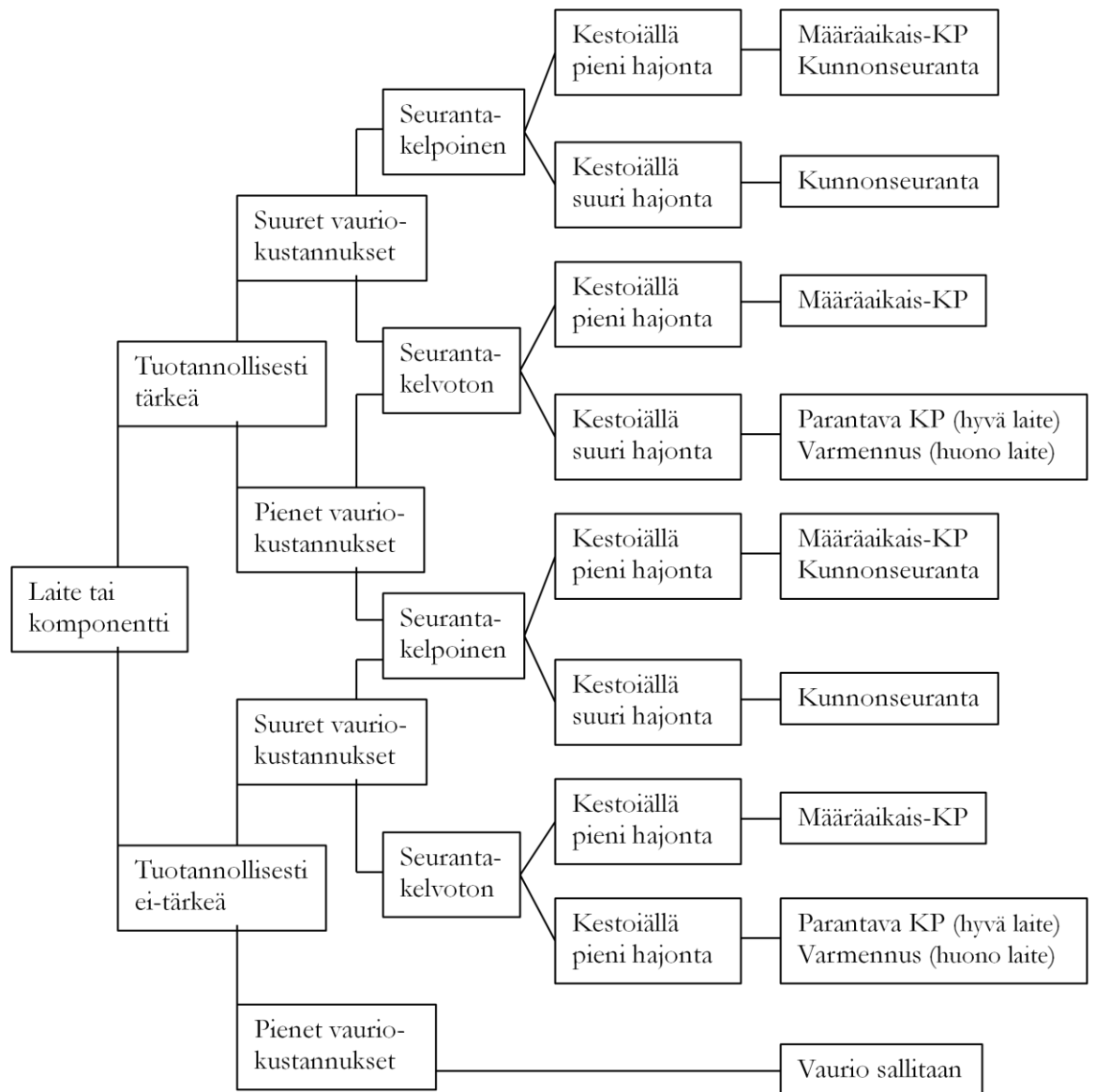
#### 5.4 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevällä eli ennakoivalla kunnossapidolla pyritään hallitsemaan laitteiston vikaantumista. Sitä varten on käytettävissä erilaisia toimenpiteitä, kuten kunnontarkastus, määräaikaishuollot, kalibroinnit ja säätämiset sekä kohdistukset ja asennukset. Ehkäisevän kunnossapidon ja huollon tehtävät ovat usein päällekkäisiä, mutta sen tavoitteet ovat pitemmälle vietyjä kuin huollossa. Tavoitteena on saada laitteen toimintavarmuus tasolle, jossa vikaantumisia ei tapahdu tai vikaantumisen aste minimoidaan. Vikaantumisasteella tarkoitetaan vian etenemisastetta. Aluksi vika voi olla pieni, mutta ilman toimenpiteitä se saattaa pahentua. Ehkäisevä kunnossapito jaetaan jaksotettuun eli määräajoin tehtäviin toimiin ja kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. [6, s.49-50.]

Ehkäisevän kunnossapidon toimivuuden kannalta on tärkeää, että toimenpiteet ovat suunniteltuja ja aikataulutettuja. Töiden suunnittelu ja aikatauluttaminen nopeuttaa ja tehostaa kunnossapitotoimia. Laitteiston vikaantumista on kuitenkin vaikea ennustaa, joten oikeiden toimenpiteiden suunnittelu ja ajoitus voi olla vaikeaa. Vikahistoria, laitevalmistajan tiedot ja laitteiston toimintatavan ja mekaanisen rakenteen tuntemus auttavat ehkäisevän kunnossapidon suunnittelussa. Laitteiston toimintakuntoa voidaan seurata aistihavainnoin ja mittaamalla jatkuvasti tai määräajoin vikaantumista indikoivia suureita. Tyypillisiä seurattavia suureita ovat esimerkiksi värinä ja lämpötila.

Hyvin suunnitellulla ehkäisevällä kunnossapidolla saadaan kunnossapitokustannuksissa aikaan merkittäviä säästöjä. Kuvassa 11 on kaavio, josta nähdään kriteerit sille, tulisiko laite sijoittaa korjaavan vai ennakoivan kunnossapidon piiriin.



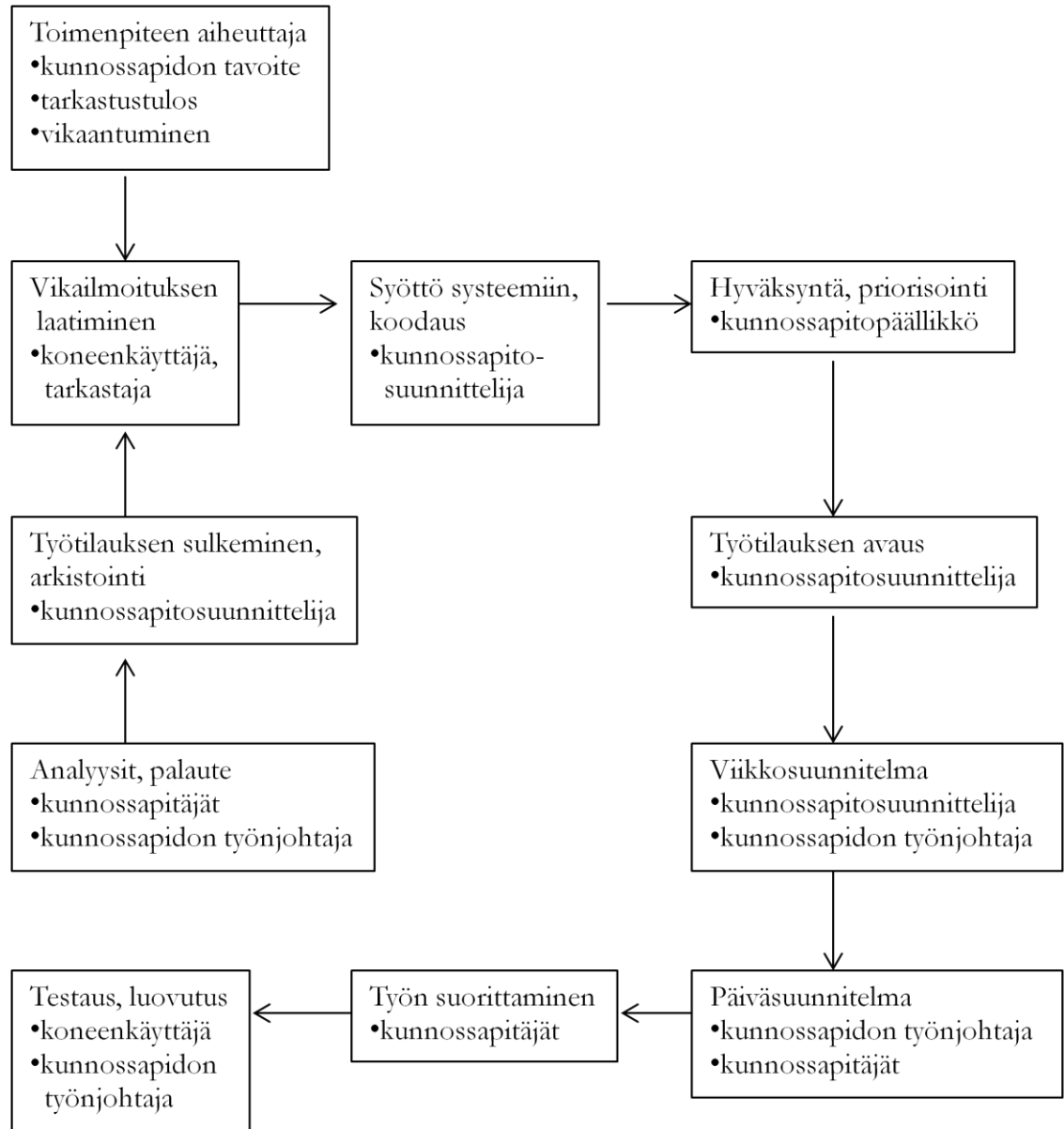


Kuva 11. Kunnossapitostrategian valintakaavio. [8.]

#### 5.4.1 Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu

Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelulla pyritään yhtenäistämään kunnossapitäjien työskentelyä. Suuritoisista, paljon aikaa ja ammattitaitoa vaativista töistä kannattaa laatia tarkemmat työohjeet, jolloin käytänteet yhtenäistyvät ja kaikki tarvittavat toimenpiteet tulevat suoritettua, myös uudet työmenetelmät voivat tarvita tarkemmat työohjeet. Kunnossapitäjät, koneenkäyttöhenkilöstö, kunnossapidon esimiehet ja suunnittelijat tekevät yhteistyötä parantaakseen kunnossapitotöiden sujuvuutta. Suunnittelun tavoitteena on varmistaa kunnossapitotoimien laadukkuus, tehokkuus ja turvallisuus. Kunnossapitäjät antavat palautetta esiinty-

neistä ongelmista suunnittelijalle, joka hakee niihin ratkaisuja ja päivittää työohjeisiin muutokset helpottamaan työn suorittamista tulevaisuudessa. Kuvassa 12 on esitetty kunnossapitotehtävien suunnitteluprosessin vaihteita. [2.]



Kuva 12. Kunnossapitotehtävien suunnitteluprosessi [2.]

Kunnossapidon suunnittelijan tehtäviin kuuluu myös toiminnanohjausjärjestelmän ylläpito, josta löytyvät laitenumerot, -tiedot, historiatiedot, tiedot tehdyistä toimenpiteistä ja toimenpiteiden työajat yms. kunnossapitoa koskevat dokumentaatiot. [2.]

#### 5.4.2 Seisokkisuunnittelu

Seisokkiajalla tarkoitetaan sitä ajanjaksoa, jolloin laitteisto ei ole tuotannossa käyttö- tai kunnossapitotoimien vuoksi. Seisokki voi olla suunniteltu tai häiriön aiheuttama. Jos häiriö pysäyttää tuotannon, on se korjattava heti ja seisokkisuunnittelun on synnyttävä nopeasti. Tällöin toiminnanohjausjärjestelmästä voidaan etsiä tilanteeseen soveltuvia ohjeita, jotta korjaukset saadaan suoritettua. Toisinaan häiriö ei pysäytä tuotantoa välittömästi ja vian korjaamisen vaatima seisokki voidaan pitää esimerkiksi seuraavana päivänä. Tällöin seisokin suunnitteluun jää enemmän aikaa ja seisokitöihin voidaan sisällyttää myös ehkäisevän kunnossapidon töitä varsinaisen häiriön aiheuttajan korjauksen lisäksi, jos kunnossapitoresurssit ja tuotannon tilanne niin sallivat. [2.]

Suunniteltujen seisokkien työt ja aikataulut suunnitellaan edeltä käsin tarkasti, jotta seisokkiaika jäisi mahdollisimman lyhyeksi. Tehtävät toimenpiteet määritellään ja aikataulutetaan eri työryhmille ja mahdollisille ulkopuolisille alihankkijoille, jotta ryhmien työt eivät häiritse toisiaan ja mahdolliset edeltävät työtehtävät tulevat tehdyksi ja seuraava työvaihe päästään aloittamaan aikataulun mukaisesti. Toimenpideluettelot, aikataulut ja työohjeet tulee toimittaa seisokkiin osallistuville hyvissä ajoin ennen seisokin alkua, jotta tarvittavat esivalmistelut ehditään tehdä.[2.]

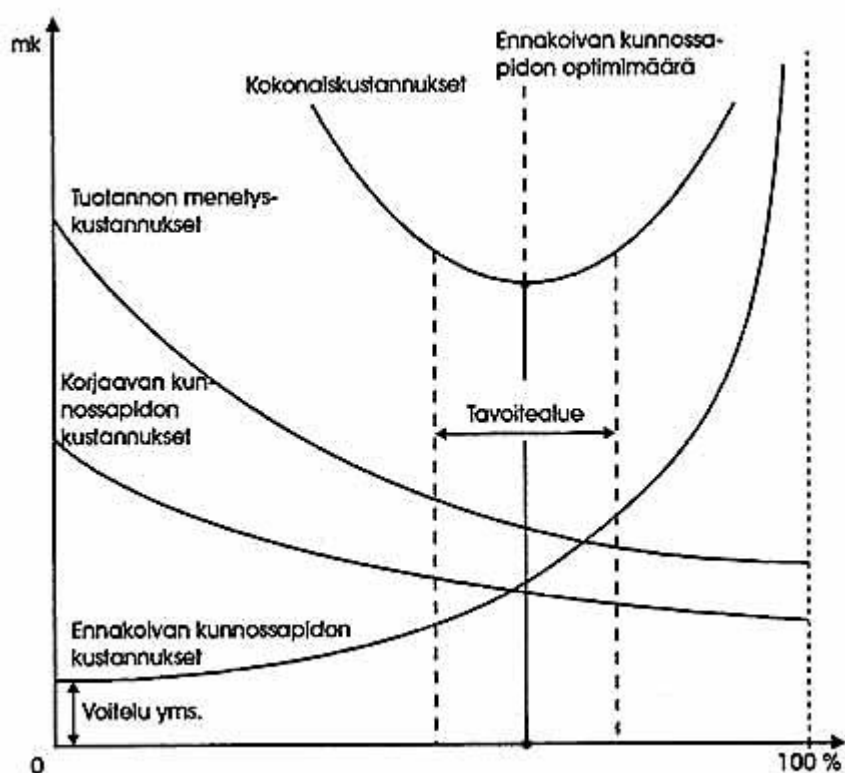
Seisokin aikaisesta tiedonkulusta täytyy huolehtia, jottei tehdä samaa työtä useampaan kertaan, tai jokin työ voi jäädä kokonaan hoitamatta. Tiedonkulku on erityisen tärkeää, jos työtä tehdään useammassa vuorossa. Seuraavan vuoron työntekijöiden täytyy saada tietää, mitä töitä edellinen vuoro on tehnyt ja mitkä työt on vielä kesken tai kokonaan tekemättä. Seisokin johtamisesta vastaavan esimiehen on huolehdittava tiedonkulusta.

Seisokin jälkeen on hyvä pitää palaveri, jossa käydään läpi töiden sujuminen ja mahdolliset kehitystarpeet. Varsinkin häiriöseisokin jälkeen pitäisi läpikäydä seisokin aiheuttaja, voidaanko tulevaisuudessa vastaava häiriö välttää ja miten toimintoja voidaan kehittää.

## 5.5 Korjaava kunnossapito

Korjaavan kunnossapidon toiminnassa korjataan havaitut viat. Tavoitteena on, että tämäkin toiminta olisi mahdollisimman suunnitelmallista. Ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään yleensä vähentämään korjaavaa kunnossapitoa, mutta sitä on kuitenkin järkevää suorittaa joissakin tapauksissa ja sillä voidaan täydentää ehkäisevää kunnossapitoa. Kaikkia vikoja ei ole mahdollista eikä resurssien käytön kannalta järkevää ennustaa ja ennaltaehkäistä. Toisi- naan on kannattavampaa korjata vika vasta sen ilmaantuessa.[6, s. 75.]

Korjaava ja ehkäisevä kunnossapito täydentävät toisiaan, ja niiden suhteella on olemassa ta- loudellisesti optimaalinen kohta. Kuvassa 13 on esitetty ennakoivan ja korjaavan kunnossa- pidon suhdetta ja niiden toisiaan täydentävää vaikutusta kunnossapidon kustannuksiin. [6, s. 75 - 79.]



Kuva 13. Ennakoivan kunnossapidon vaikutus kokonaiskustannuksiin [5.]

## 5.6 Parantava kunnossapito

Parantavan kunnossapidon tarkoituksena on parantaa laitteiden käytettävyyttä ja luotettavuutta sekä kehittää laitteiston kunnossapidettävyyttä. Kohteen rakennetta voidaan muuttaa siten, että käytetään kestävämpiä osia ja komponentteja kuin alkuperäiset tai laitteistoa modernisoidaan, jolloin tavoitteena on käytettävyyden ja luotettavuuden lisäksi tuotantokapasiteetin nosto. Parantavan kunnossapidon avulla saadaan usein parannettua myös työturvallisuutta. [2, s. 40-41.]

## 5.7 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Selvittämällä vikaantumisen aiheuttaja ja vikaantumisprosessi voidaan suunnitella toimenpiteitä, joilla pyritään estämään vahingon uusiutuminen. Vikaantumisprosessi tarkoittaa sitä tapahtumaketjua, jonka seurauksena laite vikaantuu. Vika-analyysit, simulointi, mallintaminen, materiaali- ja suunnitteluanalyysit, riskienhallinta sekä vikahistorian tulkinta ovat esimerkkejä menetelmistä, joiden avulla vikoja ja vikaantumista voidaan selvittää. [2, s. 41.]

## 6 KUNNOSSAPITOTOIMINTAMALLIT

Tässä luvussa esitellään muutamia yleisimmin käytössä olevia kunnossapitostrategioita. Kunnossapitostrategioita on useita erilaisia, joissa on hiukan toisistaan eroavat painotukset kunnossapidon päämäärissä. Toisissa korostetaan esimerkiksi kustannustehokkuutta, toisissa teknistä osaamista. Kunnossapitostrategia määrittelee, miten tuotantolaitoksen kunnossapito toimii ja mitkä ovat sen tavoitteet. Yrityksen johdon tulee tarjota edellytykset valitun kunnossapitotoimintamallin toteutukseen, jotta kunnossapidolle asetetut tavoitteet on mahdollista saavuttaa.

TMP (Total Productive Maintenance) eli kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito on esimerkki toimintamallista, jossa koneen käyttäjän tehtäviin kuuluu huolehtia myös laitteiston toiminnasta ja toimintaympäristöstä, eli käyttöhenkilöstö osallistuu kunnossapitotoimiin varsinaisten kunnossapitotyöntekijöiden kanssa.[2.]

RCM (Reliability Centered Maintenance) ja SRCM (Streamlined Reliability Centered Maintenance) ovat esimerkkejä kunnossapitotoiminnasta, jossa keskitytään varmistamaan laitteiston luotettava toiminta [2].

Laatuajattelua korostaa esimerkiksi Six Sigma. Se kehitettiin alunperin tuotannon tarpeisiin, mutta nykyisin sen toimintamalleja on sovellettu kunnossapidon toimintoihin. Menetelmän kehittäjä on Motorola.[10.]

TAC (Total Asset Care) eli käyttöomaisuuden kokonaisvaltainen kunnossapito keskittyy kunnossapitokustannusten minimoimiseen. Kunnossapidon tehtävänä on antaa tuotannolle toimintaedellytykset saavuttaa tuotantotavoitteet, mutta toiminnan on oltava kustannustehokasta. [2.]

Kuntoon perustuva kunnossapito eli CBM (Condition Based Maintenance) pyrkii ehkäisemään vikaantumista seuraamalla kohteen suorituskykyä tai muita parametreja ja toimimaan havaintojen perusteella. Toimintafilosofia on pitkälti sama kuin käyttöomaisuuden kokonaisvaltaisessa kunnossapidossa. [10.]

Laitteiston kunnossapitotoimintoja järjestettäessä voidaan soveltaa näitä toimintamalleja, jotta kullekin laitteistolle ja käytettävissä oleville kunnossapitoresursseille löytyy paras mahdollinen kunnossapidon toimintamalli.

## 6.1 Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito TMP

TMP:n lähtökohtana on tunnistaa ensiksi suurimmat kunnossapidolliset ongelmat. Kun suurimmat ongelman aiheuttajat on löydetty, etsitään keinoja vikojen määrän vähentämiseksi. TMP jakaa kunnossapitoprojektin neljään vaiheeseen: suunnittelu-, mittaus-, kunnostus- ja huippukuntovaiheeseen. [6.]

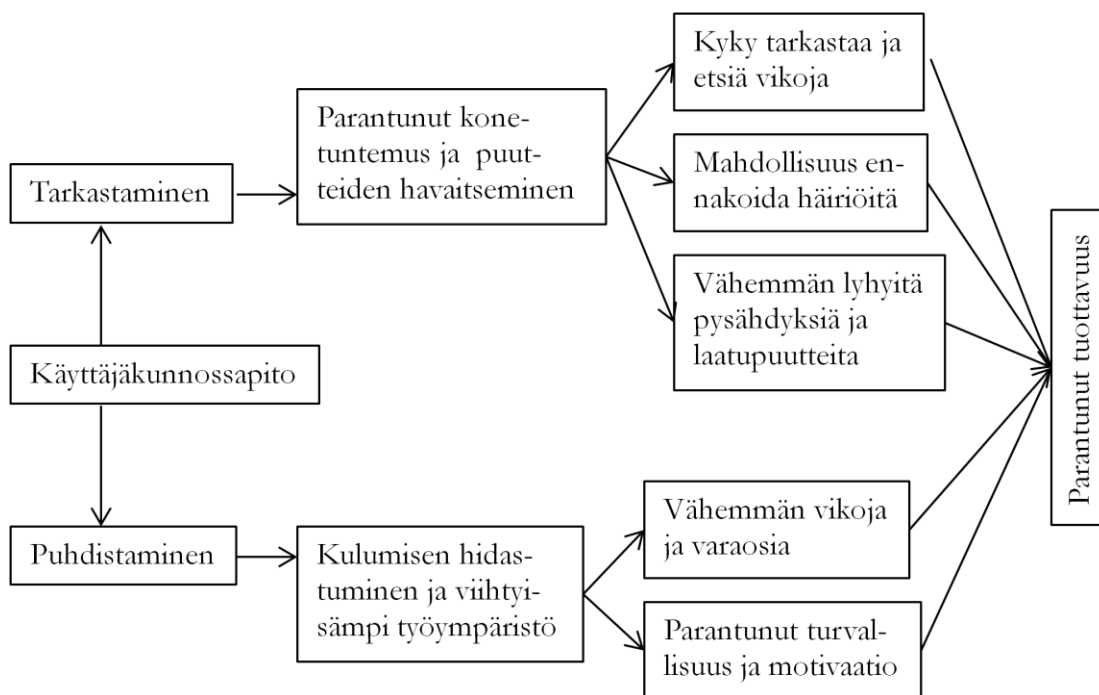
Suunnitteluvaiheessa määritellään resurssit ja laaditaan kunnossapitosuunnitelma. Kunnossapitosuunnitelmaan sisältyvät esim. dokumentaation hallinta, varaosien ja tarvikkeiden hallinta, kustannusten laskenta, budjetointi, raportointi, seuranta ja toiminnanohjausjärjestelmä. [6, s. 86 -87.]

Mittausvaiheessa perehdytään käytettävissä olevaan historiatietoon, eli mitä kunnossapitotarpeita laitteistossa on ilmennyt. Tietojen perusteella määritellään, missä laitteissa on ollut eniten vikoja. Valinta rajataan muutamaa koneeseen, jotta parannustoimenpiteet saadaan tehokkaasti läpivietyä. [6, s. 86.]

Kunnostusvaiheessa valitut laitteet tarkastetaan perusteellisesti ja kunnostetaan. Kaikki tarpeeton koneen toimintaympäristöstä poistetaan ja järjestetään esteetön kulkutie koneelle. Kun laitteiston perustoimintaedellytykset on varmistettu, seurataan, oliko tehdyillä toimenpiteillä vaikutusta. Jos toiminta saadaan halutulle tasolle, voidaan laitteistolle laatia uudet kunnossapito- ja käyttöohjeet toiminnanohjausjärjestelmään. Tämän jälkeen valitaan kunnostuskohteeksi seuraavaksi epäluotettavimmat laitteet ja niille suoritetaan samat toimenpiteet kuin edellä. Näin toimitaan, kunnes toimenpiteillä ei enää ole vaikutusta toimintavarmuuteen. Jos laitteiden kunnostusvaiheen toimenpiteillä ei ollut vaikutusta tai vaikutus oli vähäinen, ei kannata valita uusia koneita kunnostettavaksi, vaan on pohdittava muita keinoja häiriöiden vähentämiseksi. [6, s. 88-90.]

Huippukuntovaihe alkaa, kun kunnostusvaiheen toimenpiteillä ei enää saada parannusta aikaiseksi. Silloin keskitytään tehostamaan alihankkijoiden käyttöä, varaosien varastotoimintoja ja kunnossapitotoimintojen suunnittelua ja aikataulutusta. Koneista aiheutuvia kustannuksia pyritään minimoimaan esimerkiksi kunnossapitotoimien tarpeellisuuden uudelleen arvioinnilla ja turhia toimenpiteitä karsitaan pois. [6, s. 92.]

TMP-mallissa koneiden käyttökäyttäjällä on tärkeä rooli käyttövarmuuden parantamisessa. Koneiden puhdistaminen ja tarkastaminen on häiriöiden ehkäisyn lähtökohta. Vikaantumisen ei pääse kehittymään piilossa lian alla ja laitteiston toimintaa on helpompi seurata. Kuvassa 14 on esitetty puhdistamisen ja tarkastamisen vaikutus tuottavuuteen. [10, s. 84.]



Kuva 14. Käyttökäyttäjän kunnossapitotoimien vaikutus tuottavuuteen [10, s. 84.]

## 6.2 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito RCM ja SRCM

Luotettavuuskeskeisen kunnossapidon päämääränä on kohdistaa kunnossapitotoimet sellaisiin kohteisiin, joissa sitä eniten tarvitaan. Toiminnan tarpeellisuutta arvioidaan laadun, ympäristövaatimusten, kustannusten ja turvallisuuden perusteella. Tehokkaiden kunnossapitomenetelmien luomiseksi selvitetään laitteiden vikaantumismekanismit ja koneiden käyttökäyttäjät opetetaan seuraamaan ja arvioimaan kriittisten komponenttien toimintakuntoa. Kunnossapidon seurantakohteeksi liitetään myös raja- ja turvalaitteet, jotka eivät ole normaaliuotannon aikana aktiivisia. Korjaavan kunnossapidon piirissä oleville laitteille laaditaan toimintaohjeet häiriötilanteita varten. Koska toiminta keskitetään vain sinne, missä sitä tarvitaan, saadaan kunnossapidon kustannuksia pienemmiksi ja laitteiston luotettavuus paremmaksi. [2, s. 109- 118.]



### 6.3 Laatuajattelukeskeinen kunnossapito Six Sigma

Alun perin Six Sigma on laadunhallinnan työkalu, jonka tavoitteena on parantaa tuotantoprosessia pienentämällä laadun vaihteluväliä. Six Sigma viittaa tilastolliseen muuttujan hajontaan tuotteen laadussa, eli jokin tuotantoprosessissa aiheuttaa poikkeamia tuotteen laadun keskiarvosta. Syyseuraussuhteita selvittämällä saadaan selville laatuvariaation aiheuttajat ja voidaan kehittää toimenpiteitä vaihtelun pienentämiseksi. Vaihtelua pienentämällä prosessin suorituskyky ja laatu paranevat. Tätä ajatusmallia sovelletaan nykyisin myös kunnossapitosektorilla. Menetelmää käytetään kunnossapidon laadun hallinta- ja kehittämistyökaluna. Taulukossa 2 on kuvattu Six Sigman käyttöönottovaiheet. Suomessa tunnetuin Six Sigma -käyttäjä on Nokia Oyj. [9, s. 131.]

Taulukko 2. Six Sigman vaiheet [9.]

Määrittelyvaihe	Tunnista ja rajaa ongelma sekä aseta tavoite
Mittaus	Vahvista ongelma, tunnista potentiaaliset ongelman aiheuttajat ja varmista tiedon laatu
Analysointi	Käytä dataa, kerättyä tietoa tutkiaksesi, mitkä prosessin tekijät aiheuttavat ongelman
Parannus ja optimointi	Ratkaistaan ongelma, testataan tekijöitä kokeellisesti
Ohjaus ja valvonta	Luodaan järjestelmä, jolla varmistetaan paremman tilan säilyminen parannusprojektin jälkeen

### 6.4 Kustannustehokkuuskeskeinen kunnossapito TAC

Tämän toimintamallin tavoitteena on kustannusten minimoiminen. Kunnossapidon tavoitteet pyritään saavuttamaan mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Tämä vaatii, että kunnossapitotoiminta on suunnitelmallista eli toiminta painottuu ehkäisevän kunnossapidon puolelle. Nykyisin tästä toimintamallista näkee käytettävän termiä Asset Management. [2, s. 74.]

Käyttöhenkilöstö osallistuu kunnossapitoon ja tavoitteena on, että osa toiminnoista voidaan yhdistää. Koneiden luotettavuustason tavoite on vähintään 95 %. Luotettavuustason saavuttamiseksi koneiden rakenteellisia heikkouksia korjataan ja tarvittaessa henkilöstöä koulutetaan. Kunnossapito virittää tuotantokoneiston mahdollisimman hyvään kuntoon ja käyttöhenkilöstö käyttää koneistoa mahdollisimman tehokkaasti. [2, s. 75.]

TAC-projektin aluksi luodaan laitehierarkiat ja määritellään, kuinka merkittävä kukin osaprosessi, laite tai laitteen komponentti on tuotannon kannalta. Laitteen kriittisyyttä tuotannon toimivuuden kannalta arvioidaan vika- ja vian vaikutusanalyysin avulla. Pysähtyykö tuotanto välittömästi, jos laite rikkoutuu ja kuinka suuret kustannukset seisokki aiheuttaa. Seuraavaksi tarkastetaan laitteen kunto, käyttötavat ja määritellään sille sopiva kunnossapitostrategia. Laitteen tai osaprosessin kriittisyyden arviointia on havainnollistettu taulukossa 3. Lyhenne RTF (Run To Failure) tarkoittaa, että konetta käytetään, kunnes se vikaantuu. Laite ei kuulu ehkäisevän kunnossapidon piiriin. [2, s. 75.]

Taulukko 3. Laitteen kriittisyyden arviointi [9, s. 126.]

Kriittisyys	Laitteen kriittisyys				
	Turvallisuus, ympäristö	Jälleenhankinta-arvo			
		>100 k€	100 – 10 k€	10 – 1 k€	< 1 k€
High Mikä tahansa seisokki aiheuttaa yli 100 k€ menetyksen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• jatkuva seuranta</li> <li>• kunnonvalvonta</li> <li>• jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi</li> <li>• huolto</li> <li>• monitorointi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• jatkuva seuranta</li> <li>• kunnonvalvonta</li> <li>• jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi</li> <li>• huolto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kunnonvalvonta</li> <li>• tarkastus</li> <li>• huolto</li> <li>• jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• huolto</li> <li>• tarkastus</li> <li>• aikataulutettu vaihto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• huolto</li> <li>• tarkastus</li> </ul>
Medium Seisokki aiheuttaa 10 – 100 k€ menetyksen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kunnonvalvonta</li> <li>• jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi</li> <li>• huolto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kunnonvalvonta</li> <li>• jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi</li> <li>• huolto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kunnonvalvonta</li> <li>• tarkastus</li> <li>• huolto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tarkastus</li> <li>• huolto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• huolto</li> <li>• RTF</li> </ul>
Low Vaurio aiheuttaa 1 – 10 k€ menetyksen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kunnonvalvonta</li> <li>• huolto</li> <li>• tarkastus</li> <li>• suunniteltu korjaaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kunnonvalvonta</li> <li>• huolto</li> <li>• tarkastus</li> <li>• suunniteltu korjaaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kunnonvalvonta</li> <li>• huolto</li> <li>• tarkastus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• huolto</li> <li>• RTF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• käyttö huoltaa</li> <li>• RTF</li> </ul>
Non-critical vaurio aiheuttaa alle 1 k€ menetykset	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kunnonvalvonta</li> <li>• huolto</li> <li>• tarkastus</li> <li>• aikataulutettu korjaus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kunnonvalvonta</li> <li>• huolto</li> <li>• tarkastus</li> <li>• aikataulutettu korjaus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kunnonvalvonta</li> <li>• huolto</li> <li>• tarkastus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• huolto</li> <li>• RTF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• käyttö huoltaa</li> <li>• RTF</li> </ul>

## 6.5 Kuntoon perustuva kunnossapito CBM

Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa laitteiden toimintakuntoa tarkkaillaan, jotta saadaan selville muutokset, joita ilmenee ennen toimintahäiriöitä. Kunnossapitotoimet perustuvat laitteiston toimintakunnosta kerättyyn tietoon. Koneita ei huolleta varmuuden vuoksi, vaan vasta sitten, kun koneen suorituskyky tai suorituskyvyn parametrit antavat viitteitä vikaantumisesta. Kunnonvalvonnalla on pystyttävä luotettavasti seuraamaan kohteen toimintaa, jotta voidaan tehdä arvioita huolto- tai korjaustarpeesta hyvissä ajoin ennen kuin alkava vikaantuminen pahenee laitteen toiminnan pysäyttäväksi viaksi. [10, s. 97-99.]

## 7 KUNNOSSAPIDON TIETOJÄRJESTELMÄT

Tässä luvussa käsitellään, mitä tietoa kunnossapito-organisaatio tarvitsee toimiakseen tehokkaasti ja pystyäkseen kehittämään toimintaansa. Materiaalin ja varaosavaraston hallinta, kunnossapidon logistiset toiminnot, työohjeet ja -määräimet, ennakkohuoltosuunnitelmat, laite-tiedostot, historiatiedot ja dokumenttien hallinta ovat esimerkkejä kunnossapidon tietovirrasta. Yrityksessä täytyy olla jonkinlainen järjestelmä tiedonkeräämistä ja -hallintaa varten. Suuremmissa yrityksissä on yleensä olemassa oma sähköinen kunnossapitojärjestelmä, joka on tarvittaessa yhteydessä tehdastietojärjestelmään. Mikään tietojärjestelmä ei tietenkään palvele käyttäjiään hyvin, jos sitä ei pidetä ajan tasalla. Tietojärjestelmiä käyttävät käyttöhenkilöstö, johto, oma kunnossapitohenkilöstö ja mahdollisesti myös ulkoinen kunnossapitotoimija. Jokaisen vastuulla on huolehtia osaltaan tietojen kirjaamisesta järjestelmään. Tietojärjestelmien tehtävänä on helpottaa kunnossapitoa ja kunnossapidon seurantaa. Sähköisten tietojärjestelmien toimittajia on useita. [13.]

Erilaisia kunnossapitojärjestelmiä on paljon, mutta niiden sisältämät toiminnot ovat yleensä samantapaisia. Järjestelmät sisältävät yleensä seuraavia toimintoja:

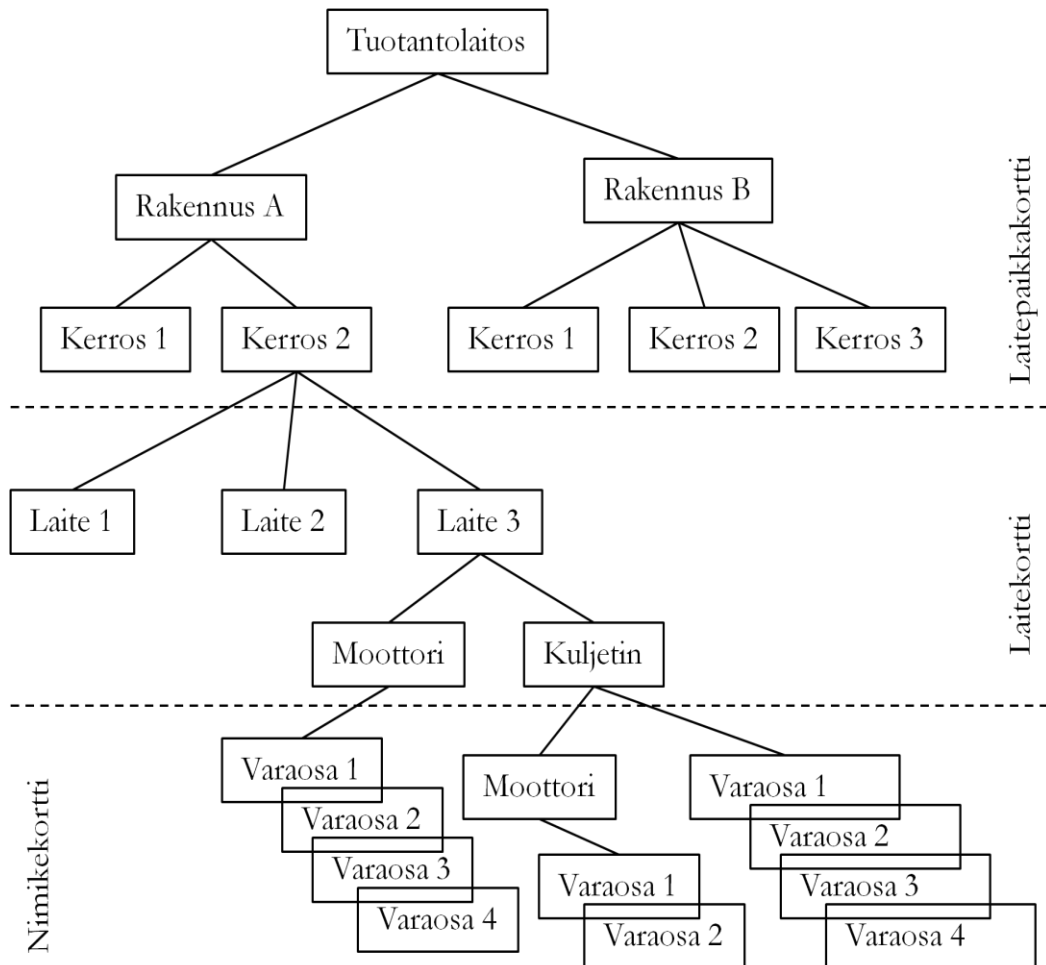
- laitepaikkojen, laitteiden perustietojen ja hierarkioiden hallinta
- materiaalihallinta
- vika- ja häiriöilmoitus
- työmääräinjärjestelmä
- ennakoivan kunnossapidon järjestelmä
- ostotilausjärjestelmä
- dokumenttien hallinta
- yhteystietorekisteri
- resurssihallinta
- työtuntien kirjaus
- projektien ja seisokkien hallinta
- kalibrointi

[13.]

Tietojärjestelmän tehtävä on palvella kunnossapidon tarpeita ja helpottaa töiden suunnittelua ja toteutusta. Järjestelmän käytettävyyden on oltava helppoa, jotta kaikki käyttäjät ottaisivat sen työkalukseen ja pitäisivät tiedostoja ajan tasalla.

## 7.1 Laitapaikkojen ja laitteiden perustiedot

Kunnossapidon tietojärjestelmän runko muodostuu laite- ja laitepaikkarekisteristä. Rekisterillä hallitaan laitteiden tunnistetiedot ja sijainti tuotantolaitoksessa, tekniset tiedot, varaosaluettelot, historiatiedot, kustannusten kohdistaminen ja käyttöomaisuuskirjanpito. Jokaisella laitteella täytyy olla yksilöity tunniste ja laitepaikka, jotta ne voidaan erottaa toisistaan. Yksilöinti pitäisi viedä sille tasolle, jolla asioita halutaan seurata. Vikailmoituksia ja kustannuksia ei voida kohdistaa yksilöintiä tarkemmalle tasolle. Laitepaikkahierarkia helpottaa laitepaikan löytymistä. Hierarkiassa tuotantolaitoksen laitteisto ryhmitellään pienemmiksi kokonaisuuksiksi esimerkiksi sijaintinsa mukaan; seuraavalla tasolla on edellistä pienempi kokonaisuus, kunnes lopulta ollaan koneen osasten tasolla. Kuvassa 15 on havainnollistettu laitehierarkian rakennetta. [2, s. 148-155.]



Kuva 15. Laitehierarkian rakenne [2, s. 155.]

Kuvassa 16 on havainnollistettu kunnossapidon tietojärjestelmän päätoiminnot ja liittymät.



Kuva 16. Kunnossapidon tietojärjestelmän päätoiminnot ja liittymät [5.]

## 7.2 Materiaalihallinta

Kunnossapidossa materiaalihallinnalla tarkoitetaan yleensä varaosien hallintaa. Alla on lueteltu, millaisia toimintoja materiaalihallinnalla tarkoitetaan:

- varaosavaraston perustietoja kuten varastopaikat ja veloitustilit
- nimikkeiden perustietoja kuten varaosan toimittajat, hinnat ja saldot
- nimikkeisiin liittyvät dokumentit kuten piirustukset, huolto- ja korjausohjeet
- laitteiden ja laitepaikkojen varaosaluettelot
- työmääriä materiaalisuunnittelu
- nimikkeiden vastaanotot, varastosta otot ja palautukset
- investoinnit
- tilaushistoria, kulutushistoria ja -analyysit
- varaston arvon seuraaminen

[2, s. 156.]

### 7.3 Vika- ja häiriöilmoitusjärjestelmä

Vika- ja häiriöilmoitusjärjestelmään kirjataan havainnot laitteistossa esiintyvistä häiriöistä tai toiminnassa esiintyvistä puutteista. Korjausta vaativista häiriöistä tai laitteiden toimintaa parantavista muutostöistä laaditaan työmääräin kunnossapidolle. Järjestelmään kirjatusta tiedosta saadaan häiriöiden syiden ja tuotantomenetysten selvittelyyn tärkeää informaatiota. [2, s. 157.]

### 7.4 Työmääräinjärjestelmä

Kunnossapitotöihin liittyvää tietoa ja toimenpiteitä hallitaan työmääräinjärjestelmän avulla. Sinne rekisteröidään tehtävät työt, töiden toteuttamissuunnitelmat ja resurssivaraukset. Sen avulla voidaan seurata töiden edistymistä, hoitaa raportointi syntyneistä kustannuksista ja sinne kirjataan korjauksen yhteydessä tehdyt havainnot vikatyypistä ja vikaantumissyistä. Työmääräinjärjestelmään kirjataan myös tiedot tehdyistä toimenpiteistä. [2, s. 158.]

### 7.5 Ennakoivan kunnossapidon järjestelmä

Tällä järjestelmällä hallitaan määrävlein tehtävät ennakoivan kunnossapidon toimenpiteet, kuten huolto-, tarkastus-, mittaus- ja puhdistustyöt. Järjestelmän avulla voidaan työt jaksottaa eri viikonpäiville, jolloin resurssien kuormitus saadaan tasaisemmaksi. [2, s. 159-160.]

### 7.6 Ostotilausjärjestelmä

Materiaalien ja palveluiden tilaamiseen liittyviä toimintoja hallitaan ostotilausjärjestelmällä. Tämä järjestelmä palvelee kunnossapidon lisäksi myös muita yrityksen organisaatioita. Tuotanto voi hoitaa omia hankintojaan tämän järjestelmän kautta. Kunnossapito voi tehdä järjestelmään ostotilauksen varastoon tai suoraan jollekin työlle. Hankinnoista päättävät henkilöt löytävät tarvitsemansa tiedot tarjouspyyntöjen ja tilausten tekemiseen ostotilausjärjestelmästä. Järjestelmästä saadaan tietoa myös tilauksen etenemisestä, tavaran saapumisesta ja laskunkäsittelystä. [2, s. 165-166.]

## 7.7 Dokumenttien hallinta

Laitteiden piirustukset, huolto-ohjeet, tarkastuspöytäkirjat yms. dokumentit tarvitsevat oman järjestelmänsä, jossa niitä ylläpidetään ja hallinnoidaan. Osa dokumenteista on sähköisessä muodossa ja osa paperiversioina. Tietojärjestelmässä on rekisteri dokumenteille. Sähköiset dokumentit aukaistaan rekisterissä olevasta linkistä, ja paperidokumentit löydetään rekisteriin syötetyn arkistointitunnuksen perusteella. [2, s. 165.]

## 7.8 Yhteystietorekisteri

Yhteystietorekisteriin voidaan tallettaa varaosien ja -laitteiden, työkalujen, mittalaitteiden, kunnonseurantalaitteiden tms. kunnossapitotoiminnassa tarpeellisten tarvikkeiden toimittajien ja palveluntarjoajien yhteystiedot, jolloin selvitystyön tarve vähenee. Tietokannasta löytyvät myös laitteistotoimittajien yhteystiedot.

## 7.9 Resurssihallinta

Resurssihallinnan välityksellä saadaan reaaliaikaista tietoa käynnissä ja suunnitteilla olevista töistä ja siitä, kuinka suuresti resurssit ovat kuormitettuna. Uusien töiden ajoitus, töiden jakaminen, tarvittavan informaation jakaminen, varaosien ja työkalujen varaaminen tapahtuu tässä järjestelmässä. [2, s. 161.]

## 7.10 Työtuntien kirjaus

Työntekijät tekevät järjestelmään tunti-ilmoituksen ja tieto välitetään kunnossapitojärjestelmästä palkan laskentaan. Myöhemmin voidaan seurata, paljonko työtunteja on tarvittu kunkin työn suorittamiseen ja syntyneiden kunnossapitokustannusten kohdistus selkiytyy. [2, s. 162.]



### 7.11 Projekti- ja seisokkihallinta

Koska seisokeissa ja suuremmissa projekteissa erilaisia töitä on huomattavan paljon, on tärkeää suunnitella työt erillisellä järjestelmällä eikä vain osana työmääräinjärjestelmää. Resurssien tehokas käyttö ja käytettävissä olevan ajan niukkuus asettavat omat haasteensa töiden suunnittelulle. Seisokkihallinnassa erillisiä töitä kerätään isommiksi kokonaisuuksiksi, jolloin ne ovat helpommin hallittavissa. [2, s. 163.]

### 7.12 Kalibrointi

Mittalaitteiden ja antureiden toiminnan luotettavuuden vuoksi niille on suoritettava määräajoin kalibrointi. Tarvittaessa kalibrointia hallinnoidaan erillisellä järjestelmällä tai ne voivat olla osa huolto- ja työmääräinjärjestelmää.

## 8 KUNNOSSAPITOTOIMINTOJEN YLÖSAJO

Tuotantolaitoksen suunnittelussa on hyvä olla mukana sellaisia ihmisiä, jotka tuntevat ainakin jonkin verran kunnossapitosektorin toimintaa. Laitteiston toimitussopimuksiin pitäisi saada liitettyä ehto teknisten asiakirjojen toimituksesta, varsinkin kun laitteistoa hankitaan Euroopan ulkopuolelta. Suomessa lainsäädäntö velvoittaa järjestämään tietyt laiteasiakirjat suomeksi ja tarvittaessa ruotsiksi ja laitteiston on oltava tiettyjen standardien mukaisia. Osa näistä laeista ja standardeista koskee kunnossapitotoimintaa. Koneiden ja laitteiden asennusta ja käyttöönottoa säätelevät esimerkiksi työturvallisuuslaki ja laki teknisten laitteiden vaatimuksen mukaisuudesta.

Toimintaansa aloittavassa tuotantolaitoksessa ei vielä ole kokemusta laitteiston toiminnasta ja tarkkaa kuvaa laitteiston tarvitsemista kunnossapitotoimista ei ole. Siitä huolimatta on kunnossapitotoiminnalle pystyttävä tekemään jonkinlaisia suunnitelmia, jotta säästyttäisiin ylimääräisiltä ongelmilta ja tuotantokoneiston ylösajo helpottuisi. Ylösajovaiheessa on paljon häiriöitä, joten olisi toivottavaa, että turhilta laiterikoilta voitaisiin välttyä.

### 8.1 Tiedon keruu ja hallinta

Kunnossapitotoimintojen suunnittelu olisi järkevää aloittaa viimeistään siinä vaiheessa, kun tehdassuunnittelusta saadaan laitteiston asemointipiirros eli tehdas-layout. Laite- ja laitepaikkatunnisteet on viisasta miettiä aikaisessa vaiheessa. Näiden yksilöivien tunnisteiden tulisi olla mahdollisimman lyhyitä kirjain- ja numerosarjoja, joiden avulla on helppo etsiä tai käsitellä niitä koskevaa tietoa. Tunnistetiedot ovat käyttökelpoisia, vaikka käyttöön ei tulisikaan tietokonepohjainen tehdastietojärjestelmä, vaan tietoa kerättäisiin paperille arkistoitavaksi. Laitteistohierarkian rakenne voidaan suunnitella, kun laite- ja laitepaikkatunnisteet on luotu. Hierarkian rakenteeksi kannattaa valita käytettävyyden kannalta paras vaihtoehto. Rakentuu-ko hierarkiapuu prosessin kulun mukaan, vai onko parempi käyttää paikanmukaista hierarkiarakennetta. Liitteessä 1 on esitetty Aquaminalsille tehty laitehierarkia kuivatusrummun syöttölaitteistosta. Jokaiselle laitteelle pitäisi luoda oma laitekortti, josta saadaan tärkeimmät tiedot laitteesta. Liitteessä 2 on malli Aquaminalsille tehdystä laitekortista.

Laitteistosta saatavat dokumentit on kerättävä talteen. Tiedon varastoimista varten on mietittävä systeemi, josta tarvittava tieto on helposti löydettävissä. Laitteiston asennus, käyttö- ja huolto-ohjeet on hyvä löytyä käyttäjien äidinkielellä. Tarvittaessa on laadittava sellaiset, jos ne eivät sisällyneet toimitussopimukseen. Koneturvallisuuslaki ja koneturvallisuusstandardi määrittelevät osaltaan laitteiston huolto- ja käyttöohjeiden sisältöä.

## 8.2 Laitteiston vastaanotto, varastointi ja asennus

Tuotantolaitteistoa voidaan joutua varastoimaan pitkiäkin aikoja, ennen kuin niitä päästään asentamaan paikoilleen. Koneille ja laitteille on järjestettävä sopiva varastointialue, jossa ne odottavat paikalleen asentamista. Osa laitteistosta voidaan säilyttää ulkotiloissa taivasalla, osa tarvitsee lämpimän säilytystilan. Ulkovarastoinnissa on huomioitava sääolosuhteet, esimerkiksi talvella voi osa laitteistosta hautautua lumen alle ja niiden löytäminen voi olla vaikeaa. Sopiva välivarasto kannattaa valita niin, ettei laitteita tarvitse välillä siirrellä, vaan että ne voidaan viedä suoraan varastopaikalta asennuspaikalle. Laitteiden välivarastopaikat on hyvä kirjata muistiin, jotta ne löytyvät helposti tarpeen vaatiessa.

Kun laite saapuu tehdasalueelle, sen kunto tarkistetaan silmämääräisesti kuljetusvaurioiden varalta. Sen jälkeen se toimitetaan asennuspaikalle tai sille varatulle välivarastopaikalle. Tarvittaessa se suojataan esimerkiksi pressulla ja huolehditaan myös tuennoista, jos sen rakenne sellaisia tarvitsee. Esimerkiksi pitkät akselit tai telat tarvitsevat varastoitaessa tuentaa säilyttääkseen muotonsa. Laitteiston mukana tulleet dokumentit tallennetaan arkistoon.

Asennuksia varten tarvitaan asennusohjeita. Väärin asennetun laitteiston toimintavarmuus voi olla huono. Jos laitteen rikkoutuminen johtuu virheellisestä asennuksesta, ei valmistajan myöntämä takuu välttämättä korvaa vahinkoa. Asennuksien aikana on hyvä kerätä huomioita laitteiston kunnosta. Varastoinnin aikana laitteisiin voi tulla vaurioita, joista esimerkkinä mainittakoon korroosio ja siirtelyn aikana syntyneet kolhut. On hyvä kirjata huomiot vaurioista, joilla on mahdollisesti vaikutusta laitteiden toimintakuntoon. Vääränlainen varastointi voi aiheuttaa vian, joka vasta myöhemmin vaikuttaa koneen toimintaan, mutta se voi oleellisesti lyhentää laitteen toiminta-aikaa. Vikaantuneiden laitteiden toimintakuntoa tiedetään seurata tarkemmin.

Tuotantolaitoksen koekäyttö ennen tuotannon käynnistämistä antaa hyödyllistä tietoa laitteiden toiminnasta tuotannolle ja kunnossapidolle. Koekäytöstä laaditaan erillinen suunnitelma ja sen vaiheet ja tapahtumat kirjataan koeajopöytäkirjaan. Yleensä laitetoimittajan edustaja on seuraamassa koekäyttöä.

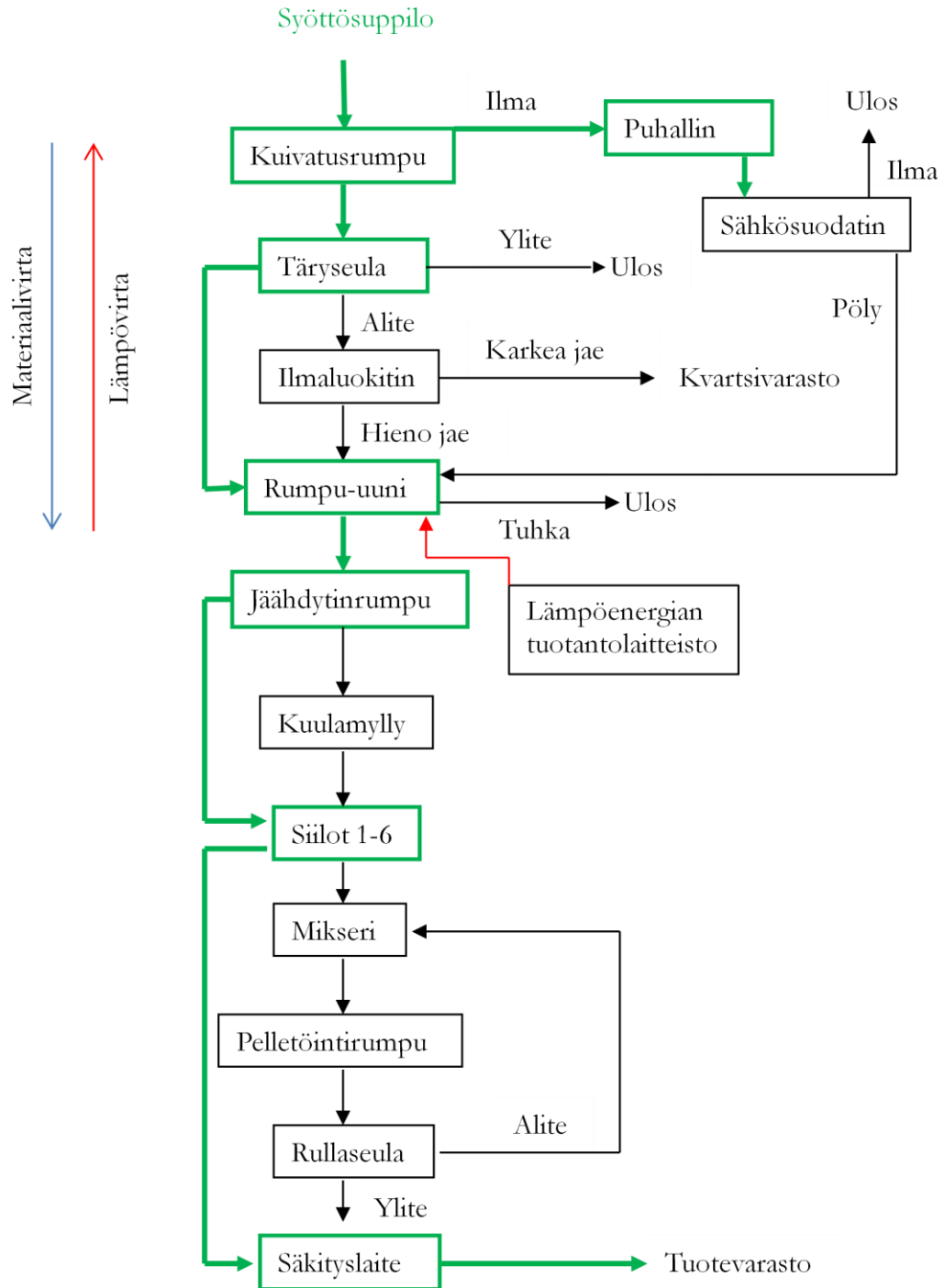
### 8.3 Laitteiston kunnossapitosuunnitelman luominen

Pohdittaessa laitteistolle sopivaa kunnossapitosuunnitelmaa kannattaa ensin selvittää tuotannolle kriittiset laitteet. Niiden koneiden, jotka rikkoutuessaan aiheuttavat välittömästi tai lyhyen ajan sisällä tuotannon pysähtymisen ja joita ei ole varmennettu varalaitteella, toimintakuntoa seurataan tarkemmin kuin vähemmän tärkeiden laitteiden. Laitteisto luokitellaan eri kunnossapitoluokkiin niiden kriittisyyden perusteella. Kriittisyysluokan valintaan vaikuttaa myös laitteen hankintahinta ja se, aiheutuuko rikkoutumisesta vaaraa ympäristölle ja ihmisille.

Laitteen kriittisyysluokka vaikuttaa myös varaosahankintoihin. Tuotannolle tärkeiden koneiden käytettävyyttä tuetaan varmistamalla varaosien saatavuus. Kriittisten laitteiden kriittiset varaosat pitää löytyä varaosavarastosta suuremmalla varmuudella kuin ei-kriittisten koneiden. Kriittisyysluokittelun jälkeen määritellään toimenpiteet, työohjeet ja aikataulut kunnonvalvontaan.

Liitteessä 3 on alustava suunnitelma laitteiston kunnonvalvontaan. Tarkemmat aikataulutukset tarkastuksille muotoutuvat tuotannon käynnistyttyä. Laitteiston käyttötunnit vaikuttavat oleellisesti seurannan tarpeeseen. Tässä vaiheessa ei vielä ole tarkkaa tietoa tulevista tuotantolajeista, koska tilaustilanne kehittyy tuotannon käynnistyttyä.

Kuvassa 17 on esitetty Aquamineralsin prosessista lohkokaaavio, jossa on kuvattu vihreällä ne prosessilaitteistot, joiden täytyy toimia, jotta tuotanto pysyy käynnissä. Siiloihin voidaan ajaa jonkin aikaa tuotantoa, mutta se ei anna kovin pitkää toiminta-aikaa tuotannolle. Kuivatusrumpua edeltävä laitteisto voi myös olla jonkin aikaa pysäytettynä, ennen kuin tuotanto pysähtyy. Lämpöenergian tuotantolaitteisto ei ole kriittinen, koska tarvittava lämpö voidaan tuottaa öljypolttimella tai puuhakkeen kaasutuslaitteistolla. Kriittisiksi laitteiksi voidaan ajatella myös pyöräkuormaaja ja trukki. Pyöräkuormaajalla syötetään materiaali prosessiin ja trukilla siirretään lopputuote säkityslaitteelta tuotevarastoon. Kriittinen polku voi olla eri, jos tilaustilanne on sellainen, että lopputuote vaatii esimerkiksi jauhatuksen kuulamylyssä.



Kuva 17. Aquamineralsin kriittinen polku

Kunnossapidon suunnittelussa täytyy huomioida tuotantolajien muutokset. Toisaalta tuotannon suunnittelun tulee huomioida kunnossapito ajo-ohjelmia laadittaessa. Laitteiston käyttöä voidaan jaksottaa siten, että kunnossapito pystyy huoltamaan osan laitteista silloin, kun niitä ei tarvita tuotantoajossa.



## 9 YHTEENVETO

Uuden laitoksen kunnossapitotoimintojen järjestämisessä on paljon haasteita, mutta toisaalta rasitteena ei ole vanhoja virheellisiä tai puutteellisia toimintamalleja. Uudessa tuotantolaitoksessa voidaan aloittaa puhtaalta pöydältä ja kehittää kunnossapidosta juuri sille sopiva kokonaisuus, joka pystyy saavuttamaan sille asetetut tavoitteet kustannustehokkaasti. Tehokas kunnossapito on tehokkaan tuotannon tukijalka.

Toimintaansa aloittavassa tuotantolaitoksessa riittää harvoin resursseja panostaa kunnossapitotoimintaan. Kiinnostus siihen herää valitettavan usein vasta siinä vaiheessa, kun tuotanto ei sujukaan suunnitellulla teholla laitteiston toimintahäiriöiden vuoksi. Kuitenkin suurimmat päätökset laitteiston kunnossapidettävyyden kannalta tehdään laitesuunnittelijan suunnittelu-pöydällä ja laitevalintoja tehtäessä. Laitteiston hankinnassa tulisi aina huomioida sen kunnossapidon järjestäminen. Oman haasteensa kunnossapitotoiminnan suunnittelussa ja käytännön toteutuksessa on siinä, että uudessa tuotantolaitoksessa ei ole kokemusta laitteiston eikä tuotantoprosessin toiminnasta.

Yrityksen johto ja käyttöhenkilöstö asettavat kunnossapidon toiminnalle tavoitteet, jotka sen pitäisi sille myönnettyin resurssein saavuttaa. Pienemmissä yrityksissä laitteiston kunnossapidosta huolehtii suurelta osin käyttöhenkilöstö. Silloin he tarvitsevat riittävästi koulutusta ja ohjeistusta, jotta laitteiston kunnossapito olisi tehokasta. Tuotantotoiminnan alkuvaiheessa on haasteellista saada resurssit riittämään tuotanto- ja kunnossapitotoiminnan yhtäaikaiseen ylösajoon. Toiminnan jatkokehittämisen kannalta on tärkeää järjestää tiedon kerääminen ylösajovaiheessa myöhemmin hyödynnettäväksi tuotannossa ja kunnossapidossa. Yleensä ottaen toiminnan kehittämiseksi tarvitaan tehokasta tiedonkeräystä ja arkistointia. Kunnossapidon kehittämiseksi tarvitaan havaintoja ja historiatietoja laitteiston toiminnasta. Henkilöstöä pitäisi alusta asti kannustaa laitteiston toiminnan aktiiviseen seurantaan ja huomioiden kirjaamiseen tietojärjestelmään.

Insinööriyötä tehdessäni minulle selvisi, miten moni tekijä kunnossapidon toimintaa säätelee ja miten laaja kunnossapidon tehtäväkenttä todellisuudessa on. Jokaiselle tuotantolaitokselle täytyy rakentaa sen toimintaa tukeva kunnossapito. Teoreettisista toimintamalleista voidaan poimia ideoita oman tuotantokoneiston kunnossapitoon. Toimivan kunnossapidon järjestäminen vaatii koko henkilöstön yhteistyötä ja se ei ole muusta toiminnasta erillään.

## LÄHTEET

- 1 Aquaminalsin esittelysivut. Luettavissa: <http://www.aquaminals.fi/> (luettu 26.2.2013)
- 2 Kunnossapitoyhdistys. Kunnossapito. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab, 2004.
- 3 EU-standardi, 2001SFS-EN 13306, Kunnossapitosanasto
- 4 PSK Standardointiyhdistys. PSK 6201: Kunnossapito, käsitteet ja määritelmät, 2003.
- 5 Opetushallitus: Kunnossapito menestystekijä. Luettavissa: [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_6-1\\_vikojen\\_analysointi.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_6-1_vikojen_analysointi.html) (Luettu 16.3.2013)
- 6 Järviö, Jorma ym. Kunnossapito. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab, 2007.
- 7 PSK Standardointiyhdistys. PSK 7501: Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut, 2003.
- 8 Aalto, Heikki. Kunnossapitotekniikan perusteet. Hamina: Kotkaset, 1997.
- 9 Järviö, Jorma, Lehtiö, Taina. Kunnossapito tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: Copy-Set Oy, 2012.
- 10 Kunnossapitoyhdistys, Kuntoon perustuva kunnossapito. Kerava: Savion Kirjapaino Oy, 2009.
- 11 Opetushallitus: Kunnossapito menestystekijä. Luettavissa: [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_7-1\\_laitossuunnitte\\_lun\\_vaikutukset.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_7-1_laitossuunnitte_lun_vaikutukset.html). (Luettu 17.3. 2013)
- 12 Opetushallitus Kunnossapito menestystekijä. Luettavissa: [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_7-2\\_kunnossapidettavyden\\_suunnittelu.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_7-2_kunnossapidettavyden_suunnittelu.html) (Luettu 17.3. 2013)
- 13 Opetushallitus Kunnossapito menestystekijä. Luettavissa: [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_4-2\\_kunnossapidon\\_tietojarjestelman\\_osa-alueet.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_4-2_kunnossapidon_tietojarjestelman_osa-alueet.html) (Luettu 17.3.2013)
- 14 Karppinen, Lauri. Raskaiden hihnakuljettimien kuntokartoitus ja kunnossapidon kehittäminen. Insinööriyö. Saimaan ammattikorkeakoulu, 2010. Luettavissa: Theseus tietokannassa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010060311394> (Luettu 20.3.2013)
- 15 Moilanen, Jukka. Kuljettimien kunnossapitosuunnitelma, insinööriyö. Kajaanin ammattikorkeakoulu, 2011.



## LIITTEET

LIITE 1	ESIMERKKI LAITTEHIERARKIASTA
LIITE 2	ESIMERKKI LAITEKORTISTA
LIITE 3	HUOLTO JA TARKASTUSAIKATAULU
LIITE 4	ESIMERKKI TYÖOHJEESTA
LIITE 5	ESIMERKKI VIKAILMOITUSLOMAKKEESTA
LIITE 6	ESIMERKKI TOIMINTAVIRHEANALYYSILOMAKKEESTA
LIITE 7	ESIMERKKI POKKEAMATARKASTELULOMAKKEESTA
LIITE 8	ESIMERKKI KORJAUSILMOITUSLOMAKKEESTA
LIITE 9	KUNNON ARVIOINTILOMAKE







LAITEKORTTI: HIHNAKULJETIN  
POSITIO/LAITEREKISTERI NRO: POS 02/

Laitetyyppi: Hihnakuljetin	Laitetunnus:	Sijainti: POS 02 /3019	Vaikutusalue: Syöttösuppilolta kuljettimelle POS 03/3020
Hihna: mitat: materiaali:		Kannatinrulla: halkaisija: leveys: materiaali kappalemäärä:	
Palautusrulla: halkaisija: leveys: materiaali kappalemäärä:		Vetorumpu: halkaisija: leveys:	
Moottori: teho: 5,5 kW virta: jännite: kierrosluku:		Taittorumpu: halkaisija: leveys:	
Kirstin:		Kaavari: mitat: materiaali:	
Turvakytin:		Taajuusmuuttaja:	



## HUOLTO- JA TARKASTUSAIKATAULU

Kuljettimien toimenpiteet	Aikaväli
Yleisen järjestyksen ja siisteyden ylläpito	Päivittäin
Yleinen silmäily ja toiminnan seuraaminen	Päivittäin
Puhdistus ja ympäristön siivous	Tarvittaessa
Ruuvikuljettimien ruuvien ja akselitappien kunnon tarkastus	3 kk välein
Rullien, hihnojen kireyden, linjauksen ja kunnon tarkastus	3 kk välein
Elevaattorien ketjujen ja kolien kunnon tarkastus	
Kuljettimen rakenteen yleinen tarkastus (runko, kiinnitys jne.)	3 kk välein
Kuljettimien sähkölaitteiden tarkastus	3 kk välein
Kuljettimien paineilmalaitteiden kunnon tarkastus	3 kk välein
Moottorien yleinen silmäily ja toiminnan seuraaminen	Päivittäin
Muun mekaniikan tarkastus	3 kk välein
Laakereiden kunnon tarkastus ja voitelu	3 kk välein
Turvallisuuden toiminnan testaus ja tarkastus	6 kk välein
Kuljettimien perusteellinen tarkastus ja toiminnan testaus	12 kk välein
Kuivaus-, uuni- ja jäähdytysrumpujen toimenpiteet	
Moottorien yleinen silmäily ja toiminnan seuraaminen	Päivittäin
Öljyvuotojen tarkastus	Kuukausittain
Moottorin jäähdytinsiipien tarkastus	Kuukausittain
Moottorin sähköjohtimien ja liitosten tarkastus	Kuukausittain
Moottorin akselin ja laakerien tarkastus	3 kk välein
Moottorin lämpötilan tarkastus	Kuukausittain
Kytinkumien tarkastus	3 kk välein
Kytinkumien vaihto	
Vaihteiston öljymäärän tarkastus	Kuukausittain
Vaihteistoöljyn vesipitoisuuden tarkastus	6 kk välein
Vaihteistoöljyn vaihto	12 kk välein
Vaihteiston laakerien tarkastus	Kuukausittain
Kantopyörien pinnan kunnon tarkastus	Kuukausittain
Kantopyörien pinnan huolto	12 kk välein
Kantopyörien laakerien tarkastus	Kuukausittain
Pinjonin hammasrattaiden kunnon tarkastus	Kuukausittain
Pinjonin hammasrattaiden voiteluöljymäärän tarkastus	Kuukausittain
Pinjonin hammasrattaiden voiteluöljyn vaihto	12 kk välein
Rummun sisäpintojen tarkastus ja huolto	12 kk välein
Moottorien, kytkinten ja vaihteistojen perusteellinen tarkastus	12 kk välein

Kuulamylyn toimenpiteet	Aikaväli
Moottorin yleinen silmäily ja toiminnan seuraaminen	Päivittäin
Syöttöputken kunnan tarkistus	Kuukausittain
Kuulamylyn kuulien määrän tarkistus	6 kk välein
Vaipan kunnan tarkistus	12 kk välein
Kuulamylyn sisäpuolisten rakenteiden tarkistus	6 kk välein
Purkausputken tarkastus	Kuukausittain
Moottorin akselin ja laakerien tarkastus	3 kk välein
Kytäkinkumien tarkastus	3 kk välein
Liukulaakerien tarkastus	3 kk välein
Liukulaakerien voiteluyksikön öljymäärän tarkastus	kuukausittain
Vaihteiston laakerien tarkastus	3 kk välein
Pinjonin hammasrattaiden kunnan tarkastus	Kuukausittain
Pinjonin hammasrattaiden voiteluyksikön rasvan lisäys	3 kk välein
Savukaasupuhaltimen toimenpiteet	
Moottorin yleinen silmäily ja toiminnan seuraaminen	Päivittäin
Moottorin hihnojen ja hihnapyörien tarkastus	
Moottorin laakereiden ja akselin tarkastus	
Imurin siipien tarkastus	
Putkiston tarkastus	
Imurin runkorakenteen tarkastus	
Pölynpoistokaapin toimenpiteet	
Sulkusyöttimien rakenteen tarkastus	
Pölynpoistokaapin runkorakenteen tarkastus	
Syklonin runkorakenteen tarkastus	
Pölytalon toimenpiteet	
Sulkusyöttimen rakenteen tarkastus	
Moottorin yleinen silmäily ja toiminnan seuraaminen	Päivittäin



## YLEISOHJE: KULJETTIMIEN HIHNANVAIHTO

### 1. HIHNANVAIHDON TYÖKALUT

#### 1. Nostoapuvälineet ja – tarvikkeet

nostoliinat  
vetotaljat  
korkealla työskenneltäessä turvavaljaat

#### 2. Työkalut

akkuporakone  
kulmahiomakone  
ruuvipuristimia  
rautakanki  
lenkkiavaimia (koko tarkistettava)  
hihnanpaistorauta  
mattopuukko  
pensseli liiman levittämiseen  
levytarraimia

#### 3. Tarvikkeet

vanerilevy hihnan leikkausalustaksi  
kumiliimaa

Nosturin käytöstä on oma turvaohje

### 2. TYÖN TURVALLISTAMINEN

Ilmoitetaan työn aloittamisesta valvomoon ja pyydetään pysäyttämään kuljetin. Operaattori antaa luvan työn aloittamiselle. Jos kuljetinta voidaan ohjata useasta paikasta on ilmoitettava työn aloittamisesta sinnekin.

Katkaistaan kuljettimen sähkönsyöttö turvakytkimellä ja lukitaan turvakytkin. Turvakytkimen toiminta on hyvä varmistaa pyytämällä operaattoria koekäynnistämään kuljetin kun turvakytkin on O-asennossa. Varmistetaan ettei kuljettimen muut laitteet aiheuta vaaratilannetta käynnistyessään (esimerkiksi edeltävä tai seuraava kuljetin).

Turvavaljaiden käyttö on pakollista kun työskennellään paikoissa, joissa on putoamisvaara.

### 3. TYÖN KULKU

#### 1. Suojien ja ohjureiden purku:

- Poistetaan hihnan vaihtamista haittaavat suojarakenteet. Jos esim. syötösuppilo on hyvin lähellä hihnanpintaa, on se siirrettävä kauemmaksi. Varmistetaan etteivät kuljettimen sivurajat yms. ole hihnanvaihdossa tiellä.

#### 2. Hihnan päälle veto:

- Uusi hihnarulla nostetaan kuljettimen taittopäähän. Vedetään uutta hihnaa vanhanhihnan päälle noin parin metrin verran.
- Uuden hihnan pää kiinnitetään vanhaan hihnaan. Kiinnityksen on kestettävä vaihtotapahtuma, jossa vanhalla hihnalla vedetään uusi hihna paikoilleen
- Poistetaan turvakytkimen lukitus ja käännetään se I asentoon. Varmistetaan ettei ketään ole kuljettimella ja ajetaan uusi hihna paikalleen paikallisohjaimen käsiajokytkimestä. Kun uusi hihna on kokonaan vanhan päällä, pysäytetään hihna ja kytketään turvakytkin uudestaan päälle ja lukitaan.

#### 3. Hihnan liitoksen tekeminen

- Löysätään hihnan kiristin, jotta saadaan uudelle hihnalle säätövara. Hihnan kiristys tapahtuu taittopäästä. Taittopään telan asennolla säädetään hihnan kireyttä. Taittopää vedetään taljoilla asentoon, jossa hihna on löysimmillään.
- Kiristyksen löysäämisen jälkeen vedetään uuden hihnan päät vastakkain ja kiinnitetään tarrainlätkät hihnan reunoihin. Tarrainlätkillä varmistetaan ettei uusi hihna pääse valumaan löysemmälle ja että se pysyy paikoillaan liittämisen aikana.
- Irrotetaan uusi hihna vanhasta. Lyhennetään tarvittaessa uutta hihnaa. Jos hihnaa joudutaan lyhentämään on lyhennettyyn päähän tehtävä uusi liimauspinta. Alempaan liimauspintaan levitetään kumiliimaa ja painetaan hihnanpäät vastakkain. Liimauksen annetaan kuivua hetken.
- Hihnanpaistoraudat asetetaan sauman kohdalle. Paistoaika löytyy paistimen käyttöohjeesta. Paiston jälkeen irrotetaan paistorauta ja siistitään sauman sivut




#### 4. Hihnan kiristäminen ja vanhan hihnan poistaminen

- Vaha hihna leikataan poikki vetotelan jälkeen. Vanhan hihnan pään pitää roikkua hihnakuljettimen ulkopuolella.
- Löysätään taittopään telan taljat.
- Poistetaan lukitus turvakytimestä ja käännetään turvakytin I asentoon.
- Pyöritetään kuljetinta käsiajokytkimestä ja seurataan, että vanha hihna purkautuu kuljettimesta.


#### 5. Käyntikuntoon saattaminen

- Kytetään turvakytin O asentoon ja lukitaan se
- Asennetaan poistetut suojarakenteet takaisin paikoilleen ja tarkastetaan, että sivurajat ovat oikeilla paikoilla.
- Kerätään työkalut ja muut ylimääräiset tavarat pois.
- Poistetaan turvakytimen lukitus ja käännetään turvakytin I asentoon.
- Tarkastetaan kuljettimen moitteeton toiminta ajamalla kuljetinta paikallisohjaimen käsikytkimestä.
- Annetaan käynnistyslupa operaattorille

 AQUAMINERALS	<b>Vikailmoitus</b>	Laatija: Kaisa Kumpulainen	Analyysin pvm: 22.1.2013 Vuoro: aamu
---	---------------------	----------------------------	---

Vikaantunut kohde/ komponentti	Vian muoto/ ilmeneminen	Vian syy	Vaikutus- luokka	Vian vaikutus/ varautuminen	Toimenpide- ehdotukset
Hihnakuljetin POS 01 käyttöäkselin laakeri	Laakeri ääntää	Laakeri on vanha ja kulunut	C	Vika ei aiheuta välitöntä vaaraa tuotannolle / työntekijöille  Kuljetin määräaikais- huollon ja kunnon- valvonnan piirissä  Hankitaan uusi laakeri, jos sitä ei ole varastossa	Vaihdetaan uusi laakeri seuraavaan tuotanto- katkoksen yhteydessä.  Tehostetaan seurantaa


Luokitus: A = vakava haitta tai vaara tuotannolle / työntekijöille, B = Kohtalainen haitta tai vaara tuotannolle / työntekijöille,  
C = vähäinen haitta tai vaara tuotannolle / työntekijöille

		<b>Toimintovirheanalyysi</b>		Laatija: Kaisa Kumpulainen	Analyysin pvm: 22.1.2013 Vuoro: aamu
<b>Tehtävän vaihe ja toiminto</b>	<b>Toimintovirhe</b>	<b>Seuraukset</b>	<b>Varautuminen Havaitseminen</b>	<b>Toimenpide-ehdotukset</b>	
Suursäkin siirtäminen säätyskoneelta tuotevarastoon	Trukkipiikit osuneet säätyskoneen runkorakenteeseen	Yksi tukijalka on vääntynyt hiukan	Vaurioituminen huomattu säkinvaihdon yhteydessä. Merkittävä korjattavaksi seisakkyölistään.	Oikaistaan tukijalka seuraavassa seisakissa	

 AQUAMINERALS	<b>Poikkeamatarkastelu</b>	Laatija: Kaisa Kumpulainen	Tarkastelun pvm: 22.1.2013 Vuoro: aamu
---	----------------------------	-------------------------------	---

<b>Poikkeama</b>	<b>Mahdolliset syyt</b>	<b>Seuraukset</b>	<b>Luokka</b>	<b>Varautuminen</b>	<b>Toimenpide-ehdotukset</b>
Rumpu-uunin hammasrattaan voiteluöljyn määrä vähäinen	Voiteluöljysäiliön vuoto: Hiusmurtuma kylki-sauman hitsissä	Hammasrattaat alkavat kulua, jos voiteluöljyn pinta laskee liian alas	B	Hitsisauman korjaus seisokkityölistalle	Öljymäärän lisäys tarvittaessa Tehostettu seuranta

Luokitus: A = vakava haitta tai vaara tuotannolle / työntekijöille, B = Kohtalainen haitta tai vaara tuotannolle / työntekijöille, C = vähäinen haitta tai vaara tuotannolle / työntekijöille

 AQUAMINERALS	<b>Korjausilmoitus</b>	Laattija: Kaisa Kumpulainen	Korjauksen pvm: 22.1.2.13 Vuoro: aamu
---	------------------------	-----------------------------------	--

Korjattu kohde	Mitä korjattu / miksi	Korjaus-toimenpiteet	Vaikutus- luokka	Kulunut aika [h]	Korjauksen lisätiedot
Rumpu-uunin hammasratiaan voiteluöljysäiliön sivusauman hiusmurtuma	Hitsisaumassa oli murtuma, josta vuosi säiliössä olevaa öljyä	Murtunut sauma korjattu hitsaamalla Valunut öljy siivottu pois	C	0,75	

Luokitus: A = Korjauksesta aiheutui vakavaa häiriötä tuotannolle, B = Korjauksesta aiheutui kohtalaista häiriötä tuotannolle,  
C = Korjaus ei aiheuttanut häiriötä tuotannolle tai se oli vähäistä

KUNNONARVIOINTILOMAKE		Arviointi pvm:					
Kohteenkuvaus:		Suorittaja:					
Sijainti:		Käyttöönotto pvm:					
Laitenro:	Kone/komponentti	Ei merkitystä	Tyydyttävä:	Vikaantunut	Korjataan heti	Korjataan myöhemmin	
	Sähkölaitteet						
A	Virtalähde						
B	Kytkinpöytä						
C	Säätöpiirit						
D	Moottorit						
E	Valaistus						
F	Kaapelointi						
	Mekaniikka						
A1	Akselit/ vaihdelaatikot						
A2	Tiivisteet						
A3	Laakerit						
A4	Vaihteet						
B1	Ohjainkiskot/-pöydät						
D1	Pneumatiikka						
D2	Hydrauliikka						
C1	Ruuvit, painimet						
Siisteys		Arvio	0	1	2	3	4
1	Tarpeettomat materiaalit/työkalut						
2	Tarpeettomat koneet ja laitteet						
3	Tarpeettomat osat						
4	Hankaloittavat ohjeet/tavat						
5	Yleinen siisteys						