

Kari Murro

## KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA

Kone- ja Tuotantotekniikan koulutusohjelma

2017

## KUNNOSSAPITISUUNNITELMA

Murro, Kari  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2017  
Ohjaaja: Juuso, Jarmo  
Sivumäärä: 52  
Liitteitä:

Asiasanat: kunnossapito, kunnonvalvonta, toiminnanohjausjärjestelmä, ammatillinen koulutus

---

### Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää kunnossapidon toimintaa ja tehdä kunnossapitosuunnitelma Länsirannikon Koulutus Oy Winnova:lle. Kunnossapitosuunnitelmalla pyritään rakentamaan pohja oppilaitoksen kunnossapidolle ja kunnonvalvonnalle sekä näiden organisointiin ja seurannalle.

Kehittämistyö pohjautuu Winnovan ISO9001 laadunhallinnan sertifiointiprosessiin, joka kuuluu osaksi Opetus- ja kulttuuriministeriön ammatillisen koulutuksen laatustrategiaa 2011 – 2020.

Kunnossapidon kehittäminen on tärkeää laitekannan käyttövarmuuden parantamiseksi ja opetuksen laadun turvaamiseksi. Opinnäytetyön tavoitteena oli rakentaa kunnossapidon järjestelmä, jota voidaan soveltaa eri koulutusaloilla kunnossapidon toiminnan pyörittämiseen ja tiedon hallintaan sekä käyttövarmuuden parantamiseen ja opetuksen tukena.

Opinnäytetyö käsittelee kunnossapidon teoriaa ja käsitteitä, joiden pohjalta kunnossapitosuunnitelman runko on rakennettu. Suunnitelma sisältää kuvaukset kunnossapito-ohjelman laatimisesta koulutusaloille, toiminnanohjausjärjestelmän laaja-alaisesta käytöstä kunnossapito-organisaation ja käyttöhenkilöstön kunnossapitotöiden tiedon hallintaan, sekä opiskelijoiden oppimisen työkaluna.

## A MAINTENANCE PLAN

Murro, Kari

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2017

Supervisor: Juuso, Jarmo

Number of pages: 52

Appendices:

Keywords: Maintenance, condition monitoring, enterprise resources planning, vocational education

---

### Abstract

The purpose of this thesis was to develop maintenance and make a maintenance plan to Länsirannikon Koulutus Oy Winnova. The goal with the plan is to build foundation for organizing and managing maintenance and condition monitoring.

Development is based on Winnova's ISO 9001 quality management certification process that accedes to the 2011 - 2020 quality strategy of occupational education of the Ministry of Education and culture.

Developing maintenance is important for improving reliability of the hardware and to guarantee the quality of education. The goal of this thesis was to build a maintenance system that can be applied in different branches of education to control and run the maintenance, improve dependability and to support the education.

Thesis covers the theory and concepts of maintenance by which the maintenance plan is build. The plan contains description of preparing the maintenance program for the branches of education, a wide range use of enterprise resources planning system as a tool of managing maintenance and information for maintenance organisation and operating personnel and as a tool for learning.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LÄNSIRANNIKON KOULUTUS OY.....	7
2.1	Kunnossapidon nykytila.....	7
2.2	Työhön kuuluvat kohteet .....	8
3	KUNNOSSAPIDON KEHITTÄMINEN WINNOVASSA.....	9
3.1	Toimintaympäristö .....	9
3.2	Tavoitteet .....	9
3.2.1	Kunnossapidon toimintaympäristö opetuksen tukena .....	10
3.2.2	Käyttövarmuuden parantaminen .....	10
4	KUNNOSSAPITO .....	11
4.1	Mitä kunnossapito on? .....	11
4.2	Kunnossapitolajit .....	12
4.2.1	Ehkäisevä kunnossapito.....	14
4.3	Käyttövarmuus.....	15
4.3.1	Toimintavarmuus.....	16
4.3.2	Kunnossapitovarmuus .....	16
4.3.3	Kunnossapidettävyys .....	17
5	KUNNOSSAPIDON TOIMINTAMALLIT .....	19
5.1	RCM, luotettavuuskeskeinen kunnossapito .....	19
5.1.1	RCM-prosessi .....	20
5.1.2	RCM ja kuntoon perustuva kunnossapito.....	24
5.2	TPM, tuottava kunnossapito .....	31
5.2.1	Käyttäjäkunnossapito .....	31
5.2.2	Siisteys ja järjestys 5S .....	33
6	KUNNOSSAPIDON SUUNNITELMA .....	35
6.1	Kunnossapitomenetelmät .....	35
6.2	Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä .....	36
6.2.1	Arrow Novi .....	36
6.2.2	Järjestelmään kirjautuminen ja käyttöoikeudet .....	37
6.2.3	Novin käyttö mobiilissa.....	38
6.2.4	Laitekortti .....	39
6.2.5	Työpyyntö .....	40
6.2.6	Operaattorihuolto.....	40
6.3	Kunnossapidon organisointi.....	42
6.4	Kunnonvalvonta .....	44
6.5	Varaosat .....	45
6.6	Huolto-ohjelman laatiminen koulutuslalle .....	46

6.7 Kunnossapidon ostaminen .....	49
7 YHTEENVETO .....	50
LÄHTEET.....	52

## 1 JOHDANTO

Koneiden ja laitteiden kunnossapidolla on taloudellisesti suuri merkitys ja se antaa oppilaitokselle myös toimintavarmuutta ja lisää kilpailukykyä. Merkittävä osuus kustannuksista tulee kunnossapitotöistä ja niissä käytetyistä varaosista ja komponenteista, mutta rikkoutumisen vuoksi käytöstä pois olevat tai sen takia puutteellisesti toimivat koneet aiheuttavat kuitenkin huomattavasti suurempia kustannuksia sekä kasvavan riskin tapaturmille.

Kunnossapidon toimintaa ja sen keskitettyä hallintaa lähdettiin suunnittelemaan syksyllä 2015 aloitetun ISO9001 laadunhallinnan sertifiointiprosessin myötä. Sertifiointiprosessi perustuu Opetus- ja kulttuuriministeriön ammatillisen koulutuksen laatustrategian 2011 – 2020 mukaiselle laatutyölle.

Kunnossapitosuunnitelman laatimiseksi käynnistettiin kartoitus, jolla kunnossapidon nykytilaa selvitettiin. Selvityksen pohjalta voitiin suunnitella paremmin yrityksen strategiaa ja laatukäsikirjaa tukevaa kunnossapidon toimintaa niin, että koko kunnossapito on paremmin koordinoitua ja sen prosessit on selkeästi kuvattu. Tämän lisäksi käyttöhenkilöstö tuntee järjestelmän ja omaksuu sen osaksi omaa toimintaansa, huoltosopimuksista voidaan tehdä kattavampia kokonaisuuksia ja dokumentointi on sen mukaista, että sillä voidaan seurata kunnossapidon kustannuksia ja tehdä oikea-aikaisesti tarvittavia muutoksia. Oppilaitoksen laajuudesta johtuen, opinnäytetyön kärjeksi valittiin tekniikan alat, joiden kautta rakennettua mallia kunnossapidosta voidaan viedä eteenpäin ja soveltaa eri koulutusaloille ala kerrallaan, kattaen lopuksi koko Winnovan.

## 2 LÄNSIRANNIKON KOULUTUS OY

Länsirannikon Koulutus Oy Winnova on koulutuksenjärjestäjä, joka järjestää toisen asteen ammatillista perus-, lisä- ja täydennyskoulutusta, oppisopimuskoulutusta sekä muuta ammatillista koulutusta Satakunnan ja Vakka-Suomen alueilla. Winnova on perustettu vuonna 2010, oppilaitoksen keskushallinto on sijoittunut Raumalle ja koulutustoimintaa järjestetään Porissa, Raumalla, Laitilassa, Ulvilassa ja Uudessakaupungissa. Yhtiöllä on n. 6000 opiskelijaa ja henkilökuntaa n. 600.

Winnovan omistaa yhdessä Porin kaupunki, Rauman kaupunki, Porin aikuiskoulutussäätiö ja Laitilan kaupunki. Yhtiö kuuluu Porin kaupunkikonserniin.

### 2.1 Kunnossapidon nykytila

Kunnossapidon nykytilaa kartoitettiin pohjaksi kunnossapidon kehittämiseksi. Haastatteleamalla koulutusalojen henkilökuntaa selvitettiin aloilla toimivia käytäntöjä, koottiin tietoa voimassa olevista sopimuksista, sekä alojen laitekannan tarpeista ja vaatimuksista kunnossapidon suhteen. Kartoituksessa selvitettiin myös kiinteistöjen ja oppilaitoksen välisiä rajapintoja. Koulutusaloilta haastateltiin koulutuspäälliköitä, sekä kunnossapitoon osallistuvia opetus- ja muun henkilökunnan edustajia.

Oppilaitoksella ei ole keskitettyä kunnossapidon suunnitelmaa tai järjestelmää ja kokonaiskuvaa kunnossapidon tilasta voi kuvailla sekavaksi. Koulutusalat toimivat hyvin itsenäisesti ja yhteistyö eri alojen välillä on monin paikoin vähäistä. Osa koulutusaloista on hoitanut omaa laitekantaansa mallikkaasti ja luonut kunnossapidolle omia toimintamalleja mm. hyödyntäen yrityksen sisäisiä resursseja ja eri alojen ammatti-osaamista. Osa aloista on ulkoistanut kunnossapidon kokonaisuudessaan ja osassa aloja havaittiin merkittäviäkin puutteita tai jopa turvallisuusriskejä.

Kartoituksen yhteydessä huomattiin myös se, että Winnovalla on käytössä useampia eri kunnossapidon ohjelmistoja, joita käytetään vain pienimuotoisesti ko. alan opetus-toiminnassa. Erot koulutusalojen välillä johtuvat pitkälti erilaisista toimintakulttuureista ja vähäisestä yhteistyöstä. Osittain aloilla elää yhä samat toimintamallit, kuin

edellisissä organisaatioissa ja tämän lisäksi mm. nuorten ja aikuisten koulutuksen kulttuurit ja toimintatavat poikkeavat toisistaan suuresti. Winnovan uusi organisaatiomalli, jossa nuorten ja aikuisten koulutus kootaan hallinnollisesti yhteen, helpottaa kuitenkin kunnossapidon yhtenäisemmän kokonaisuuden hahmottamista ja sen jalkauttamista koulutusaloille.

Kartoitus osoitti, että yhtenäisiä käytäntöjä tarvitaan ja, että koulutusaloilla toivotaan järjestelmää, joka helpottaa tiedonhakuja ja antaa paremmat työkalut kunnossapitoon. Kaiken kaikkiaan kunnossapidon toiminnan paremmalla yhtenäisellä suunnittelulla voidaan parantaa oppimisympäristöjen laiteturvallisuutta ja koneiden käyttövarmuutta, helpottaa opettajien toimintaa koulutusaloilla kunnossapidon suhteen ja samalla saada aikaan kustannussäästöjä.

## 2.2 Työhön kuuluvat kohteet

Kunnossapitosuunnitelmaan kuuluu Länsirannikon Koulutus Oy:n, sekä sen omistajien tämän käyttöön luovuttamat opetuskäytössä toimivat koneet ja laitteet. Näillä koneilla ja laitteilla tarkoitetaan sellaisia laitteita, jotka vaativat säännöllistä huoltoa, tarkastuksia tai jotka olisi muuten perusteltua saattaa huollon ja kunnonvalvonnan piiriin, pois rajaten pienet käsikäyttöiset koneet, kuten porakoneet, kulmahiomakoneet, nauhalaimet, hiomakoneet tms.



### 3 KUNNOSSAPIDON KEHITTÄMINEN WINNOVASSA

#### 3.1 Toimintaympäristö

Oppilaitos toimii hyvin eri tavoin kuin teollisuus ja näin ollen kirjallisuudesta on hyvin vaikea löytää toimintamalleja ja menetelmiä, joita voisi soveltaa sellaisenaan oppilaitosympäristössä, etenkin opetuskäytössä toimiville koneille ja laitteille. Opetuskäytössä laitteelta ei odoteta korkeaa tuottavuutta, lasketa käytön tehokkuutta tai haeta parasta mahdollista suorituskykyä kuten teollisuudessa. Sen sijaan, jotta opiskelijalle voidaan tarjota laadukasta koulutusta, oppilaitoksen laitteilta vaaditaan luotettavuutta, käyttövarmuutta ja turvallisuutta.

Oppilaitosympäristö, josta löytyy noin 30 perustutkintoa eri aloilta, vaatii kunnossapidon järjestelmältä monipuolisuutta ja joustavuutta. Monialainen toiminta tarkoittaa suurta laitekantaa, erilaisia viranomaisvaatimuksia, useita laitevalmistajia ja laitetoimittajia, sekä laajan kattauksen yrityksiä, jotka tuottavat Winnovalle kunnossapidon palveluita. Ammatillisen koulutuksen eläessä muutoksessa, kunnossapidon suunnitelman tulee elää muuttuvien toimintaympäristöjen mukana ja sitä tulee kehittää jatkuvasti.

#### 3.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on laatia kunnossapidon suunnitelma, joka tukee Winnovan strategiaa. Tarkoituksena on luoda Winnovalle järjestelmä, jossa kone ja -laitekanta on koottu kattavasti yhteen tietokantaan, joka palvelee koulutusaloja kunnossapidon ja kunnonvalvonnan osalta. Tietokannan pohjalta voidaan suunnitella kattavampia huoltosopimuksia, seurata paremmin huolloista aiheutuvia kustannuksia ja tuottaa raportteja esimerkiksi viranomaisille koneturvallisuudesta tai omistajille käyttöomaisuudesta. Järjestelmän on tarkoitus toimia koko henkilökunnan tietovarastona, josta on helposti löydettävissä tarvittavat laitekohtaiset tiedot, dokumentit, ohjeet ja kontaktit.

Opinnäytetyö on rajattu työn laajuudesta johtuen koskemaan tekniikan koulutusaloja, kärjessä metalliala, josta kehitettyä mallia voidaan soveltaa ja viedä muille koulutusaloille kattaen lopuksi koko Winnovan.

### 3.2.1 Kunnossapidon toimintaympäristö opetuksen tukena

Kunnossapito kuuluu osaksi Kone- ja tuotantotekniikan koulutusta, jossa kunnossapidon järjestelmää käytetään myös opetusvälineenä kunnossapidon ammatti- ja erikoisammattitutkinnoissa. Kunnossapidon tiedonhallinta kuuluu kunnossapidon ammattitutkinnon pakollisiin tutkinnonosiin. Kun opetuksen käytössä on kattava järjestelmä, joka pitää sisällään koko Winnovan laiterekisterin, voidaan kunnossapitoa ja kunnonvalvontaa hallita paremmin ja saada se palvelemaan myös kunnossapidon koulutusta entistä laajemmin. Opiskelijaryhmille voidaan hakea helposti erilaisia töitä oppilaitoksen sisältä, eri alojen laitekannasta, jolloin kaikki kunnossapidon toimet eri koulutusaloilla eivät vaadi ulkopuolista palveluntarjoajaa. Näin ollen kunnossapidon koulutus toiminta vastavuoroisesti tukee kunnossapidon kokonaisuutta tuoden oppilaitoksen toiminnalle lisäarvoa niin opetuksen, kuin hallinnonkin näkökulmasta.

Järjestelmää tulee voida hyödyntää myös eri koulutusalojen normaalissa päivittäisessä arjessa ja laitekannan ylläpidossa. Mobiilikäyttö ja kattava tietokanta luovat mahdollisuuden hakea tietoa laitteista nopeasti ja helposti. Kun järjestelmään voidaan liittää konekohtaisesti kaikki alalla tätä tarvittava materiaali sähköiseen muotoon, se on aina helposti saatavilla ja hakuun tai arkistointiin ei tarvitse nähdä merkittävästi vaivaa.

Järjestelmän avulla voidaan aloilla huolehtia omasta laitekannasta ja suorittaa esimerkiksi operaattorihuollot järjestelmään rakennettujen menettelyohjeiden avulla helposti. Kattavalla järjestelmällä voidaan siis tarjota aloille kaikki tarvittava koneita ja laitteita koskeva informaatio opetuksen tueksi vahvistamaan sekä henkilökunnan, että opiskelijoiden laitetuntemusta ja helpottamaan alan omaa kunnossapitoa.

### 3.2.2 Käyttövarmuuden parantaminen

Käyttövarmuuden parantamisella tarkoitetaan koneiden ja laitteiden toimintavarmuuden, kunnossapidettävyyden ja kunnossapitovarmuuden parantamista. Käyttövarmuutta parantamalla pyritään varmistamaan laitekannan toimintakyky ja vähentämään laitteiden vikaantumisista johtuvia opetuksen ja muun toiminnan keskeytyksiä.

## 4 KUNNOSSAPITO

### 4.1 Mitä kunnossapito on?

Kunnossapidon käsite on hyvin laaja ja monitasoinen, eikä se ole pelkästään rikkoutu-  
neiden koneiden tai komponenttien korjausta. Kunnossapito on myös huoltoa huomata-  
tavasti laajempi käsite. Siinä missä huolto käsittää käytännön toimenpiteitä, kuten en-  
nakoivat toimenpiteet sekä vianetsintää ja korjausta, kunnossapidolla luodaan edelly-  
tykset näille toimille ottamalla paremmin huomioon suoritusolosuhteet ja mahdollis-  
tamalla erilaisten menetelmien käyttö kustannusten optimoimiseksi. Kunnossapito  
voidaan siis ajatella olevan käyttöomaisuuden tuottokyvyn ylläpitämistä ja säilyttä-  
mistä. (Järviö & Kunnossapitoyhdistys 2006, 11)

Standardi PSK 6201 määrittää kunnossapidon seuraavasti: ”Kunnossapito on kaikkien  
niiden teknisten, hallinnollisten, johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus,  
joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy  
suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.” (PSK 6201 2011, 2)  
Määritelmää käytetään myös standardissa PSK7501

Suomessakin hyväksytyssä eurooppalaisessa standardissa SFS-EN 13306 kunnossa-  
pito määritellään seuraavasti: ”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen eliniän aikai-  
sista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituk-  
sena ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorit-  
tamaan vaaditun toiminnon.” (SFS-EN 13306)

Standardien määritelmät ovat hyvin lähellä toisiaan ja niiden voidaan katsoa sisältävät  
kaksi perusolettamusta:

- Kunnossapidon tavoitteena on, että kohde pysyy kunnossa tai se kunnostetaan  
takaisin normaaliin toimintakuntoon.
- Teknisen suorittamisen lisäksi kunnossapitoon kuuluu kaikki kunnossapidon  
toimenpiteisiin liittyvät hallinnolliset ja johtamisen toimenpiteet. (Mikkonen,  
H. 2009)

Kun koneilta ja laitteilta vaaditaan luotettavuutta, niiden on kyettävä suorittamaan ha-  
luttu toiminto suunnitellulla tavalla ilman häiriöitä. Tässä ehkäisevän kunnossapidon

roolilla on suuri merkitys. Ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään hallitsemaan vikaantumisia ja estämään niiden syntyä, koska kustannukset korjaavasta kunnossapidosta nousevat aina tätä korkeammiksi. Kunnossapito vaikuttaa liiketoiminnan kaikkiin osaluaisiin ja siksi yrityksellä tulee olla kunnossapidon ohjelma, joka järkipereäisesti ja tehokkaasti mahdollistaa laitekannalta vaaditun turvallisuus- ja käytettävyytstason, joka johtaa käyttötoiminnassa parantuneeseen käytettävyyteen, turvallisuuteen ja talouteen.

## 4.2 Kunnossapitolajit

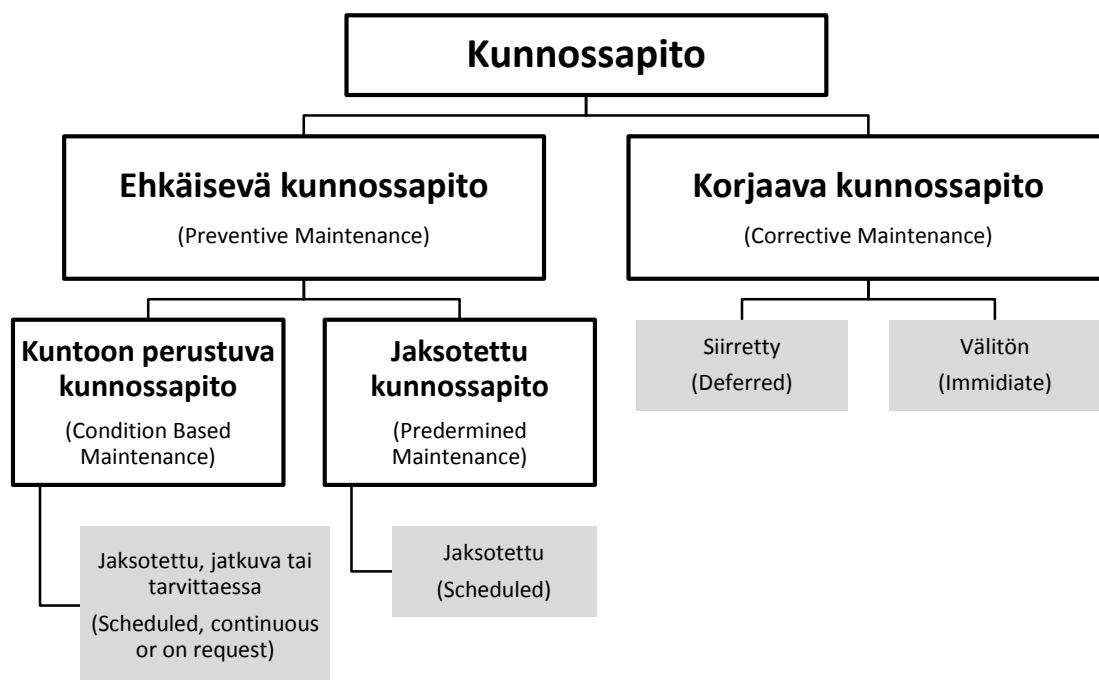
Kunnossapidon toiminnassa voidaan tunnistaa viisi päälajia:

- **Huolto** (Service), jonka keinoin pidetään kohteen toimintaedellytykset ja ympäristö kunnossa. Yleensä huolto on jaksotettu käyttöajan, määrän, tai rasittavuuden mukaan.
- **Ehkäisevä kunnossapito** (preventive maintenance), jossa eri tekniikoiden avulla seurataan kohteen suorituskykyä tai parametreja, sekä pyritään hallitsemaan vikaantumisia ja estämään niiden syntyä. Ehkäisevä kunnossapidon toimenpiteet voivat olla jaksotettuja, jatkuvasti suoritettavia, tai ne tehdään tarvittaessa.
- **Korjaava kunnossapito** (corrective maintenance), jonka menetelmillä korjataan havaitut viat.
- **Parantava kunnossapito** (modification, upgrading, modernizations), jolla parannetaan mm. kohteen luotettavuutta, käytettävyyttä, kunnossapidettävyyttä ja turvallisuutta.
- **Vikojen ja vikaantumisien selvittäminen** (analytical maintenance), jossa vikaistorioiden ja riskianalyyysien avulla pyritään selvittämään vikaantumisen syyt ja vikaantumisprosessi, vahingon uusiutumisen estämiseksi.

Standardit käsittelevät pitkälti vikaantumisia ja vikojen korjauksia, mutta eivät ota huomioon kahta viimeistä päälajia. Tämän lisäksi standardit eivät tunne käsitettä RTF, Run To Failure, joka tarkoittaa sitä, että koneen ei kuulu ehkäisevän kunnossapidon piiriin. Koneen rikkouduttua se korjataan, tai usein korvataan uudella. RTF strategiaa

sovelletaan kohteisiin, joiden arvo on vähäinen ja vikaantuminen ei aiheuta toiminnalle häiriötä. (Järviö & Kunnossapitoyhdistys 2006, 41-47)

Kansainvälinen standardi SFS-EN 13306 jakaa kunnossapitolajit vian havaitsemisen mukaan. Vialla tarkoitetaan tilaa, jossa kohde ei kykene suorittamaan vaadittua toimintaa. Ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteillä pyritään siis ehkäisemään kohteen vikaantuminen. Jako vastaa myös RCM:n proaktiivinen-reagoivajakoa, johon palataan myöhemmin kappaleessa viisi.



Kuva 1. Kunnossapitolajit (SFS-EN 13306).

Kunnossapidonlajien termit ja käsitteet standardin SFS-EN 13306:n mukaan esitellään tarkemmin seuraavassa taulukossa.

Taulukko 1. Kunnossapitolajit SFS-EN 13306:n mukaan

Kunnossapitolaji	Kuvaus
Ehkäisevä kunnossapito (Preventive Maintenance)	Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään säännöllisin väliajoin, tai suunniteltujen kriteerien täytyttyä. Tavoite on pienentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai laitteen toiminnan heikkenemistä.
Jaksotettu kunnossapito (Predetermined Maintenance)	Ennalta määritettynä ajanjaksona, tai käytön määrän mukaan tehtyä ennakoivaa kunnossapitoa. (ei edellytä toimintakunnon tutkimista)

Kuntoon perustuva kunnossapito (Condition Based Maintenance)	Kunnonvalvonnan menetelmillä ohjattua ennakkoivaa kunnossapitoa. (Kunnonvalvonta voi tapahtua jaksoitettuna, pyydettyä tai jatkuvasti)
Ennakoiva kunnossapito (Predictive Maintenance)	Kuntoon perustuvaa kunnossapitoa, joka perustuu kohteen suorituskykyä heikentävien tekijöiden tarkkailuun, analysointiin ja ennustamiseen.
Korjaava kunnossapito (Corrective Maintenance)	Kunnossapitoa tehdään vian havaitsemisen jälkeen, tavoitteena palauttaa kohde toimintakuntoon.
Siirretty korjaava kunnossapito (Deferred Maintenance)	Kunnossapitoa, joka tehdään vian havaitsemisen jälkeen, sovittujen ohjeiden mukaan viivästettynä, tai aikataulutettuna.
Välitön korjaava kunnossapito	Kunnossapitoa, joka tehdään välittömästi vian havaitsemisen jälkeen.
Aikataulutettu kunnossapito (Scheduled Maintenance)	Kunnossapitoa, joka perustuu aikataulutukseen tai käyttömäärään.
Etäkunnossapito (Remote Maintenance)	Kunnossapito tehdään etänä niin että henkilöstöllä ei ole pääsyä kohteeseen
Käynninaikainen kunnossapito (On Line Maintenance)	Kunnossapito tehdään käynnin aikana ilman että se vaikuttaa kohteen toimintaan.
Kenttäkunnossapito (On Site Maintenance)	Kohteen sijaintipaikalla suoritettava kunnossapito.
Käyttäjäkunnossapito (Operator Maintenance)	Käyttäjän suorittamaa kunnossapitoa.

#### 4.2.1 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevällä kunnossapidolla pienennetään laitteen vikaantumisen todennäköisyyttä tai laitteen toiminnan heikkenemistä. Kun koneilta ja laitteilta vaaditaan luotettavuutta, on sen kyettävä suorittamaan haluttu toiminto halutulla tavalla ilman häiriöitä. Ehkäisevällä kunnossapidolla voidaan prosessien luotettavuus nostaa tasolle täysin varma. Tämän tason saavuttaminen on kuitenkin usein liian kallista, jolloin tavoiteltava luotettavuustaso tulisi asettaa alemmas. Luotettavuuden taso tulisikin määritellä kohteen mukaan talouden, ympäristön ja turvallisuuden näkökulmista.

Tehokkaan ehkäisevän kunnossapidon periaatteisiin kuuluu suunnitelmallisuus ja aikataulutaminen. Näin ollen toimenpiteet ja varaosien hankinta voidaan suunnitella

niin, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän haittaa koulutustoiminnalle. Aikatauluksella ja työn huolellisella suunnittelulla poistetaan turhat viiveet työn tekemisen yhteydestä, sekä töiden välissä ja saadaan resurssit kohdennettua oikein.

Ehkäisevä kunnossapito käsittää seuraavat, säännöllisesti tehtävät toimenpiteet:

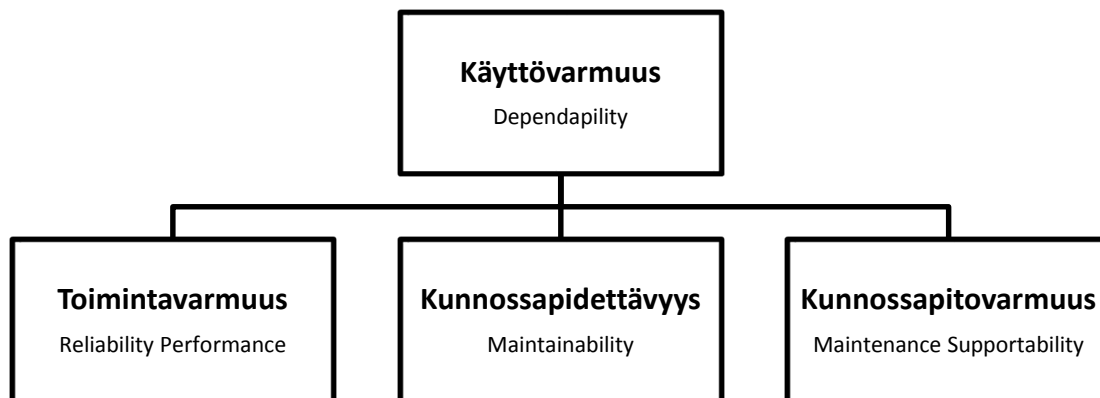
- Vikaantumisia aiheuttavien syiden / olosuhteiden havainnointi ja tarkkailu.
- Kaikki ne toimenpiteet, joiden avulla kone pystyy toimimaan suunnitellulla tavalla, kuten jaksotetut huollot.
- Alkaneen vikaantumisen havaitseminen ja korjaaminen ennen kuin vika pysäyttää koneen.

Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään silloin, kun ehkäisevän kunnossapidon kustannukset ovat pienemmät kuin sen puuttumisen aiheuttamat vahingot ja menetykset, ja kun kohteelle on olemassa tehokas ennakkohuoltomenetelmä. (Järviö & Kunnossapitoyhdistys 2006, 66-76)

#### 4.3 Käyttövarmuus

Käyttövarmuudella tarkoitetaan PSK 6201:n mukaan kohteen kykyä suorittaa siltä vaadittu toiminto tietyissä olosuhteissa olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla. (PSK 6201 2011, 7)

Heikosta käyttövarmuudesta voi seurata odottamattomia vikaantumisia ja ylimääräisiä keskeytyksiä opetuksessa. Heikko käyttövarmuus tarkoittaa usein myös tarpeettomia riskejä koneen käyttäjien ja ympäristön turvallisuuden suhteen. Käyttövarmuuden suunnittelulla voidaan riskit saada kuriin, mutta tämä vaatii kunnossapidon kohdistamista kriittisimpien vikojen ennaltaehkäisyyn.



Kuva 2, Käyttövarmuus, ja siihen vaikuttavat tekijät (Järviö & Kunnossapitoyhdistys 2006, 32)

#### 4.3.1 Toimintavarmuus

”Toimintavarmuus on kohteen kyky suorittaa vaadittu toiminto määrätyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson.” (PSK 6201 2011, 7)

Toimintavarmuus voidaan ymmärtää myös luotettavuutena, laitteen kykyä toimia viikaantumatta. Toimintavarmuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat kohteen konstruktio, asennus ja käyttö. Laitteen luovutuksesta, asianmukaisesta asennuksesta ja käyttöopastuksesta, sekä tarvittavista dokumenteista tulee varmistua ja sopia toimittajan kanssa ennen käyttöä.

#### 4.3.2 Kunnossapitovarmuus

“Kunnossapitovarmuus kuvaa kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa vaadittu tehtävä tehokkaasti määrätyissä olosuhteissa vaaditulla ajanhetkellä tai ajanjaksona.” (PSK 6201 2011, 7)

Kunnossapitovarmuutta, eli huoltovarmuutta voidaan parantaa toiminnanohjausjärjestelmän avulla, sekä selkeillä menettelyohjeilla kunnossapidon organisoinnin suhteen.



### 4.3.3 Kunnossapidettävyys

“Kyky olla pidettävissä toimintakunnossa tai palautettavissa toimintakuntoon määritellyissä käyttöolosuhteissa, jos kunnossapito suoritetaan määritellyissä olosuhteissa käyttäen vaadittuja menetelmiä ja resursseja.” (PSK 6201 2011, 8)

Kunnossapidettävyys, eli huollettavuus on kohteen suunniteltuja ominaisuuksia, jotka liittyvät lähinnä kohteen konstruktion, joihin ei voida vaikuttaa kunnossapidon toimin, mutta jotka tulisi ottaa huomioon laitetta hankittaessa.

PSK 6201 määrittää nämä ominaisuudet seuraavasti:

#### **Kunnossapidettävyyden todentaminen**

Toimenpiteet, joilla sopimuksessa asetetut kunnossapidettävyysvaatimukset todenneetaan vastaanotossa.

#### **Luoksepäästävyys**

Kohteeseen suunniteltu ominaisuus, joka kuvaa helppoutta lähestyä ja päästä kohteeseen kunnossapitotehtävien suorittamiseksi.

#### **Vaihdeettavuus**

Suunniteltu ominaisuus, jonka määrittelee vaihtoyksiköiden käytön laajuus.

#### **Testattavuus**

Suunniteltu ominaisuus, joka sallii kohteen tilan, kunnan tai toiminnan valvonnan ja tarkastamisen kohtuullisessa ajassa. Tällaisia ovat esim. näytteenotto ja kunnonvalvonnan mittaukset.

#### **Itsediagnostiikka**

Kohteeseen sisäänrakennettu laitteisto tai ohjelmisto, joka automaattisesti, jatkuvasti tai ajoittaisesti testaa ja analysoi kohteen kuntoa.

#### **Huollettavuus**

Suunniteltu ominaisuus, joka mittaa huoltotoimenpiteiden suorittamisen helppoutta. Tällaisia ovat esim. pysäytystarve, huoltokohteiden sijainti, rakenteiden tai suojalaitteiden poistotarve, puhtaanapidettävyyden helppous, osavaliokoiman suuruus, osien ja

materiaalien yleinen saatavuus, huoltotoimenpiteiden turvallisuus ja niiden ajallinen kesto.

**Vian paikannettavuus**

Ominaisuus, joka mahdollistaa vian etsimisen ja paikannuksen laitteessa niin, että se voidaan korjata suunnitellusti.

(PSK 6201 2011, 8)

## 5 KUNNOSSAPIDON TOIMINTAMALLIT

### 5.1 RCM, luotettavuuskeskeinen kunnossapito

RCM on lyhenne sanoista Reliability Centered Maintenance, ja se on menetelmänä yksi tärkeimmistä kunnossapidon suunnittelun työkaluista. Sen lähtökohtana alun perin on ollut lentokoneiteollisuuden tarpeet kehittää systemaattinen menetelmä käyttövarmuuden lisäämiseksi. RCM:n tavoitteena on jättää kunnossapidosta kaikki ylimääräinen pois ja keskittyä oleelliseen. Menetelmän avulla pyritään siis tekemään mahdollisimman vähän kunnossapitoa, vaarantamatta kuitenkaan laitteen tai laitoksen toimintaa.

Keskeisiä RCM:n päämääriä ovat:

- Kohdistetaan kunnossapito laitteisiin, joissa sitä eniten tarvitaan.
- Luodaan pohja tehokkaiden kunnossapitomenetelmien käytölle selvittämällä vikaantumismekanismit.
- Saatetaan kunnossapidon piiriin myös sellaisen raja ja turvalaitteet, jotka prosessin toimiessa ovat passiivisia.
- Laaditaan valmiit toimintaohjeet käytettäväksi vikaantumisen ilmettyä laitteille, joille ei löydy tehokkaita ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä.
- Koneiden käyttöhenkilökunta oppii seuraamaan kriittisten komponenttien toimintaa.

(Mikkonen, H. 2009)

”Luotettavuuskeskeinen kunnossapito on menetelmä sellaisen kunnossapito-ohjelman luomiseksi, joka tehokkaasti ja järkipäisesti mahdollistaa laitteistolta ja rakenteilta vaadittujen turvallisuus, ja käytettävyytensä saavuttamisen, jonka tarkoituksena on johtaa käyttötoiminnassa parantuneeseen turvallisuuteen, käytettävyyteen ja talouteen.”(Konola, J. 2000)

RCM:n tavoite on varmistaa koneiden ja laitteiden toiminta ja mitä kunnossapidon on pyrittävä tekemään. Vikaantumisen määrittelyn jälkeen voidaan määrittellä vikaantumisen aiheuttajat (vikaantumistavat) ja sen seuraukset kussakin vikaantumistilanteessa. Kun kunnossapitovaatimukset on määritetty, voidaan suunnitella mitä resursseja tarvitaan kunnossapidon tehtävien suorittamiseksi.

- Kuka suorittaa toimenpiteet (koneen käyttäjä, oma kunnossapito, ulkopuolinen palveluntuottaja)
- Mitä varaosia ja työkaluja tarvitaan tehtävien suorittamiseksi (mm. kunnonvalvonnan laitteet)

Kun kunnossapidon vaatimukset ja resurssit ovat selvillä, voidaan laatia tarkka suunnitelma kunnossapitotehtävien suorittamiseksi oikein ja tehokkaasti. Näin varmistetaan koneiden ja laitteiden toimintakyky. (Järviö & Kunnossapitoyhdistys 2006, 125)

### 5.1.1 RCM-prosessi

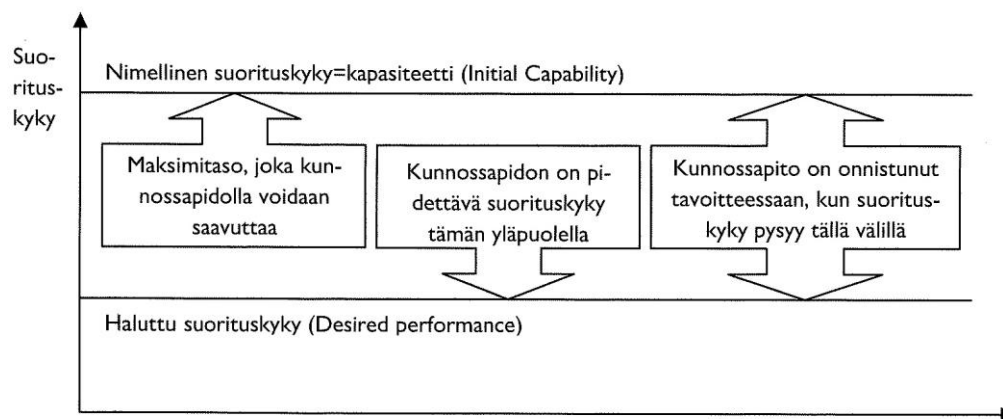
RCM-prosessissa edetään seitsemän kysymyksen mukaan, jotka tulee kysyä jokaisen laitteen arvioinnin yhteydessä:

1. **Määritellään laitteen toiminnot ja suorituskykystandardit** (Funktions an performance standards).
2. **Määritellään toiminnalliset viat** ( Functional failures)
  - miten laite voi epäonnistua toteuttamaan kohdassa 1 määritellyn toiminnon
3. **Selvitetään vikaantumismallit** (Failure modes)
  - mitkä mekanismit johtavat toiminnallisen vian syntyyn
4. **Selvitetään vian vaikutukset** (Failure effects)
  - miten vikaantuminen ilmenee
  - kohdat 3 ja 4 saadaan VVA:n vika- ja vaikutusanalyysi) tuloksena
5. **Määritellään vian seuraukset** (Failure consequences)
  - piilevät seuraukset
  - turvallisuus- tai ympäristövaikutukset
  - toiminnalliset vaikutukset
  - ei toiminnalliset vaikutukset
6. **Määritellään ennakoivat toimenpiteet** (Proactive actions)
  - säännöllinen huolto
  - säännöllinen vaihto
  - kunnon perusteella tapahtuva

## 7. Määritellään korjaavat toimenpiteet (Default actions)

- Säännölliset tarkastukset
- Ei huoltoa (run to failure)

RCM-prosessin ensimmäisessä vaiheessa määritellään laitteen toiminnot ja suoritusstandardit kussakin käyttöympäristössä. Laitteiden käyttäjät tietävät yleensä parhaiten, miten laitteella saadaan toiminnallisesti paras tulos aikaiseksi ja näin ollen heidän osallistumisensa RCM-prosessiin on olennaisen tärkeää.



Kuva 3. Suorituskyvyn tasot ja kunnossapidon rooli niiden saavuttamiseksi (Mikkonen, H. 2009)

Toisessa vaiheessa pyritään tunnistamaan erilaiset mahdolliset vikaantumiset, eli toimintahäiriöt. Missä olosuhteissa vikaantuminen voi tapahtua ja minkälaiset tilanteet / tapahtumat voivat aiheuttaa vikaantumisen.

Toimintahäiriön määrittelyn jälkeen voidaan selvittää syitä, jotka aiheuttavat vikaantumisen. Näitä kutsutaan vikaantumistavoiksi. Näistä yleisimpiä ovat laitteiden rappeutuminen ja normaali kuluminen, mutta tämän lisäksi huomioon on otettava myös inhimillisistä erehdyksistä ja väärinkäytöistä aiheutuneet vikaantumiset, joita pyritään estämään ennakkohuolto-ohjelmilla, sekä kaikki ne tapahtumat, joiden kohdalla vikaantumisen esiintymisriski on suuri. (Mikkonen, H. 2009)

Jokaiselle listatulle vialle tulisi tehdä niiden vaikutusten selvitys, jossa käsitellään seuraavia asioita:

- mistä nähdään, että vikaantuminen on tapahtunut
- mitä riskejä vikaantuminen aiheuttaa terveydelle tai ympäristölle

- miten vikaantuminen vaikuttaa tuotantoon
- mitä vahinkoja vikaantuminen aiheuttaa
- mitkä ovat korjaustoimenpiteet

Vikaantumismalleja ja vikojen vaikutuksia voidaan tutkia Vika ja vaikutusanalyysin, VVA (Failure modes and effects analysis) avulla. VVA-analyysi on toimintavarmuuden analysointimenetelmä, jolla pyritään tunnistamaan sellaisia vikoja, joiden surauksilla on merkittävä vaikutus laitteen suorituskykyyn. Yksi kunnossapitotoiminnan edellytyksistä on vioittumistapojen tuntemus ja näitä analysoimalla mahdollistetaan vikaantumisten ennaltaehkäisyn ja korjausten suunnittelun ennen vikaantumista. Näin voidaan välttyä vakavammilta seuraamuksilta. (Uusitalo, M. 2000)

<b>Vioittumistapa</b>	<b>Korjaava toimenpide</b>
Juoksupyörä kuluu loppuun	Vaihdetaan juoksupyörä ennen eliniän loppua
Ulkoinen esine jumittaa juoksupyörän	Aennetaan suodatin imukanavaan
Juoksupyörä irtoaa (asennusvirhe)	Aennuskoulutus

Kuva 4. Esimerkki pumppuryhmän vioittumistavoista (Mikkonen, H. 2009)

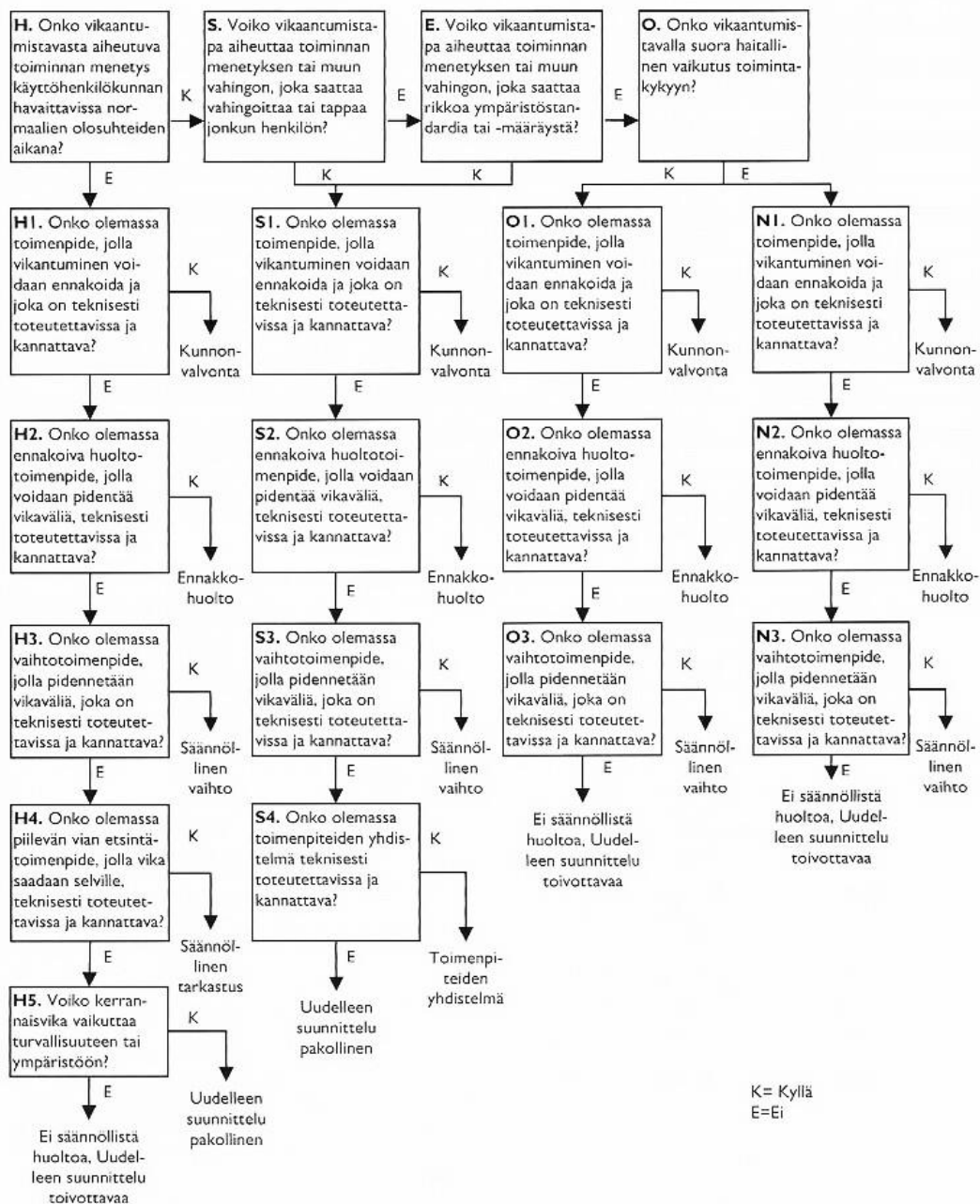
Vikaantumismallin määrittelyn tulee sisältää riittävästi informaatiota, jotta oikea kunnossapitostrategia voidaan valita. Liian vähäinen informaatio voi johtaa hyvin pinnalliseen analyysiin, kun taas liika informaatio johtaa runsaasti aikaa kuluttavaan prosessiin.

Vikojen seuraukset jaetaan RCM-prosessissa neljään ryhmään:

- *piilevät seuraukset*, jossa vioilla ei välttämättä ole suoraa vaikutusta, mutta voivat ketjureaktion omaisesti kehittyä ja muodostaa joukon vikaantumisia, joilla on vakavammat seuraukset.
- *turvallisuus- tai ympäristövaikutukset*, jossa vikaantuminen aiheuttaa vammautumista, hengenmenon tai aiheuttaa erilaisia, säädökset ylittäviä päästöjä.
- *toiminnalliset vaikutukset*, jotka vaikuttavat käyttökustannuksiin ja toiminnan laadun heikkenemiseen.
- *ei toiminnalliset vaikutukset* ovat korjauksista aiheutuvia välittömiä kustannuksia.

(Järviö & Kunnossapitoyhdistys 2006, 125)

Kohdissa 5, 6 ja 7 voidaan käyttää RCM:n päätöksentekologiikkaa, josta käytetään myös nimitystä RCM-päätöskaavio. Kaaviolla luodaan pohja kunnossapidon suunnittelulle.



Kuva 5. RCM-päätöskaavio (Mikkonen, H. 2009)

RCM-prosessi on hyvin toimiva ja tehokas tapa kunnossapidon kehittämiseen. RCM voi olla kuitenkin myös hyvin raskas. Prosessia voidaan kuitenkin helpottaa eräänlaisilla esivalintamenettelyillä, joitain työvaiheita standardoimalla tai muuten karsimalla

varsinaisen RCM tarkasteluun tulevien kohteiden määrää. Laitekannasta voidaan tehdä kriittisyyskartoitus ennen varsinaista analyysia ja tämän jälkeen soveltaa RCM-prosessia vain asetetun kriittisyystason ylittävälle laitteille. Kriittisyyden kartoittamiseksi on olemassa myös standardi, PSK 6800. Kriittisyysanalyysi käsiteltiin aiemmin kappaleessa 4, Kuntoon perustuva kunnossapito. Menettelytapa ei välttämättä ole yhtä luotettava kuin perinteinen RCM-prosessi, mutta monin paikoin taloudellisesti järkevä. (Mikkonen, H. 2009)

### 5.1.2 RCM ja kuntoon perustuva kunnossapito

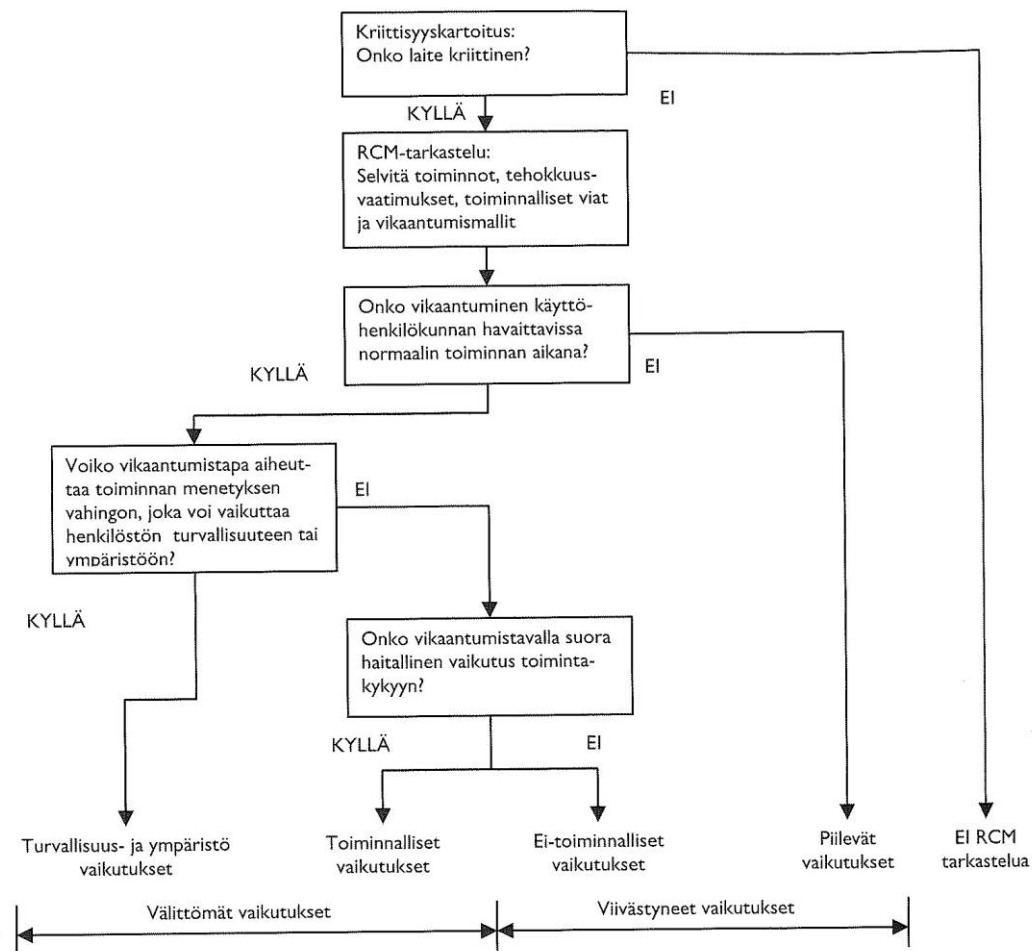
SFS-EN 13306 määrittää kuntoon perustuvan kunnossapidon (Condition based maintenance, CBM) seuraavasti: ”Ehkäisevä kunnossapito, joka tehdään ennalta määritettyjen aikajaksojen tai käytön määrän mukaan, mutta ilman edeltävää toimintakunnon tutkimusta.” (SFS-EN 13306)

Kuntoon perustuva kunnossapito perustuu siis kunnonvalvontaan, tarkastuksiin ja käyttöparametrien seurantaan, mutta pitää sisällään myös kaikki muut kunnossapidon toiminnot. Kuntoon perustuvan kunnossapidon suunnittelussa pitää ottaa huomioon mm. seuraavia seikkoja:

- Viranomaisvaatimukset
- Ympäristövaatimukset
- Aikaisemmat kokemukset vikaantumisista
- Varaosat ja niiden käyttömäärä
- Koneen ja sen osien toimintatapa
- Koneen valmistajan suositukset

Tässä yhteydessä keskitytään ennakoivan kunnossapidon suunnitteluun, jossa RCM-prosessi ja kriittisyyskartoitus on yhdistetty. Kun kyseessä on oppilaitos ja laitekanta on suuri, RCM-analyysin ja kriittisyyskartoituksen yhdistävän prosessin periaatteella voidaan saavuttaa parempi tulos kuin täydellisellä RCM-prosessilla, jonka työmäärä kasvaisi kohtuuttoman suureksi suhteessa hyötypotentialiin. (Mikkonen, H. 2009)





Kuva 6. Yhdistetty RCM ja kriittisyysanalyysi (Mikkonen, H. 2009)

Kuvan 5 mukaisessa prosessissa tehdään laitteiden kriittisyysluokittelu ja vasta tämän jälkeen asetetun kriittisyysrajan ylittävät laitteet käsitellään RCM-prosessin mukaisesti, kuten kohdassa 5.1.1 on kuvattu. Kartoituksen ulkopuolelle jäävät ei-kriittiset laitteet jäävät siis pois tarkastelusta ja niiden kunnossapitosuunnitelma tehdään kokemuspohjaisesti.

Standardissa PSK 6800 kriittisyys määritellään ominaisuudeksi, joka kuvaa kohteen riskin suuruutta. Nämä riskit voivat liittyä henkilön turvallisuuteen, aineellisiin vahinkoihin, tuotannon menetykseen tai muihin seurauksiin, jotka eivät ole hyväksyttäviä. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski ei ole hyväksyttävällä tasolla. (Mikkonen, H. 2009)

Kriittisyysarviointi tehdään määrittelemällä aluksi alue, kuten osasto, ala, tai muu rajattu alue. Eri osastojen väliset erot tulee ottaa huomioon kriittisyyskertoimia määriteltäessä. Varsinainen laitekohtainen kriittisyysanalyysi tehdään eri tekijöiden pohjalta työryhmä arviointina. PSK 6800:ssa käytetään arviointiin seuraavia tekijöitä:

- Vikaväli
- Turvallisuusvaikutukset
- Ympäristövaikutukset
- Tuotannon menetys
- Lopputuotteen laatukustannus
- Korjauskustannus

Kriittisyysindeksi  $K$  lasketaan seuraavalla kaavalla (PSK 6800. 2008)

$$K = p (WsMs + WeMe + WpMp + WqMq + WrMr)$$

missä  $p$  on vikaväli

$Ws$  on turvallisuusriskien painoarvo ja  $Ms$  on turvallisuusriskien kerroin

$We$  on ympäristöriskien painoarvo ja  $Me$  on ympäristöriskien kerroin

$Wp$  on tuotannon menetyksen painoarvo ja  $Mp$  on tuotannon menetyksen kerroin

$Wq$  on lopputuotteen laatukustannusten painoarvo ja  $Mq$  on lopputuotteen laatukustannusten kerroin

$Wr$  on korjauskustannusten painoarvo ja  $Mr$  on korjauskustannusten kerroin

Keroimet ja painoarvot on esitetty tarkemmin kuvassa 6. (Mikkonen, H. 2009)

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

Kuva 7. Laitetason kriittisyyden tekijät (Mikkonen, H. 2009)

Kuvan 6. painoarvot ovat esimerkkejä ja niiden sopivuus sellaisenaan sovellettavalle toimialalle tulee arvioida. Tarkasteltavat laitteet listataan taulukkoon ja niille valitaan kertoimet kokempohjaisesti. Kertoimien valinta tehdään työryhmänä, jolloin kaikkien kokemus ja osaaminen saadaan hyödynnettyä. Tarpeen tullen työryhmässä voidaan käyttää ulkopuolista asiantuntijaa, kuten laitetoimittajaa. Taulukko antaa laitteille

kriittisyysindeksin, jonka arvo kuvaa arvioitujen laitteiden kriittisyyttä suhteessa toisiinsa. Näin saadaan laitteet lajiteltua kriittisyysindeksin mukaiseen järjestykseen.

Winnovan käytössä kriittisyysanalyysia sovelletaan hieman eri tavalla, johtuen siitä, että oppilaitos ei mittaa tuotannon menetystä eikä lopputuotteen laatukustannuksia siinä määrin kuin teollisuus. Analyysissä tuotannon menetys käsitellään opetuksen keskeytymisenä, joka on tärkeä tekijä laitteiden kriittisyyttä analysoidessa. Lopputuotteen laatukustannus jää Winnovan kriittisyysanalyysistä kokonaan pois.

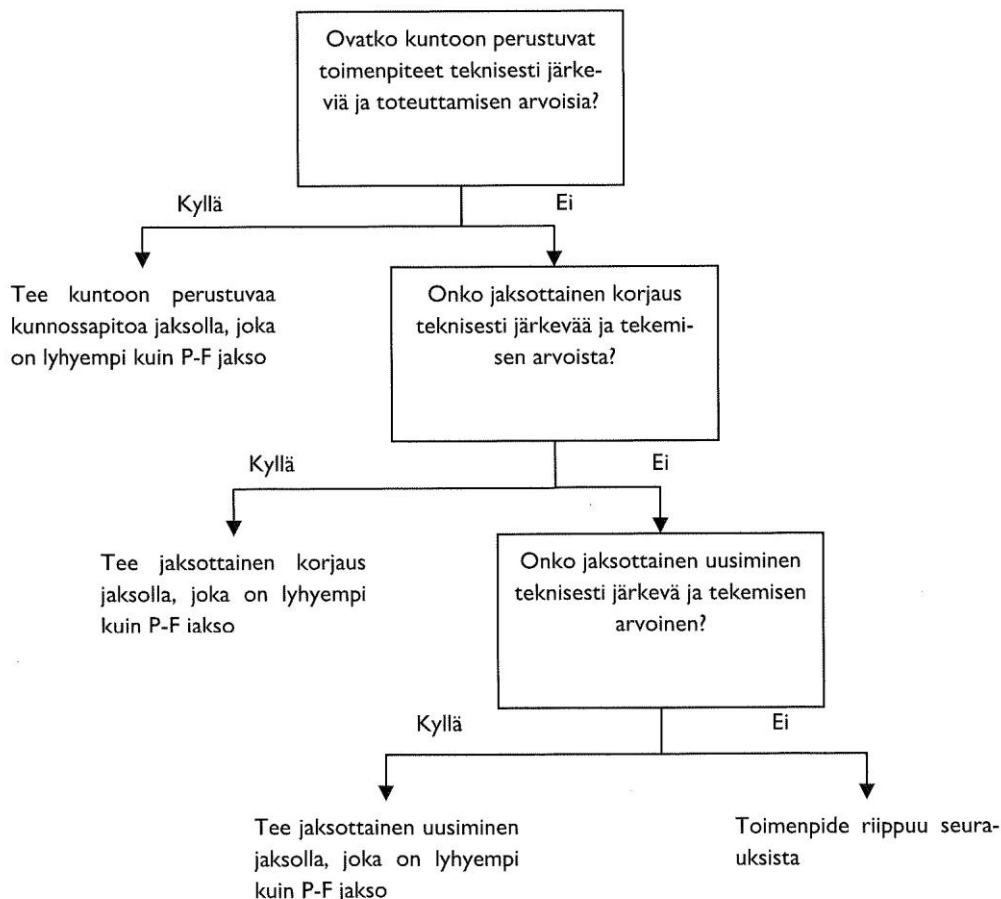
Osasto:														
Kohde:														
Tekijät:														
Versio:														
Päiväys:														
		Kriittisyyden raja-arvo <b>700</b>												
Toimintopaikan tunnistus	Toimintopaikan nimitys	p	s	e	p	q	r	Kriittisyysindeksi	Kriittisyyden osaindeksit					
		Vikaväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...6)	Tuotannon menetys (0...4)	Lopputuotteen laatu-kustannus (0...4)	Korjauskustannus (0...4)		K	Ks	Ke	Kp	Kq	Kr
		Painoarvot W -->	30	20	100	30	20	K						
KO-248		3	8	0	3	2	3	1980	720	0	900	180	180	
KO-247		3	8	0	3	2	3	1980	720	0	900	180	180	
KO-250		3	4	4	2	2	2	1500	360	240	600	180	120	
KO-244		3	4	0	3	2	3	1620	360	0	900	180	180	
KO-243		3	4	0	3	2	3	1620	360	0	900	180	180	
KO-242		2	2	2	1	2	2	600	120	80	200	120	80	
KO-241		2	2	2	1	2	1	560	120	80	200	120	40	
KO-233		1	2	2	3	2	1	480	60	40	300	60	20	
KO-210								0	0	0	0	0	0	

## Kuva 8. esimerkki kriittisyysanalyysin tuloksista

Näiden kriittisten laitteiden suhteen edetään varsinaiseen RCM-prosessiin kappaleen alussa kuvatulla tavalla. Kun vikaantumismallit ja vikojen seuraukset tunnetaan, voidaan rakentaa kunnossapidon ohjelma, jolla kone ja laitekanta pidetään mahdollisimman hyvin kunnossa. Kunnossapidon toimet jakaantuvat kuvan 1. mukaisesti kahteen kategoriaan:

- **Ennakoivat toimenpiteet**, jotka suoritetaan ennen vian ilmenemistä ja joiden tarkoituksena on estää laitteen joutuminen epäkuuntoon. Nämä toimenpiteet käsittävät kuntoon perustuvan kunnossapidon ja jaksotetun kunnossapidon toiminnot, joista jaksotettu kunnossapito jakaantuu vielä määräaikaan huoltoon ja määräaikaan vaihtoon.
- **Korjaavat toimenpiteet**, jossa tehokasta ennakoivaa toimenpidettä ei voida määrittellä. Toimenpiteet käsittävät korjaavan kunnossapidon, säännölliset tarkastukset ja uudelleensuunnittelun.

RCM-mallin logiikalla voidaan valita toimenpiteet kuvan 9 osoittamalla tavalla, ensisijaisena vaihtoehtona kuntoon perustuva kunnossapito. Jos sitä ei voida toteuttaa, valitaan vaihtoehtoinen toimintatapa, kuten jaksottainen korjaus.

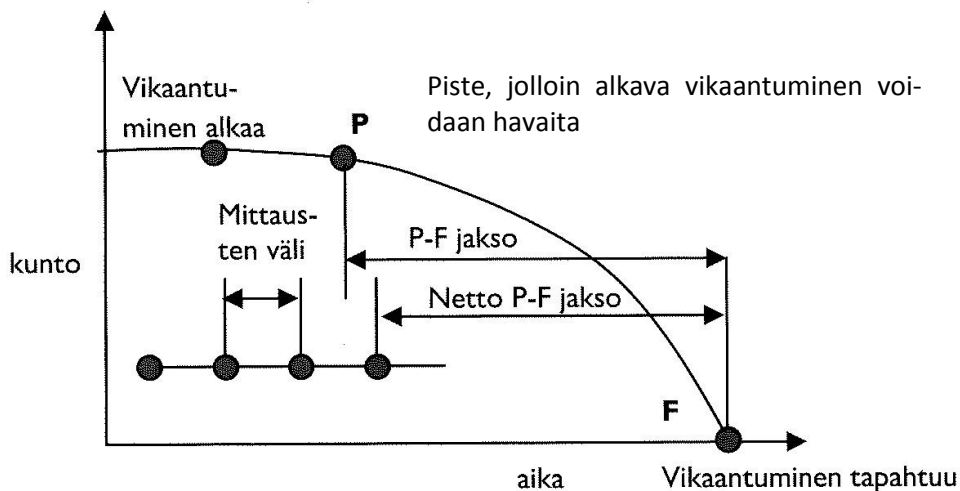


Kuva 9. Ennakoivien toimenpiteiden valintaprosessi (Mikkonen, H. 2009)

”Toimenpide on teknisesti järkevä, jos sen avulla on fyysisesti mahdollista alentaa häiriön seurauksia tasolle, jonka laitteen omistaja tai käyttäjä voisi hyväksyä. Ennakoiva toimenpide on järkevä, jos se alentaa häiriön seurauksia enemmän kuin itse ennakoiva toimenpide vaatii suoria ja epäsuoria kustannuksia” (Mikkonen, H. 2009)

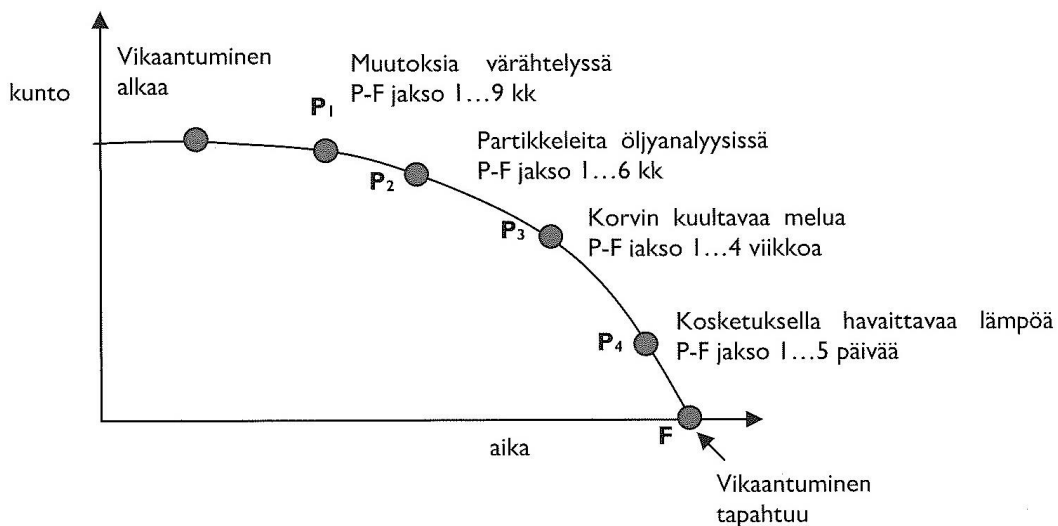
Kuntoon perustuvaa kunnossapitoa voidaan teknisesti toteuttaa, jos

- on löydettävissä selvät oireet ennen vikaantumista
- P-F jakso on kohtuullisen vakio
- On järkevää valvoa kohdetta jaksoin, joka on pienempi kuin P-F jakso
- Netto P-F jakso on riittävän pitkä vian seurausten poistamiseksi



Kuva 10. P-F käyrä ja siihen liittyvät käsitteet (Mikkonen, H. 2009)

P-F käyrä kuvaa laitteen kunnon heikkenemistä. Vikaantuminen alkaa kun laitteessa tapahtuu jotain, joka alkaa heikentämään sen kuntoa. Pisteessä P voidaan jollain menetelmällä havaita alkava vikaantuminen ja pisteessä F laite vikaantuu, eli menettää toimintakykynsä. Netto P-F jaksolla tarkoitetaan aikaa vian havaitsemisesta laitteen vikaantumiseen. (Mikkonen, H. 2009)



Kuva 11. Esimerkki vikaantumisen etenemisestä P-F käyrällä

## 5.2 TPM, tuottava kunnossapito

TPM (Total productive maintenance) kääntyy suomen kielelle tuottava kunnossapito, joka on kokonaisvaltainen strategia tuotannon tehokkuuden ja laadun maksimimiseksi. TPM-prosessin tavoite on pitää kaikki ne koneet ja laitteet, joista tuotanto on riippuvainen, optimikunnossa ja niiden suorituskyky maksimissa. (Mikkonen, H. 2009)

TPM-filosofia pitää sisällään kolme erityispiirrettä:

- TPM sisältää menetelmiä tiedonkeruuseen, analysointiin, ongelmien ratkaisuun ja prosessin ohjaukseen. Menetelmillä parannetaan laitteen tehokkuutta.
- TPM kannustaa käytön ja kunnossapidon henkilökuntaa työskentelemään yhdessä ja pitää sisällään myös toimintoja, kuten suunnittelun, laadun, tuotannon ohjauksen, ostotoiminnan sekä johdon ja valvonnan.
- TPM edistää jatkuvia laiteparannuksia ja sille on laajaa käyttöä standardoinnissa, työpaikkojen organisoinnissa, visuaalisessa johtamisessa sekä ongelman ratkaisussa.

TPM-kehitysohjelma on mittava prosessi ja se vaatii kaikilta sidosryhmiltä sitoutumista ja aktiivista mukanaoloa. (Järviö, J & Lehtiö, T. 2012)

TPM käsittelee hyvin laajasti koko tuotantoprosessia ja siihen liittyy vahvasti mm. koneiden tuottavuus, niiden käytön tehokkuus, tuotantoaika ja tuotannon tehokkuuden laskenta. Nämä ovat seikkoja, jotka eivät kuitenkaan kuvaa oppilaitoksen laitteilta vaatimia asioita ja tästä syystä tämän opinnäytetyön puitteissa keskitytään paremmin RCM-prosessiin. TPM-filosofia käsittelee kuitenkin asioita, jotka on hyvä nostaa esiin ja jotka ovat oppilaitosympäristössäkin avainasemassa, kuten esimerkiksi käyttäjäkunnossapito ja 5S-menetelmän periaatteet.

### 5.2.1 Käyttäjäkunnossapito

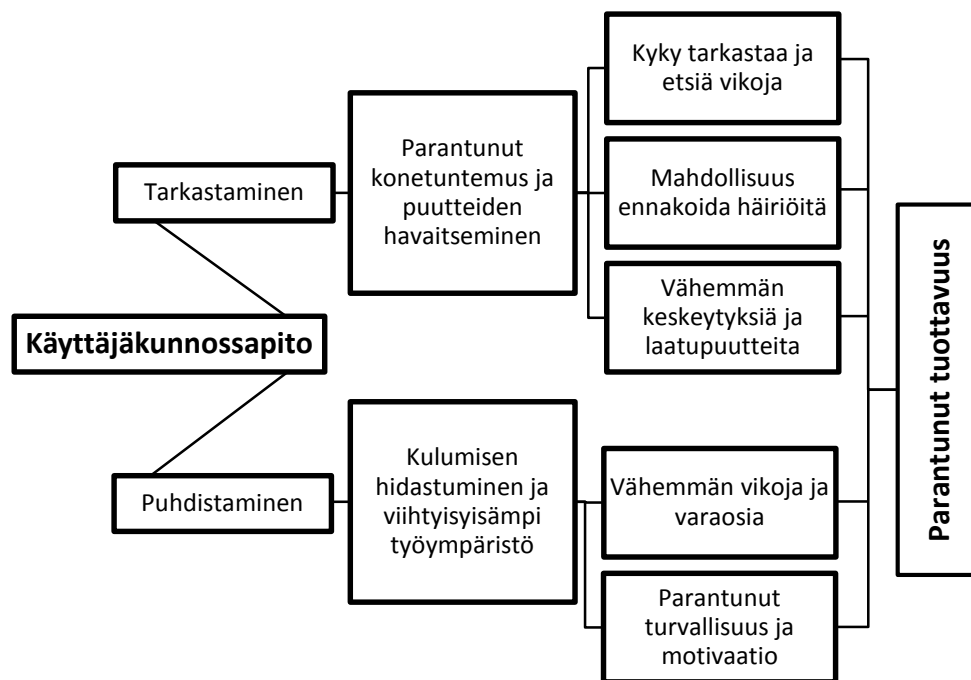
Käyttäjäkunnossapidolla tarkoitetaan koneen käyttäjän aktiivista osallistumista kunnonvalvonnan ja käynnissäpidon toimintaan. Koska vastuu käynnissäpidosta on suu-

relta osin käyttäjällä, ja jotta parhaat mahdolliset olosuhteet laitteen toiminnalle voidaan taata, koneen käyttäjien on pystyttävä suorittamaan päivittäiset ja viikoittaiset rutiininomaiset huoltotoimenpiteet, sekä hallittava koneen käyttö erilaisissa häiriötilanteissa. Käyttöhenkilöstölle tulee laatia selkeät ohjeet kohteen vaatimista toimenpiteistä. Ohjeet laaditaan puhdistuksesta, huolloista ja yleistarkastuksista ja niiden sisällön tulee olla ymmärrettävä. Ohjeita laatiessa tulee ymmärtää kunnossapidon merkitys ja vaikutus koneiden luotettavan toiminnan kannalta.

Käyttäjäkunnossapito parantaa käyttövarmuutta ja sen lähtökohtana on koneiden puhdistaminen ja tarkastaminen häiriöiden ehkäisemiseksi. Koneen puhdistamisella on myös tarkoitus paljastaa koneen kunnossa piileviä poikkeavuuksia ja puutteita, sekä helpottaa tarkastusten ja huoltotoimenpiteiden suorittamista. Siisteydellä on suuri merkitys paitsi työympäristön turvallisuuteen, myös viihtyisyyteen. Käyttäjäkunnossapito ja siihen liittyvä tarkastustoiminta on tärkeä osa ennakoivan kunnossapidon. Siinä käyttäjän tehdessä tarkastus ja puhdistustoimenpiteitä, voidaan havaita poikkeavat tilanteet ja raportoida niistä kunnossapidolle tarkempien mittausten ja tutkimusten käynnistämiseksi. Näin ollen vuorovaikutus käyttöhenkilöstön ja kunnossapidon välillä nousee avainasemaan. (Mikkonen, H. 2009)

Käyttäjä oppii myös tuntemaan paremmin koneen toiminnot ja niiden kunnon / luotavuuden arvioinnin sekä korjaamaan pieniä vikoja. Käytön suorittamat tarkastukset eivät keskity pelkästään koneisiin, vaan myös käytön ja kunnossapidon tehokkuuteen ja tässä esiintyviin mahdollisiin inhimillisiin puutteisiin voidaan vastata koulutuksella. Käyttäjäkunnossapidolla luodaan osaamishierarkia, joka lisää motivaatiota ja eri tehtävien arvostusta. (Järviö, J & Lehtiö, T. 2012)





Kuva 9 Käyttäjäkunnossapidolla pyritään parempaan tuottavuuteen. (Mikkonen, H. 2009)

### 5.2.2 Siisteys ja järjestys 5S

5S on TPM:n perustyökalu, joka on alun perin kehitetty Japanissa. Järjestelmä on tehokas ja yksinkertainen ja sen tavoitteena on luoda siisteyttä ja järjestystä työpaikalle. Taulukossa 2 esitellään menetelmän periaatteet ja mistä nimi 5S tulee.

Taulukko 2. 5S-menetelmän periaatteet (Mikkonen, H. 2009)

Lajittelu (Seiri)	Tarpeellisen ja tarpeettoman tavaran erottelu, ja kaiken turhan poistaminen
Järjestäminen (Seiton)	Tavaroiden järjestäminen: Etsimiseen kuluvan ajan minimointi, järjestyksen ylläpitämisen helpottaminen ja virheellisten toimintojen tekemisen vaikeuttaminen (tavaroiden paikkamerkinnot, värikoodit, selkeät ohjeet jne.)
Puhdistaminen (Seiso)	Työympäristön, koneiden ja työkalujen perusteellinen puhdistaminen.
Systematisointi (Seiketsu)	Toiminnan vakiinnuttaminen ja kolmen ensimmäisen kohdan työn jatkaminen saavutetun tason jatkuvaksi parantamiseksi.

Sitoutuminen (Shitsuke)	Yrityskulttuurin kehittäminen tukemaan 5S:n periaatteita, onnistuminen edellyttää jokaisen työntekijän sitoutumista.
----------------------------	--

Käyttäjäkunnossapitoon liittyvä tarkastustoiminta ja sen toimivuus on hyvin tärkeä osa-alue ennakoivan kunnossapidon ja kunnonvalvonnan kannalta kuten jo kohdassa 5.2.1 käytiin yksityiskohtaisemmin läpi. (Mikkonen, H. 2009)

Siisteyteen ja järjestykseen voidaan virittää erilaisia mittareita, kuten Työterveyslaitoksen kehittämä Siisteys- ja järjestysindeksi. Indeksien pohjalle määritetään hyvän järjestyksen tunnuspiirteet ko. työpaikalla ja laaditaan työpaikkakohtaiset siisteys- ja järjestysohjeet. Mittauksessa voidaan tarkastella mittauspisteitä kuten esimerkiksi, kulukuvylät, työpiste, materiaalivarasto, roskalaatikko ym. Havainnot tehdään oikein / väärin-periaatteella. Tämän jälkeen lasketaan, kuinka monta prosenttia mittauspisteistä sai merkinnän oikein. Tulos on siisteys- ja järjestysindeksi. (Laine, H. 2010)

## 6 KUNNOSSAPIDON SUUNNITELMA

### 6.1 Kunnossapitomenetelmät

Oppilaitoksena Winnovan sekä vaatimukset laitekannalta että koneiden käyttö poikkeavat merkittävästi teollisuudesta, ja koska kunnossapidon kehitystyö sekä sitä koskeva kirjallisuus keskittyvät pitkälti teollisuuden kunnossapitoon ja sen kehittämiseen, on näitä menetelmiä vaikea soveltaa suoraan oppilaitosympäristössä. Näistä on kuitenkin hyvin haettavissa ne elementit, joita voidaan soveltaa myös opetuskäytössä toimiville koneille ja laitteille. Opetuksessa toimivilta koneilta ja laitteilta edellytetään tuotannon tehokkuuden ja korkean tuottavuuden sijaan luotettavuutta, johon RCM-menetelmä antaa paljon hyviä työkaluja. RCM-prosessia voidaan hyödyntää varsin tehokkaasti toteuttamalla se kuntoon perustuvan kunnossapidon elementtejä hyödyntäen, kuten aiemmin kohdassa 5.1.2 kuvattiin.

TPM kuvaa hyvin käyttöhenkilöstön tärkeyttä kunnonvalvonnassa ja osana kunnossapidon organisaatiota, tarjoten hyvät työkalut käyttäjäkunnossapidon ja työpaikan siisteyden ylläpitoon ja kehittämiseen. Koska koulutusalat toimivat hyvin itsenäisesti, käyttäjäkunnossapidolla on hyvin suuri merkitys, kun tarkastellaan kunnossapidon kokonaisuutta koko oppilaitoksen tasolla. Koulutusalat vastaavat kuitenkin oman laitekantansa käynnissäpidosta ja kunnossapidon kustannuksista, joten toiminnan kokonaistehokkuuden ja talouden näkökulmasta on järkevää luoda yhteinen järjestelmä toiminnan hallintaan ja seurantaan. Järjestelmän sisällä alojen erilaisuus voidaan ja tuleekin ottaa huomioon ja suunnitella alakohtaisesti yksityiskohtaisemmat toimintamallit ja menettelyohjeet kunnossapidolle, sekä sille miten järjestelmää voidaan hyödyntää opetuksen tukena.

Käyttämällä RCM-menetelmästä sovellettua kevyempää mallia laitekannan keskitetyn kunnossapidon hallintaan ja käyttäjäkunnossapidon tärkeyttä korostamalla, saadaan oppilaitoksessakin toimivat työkalut kunnossapidon tehokkaaseen toteuttamiseen ja parempaan suunnitteluun koulutusaloilla. Tuomalla myös muut kunnossapidon resurssit paremmin koulutusalojen saataville, saadaan aikaan kokonaisuus, jossa laitekannan käyttövarmuus paranee, ja myös opetukseen saadaan uusia välineitä.

## 6.2 Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä

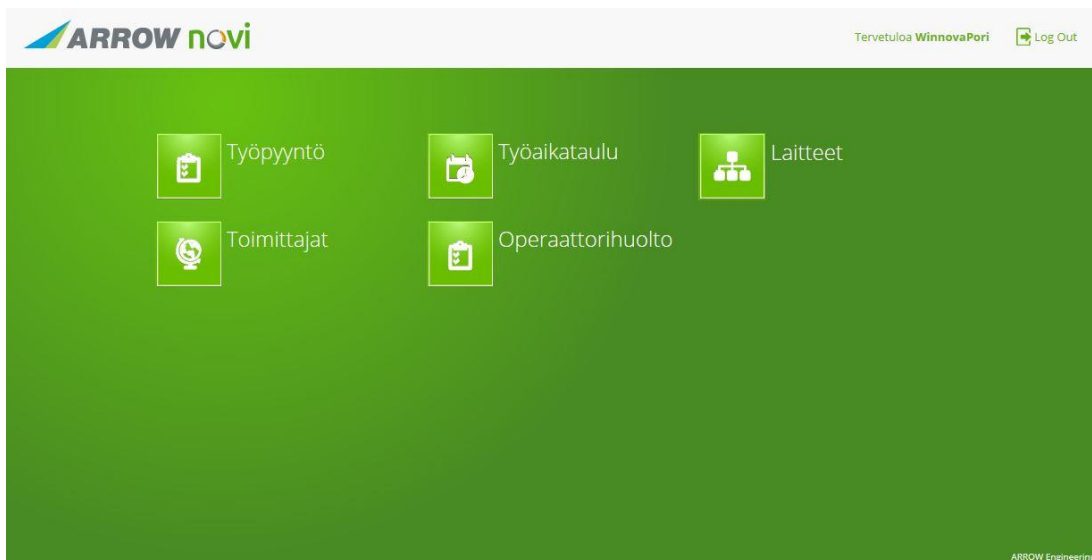
Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä on työkalu ennakoivan kunnossapidon suunnitteluun ja hallintaan. Järjestelmällä kootaan laitekannan tiedot yhteen ja hallinoidaan kunnossapidon kokonaisuutta Winnovassa laajemmin. Järjestelmällä tarjotaan henkilöstön käyttöön laitteita koskevan informaation käsittelyyn moderni työkalu, jolla pystytään seuraamaan paremmin yrityksen kunnossapidosta aiheutuvia kustannuksia sekä parantamaan kunnossapidon toimivuutta ja laatua.

Porissa käytössä ollut kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä on palvellut opetus-tarkoituksessa kunnossapidon koulutusta ja nyt sen tarjoamia käyttömahdollisuuksia voidaan hyödyntää huomattavasti laajemmin opetuksen tukena koko oppilaitoksessa.

### 6.2.1 Arrow Novi

Winnovalla on käytössä Arrow Engineering Oy:n kehittämä kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä Novi, joka tarjoaa uuden nykyaikaisen alustan kunnossapidon suunnitteluun ja monipuoliseen töiden hallintaan. Verkkoselainpohjainen järjestelmä toimii millä tahansa päätelaitteella, esim. tabletilla tai älypuhelimella, ilman erikseen ladattavia applikaatioita. Mobiilikäyttö mahdollistaa toimintojen oikea-aikaisen ja helpon käsittelyn paikan päällä, mikä avaa monia uusia mahdollisuuksia myös opetuksen näkökulmasta.

”Visuaalinen, selkeä ja helposti käytettävä töidenhallinta on kunnossapitojärjestelmän tärkein osa-alue. Töitä voidaan tarkastella useasta eri näkökulmasta, eri käyttötilanteiden tarpeiden mukaan. Töitä voi selata, katsoa päiväkirjanäkymästä, visuaalisen Gantt-janakaavion avulla tai resurssien jakamisen näkökulmasta. Töiden suunnittelu tapahtuu helpolla click-drag-drop -toiminnolla visuaalisesta kalenterinäkymästä.” (Arrow Engineering Oy:n www-sivut 2017)



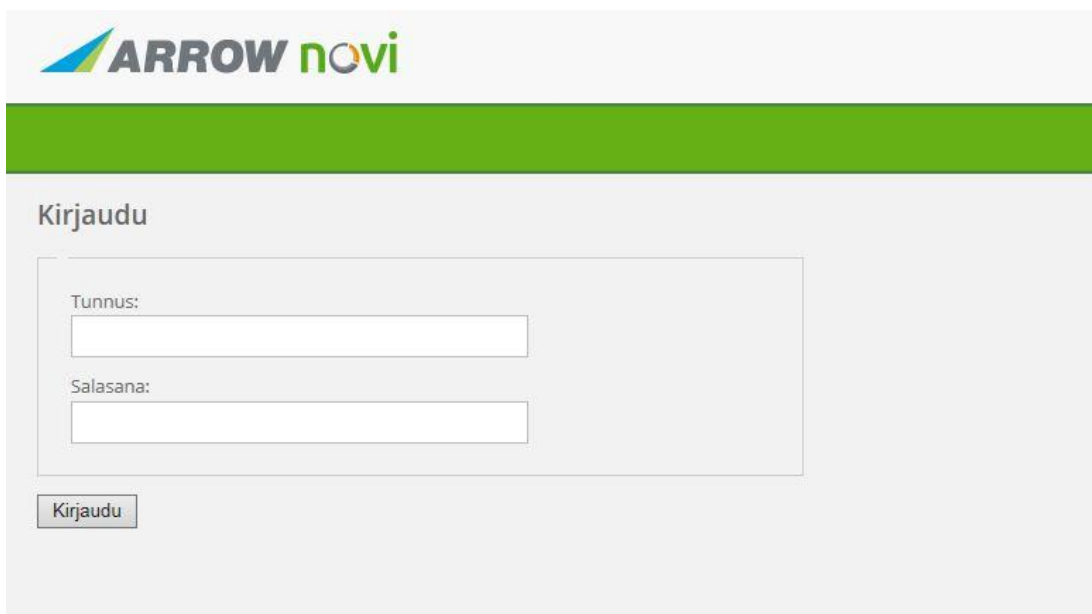
Kuva 10. Novi etusivu.

Novi pitää sisällään mm. seuraavat kunnossapitotoiminnot:

- Töiden hallinta, vikailmoituksen teko
- Kone- ja laiterekisteri
- Teknisen dokumentaation ylläpito
- Varaosat
- Raportointi ja analysointi

### 6.2.2 Järjestelmään kirjautuminen ja käyttöoikeudet

Järjestelmään päästään verkkoselaimella osoitteesta [www.winnova.arrownovi.fi](http://www.winnova.arrownovi.fi). Järjestelmä vaatii erillisen käyttäjätunnuksen ja salasanan, jonka jälkeen päästään pääsivulle tai laitteelta luetun QR-koodin kautta suoraan laitekortille. QR-koodin käyttö on helpoin ja nopein tapa hakea laitetiedot paikan päällä. Käyttäjätunnuksia hallinnoi kunnossapitokoordinaattori.



ARROW novi

### Kirjaudu

Tunnus:

Salasana:

Kirjaudu

Kuva 11. Kirjautuminen Noviin

Käyttöoikeuksia järjestelmään on erilaisia. Henkilökunnan ja opiskelijoiden käyttöön on tunnukset, joilla voidaan nähdä kaikki tarpeellinen informaatio laitekannasta, tarkastella toimittajia, tehdä laitteille operaattorihuolto tai lähettää työpyyntö. Laitekanta on Novissa jaettu osiin: Pori, Rauma, Laitila ja Ulvila ja jokaiseen osaan on oma käyttäjätunnuksensa, jolla päästään helpommin etsimään oman koulutusalan ja osaston laitteet. Käyttäjäoikeuksia rajaamalla helpotetaan navigointia sekä näkymää, josta rajauksilla jää pois kaikki ylimääräinen. Koulutusaloilla on kuitenkin aina oltava laitevastaavat, jotka laajemmilla järjestelmän käyttöoikeuksilla voivat luoda työkortin. Työkortille kirjataan oman henkilökunnan tai ulkopuolisen toimijan tekemät laitteiden huoltotoimenpiteet sekä työn ja varaosien kustannukset. Nämä tiedot seuraavat laitekortilla muodostaen huoltohistorian ko. laitteelle.

### 6.2.3 Novin käyttö mobiilissa

Järjestelmän käyttöön mobiililaitteella on hyvä ladata ja asentaa QR-koodin lukija-sovellus (QR-code reader), jos laitteeseen ei sellaista ole jo valmiiksi asennettu. Sovelluksia on erilaisia ja ne ovat yleensä ladattavissa laitteeseen maksutta sovelluskaupasta. Sovellus ladataan käyttöjärjestelmästä riippuen seuraavista sovelluskaupoista:

- Android: Google Play
- Windows Phone: Microsoft Store

- iOS: App Store

Sovelluksella voidaan lukea laitteen kylkeen teipattu QR-koodi, josta päästään suoraan kyseisen laitteen laitekortille. Näin saadaan laitetieto käyttöön nopeasti heti paikan päällä.

#### 6.2.4 Laitekortti

Laitekortilta löytyy kattavasti koneen perustiedot, tyyppikohtaiset lisätiedot, dokumentit, varaosatiedot, toimittaja, ym. Esimerkiksi toimittaja-linkin kautta päästään suoraan tälle tallennettuihin kontaktitietoihin ja verkkosivuille.

**Laite - P-P5C-MTY16-008**

Laitekoodi	P-P5C-MTY16-008	Valmistaja	<a href="#">Otto Martin Machinebau GmbH &amp; Co</a>
Taso	Pyörösaha	Toimittaja	<a href="#">Awutek Oy</a>
Tyyppi	Sahat	URL	
Nimi	Martin	Omistaja	<a href="#">Winnova</a>
Malli	T60 Classic	Vastuhenkilö	
Valmistusnumero	509442	Hankintahinta	25000
Valmistusvuosi	2011	Hankintapvm	23.1.2011 8:00:00
Paino	1150	Mitat	P1650 L1200 K1570
Takuu päättyy	18.1.2012 8:00:00		
Lisätieto	Tarkkuuspyörösaha. Max. sahauskorkeus 130mm (terähalkaisija 400mm) Sahausleveys 1250mm Sahauspituus 3200mm		
Hierarkiapolku	WinNova Pori > Professorintie 5 > C-rakennus > MTY16 Puuala > Pyörösaha > P-P5C-MTY16-008 / Martin >		

Sulje Laskurit Työpyyntö Operaattorihi

↑ Tyypikohtaiset lisätiedot - 2

↑ Varaosat - 2

↑ Dokumentit - 0

Kuva 12. Esimerkki laitekortista

Laiterekisterin runko perustuu hierarkiaan, jolla laitekortin ja laitepaikan haku on loogisempaa ja helpompaa. Laitehierarkia etenee seuraavasti:

- 1) Kaupunki
- 2) Toimipisteen osoite
- 3) Rakennus
- 4) Työsali
- 5) Laite

Laitteet on myös nimetty tämän hierarkian mukaisesti esimerkiksi Porissa:

**P-P5C-MTY16-008**

Pori - Professorintie 5, C-rakennus – Työsalin nimi – Laitenumero työsalissa

Ja Raumalla:

**R-S19A-Koneistamo-030**

Rauma – Satamakatu 19, A-rakennus – Työsalin nimi – Laitenumero työsalissa

### 6.2.5 Työpyyntö

Laitekortin työpyyntö on tarkoitettu kunnossapidon opiskelijatyönä tehtäville kunnossapidon toimenpiteille. Jos laitteen vika on sen tyyppinen, että se voidaan tehdä omana työnä kunnossapidon opiskelijaryhmän toimesta, voidaan käyttää tätä toimintoa. Muussa tapauksessa käytetään ulkopuolisia palveluntarjoajia huoltojen ja korjausten tekemiseen. Palveluntarjoajien yhteystiedot ja tieto mahdollisesta huoltosopimuksesta ko. laitteelle löytyy laitekortilta toimittajan tiedoista.

### 6.2.6 Operaattorihuolto

Operaattorihuolto on toiminto, joka on tarkoitettu koulutusalan oman käyttäjäkunnossapidon ja kunnonvalvonnan tueksi, sekä työkaluksi tukemaan ja helpottamaan opetusta. Operaattorihuollot rakennetaan yhteistyössä alan henkilöstön kanssa niin, että ne palvelevat tätä parhaalla mahdollisella tavalla. Operaattorihuollot on tarkoitettu alan rutiininomaisiin tarkastuksiin, kunnonvalvontaan ja käyttäjäkunnossapidon toimintaan, jota tehdään henkilökunnan ja opiskelijoiden toimesta. Operaattorihuoltoon pääsee parhaiten suoraan laitekortilta, josta löytyvät ko. laitteelle rakennetut viikoittaiset, kuukausittaiset, ym. huollot ja niiden menettelyohjeet sekä muut dokumentit.



## Operaattorihuolto

Valitse laite: P-P5C-MTY16-008 / Mar

Valitse operaattorihuolto: Viikoittainen tarkistus ja puhdi

---

**Yleiset asetukset**

Kuittaja: Matti Meikalainen \*

Toimenpide:

Operaattorin dokumentti:  
Selaa...

Kuva 13. Operaattorihuollon valinta

Operaattorihuoltoja rakennetaan laitevalmistajan ohjeiden ja alan tarpeiden mukaan. Oikea operaattorihuolto valitaan pudotusvalikosta, kuten kuvassa 13 (viikoittainen tarkistus ja puhdistus), jonka jälkeen järjestelmä antaa ohjeet toimenpiteistä ja niihin tarvittavista työkaluista kuten esimerkkikuvassa (kuva 14). Jos operaattorihuollon yhteydessä koneen komponenteissa havaitaan vikaantumisia, tai esim. turvalaitteiden rikoantumisia, voidaan tästä raportoida laitevastaavalle niiden korjaamiseksi tai tehdä työpyyntö, kohdan 6.2.5 mukaisesti.

## Operaattorihuollon toimenpiteet

Valitse kaikki



Avaa huoltoluukku ja imurin letku koneen takaa. Puhdista koneen sisältä sekä imurin letkusta irtonaiset roskat ja pöly.



Työnä koneen kelkka eteenpäin, vedä kyljessä olevasta vivusta ja työnä kelkka loppuun asti, jolloin teräkidan suoja tulee kokonaan näkyviin. Avaa teräkita ja poista kidasta kaikki jättepalat.



Tarkista hihnojen kunto huoltoluukun kautta. Vioittunut hihna tulee välittömästi vaihtaa uuteen.



Tarkista terän kunto ja tarvittaessa vaihda se uuteen.



Terän vaihto: Avaa terän kiinnittimen kuusiokoliruuvia pari kierrosta. Kierrä kiinnitin auki sormin (terän pyörimissuuntaan) ja irroita laippa. Vaihda terä. Säädä halkaisuveitsi sopivaksi uudelle terälle (terän ja veitsen väliin tulee jäädä n. 3 mm rako) Toimita tylsä terä terähuoltoon.



Puhdista koneen ympäristö. Kiinnitä puruletku takaisin kiinni. Sulje teräkita ja huoltoluukku koneen taka.



Tarkista koneen hätäseisäpainikkeet ja suojat. Mahdolliset havaitut viat tai puutteet tulee korjata välittömästi.



Tallenna

Tallenna ja su

Peruuta

Uusi työpyyntö

Laskurit

Kuva 14. Operaattorihuollon menettelyohje levysahalle.

### 6.3 Kunnossapidon organisointi

Winnovassa kunnossapito on laaja kokonaisuus, jonka suunnittelusta ja keskitetyistä huoltosopimuksista sekä toiminnanohjausjärjestelmästä vastaa **kunnossapitokoordinaattori**. Kunnossapidon toiminnan hallinnassa ja kehittämisessä kunnossapitokoordinaattori toimii yhteistyössä Winnovan hallinnon, yhteisten palveluiden ja koulutusalojen kanssa. Kunnossapitokoordinaattori ohjeistaa koulutuspäälliköitä ja laitevastavia sekä raportoi kunnossapidosta yrityksen ylimmälle johdolle.

**Turvallisuus- ja työsuojelupäällikkö** vastaa Winnovan sisäiseen turvallisuuteen liittyvistä asioista sekä viranomaisyhteistyöstä mm. laiteturvallisuuteen liittyen. Työsuojelupäällikkö valvoo yhdessä kunnossapitokoordinaattorin ja työsuojeluvaltuutettujen kanssa vaarojen ja riskienarvioinnin toteutumista koulutusaloilla.

**Koulutuspäälliköt** vastaavat omien alojensa laitekannan turvallisuudesta ja kustannuksista ja tekevät tarvittavat erilliset vuosisopimukset oman alueen huoltoyritysten kanssa. Koulutuspäällikkö päättää oman alueensa kunnossapidon toimenpiteistä sekä jakaa vastuut ja vastuualueet alaistensa välillä. Koulutuspäällikkö raportoi sopimuksista, poikkeavista kunnossapidon toimenpiteistä, laitteiden hankinnoista ja poistoista kunnossapitokoordinaattorille, sekä laiteturvallisuuteen liittyvistä riskeistä työsuojelupäällikölle. Kunnossapitokoordinaattori auttaa alan koulutuspäällikköä ja henkilöstöä kunnossapidon toiminnan järjestämisessä ja suunnittelussa.

Jokaiselle osastolle tai yksikölle valitaan **laitevastaava**, joka huolehtii siitä, että laitteiden huollot, korjaukset ja tarkastukset hoidetaan aikataulujen mukaisesti. Laitevastaavat kirjaavat ulkopuolisen palveluntuottajan, omalle vastuualueelleen tekemät kunnossapidon toimenpiteet toiminnanohjausjärjestelmään, seuraavat kunnossapidon nykytilaa ja tekevät kehitysehdotuksia muun oman koulutusalan henkilöstön kanssa kunnossapidon ja kunnonvalvonnan parantamiseksi. Laitevastaavat raportoivat oman alueensa koulutuspäällikölle ja tarpeen mukaan kunnossapitokoordinaattorille.

Jokainen laitteen **käyttäjä** on vastuussa työturvallisuudesta ja on veloitettu raportoidaan havaituista riskitekijöistä välittömästi esimiehelleen ja laitteen vaarantaessa käyttäjän terveyden asettamaan laite käyttökieltoon. Käyttäjällä tarkoitetaan tässä tapauksessa Winnovan palveluksessa toimivia opettajia ja muuta henkilökuntaa. Opiskelijan työskennellessä laitteella, on opettaja aina vastuussa opiskelijan työturvallisuudesta.

Käyttäjän tehtäviin kuuluu työalueen pitäminen siistinä, käynninaikaiset tarkastukset ja kunnonvalvonta, pienet korjaukset, pienet ohjelmointityöt, kalibroinnit ja yksinkertaiset määräaikaishuollot.

**Koulutusala-kohtainen kehitysryhmä**, joka koostuu kunnossapitokoordinaattorista, koulutuspäälliköistä ja laitevastaavasta, kokoontuu vuosittain käymään läpi kunnossapidon nykytilaa ja arvioimaan tulevan vuoden tarpeita kunnossapidon suhteen.

## 6.4 Kunnonvalvonta

Winnovassa kunnonvalvonta kuuluu osaksi käyttäjäkunnossapitoa, joka on koulutusalan vastuulla. Valtaosa kunnonvalvonnasta tehdään käyttäjän toimesta aistinvaraisesti. Aistinvaraisin menetelmin havaitaan alkavat vikaantumiset yleensä hyvin ja enakoivin toimenpitein vikaantumiset voidaan ehkäistä tehokkaasti.

Kunnonvalvonnalle määritellään laitekohtaisesti riittävä taso ja samalla selvitetään voidaanko kunnonvalvonta toteuttaa ennalta asetettujen tavoitteiden mukaisesti tarkastuksilla vai tarvitaanko tarkempaa valvontaa, kuten värähtelymittauksia, lämpömittauksia tai jotain muuta kunnonvalvontamenetelmää. Näin ollen, laitekohtaisesti valitaan käytössä olevista kunnonvalvontamenetelmistä ne, jotka ovat teknisesti ja taloudellisesti järkeviä käyttää.

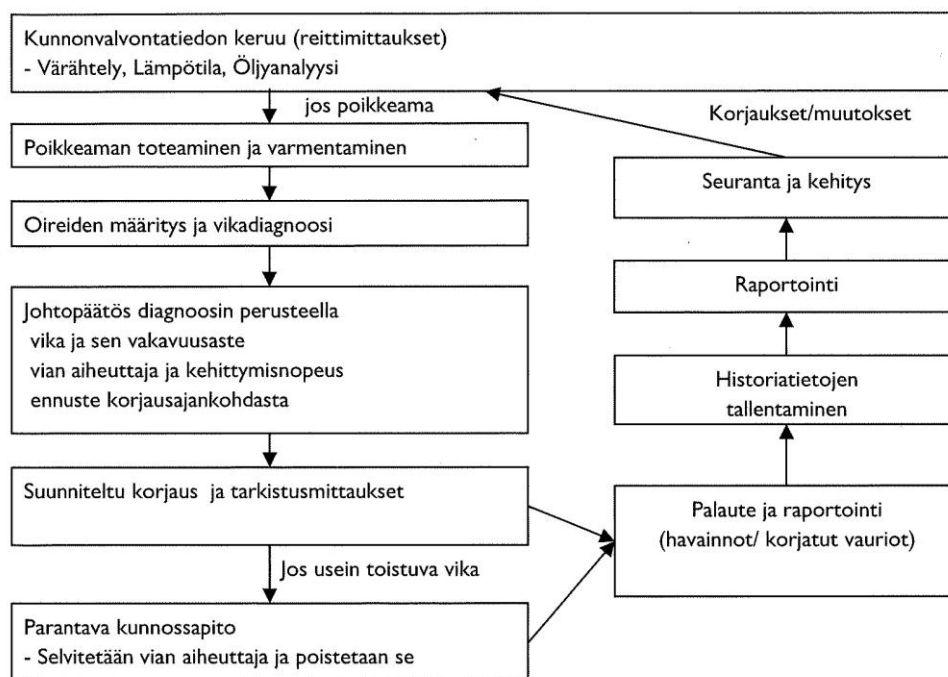
RCM tarkastelun pohjalta voidaan todeta, että laitteen kunnonvalvonta on järkevää, jos valvonnan kustannusvaikutukset jäävät pienemmiksi kuin laitteen vikaantumisesta aiheutuvan opetuksen keskeytymisen ja kunnossapidon kustannusvaikutukset.

Winnovalla on käytössä erilaisia kunnonvalvontamenetelmiä, joita voidaan hyödyntää aloilla. Kriittisille laitteille voidaan määritellä määräaikainen valvonta, jossa mittauksia tekevät kunnossapidon opiskelijaryhmät suunniteltujen mittauskierrosten mukaisesti. Kunnossapidon opiskelijaryhmien tällä hetkellä käytössä olevia kunnonvalvontamenetelmiä ovat:

- **Värähtelymittaukset**, jotka ovat yksi yleisimmin käytettyjä kunnonvalvontamenetelmiä. Värähtelymittauksia käytetään pyörivien laitteiden kunnonvalvonnassa. Kohteita ovat yleisesti laakerit, sähkömoottorit, puhaltimet pumput ja vaihteet.
- **Lämpömittaukset**, jotka ovat yleisesti käytetty menetelmä teollisuudessa, jota käytetään usein myös erilaisissa suojaus- ja hälytysjärjestelmissä. Mittaukset voidaan tehdä koskettavalla mittausanturilla tai koskemattomalla mittausmenetelmällä, kuten infrapunalämpömittarilla.

- **Endoskopia**, joka kuuluu ainetta rikkomattomiin, eli NDT-menetelmiin (Non Destructive Methods). Endoskooppi on laite, joka mahdollistaa visuaalisen tarkastuksen vaikeasti havaittavista paikoista, kuten koneen sisäpuolisista kotelosta tai putkista.

Kunnossapitoryhmän tekemän kunnonvalvonnan raportointi on ryhmän ohjaavan opettajan vastuulla. Raporttien pohjalta voidaan tehdä päätökset seurannasta ja kunnossapidon kehityskohteista koulutuslalla. Toimenpide- ja yhteenvetoraportit kunnonvalvonnasta tallennetaan kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmään kyseisen laitteen laitekortille.



Kuva 15. Kunnonvalvontaprosessi (Mikkonen, H. 2009)

## 6.5 Varaosat

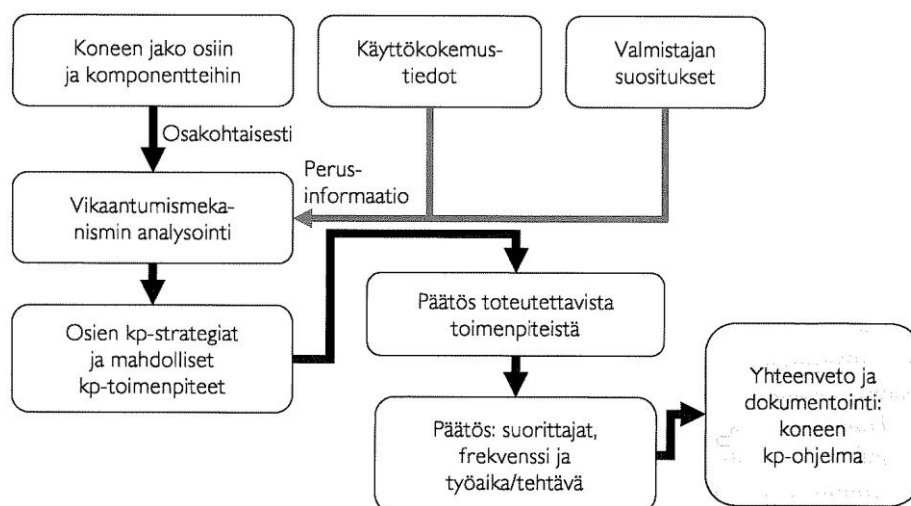
Winnova ei pidä varastoa varaosille eikä näin ollen myöskään varaosakirjanpitoa. Koulutusalat huolehtivat omien laitteidensa kriittisten komponenttien ja varaosien varastoinnista niissä määrin kuin se katsotaan järkeväksi toiminnan ja talouden kannalta. Ehkäisevän kunnossapidon menetelmillä sekä kunnonvalvonnalla voidaan ennakoida

osien käyttöikä ja vikaantumisia tehokkaasti, jolloin varaosahankintoja pystytään ennakoidaan. Kunnossapidon järjestelmään on rakennettu laitekorteille toimittajien ja varaosien tietokannat, joiden perusteella varaosien tilaaminen toimittajalta käy helppoa.

## 6.6 Huolto-ohjelman laatiminen koulutusosalalle

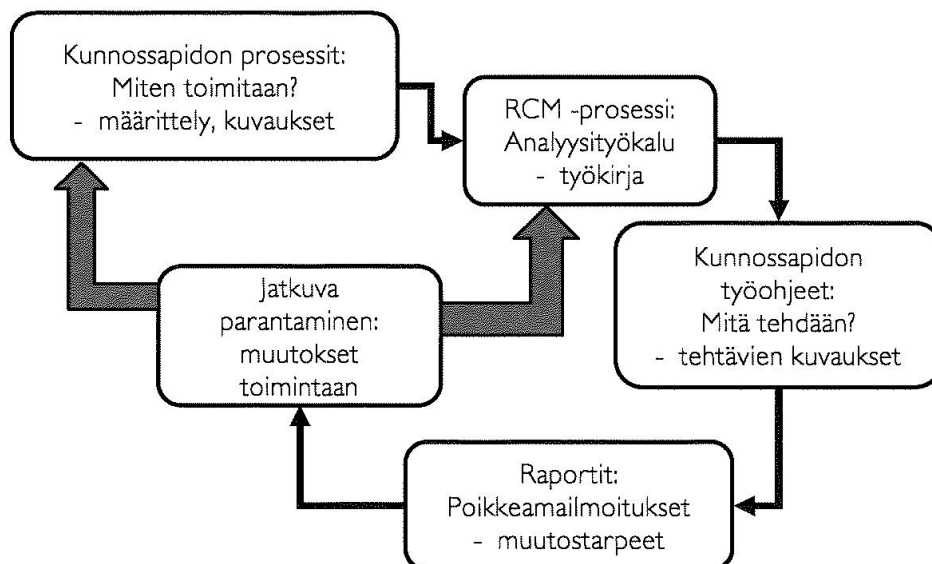
- 1) **Koulutusalan toiminta**, toimintamallit, tarpeet ja alan vaatimukset käydään läpi koulutuspäällikön kanssa, jolloin voidaan muodostaa kuva siitä, mitä kunnossapidolta odotetaan, miten sitä tulisi kehittää ja mitä resursseja se vaatii. Samalla käydään läpi Winnovan kunnossapitosuunnitelma ja siihen liittyen laitevastaavan rooli, jonka pohjalta koulutuspäällikkö voi tehdä päätöksiä laitevastaavan vastuun jakamisesta.
- 2) **Laitekannan kartoitus** tehdään kunnossapitokoordinaattorin toimesta. Yhdessä käyttöhenkilökunnan kanssa määritellään tärkeät laitekohtaiset tiedot, toimittaja- ja muut kontaktitiedot sekä tarvittavat laitekohtaiset dokumentit, jotka tallennetaan sähköiseen muotoon. Kaikki tiedot tallennetaan laitekortille toiminnanohjausjärjestelmään. Kun koulutusalan laitekanta on järjestelmässä koneet ja laitteet merkitään tarroin, joissa on laitteen tunnus ja QR-koodi mobiilikäyttöä varten.
- 3) **Laitevastaavien perehdytys** käydään yhdessä koulutuspäällikön ja alan laitevastaavien kanssa. Keskustelussa käydään läpi toiminnan tarkoitus, laitevastaavan rooli osastolla / yksikössä sekä järjestelmän toiminta. Keskustelu käydään myös laitekannan huoltojen tarpeesta ja miten huolto-ohjelma tulisi rakentaa niin, että se palvelee alan toimintaa parantamalla laitekannan käyttövarmuutta ja mitä lisäarvoa kunnossapidon toiminnalla voidaan tuottaa opetuksen tueksi.
- 4) Kartoitetaan **laitekannan kriittisyys**, jossa määritellään mitkä laitteet ovat osaston / yksikön toiminnan kannalta kriittisiä ja joiden kanssa käydään tarkemmin läpi RCM-prosessin mukainen menettely. Kartoituksen ulkopuolelle jääville ei-kriittisille laitteille määritellään kunnossapitosuunnitelma kokemuspohjaisesti. Kartoitus tehdään kunnossapitokoordinaattorin toimesta, yhteistyössä laitevastaavan ja muun käyttöhenkilökunnan kanssa.

- 5) Kriittisten laitteiden osalta käydään läpi **RCM-menettely** kappaleessa 5. kuvatulla tavalla, jossa määritellään laitteen toiminnot ja tehokkuusvaatimukset, viat ja vikaantumismallit sekä vikojen vaikutukset. Tähän käytetään vika- ja vaikutusanalyysiä. Kun vikojen seuraukset on määritelty, voidaan määritellä ennakoivat ja korjaavat toimenpiteet. RCM-prosessi käydään läpi kunnossapitokoordinaattorin toimesta, yhteistyössä laitevastaavan ja muun käyttökäyttökunnan kanssa.
- 6) **Kunnossapitotoimenpiteiden valinta ja laitekohtainen huoltojen rakentaminen** voidaan tehdä kun laitteiden toiminnoista, vioista ja vikaantumismalleista on saatu kerättyä riittävästi tietoa. Laitetoimittaja on yleensä toimittanut huolto-ohjelman myymälleen koneelle. Nämä ohjeet ovat kuitenkin usein tarkoitettu takuuajasta käyttöä varten, eivätkä välttämättä ota huomioon laitteiden käyttöolosuhteita esimerkiksi oppilaitoskäytössä. Tästä syystä on tarpeen laatia huolto-ohjelma vastaamaan Winnovan omia käyttöolosuhteita. Toimenpiteiden valinnassa otetaan huomioon laitevalmistajan ohjeet sekä käyttökäyttökunnan kokemus. Järjestelmään rakennetaan laitekohtaisesti tarvittavat säännölliset tarkastukset, määräaikaisten huollot ja vaihdot valittujen kunnossapitotoimenpiteiden mukaan. Kunnossapitokoordinaattori rakentaa huollot järjestelmään kerättyjen tietojen ja käyttökäyttökunnan kokemusten perusteella.



Kuva 16. Kaavio luotettavuuteen tähtäävän kunnossapito-ohjelman tekemisestä (Mikkonen, H. 2009)

- 7) Kunnossapidon toimenpiteille luodaan selkeät ja kattavat **huolto-ohjeet ja työohjeet**. Ohjeet tehdään mahdollisuuksien mukaan suoraan toiminnanohjausjärjestelmään, jossa ne ovat sähköisessä muodossa aina helposti saatavilla ko. laitteen laitekortilta. Ohjeissa kuvataan mitä tehtäviä tehdään, mitä työkaluja ja mittalaitteita tarvitaan, mitkä havainnot aiheuttavat hälytyksen korjaustoimenpiteitä varten ja miten suoritteet ja havainnot raportoidaan.
- 8) **Henkilökunnan koulutus** järjestelmän käyttöön ja kunnossapidon toimintaan järjestetään koulutusaloitteisesti koulutuspäällikön ja kunnossapitokoordinaattorin toimesta. Koulutuksessa käydään läpi kunnossapidon toimintamallit, organisaatio sekä toiminnanohjausjärjestelmän käyttö kunnossapidon ohjauksessa, dokumentoinnissa ja opetuksen tukena. Koulutuksessa selvitetään henkilökunnalle myös tarkemmin varaosien hallinta, tarkastukset sekä suunnitellut ja suunnittelemattomat huollot.
- 9) Huoltojärjestelmä ei ole koskaan valmis vaan sen tulee elää muutosten mukana. **Jatkuva parantaminen** edellyttää koulutusaloitteisten kehitysryhmien säännöllistä kokoontumista (esim. kerran vuodessa), jossa ryhmät käyvät läpi jakson kokemukset, raportit sekä kerätyn palautteen ja tekevät niiden pohjalta tarvittavat muutokset huolto-ohjelmaan. Kunnossapidon hallintaa ja menetelmiä voidaan kuvata kaavion (kuva 17) avulla



Kuva 17. Kunnossapidon hallinta ja jatkuva parantaminen (Mikkonen, H. 2009)



## 6.7 Kunnossapidon ostaminen

Kunnossapito tehdään koulutusaloilla paljon käyttäjien toimesta sekä hyödynnetään mm. kunnossapidon, metallialan ja sähkötekniikan opiskelijaryhmiä erilaisten kunnossapidon tehtävien toteuttamiseen. Nämä resurssit ovat kuitenkin suuressa organisaatiossa usein riittämättömiä, joten suuri osa koulutusaloilla tehtävästä kunnossapidosta ostetaan ulkopuolelta, kunnossapitopalveluja tarjoavilta yrityksiltä. Nämä palvelut pitävät sisällään mm. määräaikaista huoltoja ja tarkastuksia tai isompia korjaus- tai parannustoimenpiteitä, joihin eivät oman henkilöstön tai opiskelijaryhmien resurssit riitä. Pääasiassa palvelut sisältävät kuitenkin pienempiä korjaavia toimenpiteitä. Winnovan omalla kunnossapidon toiminnalla, sen ennakoivilla toimenpiteillä ja kunnonvalvonnalla pyritään kuitenkin ostettavien palveluiden tarve pitämään minimissä.

Kunnossapitopalveluiden ostaminen yksittäisinä palvelusuoritteina voidaan katsoa tehokkaaksi ja järkeväksi, jos oppilaitoksella on;

- vahva oma kunnossapito-osaaminen.
- menetelmät ja välineet koneiden kunnon mittaamiseen ja seurantaan.
- osaava käyttöhenkilökunta ja toimiva käyttäjäkunnossapito.
- kapasiteettia hoitaa itse kunnossapitotöiden työjohto.
- hyvät kunnossapitopalvelun hankintamenetelmät ja kattava ostettujen palveluiden laadun ohjausjärjestelmä.

Koulutuspäällikkö vastaa oman kustannuspaikkansa budjetoinnista ja tekee päätökset oman alueensa kunnossapidon hankinnoista. Jos mahdollista, pyritään huoltosopimuksia tekemään laajemmin (esim. nostolaitetarkastukset ja huollot) kattaen useampia eri koulutusaloja, jolloin sopimuksilla voidaan hakea kustannussäästöjä ja tehokkuutta toimintaan. Keskitettyjä huoltosopimuksia suunnittelee ja hallinnoi kunnossapitokoordinaattori yhteistyössä koulutuspäällikköiden kanssa.

Kunnossapidon palveluiden ostamista ohjaavat Winnovan hankintaohjeet, joita sovelletaan kaikkiin Winnovan hankintoihin. Hankintoihin liittyvät ohjeet ja lomakkeet löytyvät Winnovan hankintaprosessista.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tuloksena rakennettiin kunnossapidon malli, jolla voidaan ohjata kunnossapidon ja kunnonvalvonnan toimintaa Winnovassa laajemmin. Kunnossapidon mallin avulla voidaan laatia yhtenäisiä, mutta silti koulutusaloittaisia huoltosuunnitelmia ja menettelyohjeita parempaan kunnossapidon hallintaan. Hyvin ohjatulla ja hallitulla toiminnalla parannetaan laitekannan käyttövarmuutta ja luotettavuutta, joka alentaa suoraan korjaavan kunnossapidon kustannuksia, samalla vähentäen vikaantumisista johtuvia turhia keskeytyksiä opetuksessa.

Kunnossapitoa suunniteltiin ja rakennettiin tekniikan aloilla, kärjessä kone ja tuotantotekniikka ja puuala, joissa on hyvin laaja konekanta. Näiden alojen kautta haettiin erilaisia kunnossapidon toimintamalleja, joista koottua suunnitelmaa lähdetään nyt viemään muille Winnovan koulutusaloille, alakohtaisesti aina ko. alan tarpeet ja vaatimukset huomioiden. Tätä kautta järjestelmä tulee kattamaan myöhemmin koko Winnovan kone- ja laitekannan.

Kunnossapidon toiminnan ja koulutustoiminnan yhteensovittamisella haetaan synergiaetuja laajan ja kattavan järjestelmän kautta kunnossapidon opetuskäytössä, hyödyntämällä järjestelmää kaikkien koulutusalojen päivittäisen kunnonvalvonnan, huoltotoiminnan sekä laitekohtaisen informaation käsittelyssä ja hallinnassa. Järjestelmä toimii kattavana tietovarastona henkilöstön käytössä ja toisaalta raportointityökaluna Winnovan johdolle. Tietovaraston rakentaminen jatkuu yksityiskohtaisemmin koulutusaloilla, joissa kerätään kaikki se koneisiin ja laitteisiin liittyvä tarpeellinen materiaali, joka halutaan siirtää sähköiseen muotoon laitekortille, perustietojen lisäksi.

Kunnossapidon malli käsitellään Winnovan johtoryhmässä ja suunnitelma viedään esimiestapaamiseen, jossa toimintamallit, vastuut ja käytännön toteutus käydään esimiestasolla läpi. Tämän jälkeen kunnossapidon suunnitelma tullaan jalkauttamaan koulutusaloille, joissa ala kerrallaan kartoitetaan laitekanta ja määritetään kunnossapidon tarpeet, laaditaan alakohtainen huolto-ohjelma ja perehdytetään käyttöhenkilöstö kunnossapidon suunnitelmaan ja järjestelmän tarjoamiin mahdollisuuksiin hyödyntää kokonaisuutta alan opetuksessa.

Kunnossapidon kokonaisuus on Winnovassa hyvin laaja ja työ tulee jatkumaan vielä pitkään. Kunnossapidon kehittäminen on kokonaisuutena asia, joka ei ole koskaan valmis, vaan se vaatii jatkuvaa kehittämistä kunnossapidon johdolta. Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä avaa paljon mahdollisuuksia Winnovan eri prosessien johtamiseen. Järjestelmää tullaan hyödyntämään vaarojen ja riskien arvioinnin kokoamisessa, joka on Winnovan turvallisuuspäällikön vastuulla. Noviin tullaan rakentamaan laitekohtainen VRA-työkalu, joka on helposti saatavilla järjestelmästä aina kyseisen laiteen laitekortilta.

Winnovan liikkuvan kaluston rekisteriä ja osittain hallintaa ollaan rakentamassa myös Noviin, jonka kautta uskotaan saatavan saman suuntaista synergiaetua ja paremmin hallittua kokonaisuutta, kuin kunnossapidonkin osalta. Winnovalla on niin ikään paljon henkilö- ja pakettiautoja sekä raskasta kalustoa ja työkoneita, joista ylläpidetään erillistä rekisteriä. Tämän rekisterin siirtäminen yhteen muun kone ja laitekannan kanssa olisi epäilemättä järkevää.

Kaiken kaikkiaan opinnäytetyö eteni pienistä aikataulullisista haasteista huolimatta hyvin ja työn voidaan katsoa täyttävän sille asetetut tavoitteet, vaikkakin onnistumista voidaan mitata vasta kun toiminta on ollut käytössä riittävän pitkään ja lopullista onnistumista voidaan tarkastella, kun kunnossapidon toiminta on saatu kattamaan koko Winnova. Tähän on vielä matkaa, mutta työn voidaan ajatella onnistuneen hyvin, kun kunnossapito ja kunnonvalvonta toimivat koulutusaloilla, sitä hyödynnetään opetuksessa ja se on omaksuttu osaksi Winnovalaista toimintakulttuuria.

## LÄHTEET

Järviö, J & Kunnossapitoyhdistys ry. 2006. Kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy

Järviö, J & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito. tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: KP-Media Oy

Konola, J & Kunnossapitoyhdistys ry. 2000. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Rajamäki: KP-Tieto Oy

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

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy

PSK 6201. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Maintenance. Terms and definitions. 2011. PSK Standardisointiyhdistys ry. Helsinki: PSK.

PSK 6800. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Criticality classification of equipment in industry. 2008. PSK Standardisointiyhdistys ry. Helsinki: PSK.

SFS-EN 13306. Kunnossapito ja kunnonvalvonta. Osa 1: Kunnossapidon johtaminen. Maintenance and condition monitoring. Part 1: Maintenance management. 2012. Suomen standardoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS.

Uusitalo, M & Kunnossapitoyhdistys ry. 2000. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Rajamäki: KP-Tieto Oy

Arrow Engineering Oy:n www-sivut 2017. Viitattu 22.4 2017. <http://www.arro-weng.fi/>