

**KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU
TEKNIikka**

Sarajärvi Simo

**PowerMaint -kunnossapitojärjestelmän päivitys ja vika-,
vaikutus- ja kriittisyysanalyysin laadinta**

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Konetekniikan suuntautumisvaihtoehto
Kemi 2010

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Omya Oy:lle Kemin PCC-laitokselle.

Haluan erityisesti kiittää Omya Oy:n laitospäällikkö Leena Jokista sekä kunnossapitopäällikkö Ilkka Kaarretta hyvistä neuvoista, työn ohjauksesta sekä valvonnasta. Kiitokset myös työkaverilleni Arto Parkkilalle, joka on mahdollistanut opinnäytetyön tekemisen.

Lisäksi haluan kiittää myös oppilaitoksen edustajaa ja työn ohjaajana toiminutta Ari Pikkaraista.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Konetekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Simo Sarajärvi
Opinnäytetyön nimi	PowerMaint- kunnossapitojärjestelmän päivitys ja vika-, vaikutus ja kriittisyysanalyysin laadinta
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	16.12.2010
sivumäärä	56 + 9 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	Ins. (YAMK) Ari Pikkarainen
Yritys	Omya Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Leena Jokinen

Tässä opinnäytetyössä tehtiin ennakkohuoltopäivitykset PowerMaint-kunnossapitojärjestelmään, seisakkitöiden suunnittelua sekä vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi laitoksen kriittisimmistä laitteista.

Ennakkohuollossa tavoitteena on siirtyä nykyaikaiseen kunnossapitojärjestelmään, PowerMaintiin. Kunnossapitosuunnitelman päivityksessä siirretään ennakkohuollot, rasvaukset, öljyn tarkastukset ja öljyn vaihdot kansioista PowerMaint-kunnossapitojärjestelmään, jolloin luovutaan paperille kirjoittamisesta.

Seisakkitöiden suunnittelussa keskitytään määräaikaishuoltojen ja seisakkitöiden suunnitteluun.

Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysin (VVKA) tavoitteena on päivittää laitoksella olemassa olevaa kriittisyysanalyysiä. Vuosien saatossa laitokselle on tullut muutoksia ja uusia laitteita, jotka vaativat päivitystä. VVKA:ssä käydään läpi laitoksen kaikki kriittisimmät kohteet hyödyntäen Oy Botnia Mill Service Ab:n alun perin käyttämää kriittisyysanalyysin lomakepohjaa, jota muokattiin edelleen sopivaksi PCC -laitoksen kohteille.

Suurin ja haastavin osio oli vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysin laadinta. VVKA:n tekeminen vei paljon aikaa, varsinkin yhteisen ajan löytäminen töiden ohella tehtaan henkilöstön kanssa oli välillä haastavaa. Asiantuntijapalavereissa kävimme läpi laitospäällikön, kunnossapitopäällikön ja laitoshuoltajien kanssa analyysin eri vaiheet.

Opinnäytetyössä käsitellään lyhyesti myös Omyan organisaatiota, laitoksen prosessia sekä kunnossapidon teoriaa.

Asiasanat: kunnossapito, kunnossapitojärjestelmä, VVKA, RCM-menetelmä.

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Name	Simo Sarajärvi
Title	Updating of PowerMaintenance System and Drawing Up Failure, Effects and Criticality Analysis
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	16 December 2010
Pages	56 + 9 appendices
Instructor	Ari Pikkarainen, MSc
Company	Omya Oy
Contact Person/Supervisor from Company	Leena Jokinen, Plant manager

The aim of this study was to update PowerMaint maintenance system, to plan downtime maintenance work, to do a failure mode, effects and criticality analysis of the critical equipment at the Omya Plant.

Preventive maintenance is aimed to be introduced by a new program PowerMaint maintenance system. Maintenance of the plan update, this program is transferred preventive maintenance, lubrication, oil level checks and oil changes.

Downtime work focuses on the design of appropriate maintenance and shutdown work planning.

Failure mode, effects and criticality analysis was the largest section of the entire thesis. In this part of the work I go through the most critical equipment. This criticality analysis, utilizes BMS's original template, which was adapted to fit in the factory.

FMECA making took a lot of time, particularly the work to find the time with plant personnel was challenging. Meetings involved the plant manager, maintenance manager and factory operators.

This study also includes general information about the organization of Omya Oy, a factory process and the theory of maintenance.

Keywords: maintenance, maintenance system, FMECA, RCM-method.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	VI
1. JOHDANTO	1
1.1. Projektin tausta	1
1.2. Projektin tavoite ja kulku	2
1.3. Projektin tutkimusmenetelmät	3
1.4. Projektin ongelmat	3
2. YRITYSESITTELY	4
2.1. Yleistä tietoa Omyasta	4
2.2. Kemin PCC -laitos	4
2.3. Laitoksen historiaa	5
2.4. Laitoksen toiminta	5
2.5. Prosessikuvaus	6
2.6. Kemiallinen reaktio	8
2.7. Organisaatio	9
3. KUNNOSSAPIDON MÄÄRITELMIÄ	10
3.1. Kunnossapidon ja huollon ero	11
3.2. Kunnossapitolajit	12
3.2.1. Huolto	12
3.2.2. Ehkäisevä kunnossapito	12
3.2.3. Korjaava kunnossapito	13
3.2.4. Parantava kunnossapito	14
3.2.5. Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen	15
4. KUNNOSSAPIDON TIETOJÄRJESTELMÄT	16
4.1. Yleistä kunnossapidon tietojärjestelmistä	16
4.2. Tietojärjestelmän toiminnallisuus	17
4.3. Kunnossapidon tietojärjestelmän osa-alueet	17
4.3.1. Kunnossapitokortisto	18
4.3.2. Päiväkirjat	19
4.3.3. Posti	19
4.3.4. Kunnossapitotöiden ohjaus	20
4.3.5. Materiaalin ohjaus	22
4.3.6. Kustannuslaskenta	23
4.3.7. Myynti- ja laskutusjärjestelmät	23
4.3.8. Pääkäyttäjän toiminnot	23
4.3.9. Raportointi	23
5. POWERMAINT KUNNOSSAPITO-OHJELMA	24
5.1. Yleistä tietoa PowerMaint -ohjelmasta	24
5.2. Kunnossapitosuunnitelman päivitys	25
5.3. Ennakkohuoltojen luominen	28
5.4. Rasvausten luominen	31
5.5. Öljynpinnan tarkistuksien luominen	32

5.6.	Öljyn vaihtojen luominen.....	33
6.	SEISAKKITÖIDEN SUUNNITTELU	34
6.1.	Suunnittelun lähtökohta	34
6.2.	Suunnittelun lopputulos	35
7.	RCM-MENETELMÄ	36
7.1.	RCM-menetelmän päämäärät.....	37
7.2.	RCM:n soveltaminen	37
7.3.	RCM:n saavutukset.....	38
7.3.1.	Turvallisuus- ja ympäristötavoitteiden integroituminen.....	38
7.3.2.	Laitoksen käytettävyyden ja toimintavarmuuden paraneminen.....	38
7.3.3.	Parantunut laatu.....	39
7.3.4.	Parantunut kunnossapidon kustannustehokkuus.....	39
7.3.5.	Pidentynyt laitteistojen käyttöikä.....	39
7.3.6.	Henkilöstön motivaation parantaminen ja tiimityöskentelyn kehittyminen	39
7.3.7.	Kunnossapitotietokanta.....	40
7.4.	RCM-prosessi.....	40
8.	VIKA-, VAIKUTUS- JA KRIITTISYYSANALYYSI	42
8.1.	VVA:n rakenne	42
8.2.	Vika-analyysien keskeisiä termejä.....	43
8.3.	Vika-, vaikutus- analyysin tyypillisimmät vaiheet	43
8.4.	Analyysitaso ja informaatiolomake	47
8.5.	Vioittumistavan määrittely.....	47
8.6.	Vioittumistapojen analysointi	48
8.7.	Vioittumistapojen kategoriat.....	48
8.8.	Analyysin yksityiskohdat.....	49
8.9.	Vikojen vaikutukset	50
8.10.	Vioittumistapojen ja niiden vaikutusten informaatiolähteet.....	51
9.	PCC-LAITOKSEN VIKA-, VAIKUTUS- JA KRIITTISYYSANALYYSI	52
9.1.	Analyysin lähtökohta	52
9.2.	VVKA:n lopputulos	52
9.3.	Tulevaisuuden parannusvaihtoehtoja.....	53
10.	YHTEENVETO	54
11.	LÄHDELUETTELO.....	55
12.	LIITELUETTELO	56

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

VVA	Vika- ja Vaikutusanalyysi (FMEA= Failure Mode and Effects Analysis)
VVKA	Vika-Vaikutus- ja Kriittisyysanalyysi (FMECA= Failure Mode, Effects and Criticality Analysis)
RCA	Juurisyys analyysi (Root Cause Analysis)
RCM	Reliability Centered Maintenance (luotettavuuskeskeinen kunnossapito)
BMS	Oy Botnia Mill Service Ab
SEV	Vikamuodon vakavuus
PF	Vian syyn todennäköisyys
DET	Havainnoinnin todennäköisyys

1. JOHDANTO

Omya on johtava globaali teollisuusmineraalien valmistaja. Päätuotteina ovat kalsiumkarbonaatista ja dolomiitista valmistetut täyteaine- ja päällystyspigmentit, sekä Omya on myös maailmanlaajuinen teollisuuskemikaalien jakelija. Yhtiön tärkeimmät päämarkkina-alueet ovat paperi-, muovi-, maali- ja teknokemian teollisuudessa. /7/

Laitos valmistaa paperin täyteainetta, saostettua kalsiumkarbonaattia (CaCO_3), jonka tuotenimi on PCC (Precipitated calcium carbonate). /7/

1.1. Projektin tausta

Omyan Kemin tuotantolaitos on kehittänyt toimintaa eteenpäin. Etenkin kunnossapitoa on kehitetty eteenpäin. Kunnossapidossa on siirrytty vanhoista paperikansioista nykyaikaisempaan kunnossapitojärjestelmään, PowerMaint -kunnossapitojärjestelmään. Laitos pyörii katkeamattomassa kolmivuorossa, joten on äärimmäisen tärkeää pitää käyntivarmuus mahdollisimman korkeana, jotta tuotantoprosessin toiminta pysyisi mahdollisimman vakaana. Tästä syystä tulevaisuudessa on panostettava entistä enemmän ennakoivaan kunnossapitoon. Ns. ”palokuntatoimintaa” eli korjaavaa kunnossapitoa, jolloin kohde korjataan sen jälkeen, kun vikaantumisen on jo todettu, tulisi välttää, jotta arvaamattomilta seisakeilta välttyttäisiin.

Tähän mennessä kaikki kunnossapitoon liittyvät laitekohtaiset huollot on merkitty paperille huoltopäiväkirjakansioon. PowerMaint -kunnossapitojärjestelmä pitää sisällään mm. päiväkirjan, tulevat työt, ennakkohuollot, varaston hallinnan ja muiden sovellusten käytön. Ohjelma helpottaa huomattavasti kunnossapidon hallittavuutta ja laajuutta. PowerMaint- järjestelmän lisäksi suunnitellaan seisakkityöt sekä vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi, jossa keskitytään laitoksen kriittisimpiin kohteisiin. Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysissä voidaan keskittyä yhteen kohteeseen todella syvällisesti, mutta ajanpuutteen vuoksi ei tehdä analyysistä kovin laajaa. VVKA on kunnossapidon tehokkaimpia apuvälineitä, jotka auttavat laitteita saavuttamaan mahdollisimman pitkän käyttöiän ja tuottavuuden.

1.2. Projektin tavoite ja kulku

Tavoitteena on syöttää PowerMaint -kunnossapitojärjestelmään ennakkohuollot, rasvaukset, öljypinnan tarkastukset sekä öljyn vaihdot entisen kalenterijakson mukaisesti. Syötettyään tiedot järjestelmään ohjelma automaattisesti päivittää ennakkohuollot kyseiselle viikolle, jonka aikana työt tulee suorittaa. PowerMaint -kunnossapitojärjestelmä helpottaa kunnossapitopäällikköä töiden seurannassa, kohteiden vikaseurannassa ja varaston hallitsevuudessa. Tavoitteena oli saada tallennettua ennakkohuollot mahdollisimman hyvin järjestelmään, jotta tulevaisuudessa ohjelmaa on helppo ja luotettava käyttää, koska tällöin kaikki tiedot löytyvät kunnossapitojärjestelmästä. Enää ei tarvitse papereista selaamalla tarkistaa työtilannetta. Lopullinen ohjelma tulee sisältämään kaikki laitoksen laitteet, laitteiden varaosat, varaosien tiedot ja tiedot varaston varaosatilanteesta.

Seisakkitöiden suunnittelussa käydään läpi kaikki sataman ja laitoksen määräaikaishuollot ja seisakkityöt. Tarkoituksena on tehdä taulukko kyseisistä huolloista, joista selviää milloin huoltoja täytyy tehdä ja kuinka useasti vuodessa. Taulukko selkeyttää huomattavasti seisakkitöiden suunnittelua tulevaisuudessa.

Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysin tekemisen aloitin tutustumalla aiemmin laitoksella tehtyyn kriittisyysluokitteluun. VVKA:n päivitys oli aiheellinen, koska laitoksella on tapahtunut muutoksia vuosien varrella, etenkin uusia laitteita on tullut käyttöön. VVKA:n laatiminen lähti liikenteeseen ensimmäiseksi tutustumalla kriittisyysanalyysiin ja siihen, mitä analyysissä tehdään ja mitä asioita täytyy erityisesti huomioida. Ensimmäiseksi listattiin aiemmin tehdyn kriittisyysluokan mukaisesti kriittisimmät kohteet. Sen jälkeen käytiin läpi sataman ja laitoksen kriittisimmät laitteet, jotka vaikuttavat laitoksen toimintaan. Listattuumme kriittisimmät kohteet satamasta ja laitokselta, kävimme yhdessä palaverissa läpi kohteet, joita tullaan ottamaan tarkempaan tarkastuksen kohteeksi myöhemmin analyysissä.

Listauksen jälkeen käytiin kohteesta yksityiskohtaisesti läpi VVKA, jossa selvitettiin vikamuoto, vika, vian seuraus ja sekä arvioitiin vikamuodon vakavuus (SEV), vian syyn todennäköisyys (PF) sekä havainnoinnin todennäköisyys (DET). Nämä luvut yhteen kertomalla saadaan RPN-luku, joka kertoo, kuinka kriittinen kohde on. Tehtävä toimenpide kertoo sarakkeessa, mitä kohteelle täytyy tehdä.

Kohteesta mietittiin myös vaihtoehtoista toimintatapaa, mitä tehdään jos kyseinen kohde hajoaa täysin. Miten tuotanto voitaisiin saada toimimaan ilman kyseistä laitetta. Myös tuotannon pysäytyksen kesto arvioitiin.

1.3. Projektin tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön tekeminen tapahtuu pääasiassa Omyan Kemin laitoksella Veitsiluodossa. Työn tekeminen aloitettiin tutustumalla tehtaalla käytössä olevaan PowerMaint -kunnossapitojärjestelmään. Käytiin lyhyesti läpi, mitä kunnossapito-ohjelma pitää sisällään ja mitä tietoja PowerMaint -ohjelmaan on jo tallennettu. Seuraavaksi käydään läpi, mitä tietoja tässä opinnäytetyössä tullaan tallentamaan PowerMaint -ohjelmaan. Laitoksen toiminnasta oli jo entuudestaan henkilökohtaista tuntemusta kesätöiden kautta, joten se helpotti suuresti työn aloittamista.

Merkittävimpänä tutkimusmenetelmänä käytettiin huoltopäiväkirjan laitekohtaisia tietoja, joita tarvittiin mm. seisakkitöiden suunnittelussa sekä VVKA:n laatimisessa. Tutkimusmenetelmänä käytettiin myös tehtaalla työskentelevien laitoshuoltajien saamaa työkokemusta vuosien varrelta. Laitoshuoltajien kokemuksesta oli erityisen suuri apu VVKA:n laatimisessa.

1.4. Projektin ongelmat

Suurin ongelma opinnäytetyön tekemisessä oli viimeisessä osiossa palavereiden järjestäminen sillä tavalla, että aika sopi kaikille työntekijöille muiden töiden ohessa.

Opinnäytetyön tekemisen aikana luovuttiin PowerMaint -kunnossapitojärjestelmästä ja siirryttiin käyttämään SAP-toiminnanohjausjärjestelmää, joka myös vei aikaa ja voimavaroja.

2. YRITYSESITTELY

2.1. Yleistä tietoa Omyasta

Yhtiö on perustettu vuonna 1884 Sveitsissä ja nykyään toiminta kattaa yli 100 toimipaikkaa yli 50 maassa ja työntekijöitä on noin 6000. Suomessa Omya työllistää noin 90 henkilöä neljällä eri paikkakunnalla. Laitokset sijaitsevat Kemissä, Förby:ssä, Lappeenrannassa ja Imatralla. Pääkonttori sijaitsee Helsingissä. /8/

2.2. Kemin PCC -laitos

Omya PCC-laitos toimii Stora Enso Oyj Kemin Veitsiluodon tehdasalueella. Kemiin Omyan laitos on perustettu vuonna 1994 ja se on alkuperäiseltä nimeltään Faxe Kalk. Omistussuhteen muututtua maaliskuussa vuonna 2007 nimi vaihtui Omya PCC Finland Oy:ksi ja vuonna 2009 Omya Oy:ksi. Laitoksen tuotteet toimitetaan pääosin Veitsiluodon tehdasalueen paperikoneille, joissa niitä käytetään hieno- ja painopaperin täyteaineena. Alapuolella on kuva 1 Kemin PCC-laitoksesta. /8/



Kuva 1. Omyan tehdas Kemin Stora Enson tehtaalla. /8/

2.3. Laitoksen historiaa

Vuonna 1994 syyskuussa toimitettiin ensimmäinen erä PCC-ainetta Stora Enson tehtaalle. Tästä alkoi PCC-laitoksen kasvu ja yritystä alettiin laajentaa. Vuosina 1995–1998 laitokselle rakennettiin lisää reaktoreita ja uusia silloja sekä satamaan toinen kalkin purkulinja. 2000-luvulla uusia laajennuksia ei ole suoritettu, mutta muita muutoksia on tapahtunut. Tehtaanjohtaja vaihtui vuonna 2002. Ulf-Åke Blomst:n tilalle tuli Leena Jokinen. Vuonna 2008 vaihtui kunnossapitopäällikkö, Heikki Salopuron tilalle tuli Ilkka Kaarre. /8/

Omyaa ohjaavat korkeat periaatteet koskien laatua, turvallisuutta ja ympäristöä. Vuonna 1995 on saavutettu ISO 9001 laadunhallintajärjestelmä -sertifikaatti. Vuonna 2003 saavutettiin ISO 14001 ympäristöjärjestelmä -sertifikaatti. /8/

Vuonna 2004 alkoi PCC:n käytön kasvu lisääntyä huomattavasti. Kasvun takana oli Stora Ensolla uudistettu paperikone PK 3. Sen tuotantokapasiteetti nousi ja näin ollen myös PCC:n tarve kasvoi. /8/

2.4. Laitoksen toiminta

Omya Oy:n Kemin laitos valmistaa paperin täyteainetta PCC:tä eli Precipitated Calcium Carbonate eli saostettua kalsiumkarbonaattia (CaCO_3). Prosessissa valmistetaan kolmea eri PCC-lajia. Paperin valmistuksessa täyteaineen tehtävä on lisätä paperiin kirkkautta, läpikuultamattomuutta ja pehmeyttä. /8/

Laitoksen kapasiteetti on nykyisin noin 130 000 t/a.

2.5. Prosessikuvaus

Prosessin tärkeimmät raaka-aineet ovat poltettu kalkki (CaO) ja savukaasun sisältämä hiilidioksidi (CO₂), josta paperin täyteaine valmistetaan.

Prosessin ensimmäinen lähtökohta on pääraaka-aineen eli poltetun kalkin (CaO) vastaanotto. Poltettu kalkki tuodaan laivalla Veitsiluodon satamaan, josta se puretaan säilöön sataman varastosiiloihin. Alapuolella on kuva 2 laivan purusta. /8/



Kuva 2. Laivan purku vastaanottosuppiloihin /8/

Siiloista kalkki siirretään kuljettimia pitkin murskaimelle ja täältä kalkki kuljetetaan kuorma-autolla PCC-laitokselle. Laitoksella murskattu kalkki sammutetaan kontrolloidusti tietyssä lämpötilassa sammutusaltaassa kalsiumhydroksidiksi [Ca(OH)₂] veden avulla. Tämän jälkeen kalkkimaito johdetaan täryseulalle, jossa poistetaan karkeampi ja reagoimaton kalkki- ja kiviaines. Sivutuotekalkki siirretään jätelavalle, josta se kuljetetaan edelleen läjitysalueelle. Sivutuotekalkkia pyritään hyödyntämään esim. maanparannusaineena, jota käytetään mm. pelloilla. /8/

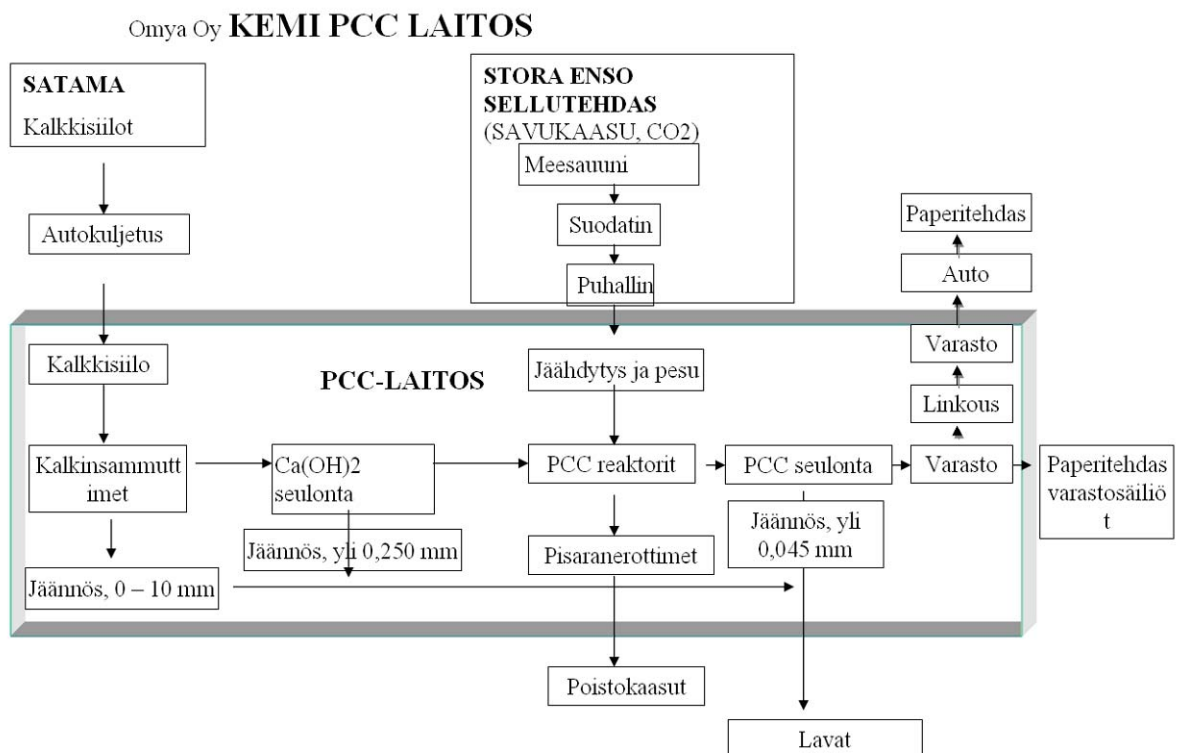
Täryseuloilta kalkkimaito pumpataan lämmönvaihtimen kautta kalkkimaitosäiliöön, josta liuos johdetaan reaktoreihin. Reaktoreihin johdetaan myös savukaasu, jonka sisältämä

hiilidioksidi reagoi kalsiumhydroksidin kanssa muodostaen valmista tuotetta eli kalsiumkarbonaattia. Savukaasu tulee laitokselle sellutehtaan meesauunilta. /8/

Meesauunin savukaasujen mukana tulevat rikkidioksidi- (SO_2), hajurikkiyhdisteiden (TRS), typen oksidien (NO_x), hiilimonoksidin (CO), hiilidioksidin (CO_2) ja hapen (O_2) yhdisteitä, jotka sitoutuvat suurimmaksi osaksi prosessiin, jolloin laitoksen epäpuhtauspäästöt ovat vähäiset. Päästömittaukset suoritetaan laitoksella säännöllisin välein. /8/

Valmis täyteaine, PCC, pumpataan reaktoreista välisäiliön kautta hienoille tärysihdeille, joissa poistetaan liian suuret partikkelit ja hiekka. Hyväksytty täyteaine pumpataan ulkovarastosäiliöihin, josta se siirretään putkilinjoja myöten Stora Enson Veitsiluodon tehtaiden varastosäiliöihin. Täyteaineesta saadaan hyväksytty tuote erilaisin laboratorio analyysin. /8/

Alapuolella kuvassa 3 on laitoksen prosessikaavio, jossa on selkeästi ja yksinkertaisesti esitetty laitoksen prosessin kulku.

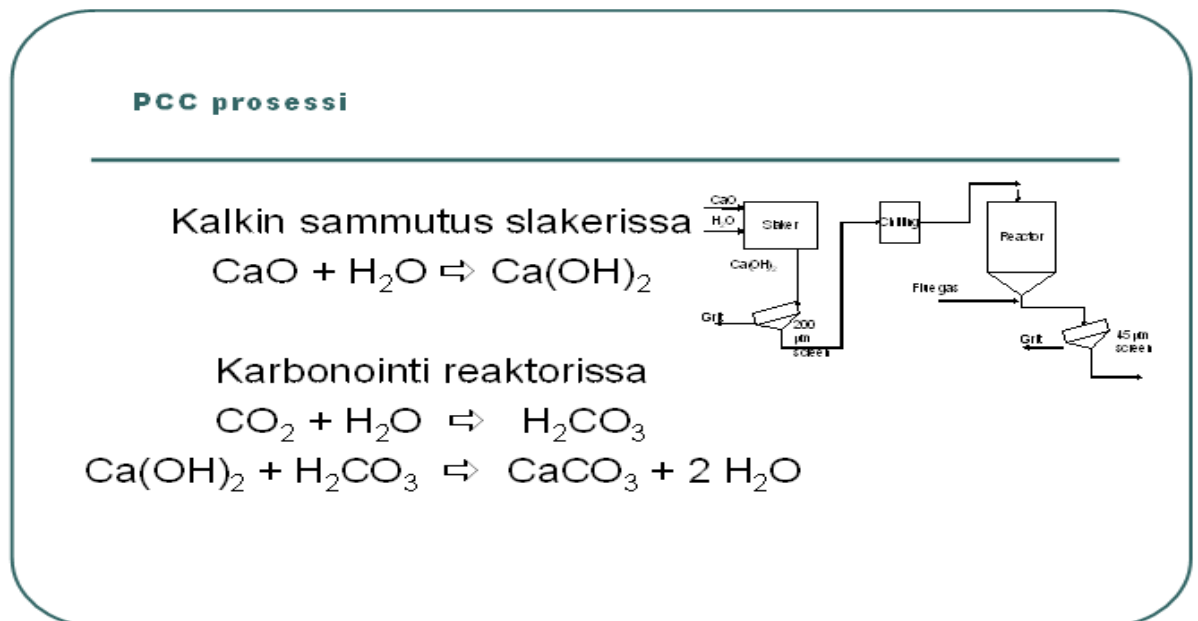


Kuva 3. PCC:n valmistuksen prosessikaavio /8/

2.6. Kemiallinen reaktio

Prosessissa tapahtuu kemiallinen reaktio, jossa poltettu kalkki (CaO) sammutetaan kontrolloidusti tietyssä lämpötilassa sammutusaltaassa kalsiumhydroksidiksi [Ca(OH)₂] veden avulla.

Alapuolella on kuva 4 kemiallisesta reaktiosta.



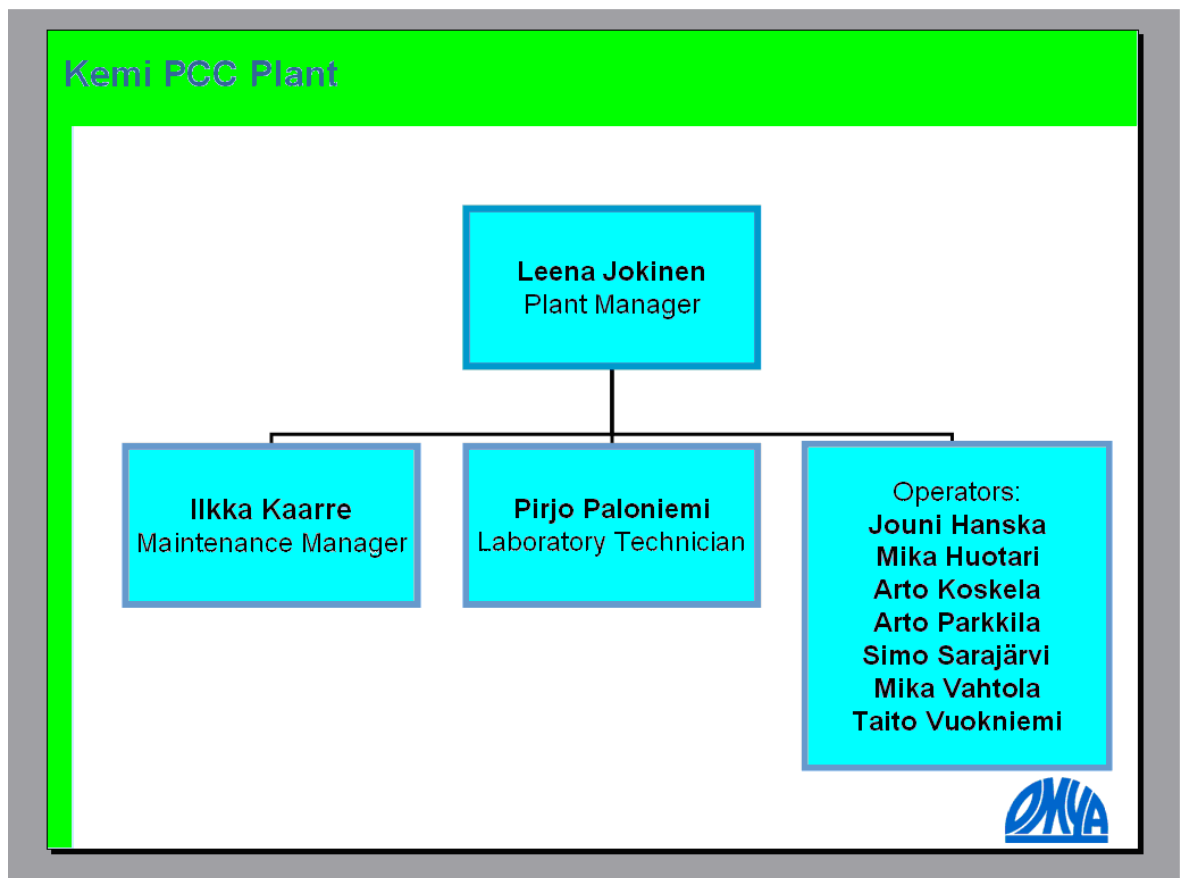
Kuva 4. Kemiallinen reaktio prosessissa /8/

Kalkin sammutusaltaassa (slakerissa) tapahtuu seuraavanlainen prosessi: poltettu kalkki ja vesi yhdistyvät, jolloin tuloksena syntyy kalkkimaitoa.

Reaktorissa tapahtuu karbonointi eli savukaasu ja vesi yhdistetään kalkkimaitoon, jolloin lopputuloksena syntyy valmista tuotetta, saostettua kalsiumkarbonaattia eli PCC:tä.

2.7. Organisaatio

Kemin PCC-laitos muodostuu pienestä työyhteisöstä. Laitoksella työskentelee 10 työntekijää. Laitospäällikkönä on Leena Jokinen, kunnossapitopäällikkönä Ilkka Kaarre, laboranttina Pirjo Paloniemi ja laitoshuoltajina ovat Jouni Hanska, Mika Huotari, Arto Koskela, Arto Parkkila, Mika Vahtola, Taito Vuokniemi ja Simo Sarajärvi. Alapuolella on kuva 5 organisaatiosta.

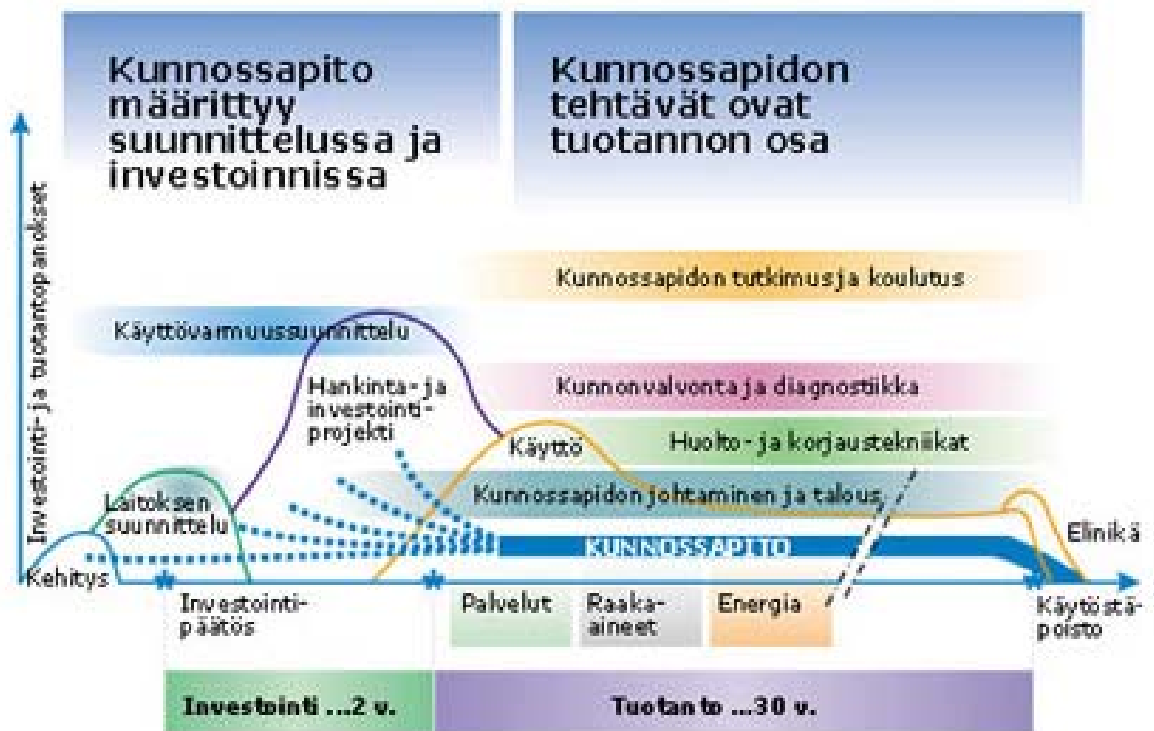


Kuva 5. Kemin laitoksen organisaatio kaavio /8/

3. KUNNOSSAPIDON MÄÄRITELMIÄ

Kunnossapidon tehtävänä on pitää teollisuuden ja yhteiskunnan rakenteisiin investoitu pääoma toiminta- ja kilpailukykyisenä koko investoinnin elinkaaren ajan sekä mahdollisuuksien mukaan pidentää elinkaarta. /13/

Kunnossapito on teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde siinä tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon koko elinjakson aikana. Laitoksen suunnittelu- ja hankintavaiheessa määritetään käytettävyys ja kunnossapidettavuus eli luodaan pohja kunnossapidon roolille. Laitoksen toiminta-aikana kunnossapito keskittyy ehkäisevään ja parantavaan kunnossapitoon, häiriökorjauksiin sekä kunnossapitovarmuuden ylläpitoon ja kehittämiseen. /13/ Alapuolella on kuva 6, joka kertoo laitoksen kunnossapidosta, miten kunnossapito määrittyy laitoksen elinkaaren aikana.



Kuva 6. Kunnossapito laitoksen elinkaareissa /10/

Kunnossapitokäsite on laaja, monitahoinen ja -tasoinen. Kunnossapidon tavoitteena on huolehtia koneiden, laitteiden ja rakennusten kunnosta, jotta tuotanto voi tapahtua olosuhteissa, jotka ovat edullisimmat nettotuottojen, turvallisuuden, ympäristön ja laadun kannalta mm. tuotteiden tuottamiseen. /1, s.13/

Kunnossapitokäsite sisältää myös palveluja, jotta palvelu voidaan tuottaa siten, että asiakas on tyytyväinen ja kustannusten ja laadun suhde on mahdollisimman edullinen. Tämä koskee palveluja yleensä, kuten esim. liikenne, sairaalat, majoittuminen, hissit, tietotekniikka, projektit jne. /1, s.13/

Kunnossapidon määritelmiä löytyy monista kansainvälisistä ja kansallisista standardeista sekä useista alan teoksista. Seuraavassa on muutamia yleisesti käytössä olevia määritelmiä:

Standardissa PSK 6201 kunnossapito määritellään seuraavasti:

”Kunnossapito on kaikkien teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon koko elinjakson aikana.” Samaa määritelmää käytetään myös standardissa PSK 7501. /6, s.26/

Eurooppalainen standardi SFS-EN 13306 määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen eliniän aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.” /6, s.26/

Tutkija John Moubray määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

” Kunnossapidolla varmistetaan, että laitteet jatkavat sen tekemistä, mitä käyttäjät haluavat niiden tekevän.” /6, s.26/

Tavoitteiden saavuttaminen tuotantotoiminnan kunnossapidossa vaatii, että suoritetaan kunnonvalvontaa, huoltoja, erilaisten koneiden ja laitteiden korjaamista sekä modifiointia. On pystyttävä korjaamaan syntynyt vika minimiviiveellä ja optimikustannuksilla, joka tarkoittaa sitä, että vika korjataan mahdollisimman nopeasti ja edullisesti. /1, s.13/

Yleisessä kunnossapidossa tavoitteiden saavuttaminen vaatii, että varmistetaan seurannalla ja ennakoinnilla erilaisten toimintojen perusedellytysten saatavuus kuten sähkö, vesi, ilma, lämmitys jne. Huoltamalla ja korjaamalla varmistetaan toimintakyvyn säilyminen esim. rakennuksissa, kulkuvälineissä, tie- ja katuverkoissa, puistoissa, koneissa, nostureissa, kulkuvälineissä, teloissa, pumpuissa, puhelimissa jne. /1, s.13/

3.1. Kunnossapidon ja huollon ero

Suomessa kunnossapito ja huolto eivät ole käsitteinä täysin vakiintuneita. Eri toiminnan aloilla näiden käsitteiden välillä sisältö ja merkitys saattavat vaihdella huomattavastikin. Samaan käsittepiiriin ja toiminta-alueeseen kuuluvat näiden lisäksi termit tehdaspalvelu ja kiinteistöhuolto. /1, s.13/

Huollon toiminta on pääosin konkreettista toimintaa, kuten ennakoivia toimenpiteitä, vianetsintää ja vikojen korjaamista. Huollon päätarkoitus on varmistaa tuotannon ja muiden koneiden ja laitteiden halutun mukainen toiminta. /1, s.14/

Kunnossapito on käsitteenä huomattavasti laajempi kuin huolto. Kunnossapito on tuotantoon liittyvien koneiden ja laitteiden sekä tuotantokiinteistön toimintakunnon ylläpitoon liittyvä yleistermi. Se on kattoterminä huomattavasti laajempi kuin huolto. Huolto on osa kunnossapitoa. /1, s.14/

3.2. Kunnossapitolajit

Jokapäiväisessä kunnossapitotoiminnassa voidaan tunnistaa viisi päälajia, jotka ovat:

- huolto
- ehkäisevä kunnossapito, johon sisältyy jaksotettu kunnostaminen, kunnonvalvonta, kuntoon perustuva kunnossapito sekä ennustava kunnossapito
- korjaava kunnossapito, johon sisältyvät kunnostaminen ja korjaaminen
- parantava kunnossapito
- vikojen ja vikaantumisen selvittäminen. /3, s.49/

3.2.1. Huolto

Huoltamalla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia tai palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai voidaan estää vaurion syntyminen. Jaksotettu huolto tehdään määrävällein huomioiden käyttöaika, -määrä ja käytön rasittavuus. Jaksotettuun huoltoon sisältyvät seuraavat toimet:

- koneiden käyttöhenkilökunnan suorittama kunnossapito
- puhdistus
- voitelu
- linjaukset
- huoltaminen, huolto
- kalibrointi
- kuluvien osien vaihtaminen
- toimintakyvyn palauttaminen (kulumisen poistaminen) /3, s.50/

3.2.2. Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevällä kunnossapidolla seurataan kohteen suorituskykyä ja parametreja. Päämäärä on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai koneen / osan toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevä kunnossapito on säännöllistä, (aikataulutettua tai jatkuvaa), tai

sitä tehdään vaadittaessa. Tulosten perusteella voidaan suunnitella ja aikatauluttaa kunnossapidon tehtäviä. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat mm. seuraavat toimet:

- ennakoiva kunnossapito
- tarkastaminen
- kunnonvalvonta
- määräystenmukaisuuden toteaminen
- testaaminen / toimintakunnon toteaminen
- käynnivalvonta
- vikaantumistietojen analysointi, trendit

Kunnonvalvontaa tehdään kohteen toimiessa tai seisokin aikana. Kunnonvalvonnan avulla etsitään oireilevia vikoja tai todetaan havaintojen avulla kohteen olevan toimintakunnossa. /3, s.50/

Pääsääntöisesti ehkäisevä kunnossapito on suunniteltua säännöllistä toimintaa, jota tehdään koneen käydessä. Lisäksi sitä pyritään tekemään erilaisten seisokkien, myös häiriöseisokkien yhteydessä. Ehkäisevään kunnossapitoon voidaan sisällyttää myös parantava kunnossapito ja vikojen analysointi, koska niidenkin tavoitteena on vikaantumisen vähentäminen. Ehkäisevän kunnossapidon piiriin kuuluvat myös ennustava kunnossapito, jossa pyritään erilaisten mittausten avulla selvittämään koneen ja sen eri osien kuntoa. /3, s.50/

Tällaisia mittaavia tekniikoita ovat mm. värähtelyanalyysit, öljyanalyysit sekä IR-kuvaus (infra red, infrapuna). Mittaus voi olla suoraa, kuten kulumista tai epäsuoraa, kuten esim. öljyanalyysit, joissa tutkitaan voiteluaineen sisältämää metallipartikkeleiden määrää ja geometriaa. Ehkäisevää kunnossapitoa kannattaa tehdä, kun seuraavat ehdot täyttyvät:

- Ehkäisevän kunnossapidon kustannukset ovat pienemmät kuin sen puutteen aiheuttamat vahingot ja menetykset. Tämä ehto vastaa myös kysymykseen, kuinka paljon ehkäisevää kunnossapitoa on järkevää tehdä.
- Kohteelle on olemassa tehokas ennakkohuoltomenetelmä. /3, s.50/

3.2.3. Korjaava kunnossapito

Korjaavan kunnossapidon keinoin vikaantuvaksi todettu osa tai komponentti palautetaan käyttökuntoon eli korjataan. Korjaavan kunnossapidon suoritusaikojen avulla voidaan laskea osan tai komponentin elinaika. Korjaava kunnossapito voi olla joko häiriökorjaus (suunnittelematon) tai kunnostus (suunniteltu). Korjaavaan kunnossapitoon sisältyvät seuraavat toimet:

- vian määrittäminen
- vian tunnistaminen
- vian paikallistaminen
- korjaus
- väliaikainen korjaus
- toimintakunnon palauttaminen /3, s.49/

Korjaavassa kunnossapidossa kohde korjataan sen jälkeen, kun vikaantuminen on todettu. Korjaava kunnossapito on kunnossapidon yksinkertaisin ja ehkä traditionaalisin muoto, ”palokuntatoiminta”. Korjaava kunnossapito käsittää kaikki ne ”puolustustoimenpiteet”, jotka ovat tarpeen, jotta ilman ennakkotietoa vikaantunut kohde saadaan takaisin tuotantotoimintaan.

Korjaavassa kunnossapidossa voidaan erottaa eri toimintatavoitteita:

- Väliaikainen korjaus, jonka tarkoituksena on toimintakatkosajan minimointi.
- Toimintakyvyn entiselleen palauttava korjaus. Voi olla joko laitteen korjaus ”paikan päällä” tai vikaantuneen laitteen vaihtaminen vastaavaan kunnolliseen ja vikaantuneen korjaaminen korjausyksikössä.
- Parantava korjaus, jonka tarkoituksena on vian toistumisen estäminen. /1, s.28/

3.2.4. Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

- uusien osien ja komponenttien käyttäminen
- uudelleen suunnittelu ja korjaus
- modernisaatiot. /3, s. 51/

Ensimmäisessä pääryhmässä kohdetta muutetaan käyttämällä uudempia osia tai komponentteja kuin alkuperäiset, mutta kohteen suorituskykyä ei varsinaisesti muuteta. Tällainen toimenpide on esimerkki vanhojen tasavirtakäyttöjen korvaaminen taajuusohjatuilla oikosulkumoottoreilla. /3, s.51/

Toisessa pääryhmässä uudelleensuunnitteluilla ja korjauksilla on tarkoituksena muuttaa koneen toimintaa luotettavammaksi, eikä niinkään muuttaa suorituskykyä. /3 s.51/

Kolmanteen pääryhmään kuuluvat modernisaatiot, joissa kohteen suorituskykyä muutetaan. Yleensä modernisaatiolla uudistetaan koneen ohella valmistusprosentti. /3, s. 51/

3.2.5. Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

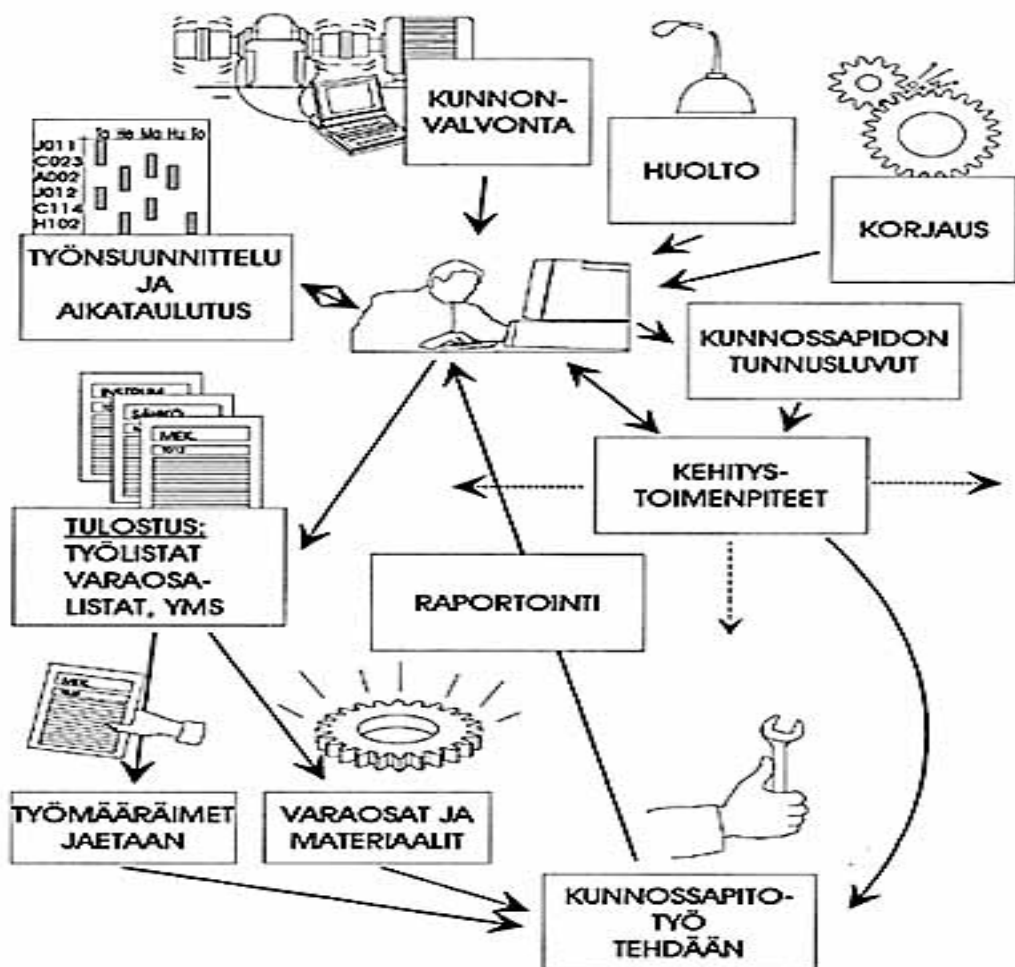
Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei toistaiseksi ole mielletty kunnossapitoon kuuluviksi toiminnoiksi. Niiden tärkeys toki ymmärretään, mutta vain harvassa yrityksessä näiden asioiden tekeminen on systemaattista. Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei ole käsitelty kunnossapidon standardeissa. Vikojen ja vikaantumisen selvittämisellä selvitetään vian perussy sekä vikaantumisprosessi. Tulosten perusteella voidaan suorittaa toimenpiteitä, joilla estetään vastaavan vahingon uusiutuminen. Koska analyysien tekeminen vaatii erikoisosaamista, ei aivan jokaista rikkoontumista kannata analysoida. Tavanomaisimpia menetelmiä ovat:

- vika-analyysi
- vikaantumisen selvittäminen
- mallintaminen
- perussyyn selvittäminen (RCFA)
- materiaalianalyysit
- rakenneanalyysit
- suunnittelun analyysit
- vikaantumispotentiaalin kartoitukset / riskinhallinta. /3, s. 51/

4. KUNNOSSAPIDON TIETOJÄRJESTELMÄT

4.1. Yleistä kunnossapidon tietojärjestelmistä

Kunnossapitojärjestelmä on kunnossapidon toiminnanohjaukseen ja materiaalivirtojen hallintaan tarkoitettu järjestelmä, josta on tarvittavat yhteydet muihin tuotantolaitoksen tietojärjestelmiin. Käyttäjäkunnan muodostavat oma kunnossapito, tuotanto ja kunnossapitoa hoitava yritys. Kunnossapitojärjestelmän käyttäjistä työntekijät ovat nykyisin tärkeässä asemassa ja he vastaavat suurelta osin uuden tiedon tuottamisesta tietojärjestelmään. Järjestelmään voi sisältyä spesifiointi, tarjouspyyntö, tarjousten käsittely, tilaus, valmistuksen valvonta sekä tilausvalvonta. Alapuolella on kuva 7, joka selkeyttää paremmin ymmärtämään, mitä tarkoitetaan kunnossapidon tietojärjestelmillä. /6, s.116/



Kuva 7. Kunnossapidon tietojärjestelmän perustoiminnot /11/

Kunnossapidon tietojärjestelmän toteutusvaihtoehtoja ovat mm. valmispakettiohjelmisto, esim. SAP, Arttu2000, PowerMaint, MAINTWorkCenter, Amos, Avantis, Avux ja Maximo. Tietojärjestelmän toteutusvaihtoehto voidaan toteuttaa myös asiakaskohtaisesti räätälöidyllä ohjelmistolla, joka toteutetaan useimmiten valmispaketin pohjalta. /3, s.219/

Suomessa käytetään kunnossapitojärjestelmästä usein myös termiä kunnossapidon tietojärjestelmä. Yleisesti käytetään myös lyhennettä CMMS, joka tulee sanoista Computerized Maintenance Management System. Uudempi lyhenne kunnossapitojärjestelmälle on EAM-järjestelmä, joka tulee sanoista Enterprise Asset Management System. /6, s.116/

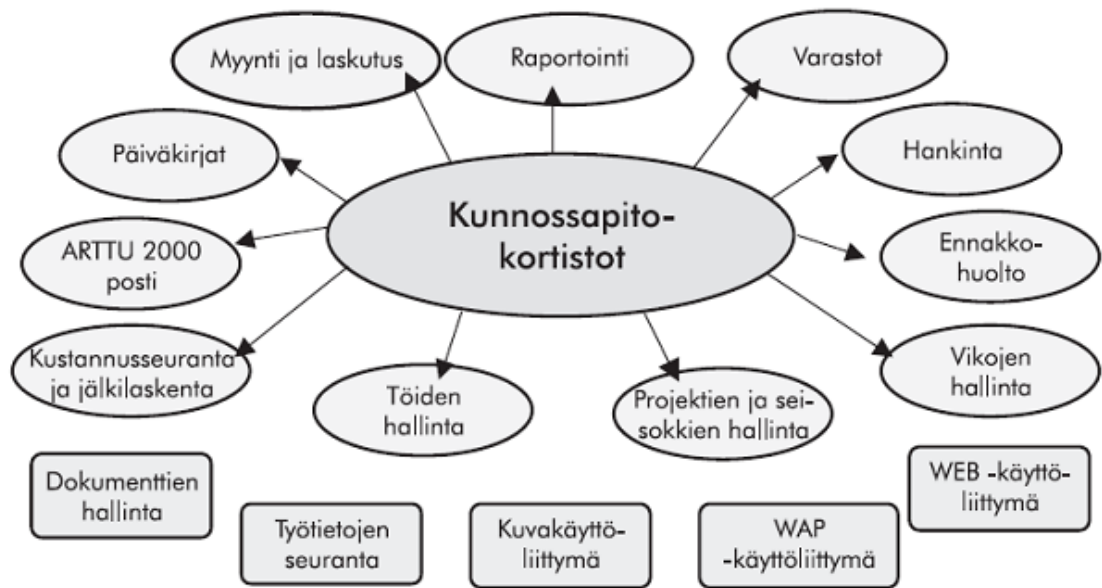
4.2. Tietojärjestelmän toiminnallisuus

Tietojärjestelmät sisältävät seuraavia osioita:

- laitepaikkojen ja laiteyksilöiden perustiedot
- materiaalihallinta (varaosat, raaka-aineet)
- vika- / häiriöilmoitusjärjestelmä
- työmääräinjärjestelmä
- ennakkohuoltojärjestelmä
- ostotilausjärjestelmä
- palvelun myynti ja laskutus
- dokumenttien hallinta
- yhteystietorekisteri (toimittajat, valmistajat, asiakkaat)
- resurssihallinta
- työtuntien kirjaus palkanlaskennan pohjaksi
- projekti / seisokkihallinta
- kalibrointi. /3, s.221/

4.3. Kunnossapidon tietojärjestelmän osa-alueet

Kunnossapidon tietojärjestelmä voidaan toteuttaa monella eri tavalla, mutta itse toiminnot, joita tietojärjestelmän tulee palvella, ovat yrityksestä riippumatta hyvin samankaltaisia. Varastokirjanpito on esimerkiksi kaikissa yrityksissä lähes samanlaista. Kunnossapidon tietojärjestelmä voidaan jakaa osa-alueisiin seuraavalla tavalla, kuva 8 alapuolella. /11/



Kuva 8. Kunnossapitojärjestelmän päätoiminnot ja liittymät /11/

4.3.1. Kunnossapitokortisto

Kunnossapitokortisto on koko kunnossapitojärjestelmän ydin, jonka tietoja muut järjestelmän sovellukset käyttävät sen tietoja hyväkseen toiminnassaan. Kortisto on eräänlainen tietokanta, joka pitää yllä dynaamista kortistoa koko laitoksen kunnossapidon kohteista. Kortistossa on kuvaukset tuotantoprosessista ja sen järjestelmistä hierarkioineen, tiedot koneista, laitteista, varaosista sekä niihin liittyvistä asiakirjoista ja huolto-ohjeista. Kortistossa voi myös olla suorat liittymät CAD- tai muihin sähköisiin tiedostoihin /6, s.117/

Kortisto koostuu erityyppisistä tietueista: esim. laitoksen prosessipaikkojen tiedot kirjataan paikkakortteihin, laitteiden tiedot laitekortteihin, jne. Nämä kortit muodostavat kortistossa hierarkian, josta nähdään selkeästi eri paikkojen, laitteiden, varaosien, asiakirjojen jne. yhteydet toisiinsa. Järjestelmässä on omat kortistonsa mm. seuraaville asioille:

- laitekortit (mekaaniset laitteet, sähkölaitteet, automaatiolaitteet, rakennus, tietohallinto jne.)
- paikkakortit (laittepaikat, konepaikat, sähköpaikat, automaatiopaikat, instrumentointipaikat, kiinteistöt, jne.)
- varaosakortit
- asiakirjakortit, dokumentit
- hierarkiat
- varalaitteet
- tyyppilaitteet. /6, s.117/

osasovelluksessa järjestelmän käyttäjillä on omat henkilökohtaiset postilaatikkonsa, joihin kertyvät työtehtävät, joita käyttäjille on osoitettu kunnossapitojärjestelmän kautta. Monesti tämä sovellus liitetään yrityksen omaan sähköpostiin. Sovelluksen tarkoituksena on yksinkertaistaa kunnossapidon toimintaketjua ja vähentää työntekijöiden tarpeetonta liikkumista eri näyttöjen välillä. /6, s.117/

4.3.4. Kunnossapitotöiden ohjaus

Tämä osasovellus pitää huolta työtilauksista, vikailmoituksista, ennakkohuolloista sekä työsuunnittelusta, joka pitää sisällään seisokkis suunnittelun ja projektisuunnittelun. Kunnossapitotöillä tarkoitetaan tässä kaikkia laitoksen kunnossapitoon liittyviä töitä riippumatta siitä, suorittaako tehtävät laitoksen oma huoltohenkilöstö vai ulkopuolinen huoltopalvelu. Osasovellus pitää huolta myös näiden tapausten jatkokäsittelystä. Kunnossapitotyöt jaetaan kolmeen erilaiseen ryhmään, ja näitä eri tyyppisiä varten on omat sovelluksensa: /6, s. 118/

- Vikaseuranta: Vikojen seuranta on välttämätöntä kaikille tuotannollisille yrityksille, joille laitoksen käyttövarmuus, käyttövarmuuden seuranta sekä jatkuva parantaminen ovat tärkeitä. Vikailmoituksia ja työtilauksia voidaan yleensä tarvittaessa katsella visuaalisessa muodossa aikajanalla projektinhallintaohjelmassa.
 - Tähän ryhmään kuuluvat viat ja häiriöt, jotka vaativat nopeaa korjaamista.
 - Sovelluksella voidaan seurata tuotantolaitoksessa esiintyviä vikoja ja häiriöitä.
 - Sovellusta voidaan käyttää myös ohjaamaan korjaavan kunnossapidon toimia.
 - Myös suoritettut korjaustoimenpiteet kirjataan ylös.

- Ennakkohuolto: Huoltosovellus on tarkoitettu säännöllisesti toistuvien huollon ja kunnonvalvonnan piiriin kuuluvien töiden ohjaus- ja valvontajärjestelmäksi.
 - Tähän ryhmään kuuluvat säännölliset toimenpiteet, kuten esimerkiksi voiteluhuolto, määräaikaistarkastukset ja kalibroinnit.
 - Ennakkohuoltotilaukset voidaan määrittellä generoitumaan tiettyjen huoltoaikajaksojen välein automaattisesti työtilauksiksi.
 - Sovelluksella voidaan valvoa tehokkaammin ennakkohuoltotöiden oikea-aikaista suorittamista.

- Työsuunnittelu: Työsuunnittelu-sovelluksella suunnitellaan, ohjataan ja valvotaan kaikkia kertaluonteisia tai epäsäännöllisesti toistuvia töitä, joilla on suunnittelu-aikaa ja jotka tehdään tulevaisuudessa. Työt voivat olla pieniä korjaus- tai suuria investointitöitä.

- Tähän ryhmään kuuluvat seisakkisuunnittelu, joita on aikaa suunnitella, kuten muutos- ja uudistustyöt sekä ei-kiireelliset korjaukset.
- Sovellus mahdollistaa projektisuunnittelun esim. projektin eri vaiheiden, kustannusarvioiden, työhön liittyvien materiaalien ja kunnossapitoseisokkien suunnittelun. /6, s.118/

Alapuolella on kuva 10 PowerMaint -kunnossapitojärjestelmän työtilauksesta.

PowerMaint 6.0 - PMT60@pmaint - [Työtilaus]

Tiedosto Muokkaa Kohde Varasto Ennakkokohde Työsuunnittelu Osto Yritykset Dokumentit TPK Ohje Window

PowerMaint

Tilaus Lisätiedot

Työnumero: 111 Havaintopvm: 23.05.2000 Dizasto: KONE Tilaaaja: FERRO Puhelin: 587 Työn la: f

Työn nimi: PUMPUN AKSELITIVISTEEN KORJAUS

Vian kuvaus: PUMPUN AKSELITIVISTE VUOTAA

Kohde: 1300 PUMPPU

Byhän: Huone/Ala: Paikka:

Aloitetaan pvm	Mo	Lukku	Kesto	Työläj	Käynnä	Seisokkiyoppi
29.05.2000			8	KSK	EBS	GAS8
Vaihtuu pvm	Mo	Lukku	Hälytunnus	Työpaketti	Projekti	
30.05.2000			f8	f00	KES/2000	

Arvokas: 4376

Urakoitsija: LT1: 528390.1 LT2: 53210 LT3: 2752 LT4:

Record 2/15 <05D> <DBG>

Kuva 10. Työtilaus PowerMaint -kunnossapitojärjestelmässä /9/

4.3.5. Materiaalin ohjaus

Kunnossapitojärjestelmä pitää kirjaa laitoksen varastoista ja varaosista: sovellus kertoo selkeästi, mitä laitteen varaosia varastoissa on ja kuka niitä toimittaa milläkin hinnalla. Järjestelmässä on rekisteri, johon kirjataan kaikki varastotapahtumat. Järjestelmä huolehtii myös tiettyjen minimivarastojen olemassaolosta. Alapuolella on kuva 11 varaosan nimikekortista. /6, s.118/

Kuva 11. Varaosan nimikekortti.

Varastojärjestelmän lisäksi yhteyteen kuuluu ostojärjestelmä, joka vastaa tilausten kirjaamisesta ja seuraamisesta. Ostojärjestelmä huolehtii tavallisista kunnossapidon hankinnoista. Hankinnat käsitellään aina tilausten tekemisestä toimituksen valvonnan ja vastaanoton kautta laskujen käsittelyyn. Varasto- ja ostosovellukset on integroitu nykyisiin saumattomasti muihin kunnossapitojärjestelmän osasovelluksiin, jotta materiaalien ohjaaminen eri kunnossapitotöihin olisi vaivatonta ja toimien vaikutus varaston tilanteeseen saataisiin heti näkyviin. /6, s.118/

4.3.6. Kustannuslaskenta

Kustannuslaskenta kirjaa ylös kaikki kunnossapidon saralla syntyneet kustannukset ja selkeyttää niiden valvontaa. Tavoitteena kustannuslaskennassa on kohdistaa laitoksen kunnossapitokustannukset yrityksen tuotteille mahdollisimman oikeudenmukaisesti ja seurata kunnossapitotoiminnan taloudellisuutta. Laitoksen kustannustapahtumia voivat olla esim. varastohankinnat, kunnossapitotoimessa tehdyt työtunnit sekä ostot suoraan tietyille kunnossapitotöille, kustannuspaikoille tai laitteille. /6, s.118/

4.3.7. Myynti- ja laskutusjärjestelmät

Kunnossapitojärjestelmissä on myös toimintoja esim. yhtiötetyille tai ulosvastuullisille kunnossapito-organisaatioille, joiden tarvitsee pitää kirjaa asiakkaiden tekemästä kunnossapidollisista tilauksista. Tämä osasovellus huolehtii näistä myyntitilauksista ja niiden laskuttamisesta. Järjestelmän tekemä raportti voi sisältää esim. tilauskohtaisen katelaskelman ja muita normaaleja myyntiraportteja. /6, s. 118/

4.3.8. Pääkäyttäjän toiminnot

Tämä osasovellus sisältää järjestelmän ylläpitoon tarvittavia toimintoja, kuten käyttäjätunnuksien ja käyttöoikeuksien ylläpitoa sekä järjestelmän parametri-, ohjaus- ja apudietoista huolehtimista. /6, s. 119/

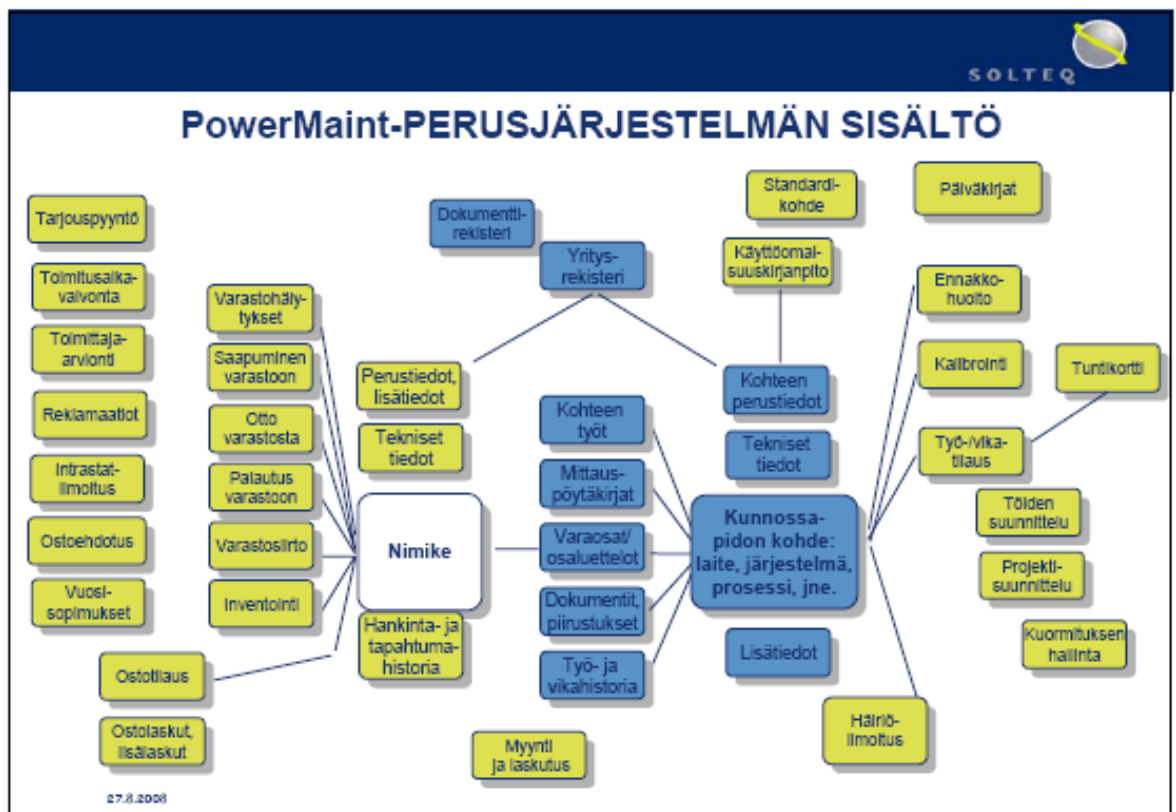
4.3.9. Raportointi

Kunnossapitojärjestelmillä on erilaisia sovelluskohtaisia valmiita raportteja, joiden tekemisestä tämä osio vastaa. Raportteja voidaan monesti myös rajata monipuolisesti erilaisilla rajausehdoilla. Raporttien käyttäminen ja aineiston rajaaminen niistä on tehty melko helpoksi kaikille käyttäjille oppia. /6, s. 119/

5. POWERMAINT KUNNOSSAPITO – OHJELMA

5.1. Yleistä tietoa PowerMaint -ohjelmasta

PowerMaint ohjelma on kunnossapidon ja materiaalihallinnan tietojärjestelmä. Ohjelmaa on saatavissa suomen-, saksan- ja englanninkielisenä. PowerMaint on rakennettu käyttäen ORACLE-relaatiotietokantaa ja -sovelluskehittäjä, joka takaa erinomaiset työvälineet tiedon etsintään ja nopeaan löytymiseen isoistakin tietokannoista erilaisilla hakuehdoilla. Käyttöliittymänä on helppokäyttöinen graafinen hiiriohjattu MS Windows -käyttöliittymä. Alapuolella on kaavio 11 PowerMaint -perusjärjestelmästä. /11/



Kuva 11. PowerMaint -tietojärjestelmäkaavio /9/

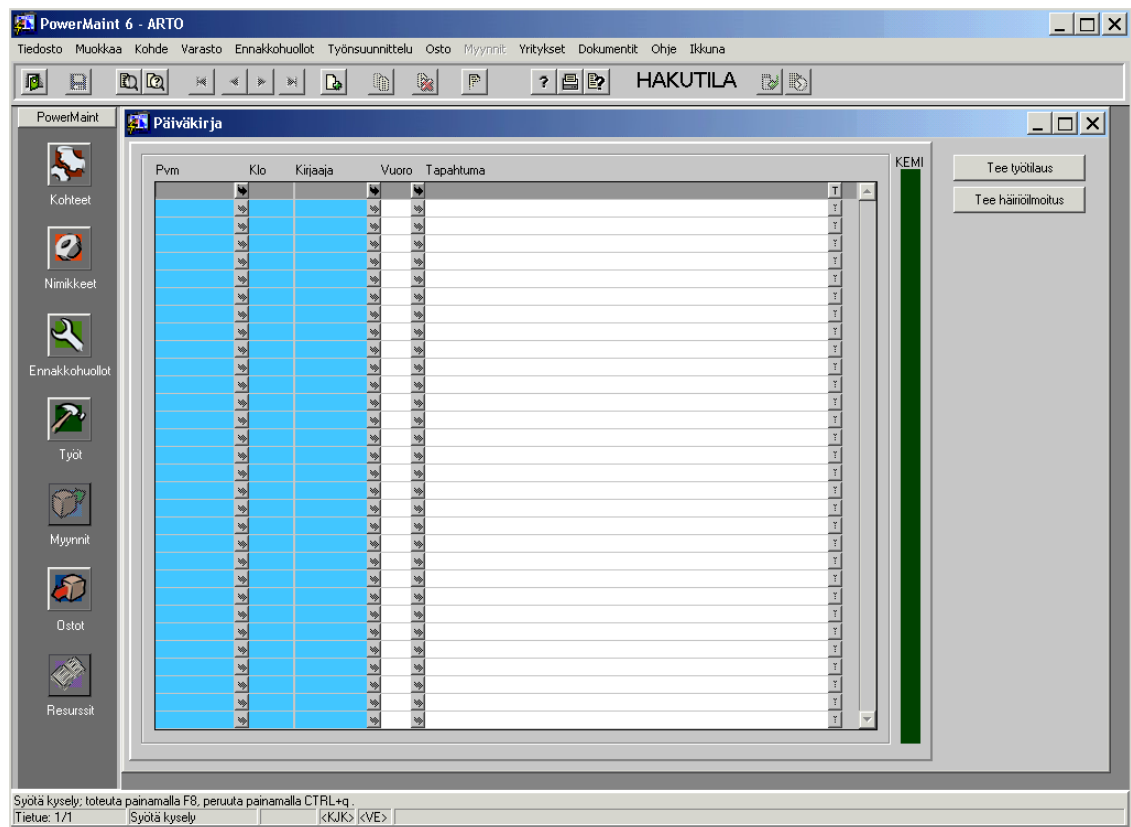
5.2. Kunnossapitosuunnitelman päivitys

Työn ensimmäisessä osiossa päivitetään kunnossapitosuunnitelman tiedot PowerMaint-kunnossapitojärjestelmään. Ensimmäiseksi kävimme läpi laitospäiväkirjan kanssa ohjelman pääasioita, joita tulen käyttämään opinnäytetyön tekemisessä. Ensiksi käytiin läpi päävalikko PowerMaint -ohjelmasta. Kävimme läpi mm. päiväkirjan, kohteet, nimikkeet, ennakkohuollot ja työt -sarakeet. Myynnit, ostot ja resurssit jätettiin kokonaan käymättä läpi, koska kyseisiin asioihin ei projektissa tarvitse puuttua.

Tehtävänä on siirtää paperilta huoltopäiväkirjakansiosta sataman ja laitoksen ennakkohuollot, rasvaukset, öljyn tarkastukset ja öljyn vaihdot PowerMaint -kunnossapitotietojärjestelmään. Ensimmäiseksi aloitin ennakkohuoltojen tekemisellä, koska oli tärkeää saada ennakkohuollot heti alkuvuodesta järjestelmään, jolloin ennakkohuollot pysyvät heti ajan tasalla.

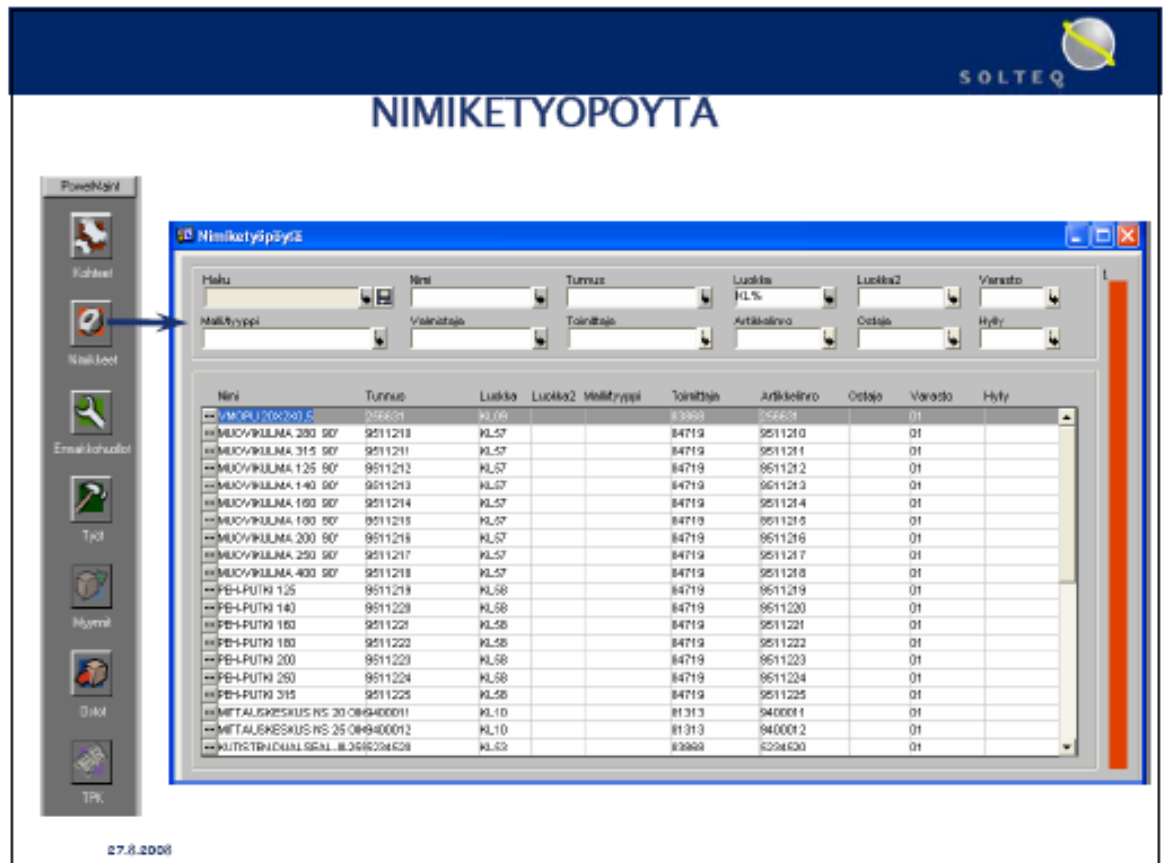
Seuraavaksi esitellään lyhyesti, mitä PowerMaint -kunnossapitojärjestelmän päävalikko pitää sisällään.

Kohteet valikosta löytyy laitoksen hierarkia. Hierarkiassa laitos on jaoteltu viiteen osaan, joista löytyy laitoksen kaikki kohteet osineen. Alapuoella on kuva 12 PowerMaint -ohjelman päävalikosta.



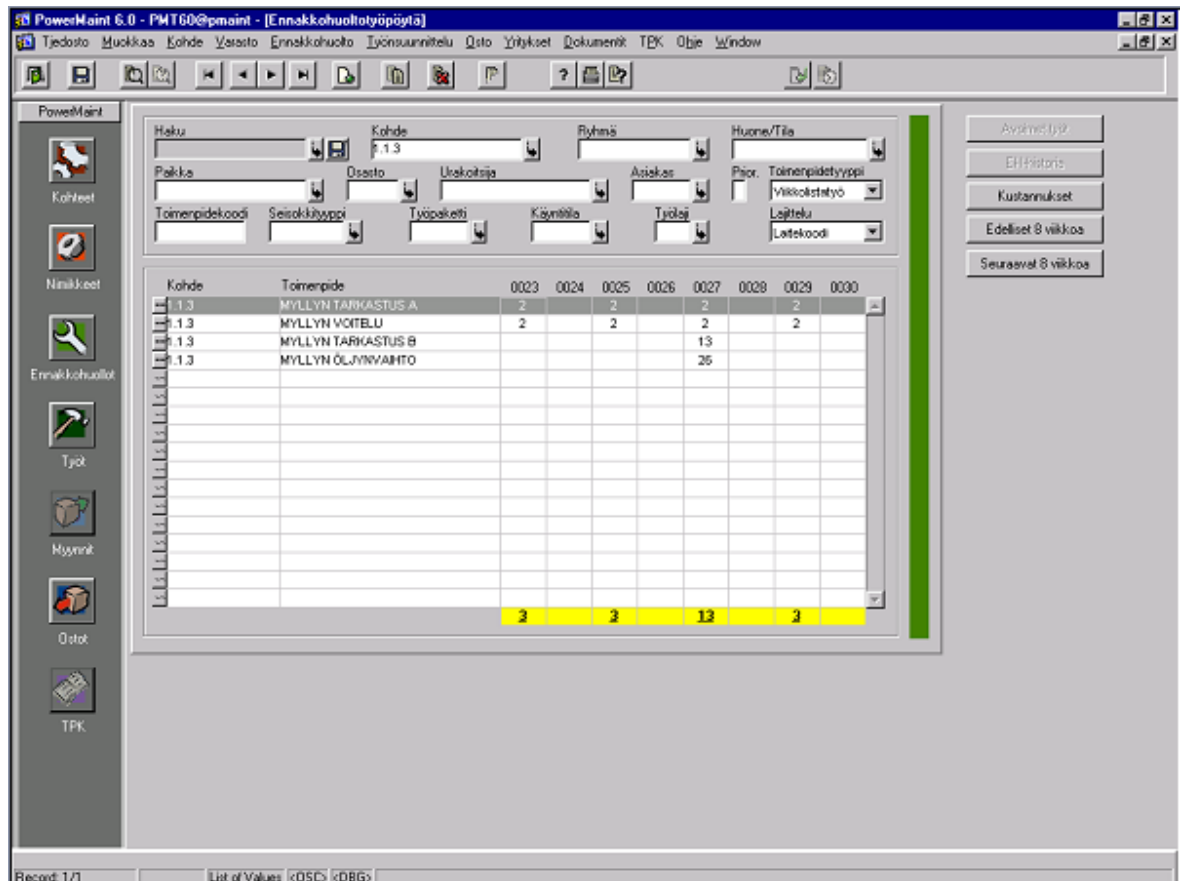
Kuva 12. PowerMaint-ohjelman pääikkuna /8/

Nimikkeet päävalikko sisältää kaikki laitoksen laitteet. Nimikkeet-kenttään syötetään laitteen nimi, laitteen positio nro, toimittaja ja artikkelinumero. Alapuolella on kuva 13 nimikkeet-valikosta.



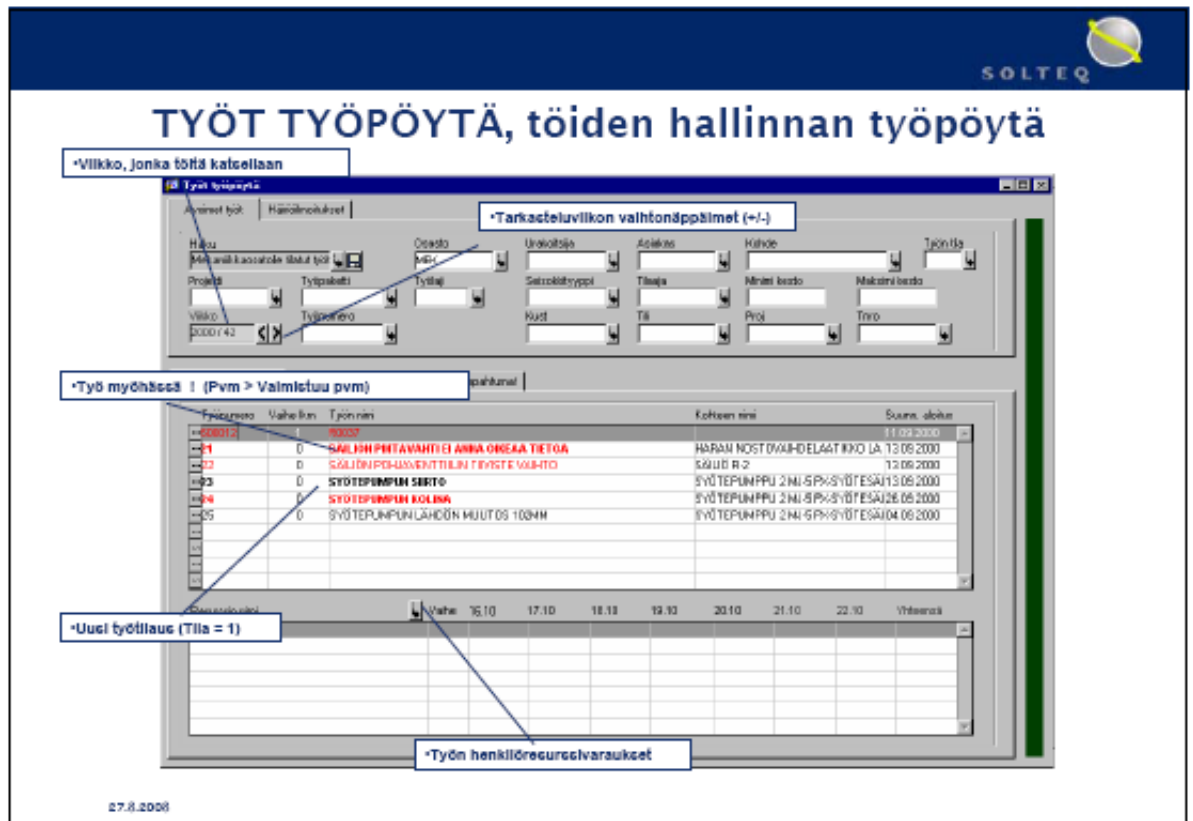
Kuva 13. Nimikkeet valikko /9/

Ennakkohuollot-ikkunasta avautuu ennakkohuoltotyöpöytä, joka sisältää kunnossapitosuunnitelman tiedot mm. ennakkohuollot, rasvaukset, öljyn pinnan tarkastukset, öljyn vaihdot ja kalibroinnit. Ennakkohuoltotyöpöytä näyttää kohteen toimenpiteet viikoittain, mitä tarkastuksia täytyy kohteelle tehdä kyseisillä viikoilla. Tämä helpottaa myös seisakkitöiden suunnittelua, jolloin pystytään ottamaan huomioon kyseiselle viikolle suunnitellut tarkastukset/huollot. Alapuoella on kuva 14 ennakkohuoltotyöpöydästä.



Kuva 14. Ennakkohuoltotyöpöytä /9/

Työt-valikko sisältää työt työpöydän. Töiden työpöytä näyttää tehdyt työtilaukset. Työt kohteesta löytyy myös viikoittaiset ennakkohuollot, jotka tulevat työt osioon automaattisesti määritetyn ajanjakso syklin mukaisesti. Alapuoella on kuva 15 työt työpöydästä.



Kuva 15. PowerMaintin työt työpöytä /9/

5.3. Ennakkohuoltojen luominen

Kunnossapitosuunnitelman toteuttamisen aloitin kirjaamalla ennakkohuollot paperilta PowerMaint -kunnossapitojärjestelmään. Ensimmäiseksi jaottelin ennakkohuollot ryhmiin sen mukaisesti, montako ennakkohuoltoa tulee viikkoa kohti. Jaottelun jälkeen aloin tekemään ennakkohuoltokorttia.

Ennakkohuoltokortti avautuu päävalikosta ennakkohuolto ikkunan takaa. Ennakkohuoltokortti täytetään seuraavalla tavalla:

- Uuden ennakkohuoltokortin täyttö alkaa määrittelemällä toimenpide. Toimenpide kohtaan kirjoitetaan ennakkohuolto.
- Seuraavaksi valitaan toimenpidetyyppi alavalikosta, joka valitaan viikkolistatyöksi.

- Kohde-ikkunasta avautuu laitoksen hierarkia, josta valitaan ennakkohuoltokohde. Hierarkiasta löytyvät tehtaan kaikki laitteet ja koneet. Kohde-kohtaan tulee kohteen positionumero ja viereen kohteen nimi.
- Osasto kohtaan tulee FIKEH, joka on Kemin laitoksen ennakkohuoltotunnus.
- Urakoitsija on Omya Oy, Kemin tehdas
- Ajoituksessa määritellään aloitusvuosi- ja viikko sekä jakso viikkoa eli kuinka monen viikon välein kyseinen ennakkohuolto tulee suorittaa.

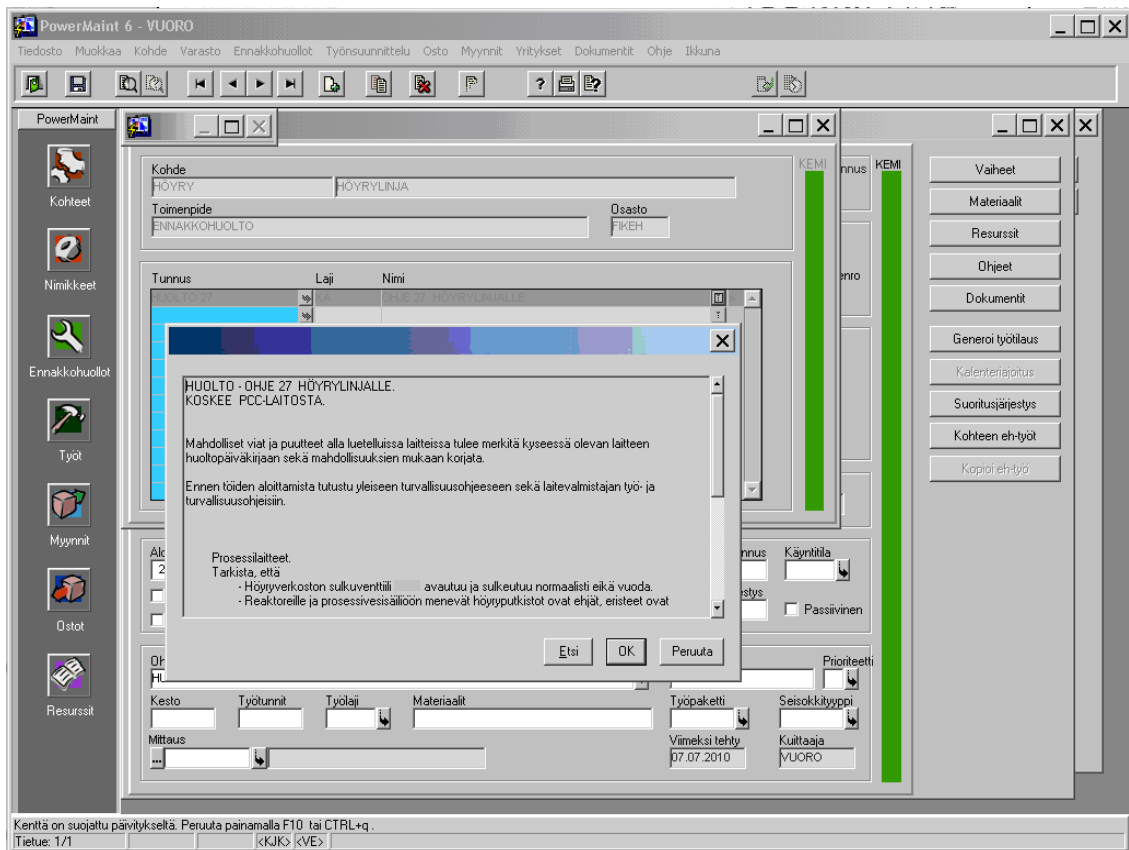
Alapuolella on kuvassa 16 esimerkki valmiiksi täytetystä ennakkohuoltokortista, josta selviää yllä mainitut tiedot.

The screenshot shows the 'Ennakkohuoltotyö' (Pre-maintenance work) form in the PowerMaint 6 - VUORO application. The form is filled with the following data:

- Toimenpide:** ENNAKKOHUOLTO
- Toimenpidetyyppi:** Viikkoistatyö
- Toimenpidetunnus:** KEMI
- Kohde:** HÖYRY
- Ryhmä:** FIKEH
- Huone/tila:** KUNNOSSAPITO KEMI ENNAKKOHUOLTO
- Paikka:** LUOK
- Vakiotoimenpidenro:** (empty)
- Urakoitsija:** Omya Oy, Kemin tehdas
- Asiakas:** (empty)
- Myyntitilaus:** (empty)
- Rivi:** (empty)
- Aloitusvuosi ja -viikko:** 2010 01
- Jakso viikkoa:** 26
- Poik. ajoitus:** (empty)
- Alkaen määrä:** (empty)
- Jakso:** (empty)
- Huollon tunnus:** (empty)
- Käyntitila:** (empty)
- Käyntimäärä (kum):** (empty)
- Huoltojärjestys:** (empty)
- Passiivinen:** (empty)
- Ohjeet:** HUOLTO-OHJE 27 HÖYRYLINJALLE
- Dokumentit:** (empty)
- Prioriteetti:** (empty)
- Kesto:** (empty)
- Työtunnit:** (empty)
- Työlaji:** (empty)
- Materiaalit:** (empty)
- Työpaketti:** (empty)
- Seisokkityyppi:** (empty)
- Mittaus:** (empty)
- Vimeksi tehty:** 07.07.2010
- Kuittaaja:** VUORO

Kuva 16. PowerMaintin ennakkohuoltokortti /8/

- Ohjeet-kohtaan tulee huolto-ohje esim. huolto-ohje 27 höyrylinjalle.
- Lopuksi täytyy valita ennakkohuoltokortin oikeasta laidasta kohdasta Ohjeet ja listasta täytyy etsiä huolto-ohje esim. huolto-ohje 27 höyrylle. Ohjeissa on kerrottu hyvin selkeästi, mitä tarkastuksia ja toimenpiteitä kohteessa täytyy suorittaa. Ohje-ikkunasta on esimerkki kuvassa 17.



Kuva 17. Esimerkki huolto-ohjeesta /8/

- Lopuksi ennakkohoultokortti tallennetaan klikkaamalla yläpalkista tallennuspainiketta.

5.4. Rasvausten luominen

Rasvausten luominen PowerMaint -kunnossapitojärjestelmään tehdään samalla tavalla kuin ennakkohuollotkin muutamaa kohtaa lukuun ottamatta. Huoltopäiväkirjan mukaisesti siirsin paperilta tiedot PowerMaint -kunnossapitojärjestelmään.

Rasvausten luomisen aloitin avaamalla ennakkohuoltokortin. Ennakkohuoltokortista täytetään seuraavat osiot:

- Toimenpide, joka on rasvaus.
- Toimenpidetyyppi on viikkolistatyö.
- Kohde valitaan hierarkiasta. Kohde on laitteen positio numero. Vieressä näkyy kohteen nimi.
- Osasto on FIKER, Kemin kunnossapito rasvaus + öljyn tunnus.
- Urakoitsija on FIKE, Omya Oy, Kemin tehdas.
- Ajoitukseen laitetaan aloitusvuosi ja -viikko ja jakso viikkoa. Jakson määrä näkyy vanhoista rasvauslistoista.
- Ohjeet kohtaan tulee rasvan merkki, määrä ja voitelupaikkojen määrä esim. rasva: SKF LGEP 2/0.4, määrä 10g, voit pk.2 st.
- Lopuksi tallennus yläpalkista

Alapuolella on kuva 18 rasvausten luomisesta.

The screenshot shows the 'Ennakkohuoltotyö' form in the PowerMaint 6 - VUORO application. The form is filled with the following data:

- Toimenpide:** RASVAUS
- Toimenpidetyyppi:** Viikkolistatyö
- Toimenpidetunnus:** KEMI
- Kohde:** HIENOSIHTI
- Ryhmä:** (empty)
- Huone/tila:** (empty)
- Paikka:** (empty)
- Vakiotoimenpidenro:** (empty)
- Osasto:** FIKER
- Urakoitsija:** FIKE Omya Oy, Kemin tehdas
- KUST:** (empty)
- LUOK:** (empty)
- Asiakas:** (empty)
- Myyntitilaus:** (empty)
- Rivi:** (empty)
- Aloitusvuosi ja -viikko:** 2010 02
- Jakso viikkoa:** 4
- Poik. ajoitus:** (empty)
- Alkaen määrä:** (empty)
- Jakso:** (empty)
- Huollon tunnus:** (empty)
- Käyntitila:** (empty)
- Käyntimäärä (kum):** (empty)
- Huoltojärjestys:** (empty)
- Passiivinen:** (empty)
- Ohjeet:** RASVA: WYNN'S MPG 560 MÄÄRÄ: 40G/20G VOIT. PK. 2 ST
- Dokumentit:** (empty)
- Prioriteetti:** (empty)
- Kesto:** (empty)
- Työtunnit:** (empty)
- Työläji:** (empty)
- Materiaalit:** (empty)
- Työpaketti:** (empty)
- Seisokkityyppi:** (empty)
- Mittaus:** (empty)
- Vimeksi tehty:** 17.09.2010
- Kuluttaja:** VUORO

Kuva 18. Rasvausten luominen /8/

5.5. Öljypinnan tarkistuksien luominen

Öljypinnan tarkistukset tehdään myös ennakkohuoltoikkunaan.

- Toimenpide: öljypinnan tarkistus
- Kohde: laitteen positionumero, vieressä kohteen nimi
- Osasto: FIKER, kunnossapito Kemi, rasvaus + öljy
- Urakoitsija: FIKE, Omya Oy, Kemin tehdas
- Aloitusvuosi ja – viikko, jakso viikkoa, joka on määritelty öljyn vaihdossa
- Ohjeet. Öljyn nimi ja määrä, esim. Öljy: Esso Spartan EP 320, määrä: 33L.
- Lopuksi tallennus

Alapuolella on kuva 19 öljypinnan tarkastuksista.

The screenshot shows the 'PowerMaint 6 - VUORO' software interface. The main window is titled 'Ennakkohuoltotyö'. The form contains the following fields and values:

- Toimenpide:** ÖLJYPINNAN TARKISTUS
- Toimenpidetunnus:** 25926
- Toimenpidetyyppi:** Viikkolistatyö
- Kohde:** SEKOITIN
- Osasto:** FIKER
- Urakoitsija:** FIKE
- Aloitusvuosi ja -viikko:** 2010 05
- Jakso viikkoa:** 13
- Ohjeet:** ÖLJY: ESSO SPARTAN EP 320 MÄÄRÄ: 33 L
- Mittaus:** 05.08.2010
- Kuitaaja:** VUORO
- Vaiheet:** Vaiheet, Materiaalit, Resurssit, Ohjeet, Dokumentit, Generoi työtilaus, Kalenteriajoitus, Suoritusjärjestys, Kohteen ehdyt, Kopioi ehdyt

Kuva 19. Öljypinnan tarkastuksien luominen /8/

5.6. Öljyn vaihtojen luominen

Viimeisimpänä osiona on öljyn vaihtojen luominen PowerMaint -kunnossapitojärjestelmään. Tehtaalla suurin osa öljyn vaihdoista suoritetaan kerran vuodessa.

Öljyn vaihdot tehdään ennakkohuoltoikkunaan.

- Toimenpide: öljyn vaihto
- Kohde: laitteen positio numero, vieressä kohteen nimi
- Osasto: FIKER, kunnossapito Kemi, rasvaus + öljy
- Urakoitsija: FIKE, Omya Oy, Kemin tehdas
- Aloitusvuosi ja -viikko, jakso viikkoa, joka on määritelty öljyn vaihdossa
- Ohjeet. Öljyn nimi ja määrä, esim. Öljy: Esso Spartan EP 320, määrä: 33L.
- Lopuksi tallennus

Alapuolella on kuva 20 öljyn vaihdon luomisesta.

The screenshot shows the 'Ennakkohuoltotyö' (Preventive Maintenance Work) form in the PowerMaint 6 - VUORO application. The form is divided into several sections for data entry:

- Toimenpide:** ÖLJYN VAIHTO
- Toimenpidetyyppi:** Viikkolistatyö
- Toimenpidetunnus:** 25942
- Kohde:** SEKOTIN
- Osasto:** FIKER
- Urakoitsija:** FIKE
- Aloitusvuosi ja -viikko:** (Empty fields)
- Jakso viikkoa:** (Empty field)
- Poik. ajoitus:** XX31
- Alkaen määrä:** (Empty field)
- Jakso:** (Empty field)
- Huollon tunnus:** (Empty field)
- Käyntitila:** (Empty field)
- Ohjeet:** ÖLJY: ESSO SPARTAN EP 320 MÄÄRÄ: 33 L
- Viimeksi tehty:** 05.08.2010
- Kuitaaja:** VUORO

The interface includes a sidebar with navigation icons for Kohteet, Nimikkeet, Ennakkohuollot, Työt, Myynnit, Ostot, and Resurssit. A right-hand panel contains buttons for Vaiheet, Materiaalit, Resurssit, Ohjeet, Dokumentit, Generoi työtilaus, Kalenteriajoitus, Suoritusjärjestys, Kohteen eh-työt, and Kopioi eh-työ.

Kuva 20. Öljyn vaihtojen luominen /8/

6. SEISAKKITÖIDEN SUUNNITTELU

6.1. Suunnittelun lähtökohta

Seisokkitöiden suunnittelussa lähtökohtana oli päivittää laitoksen laitteet nykypäivän vaatimalle tasolle. Suunnittelussa käydään läpi laitoksen kaikki laitteet ja listataan, mitä huoltoja täytyy tehdä säännöllisin välein, jotta tehtaalla ei tulisi ennenaikaisia arvaamattomia katkoksia tuotantoon. Tähän asti laitoksella laitteita ja koneita on huollettu epäsäännöllisesti ja korjattu sitten, kunnes jokin laite on särkynyt.

Tavoitteenani on tehdä määräaikaishuolto-/tarkastuslista laitoksen kaikille laitteille, josta pystytään seuraamaan, mitä huoltoja / tarkastuksia voidaan tehdä tulevissa seisokeissa. Osa huolloista/tarkastuksista on sellaisia, joita ei pystytä tekemään laitoksen ollessa käynnissä.

Seisokkitöiden suunnittelulistaan otin huomioon kaikki sataman ja laitoksen kohteet, joita huolletaan säännöllisin välein.

Kokemukseni myötä luulen, että seisokkitöiden suunnittelussa vähenee riski, että tehdas pitäisi pysäyttää jonkin vian vuoksi, joka johtuisi siitä, että huoltoja / tarkastuksia ei olisi tehty. Poikkeuksena ovat ennalta arvaamattomat viat.

Seisokkitöiden listauksen aloitin käymällä kaikki laitteet läpi huoltohistoriasta ja listaamalla ne huollot, joita kohteelle on tehty. Tietoja kyselin myös kunnossapitopäälliköltä ja laitoshuoltajilta.

6.2. Suunnittelun lopputulos

Haastattelun ja huoltokansion avulla tein taulukon 1, jonka mukaan huollot voidaan suorittaa kohteisiin määrättynä aikana. Liitteessä 1 on varsinainen lista määräaikaishuolloista.

Taulukko 1. Määräaikaishuollot / tarkastukset

MÄÄRÄAIKAISHUOLLOT / TARKASTUKSET																		
				KUUKAUDET										SEURAAVA				
	Laite/kohde	Positio nro.	Tehtävä	HUOLTO/TARKASTUS ajanjakso (v/kk)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TARKASTUS/HUOLTO	
PCC-LAITOS																		

Taulukon tehtävänä on helpottaa seisakkitöiden suunnittelua. Seisakkiin liittyviä huoltoja / tarkastuksia on helppo seurata taulukosta, jolloin kohteiden huollot pysyvät ajan tasalla.

7. RCM-MENETELMÄ

RCM lyhennetään sanoista Reliability Centered Maintenance, joka tarkoittaa luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa. Menetelmä on yksi kunnossapidon strategioista, jonka tavoitteena on vähentää kunnossapitokustannuksia keskittämällä kunnossapitotoimet tärkeimpiin kohteisiin valitsemalla kohteelle tehokkain kunnossapitolaji. /6, s.75/

Lähtökohtana RCM kehitettiin lentokoneiteollisuuden tarpeisiin 1960-luvun loppupuolella koneiden käyttövarmuuden lisäämiseksi. Tässä menetelmässä huomioidaan varsinaisen kunnossapitotoiminnan suorittamisen lisäksi laitteiden suunnittelu ja sen kehittämistä kunnossapidettävyyden ja käyttövarmuuden lisäämiseksi. Nykypäivänä RCM-menetelmä on monella teollisuuden alalla kokeiltu ja hyväksi havaittu kunnossapidon ohjausmenetelmä. /6, s.75/

Yksi perinteisen kunnossapidon perusongelmista on ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu. Koska tehokkaita menetelmiä ja työkaluja ei ole määritelty, kunnossapito-ohjelmia on jouduttu suunnittelemaan koneiden valmistajien ohjeisiin perustuen sekä omien kokemusten perusteella. Tämän seurauksena sekä kunnossapitoa että varsinkin ehkäisevää kunnossapitoa tehdään merkittävästi liikaa, jopa 40 %, totesi englantilainen John Moubrey Suomessa pidettävässä seminaarissa. Tyypillisiä esimerkkejä aiheesta ovat:

- Koneita avataan ja puretaan toimintakunnon havaitsemiseksi usein turhaan. Toimintakunto voidaan parhaimmillaan todeta jopa laitteen käydessä.
- Kunnossapitoa ei kohdisteta, joten sitä toimitetaan liian vähän sinne, missä sitä oikeasti tarvitaan ja päinvastoin. Kilpailu pakottaa kunnossapitäjänkin panostamaan niihin kohteisiin, joista tulee suurin tuotto.
- Ehkäisevää kunnossapitoa täytyy tehdä, koska sitä ”kuulemma pitää tehdä”. Tällöin käytetyt menetelmät ovat kuitenkin usein tehottomia tai jopa vääriä.
- Koneiden ikääntyessä valmistettavat tuotteet, tuotantomäärät ja valmistusprosessit ovat saattaneet muuttua ajan saatossa, etteivät alkuperäiset kunnossapito-ohjeet enää vastaa todellista kunnossapitotarvetta. /3, s.123/

RCM menetelmän tarkoituksena onkin pyrkiä siihen, että tehdään mahdollisimman vähän kunnossapitoa, vaarantamatta kuitenkaan laitteen tai laitoksen toimintaa. Lähtökohtana on, että jätetään kaikki turha pois ja keskitytään oleelliseen. Päätavoitteena on tuntea prosessit ja laitteet siten, että jokaisen komponentin kohdalla voidaan valita sopiva kunnossapidon strategia. Kunnossapidon tavoitteena RCM:ssä on tuotantovälineiden toimintojen ja suorituskyvyn ylläpitäminen. /6, s.75/

7.1. RCM- MENETELMÄN PÄÄMÄÄRÄT

Keskeisimmät RCM:n päämäärät ovat:

- Kunnossapidon suunnittelu aloitetaan selvittämällä, missä prosesseissa kunnossapitoa eniten tarvitaan. Kun prosessit on määritetty ja asetettu tärkeysjärjestykseen, selvitetään, millaisia koneita ja laitteita prosesseissa on. Priorisointikriteerejä ovat kustannukset, turvallisuus, ympäristövaikutukset sekä laatu.
- Tämän jälkeen tutkitaan, millä tavalla kyseiset laitteet voivat vikaantua ja millaiset seuraukset kullakin vikaantumisella on. Vikaantumismekanismien selvityksen pohjalta voidaan luoda laitteille oikeat kunnossapitomenetelmät. Tällä tavalla erilliset laitteet saadaan järjestykseen sen mukaan, kuinka vakavat seuraukset vikaantumisella on.
- Kunnossapidon piiriin tuodaan myös raja- ja turvalaitteet, jotka ei vaikuta tuotantoprosessiin.
- Laaditaan valmiit toimintaohjeet laitteille, joille ei löydy tehokkaita ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä vikaantumisen ilmettyä.
- Opetetaan käyttöhenkilökunta seuraamaan kriittisten laitteiden toimintaa.
- Edellisten tietojen perusteella laaditaan tuotantolaitoksen kunnossapito-ohjelma uudelleen laitekohtaisten suunnitelmien mukaisesti ja kohdistetaan kunnossapito sinne, missä sitä eniten tarvitaan, lasketaan kunnossapidon kustannuksia, parannetaan tuotantoprosessin tuottavuutta sekä laitteiden luotettavuutta. /6, s.125/

7.2. RCM:n soveltaminen

RCM-menetelmän tavoitteena on tuotantovälineiden varma toiminta. Ennen RCM-menetelmän soveltamista on selvitettävä laitoksella olevat laitteet ja laitteiden tiedot, jotta voidaan tehdä päätös, mitkä laitteista ovat sopivia RCM-analyysin kohteeksi. /2, s.21/

Ensimmäinen vaihe on suunnittelua ja valmistautumista huolella RCM-analyysiin. Valitaan analysoitavat kohteet ja koulutetaan työhön osallistuvat henkilöt. Koulutettavaan ryhmään tulisi valita henkilöitä sekä laitoksen kunnossapidon että käyttöhenkilökunnan puolelta. Tällöin saadaan paras kokonaisnäkemys analysoitavasta kohteesta, eri vikamuodoista ja niiden seurauksista. Tärkeintä ryhmän jäsenille on, että he tuntevat analysoitavan kohteen hyvin. /2, s.21/

Tuloksena analyyseistä syntyy kriittisten toimipaikkojen ja laitteiden määräaikaishuoltolista. Käyttäjät saavat päivitetty laitteiden käyttöohjeet. Lisäksi syntyy lista muutoksista, jotka laitteille tulisi tehdä sekä ohjeet, miten laitteita tulisi käyttää optimaalisen suorituskyvyn saavuttamiseksi ja toisaalta haitallisten tilanteiden välttämiseksi. /2, s.22/

7.3. RCM:n saavutukset

RCM-analyysin tavoitteena on saavuttaa seuraavanlaisia asioita:

- parempi ympäristön ja turvallisuusnäkökohtien huomioon ottaminen
- parempi suorituskyky ja käytettävyys
- vähemmän äkillisiä vikoja
- kunnossapidon parempi kustannustehokkuus
- laitteiden ja koneiden pidentynyt elinkaari eli käyttöikä
- yhtenäinen käyttövarmuustietokanta laitteista
- motivaation ja yhteistyön paraneminen. /2, s.22/

Kaikki nämä yllä luetellut asiat ovat usein osana kunnossapidon kehittämistavoitteita. Tyypillinen piirre RCM-menettelyssä on, että se saavuttaa vaihe vaiheelta kaikki nämä tavoitteet sitouttaen mukaansa kaikki henkilöt, jotka ovat tekemisissä analysoitavien laitteiden kanssa. Lisäksi RCM antaa tuloksia nopeasti. /2, s.22/

7.3.1. Turvallisuus- ja ympäristötavoitteiden integroituminen

RCM:n avulla voidaan integroida tuotannolliset tavoitteet turvallisuus- ja ympäristöystävällisyystavoitteiden rinnalle. Jokaisen tapahtuvan vikaantumisen kohdalla arvioidaan ensin turvallisuus- ja ympäristövaikutukset ja tämän jälkeen tuotannolliset vaikutukset. Turvallisuutta tai ympäristöä vaarantavat viat otetaan aina tarkempaan käsittelyyn. Käyttäjien ja kunnossapito henkilöstön mukana olo RCM-prosessissa vaikuttaa siten, että he suhtautuvat vakavammin erilaisiin vaaroihin ja tällä tavalla vaarallisten virheiden todennäköisyys pienenee ja oikeiden päätösten tekeminen tositalanteessa on varmempaa. /2, s.149/

7.3.2. Laitoksen käytettävyyden ja toimintavarmuuden paraneminen

Laitoksen toiminnan parantuminen johtuu vikataajuuden pienemisestä ja vikojen seurausten vakavuuden alenemisesta. Vikojen määrää ja vakavuutta voidaan pienentää seuraavin keinoin:

- Jokainen tapahtunut vikaantuminen katselmoidaan tarkasti.
- Potentiaaliset viat tunnistetaan ennen kuin ne muuttuvat toiminnallisiksi vioiksi.
- Tiedonkeruukaavakkeet toimivat vianhakuohjeina.
- Kunnan perusteella tehtävät kunnossapitotyöt vähentävät suurien töiden määrää.
- Valitsemalla soveltuva kunnossapitostrategia kullekin kohteelle lyhennetään seisokkiaikoja.
- Kun seisokkien aikana tehdään vähemmän töitä, vähennetään samalla ylösajon aikana tapahtuvia ongelmia.

- RCM-prosessiin osallistujat oppivat, miten käytetään ja kunnossapidetään uutta laitosta oikein, virheet vähenevät.
- Poistetaan turhat komponentit, jotka eivät ole hyödyllisiä, mutta aiheuttavat vikaantuessaan epäkäytettävyyttä.
- Vika-analyysien avulla ja käyttäjien asiantuntemusta hyödyntämällä tunnistetaan ja poistetaan krooniset viat. /2, s.149/

7.3.3. Parantunut laatu

RCM:n avulla voidaan parantaa automatisoitujen prosessien tuottamien tuotteiden laatua. /2, s.150/

7.3.4. Parantunut kunnossapidon kustannustehokkuus

RCM:n avulla voidaan parantaa kunnossapidon kustannustehokkuutta seuraavalla tavalla:

- Rutiinikunnossapitotehtävien määrää voidaan vähentää ja toimenpiteiden suoritustaajuutta alentaa.
- Ulkoisten kunnossapitopalvelujen tekemien töiden määrää ja suoritustaajuutta voidaan rajata tarkemmin sekä määritellä ulkoisille palveluille erilaisia vasteaikoja erityyppisille vioille.
- Kunnossapitäjien tiedot ja taidot paranevat RCM-prosessin aikana, jolloin he osaavat hoitaa entistä hankalampia kunnossapitotöitä itse, ilman ulkopuolisia asiantuntijoita.
- Uusien kunnossapitoteknologioiden käyttöönoton kannattavuutta osataan arvioida paremmin, kun tiedetään kohteen kriittisyystaso toiminnan kannalta.
- Kunnossapidon kustannustehokkuutta parantavat tietysti myös kaikki kohdassa 7.3.2 mainitut asiat. /2, s.151/

7.3.5. Pidentynyt laitteistojen käyttöikä

RCM-prosessin avulla voidaan varmistaa lähes minkä tahansa laitteen toimivuus niin kauan, kun sen ylläpitotuki ja varaosahuolto ovat kunnossa. /2, s.151/

7.3.6. Henkilöstön motivaation parantaminen ja tiimityöskentelyn kehittyminen

RCM-prosessi parantaa ihmisten motivaatiota monin tavoin, mm. käyttäjien ymmärrys paranee, kun he tietävät paremmin, mitä kone tekee ja mitä sen toimimiseksi vaaditaan, jonka myötä heidän itseluottamuksensa paranee. Lisäksi vastuunjako on selvempää, kun

jokainen tietää, kenelle mikäkin työ kuuluu. Prosessin aikana eri osastojen välinen yhteydenpito ja yhteistyö paranevat. /2, s.151/

7.3.7. Kunnossapitotietokanta

RCM-tiedonkeruulomakkeiden tietojen pohjalta voidaan muodostaa tietokanta, jonka avulla on mahdollista yhdistää kukin kunnossapitotyö sen hetkisiin toimintoihin ja toimintaympäristöön. Kunnossapitajien ja käyttäjien kiinnostuttua laitteiden toiminnoista alkavat he tutkia yhä enemmän piirustuksia ja lukemaan niitä, jolloin kuvissa esiintyvät virheet tulevat korjattua ja kuvat laitettua ajan tasalle. Kun tietokantaan tallennetaan kunnossapitotöihin liittyvät tiedot, samalla vähennetään eläkkeelle siirtymisen tai muun työvoiman liikkumisen aiheuttamia vaikutuksia organisaatiossa. /2, s.151/

7.4. RCM-prosessi

Moubrayn mukaan RCM-prosessi muodostuu seuraavista perusosista:

1. Määritellään laitteiden toiminnot ja tehokkuusvaatimukset
 - o sekä primääriset että sekundääriset
 - o määritellään vaatimustaso näille
2. Määritellään toiminnalliset viat
 - o eli miten laite voi epäonnistua toteuttamaan kohdassa 1 määritellyn toiminnon
3. Selvitetään vikaantumismallit
 - o mitkä erilaiset vikaantumismekanismit voivat johtaa siihen, että toiminnallinen vika syntyy
 - o tässä on otettava huomioon mm. normaali ikääntyminen, mutta tarvittaessa myös käyttövirheet ym.
4. Selvitetään vian vaikutukset
 - o miten vikaantuminen ilmenee
 - o kohdat 3 ja 4 saadaan yleensä VVA:n (vika- ja vaikutusanalyysi) tuloksena
5. Määritellään vian seuraukset ja jaetaan RCM:n mukaan neljään kategoriaan käyttäen RCM:n päätöksentekologiikkaa:
 - o piilevät seuraukset
 - o turvallisuus- tai ympäristövaikutukset
 - o toiminnalliset vaikutukset
 - o ei toiminnalliset vaikutukset
6. Määritellään ennakoivat toimenpiteet kohdan 5 perusteella käyttäen RCM:n päätöksentekologiikkaa:
 - o säännöllinen huolto
 - o säännöllinen vaihto
 - o kunnan perusteella tapahtuva
7. Määritellään korjaavat toimenpiteet kohdan 5 perusteella käyttäen RCM:n päätöksentekologiikkaa:

- säännölliset tarkastukset
- uudelleensuunnittelu
- ei huoltoa /6, s.76/

Alapuolella on kuvassa 21 esitetty selkeämmin RCM-prosessin eri vaiheet.



Kuva 21. RCM-prosessin askeleet /4/

RCM määritelmän lähestymistavassa täytyy jokaisen laitteen vastata seuraaviin kysymyksiin arvioinnin yhteydessä:

- Mitkä ovat laitteen toiminnot ja suorituskykystandardit tämänhetkisessä toimintaympäristössä?
- Mitä tapahtuu kun laite rikkoontuu (mitkä toiminnot jäävät tapahtumatta)?
- Mikä aiheuttaa kunkin laitteen toiminnon puuttumisen / vajaatoiminnan?
- Mitä tapahtuu kunkin vikaantumisen yhteydessä?
- Mitä vahinkoja kunkin vikaantuminen aiheuttaa?
- Mitä voidaan tehdä kunkin vikaantumismallin havaitsemiseksi riittävän ajoissa tai vikaantumisen estämiseksi?
- Mitä tehdään, jos sopivaa ehkäisevää toimenpidettä ei löydy? /3, s.127/

8. VIKA-, VAIKUTUS- JA KRIITTISYYSANALYYSI

Standardissa SFS 5438 määritellään vika-, vaikutus-, ja kriittisyysanalyysi (FMECA) seuraavalla tavalla: vika-, vaikutus-, ja kriittisyysanalyysi eli VVKA on toimintavarmuuden analysointimenetelmä, joka tutkii potentiaalisia vikatiloja tuotteesta, prosessista tai organisaatiosta. Tarkoituksena on tunnistaa järjestelmän sellaiset viat, joiden seurauksilla on merkittävä vaikutus tarkasteltavan järjestelmän suorituskykyyn. Vika- ja vaikutusanalyysillä tunnistetaan yksittäiset laiteviat ja selvitetään niiden vaikutus järjestelmään. /2, s.32/

Kansainvälisessä kirjallisuudessa vika- ja vaikutusanalyysistä käytetään kirjainlyhennettä FMEA (Failure Mode and Effects Analysis). Analyysissä on myös mukana komponentteja kriittisyystarkastelussa, jolloin voidaan puhua Vika- Vaikutus- ja Kriittisyysanalyysistä, VVKA, englanninkieliseltä nimeltään FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis). VVKA on VVA:n laajennus, johon kuuluu vioittumistapojen kriittisyyden ja esiintymistodennäköisyyden arviointi. Kriittisyysdellä kuvataan vian seurausten vakavuutta. /2, s.32/

VVA:n ja VVKA:n tarkoituksena on mm.

- Tunnistaa jokaisen komponentin vioittumistavan aiheuttama vaikutus ja arvioida tapahtumaketju järjestelmän usealla eri toiminnallisella tasolla.
- Vioittumistapojen merkittävyyden tai kriittisyyden määrittäminen verrattuna järjestelmän virheettömään toimintaan sekä suorituskyvyn- ja vaikutuksen selvittäminen kyseisen prosessin toimintavarmuuteen ja turvallisuuteen.
- Tunnistetut vioittumistavat luokitellaan tunnistettavuuden, määriteltävyyden, testattavuuden, yksikön korvattavuuden, huollettavuuteen liittyvien toimenpiteiden (korjaus, huolto ja huoltojärjestelmä jne.) ja muiden tärkeiden tunnuslukujen suhteen.
- Vian merkittävyyden ja vian todennäköisyyden arviointi edellyttää, että tarvittavat tiedot ovat käytettävissä. /12, s.2/

8.1. VVA:n rakenne

Vika- ja vaikutusanalyysia suorittaessa täytyy tuntea järjestelmän rakenne, sen toiminta sekä vaatimukset toiminnalle. Useasti selkeintä on rakentaa analysoitavasta kohteesta lohkokaaviomalli, jossa on määritetty järjestelmän vaatimukset. /5/

VVA suoritetaan jokaiselle järjestelmän osalle ja komponentille riippuen alkumäärittelyissä päätetyistä kriittisistä kohteista. /5/

Jokaisen komponentin toiminnot tunnistetaan ja jokaiselle komponentille määritetään sen viat ja vikamuodot, joita voi olla useita. VVA määrittää jokaiselle toiminnolle viat ja niissä vaikuttavat vikamuodot ja tutkii niiden vaikutuksia ja sitä, mitä vaikutuksia vialla on

osaan, laitteeseen ja prosessiin. Vaikka vikamuotoja on useita, on niiden vaikutus useasti samantapainen. Myös vikojen kriittisyyden analysointi voidaan tehdä (VVKA). /5/

8.2. Vika-analyysien keskeisiä termejä

- **Vikaantuminen (failure)** määritellään standardissa kohteen kykenemättömyydeksi täyttää siltä vaadittua toimintoa
- **Vika (fault)** on kohteen tila, joka seuraa vikaantumisesta
- **Toiminnallinen vikaantuminen (functional failure)** on laitteen kykenemättömyys toteuttaa käyttäjän edellyttämä toiminto käyttäjän hyväksymällä suorituskyvyllä
- **Vikamuodolla (failure mode)** tarkoitetaan vian ilmenemismuotoa, eli sitä kuinka vika on havaittavissa. Vikamuoto-käsitteelle yksi hyvä synonyymi on myös vikaantumistapa
- **Vian syyllä (failure cause)** tarkoitetaan vian alkuperäistä syytä eli vikaantumiseen johtaneen prosessin tai tapahtumaketjun aiheuttajaa /5/

8.3. Vika- ja vaikutusanalyysien tyypillisimmät vaiheet

Vika- ja vaikutusanalyysi muodostuu useista eri vaiheista, joita ovat:

1. Kuvaa tuote, laite tai prosessi.
 - Selkeä ja tarkka kuvaus analysoitavasta kohteesta helpottaa analysointia ja määrittää rajat kohteelle.
2. Piirrä lohkokaavio
 - Lohkokaaviossa tulee näkyä loogiset yhteydet komponenttien välillä. Lohkokaaavion osien tulee osoittaa, kuinka komponentit liittyvät ja vaikuttavat toisiinsa.
3. Luo VVA-aulukon otsikkokenttä.
 - Taulukon sarakkeet on varioitavissa analysoitavan kohteen / käyttäjän mukaan. Kentässä on syytä näkyä edellä mainittu kohteen kuvaus ja analysoinnin kohde ja tasot.
4. Määritä kohteen osatekijät.
 - Pura isoimmat kokonaisuudet osatekijöihin. Listaa komponentit taulukkoon.
5. Tunnista eri komponenttien eri vikamuodot
 - Vikamuoto määritellään tapoina, jotka poikkeavat komponentin normaalista toiminnasta.

6. Kirjaa kaikki vikamuodot (Failure mode)
 - Käytä yleisiä termejä. Selventää analysointia ja auttaa jatkossa arvioimaan kohteita ja estää sekaannuksia.
7. Kuvaa jokaisen vikamuodon vaikutus (Failure mode effect) ja arvioi niiden vakavuus tuotantoon (SEV).
 - Vian vaikutus voidaan arvioida komponenttitasolla tai koko järjestelmää käsittävänä (erittely). Taulukko 2 kertoo vikamuodon vakavuuden.

Taulukko 2. Vikamuodon vakavuus (SEV) /5/

Ranking	Effect	Comment
1	None	No reason to expect failure to have any effect on Safety, Health, Environment or Mission.
2	Very Low	Minor disruption to facility function. Repair to failure can be accomplished during trouble call.
3	Low	Minor disruption to facility function. Repair to failure may be longer than trouble call but does not delay Mission.
4	Low to Moderate	Moderate disruption to facility function. Some portion of Mission may need to be reworked or process delayed.
5	Moderate	Moderate disruption to facility function. 100% of Mission may need to be reworked or process delayed.
6	Moderate to High	Moderate disruption to facility function. Some portion of Mission is lost. Moderate delay in restoring function.
7	High	High disruption to facility function. Some portion of Mission is lost. Significant delay in restoring function.
8	Very High	High disruption to facility function. All of Mission is lost. Significant delay in restoring function.
9	Hazard	Potential Safety, Health or Environmental issue. Failure will occur with warning.
10	Hazard	Potential Safety, Health or Environmental issue. Failure will occur without warning.

8. Tunnista mahdolliset syyt (Failure cause) jokaiselle vikamuodolle
 - Mahdollinen syy tulisi olla myös mahdollisimman yleinen.

9. Määritä syiden todennäköisyys (PF)
- Jokainen syy saa kertoimen, joka kuvaa todennäköisyyttä

Taulukko 3 kuvastaa syiden todennäköisyyttä, kuinka suuri vikaantumisaste on.

Taulukko 3. Vian syyn todennäköisyys (PF) /5/

Ranking	Effect	Comment
1	1/10,000	Remote probability of occurrence; unreasonable to expect failure to occur.
2	1/5,000	Low failure rate. Similar to past design that has, in the past, had low failure rates for given volume/loads.
3	1/2,000	Low failure rate. Similar to past design that has, in the past, had low failure rates for given volume/loads.
4	1/1,000	Occasional failure rate. Similar to past design that has, in the past, had similar failure rates for given volume/loads.
5	1/500	Moderate failure rate. Similar to past design that has, in the past, had moderate failure rates for given volume/loads.
6	1/200	Moderate to high failure rate. Similar to past design that has, in the past, had moderate failure rates for given volume/loads.
7	1/100	High failure rate. Similar to past design that has, in the past, had high failure rates that has caused problems.
8	1/50	High failure rate. Similar to past design that has, in the past, had high failure rates that has caused problems.
9	1/20	Very High failure rate. Almost certain to cause problems.
10	1/10+	Very High failure rate. Almost certain to cause problems.

10. Tunnista vikamuodon havaitsemistodennäköisyys.
- Kuinka todennäköistä on, että vikamuoto voidaan havaita.

Taulukossa 4 on määritelty, kuinka todennäköistä on, että vikamuoto voidaan havaita.

11. Määritä jokaiselle toimenpiteelle sen tehokkuutta kuvaava arvo (DET)
- Numero kuvaa toimenpiteen mahdollista vaikutusta.

Taulukko 4. Havainnoinnin todennäköisyys (DET) /5/

SUGGESTED DETECTION EVALUATION CRITERIA		
DETECTION	CRITERIA	RNK.
Absolute Uncertainty	Design Control will not and/or cannot detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode; or there is no Design Control.	10
Very Remote	Very Remote chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	9
Remote	Remote chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	8
Very Low	Very Low chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	7
Low	Low chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	6
Moderate	Moderate chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	5
Moderately High	Moderately High chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	4
High	High chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	3
Very High	Very High chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	2
Almost Certain	Design Controls will almost certainly detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	1

12. Laske komponentin vikamuodon vaikutus (RPN = Risk Priority Number)
 - Vikamuodon vakavuus x Vian syyn todennäköisyys x Havainnoinnin todennäköisyys. Tätä lukua käytetään lajittelutekijänä, kun kohdetta lähdetään parantamaan.
13. Tunnista välittömät toimenpiteet kohteille, joilla on korkea RPN.
 - Välittömät toimenpiteet voi sisältää, mutta ei saa rajoittua, tarkastuksiin, seurantaan, uudelleen suunnitteluun, ennakoivaan kunnossapitoon, kahdentamiseen ym. Korkea RPN tulee jollakin keinolla saada hyväksytylle tasolle.
14. Ota käyttöön määritetyt toimenpiteet.
 - Kaikille toimenpiteille tulee olla vastuullinen tekijä, aikataulus ja ohjeet, toimenpiteille tulee myös arvioida SEV, PF ja DET.

15. Tarkastele tuloksia tehtyjen toimenpiteiden perusteella ja arvioi RPN uudestaan.
- Alkuperäiset SEV, PF ja DET tulee arvioida uudestaan, kun toimenpiteet on suoritettu ja niistä on tullut palaute.
16. Päivitä VVA-tilukkoa
- Kun palautetta ja korjaavia toimenpiteitä on tehty, päivitä analyysi ja laske RPN uudestaan eli VVA ON JATKUVAA TOIMINTAA. /5/

8.4. Analyysitaso ja informaatiolomake

Oikea taso analyysille on se, jolla vioittumistavat voidaan tunnistaa oikean kunnonvalvontastrategian valitsemiseksi kyseiselle laitteelle. Analyysin oikea taso vaihtelee tapauskohtaisesti hyvin pienistä komponenteista suuriin tuotantolinjan osiin. Yleisesti voidaan tehdä johtopäätös, että yksityiskohtaisempi analyysi tehdään kohteissa, joissa edellytetään ennakoivaa kunnossapitoa ja yleisempi analyysi riittää kohteissa, jotka korjataan vian tapahtumisen jälkeen. Oikean analyysitason löytämiseksi tarvitaan kokemusta analyysin teosta sekä laitteiden toiminnan hyvää tuntemusta. /2, s.40/ Taulukossa 5 on esimerkkinä VVKA-lomakemalli.

Taulukko 5. Esimerkki VVKA-lomakkeesta

OSA	VIKAMUOTO	VIAN SYY	VIAN VAIKUTUS	VIKAMUODON VAKAVUUS (SEV)	VIAN SYYN TODENNÄKÖISYYS (PF)	HAVAINNOINNIN TODENNÄKÖISYYS (DET)	RPN	TEHTÄVÄ TOIMENPIDE

8.5. Vioittumistavan määrittely

Vikaantuminen on tapahtuma, joka aiheuttaa vikatilanteen, joka vaikuttaa tarkasteltavan järjestelmän tai komponentin suorituskykyyn haitallisesti. Mekanismissa, jolla vikaantuminen tapahtuu, sanotaan vioittumistavaksi. Vioittumistavan määrittelyyn tarvitaan riittävästi informaatiota, jotta voidaan valita kohteen kannalta oikea kunnonvalvontastrategia. Liian suuri informaation määrä kasvattaa analyysiprosessiin tarvittavaa aikaa. Parhaiten onnistuu vioittumistapojen listaus, kun listaa ensin erilaiset

vikatilanteet ja tämän jälkeen vioittumistavat, jotka johtavat kyseessä oleviin vikatilanteisiin. /2, s.32/

8.6. Vioittumistapojen analysointi

Kunnossapitotoiminnan perusedellytys on vioittumistapojen tuntemus. Yksittäinen laite voi vikaantua usealla eri tavalla. Tuotantolinjastossa vikaantumistapoja on satoja, kun taas koko tehtaassa on tuhansia erilaisia vikaantumistapoja. Vioittumistapojen analysointi koetaan usein työlääksi, jolloin ei huomioida sitä, että käytännön kunnossapito, suunnittelun ja toteutuksen osalta tapahtuu vikaantumisen ehkäisemiseksi tai seurausten korjaamiseksi. /2, s.33/

Useimmissa tapauksissa vikaantumiset havaitaan vikaantumisen jälkeen, jolloin kunnossapidon tehtävä on korjata aiheutuneet viat ja vauriot. Vioittumistapojen tunnistaminen ja analysointi mahdollistaa vikaantumisten ennaltaehkäisyn tai korjauksen suunnittelun ennen vikaantumista. Tämän vuoksi kunnossapitotoimet voidaan suunnata oikein ja pyrkiä etenkin vakavia seuraamuksia aiheuttavien vikojen ennaltaehkäisyyn. /2, s.33/

Vioittumistapojen tunnistuksen jälkeen voidaan arvioida vioittumistavan vaikutukset ja päättää, mitä pitäisi tehdä tilanteen ennakoimiseksi, tunnistamiseksi, estämiseksi tai korjaamiseksi. Kunnossapidon tehtävien valinta, priorisointi ja kunnossapitotoiminnan johtaminen tapahtuu pääasiassa vioittumistapojen tuntemuksen pohjalta. Systemaattinen, ennaltaehkäisevä kunnossapitostrategia edellyttää vioittumistapojen tunnistamista. Vioittumistapojen tunnistaminen on yksi tärkeimmistä tehtävistä, kun pyritään varmistamaan minkä tahansa laitteen suunnitellun mukainen toiminta. Taulukossa 6 on esimerkki pumppuryhmän vioittumistavoista ja niiden pohjalta tapahtuvasta kunnossapidosta. /2, s.33/

Taulukko 6. Pumppuryhmän vioittumistapoja /2, s.33/

Vioittumistapa	Korjaava toimenpide
Juoksupyörä kulunut loppuun	Vaihdetaan juoksupyörä ennen eliniän loppua
Ulkoinen esine jumittaa juoksupyörän	Asennetaan suodatin imukanavaan
Juoksupyörä irtoaa (asennusvirhe)	Asennuskoulutus

8.7. Vioittumistapojen kategoriat

Kuluminen on yksi tärkeimmistä vioittumistavoista. Suuren osan vikaantumisista aiheuttavat käyttö- ja suunnitteluvirheet. Tämän vuoksi tulee huomioida kaikki vioittumistavat VVKA -analyysiin, jotta voidaan suunnitella kattava kunnossapitostrategia.

Vioittumistavat voidaan jakaa kolmeen luokkaan:

1. tapaukset, joissa laitteen suoritustaso laskee halutun tason alapuolelle
2. tapaukset, joissa haluttu taso nousee laitteen suoritustason yläpuolelle
3. tapaukset, joissa laitteen toiminta ei täytä sille asetettuja vaatimuksia. /2, s.34/

Ensimmäisessä tapauksessa laitteen suoritustaso on alun perin ollut riittävä, mutta on jostakin syystä laskenut halutun tason alapuolelle. Tämän laskun syynä voivat olla esim. kuluminen, voiteluhäiriö, lika, osien irtoaminen tai suoritustasoa laskeva inhimillinen tekijä. /2, s.34/

Toisessa tapauksessa laitteen haluttu suoritustaso tai kuormitustaso nousee laitteen suoritustason yläpuolelle. Tämä toimintahäiriö aiheutuu kahdella tavalla:

- Haluttu suoritustaso nousee, kunnes laite ei enää pysty suoriutumaan halutusta tehtävästä.
- Haluttu, korkeamman suoritustason aiheuttama kuormitus aiheuttaa niin paljon vikaantumisia, että laitteiston luotettavuus putoaa merkittävästi.

Haluttu suoritustaso voi nousta esim. seuraavista syistä:

- Hyväksytyt, tarkoituksellinen ylikuormitus. Pyritään maksimoimaan kiinteästä investoinnista saatavat tuotot nostamalla laitteistojen suoritustasoa laitteiston suunniteltua suoritustasoa korkeammaksi.
- Hyväksytyt, vahingossa tapahtuva ylikuormitus. Pyritään nostamaan tuotantolinjan suoritustasoa sekä poistamaan tuotantolinjoista pullonkaulat.
- Äkillinen vahingossa tapahtuva ylikuormitus. Monet vauriot aiheutuvat äkillisestä ja suunnittelemattomasta kuormituksen kasvusta, esim. käyttövirheet.
- Väärät tai huonolaatuiset materiaalit aiheuttavat usein toimintahäiriöitä tuotantoprosesseissa. /2, s.35/

Kolmannessa tapauksessa laitteistolta vaaditaan suoritustasoa, jota kohde ei pysty yksinkertaisesti hyödyntämään. Useissa tapauksissa tällainen ongelma vaikuttaa vain pieneen osaan prosessia, mutta kyseen ollessa ketjun heikoimmasta lenkistä, jolloin se heijastuu koko prosessiin. Tällaisten ongelmien korjaamiseksi ensimmäinen vaihe on tunnistaa vioittumistavat VVA-analysissä. /2, s.36/

8.8. Analyysin yksityiskohdat

Vioittumistavan määrittely pitää sisällään riittävästi informaatiota, jotta voidaan valita oikea kunnossapitostrategia vikaantumisen ennaltaehkäisyyn tai sen aiheuttaman tilanteen hallitsemiseen. Liian suuri informaation määrä kasvattaa analyysiprosessiin käytettävää aikaa. Sopivan informaatiomäärän määrittely on erittäin vaikeaa, mutta asia on erityisen

tärkeä, koska VVA:n oikeellisuus riippuu siihen talletetun informaation määrästä. Tarvittavan informaation määrä riippuu analyysin suoritustasosta eli mitä korkeammalla tasolla vioittumistavat määritellään, sitä pienempi on informaation määrä.

Analyysia ei kannata viedä tarpeettoman syvälle, koska tällöin tullaan usein alueella, johon ei voida vaikuttaa. Oikea taso on tunnistaa oikeat vioittumistavat kunnonvalvontastrategian valitsemiseksi kyseiselle laitteelle. Analyysin taso voi vaihdella tapauskohtaisesti hyvin pienistä komponenteista suuriin tuotantolinjan osiin. /2, s.37/

Erilaiset viat toteutuvat eri todennäköisyydellä. Todennäköisiä vioittumistapoja ovat:

- Vioittumistavat, joita on esiintynyt aikaisemmin samassa tai samantyyppisissä laitteistoissa, tällaiset vioittumistavat täytyy sisällyttää analyysiin.
- Vioittumistavat, joiden ehkäisemiseksi tehdään ennakoivaa kunnossapitoa, ja jotka toteutuisivat, jos ennakoiva kunnossapitotoiminta lopetettaisiin.
- Kaikki muut vioittumistavat, joita pidetään mahdollisina. Tällaisten vioittumistapojen tunnistaminen ja vaikutusten arviointi on erittäin vaikeaa, mutta samalla erittäin tärkeää. /2, s.38/

Erittäin epätodennäköiset vioittumistavat täytyy analysoida, jos niiden aiheuttamat vahingot tulisivat olemaan suuria. Vioittumistapojen tunnistaminen analyysiä varten voi olla vaikeaa ja usein varsinaisen vioittumistavan sijaan analyysissä on seurannaisvaikutus ja varsinainen vian aiheuttaja jää epäselväksi. VVA:ssa on tärkeää ottaa huomioon myös toimintaolosuhteet, sillä samalle laitteelle ominaiset vioittumistavat saattavat olla hyvinkin erilaisia eri olosuhteissa. /2, s. 38/

8.9. Vikojen vaikutukset

Vioittumistapojen seurauksista arvioidaan, tarvitaanko kohteeseen ennakoivaa kunnonvalvontaa. Seurausten kuvausten täytyy olla riittävän tarkkoja, jotta seurauksien vaikutukset pystytään arvioimaan. On tiedettävä, mistä tiedetään, että jokin vioittumistapa on toteutunut. Vioittumistavan tunnistus tapahtuu esim. äänen, savun, vuotojen tai mittauslaitteiden aiheuttamien hälytysten avulla. Vioittumistavan seurausten kuvauksessa määritellään nämä tapahtumat. Turvalaitteiden vikaantumisten seurauksia määritettäessä täytyy ottaa huomioon, mitä tapahtuu, jos suojattu laite vikaantuu turvalaitteen ollessa vikaantuneessa tilassa. /2, s.38/

Toiseksi täytyy tietää, aiheuttavatko seuraukset vaaraa ihmisten turvallisuudelle tai ympäristölle. Mikäli jokin vioittumistapa aiheuttaa hengenvaaraa tai vaaraa terveydelle tai ympäristölle, myös nämä seuraukset tulee ottaa huomioon analyysissä. /2, s.39/

Kolmanneksi täytyy tietää, vaikuttavatko seuraukset tuotantoon. Kaikki viat eivät vaikuta tuotantoon. Seurausten vakavuuden arvioimiseksi vian vaikutukset tuotantoon tulee määrittää. Jokaiselle vioittumistavalle määritetään seisokin tai vajaakäytön kesto ajat, jotka

sisältävät varsinaiseen korjaukseen kuluvan ajan, lisäksi vian diagnosointiin, korjaushenkilökunnan ja varaosien hankintaan ja koneen ylösajoon kuluva ajan. /2, s.39/

Analyysia voidaan hyödyntää esim. tarvittavien varaosien pitämisestä varastossa ja henkilöstön määrästä päätettäessä. Viat voivat vaikuttaa tuotannon laatuun, muiden laitteiden toimintaan, tuotantokustannusten nousuun tai muiden vikojen todennäköisyyden kasvuun. Myös nämä seuraukset tulee analysoida, samoin vian korjaamisen vaatimat toimenpiteet. /2, s.39/

8.10. Vioittumistapojen ja niiden vaikutusten informaatiolähteet

Kun kerätään tietoa VVA-analyysia varten, täytyy muistaa ennakoivan kunnonvalvonnan vaatimukset. Aiemmin ilmenneiden vioittumistapojen lisäksi täytyy pystyä ennustamaan myös tulevia vioittumistapoja. Laitetoimittajilta saa paljon apua laitteisiin liittyvää tietoa. Joillakin aloilla laitevalmistajat toimittavat laitetoimituksen yhteydessä perusteellisen VVA-analyysin. Tiettyjen laitteiden kohdalla laitevalmistajat ovat itse mukana laitteiden kunnossapitotoiminnassa tai tekevät laitteilleen luotettavuus tutkimuksia. Takuuajan päättymisen jälkeen laitevalmistajat eivät saa laisinkaan tietoa laitteiden toiminnasta. /2, s.40/

VVA:ssa kannattaa hyödyntää kaikki tieto, mikä laitevalmistajalta on saatavissa. Analyysia on hyvä täydentää käyttäjien kokemuksilla, jotta päästään hyvään lopputulokseen. Laitteen käyttö- ja kunnossapitohenkilöstö on usein paras tietolähde VVA:a tehtäessä, koska he työskentelevät kyseisten laitteiden kanssa päivittäin, tietävät miten laite toimii, mitä vikoja siihen voi tulla, mitä seurauksia vioilla on ja mitä vikojen korjaamiseksi tai ennaltaehkäisemiseksi pitäisi tehdä. Tämän takia laitteen käyttö- ja kunnossapitohenkilöstö tuleekin olla aktiivisesti mukana VVA:a tehtäessä. /2, s.40/

9. PCC -LAITOKSEN VIKA-, VAIKUTUS- JA KRIITTISYYSANALYYSI

9.1. Analyysin lähtökohta

VVKA:n tarkoituksena on määrittää sataman ja laitoksen kriittisimmät kohteet.

VVKA:n tekemisessä lähdin liikkeelle käymällä ensin läpi RCM-menetelmän mukaisesti laitoksen kohdealueen kriittisimmät kohteet. Apuna käytin kriittisyysanalyysia, joka oli tehty laitokselle vuonna 2008. Vuosien kuluessa laitokselle on tullut muutoksia ja uusia laitteita, jotka vaativat päivitystä.

Ensiksi tutustuin aiemmin tehtyyn kriittisyysanalyysiin sekä otin selvää Internetistä ja kirjoista, mitä VVKA tarkoittaa ja miksi ja mihin tätä analyysia käytetään. Aiemmin tehdyn kriittisyysanalyysin pohjalta tein uuden taulukon Excel-ohjelmalla, johon listasin kaikki sataman ja laitoksen kriittisimmät kohteet, joita analysoin tarkemmin. Seuraavaksi pohdin eri kriteereitä, mitä otan huomioon VVKA:ssa.

VVKA:n pohjana käytin BMS:n käyttämää lomakepohjaa, jota muokattiin PCC-laitokselle sopivaksi. VVKA:ssä käydään kohteesta läpi, miten vikamuoto ilmenee, vian syy, vian seuraus, vikamuodon vakavuus (SEV), vian syyn todennäköisyys (PF), havainnoinnin todennäköisyys (DET), RPN-luku sekä vaihtoehtoiset toimintatavat sekä tuotannon pysäytyksen kesto.

VVKA tehtiin yhdessä työpaikalla laitospäällikön, kunnossapitopäällikön sekä laitoshoitajien kanssa. Analyysin tekeminen yhdessä laitoshoitajien kanssa helpotti huomattavasti tekemistä, koska laitoshoitajilla oli paljon kokemusta laitoksen laitteista, näiden vikaantumisista ja huolloista.

9.2. VVKA:n lopputulos

Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi antoi tulokseksi RPN-lukuja, joka saadaan kun kerrotaan vikamuodon vakavuus (SEV) x vian syyn todennäköisyys (PF) x havainnoinnin todennäköisyys (DET). RPN-lukua käytetään lajittelutekijänä, kun kohdetta lähdetään parantamaan. Kohteissa, joissa on korkea RPN-luku, täytyy näihin kiinnittää kunnossapidossa huomiota.

Korkeimmat RPN-arvot ovat murskaimen laakereilla, savukaasupuhaltimen laakereilla sekä sekoittajien potkureilla. Ennakkohuolloissa näihin ainakin täytyy kiinnittää huomiota tarkastus käynneillä. Myös prosessin eri kohteissa olevilla vaihdelaatikoilla ja sähkömoottoreilla oli korkeita RPN-lukuja, joihin täytyy kiinnittää ennakkohuolloissa huomiota.

Alapuolella on taulukossa 7 esitelty joitain RPN-lukuja suurimmasta pienimpään. RPN-luvun suuruuteen vaikuttaa kohde, missä osassa prosessia kohde sijaitsee. Mikäli samoja kohteita on useampia samassa osassa kohdetta, on RPN-luku pienempi, koska tällöin rikkoutunut kohde voidaan ohittaa ja korjata kohde myöhemmin.

Taulukko 7. RPN-luvut

KOHDE	RPN
Murskaimen laakeri	140
Savukaasupuhaltimen laakeri	128
Slakeri 1 & 2 potkurit	105
Hienosihdin seulakangas	96
Murskaimen sähkömoottori	90
Ruuvikuljettimen sähkömoottori	90
Kauhakuljettimen sähkömoottori	90
Slakereitten syöttöruuvit	80
Syöttöruuvin ruuvi	80
Ruuvikuljettimen vaihdelaatikko	72
Ruuvikuljettimen laakeri	72
Kauhakuljettimen vaihdelaatikko	72
Kauhakuljettimen laakeri	72
Pystyelevaattorin laakeri	72
Jäteruuvin laakeri	64
Reaktorin pinnanmittausanturi	63
Pohjaholkki	54
Ruuvikuljettimen ruuvi	54
Savukaasupuhaltimen sähkömoottori	48
kauhakuljettimen hihna	42
Pumpun hihnät	42
Lietepumppu	42
Sekoittajan laakeri	40

VVKA:n tuloksista voidaan myös päivittää varaston varaosatilanne. Kriittisimpien kohteiden varaosat täytyy löytyä varastosta tai ainakin olla tiedossa, missä lähimmät varaosat sijaitsee ja kuinka pitkä toimitusaika kyseisillä varaosilla on. Liitteessä 2 on vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi laitoksen kriittisimmistä kohteista.

9.3. Tulevaisuuden parannusvaihtoehtoja

Tulevaisuudessa kriittisyysluokittelua voisi jatkaa dokumentoinnilla, eli päivittämällä laitteiden tiedot järjestelmään ylös tai tekemällä erillisen Excel-taulukon kohteiden tiedoista.

Tehtaalla nykyisin käytössä oleva SAP-toiminnanohjausjärjestelmää voisi parantaa esim. tallentamalla ennakkohuoltoihin huolto-ohjeet, jolloin työmääräyksestä näkyy suoraan kohteen ennakkohuollossa tehtävät huollot/tarkastukset. SAP on sen verran uusi toiminnanohjausjärjestelmä, joten eiköhän siihen ajan kuluessa tule jotain parannusvaihtoehtoja.

10. YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli tallentaa ennakkohuollot, rasvaukset, öljynpinnan tarkastukset sekä öljyn vaihdot PowerMaint -kunnossapitojärjestelmään. Tämän lisäksi suunnittelin seisakkitöistä listan sekä laadin vika-, vaikutus ja kriittisyysanalyysin laitoksen ja sataman kriittisimmistä kohteista.

Ennakkohuoltojen, rasvausten, öljynpinnan tarkastuksien sekä öljyn vaihtojen tallentamisessa ei ilmennyt suurempia ongelmia. Tiedot syötettiin paperilta yksitellen suoraan PowerMaint -ennakkohuoltokorttiin. Työn tuloksena syntyi mielestäni hyvä ja toimiva kunnossapitokortisto, jonka perusteella ohjelma antaa automaattisesti työpöydälle sen viikon työt, jotka ovat ajankohtaisena kyseisellä viikolla. Ohjelman myötä papereiden selaus kansioista vähenee huomattavasti. PowerMaintin ohjelman käyttö sujui hyvin ilman minkäänlaisia ongelmia siihen asti, kunnes siirryttiin uuteen käyttöjärjestelmään, SAP, joka muutti suunnitelmat täysin.

Seisakkitöiden suunnittelussa kävin huoltohistoria kansion läpi vuosien varrelta ja haastattelin myös henkilökuntaa, kuinka useasti tiettyjä laitteita on täytynyt huoltaa. Pääasiassa huoltohistoriakansion avulla tein Excel-taulukon sataman ja laitoksen laitteista, jotka täytyy huoltaa ja tarkistaa säännöllisin välein joko seisakissa tai laitoksen ollessa ajolla. Excel-taulukon tekeminen onnistui hyvin ja luulen, että taulukosta on apua tulevaisuudessa, kun täytyy suunnitella seisakkiin tarkastuksia/huoltoja, jolloin taulukosta on helppo katsoa, mitkä tarkastukset olisivat ajankohtaisia.

Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysin laatimisessa käytiin läpi laitoksen kaikki kriittisimmät kohteet läpi. Kriittisyysanalyysin tekeminen oli haastavin ja eniten aikaa vievä osio. VVKA:n avulla pystytään kartoittamaan laitoksen ja sataman tärkeimmät laitteet ja perehtyä kriittisimpään laitteeseen tarkemmin ja suhteuttaa ennakkohuollot laitteen tärkeimpiin osiin. Ongelmia työn tekemisessä tuotti yhteisen ajan löytäminen töitten ohella tehtaan henkilöstön kanssa.

Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysin tekemisessä käytin BMS:n käyttämää mallilomaketta pohjana, jota muokattiin sopivaksi PCC-laitoksen kohteille. Tehtaan henkilöstön kanssa käytiin kriittisimmät laitteet läpi ja pohdittiin myös vaihtoehtoisia toimintatapoja.

VVKA:n perusteella korkeimmat RPN-luvut ovat murskaimen laakereilla, savukaasupuhaltimen laakereilla sekä sekoittajien potkureilla. Johtopäätöksenä voi sanoa, että ennakkohuolloissa täytyy näihin kiinnittää huomiota. Myös prosessin osan eri vaihdelaatikoihin ja sähkömoottorit täytyy kiinnittää huomiota.

VVKA:n tuloksista voidaan tehdä myös varaston varaosatilannepäivitys. Korkeimpien RPN-lukujen laitteiden varaosat täytyy löytyä varastosta. Jos ei omasta varastosta, täytyy selvittää, mistä löytyy lähimmät varaosat. Tulevaisuudessa kriittisyysluokittelua voisi jatkaa dokumentoinnilla, eli päivittää laitteiden tiedot järjestelmään ylös.

11. LÄHDELUETTELO

- /1/ Aalto, Heikki, Kunnossapitotekniikan perusteet, Kotkaset, Hamina, 1997
- /2/ Järviö, Jorma, RCM Luotettavuuskeskeinen kunnossapito, Kunnossapitoyhdistys ry, 2000
- /3/ Järviö, Jorma, Kunnossapito, Kunnossapidon julkaisusarja, N:o 10, 4. painos, 2007
- /4/ Järviö, Jorma, [WWW-dokumentti],
<<http://yliyveska.cop.fi/sjjkurssit/kupitek/sis%C3%A4lt%C3%B62008/Kunnossapitostategia/RCM%20Jarvio%202004.pdf>> 3.5.2010
- /5/ Majuri, Sami, VikaVaikutusAnalyysi, Botnia Mill Service Kemin KP-Palvelut, 2010
- /6/ Mikkonen, Henry, Kuntoon perustuva kunnossapito, 1.painos, 2009, Kerava
- /7/ Omyan Internet sivut, [WWW-dokumentti],
<<http://www.omya.com/internet/corporate/q2wcontent.nsf/vwWebDirectName/home>>
27.2.2010
- /8/ Omya Oy, koulutusmateriaali, 23.3.2010
- /9/ Omya Oy, PowerMaint -ohjekirja, 20.10.2010
- /10/ Opetushallitus, [WWW-dokumentti],
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_1-1_mita_on_kunnossapito.html> 18.7.2010
- /11/ Opetushallitus, [WWW-dokumentti],
<<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/index.html>> 1.8.2010
- /12/ SFS 5438 Järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät, Vika- ja vaikutusanalyysi, Suomen Standardisoimisliitto, 1988
- /13/ Tietopankki, [WWW-dokumentti], <<http://www.promaint.net/tietopankki>> 18.7.2010

12. LIITELUETTELO

LIITE 1.

MÄÄRÄAIKAISHUOLLOT

LIITE 2.

VIKA-, VAIKUTUS- JA KRIITTISYYSANALYYSI