

LAITOSMIESKIERROSTEN LUOMINEN DUPONTIN JÄMSÄNKOSKEN TEHTAALLE

Tomi Salmijärvi

Opinnäytetyö
SYYSKUU 2013

Paperikoneteknologian koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) SALMIJÄRVI, Tomi	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 10.6.2013
	Sivumäärä 41	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi LAITOSMIESKIERROSTEN LUOMINEN DUPONTIN TEHTAALLE JÄMSÄNKOSKELLE		
Koulutusohjelma Paperikoneteknologian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) TUUKKANEN, Harri, projekti-insinööri		
Toimeksiantaja(t) DuPont RAATIKAINEN, Mikko, kunnossapitoinsinööri		
Tiivistelmä Opinnäytetyö tehtiin DuPontin tehtaalte Jämsänkoskelle. DuPontin Jämsänkosken tehdas valmistaa teollisia entsyymejä fermentointiprosessin avulla. Opinnäytetyön tavoitteena oli koota käynninai- kaiset ehkäisevät kunnossapitotoimenpiteet aluekohtaisiksi laitosmieskierroksiksi ja kirjata ne toi- minnanohjausjärjestelmä SAPIin. Työn tuloksena syntyi päivitetty käynninai- kaisen ehkäisevän kun- nossapidon ohjelma. Sen avulla voidaan tehostaa kunnossapidon työsuunnittelua. Yrityksen tavoit- teena oli lisätä suunniteltua kunnossapitoa ja saavuttaa sen avulla tehokkaampaa kunnossapitoa. Työ aloitettiin tutustumalla tehtaalte aikaisemmin käytössä olleeseen laitekohtaiseen ehkäisevän kunnossapidon suunnitelmaan. Kierrokset rajattiin tehtaan rakennusten perusteella sopiviin osiin. Vierailujen aikana tutustuttiin aikaisempaan laitekohtaiseen ehkäisevän kunnossapidon suunnitel- maan, haastateltiin kunnossapidon henkilökuntaa ja tutustuttiin laitevalmistajien antamiin ehkäise- vän kunnossapidon ohjeisiin. Työn aikana muodostetut laitosmieskierrokset kirjattiin kunnossapidon toiminnanohjausjärjestel- mään SAPIin. Tietojärjestelmään kirjattiin kaikki tarpeelliset tiedot, kuten kierrosten nimi, vastuulli- nen työpiste, työn kesto, resurssien määrä ja intervalli. Annettujen tietojen perusteella järjestelmä osaa luoda annettujen ehtojen täyttyessä uuden ehkäisevän kunnossapidon työtilauksen. Järjestel- mästä poistettiin aikaisemmat laitekohtaiset ehkäisevät kunnossapidon suunnitelmat. Työn ansiosta kunnossapitojärjestelmästä poistui suuri määrä yksittäisiä työtilauksia, jotka kohdis- tuivat yksittäisille laitteille. Nämä korvautuivat laitosmieskierroksilla. Vähentynyt työtilausten määrä selkeyttää ja virtaviivaistaa ehkäisevän kunnossapidon töiden suunnittelua. Töiden suunnittelu tehostaa ajankäyttöä ja vähentää kunnossapidon kiirettä, kun resurssit on varattu hyvissä ajoin. Suunnittelun työn osuus lisääntyy verrattuna suunnittelemaan töihin.		
Avainsanat (asiasanat) Kunnossapito, ehkäisevä kunnossapito, laitosmieskierrokset, SAP, biotekniikka		
Muut tiedot		



Author(s) SALMIJÄRVI, Tomi	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 10.6.2013
	Pages 41	Language Finnish
		Permission for web publication (X)
Title PLANNING MAINTENANCE WALK-AROUND INSPECTIONS FOR DUPONT JÄMSÄNKOSKI MILL		
Degree Programme Paper Machine Technology		
Tutor(s) TUUKKANEN, Harri, Project Engineer		
Assigned by DuPont RAATIKAINEN, Mikko, Maintenance Engineer		
Abstract The Bachelor's Thesis was done for DuPont Jämsänkoski mill. The aim of the thesis was to compile preventive maintenance procedures performed during the machine's operation into regionally divided maintenance walk-around inspections and then the information to be entered to the SAP enterprise resource planning system. This would result in an updated preventive maintenance program to be used during the machine's uptime. It would help make maintenance planning more effective. The aim of the company was to increase their emphasis on preventive maintenance resulting in more efficient maintenance. The work started with getting familiarized with the current machine based preventive maintenance plan of the mill. The routes were divided into suitable sections based on the mill layout. The visits included getting familiarized with the current machine based preventive maintenance plan of the mill, interviewing the maintenance staff and getting familiarized with the preventive maintenance instructions provided by the machine suppliers. The maintenance walk-around inspections created during the thesis were entered to the SAP enterprise resource planning system. All necessary information was included such as the name of the route, the responsible work post, the duration of work, the amount of resources and the interval. Based on the given information the system is able to create a new work order if the defined conditions are met. The previous machine based preventive maintenance plans were removed from the system. After implementing the new system a notable number of individual work orders for individual machines were removed from the system. These were replaced by the maintenance walk-around inspections. The decrease in work orders simplifies and streamlines the planning of preventive maintenance. Proper planning of work makes time usage more effective and reduces the stress on maintenance when the resources are reserved well in advance.		
Keywords Maintenance, Preventive maintenance, maintenance walk-around inspections, SAP, biosciences		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Opinnäytetyön lähtökodot	3
1.1	Opinnäytetyön tavoitteet	3
1.2	DuPont	4
2	Kunnossapito	5
2.1	Kunnossapitolajit	6
2.2	Käyttövarmuus	8
2.2.1	Käyttövarmuuden määrittely	8
2.2.2	Toimintavarmuus	10
2.2.3	Kunnossapidettävyyys	10
2.2.4	Kunnossapitovarmuus	11
2.3	Kunnossapidon tulosten mittaaminen	12
3	Ehkäisevä kunnossapito	13
3.1	Ehkäisevän kunnossapidon tavoitteet	13
3.2	Perusteet ehkäisevälle kunnossapidolle	14
3.3	Kunnossapito-ohjelman suunnittelu	15
3.4	Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu kriittisyysanalyysin avulla	16
3.5	Kunnonvalvonnan menetelmät	18
3.5.1	Aistinvaraiset havainnot	18
3.5.2	Lämpökamera	20
4	Kunnossapidon tietojärjestelmät	20
4.1	Kunnossapitojärjestelmän sisältö	20
4.2	Kunnossapitojärjestelmän hyödyntäminen ennakkohuolloissa	21
4.3	ERP-järjestelmät	23
4.4	SAP-toiminnanohjausjärjestelmä	23
5	Laitosmieskierrokset	24
5.1	Tutkimusmenetelmät	24
5.2	Lähtötilanne	25
5.3	Laitosmieskierrosten suunnittelu ja toteuttaminen	25

6	Laitosmieskierrosten soveltaminen käytäntöön.....	27
6.1	Laitosmieskierrosten implementointi.....	27
6.2	Opinnäytetyöllä saavutetut hyödyt	30
6.3	Suositeltavat jatkotoimenpiteet	31
6.4	Työn kriittinen tarkastelu.....	32
7	Pohdinta	33
	Lähteet.....	35
	Liitteet.....	37
	Liite. 1 Ehkäisevän kunnossapidon tunnusluvut.....	37
	Liite. 2 Laitetason kriittisyyden tekijät.....	38

Kuviot

Kuvio 1 DuPont Jämsänkosken tehdas.....	4
Kuvio 2. Entsyymien tuotanto.	5
Kuvio 3. Kunnossapitolajit standardin PSK 7501 mukaisesti.	7
Kuvio 4. Toteutuneeseen tuotantoon vaikuttavat asiat	9
Kuvio 5. Suunnitellun kunnossapidon vaikutus kokonaiskustannuksiin	14
Kuvio 6. Kunnossapidon tietojärjestelmän päätoiminnot ja liittymät	21
Kuvio 7. Ehkäisevän kunnossapidon työtilauksen määrittäminen	28
Kuvio 8. Ehkäisevän kunnossapidon suoritus ajan ja resurssien määrittely.....	29

Taulukot

Taulukko 1. Kunnossapidon käsitteitä	6
Taulukko 2. Kunnossapidon suunnittelun tunnuslukuja.	13
Taulukko 3. kunnossapito-ohjelman laatiminen.....	16

1 Opinnäytetyön lähtökodit

1.1 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyö tehtiin DuPontin Jämsänkosken tehtaalle. DuPont on yhdysvaltalainen yritys ja sen tointa on maailmanlaajuista. Yritys toimii kemianteollisuuden alalla. DuPontin Jämsänkosken tehdas valmistaa teollisia entsyymejä fermentointiprosessin avulla.

Opinnäytetyön aiheena oli DuPont Jämsänkosken tehtaan ehkäisevän kunnossapito-ohjelman päivittäminen. Opinnäytetyön tehtävänä oli koota käynninaikaiset ehkäisevät kunnossapitotoimenpiteet aluekohtaisiksi laitosmieskierroksiksi ja kirjata ne toiminnohjausjärjestelmä SAPIin. Tavoitteena oli saada päivitetty käynninaikaisen ehkäisevän kunnossapidon ohjelma. Sen avulla voitaisiin tehostaa kunnossapidon työsuunnittelua. Ehkäisevän kunnossapito-ohjelman kehittäminen oli osa laajempaa kunnossapidon muutosprosessia. Yrityksen tavoitteena oli lisätä suunniteltua kunnossapitoa ja saavuttaa sen avulla tehokkaampaa kunnossapitoa.

Opinnäytetyö tehtiin käyttämällä apuna aikaisemmin luotua laitekohtaista ennakko-huoltosuunnitelmaa ja haastatteleamalla kunnossapidon työntekijöitä. Opinnäytetyönteossa hyödynnettiin myös kunnossapidon teoriaa. Opinnäytetyönaiheen pohjalta tutkimusmenetelmäksi valikoitui empiirinen tutkimus. Ehkäisevän kunnossapidon nykytilan selvittämiseen ja laitosmieskierrosten luomiseen käytettiin kvalitatiivista eli laadullista tutkimusotetta ja kehittämishankkeen metodeja.

Aihe rajattiin koskemaan vain käynninaikaisia toimenpiteitä. Lisäksi työstä rajattiin pois kaikki sellaiset laitteet, jotka vaativat lakisääteisiä tarkastuksia. Ehkäisevästä kunnossapitosuunnitelmasta jätettiin pois myös värähtelymittaukset, koska värähtelymittauksia ollaan vasta suunnittelemassa tehtaalle.

1.2 DuPont

DuPont on yhdysvaltalainen kemianteollisuuden yritys. Yhtiö jakautuu seuraaviin liiketoimintayksiköihin: agriculture, electronics & communications, industrial biosciences, nutrition & health, performance chemicals, performance materials ja safety & protection. Yrityksen liikevaihto oli 34,8 miljardia dollaria vuonna 2012. Yhtiö työllistää maailmanlaajuisesti 70 000 henkilöä. (2012 Data Book.)

Jämsänkoski kuuluu industrial biosciences-liiketoimintayksikköön. Henkilöstöä Jämsänkoskella on yhteensä noin 80. Jämsänkosken tehdas valmistaa teollisia entsyymejä fermentointiprosessin avulla useille eri loppukäyttäjille. Entsyymit ovat biologisesti aktiivisia molekyylejä, jotka edistävät kemiallisten ja biologisten reaktioiden tapahtumista. (Rasinmäki 2008.) Kuviossa 1 on kuva Jämsänkosken tehtaasta.



Kuvio 1 DuPont Jämsänkosken tehdas (Rasinmäki 2008)

Fermentointi on eräprosessi, jossa kasvatetaan mikrobeja kasvatussäiliöissä eli fermentoreissa. Käytettäviä mikrobeja ovat esimerkiksi home- ja bakteerisolut. Solut tuottavat entsyymiä, kun niille tarjotaan sopivat olosuhteet ja ravinteet. Kuviossa 2

on esitetty entsyymien tuotantoprosessi. Solumassan tilavuus kasvaa prosessin edetessä, joten panosta siirretään kasvatuksen edetessä pienemmästä fermentorista suurempaan. Fermentoinnin päätyttyä entsyymi erotetaan soluista, väkevöidään ja kirkastetaan erilaisilla suodatustekniikoilla. Tarvittaessa entsyymiin lisätään säilyvyyttä parantavia aineita tai se sekoitetaan asiakkaan haluamaksi tuotteeksi. Valmiit lopputuotteet ovat tehtaalta lähtiessään pääosin nestemäisiä. Osa tuotteista jatkojalostetaan konsernin muilla tuotantolaitoksilla. (Raatikainen 2013.)



Kuvio 2. Entsyymien tuotanto (Raatikainen 2013, muokattu)

2 Kunnossapito

Kunnossapidon tärkein tehtävä on pitää laitteet jatkuvasti käyttökunnossa. Kunnossapitoon kuuluu rikkoutuneiden laitteiden tai komponenttien korjaus, mutta korjaustoiminta ei ole kunnossapidon päätehtävä. Kunnossapito on nykykäsityksen mukaan

tuotannontekijä, joka auttaa ylläpitämään tuotantolaitoksen kilpailukykyä. (Mikkonen 2009,25.)

Standardi PSK 6201 (2011, 2) määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

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

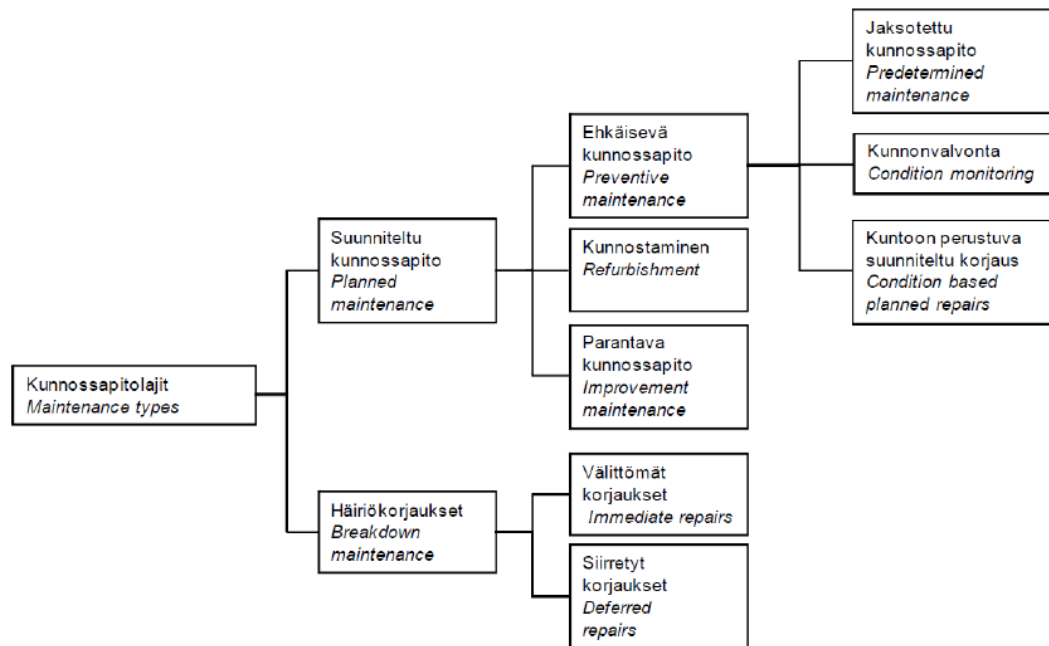
2.1 Kunnossapitolajit

Eri lähteet jaottelevat kunnossapitolajit kukin omalla tavallaan. Viisi kunnossapidon pääalajia toistuu kuitenkin kaikissa lähteissä. Ne ovat korjaava kunnossapito, huolto, ehkäisevä kunnossapito, parantava kunnossapito ja vikojen ja vikaantumisien selvittäminen. (Järviö 2011, 49–52.) Taulukossa 1 on selvitetty kunnossapidon käsitteitä.

Taulukko 1. Kunnossapidon käsitteitä (Järviö 2011, 49–52, muokattu)

Korjaava kunnossapito	Korjaavaa kunnossapitoa suoritetaan vikaantumisen havaitsemisen jälkeen. Tarkoituksena palauttaa kohteen toimintakunto.
Huolto	Huoltamalla ylläpidetään kohteen käyttöominaisuuksia tai palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen.
Ehkäisevä kunnossapito	Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään säännöllisin väliajoin tai asetettujen kriteerien täytyessä. Tavoitteena on vähentää rikkoutumisen mahdollisuutta tai toimintakyvyn heikkenemistä.
Parantava kunnossapito	Parantavan kunnossapidon tavoitteena parantaa kohteen luotettavuutta tai lisätä kohteen suorituskykyä modernisaation avulla.
Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen	Vikojen ja vikaantumisen selvittämisen tavoitteena selvittää vian perussyyn ja vikaantumisprosessi.

PSK Standardi 7501 (2010, 5) jaottelee kunnossapidon suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriön korjauksiin. Kuviossa 3 esitetään standardin PSK 7501 mukainen kunnossapitolajien jako suhteessa toisiinsa.



Kuvio 3. Kunnossapitolajit standardin PSK 7501 mukaisesti. (PSK 7501, 2010, 32)

Suunniteltu kunnossapito

Ennen vikaantumista suoritettavat kunnossapitotyöt ovat suunniteltua kunnossapitoa. Suunniteltu kunnossapito sisältää ehkäisevän kunnossapidon, kunnostamisen ja parantavan kunnossapidon. Kunnostamisella tarkoitetaan kohteen palauttamista toimintakuntoon ilman tuotantoprosessin häiriintymistä. Kunnostaminen suoritetaan yleensä muualla kuin käyttöpaikalla. Parantavan kunnossapidon avulla yritetään parantaa kohteen kunnossapidettävyyttä ja toimintavarmuutta muuttamalla kohteen rakennetta. (PSK 7501, 2010, 5.)

Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat jaksotettu kunnossapito, kunnonvalvonta ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus. Jaksotettua kunnossapitoa suoritetaan kalenteri-, käyttömäärä- tai tuotantomääräperusteisesti. Kunnonvalvonnan avulla seurataan kohteen kuntoa. Tämän tiedon perusteella suunnitellaan kunnossapitotyöt tehtäväksi ennen kohteen vikaantumista. Häiriönkorjaukset ja kunnostaminen luoki-

tellaan joissain tapauksissa korjaavaksi kunnossapidoksi. (PSK 7501, 2010, 5.) Ehkäisevää kunnossapitoa tarkastellaan tarkemmin luvussa 3 ehkäisevä kunnossapito.

Häiriönkorjaukset

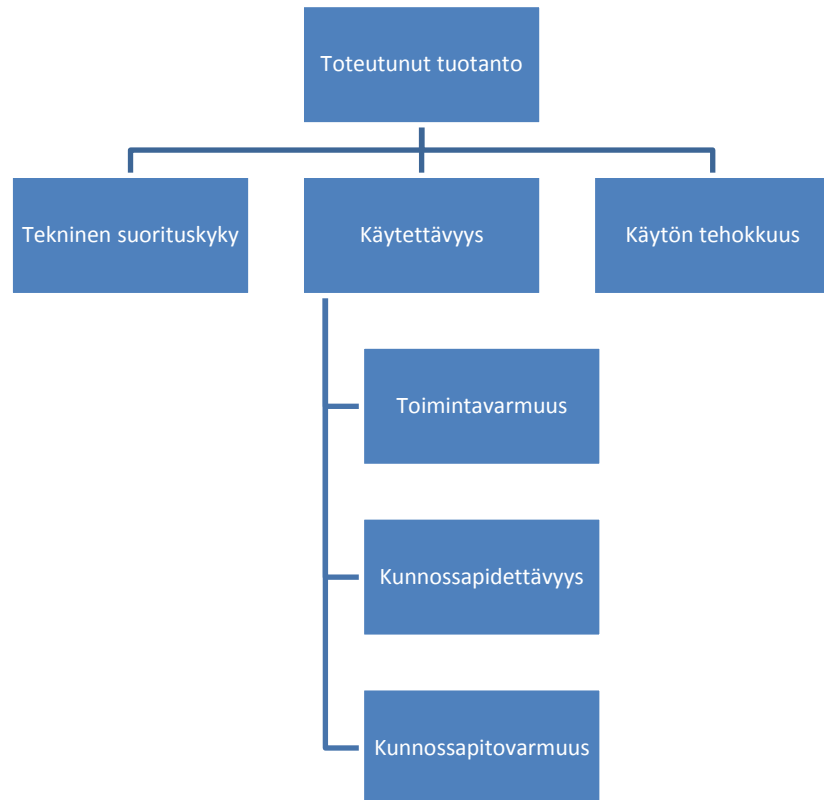
Vikaantumisen jälkeen suoritettavat kunnossapitotyöt ovat häiriönkorjausta. Häiriökorjauksia on kahden laisia välittömiä ja siirrettyjä korjauksia. Välitön häiriönkorjaus vaatii tuotannon pysäyttämisen ja se on suoritettava välittömästi. Siirretty häiriönkorjaus ei vaadi välitöntä tuotannon pysäyttämistä. Välittömien häiriökorjauksen aikana on mahdollista tehdä suunniteltua kunnossapitoa, kuitenkin niin, että laitteet saadaan heti käyntiin häiriökorjauksen valmistuttua. Siirretty häiriönkorjaus tehdään seuraavassa suunnitellussa seisokissa tai välittömän häiriönkorjauksen aikana. (PSK 7501, 2010, 5.)

2.2 Käyttövarmuus

2.2.1 Käyttövarmuuden määrittely

Standardin PSK 6201 (2011, 7) mukaan ”Käyttövarmuus on kyky toimia vaadittaessa vaaditulla tavalla. Tämä tarkoittaa kohteen kykyä olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla.”

Kuviossa 4 on esitetty toteutuneeseen tuotantoon vaikuttavat asiat. Ne ovat teknisen suorituskyyky, käytön tehokkuus ja käytettävyyys. Tekniseen suorituskyykyyn vaikuttaa laitteen rakenne. Käytön tehokkuuteen vaikuttavat tuotanto-ohjelman suunnitelmallisuus ja koneenkäyttäjän ammattitaito käyttää laitteita. Käytettävyyys koostuu kolmesta osatekijästä: toimintavarmuudesta, kunnossapidettävyydestä ja kunnossapitovarmuudesta. (Järviö 2011, 35–36.)



Kuvio 4. Toteutuneeseen tuotantoon vaikuttavat asiat (Järviö 2011, 35–36, muokattu)

Käyttövarmuuden merkitys on ymmärretty laajemmin vasta viime vuosikymmenien aikana. Laitteiden odottamattomat vikaantumiset ja ylimääräiset tuotannon pysäytykset johtavat heikkoon käyttövarmuuteen. Kustannukset menetetyistä tuotannosta voivat olla merkittäviä. Heikko käyttövarmuus saattaa tarkoittaa myös tarpeettomia riskejä henkilöstön ja ympäristön turvallisuuden suhteen. (Käyttövarmuus, käytettävyys, luotettavuus 2013.)

Suunnittelemalla ja hallitsemalla käyttövarmuutta saadaan tehostettua tuotantoa ja pienennettyä riskejä. Lisäämällä ennakoivan kunnossapidon osuutta ja kohdistamalla kunnossapitoresurssit kriittisimpien vikojen ennaltaehkäisyyn saadaan parannettua käyttövarmuutta. Lisäksi on syytä tutkia käyttövarmuutta parantavien investointien ja suunnitteluratkaisujen vaikutusta kokonaiskustannuksiin. (Käyttövarmuus, käytettävyys, luotettavuus 2013.)

Kunnossapitokustannuksissa säästettäessä saatetaan tehdä huonoja ratkaisuja, jollei ymmärretä syvällisesti, kuinka kunnossapito-organisaatio toimii. Kunnossapitobudjetin pienentäminen ja samanaikainen pyrkimys saada työntekijät työskentelemään tehokkaammin ei toimi. Ensisijaisesti tulisi keskittyä käyttövarmuuden kasvattamiseen. Käyttövarmuutta parantamalla saadaan kokonaiskustannuksia pienennettyä. (Palmer 2006, 3.)

2.2.2 Toimintavarmuus

Standardin PSK 6201 (2011, 7) ”Toimintavarmuus on kohteen kyky suorittaa vaadittu toiminto määrättyissä olosuhteissa vaaditun ajan.” Toimintavarmuuteen vaikuttaa kohteen konstruktio, rakenteellinen kunnossapidettävyyden, asennus, huolto, käyttö ja varmennus. (Järviö 2011, 36.)

Koneen konstruktioon kuuluvat suunnittelun lähtötiedot, käytetyt materiaalit ja niiden mitoitus sekä suunnitteluperiaatteet. Rakenteellinen kunnossapidettävyyden pitää sisällään koneen luoksepäästävyyden, vian etsinnän helppouden ja korjauksen helppouden. Asennukseen kuuluvat asennuksen suorittamien, koneen luovutus ja käyttööpastus, kunnossapitosuunnitelmat ja dokumentaatiot. Huolto pitää sisällään ennakoidun kunnossapidon ja huollon toteutuksen. Koneen käyttöön sisältyy fyysinen kytkeminen sekä koulutus ja motivaatio. Varmennus pitää sisällään saatavuuden ja valintatavan. (Järviö 2011, 36–37.)

2.2.3 Kunnossapidettävyyden

Kunnossapidettävyyteen vaikuttavat vian havaittavuus, huollettavuus ja korjattavuus. Vian havaittavuuteen liittyvät kohteelle suoritettavat testaukset, instrumentointi ja automaattinen kunnonvalvonta. Automaattisella kunnonvalvonnalla vika yritetään havaita mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Lisäksi vian havaittavuuteen liittyy käyttöhenkilökunnan proaktiivinen toiminta. Proaktiivisessa toiminnassa käyttöhen-

kilökunta raportoi jo siinä vaiheessa, kun koneen käynti poikkeaa normaalista käynnistä. (Järviö 2011, 37.)

Koneen huollettavuuteen kuuluvat seuraavat toiminnot: laitestandardit, modulaarisuus, luoksepäästävyys. Laitestandardisointi vaikuttaa esimerkiksi varaosien varastointitarpeeseen ja uusien varaosien toimitusaikoihin. Modulaarisuus vaikuttaa varsinkin sellaisissa koneissa, joissa joudutaan vaihtamaan kuluvia osia tai joudutaan tekemään vaikeita säätöjä tai asetuksia. Luoksepäästävyys vaikuttaa huoltotoimenpiteiden suorittamiseen hidastavasti ja usein jopa kielteisesti. (Järviö 2011, 37–38.)

Korjattavuuteen vaikuttavat

- dokumentaation saatavuus ja käyttökelpoisuus
- varaosien ja materiaalien saatavuus
- kohteeseen päästävyys
- käyttöhenkilöstön osallistuminen
- standardityökalujen käyttö ja mahdollisten erikoistyökalujen nopea saatavuus
- kokoaminen, testaus ja säätäminen
- työturvallisuus
- raportointi, dokumentaation päivittäminen ja toimenpiteiden kehittäminen (Järviö 2011, 38).

2.2.4 Kunnossapitovarmuus

Standardin PSK 6201 (2011, 7) mukaan ”Kunnossapitovarmuus kuvaa kunnossapitoorganisaation kykyä suorittaa vaadittu toiminto tehokkaasti määrätyissä olosuhteissa vaaditulla ajanhetkellä tai ajanjaksona.” Kunnossapitovarmuuden osatekijöitä ovat hallinto, rutiinit, dokumentaatiot, korjausvarusteet, varaosat, materiaalit ja kunnossapitajat. (Järviö 2011, 38.)

Hallinto pitää sisällään organisaation, ohjausjärjestelmät ja toiminnanohjausjärjestelmän. Rutiinit tarkoittavat toimintaohjeita, yhteistyötä ja kommunikointia käytön ja

kunnossapidon välillä. Lisäksi rutiineihin kuuluu toimiva yhteistyö toimittajien kanssa. (Järviö 2011, 38.)

Dokumentaatiot sisältävät ohjeistukset, ohjeiden ylläpidon, sisällön laadun ja vikahistoriatiedot. Oikein tehty dokumentaatio on perusedellytys tehokkaalle kunnossapidolle, sillä sen tietojen avulla kehitetään kunnossapitoa. (Järviö 2011, 39.)

2.3 Kunnossapidon tulosten mittaaminen

Kunnossapitotoiminnalle asetetaan tavoitteita ja toiminnantehokkuusvaatimuksia. Näitä voidaan seurata kunnossapidon tunnuslukujen avulla. Tunnusluvut lasketaan yrityksen informaatiojärjestelmästä kerätyistä tiedoista. Näiden indikaattorien avulla on mahdollista arvioida, kuinka hyvin asetetut suoritustavoitteet on saavutettu. Tunnusluvut ovat tärkeitä tavoitteellisessa johtamisessa, tavoitteiden asettelussa ja määriteltäessä henkilöiden avaintulostavoitteita. (Kunnossapito menestystekijä 2013.)

Kunnossapidon tunnuslukujen tulee olla johdettavissa ja laskettavissa yrityksen tietojärjestelmän lähdemateriaalista. Lähdeaineistoja ovat budjettitiedot, kustannuslaskennan tiedot, työmääräinjärjestelmä ja vikatilastointi. Tunnusluvut itsessään eivät ole tavoitteita, vaan se tilanne ja tehokkuusaste, jota se kuvaa. (Kunnossapito menestystekijä 2013.)

PSK:n standardissa 7501 on kuvattu prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnuslukuja. Kunnossapidon lukuja voidaan käyttää arvioitaessa eri kunnossapitolajien tuloksia, kustannusvaikutuksia ja niihin käytettyjä resursseja. Liitteessä 1 on kerrottu laajemmin ehkäisevän kunnossapidon mittareista. (PSK 7501, 2010, 15.) Taulukossa 2 on esitetty suunnitteluasteen ja ennakointiasteen laskukaavat.

Taulukko 2. Kunnossapidon suunnittelun tunnuslukuja (PSK 7501, 15)

Tunnus Indicator	Nimi Name	Yksikkö Unit	Laskentakaava tai määrittely Definition
M561.1 (O5)	Suunnitteluaste	%	$\frac{\text{Ehkäisevä kunnossapito} + \text{Kunnostaminen} + \text{Parantava kunnossapito}}{\text{Kunnossapitokustannukset}}$
	Planning rate		$\frac{\text{Preventive maintenance} + \text{Refurbishment} + \text{Improvement maintenance}}{\text{Maintenance costs}}$
M561.2	Ennakointiaste	%	$\frac{\text{Ehkäisevä kunnossapito}}{\text{Ehkäisevä kunnossapito} + \text{Häiriökorjaus}}$
	Prevention rate		$\frac{\text{Preventive maintenance}}{\text{Preventive maintenance} + \text{Breakdown maintenance}}$

3 Ehkäisevä kunnossapito

3.1 Ehkäisevän kunnossapidon tavoitteet

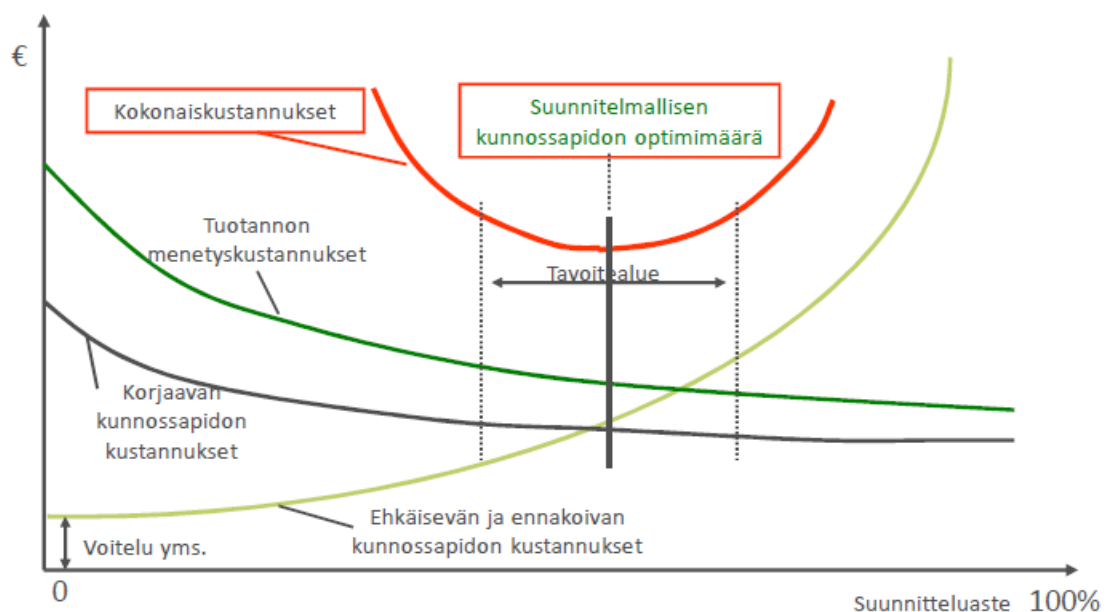
Ehkäisevän kunnossapidon avulla seurataan kohteen suorituskykyä tai sen parametreja. Ehkäisevä kunnossapito pyrkii vähentämään vikaantumisen todennäköisyyttä tai koneen toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevää kunnossapitoa suoritetaan säännöllisesti tai vaadittaessa. Säännöllisesti tehtävä toimenpide on esimerkiksi vikaantumista aiheuttavien syiden tai olosuhteiden havainnointi ja tarkkailu. Ehkäisevä kunnossapito sisältää kaikki ne toimenpiteet, jotka mahdollistavat koneen suunnitellun toiminnan. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi voiteluhuollon suorittaminen, koneen rakenteen ylläpito ja koneen toimintaympäristön siistinä pitäminen. Ehkäisevä kunnossapito pyrkii havaitsemaan vikaantumisen ja korjaamaan sen, ennen kuin vika pysäyttää koneen. (Järviö 2011, 50, 73.)

Ehkäisevä kunnossapito on suurimmaksi osaksi suunniteltua ja säännöllistä toimintaa. Sitä suoritetaan koneen käydessä ja erilaisten seisokkien yhteydessä. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu myös ennustava kunnossapito. Sillä pyritään selvittämään koneiden ja osien kuntoa erilaisin mittauksin. Tällaisia mittaustekniikoita voi olla esimerkiksi värähtelyanalyysit, öljyanalyysit ja lämpökuvaus. (Järviö 2011, 72–73.)

3.2 Perusteet ehkäisevälle kunnossapidolle

Koneiden luotettava toiminta edellyttää vähäistä häiriöiden määrää. Koneen on suoritettava haluttu toiminto suunnitellulla tavalla eli luotettavasti. Kunnossapitoorganisaation toiminnan täytyy olla hallittua ja systemaattista, jotta kunnossapidon toiminta olisi tehokasta ja tuottavaa. Reagoivalla kunnossapitostrategialla tämä ei ole mahdollista. (Järviö 2011, 73.)

Prosessin luotettavuus voidaan asettaa tasoon täysin varma ehkäisevän kunnossapidon keinoin. Täysin varman varmuustason tavoittelu on usein liian kallista tavanomaiselle teollisuudelle, jolloin tavoiteltava luotettavuustaso asetetaan matalammalle tasolle. Kuviossa 5 on esitetty suunnitellun kunnossapidon kustannuksia verrattuna kokonaiskustannuksiin. Luotettavuustason määrittäminen on siis taloudellinen asia. Kuvio 5 havainnollistaa, kuinka paljon ennakoivaa kunnossapitoa tulisi suorittaa, jotta se olisi taloudellisesti järkevää. Pelkkä prosessien arviointi euroina ei riitä vaan on arvioitava myös prosessit, jotka saattavat aiheuttaa ympäristö- tai henkilövahinkoja. (Järviö 2011, 73.)



Kuvio 5. Suunnitellun kunnossapidon vaikutus kokonaiskustannuksiin (Marjakoski 2012, 12)

Kunnossapidon suunnitelmallisuuteen ja aikataulutukseen vaikuttaa ehkäisevän kunnossapidon tehokkuus. Tehokkaassa kunnossapidossa 80 prosenttia työkuormasta on tiedossa jo kolme viikkoa etukäteen. Tämä mahdollistaa sen, että työt voidaan suunnitella etukäteen ja suoritettavat työt haittaavat tuotantoa mahdollisimman vähän. Lisäksi varaosat ja tarvikkeet voidaan varata etukäteen. Jos vikaantuminen havaitaan vasta vikaantuminen ilmetessä, aikaa ei jää tarpeeksi suunnittelulle ja varautumiselle. (Järviö 2011, 73.)

Ehkäisevää kunnossapitoa on järkevää suorittaa silloin, kun puutekustannuksen aiheuttamat vahingot ja menetykset ovat suuremmat kuin ehkäisevän kunnossapidon kustannukset. Ennakkohuoltoa on kannattavaa suorittaa ainoastaan silloin, kun kohteelle ja ehkäistävälle vikamuodolle on olemassa tehokas ennakkohuoltomenetelmä. (Järviö 2011, 73.)

3.3 Kunnossapito-ohjelman suunnittelu

Teollisuudessa käytetään paljon termiä ennakkohuolto. Standardin mukaan tulisi käyttää termiä huolto. Huolto on jaksotetun kunnossapidon toimenpide. Se sisältää kohteen tarkastamisen, säädön, puhdistamisen, rasvauksen, öljynvaihdon, suodattimen vaihdon ja muut vastaavat toimenpiteet. Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään suunnitelluin jaksoin, esimerkiksi kalenteriajan, käyttötuntien tai energian käytön mukaisesti. (Laine 2010, 123.)

Laitevalmistajat ja tuotantolinjojen toimittajat antavat laitteiden mukana huolto-ohjelman. Kunnossapitotyöt voidaan aloittaa nojautuen toimitettuun ohjelmaan. Valmiisiin huolto-ohjelmiin on kuitenkin suhtauduttava kriittisesti, sillä laitevalmistajat tekevät huolto-ohjelmia, jotka minivoivat laiterikkoja. Käytännössä tämä tarkoittaa turhia kunnossapitotehtäviä. Laitetoimittajalla ei ole tiedossa laitteen todellisia käyttöolosuhteita, jolloin se suunnittelee huolto-ohjelman keskivertokäytöllä. Tuotantolaitoksen tehtäväksi jää soveltaa huolto-ohjelmaa vastaamaan omia käyttötarkeitaan. Huolto-ohjelman laatimisessa ja kunnossapitotoimenpiteiden kohden-

tamisessa on hyvä edetä taulukon 3 esitetyn järjestyksen mukaisesti. (Laine 2010, 123.)

Taulukko 3. kunnossapito-ohjelman laatiminen (Laine 2010, 123, muokattu)

1.	Laitteen jakaminen huoltokohteisiin
2.	Kohteen vikaantumismekanismien arviointi
3.	Kunnossapitotoimenpiteen valinta – tarkastukset – määräaikaishuollot – puhdistukset
4.	Luotettavuuden arviointi – konstruktio muutosten kirjaus
5.	Kunnossapitotoimenpiteiden ajoitus vuoden jaksolle – toimenpiteiden niputtaminen ja ajoittaminen
6.	Huolto-ohjeiden luominen
7.	Dokumentointi
8.	Loppuarviointi

3.4 Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu kriittisyysanalyysin avulla

Kunnossapitosuunnitelman lähtötietojen tuottamiseen voidaan käyttää kriittisyysanalyysiä. Kriittisyysanalyysiä voidaan käyttää myös hankintavaiheen tukena määriteltäessä hankittavan kriittisen laitteen ominaisuuksia, laatutasoa ja vastaanottokriteerejä. Kriittisyysanalyysi on osa riskien hallintaa. Se auttaa riskien tunnistamisessa ja vahinkotapahtumien ennakkoinnissa. Sen avulla voidaan selvittää riskien kohteet, luonteet ja niiden toteutumisen todennäköisyydet seurauksineen. (PSK6800, 2008,2–3.)

Kriittisyysanalyysiä tehtäessä ensimmäinen vaihe on määritellä tarkasteltava alue. Alue voi olla koko tehdas, jokin sen osasto tai muu rajattu kohde. Työryhmäarviointia

käytetään tehtäessä laitekohtaista kriittisyysarviointia. Kriittisyyden arviointiin käytetään seuraavia tekijöitä: vikaväli, turvallisuusvaikutukset, ympäristövaikutukset, tuotannon menetys, lopputuotteen laatukustannutus ja korjauskustannus. Kriittisyysindeksi lasketaan kaavalla: (PSK6800, 2008 2–3.)

$$K = p(W_s M_s + W_e M_e + W_p M_p + W_q M_q + W_r M_r)$$

jossa,

p on vikaväli

W_s on turvallisuusriskien painoarvo

M_s on turvallisuuskerroin

W_e on ympäristöriskien painoarvo

M_e on ympäristöriskien painokerroin

W_p on tuotannon menetyksen painoarvo

M_p on tuotannon menetyksen painokerroin

W_q on laatukustannusten painoarvo

M_q on laatukustannusten painokerroin

W_r on korjauskustannusten painoarvo

M_r on korjauskustannusten painokerroin.

Kertoimet ja painoarvot esitetään tarkemmin liitteessä 2. Liitteessä 2 esitetyt painoarvot ovat esimerkin omaisia. Kriittisyyskartoituksessa arvioidaan, sopivatko painoarvot sellaisenaan sovellettavalle teollisuuden toimialalle vai onko niitä tarpeen muuttaa. (Mikkonen 2009, 148–150.)

Seuraavassa vaiheessa listataan taulukkoon tarkasteltavat laitteet. Niille valitaan kertoimet kokemuspohjaisen tiedon perusteella. Kertoimien valinta suoritetaan ryhmätyönä. Ryhmätyössä yhdistyy kaikkien ammattiryhmien kokemus ja osaaminen. Näin saadaan huomioitua, että kertoimet vastaavat mahdollisemman hyvin todennäköisyyttä. Työryhmässä olisi hyvä käyttää myös ulkopuolisia asiantuntijoita, esimerkiksi laitetoimittajia tai asiaan perehtyneitä konsultteja. (Mikkonen 2009, 150.)

Syötettyjen kertoimien ja määrittelyjen parametrien perusteella voidaan laitteille laskea kriittisyysindeksi. Kriittisyysindeksin arvo kuvaa arvioitujen laitteiden kriittisyyttä suhteessa toisiinsa. Kriittisyysluokittelu suoritetaan lajittelemalla laitteet kriittisyysindeksin mukaiseen järjestykseen. Kriittisyyskartoituksen avulla saadaan alueen laitteet järjestettyä niiden kriittisyyden kannalta. Kriittisyysanalyysin jälkeen määritetään kokemusperäisesti raja-arvo, jota suuremman kriittisyyden saaneille laitteille tehdään tarkempi tarkastelu. (Mikkonen 2009, 150–151.)

3.5 Kunnonvalvonnan menetelmät

3.5.1 Aistinvaraiset havainnot

Aistinvaraiset havainnot ovat tärkeässä asemassa vielä nykyisinkin, vaikka niitä korvaamaan ja täydentämään käytetään yhä enemmän erilaisia mittausmenetelmiä. Aistinvaraista valvontaa kannattaa käyttää myös laitteille, jotka ovat mittaavan kunnonvalvonnan piirissä. Aistivaraisten valvonnan piirissä on lukumääräisesti eniten laitteita. Ihmisen viisi aistia ovat näkö, kuulo, tunto, haju ja maku. Ihminen muodostaa kokonaiskuvan kaikkien näiden aistien yhteisvaikutuksesta. Näkö- ja tuntoaisti ovat tärkeimmät aistit kunnonvalvonnan kannalta. Kuulo- ja hajuaisti ovat myös tärkeitä kunnonvalvonnassa. (Mikkonen 2009, 418–419.)

Ihmisen aisteja voidaan hyödyntää monipuolisesti kunnonvalvonnassa. Käytettäessä aisteja kunnonvalvonnassa täytyy kuitenkin muistaa, että aistien herkkyydessä on yksilöllisiä eroja, herkkyys laskee iän myötä. Myös ihmisten vireystila vaikuttaa aistien herkkyyteen, lieväkin sairaus laskee herkkyyttä ja ympäristön aiheuttamat häiriöt vaikeuttavat aistihavaintojen tekemistä. (Mikkonen 2009, 421.)

Näköaistin avulla voidaan tarkkailla laitteiden tiiveyttä. Alkava nestevuoto voidaan havaita vuotokohdan kosteutena. Pidemmälle edennyt vuoto näkyy tiputuksena. Vuotoa voidaan tarkkailla laskemalla, montako tippaa vuotokohdasta tulee minuutissa. Voitelun toimintaa voidaan tarkkailla näköhavainnoin. Näköhavainnon avulla voi-

daan tarkkailla öljynmäärää, virtausta, väriä, vaahtoamista ja epäpuhtautta. Käyttämällä apuvälineitä näköaistin tukena saadaan lisättyä näköaistin avulla tehtäviä havaintoja. (Mikkonen 2009, 422–423.)

Kuuloaistia voidaan käyttää kunnonvalvonnassa, mutta se vaatii paljon tietoutta ja kokemusta. Ihmisen kuullessa uuden äänen ihminen vertaa sitä muistiinsa tallentuneisiin ääniin. Kunnonvalvonnan kannalta tämä on hyvä ominaisuus. Kuuloaistia käytettäessä täytyy ottaa huomioon, että ympäristöstä tulevat äänet vaikeuttavat kunnonvalvontaa. Haasteita kuuloaistin käytössä aiheuttaa ympäristön muutokset, sillä ne vaikuttavat äänen heijastuksiin, sää olosuhteet vaikuttavat ääniin ja meluisissa kohteissa joudutaan käyttämään kuulosuojaimia. Äänen kuuntelu tulee olla toistettavissa. Äänien analysointi vaatii hyvää kohteen rakenteen ja käytön tuntemusta. (Mikkonen 2009, 424.)

Tuntoaistia voidaan käyttää erityisesti värinän, lämpötilan ja kaasuvuotojen tarkkailuun. Tuntoaistia käytettäessä tulee huomioon muun muassa, että tuntoaisti reagoi värähtelyn mataliin taajuuksiin herkemmin kuin korkeisiin. Tuntoaisti ei ole riittävän tarkka värähtelyjen arvioinnissa. Lämpötilan valvonnassa tuntoaistin yläraja on +30 astetta. Tuntoaisti on hyvä menetelmä lämpötilan valvonnassa. (Mikkonen 2009, 425.)

Hajuaistin avulla voidaan havaita vuotoja. Hajuaistin avulla on mahdollista tunnistaa vuotava aine. Koneiden kuumentuessa liikaa voidaan se havaita hajun perusteella. Hajuaistia käytettäessä on otettava huomioon kaasujen terveydelle haitalliset ominaisuudet ja otettava huomioon työturvallisuusnäkökohdat. (Mikkonen 2009, 427.)

3.5.2 Lämpökamera

Lämpökamera vastaanottaa lämpösäteilyä. Se mittaa kuvauskohteen pinnasta lähtevää lämpösäteilyä. Lämpökameralla saadaan nopeasti lämpötieto suurelta alueelta kerrallaan. Lämpökamerassa oleva ilmaisinkenno eli ilmaisimatriisi havaitsee kohteen lämpösäteilyn voimakkuuden ja muuttaa sen lämpötilatiedoksi. Lämpötilatiedon avulla lämpökuva muodostetaan digitaalisesti reaaliajassa. Lämpökameroiden mittaustarkkuus on tyypillisesti joitakin asteen kymmenesosia. (Mikkonen 2009, 444–445.)

Lämpötilakameran etu on se, että sillä saadaan suuri määrä lämpötilatietoa suurelta alueelta samanaikaisesti. Lämpökameraa voidaan käyttää lämpövuotojen paikallistamiseen, sähkökäyttöjen lämpötilan mittaukseen ja koneenosien, kuten vaihdelaatikkojen lämpötilajakautumisen määrittelyyn. (Mikkonen 2009, 446.)

Sähkömoottoreita voi rasittaa vinokuormitus, huono voitelu, vioittunut laakerointi tai ylikuorma. Lämpökameran avulla voidaan löytää ongelmalliset moottorit nopeasti. Sähköliitosten lämmöt alkavat nousta nopeasti, jos niihin syntyy ylimenovastusta. Lämpökuvauksen avulla on mahdollista löytää heikot liitokset ja näin varmistaa sähkönjakelun toimivuus. (Lämpökuvaussovelluksia 2013.)

4 Kunnossapidon tietojärjestelmät

4.1 Kunnossapitojärjestelmän sisältö

Kunnossapidon toiminnanohjaukseen ja materiaalivirtojen hallintaan tarkoitettuja ohjelmia kutsutaan kunnossapidon tietojärjestelmiksi. Niistä on tarvittavat yhteydet muihin tuotantolaitoksen tietojärjestelmiin. Kunnossapidon tietojärjestelmiä käyttävät oma kunnossapito, tuotanto ja kunnossapitoa mahdollisesti hoitava ulkopuolinen yritys. Kunnossapidon tietojärjestelmässä työntekijät ovat nykyisin tärkeässä asemassa ja he vastaavat suurelta osalta tiedon syöttämisestä järjestelmään. Järjestel-

mään saattaa sisältyä myös spesifiointi, tarjouspyyntö, tarjouksen käsittely, tilaus, valmistuksen valvonta, sekä tilausvalvonta. (kunnossapito menestystekijä 2013.) Kuviossa 6 on esitetty kunnossapidon tietojärjestelmän päätoiminnot ja liittymät.



Kuvio 6. Kunnossapidon tietojärjestelmän päätoiminnot ja liittymät (kunnossapito menestystekijä 2013)

4.2 Kunnossapitojärjestelmän hyödyntäminen ennakko- ja huoltoissa

Ennakkohuoltojärjestelmän avulla hallitaan määräajoin tehtäviä huolto-, tarkistus-, mittaus- ja puhdistustöitä. Kunnossapitojärjestelmään kirjataan ennakko- ja huolto-ohjelmaan kuuluville laitteille suoritettavat toimenpiteet sekä työn jaksotus. Ennakkohuoltotöitä jaksotetaan yleisimmin kalenteri-, käyntitunti- tai tuotantomääräperusteisesti. Ennakkohuoltotöiden ajoitus voi perustua myös laitteilta saatavaan reaaliaikaiseen kuntotietoon, mutta tämä vaatii kehittyneitä ennakko- ja huoltojärjestelmiä. (Järviö 2011, 233.)

Määräajoin tehtävien ennakko- ja huoltotöiden hyvänä puolena on, että suoritettavat ennakko- ja huoltotyöt, resurssit ja materiaalit tarpeet voidaan suunnitella pitkälle ajalle etukäteen. Ennakkohuollon viikkotyölistojen suunnittelu ja ylläpito säilyy melko yk-

sinkertaisena, koska aikataulu pysyy suhteellisen muuttumattomana. Kiinteän aikataulutuksen heikkoutena on, että se ei reagoi laitteiden olosuhdemuutoksiin. Huoltovälit ja suoritettavat toimenpiteet määritellään keskiarvo-olosuhteiden mukaan. Tästä seuraa se, että kevyesti kuormitettuja laitteita huolletaan liian usein ja raskaasti kuormitettuja laitteita huolletaan liian harvoin. (Järviö 2011, 233.)

Ratkaisu ongelmaan on laitteen kunnon tai tuotantoprosessin tuotteen ominaisuuksien mittaaminen ja huolto-ohjelman sopeuttaminen tämän tiedon mukaan. Ongelmaksi saattaa kuitenkin muodostua kustannukset, sillä luotu järjestelmä ei saa olla kustannuksiltaan kalliimpi kuin mitä optimoinnilla voidaan säätää. (Järviö 2011, 233–234.)

Huoltotoimenpiteistä kirjataan kunnossapidontietojärjestelmään muun muassa seuraavat tiedot:

- toimenpiteen nimi
- toimenpiteen kohde
- kuvaus toimenpiteestä
- tarvittavat työkalut ja materiaalit
- huoltoryhmä
- reittinumero, jos huoltotoimenpiteet on reititetty
- huoltoväli
- suoritettava resurssi
- arvioitu aika.

Hyvin toimiva järjestelmä on sekä työnjohdon, että töiden suorittajien työkalu.

Työnjohtajat määrittelevät ja ohjeistavat työt. Työn suorittajat ajavat työlistat ja kuitaavat palautetiedot omilta työasemiltaan järjestelmään.

(Kunnossapito menestystekijä 2013.)

Ennakkohuoltoon voi kuulua myös monenlaisia kunnonmittauksia. Kehittyneisiin mitausjärjestelmiin, kuten laakerien kunnonmittausjärjestelmään liittyy myös tietotek-

niikkaa ja ohjelmia, jotka menevät toiminnallisuuksiltaan osittain päällekkäin kunnossapitotietojärjestelmän kanssa. Näissä tapauksissa täytyy päättää, kummassa järjestelmässä toiminto käsitellään vai liitetäänkö järjestelmät toisiinsa integroiduksi kokonaisuudeksi. Yksi vaihtoehto on myös erilliset järjestelmät, jotka vaihtavat tietoa liitymän kautta. (Järviö 2011, 234.)

4.3 ERP-järjestelmät

Toiminnanohjausjärjestelmä ERP (Enterprise Resource Planning) on yrityksen tietojärjestelmä, joka ohjaa yrityksen toimintaa. Sen tavoitteena on yhdistää eri toimintoja. Järjestelmän avulla voidaan ohjata esimerkiksi tuotantoa, varastohallintaa, kunnossapitoa, erilaisia projekteja, palkanlaskentaa, laskutusta ja kirjanpitoa. Toiminnanohjausjärjestelmä koostuu erilaisista ohjelmamodulaareista, jotka voidaan rakentaa asiakkaan tarpeita vaativaksi. Toiminnanohjausjärjestelmä toimii yrityksen ydinjärjestelmänä, joka kokoaa tiedon yhteen paikkaan yrityksen muista pienemmistä ohjelmistokokonaisuuksista. (Mikkonen 2009,121.)

4.4 SAP-toiminnanohjausjärjestelmä

SAP (System Applications and Products in Data Processing) on johtava liiketoimintaratkaisujen toimittaja maailmassa. Ohjelmaa voidaan käyttää yrityksen toiminnanohjausjärjestelmänä. SAP-toiminnanohjausjärjestelmä pitää sisällään kunnossapitomoduulin, jota käytetään kunnossapidon toiminnanohjaukseen. (SAP: Tietotekniikkaan pohjautuvaa liiketoiminnan innovaatioita 2013.)

SAP kunnossapitomoduli toimii kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmänä. SAP-kunnossapitomoduli sisältää prosessin hierarkiatiedot, ennakkohuoltojärjestelmän, korjaavan kunnossapitojärjestelmän, kunnossapidon historiatiedot, kunnossapito projektit ja lisäksi siihen on mahdollista lisätä muita kunnossapidon työkaluja. Kunnossapitojärjestelmä on integroitu myös muihin järjestelmiin. Esimerkiksi kunnossapidon varaston hallinta onnistuu SAP-järjestelmän avulla. (SAP Library – Plant maintenance 2013.)

5 Laitosmieskierrokset

Opinnäytetyön aiheena oli DuPont Jämsänkosken tehtaan ehkäisevän kunnossapito-ohjelman päivittäminen. Opinnäytetyön tehtävänä oli koota käynninaikaiset ehkäisevät kunnossapitotoimenpiteet aluekohtaisiksi laitosmieskierroksiksi ja kirjata ne toiminnanohjausjärjestelmä SAPIin. Tavoitteena oli saada päivitetty käynninaikaisen ehkäisevän kunnossapidon ohjelma. Sen avulla voitaisiin tehostaa kunnossapidon työnsuunnittelua.

5.1 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön aiheen pohjalta tutkimusmenetelmäksi valikoitui empiirinen tutkimus. Ennakkohuoltojen nykytilan selvittämiseen ja laitosmieskierrosten luomiseen käytettiin kvalitatiivista eli laadullista tutkimusotetta ja kehittämishankkeen metodia. Laadullisessa tutkimuksessa tutkimusta muokataan soveltuvien osien tutkittavan kohteen mukaiseksi ja tulokset annetaan ei-numeerisessa muodossa. Laadullinen tutkimus suoritetaan tekemällä haastatteluja, havaintoja ja kirjallisia kertomuksia. Tutkimus analysoidaan tiivistetysti. Työssä tuodaan esille vain tutkimuksen kannalta olennaisia asioita. (Jurvelin 2012, 12–18.) Laadullisen tutkimuksen tulee sisältää myös aiheeseen liittyvää teoriaa, jos halutaan säilyttää tutkimuksen status. (Tuomi & Sarajärvi 2012, 19.)

Ongelmalähtöisyys ja pyrkimys saavuttaa tuloksia suunnitelmallisen toiminnan kautta ovat ominaisia kehittämishankkeille. Työn alussa työlle asetetaan tavoitteet. Lisäksi työlle voidaan asettaa mittareita tavoitteiden saavuttamiselle. Tutkija osallistuu itse tutkittavan kohteen toimintaan projektin aikana. (Jurvelin 2012, 27.)

Tämän opinnäytetyön toteutusvaiheen aikana kävin tehdasvierailulla yrityksessä. Vierailujen tarkoituksena oli tutustua nykyiseen ennakkohuoltojärjestelmään ja luoda vierailujen aikana käynninaikaiset laitosmieskierrokset. Vierailujen aikana tein haastatteluja kunnossapitohenkilökunnalle ja kunnossapitoinsinöörille, jotta sain tietoa

käynninaikana suoritettavista ehkäisevän kunnossapidon töistä. Haastattelut suoritettiin tehdashallissa samalla tutustuen aikaisempaan ehkäisevän kunnossapidon suunnitelmaan.

5.2 Lähtötilanne

Ennen opinnäytetyöntekoa yrityksessä oli käytössä laitekohtainen ennakkohuolto-suunnitelma myös käynninaikaisten tarkastusten osalta. Tämä aiheutti kunnossapitojärjestelmään suuren määrän yksittäisiä työtilauksia. Tästä syystä ehkäisevän kunnossapidon töiden järkevä suunnittelu oli haastavaa. Lisäksi töiden suorittamisen seuranta oli hankalaa ja lisäresurssien tarve oli hankalaa arvioida ja kohdistaa tehokkaasti. Yrityksessä oli tunnistettu tarve painottaa suunniteltua kunnossapitoa aikaisempaa enemmän. (Raatikainen 2013.)

Kunnossapitojärjestelmässä ei ollut täysin huomioitu laitteiden kriittisyyttä. Erilaisten laitteiden vaatimia yksityiskohtaisia tarkastus- tai huoltotoimenpiteitä ei ollut huomioitu kunnossapitojärjestelmässä. Esimerkiksi pumpuille oli merkitty ennakkohuoltotöitä, joita ei ollut kuitenkaan käynninaikaisen tarkastuskierroksen puitteissa mahdollista suorittaa. Lisäksi aikaisemmassa ehkäisevän kunnossapidon suunnitelmassa ei ollut täysin huomioitu joidenkin laitteiden rakenteen, kuten suojausten, aiheuttamia haasteita tai suoranaisia esteitä käynninaikaisille tarkastuksille. Laitteen osittain purkaminen suojausten poistamiseksi käynnin aikana ei ole sallittua ja aiheuttaisi tapaturmariskin lisäksi riskin aiheuttaa kohteelle vikaantumisia, mikä ei ole toivottua. Tämä aiheutti järjestelmään huomattavan määrän virheellistä tai epätarkkaa tietoa. (Raatikainen 2013.)

5.3 Laitosmieskierrosten suunnittelu ja toteuttaminen

Laitosmieskierrosten suunnitteleminen aloitettiin miettimällä järkevät rajaukset kierroksille. Kierrokset rajattiin rakennusten fyysisen sijainnin perusteella. Toinen vaihtoehto olisi ollut tehdä rajausta prosessin toimintajärjestyksen mukaan. Kierrosten ra-

jaaminen rakennusten fyysisen sijainnin mukaan antoi suuremman liikkumavaran kierrosten suunnittelussa.

Saatuani valmiiksi alustavan jaon laitosmieskierroksille aloin tehdä laitosmieskierroksia. Kierrosten suunnitleminen alkoi tutustumalla SAP:ssa alueella oleviin laitteiden ehkäisevän kunnossapidon suunnitelmiin. Yksi ongelma työssä oli se, että SAPissa ehkäisevän kunnossapidon tietoja ei ollut rajattu samalla lailla kuin tekemässäni työssä. Lisäksi SAPissa olevat ehkäisevän kunnossapidon suunnitelmat olivat kirjauteltaan epätarkkoja. SAPissa olevassa tehdashierarkiassa oli myös puutteita ja vanhentuneita tietoja.

Laitosmieskierrokset pyrittiin tekemään kestoaltaan samanmittaisiksi, jotta ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu pysyisi yksinkertaisena. Työn alussa yhden laitosmieskierroksen kestoksi arvioitiin noin kaksi tuntia. Työtä tehdessä huomasin, että laitosmieskierrosten suorittaminen ei useassa paikkaa tulisi kestäämään suunniteltua aikaa. Suoritin työn aikana muutaman laitosmieskierroksen arvioidakseni laitosmieskierrosten kestoa. Kierrokset kestivät noin tunnin ajan. Tämän tiedon avulla ja kunnossapidon henkilöiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella päädyin siihen, että yhden kierroksen suunniteltu kesto aika olisi noin tunti. Eri laitosmieskierrosten kestoajoissa on kuitenkin hieman vaihtelua, sillä toisilla alueilla oli huomattavasti enemmän suoritettavia toimenpiteitä kuin toisilla.

Laitosmieskierrokset sisältävät suuren määrän erilaisia laitteita, mille tehdään ehkäisevää kunnossapitoa. Yleisimpiä laitteita laitosmieskierroksissa ovat pumpput, sähkömoottorit, taajuusmuuttajat, kytkimet, laakeroinnit ja vaihteet. Laitosmieskierrokset sisältävät myös tarkastuksia, esimerkiksi hätä- ja silmäsuihkun tarkastuksen.

Laitosmieskierrosten päätarkoituksena on käynninvarmistus. Kierrosten avulla pyritään pitämään laitteet mahdollisimman hyvässä toimintakunnossa ja havaita mahdollisia alkavia vikaantumisia ennalta. Kierrosten aikana suoritetaan laitteiden rasvauksia, tarkkaillaan mahdollisia alkavia vuotoja ja tarkastetaan laitteiden puhtautta. Kier-

rosten aikana havainnoidaan epänormaaleja ääniä, värinöitä ja lämpötiloja. Kierrosten aikana tehdään tarkastuksia esimerkiksi hihnoille ja hätä- ja silmäsuihkuille ja tarkastetaan kohteiden öljynpinnan tasoa ja öljyn virtausta. Lisäksi tarkastetaan suodattimien puhtaus. Sähkötiloille ja osalle sähkömoottoreita laadittiin omat kierrokset. Näiden kierrosten aikana tehdään lämpökuvaus taajuusmuuttajille, kytkimille ja liitoksille. Kierrosten aikana havaitut lyhytkestoiset työt suoritetaan välittömästi. Kestoltaan pidempiaikaista tai tuotannon pysäytyksen vaativista töistä kirjataan viikailmoitus kunnossapitojärjestelmään.

6 Laitosmieskierrosten soveltaminen käytäntöön

6.1 Laitosmieskierrosten implementointi

Laitosmieskierrokset kirjattiin SAP-toiminnanohjausjärjestelmään. Jokaisesta laitosmieskierroksesta tehtiin uusi ehkäisevän kunnossapidon suunnitelma SAP-ohjelmaan. Kunnossapitosuunnitelmaan tuli kirjata lukuisa määrä tarpeellisia tietoja, jotta voitiin luoda uusi kunnossapitosuunnitelma. Siihen kirjattiin esimerkiksi kunnossapitosuunnitelman nimi, kohteen tiedot ja jaksotus uusille työtilauksille.

Kohteen tietoihin valittiin oikea tehdas ja määritettiin tehdashierarkiasta sopiva alue kuvaamaan suoritettavaa laitosmieskierroksen aluetta. Kohteen tietoihin valittiin tilauksen tyyppi. Se oli PM03 eli ennakkohuolto. Lisäksi kohteen tietoihin määritettiin vastuullinen työpiste. Vastuullisena työpisteenä työssä käytettiin mekaanista kunnossapitoa ja automaatiokunnossapitoa. Kohteen tietoihin lisättiin myös kaikki ne laitepaikkojen tiedot, missä tehdään ennakkohuoltoa. Kuviossa 7 näkyy kohteeseen syötetyt tiedot. Näiden tietojen syöttämisen jälkeen voitiin alkaa määrittää suoritettavia töitä.

The screenshot displays the SAP Maintenance Planner interface with the following sections:

- Item:** Maintenance Item 35253, Laitosmieskierros tehdashalli
- Reference object:** Functional loc. 491/90/XR-011, PÄÄRAKENNUS; Equipment and Assembly fields are empty.
- Planning Data:**
 - Planning plant: 491, Genencor Non Production Jämsä.
 - Order Type: PM03, Preventive Maintenance order
 - Main WorkCtr: MAINT / 491, MAINTENANCE
 - Priority: 4-Later
 - Sales Document: /
 - Maint. Planner Group: ME, Mechanic
 - MaintActivityType: SPM, Preventive Mainten...
 - Business Area:
 - Settlement Rule:
- Task List:**

Typ	Task LstGrp	GrpCr	Description
A	491K0011	1	Tehdashallin alataso

Kuvio 7. Ehkäisevän kunnossapidon työtilauksen määrittäminen

Suoritettavat työt lisättiin järjestelmään. Vapaaseen tekstikenttään kopioitiin aikaisemmin luotu tiedosto laitosmieskierroksista. Työlle määritettiin kesto aika ja tarvittavat resurssit. Kuviossa 8 näkyy työlle syötettyjä arvoja. Näiden tietojen perusteella järjestelmä osaa laskea työhön käytetyn ajan. Lisäksi tässä vaiheessa määritettiin töiden intervalli eli jaksotus. Ajoitus vaihteli kohteiden mukaan. Tyypillinen intervalli töille oli kaksi kuukautta. Joissain kohteissa intervalli oli yksi vuosi. Resurssina käytettiin yhtä henkilöä.

Group	491K0011 Tehdashallin alataso		Grp.Countr	1
Operation/Suboperation	0010	/		
Standard text key				
Operation short text	Tehdashallin alataso ja peltitaso			☒
Work Center / Plant	MAINT	/	491	MAINTENANCE
Control key	PM01	Plant maintenance - internal		
Assembly				
System Condition	1	in operation		
Execution factor	1	☐ Fixd Operation Qty		

Standard values			
Work	1,0	H	Activity Type
Number	1		Percent
Normal duration	1,0	H	Calculation key
			1 Calculate duration
			Int. dist. key

Wages	
No. of Time Tickets	
Wage group	
Wage Type	
Suitability	

Kuvio 8. Ehkäisevän kunnossapidon suoritus ajan ja resurssien määrittely

Laitosmieskierrosten aloituspäiväksi määritettiin se päivä, jolloin kierros luotiin järjestelmään. Järjestelmä luo automaattisesti annettujen parametrien avulla uuden työtilauksen. Työtilaus tulee järjestelmään noin viikkoa ennen varsinaista työnsuorituspäivää. Järjestelmä alkaa laskea uutta aikaa seuraavalle työlle, kun edellinen työ on merkitty tehdyksi. Suoritettuaan laitosmieskierroksen kunnossapidonhenkilö merkitsee kunnossapitojärjestelmään työn tehdyksi.

Kunnossapitojärjestelmään on mahdollista syöttää ehtoja työn suoritusajankohdasta. Esimerkiksi siihen voidaan määrittää ajankohta, milloin työ saadaan aikaisintaan suoritettua, ja ajankohta milloin, työ on viimeistään suoritettava. Tässä työssä ei koettu tarpeelliseksi hyödyntää tätä ominaisuutta.

6.2 Opinnäytetyöllä saavutetut hyödyt

Laitosmieskierrosten luomisella saavutettiin lukuisia hyötyjä. Laitosmieskierrosten luomisen ansiosta kunnossapitojärjestelmästä väheni huomattava määrä yksittäisiä työtilauksia. Yksittäiset työtilaukset korvautuivat laitosmieskierroksilla. Työtilaukset vähenivät arviolta 70 prosentilla aikaisemmasta. Kierrosten tarkkaa sisältöä, eikä määrää käsitellä tässä opinnäytetyön raportissa, koska ne on määritetty salaiseksi tiedoksi. Vähentynyt työtilausten määrä selkeyttää ja virtaviivaistaa ehkäisevän kunnossapidon töiden suunnittelua. Töiden suunnittelu tehostaa ajankäyttöä ja vähentää kunnossapidon kiirettä, kun resurssit on varattu hyvissä ajoin. Suunnitellun työn osuus lisääntyy verrattuna suunnittelemattomiin töihin.

Alkavat vikaantumiset voidaan löytää varhaisemmassa vaiheessa kuin ennen laitosmieskierrosten tekemistä. Laitosmieskierrokset kattavat koko tehdasalueen, ja niissä käydään järjestelmällisesti lävitse lähes kaikki tehtaan laitteet. Tarkastukset perustuvat suurelta osin aistien käyttöön, joten on paljon työn suorittajan ammattitaidosta kiinni, kuinka tehokkaasti alkaviin vikaantumisiin päästään käsiksi. Tavoitteena on lisätä tarkastusten kautta tulevia vikailmoituksia ja siten tehostaa ehkäisevän kunnossapidon toimintaa.

Laitosmieskierrosten ansiosta ehkäisevän kunnossapidon historiatiedot ovat helpommin ja luotettavimmin kirjattavissa kunnossapitojärjestelmään. Merkitsemällä laitosmieskierroksen tehdyksi, tulee yhdellä merkinnällä merkityksi kaikki sen alueen ehkäisevän kunnossapidon työt. Tämä mahdollistaa myös helpomman ja paremman ehkäisevän kunnossapidon töiden seurannan ja mittarionnin.

Päivitetystä ehkäisevän kunnossapidon suunnitelmassa käynninaikaiset toimenpiteet ovat ajanmukaisia ja kattavat nykyisen laitekannan. Päivitetty ehkäisevän kunnossapidon suunnitelma antaa mahdollisuuden tarvittaessa hyödyntää ulkopuolisia resursseja käynninaikaisten ehkäisevän kunnossapidon suorittamisessa, sillä laitosmieskierrokset luotiin kuvaamaan mahdollisimman tarkasti suoritettavat toimenpiteet. Tämä

mahdollistaa laitosmieskierrosten jatkuvan suorittamisen myös siinä tilanteessa, jossa oma kunnossapito on estynyt suorittamasta käynninaikaisia ehkäisevää kunnossapitoa.

Laitosmieskierrosten aikana tarkastettiin, että kaikki suoritettavat työt ovat turvallisesti suoritettavissa. Työn aikana löydettiin lukuisia mahdollisia turvallisuusparannuksia. Esimerkiksi joidenkin sekoittajien laakeroinnin rasvaus vaati kiipeämistä säiliön päälle, mikä ei ole sallittua ilman putoamisvaljaita. Tällaiseen kohteeseen ehdotettiin putkitusta rasvattavaan kohteeseen, jotta rasvaus voitaisiin suorittaa turvallisesti hoitotasolta. Työssä kirjattiin erilliseen taulukkoon tämänkaltaiset kehityskohteet, jotta parannuksia voidaan jatkossa toteuttaa suunnitelmallisesti.

6.3 Suositeltavat jatkotoimenpiteet

Suoritetun opinnäytetyöntyön ansiosta kunnossapidon suunniteltujen töiden määrä lisääntyi. Kunnossapidontöiden suunnitelmallisuutta tulee lisätä, jotta kunnossapidon toimintaa saataisiin tehostettua ja parannettua entisestään.

Kehittämällä kunnonvalvontaa päästäisiin käsiksi alkaviin vikaantumisiin. Tämän tiedon ansiosta pystyttäisiin havainnoimaan paremmin alkavia vikaantumisia ja suunnittelemaan niiden korjaus ennen niiden vikaantumista. Yrityksessä ei ole tehty kriittisyysanalyysiä. Tehokkaan kunnonvalvonnan suunnittelu vaatii kriittisyysanalyysin tekemisen. Kriittisyysanalyysin perusteella tiedettäisiin tarkasti kriittisimmät prosessit ja laitteet. Tämä mahdollistaisi kunnossapidon rajallisten resurssien kohdistamisen tarkemmin oikeisiin kohteisiin. Kriittisyysanalyysin avulla voitaisiin parantaa myös käynninaikana suoritettavien töiden oikeaa jaksotusta.

Laitosmieskierroksia tulee ylläpitää jatkossa. Tehtäessä uusia investointeja tehtaalle tai poistettaessa tehtaalla käytössä olevia laitteita täytyy laitosmieskierroksia päivittää. Tällä varmistetaan, että niissä oleva tieto on ajantasaista. Kunnossapitojärjestelmän tietoja tulisi jatkuvasti päivittää, jotta tieto pysyy ajantasaisena.

Ehkäisevän kunnossapidon kehitys vaatii jatkuvaa parantamista. Mittauksen avulla pystytään seuraamaan ehkäisevän kunnossapidon kehitystä. Yrityksen tulisi ottaa käyttöön ehkäisevän kunnossapidon mittaus, jotta voitaisiin luotettavasti arvioida tulosten kehittymistä. Mittauksen avulla voitaisiin asettaa tavoitetasoja, johon tulisi pyrkiä.

Yrityksen olisi hyvä selvittää käyttäjäkunnossapidon mahdollisuutta kierrosten tekemisessä. Kierroksilla suoritettavat toimenpiteet olisivat mahdollista suorittaa käyttäjäkunnossapitona, mutta se vaatii käyttöhenkilökunnan perehdyttämisen käyttäjäkunnossapitoon.

6.4 Työn kriittinen tarkastelu

Opinnäytetyö pyrittiin tekemään mahdollisimman järjestelmällisesti käymällä lävitse kaikki tehtaan laitteet. Tästä huolimatta laitosmieskierrokset eivät välttämättä sisällä aivan kaikkia laitteita, joille olisi tarpeellista tehdä ennakkohuoltoa. Laitosmieskierrokset sisältävät suuren määrän laitteita, joten on myös mahdollista, että kirjausvaiheessa kunnossapitojärjestelmään on saattanut tulla virhe. Tällaisia kirjausvirheitä huomasin omassa työssäni useita. Pyrin kuitenkin korjaamaan havaitsemani virheet.

Laitosmieskierrosten ajoitus perustuu täysin kalenteriaikaan. Tämän toimintamallin heikkous on, että se ei ota huomioon tuotannon vaihteluita. On vaikeaa arvioida, onko määritetty jaksoitus optimaalinen laitteiden ennakkohuoltojen kannalta. Jaksotuksen oikea-aikaisuutta pystytään arvioimaan vasta useiden vuosien kuluttua.

Työssä ei määritetty tarkkoja rasvamääriä tai -laatuja rasvattaville kohteille, vaan se jätettiin kunnossapidon henkilöiden määritettäväksi. Heillä on paras kokemus ja tuntemus laitteiden oikeasta rasvauksesta. Tämän tiedon kirjaus laitosmieskierroksiin olisi voinut olla tarpeellista.

Kunnossapitojärjestelmän kautta on mahdollista seurata laitosmieskierrosten suoritamista. Kunnossapitotyöntekijä voi kuitenkin kirjata laitosmieskierroksen tehdyksi,

vaikka kaikkia kohtia työlistalta ei olisikaan tehty. Työntekijän vastuulla on tehdä laitosmieskierros annettujen ohjeiden mukaan.

Opinnäytetyössä käytettiin tutkimusmenetelmänä kvalitatiivista eli laadullista tutkimusotetta ja kehittämishankkeen metodeja. Tutkimusmenetelmä sopi mielestäni hyvin aiheen tutkimiseen ja laitosmieskierrosten suunnitteluun. Lisäksi opinnäytetyön tekemisessä käytettiin apuna tarvittavaa teoria-aineistoa. Laitosmieskierrosten suunnittelussa olisi voinut tutkia syvällisemmin laitevalmistajien antamia ohjeita ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteistä. Kokonaisuudessaan työmenetelmät olivat mielestäni oikeita ja riittävän syvälisiä, sillä laitosmieskierrosten suunnittelu ja toteutus onnistui hyvin.

7 Pohdinta

Opinnäytetyön aiheena oli Dupont Jämsänkosken tehtaan käynnin aikaisen ehkäisevän kunnossapito-ohjelman päivittäminen. Opinnäytetyön tavoitteena oli koota käynninaikaiset ehkäisevät kunnossapitotoimenpiteet aluekohtaisiksi laitosmieskierroksiksi ja kirjata ne toiminnanohjausjärjestelmä SAP:iin. Opinnäytetyön aikana saatiin tehtaalle luotua käynninaikana suoritettavat laitosmieskierrokset. Kierrokset kirjattiin toiminnanohjausjärjestelmä SAP:iin. Opinnäytetyön avulla ehkäisevän kunnossapidon toiminta tehostui.

Opinnäytetyössä muodostetut laitosmieskierrokset sisältävät yksityiskohtaiset kuvaukset suoritettavista toimenpiteistä. Tämä mahdollistaa sen, että laitosmieskierroksia voidaan antaa tehtäväksi ulkoistetulle resurssille, jos oma kunnossapito-organisaatio on estynyt tekemästä laitosmieskierroksia.

Yrityksen olisi hyvä selvittää käyttäjäkunnossapidon mahdollisuutta kierrosten tekemisessä. Kierroksilla suoritettavat toimenpiteet ovat mahdollista suorittaa käyttäjä-

kunnossapitona, mutta se vaatii käyttöhenkilökunnan perehdyttämisen käyttäjäkunnossapitoon.

Suurin haaste työssä oli löytää kaikki tarvittavat kohteet alueilta, joille oli tarkoitus tehdä ehkäisevää kunnossapitoa. Tässä työssä auttoi kunnossapitohenkilökunta ja kunnossapitojärjestelmästä löytynyt tieto. Kunnossapitojärjestelmän tieto ei ollut kuitenkaan aina päivitettyä. Laitosmieskierroksia tulee tarkastella kriittisesti tehdessä laitosmieskierroksia. Mahdolliset puutteet ja muutokset prosesseissa tulee päivittää laitosmieskierroksiin, jotta se pysyisi ajantasaisena.

Ehkäisevän kunnossapidon toimintaa tulee tehostaa tulevaisuudessakin. Tehtaalle tulee suorittaa kriittisyysanalyysi, jotta tiedetään tehtaan kriittisimmät prosessit ja laitteet. Kriittisyysanalyysin tietojen pohjalta on mahdollista kehittää kunnonvalvontaa. Kunnonvalvonnan avulla viat voidaan havaita jo ennen vikaantumista. Tällä tavoin olisi mahdollista tehostaa kunnossapidon toimintaa.

Lähteet

2012 Data Book. 2013. DuPonin sivuilla. Viitattu 15.5.2013.

<http://investors.dupont.com/phoenix.zhtml?c=73320&p=irol-irhome>, 2012 Data Book

Jurvelin, J. 2012. Tutkimuksen viitekehys. Luentomateriaali. PDF-tiedosto. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 23.4.2013. <http://www.jamk.fi/opiskelijoille>, Optima.

Järviö, J. 2011. Kunnossapito. 4. painoksen lisäpainos. Helsinki: KP Media.

Kunnossapito menestystekijä. N.d. Artikkelin opetushallituksen sivuilla. viitattu 20.4.2013. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html>, kunnossapidon tietojärjestelmän osa-alueet.

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

Käyttövarmuus, käytettävyys, luotettavuus. N.d. Artikkelin Ramentor Oy:n sivuilla. Viitattu 9.4.2013. <http://www.ramentor.com/etusivu/teoria/kayttovarmuus/>

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

Lämpökuvaussovelluksia. N.d. Artikkelin Infradex Oy:n sivuilla. Viitattu 24.4.2013. <http://www.infradex.com/sovellukset.html>

Marjakoski, M. 2012. Käyttövarmuus. Luentomateriaali. PDF-tiedosto. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 14.3.2013. <http://www.jamk.fi/opiskelijoille>, Optima.

Palmer, D. 2006. Maintenance Planning and Scheduling Handbook. Second Edition. New York: McGraw-Hill.

PSK 6201. 2011. Kunnossapito, käsitteet ja määritelmät. 3. p. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys. Viitattu 20.3.2013. <http://www.jamk.fi/kirjasto>, Nelli-portaali, PSK Standardit.

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. 3. p. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys. Viitattu 20.3.2013. <http://www.jamk.fi/kirjasto>, Nelli-portaali, PSK Standardit.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. p. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys. Viitattu 27.3.2013. <http://www.jamk.fi/kirjasto>, Nelli-portaali, PSK Standardit.

Raatikainen, M. 2013. Kunnossapitoinsinööri. DuPont. Haastattelu 14.5.2013

Rasinmäki, E. 2008. Genencor international Jämsänkosken tehdas. PowerPoint esitys. Intranet.

SAP Library – Plant maintenance. N.d. Artikkelin sivuilla. Viitattu 15.4.2013. http://help.sap.com/saphelp_47x200/helpdata/en/2b/1b713896fab752e10000009b38f889/frameset.htm, plant maintenance, preventive maintenance, maintenance plan.

SAP: Tietotekniikkaan pohjautuvaa liiketoiminnan innovaatioita. N.d. Artikkelin sivuilla. Viitattu 5.4.2013. <http://www.sap.com/finland/about/index.epx>

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2012. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Liitteet

Liite. 1 Ehkäisevän kunnossapidon tunnusluvut (PSK 7501 2010, 16)

Tunnus	Nimi	Yksikkö	Laskentakaava tai määrittely
Indicator	Name	Unit	Definition
M562.1	Ehkäisevä kunnossapito	euro	Jaksotettu kunnossapito+ Kunnonvalvonta+ Kuntoon perustuva suunniteltu korjaus
	<i>Preventive maintenance</i>		<i>Predetermined maintenance + Condition monitoring + Condition based planned repairs</i>
M562.2 (E16)	Ehkäisevän kunnossapidon osuus	%	<u>Ehkäisevä kunnossapito</u> Välittömät kunnossapitokustannukset
	<i>Share of preventive maintenance</i>		<i>Preventive maintenance</i> <i>Direct maintenance costs</i>
M562.3 (E16) (O18)	Ehkäisevän kunnossapitotyön osuus	%	<u>Ehkäisevä kunnossapitotyö</u> Välitön kunnossapitotyö
	<i>Share of preventive maintenance work</i>		<i>Preventive maintenance work</i> <i>Direct maintenance work</i>
M562.4 (E18) (O20)	Jaksotetun kunnossapitotyön osuus	%	<u>Jaksotettu kunnossapitotyö</u> Välitön kunnossapitotyö
	<i>Share of predetermined maintenance work</i>		<i>Predetermined maintenance work</i> <i>Direct maintenance work</i>
M562.5	Kunnostustyön osuus	%	<u>Kunnostustyö</u> Välitön kunnossapitotyö
	<i>Share of refurbishment work</i>		<i>Refurbishment work</i> <i>Direct maintenance work</i>
M562.6	Kunnonvalvonnan osuus	%	<u>Kunnonvalvontatyö</u> Välitön kunnossapitotyö
	<i>Share of condition monitoring</i>		<i>Condition monitoring work</i> <i>Direct maintenance work</i>

Liite. 2 Laitetason kriittisyyden tekijät (PSK 6800 2008, 7)

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