

Kalle Kouki

Luotettavuuskeskeisen kunnossapitomenetelmän soveltaminen valkolipeän valmistukseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

01.08.2015

| | |
|--|---|
| Tekijä Otsikko | Kalle Kouki Luotettavuuskeskeisen kunnossapitomenetelmän soveltaminen valkolipeän valmistukseen |
| Sivumäärä Aika | 84 sivua + 3 liitettä 01.08.2015 |
| Tutkinto | Insinööri (AMK) |
| Koulutusohjelma | Kone- ja tuotantotekniikka |
| Suuntautumisvaihtoehto | Tuotesuunnittelu |
| Ohjaajat | Kunnossapidon kehityspäällikkö Tero Junkkari Käyttöinsinööri Toni Orava Automaatiokunnossapidon insinööri Seppo Kylliäinen Kunnossapidon kehitysinsinööri Tero Torri Yliopettaja Jyrki Kullaa |
| <p>Insinöörityön tavoitteena oli luoda UPM Kymin sellutehtaalle kaustisointi- ja meesauuni-osastolle kunnossapitostrategia. Strategia luotiin soveltamalla luotettavuuskeskeistä kunnossapitomenetelmää. Sen avulla toteutettu kunnossapitostrategia pohjautuu laitekriittisyyteen. Vastaavanlainen projekti on aikaisemmin suoritettu UPM Kaukaan tehtaalla ja tässä työssä hyödynnetään siellä kehitettyjä työkaluja.</p> <p>Työ aloitettiin laitteiden kriittisyysluokittelulla, jossa hyödynnettiin PSK 6800 -standardiin perustuvaa kriittisyysluokittelutyökalua. Tästä eteenpäin työssä edettiin luotettavuuskeskeisen kunnossapitomenetelmän mukaisesti kohti ennakkohuoltotöiden perustamista. Työn onnistumisen edellytyksenä oli kattava projektiryhmä, joka toi tietoa ja osaamista organisaation eri tasoilta. Laajan projektiryhmän ansiosta tarvittava tieto oli nopeasti saatavilla.</p> <p>Luodusta ennakkohuoltosuunnitelmasta tuli kattava ja nykyaikainen. Kaikki ennakkohuoltotoimenpiteet aikataulutettiin ja siirrettiin järjestelmään. Jatkossa järjestelmä antaa työpyynnön, kun laite on määräaikaisen huollon tarpeessa. Aikataulutuksen ansiosta myös työkuorma jakautuu tasaisemmin ympäri vuoden. Insinöörityön lopputuloksena saatiin päivitetty kunnossapitostrategia, joka vastaa nykypäivän vaatimuksia.</p> | |
| Avainsanat | RCM, luotettavuuskeskeinen kunnossapito |

| | |
|--|---|
| Author Title | Kalle Kouki Building maintenance program by using reliability centered maintenance method |
| Number of Pages Date | 84 pages + 3 appendices 1 August 2015 |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Degree Programme | Mechanical Engineering |
| Specialisation option | Product Desing |
| Instructors | Tero Junkkari, Manager, Maintenance Development Toni Orava, Engineer, Production Seppo Kylliäinen, Engineer, Automation, Maintenance Tero Torri, Engineer, Maintenance Development Jyrki Kullaa, Principal Lecturer |
| <p>The aim of this Bachelor's thesis was to create a maintenance program for the UPM Kymi Pulp mill. The maintenance program was created using a reliability centered maintenance method. Furthermore, the implementation of the created maintenance program was based on equipment criticalities. A similar maintenance project was earlier carried out for the UPM Kaukas Pulp mill. In this project we utilized tools that were developed in the earlier project.</p> <p>The project was started with doing a critical analysis. The tool utilized in the critical analysis was based on the PSK 6800 standard. In order to achieve successful results, the project team consisted of experienced employees from every organization level. A large project team contributed to the fact that the required information was easily available.</p> <p>In conclusion, the maintenance program that was created became very comprehensive and modern. Every preventive maintenance action was scheduled and uploaded into the system. In the future the system will give a signal when the equipment needs time-related maintenance. Because of the smart scheduling system, the work load will be more balanced throughout the whole season. As a result of this Bachelor's thesis, a maintenance program was created for the UPM Kymi Pulp mill. In addition, this maintenance program was also updated to match modern standards.</p> | |
| Keywords | RCM, Reliability centered maintenance |

Sisällys

Lyhenteet

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | UPM-Kymmene Oyj Kymin tehdas | 2 |
| 2.1 | Kymin tehtaan historia | 2 |
| 2.2 | Kymin integraatti | 4 |
| 3 | Sellun tuotanto Kymillä | 6 |
| 3.1 | Sellun valmistuksen vaiheet | 6 |
| 3.2 | Kemikaalikierto | 15 |
| 3.2.1 | Kemikaalikierron vaiheet | 15 |
| 3.2.2 | Kaustisointi | 19 |
| 3.2.3 | Meesanpoltto | 20 |
| 4 | Kunnossapito | 21 |
| 4.1 | Kunnossapidon tavoitteet | 22 |
| 4.2 | Kunnossapidon osa-alueet | 23 |
| 4.2.1 | Osa-alueiden luokittelu | 23 |
| 4.2.2 | Huolto | 24 |
| 4.2.3 | Korjaava kunnossapito | 25 |
| 4.2.4 | Ehkäisevä kunnossapito | 25 |
| 4.2.5 | Parantava kunnossapito | 26 |
| 4.2.6 | Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen | 26 |
| 4.3 | Kunnossapidon tasot | 27 |
| 4.3.1 | Uusi malli vs. vanha | 27 |
| 4.3.2 | Taso 1 – suunniteltu kunnossapito | 29 |
| 4.3.3 | Taso 2 – ennakoiva kunnossapito | 30 |
| 4.3.4 | Taso 3 – organisaation hallinta | 30 |
| 4.3.5 | Taso 4 – suunniteltu luotettavuus | 31 |
| 4.3.6 | Taso 5 – tehokas toimintakulttuuri | 32 |
| 4.4 | Vikaantuminen | 32 |
| 4.5 | Kunnossapidon seurantatyökalut | 37 |
| 5 | RCM - luotettavuuskeskeinen kunnossapito | 40 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.1 | RCM-prosessi | 40 |
| 5.1.1 | Kohdealueen määrittäminen | 40 |
| 5.1.2 | RCM-ryhmän kokoaminen | 41 |
| 5.1.3 | Historiatietojen kerääminen | 42 |
| 5.1.4 | Kriittisyysluokittelu | 42 |
| 5.1.5 | Toimintojen määrittäminen | 43 |
| 5.1.6 | Vika- ja vaikutusanalyysi, VVA | 44 |
| 5.1.7 | Riskikartoitus | 44 |
| 5.1.8 | Päätösten tekeminen | 45 |
| 5.2 | Luotettavuuskeskeisen kunnossapitomenetelmän edut | 46 |
| 6 | Lähtötilanne projektiin Kymin sellutehtaalla | 48 |
| 7 | Historiatietojen kerääminen | 51 |
| 8 | Kriittisyysluokittelu | 55 |
| 8.1 | Laitteilta vaadittavien toimintojen määrittäminen | 58 |
| 8.2 | Vika- ja vaikutusanalyysi, VVA | 60 |
| 9 | Ennakkohuoltosuunnitelman luominen | 61 |
| 9.1 | Kenttätietojen kerääminen huoltosuunnitelmaa varten | 61 |
| 9.2 | Mekaaniset työt | 64 |
| 9.2.1 | Seisokkityöt ja niiden rytmitys | 65 |
| 9.2.2 | Voitelutyöt | 66 |
| 9.2.3 | Kunnonvalvontakierrokset | 67 |
| 9.3 | Käytön kunnossapitokierrokset | 68 |
| 10 | Riskienkartoitus – huoltosuunnitelman kannattavuus | 70 |
| 11 | Varaosavaraston tilanteen kartoittaminen | 72 |
| 12 | Ennakkohuoltosuunnitelman siirtäminen SAP-järjestelmään | 76 |
| 13 | Lopputulokset ja seuranta | 78 |
| 14 | Yhteenveto | 82 |
| | Lähteet | 83 |

Liitteet

Liite 1. Keskipakopumpun vika- ja vaikutusanalyysi

Liite 2. Ennakkohuoltosuunnitelman rakentaminen

Liite 3. ODR-kierrokset/tarkastusohje

Lyhenteet

| | |
|-------|--|
| DT | Down time, ajanjakso jolloin ei synny tuotantoa |
| K | Käytettävyys |
| KNL | Tuotannon kokonaistehokkuus |
| L | Laatukerroin |
| N | Toiminta-aste |
| MTBF | Mean time between failure, keskimääräinen vikaväli |
| ODR | Operator driven reliability, käyttöorganisaation tekemä kunnossapito |
| OT | On time, ajanjakso jolloin tehdään tuotantoa |
| P - F | Jakso vian havaitsemisesta toiminnalliseen vikaantumiseen |
| PSK | Standardisointiyhdistys |
| RCM | Reliability centered maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito |
| RTF | Run to failure, vian perässä juokseminen |
| SAP | System, Applications & Products in Data Processing, tuotannonohjausjärjestelmä |
| UPM | UPM Kymene Oyj |
| VVA | Vika- ja vaikutusanalyysi |

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä perehdytään luotettavuuskeskeiseen kunnossapitomenetelmään ja sovelletaan sitä käytännössä valkolipeän valmistukseen. Työ suoritettiin UPM-Kymmene Oyj Kymin tehtaalla Kouvolassa. Luotettavuuskeskeisen kunnossapitomenetelmän soveltaminen on yksi UPM:n valtakunnallisen kunnossapidon tehostusmenetelmistä. Organisaation linjauksen ideana on helpottaa eri tehtaiden kunnossapidon kommunikointia ja vertailua. Yhtenäistäminen tulee tehostamaan kunnossapitotoimintaa ja tuo sitä kautta säästöjä. Luotettavuuskeskeisen kunnossapidon käyttöönotto alkoi UPM:n Kaukaan tehtaalta Lappeenrannassa vuonna 2013, ja sieltä saadut lupaavat tulokset edesauttoivat UPM:n kunnossapidon kehitysprojektia. Tässä työssä hyödynnetään Kaukaan tehtaalla suoritettua projektin määritelmiä ja työkaluja.

Työn tavoitteet sekä rajaus

Työn tavoitteena oli perehtyä luotettavuuskeskeiseen kunnossapitomenetelmään ja soveltaa sitä Kouvolassa UPM:n Kymin sellutehtaalla. Työ rajattiin valkolipeän valmistukseen, koska alueen koko ja laitekanta olivat tälle insinööriyölle sopivia.

Valkolipeän valmistukseen kuuluu suurina kokonaisuuksina selluprosessissa kaustisointi sekä meesauuni, joihin perehdytään tarkemmin raportin teoriaosuudessa. Projektin alueella on kokonaisuudessaan noin 450 laitetta. Alueen soveltuvuus perustuu siihen, että laitekanta on koko alueella hyvin yksinkertainen, millä tässä tarkoitetaan, että laitteet ovat yleisesti teollisuudessa käytössä olevia. Alueella on vain vähän laitteita, jotka ovat käytössä ainoastaan prosessitekniikassa. Laitekanta koostuu pääosin keskipakopumpuista, puhaltimista sekä kuljettimista. Lisäksi prosessi itsessään on selkeä ja yksinkertainen: se etenee hyvin lineaarisesti alkutuotteesta lopputuotteeseen. Tämä alensi insinööriyön aloituskynnystä.

Kaukaan tehtaalla saadun kokemuksen perusteella valkolipeän valmistus sopi hyvin tehtaan ensimmäiseksi menetelmän sovelluskohteeksi. Valkolipeän soveltuvuus ensimmäiseksi kohteeksi perustuu nimenomaan yksinkertaiseen laitekantaan sekä tuotantoprosessiin.

Työn sivutavoitteena oli perehdyttää ja valmistaa organisaatiota menetelmän soveltamiseen haastavimmilla alueilla. Tämä työ on siis osa Kymin tehtaan perehdyttämistä sekä opettamista kohti tehokkaampaa kunnossapitoa. Työn jälkeen projektiryhmän sekä työsuorittajan pitäisi olla valmiimpia haastavampiin kohteisiin.

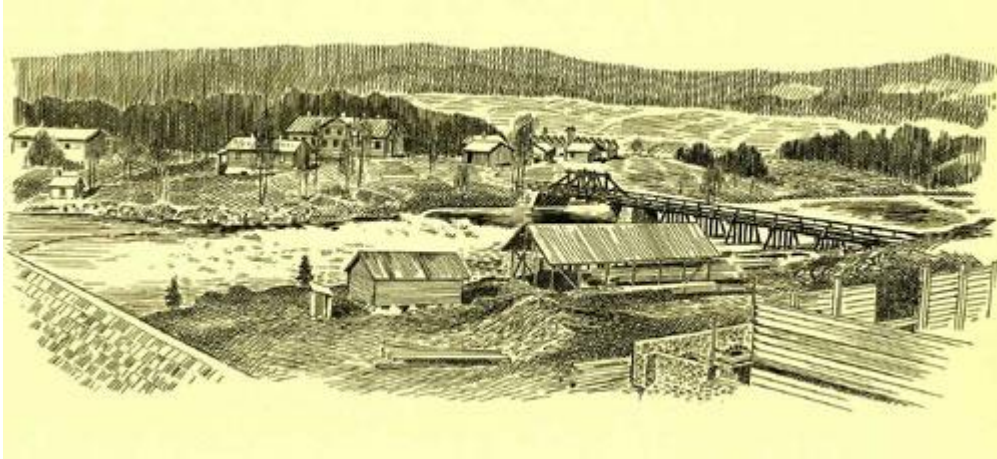
Työstä saadaan selkeät perustelut kunnossapitotöille. Työn tulosten pitäisi pystyä vastaamaan kysymykseen ”Miksi tehdään?”. Työn aikana tuotantolinjan ongelmakohdat hahmottuvat, ja sitä kautta pystytään priorisoimaan kunnossapitotehtävät niiden tärkeyden mukaan. Kaikkien edellä mainittujen tulosten pitäisi näkyä kunnossapidon parantuneena tehokkuutena sekä tuotannon parantuneena käyntiasteena. Parempi käyntiaste vaikuttaa tuotannon tasaisuuteen, joka puolestaan parantaa lopputuotteen laatua.

2 UPM-Kymmene Oyj Kymin tehdas

2.1 Kymin tehtaan historia

UPM:n Kymin tehtaan tarina alkoi vuonna 1872, kun Axel Wilhelm Wahrenin johdolla perustettiin Kymiyhtiö. Silloin päätettiin puuhiomon ja paperitehtaan rakentamisesta Kuusankoskelle. Sijainnin kannalta keskeistä oli Kymijoen mahdollistama koskivoima, joka oli edellytys puuhiokkeen valmistuksessa ja paperikoneen käytössä. Yhtiön nimeksi muodostui Kymmene Aktiebolag. Kymijoen ruotsinkielinen nimi on Kymmene elv. Tuolloin 1870 -luvulla autonominen Suomi oli kovin ruotsinkielinen ja Kymmene on säilynyt yhtiön nimessä näihin päiviin asti. (UPM Kymin historia. 2015.)

Yhtiön ensimmäinen paperikone ja hiomo käynnistyivät vuonna 1873. Kuvassa 1 näkyy rakennustyömaa vuodelta 1872. Seuraavina vuosikymmeninä yhtiö suoritti yrityskauppoja ja jo vuonna 1904 Kymmene Aktiebolag oli yksi maailman suurimmista metsäteollisuusyrityksistä. Vuonna 1930 Kymmene Ab aloitti kansainvälistymisen ostamalla paperitehtaita Englannista. Vuosina 1935 ja 1936 Kuusankoskelle valmistuivat paperikoneet PK1 ja PK2. Samalla vuonna 1936 yhtiön nimeksi tuli Kymin Osakeyhtiö – Kymmene Aktiebolag. (UPM Kymin historia. 2015.)



Kuva 1. Kuusankoski Osakeyhtiön rakenteilla oleva paperikone ja hiomo vuonna 1872. (UPM Kymin historia 2015.)

Vuonna 1957 Kymillä alettiin kokeilla paperin päällystystä paperikoneella PK5. Kuusankoskella Kuusaanniemessä käynnistyi uusi kaksilinjainen sulfaattisellutehdas vuonna 1964. Sellutehdas aloitti tuotannon tehtaalla nykyisessä paikassa eli Kuusaanniemessä. Kyseisestä sulfaattisellutehtaasta on edelleen jäljellä osia, kuten sellunkuivauskone. Kyseinen kuivauskone siirtyy pois käytöstä vuoden 2015 syyskuussa, kun uusi kuivauskone käynnistyy. Vuonna 1970 Kuusaanniemessä käynnistyi yksi sen ajan Euroopan suurimmista hienopaperikoneista PK7. (UPM Kymin historia. 2015.)

Yhtiön nimeä lyhennettiin vuonna 1975 laajan yrityskuvan uudistamisen yhteydessä. Uudeksi nimeksi tuli Kymi Kymmene Oy. Vuonna 1983 Kymi Kymmene Oy ja Strömberg Ab hyväksyivät yhtiöiden sulautumisen ja nimi muuttui edelleen Kymi-Strömberg Oy:ksi. Yhtiöön muodostettiin kaksi teollisuusryhmää, joista Kymille kuuluivat metsä- ja kemiateollisuus. Strömberg sai sähkö-, elektroniikka- ja metalliteollisuuden. Samassa yhteydessä sen ajan maailman suurin hienopaperikone PK8 käynnistyi Kuusaanniemessä. (UPM Kymin historia. 2015.)

Oy Kaukas Ab ja Oy Kymi-Strömberg Ab yhdistyivät vuonna 1986, ja konserni jaettiin tuotantoryhmiin. Kymin ryhmään kuuluivat Kymin paperitehdas, Kuusaanniemen sellutehdas, kemian tehtaalla sekä kartonki- ja jalostusteollisuus. Kaukas ja Voikkaa muodostivat hiokkeesta valmistettävien painopaperien tuotantoryhmän. Tästä alkoi yritysjärjestelyiden myllerrys, joka lopulta päättyi UPM-kymmene Oy:n perustamiseen. Vuonna

1990 teollisuusryhmistä tuli yhtiöittämisen jälkeen Kymmene Oy:n sataprosenttisia tytäryhtiöitä. Kuusaanniemen ja Kymin tehtaista muodostettiin Kymin Paperiteollisuus Oy. (UPM Kymin historia. 2015.)

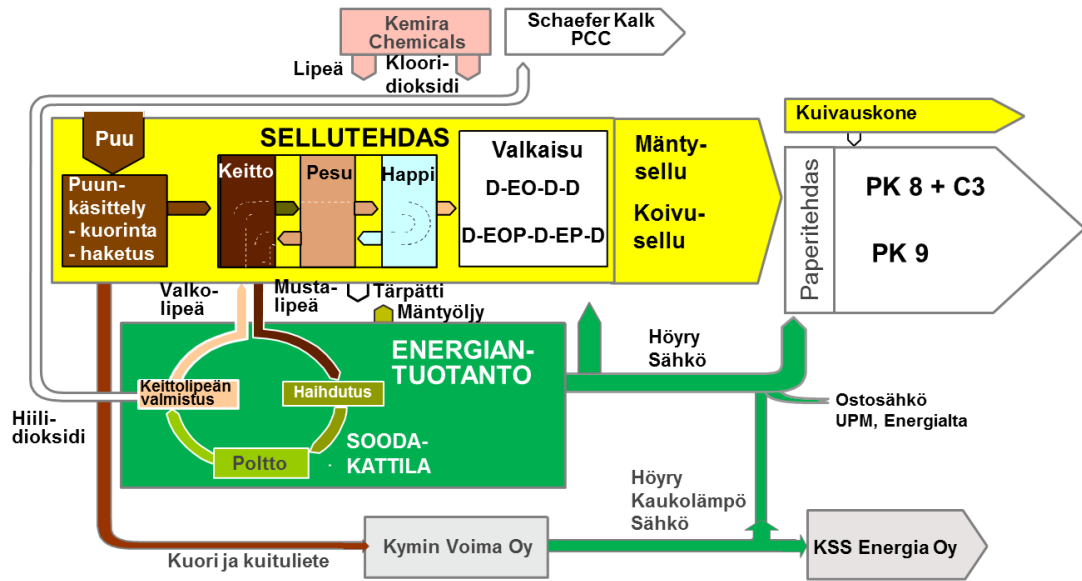
Vuonna 1995 nykymuotoinen yhtiö sai muotonsa, kun Yhtyneet Paperitehtaat Oy sulautui Repola Oy:hyn. Tämän jälkeen Kymmene Oy ja Repola Oy päättivät fuusioitua. Fuusioista syntyi syksyllä 1995 yksi maailman suurimmista metsäteollisuusyrityksistä, UPM-Kymmene Oy. Kymin Paperiteollisuus Oy muuttui UPM-Kymmene Oy:n tulosyksiköksi ja alkoi käyttää nimeä Kymi. Vuonna 1997 UPM-Kymmene Oy:stä tuli julkinen osakeyhtiö. (UPM Kymin historia. 2015.)

Vuonna 2005 tuotanto Kymin vanhalla tehdasalueella loppui. Ainoastaan talous- ja kemiallisenveden valmistus jäivät toimimaan vanhalle tehdasalueelle, muuten tuotanto on Kuusaanniemessä. Kymin sellutahtaaltehtiin jätti-investointi vuonna 2008. Investoinnissa uusittiin sellutehtaan kemikaalien talteenottolaitos. Investointi oli arvoltaan noin 300 milj. euroa. Sellutehtaan uudistamisessa saatiin uusi luku vuonna 2014, kun selluntuotannon pullonkaulat päätettiin korjata KYMI-700-projektissa. Projektin myötä sellutehtaalte tulee toinen puun kuorintalinja ja kuitulinjojen tuotantokapasiteettia suurennetaan. Merkittävin muutos investoinnissa on uuden sellun kuivauskoneen rakentaminen. Uusi kuivauskone korvaa jo vuodesta 1964 asti tuotannossa olleen koneen. Investoinnin jälkeen sellutehdas ei ole enää riippuvainen paperikoneiden käyntiasteesta, vaan sellutehdas pystyy tuottamaan myyntisellua. Lisäksi vuonna 2008 tehdyistä investoinneista saadaan täysi hyöty irti. Projektin päätyttyä Kymin sellutehdas on yksi Suomen moderneimmista sellutehtaista. (UPM Kymin historia. 2015.)

2.2 Kymin integraatti

Kymin tehdas toimii nykyisin Kuusaanniemen alueella, jolla se on ollut vuodesta 1964. Tehdas toimii integraattina, johon kuuluu sellu- ja paperitehdas sekä energiantuotanto.

Kuvassa 2 on havainnollistettu Kuusaanniemen tehdasalueen koko toiminta. Kymin tehtaalla on koko historiansa aikana ollut suuri vaikutus ympärillä olevaan yhteiskuntaan. Sama linja jatkuu edelleen, kun tuotannon sivutuotteina saadaan muun muassa kaukolämpöä ja sähköä Kouvolan asukkaiden tarpeisiin. (UPM Kymin yleisesittely. 2015.)



Kuva 2. Havainnekuva Kymin integraatin toiminnasta (UPM Kymin yleisesittely. 2015).

Nykyäänä UPM-Kymmene Oyj:n Kymin tehdas työllistää noin 650 henkilöä. Sellutehtaan tuotantokapasiteetti on tällä hetkellä noin 530 000 tonnia sellua vuodessa, mutta KYMI-700-projektin jälkeen sellun tuotantokapasiteetti nousee 700 000 tonniin vuodessa. Paperin tuotantokapasiteetti paperitehtaalla on 830 000 tonnia vuodessa. (Kuva 3.) (UPM Kymin yleisesittely. 2015.)

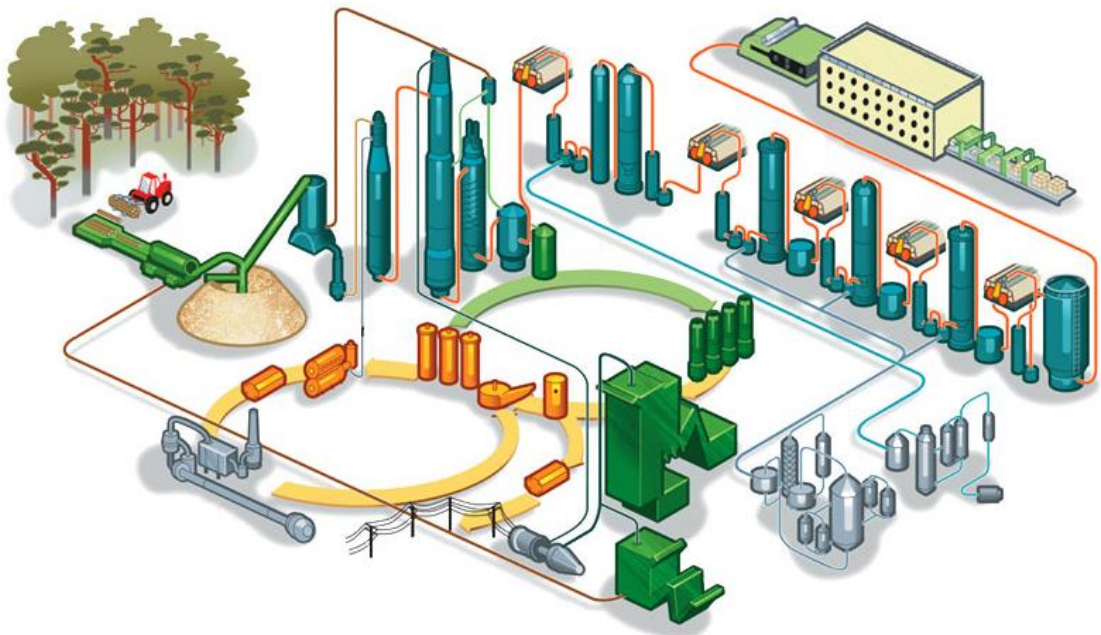


Kuva 3. Kuva Kymin tehtaasta. (UPM Kymin yleisesittely. 2015.)

3 Sellun tuotanto Kymillä

3.1 Sellun valmistuksen vaiheet

Sellun valmistus koostuu puunkäsittelystä, sellun keittämisestä sekä massan pesusta, lajittelusta, happivaiheesta, valkaisuista, kuivatuksesta sekä jälkikäsittelystä. Lisäksi prosessin rinnalla kiertää kemikaaleja, joita varten tarvitaan haihduttamo, soodakattila, kaustisointi sekä meesan poltto. (Kuva 4.)



Kuva 4. Havainnekuva sellun valmistusprosessin eri vaiheista (KnowPulp 2015).

Sellun valmistus alkaa puunkäsittelystä. Kymin tehtaalle puu tulee maateitse noin 100 km:n säteeltä. Venäjältä tuotu puu tulee pääsääntöisesti rautateitä pitkin. Lisäksi puuta tulee satamiin, joista se toimitetaan Kymin tehtaalle. (UPM Kymin yleisesittely. 2015.)

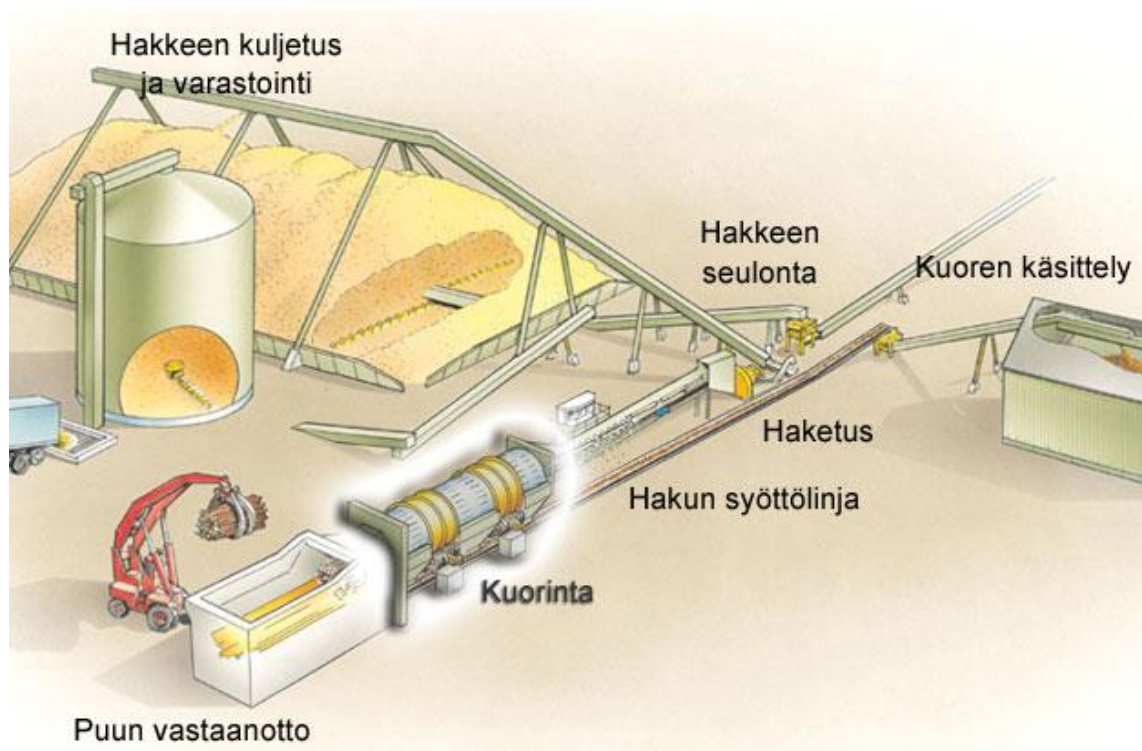
Puunkäsittelyn (kuva 5) ensimmäinen vaihe on puun sulatus, joka tapahtuu vastaanoton yhteydessä. Etenkin talviolosuhteissa puunkuoren sulatus on välttämätöntä, jotta kuori saadaan siististi irtoamaan puun pinnalta. Puun sulatus tapahtuu kuljettimella, jossa puuhun suihkutetaan lämmintä vettä. Kuljetinta kutsutaan sulatuskuljettimeksi, ja se syöttää puuta kuorimarumpuun. Puu kuoritaan kuorimarummussa. Rummussa puut pyörivät ja hankautuvat toisiaan vasten, minkä seurauksena puusta irtoaa kuori sekä pienet kivet ja hiekka. Puun onnistunut kuorinta on lähtökohta laadukkaaseen sellun valmistukseen. Kuori

alentaa hakkeesta saatavan massan vaaleutta ja heikentää massan lujuutta, minkä takia se on saatava pois selluprosessista. Kymillä prosessista poistettu kuori kuljetetaan polttoaineeksi Kymin Voima Oy:n voimalaitokselle, joka tuottaa prosessihöyryä, kaukolämpöä ja sähköä. (KnowPulp. 2015.)

Kuorimarummun jälkeen kuorittu puu purkautuu hakun syöttölinjalle. Linjalla puun joukosta poistetaan kaikki hakkuun kuulumaton tavara, joka on kulkeutunut puun mukana linjastolle. Poistettaviin tavaroihin kuuluvat:

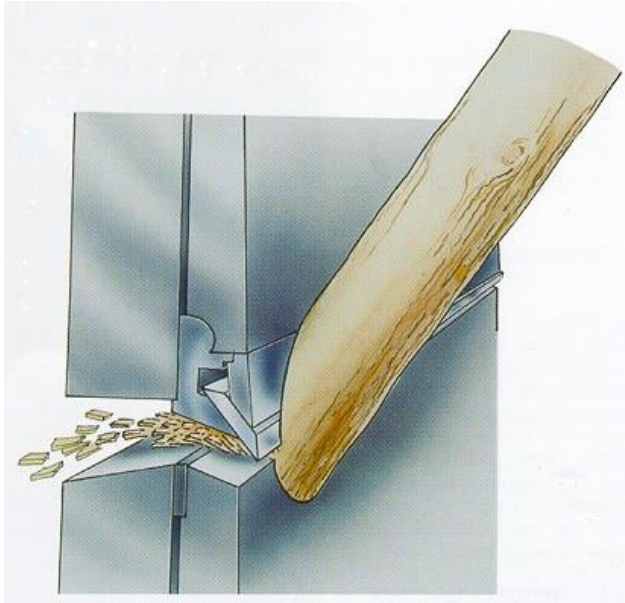
- kuori, joka on kulkeutunut linjalle puun mukana
- kivet ja hiekka, jotka poistetaan kiviloukussa
- metalli, joka erotetaan metallinpaljastimen avulla
- ylisuuret puut, joiden halkaisija on yli 90 cm.

Puun haketuksen tavoitteena on tuottaa hyvänlaatuista ja oikeanlaista lastua keittoprosessia varten. (KnowPulp. 2015.)



Kuva 5. Kuva puunkäsittelyn eri vaiheista. (KnowPulp. 2015.)

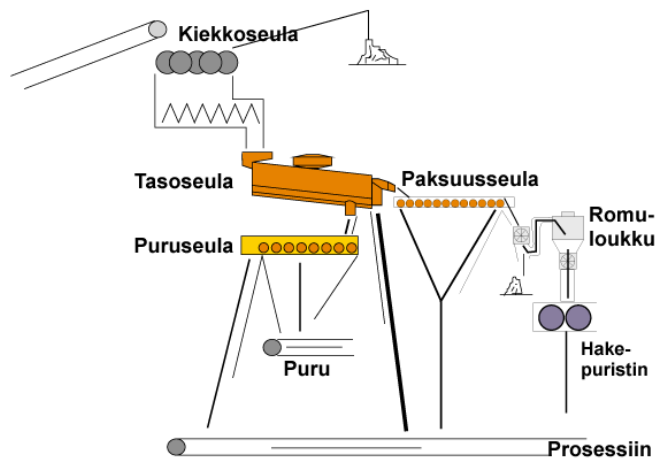
Puun hakettaminen on kuin metallin lastuamista. Oikealla syötöllä, terän pyörimisnopeudella sekä teräkulmalla saadaan lastusta, eli tässä tapauksessa hakkeesta, halutun kokoinen (kuva 6). Haketuksen jälkeen hake varastoidaan.



Kuva 6. Hakun terän toiminta (KnowPulp. 2015).

Varastosta hake kulkee seulomoon. Seulomossa hakkeen joukosta poistetaan jatko-
sessia haittaavat jakeet. Ylisuuret jakeet voidaan pienentämisen jälkeen palauttaa takai-
sin hakevirtaan. Hienoin jae eli purujae ohjataan keittimeen, joka on erikoistunut purun-
keittoon. Seulonnan yhteydessä huonosta hakkeesta ei voida tehdä hyvää. Seulomosta
hake siirtyy keittimelle. (Kuva 7.) (KnowPulp. 2015.)

Hakkeen seulonta

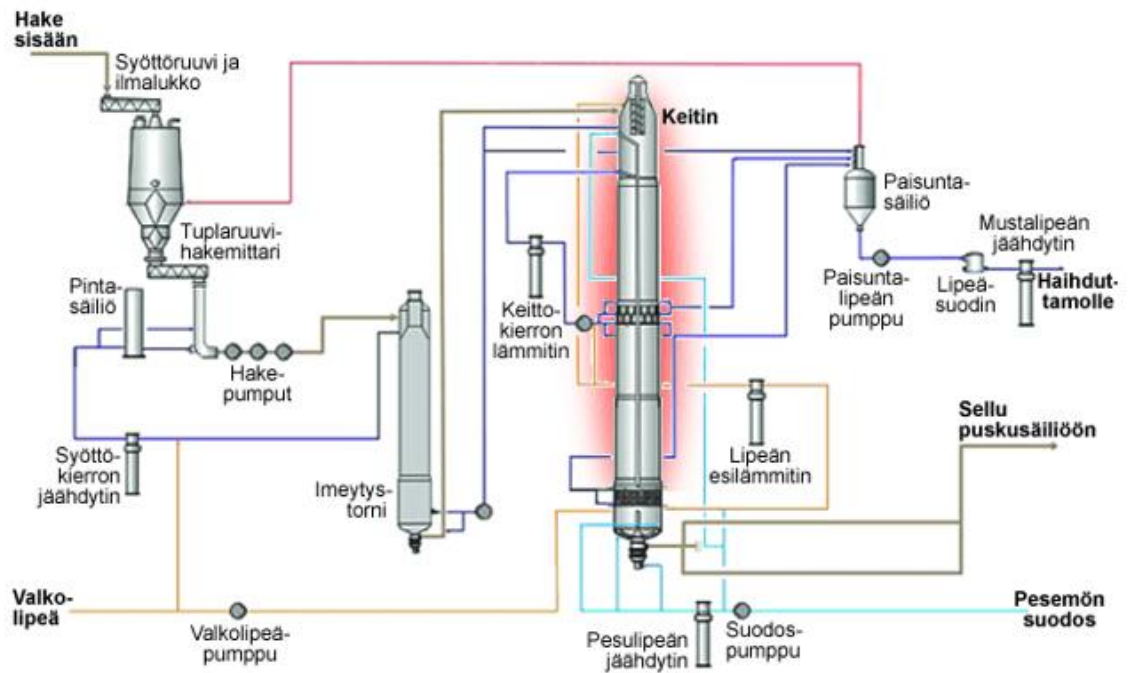


Kuva 7. Hakkeen seulonta (KnowPulp 2015).

Kemiallisessa massan valmistuksessa keiton tehtävänä on kemikaalien ja lämmön avulla poistaa kuituja sitovaa ligniiniä. Nykypäivänä sulfaattisellu on yleisin massan valmistusmuoto. Keittokemikaaleina käytetään kemikaaleja, jotka liuottavat mahdollisimman paljon ligniiniä ja mahdollisimman vähän selluloosaa. Kymillä keitossa käytetään kemikaaleina natriumhydroksin (NaOH) ja natriumsulfidin (Na₂S) seosta eli niin sanottua valkolipeää. (KnowPulp. 2015.)

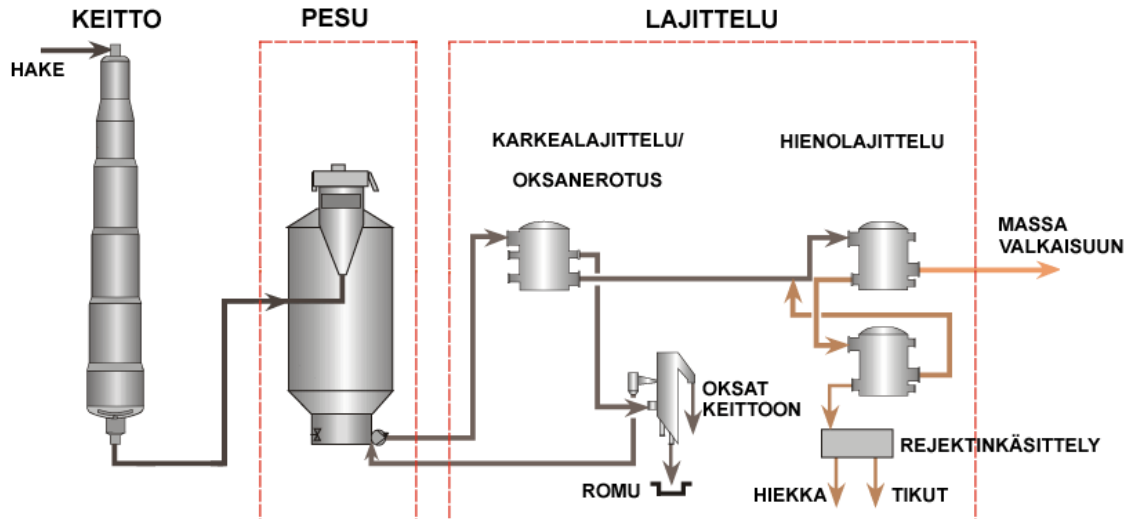
Kymillä keittoprosessi (kuva 8) on jatkuvatoiminen. Prosessissa haketta ja kemikaaleja syötetään jatkuvasti keittimeen samalla, kun massaa poistuu keittimestä. Keittimessä on yleensä useita kiertoja. Tyypillisissä kierroissa lipeää imetään sihdin läpi sekä pumpataan lämmönsiirtimelle ja keittimen keskusputkea pitkin keittimen keskelle. Kiertoja käytetään muun muassa keittimen lämpötilojen hallintaan. (KnowPulp. 2015.)

Keittimessä on sekä myötä- että vastavirtajaksoja. Lipeä siis virtaa eri kohdissa keitintä, joko hakkeen suuntaan tai sitä vastaan. Myötä- ja vastavirtajaksojen ideana on sekoittaa haketta ja varmistaa, että hakepalasten väliin ei jää ilmaa. Keittimeltä massa jatkaa prosessissa pesuvaiheeseen. Keiton yhteydessä valkolipeä on muuttanut muotoaan mustalipeäksi. Keiton jälkeen mustalipeä pumpataan haihduttamolle, joka on kemikaalikierron ensimmäinen vaihe. Kemikaalikiertoon tutustutaan erikseen omassa kappaleessaan 3.1. (KnowPulp. 2015.)



Kuva 8. Kuva keittoprosessista (KnowPulp. 2015).

Keittimeltä tulevaa massaa kutsutaan ruskeaksi massaksi. Kuvassa 9 havainnollistetaan ruskean massan pesu ja lajittelu. Pesussa ruskeasta massasta erotetaan keitossa syntynyt mustalipeä. Massan puhdistus on välttämätöntä prosessin hallittavuuden kannalta muun muassa siksi, että se vähentää valkaisuvaiheessa tarvittavien kemikaalien määrää. Puhdistuksen sivutuotteena saatava jäteliemi eli mustalipeä voidaan hyödyntää. Se pumpataan haihduttamolle osaksi kemikaalikiertoa. (KnowPulp. 2015.)



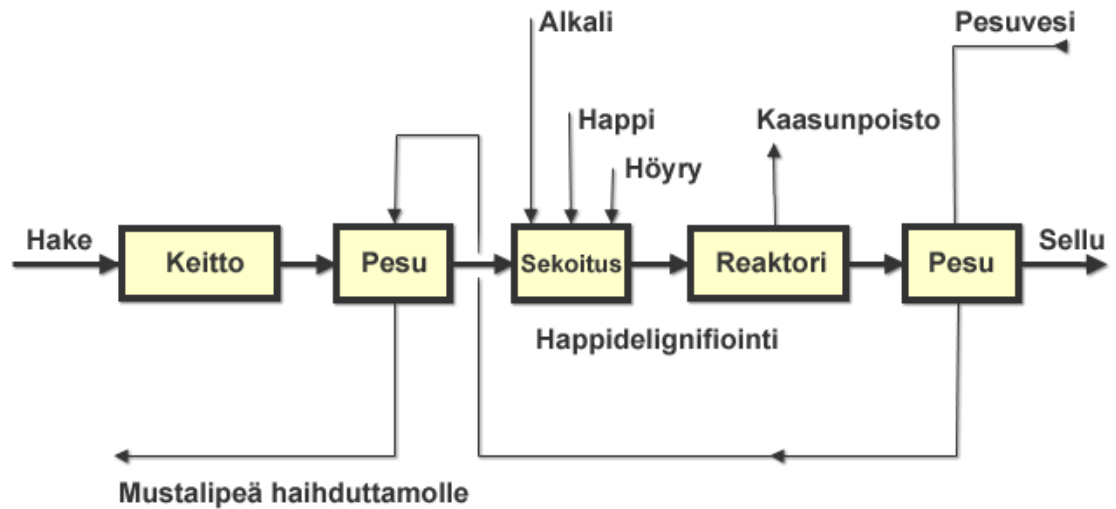
Kuva 9. Keiton jälkeen prosessissa on pesu ja lajittelu (KnowPulp. 2015).

Massan lajittelun tarkoituksena on poistaa haitalliset epäpuhtaudet hyvästä massasta kohtuullisin kustannuksin. Massassa olevat epäpuhtaudet voidaan jakaa alkuperänsä mukaan seuraavasti:

- puusta peräisin olevat epäpuhtaudet, kuten oksat, kuitukimput, tikut, uuteaineet ja kuori
- puun mukana tulleet tai myöhemmin prosessiin tulleet epäpuhtaudet, kuten hiekka, kivet, noki, metalli ja muovi.

(KnowPulp. 2015.)

Happivaihe eli happidelignifiointi on suoraa jatkoa keitossa tapahtuvalle ligniinin poistolle, kuten kuvassa 10 havainnollistetaan. Keittoprosessissa ligniiniä voidaan poistaa vain tiettyyn pisteeseen asti ilman, että kuitua menetetään. Happivaihe on hellävarainen prosessi, joka hajottaa ja hapettaa ligniiniä, tuhoaa värillisiä yhdisteitä ja poistaa epäpuhtauksia (kuten pihkaa) massasta. Happivaiheella on myös merkittävä vaikutus tehtaan päästöihin. Päästöjen väheneminen on suoraan verrannollinen ennen valkaisu poistettavaan ligniinin määrään. Poistettu ligniini voidaan kemikaalikierron yhteydessä polttaa soodakattilassa. (KnowPulp. 2015.)

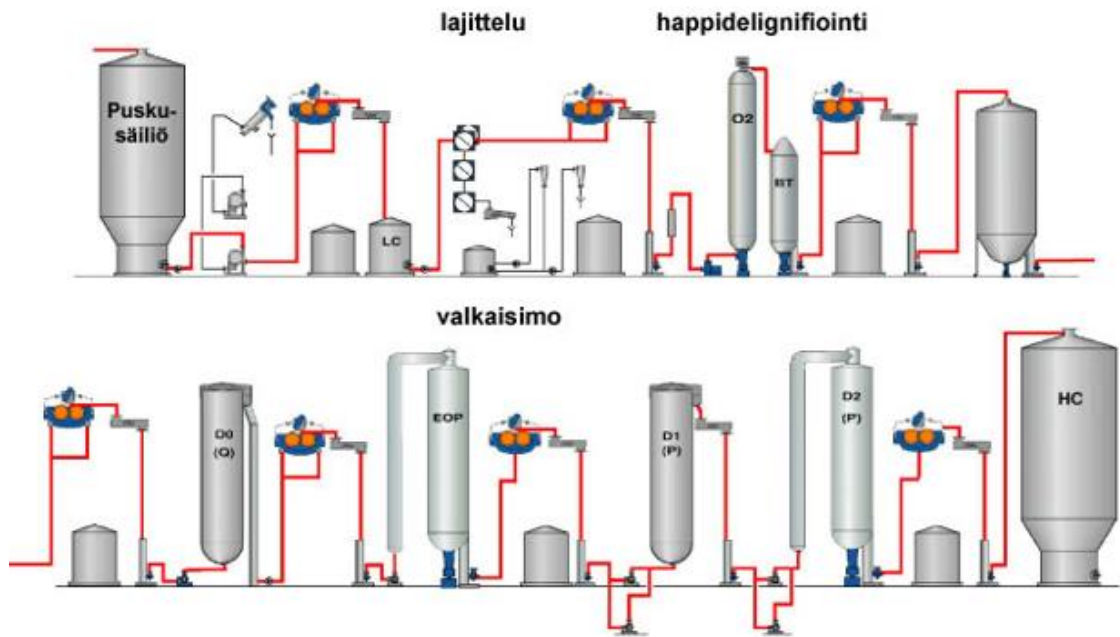


Kuva 10. Happivaihe kuitulinjan prosessissa. (KnowPulp. 2015.)

Massan valkaisu tarpeeseen vaikuttaa puuraaka-aine. Lehtipuumassoille riittää hellempi valkaisu kuin havupuumassoille. Keitto, pesu, lajittelu ja happivaihe ovat valkaisu edeltävät osaprosessit. Kuvassa 11 havainnollistetaan valkaisu prosessia. Puun ligniini, hiilihydraatit ja uuteaineet ovat hieman värillisiä, mutta jäännösligniini puolestaan on voimakkaasti värillistä. Valkaisussa tarkoituksena on poistaa jäännösligniini ilman massan lujuuden menettämistä. Lisäksi valkaisu haetaan massan

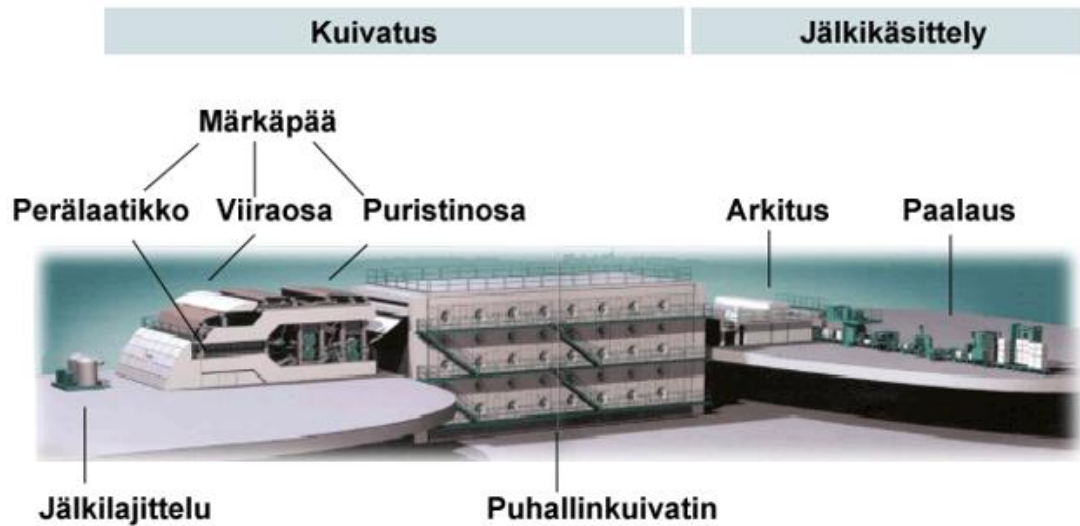
- vaaleuden lisäämistä
- vaaleuden pysyvyyden parantamista
- puhtauden lisäämistä
- pihkapitoisuuden pienentämistä.

Tärkein näistä on vaaleuden lisääminen, johon eniten vaikuttaa massan laadun tasaisuus. Epätasainen massan laatu lisää kemikaalikulutusta. Valkaisussa käytetään aina sekä happamia että alkalisia vaiheita. Hapan vaihe liuottaa ligniiniä ja alkalivaihe kumoaa happamassa vaiheessa syntyneet kemikaaliset yhdisteet. Valkaisun jälkeen massa on valmista, ja se siirtyy kuivauskoneelle. (KnowPulp. 2015.)



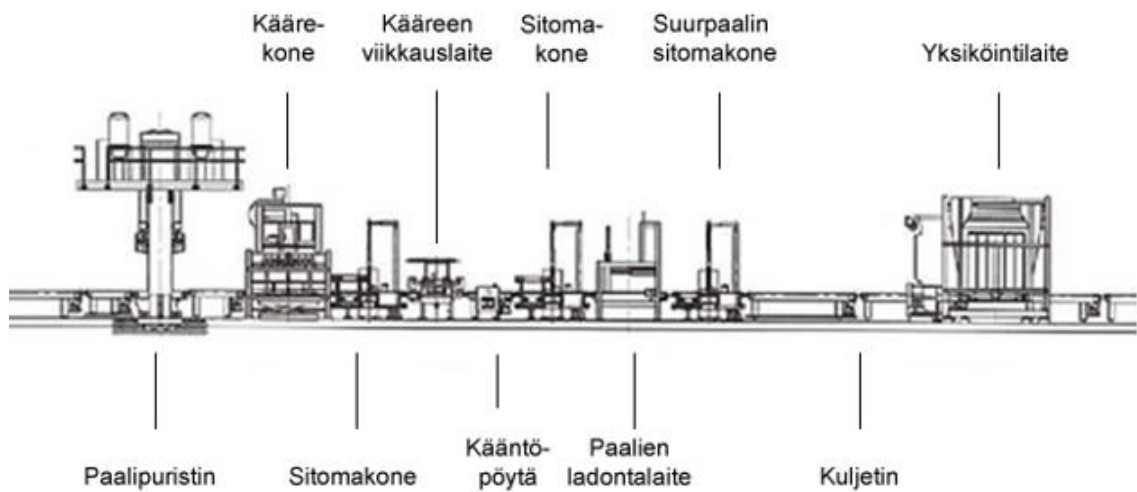
Kuva 11. Valkaisuprosessi (KnowPulp. 2015).

Sellun kuivauskone on toimintaperiaatteeltaan hyvin paperikoneen tyyppinen, kuten kuvasta 12 voi huomata. Valkeamassa pumpataan perälaatikkoon, josta massa siirretään viiralle. Ratakuivatuksessa sellurata muodostetaan viira- ja puristinosalla. Itse kuivattaminen tapahtuu radanmuodostuksen jälkeen puhallinkuivattimessa konvektiolla. Tavoitteena on saada kuiva-ainepitoisuus noin 90 prosenttiin. Haihdutettu vesi sidotaan kuivatusilmaan ja johdetaan sen avulla ulos prosessista. Poistoilmalla lämmitetään ensisijaisesti kuivatusilmaa. (KnowPulp. 2015.)



Kuva 12. Sellun kuivauskoneen eri vaiheet. (KnowPulp. 2015.)

Kuvassa 13 on esimerkki paalilinjasta. Kuivattu sellu paalataan myyntitarkoitusta varten ja sitä kuljetetaan kohteeseen pitkiäkin matkoja. Paalina massan kuljetus ja varastointi helpottuu. Paalilinja on hyvin yksikertainen, siinä paali punnitaan, puristetaan lopulliseen muotoon, kääritään paperi- tai sellukääreeseen ja sidotaan sekä leimataan ja ladotaan loppusijoitusta varten. (KnowPulp. 2015.)



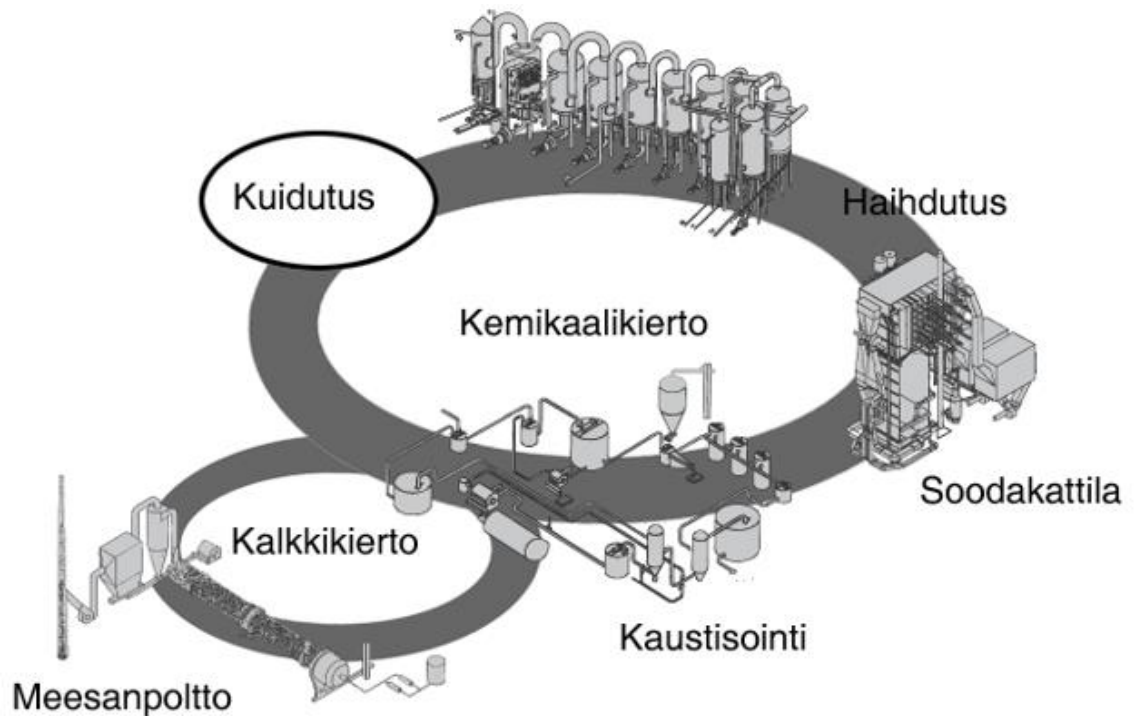
Kuva 13. Kuivauskoneen paalilinja (KnowPulp. 2015).

Sellupaaleja käytetään paperitehtailla, joilla ei ole omaa sellutehdasta vieressä. Kymillä paperikoneet käyttävät sekä sellupaaleja että kuivaamatonta valkeaa massaa. KYMI-700-projektin jälkeen Kuusaanniemen sellutehtaalla käynnistyy uusi moderni sellunkuivauskone. (KnowPulp 2015.)

3.2 Kemikaalikierto

3.2.1 Kemikaalikierron vaiheet

Kemikaalikierto linkittyy sellun valmistusprosessiin keittimen kautta, kuten kuvasta 14 voidaan huomata. Kemikaalikierto koostuu haihuttamosta, soodakattilasta, kaustisoinnista sekä kalkkikierrosta. Kalkkikierto pitää sisällään meesauunin. Kemikaalikierron ideana on kerätä talteen mustalipeästä keitossa käytetyt kemikaalit ja palauttaa ne takaisin keittimelle. Lisäksi siinä hyödynnetään muita keitossa syntyneitä sivutuotteita. (KnowPulp. 2015.)



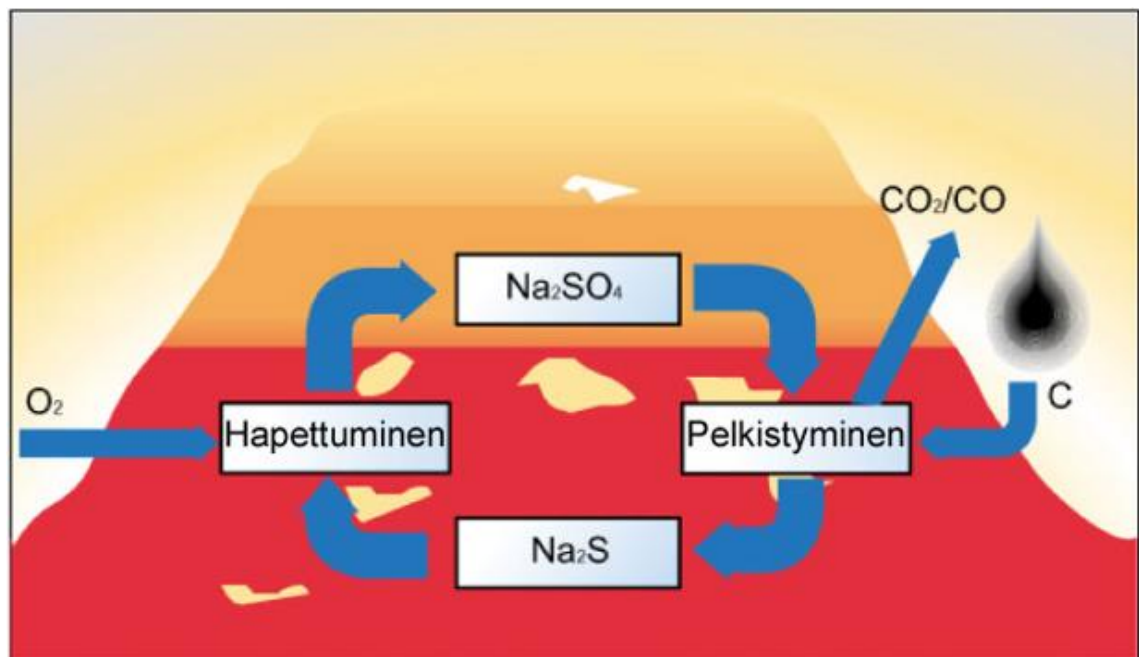
Kuva 14. Kuva kemikaalikierrosta osana sellun valmistusprosessia (KnowPulp. 2015).

Haihduksen ensisijainen tarkoitus on poistaa vettä mustalipeästä. Keittimeltä haihduttamolle tulevan mustalipeän kuiva-ainepitoisuus on noin 15 - 16 %. Tästä johtuen haihdutettavan vesimäärän täytyy olla 8 - 10 m³/s, jotta päästäisiin nykyisiin kuiva-ainepitoisuuksiin. Veden poistamisen lisäksi haihduttamalla kiinnitetään huomiota puun keitossa syntyvien sivutuotteiden talteenottoon, joista tärkeimmät ovat metanoli, tärpätti ja suopa. Suovasta saadaan erilaisten vaiheiden jälkeen mäntyöljyä, josta nykypäivänä tuotetaan muun muassa dieseliä. (KnowPulp. 2015.)

Haihdukselle tulevasta mustalipeästä poistetaan vettä sen verran, että sen kuiva-ainepitoisuus on noin 80 - 85 %. Mustalipeän saavutettua tämän kuiva-ainepitoisuuden se ruiskutetaan soodakattilaan. Haihdutusprosessissa yritetään olla vahingoittamatta mustalipeän sisältämiä puun orgaanisia aineita. (KnowPulp. 2015.)

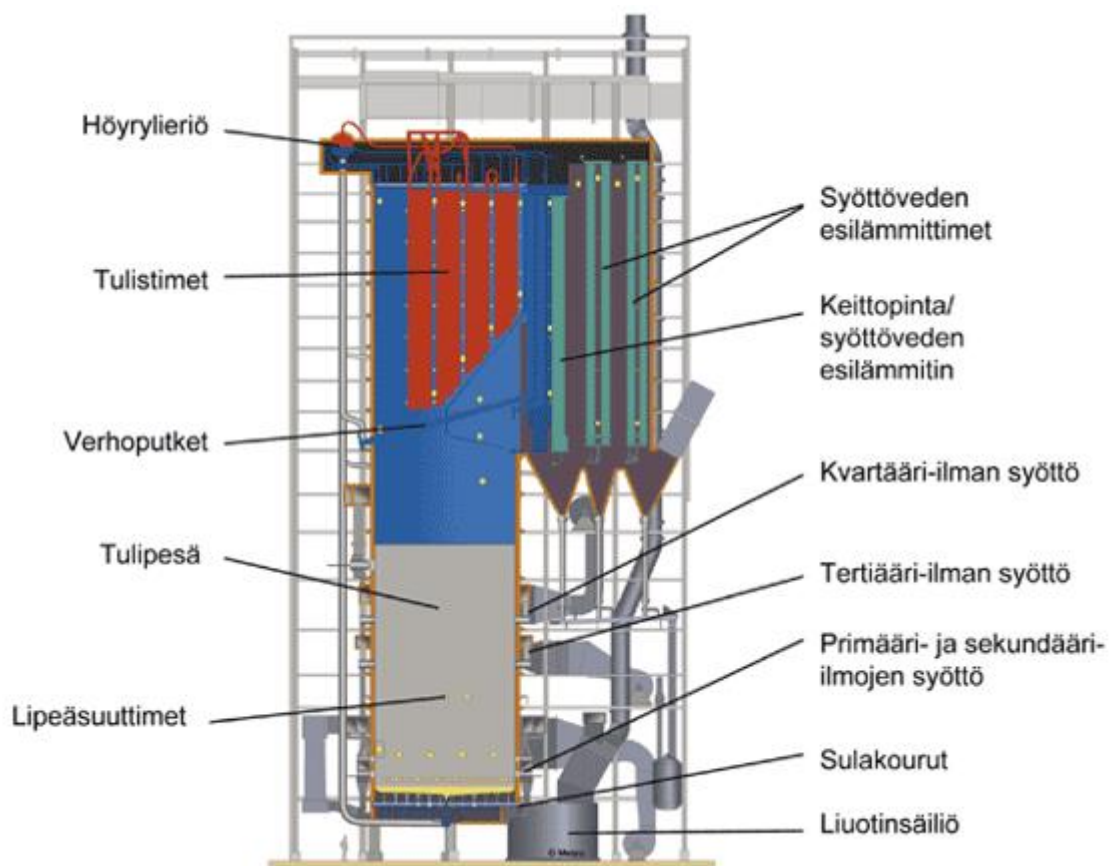
Soodakattilalla on kaksi eri tehtävää, jotka ovat kemikaalien talteenotto sekä prosessissa syntyvän palamislämmön talteenotto. Soodakattilan kahdesta tehtävästä ensisijainen on mustalipeän sisältämien rikin pelkistäminen. (KnowPulp. 2015.)

Havainnekuvassa 15 näytetään soodakattilassa tapahtuva rikin pelkistyminen natriumsulfidiksi. Kuitenkin osa rikkiyhdisteistä jää pelkistymättä. Pelkistymis- eli reduktioaste kertoo natriumsulfidiksi pelkistyneen natriumsulfaatin määrän. Kemikaalisulaa johdetaan ulos soodakattilasta tulipesän alaosassa olevien sulakourujen avulla. Sula pitää sisällään natriumsulfidia, natriumkarbonaattia ja natriumsulfaattia. Kemikaalisula johdetaan yleensä soodakattilan alapuolella sijaitsevaan liuottajaan. Liuottajassa kemikaalisulaan liuotetaan laihavalkoliipettä, jolloin saadaan viherliipettä, joka jatkaa prosessissa matkaa kaustistamolle. Siihen perehdytään tarkemmin kappaleessa 3.1.1. (KnowPulp. 2015.)



Kuva 15. Rikin pelkistyminen ja hapettuminen soodakattilan tulipesässä. (KnowPulp. 2015.)

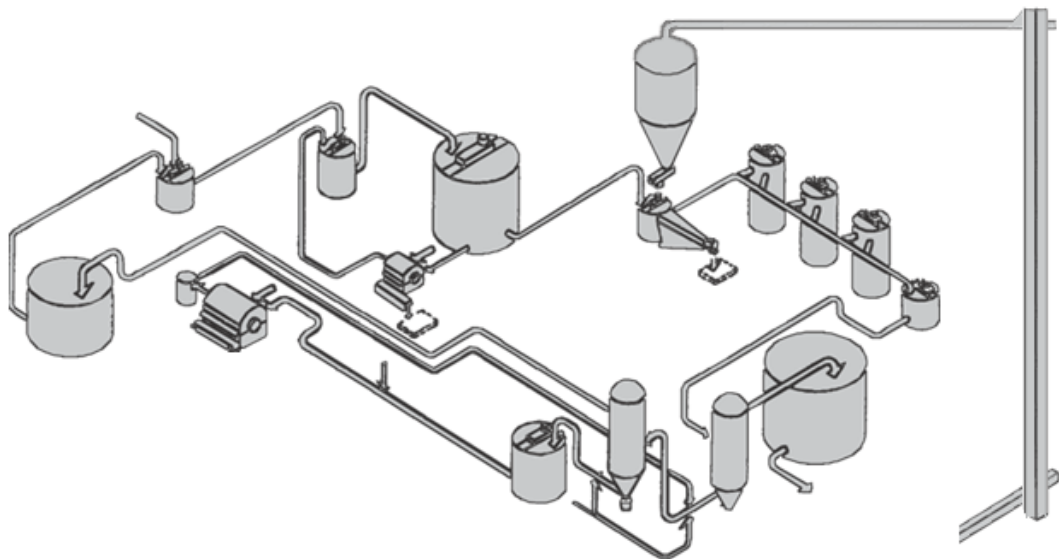
Kuvassa 16 on eritelty soodakattilan pääkomponentit. Soodakattilan toinen tehtävä on lämmön talteenotto, ja se perustuu keitossa muodostuneiden puun orgaanisten ja epäorgaanisten aineiden polttamiseen. Kun rikki ja natrium erotetaan polttamalla mustaliipeää soodakattilan tulipesässä, vapautuu huomattava määrä energiaa. Lämpöenergia kerätään voimalaitoskattiloille tyypilliseen tapaan höyrystämällä vettä ja tulistamalla se. Tulistetulla höyryllä saadaan tuotettua sähköä turbiini-generaattorin avulla. Lisäksi turbiinin väliotosta ja turbiinin jälkeen saatavaa höyryä käytetään tehtaan prosesseissa. Höyryä kuluu prosessin eri prosesseissa kuitulinjoilla, haihduttamalla, kuivauskoneella ja paperikoneilla. Soodakattilan kemikaalien ja lämmön talteenotto prosessit ovat täysin erillisiä prosesseja. (KnowPulp. 2015.)



Kuva 16. Soodakattilan osat eriteltyinä (KnowPulp. 2015).

3.2.2 Kaustisointi

Kaustisointi on osa kemikaalikiertoa, joka on esiteltynä kuvassa 17. Kalkki on kaustisointiprosessissa kiertävä apukemikaali. Sen avulla saadaan muutettua soodakattilasta saatava viherlipeä valkolipeäksi. Kaustisointiprosessi alkaa virhelipeän käsittelyllä, jossa viherlipeä suodatetaan ja sen seasta poistetaan sakka. Sakka poistetaan sakkasuotimella ja siitä kerätään natrium talteen. Sakan erotuksen jälkeen viherlipeä pumpataan sammuttimeen, johon tulee virhelipeän lisäksi poltettua kalkkia. Poltetu kalkki CaO sammuu sammuttimessa viherlipeässä olevaan veteen muodostaen sammutettua kalkkia $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Kaustisointisäiliöissä sammutettu kalkki eli kalsiumhydroksidi reagoi natriumkarbonaatin kanssa. Reaktiossa syntyy keitossa tarvittava natriumhydroksidi eli valkolipeä. Kaustisoinnin jälkeen valkolipeä sisältää reaktiossa syntyynyttä kalsiumkarbonaattia eli meesaa, joka erotetaan valkolipeästä valkolipeäsuotimella. Sen jälkeen valkolipeä on valmis toimitettavaksi keittimelle, jolloin kemikaalikierron ympyrä sulkeutuu. Valkolipeästä suodatettu meesa toimitetaan meesasuoitimelle, josta alkaa kalkkikierto. (KnowPulp. 2015.)

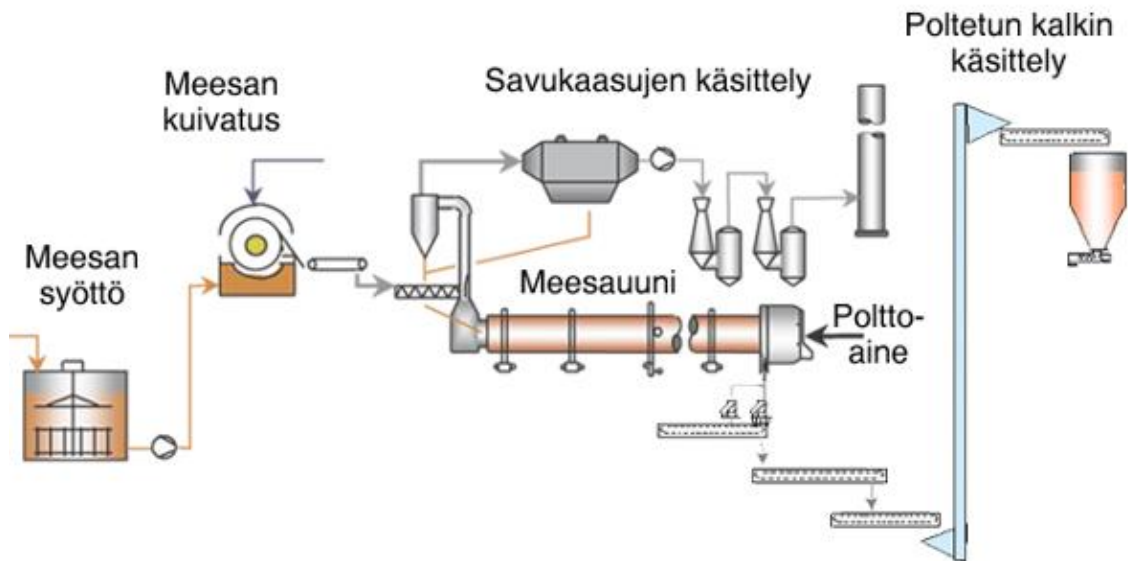


Kuva 17. Kuva kaustisointiprosessista ja siihen kuuluvista laitteista. (KnowPulp. 2015.)

3.2.3 Meesanpoltto

Kalkkikierto on havainnollistettu kuvassa 18. Meesanpolton tarkoituksena on palauttaa kalsiumkarbonaatti kalsiumoksidiksi. Meesanpoltossa käytettävä päälaitte on meesa-uuni. Kalkin palauttamisprosessi tarvitsee ulkopuolelta tuotua energiaa, koska se tapahtuu korkeassa lämpötilassa. Kymillä prosessin polttoaineena on maakaasu. (KnowPulp 2015.)

Ennen meesan polttamista valkoliipeäsuotimelta tuleva meesa täytyy kuivattaa. Kuivatus tapahtuu meesasuoitella, jolla meesan kuiva-ainepitoisuus saadaan lähes 100 prosenttiin. Suotimelta meesa syötetään uuniin ruuvilla. Itse uuni pyörii hitaasti ja on hiukan laskeva syöttöpäästä polttopäähän. Meesa valuu hitaalleen kohti polttopäätä ja palaa matkalla kalkiksi. Meesauunin polttopäässä meesa on muuttunut täysin kalkiksi. Kalkki kuljetetaan uunilta varastointiin ja sieltä takaisin kaustisointiprosessiin sammuttimelle, jolloin kalkkikierron ympyrä sulkeutuu. (KnowPulp. 2015.)



Kuva 18. Kalkkikierron eli meesanpolton osaprosessit. (KnowPulp. 2015.)

4 Kunnossapito

Kunnossapito voidaan määritellä mm. seuraavasti:

- PSK 6201: ”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.” (Mikkonen ym. 2009. 26.)
- SFS-EN 13306: ”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.” (Mikkonen ym. 2009. 26.)
- ”Ensure that physical assets continue to do what their users want them to do” – John Moubray (Mikkonen ym. 2009. 26.)

Kunnossapidon tehtävänä on pitää laitteet jatkuvasti käyttökunnossa. Nykymenetelmien mukaisessa kunnossapidossa pitäisi pyrkiä eroon rikkoutuneiden laitteiden korjaamisesta. Tällä tarkoitetaan sitä, että laitteiden pitäisi olla niin hyvin hallinnassa ja niiden huoltosykliä niin hyvin ajoitettu, että perinteisiä laiterikkoja ei pääse tapahtumaan. Tämä tukee ajatusta siitä, että nykyaikainen kunnossapito kuuluu osaksi tuotantoprosessia, eikä ole vain muuttuva kustannus. Kunnossapidolla pystytään varmistamaan tuotantolaitoksen kilpailukyky. (Mikkonen. 2009. 25 – 26.)

Näkemykset kunnossapidosta vaihtelevat suuresti. Kunnossapitohenkilöstöllä on selkeä käsitys omista tehtävistä sekä ymmärrys siitä, mitä kunnossapidolla tarkoitetaan. Muilla kuin kunnossapidon parissa työskentelevillä näkemykset voivat vaihdella ja saattavat olla vanhanaikaisia. Tästä johtuen kunnossapidon tärkeyttä ja tarpeellisuutta saatetaan kyseenalaistaa. (Mikkonen. 2009. 25.)

Mikkosen ym. (2009, 26) mukaan alan edelläkävijä John Moubray sekä yllä olevat standardit määrittelevät kunnossapidon melko samankaltaisesti. Ainoastaan John Moubray näkee kuitenkin myös käyttäjän vaatimukset. Hän ymmärtää sen, että käyttäjän pitää ensin tietää, mitä laitteelta vaaditaan, jotta kunnossapito voi korjata tai huoltaa laitteen käyttäjän haluamalle tasolle.

4.1 Kunnossapidon tavoitteet

Kunnossapidon keskeisiä tavoitteita ovat tuotannon kokonaistehokkuus sekä hyvä käyttövarmuus. Tuotannon kannalta on oleellista, että käyttöominaisuudet on mitoitettu oikein ja niitä käytetään optimaalisesti. Edellä mainitut seikat mahdollistavat sen, että investoinneille saadaan aikaiseksi mahdollisimman suuri tuotto. (Järviö ym. 2007. 12.)

Kunnossapidon perinteinen merkitys eli vikojen korjaaminen on muuttanut muotoaan. Nykyaikaisella kunnossapidolla tarkoitetaan tuotantokyvyn ylläpitämistä, säästämistä ja säilyttämistä. Tähän sisältyy

- laitteen toimintakunnon ylläpitäminen
- laitteen käytön turvallisuus
- laitteen laaduntuottokyky
- laitteen elinjakson hallinta
- laitteen palauttaminen alkuperäiseen kuntoon
- koneen modernisointi
- suunnitteluheikkouksien korjaaminen
- käyttö- ja kunnossapitotaitojen kehittäminen.

Laitteiden käytettävyys korostuu nykymuotoisessa teollisuudessa. Sellu- ja paperiteollisuudessa tuotteen laatuun vaikuttavat oleellisesti tasainen tuotanto sekä muuttumattomat tuotantoparametrit. Jos laitteet jatkuvasti vikaantuisivat, vaihtelisivat tuotantoparametritkin. Tästä seuraisi laadun kärsiminen. Nykyaikainen kunnossapito tunnistaa tilanteet ja osaa ennakoida. Kunnossapitotehtävät suoritetaan tuotannon ehdoilla, eikä laitteiden. Näin turvataan lopputuotteen laatu. (Järviö. 2007. 12 – 13.)

4.2 Kunnossapidon osa-alueet

4.2.1 Osa-alueiden luokittelu

Kunnossapitostandardit eivät ole uudistuneet samaan tahtiin kuin itse kunnossapito. Standardit pyörivät vikaantumisen ja korjaamisen ympärillä, joten keskeisiä käsitteitä ja menetelmiä on jäänyt niiden ulkopuolelle.

Standardit eivät tunnista esimerkiksi nykypäivänä käytettävää RTF - menetelmää. RTF, run to failure, tarkoittaa nimensä mukaisesti vian perässä juoksemista. Menetelmää hyödynnetään, kun laitteen arvo on vähäinen ja sen osallistuminen tuotantoon minimaalista. Vähäisen toiminnan takia kyseiselle laitteelle ei ole kustannustehokasta luoda kunnossapitosuunnitelmaa, vaan se korjataan ainoastaan silloin, kun on tarvetta. Lisäksi kunnossapitostandardit sivuuttavat erilaiset modernisoinnit sekä jättävät täysin mainitsematta erilaiset kunnossapidon analysointimenetelmät. Analysointimenetelmillä tarkoitetaan yksinkertaisimmillaan vikahistorioiden tutkimista tai vikaantumismekanismien selvittämistä esimerkiksi simulaatioita apuna käyttäen. (Järviö. 2007. 47 – 48.)

Jokapäiväisestä kunnossapidosta voidaan tunnistaa viisi osa-aluetta, jotka ovat

- huolto
- ehkäisevä kunnossapito, johon sisältyy jaksotettu kunnostaminen, kunnonvalvonta, kuntoon perustuva kunnossapito sekä ennustava kunnossapito
- korjaava kunnossapito, johon sisältyy kunnostaminen ja korjaaminen
- parantava kunnossapito
- vikojen ja vikaantumisten selvittäminen.

Osa-alueilla hallitaan tuotantolaitosten kunnossapitoa seuraavasti:

- Huollolla pyritään pitämään laitteen ympäristö ja kunto mahdollisimman hyvinä.
- Ehkäisevä kunnossapito pyrkii estämään ja hallitsemaan laitteen vikaantumista. Estäminen perustuu määräaikaisiin komponenttien vaihtoihin ja vian hallitseminen perustuu vian etsintään ja seurantaan.
- Korjaava kunnossapito korjaa havaitut viat.
- Parantava kunnossapito parantaa laitteen käytettävyyttä ja luotettavuutta, sekä muuttaa kunnossapidollisesti hankalat kohteet paremmiksi.
- Vikojen ja vikaantumisen selvittämisessä paikannetaan tilanteita ja tekijöitä, jotka voivat vaarantaa tuotantoprosessin. Ongelmat voivat olla lähtöisin käytön puolelta tai laitevalmistajalta.

(Järviö. 2007. 48.)

4.2.2 Huolto

Huoltaminen sisältää perinteisiä kunnossapitotoita, joilla pidetään yllä laitteen käyttöominaisuuksia ja toimintaa. Huollon tarkoituksena on estää vian tai vaurion syntyminen. Huoltoja suoritetaan määräajoin, riippuen laitteen käyttöajasta tai -määrästä. Huoltotoimenpiteisiin kuuluu

- toimintaedellytyksien vaaliminen
- puhdistus
- voitelu
- huoltaminen
- kalibrointi
- kuluvien osien vaihtaminen
- toimintakyvyn palauttaminen.

Kuten voidaan havaita, huollon ja ennaltaehkäisevän kunnossapidon tehtävät ovat osittain päällekkäisiä. (Järviö. 2007. 50.)

4.2.3 Korjaava kunnossapito

Kuten nimikin kertoo, korjaavan kunnossapidon ideana on palauttaa laitteen osa tai komponentti takaisin käyttökuntoon. Korjaavan kunnossapidon seurannan avulla voidaan määrittää laitteelle tai komponentille elinaika. Korjaava kunnossapito on joko häiriökorjausta eli suunnittelematonta kunnossapitoa tai korjausta eli suunniteltua kunnossapitoa. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyvät seuraavat toimenpiteet:

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

(Järviö. 2007. 49.)

4.2.4 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon päämääränä on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai estää toimintakyvyn putoaminen. Siihen liittyy oleellisesti kohteen suorituskyvyn tai sen parametrien mittaaminen. Ehkäisevä kunnossapito on säännöllistä, ja tulosten perusteella voidaan suunnitella ja aikatauluttaa kunnossapitotoimintaa. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat seuraavat laitteille tehtävät toimenpiteet:

- tarkastaminen
- kunnonvalvonta
- määräystenmukaisuuden toteaminen
- testaaminen sekä toimintakunnon toteaminen
- käynninvalvonta
- vikaantumistietojen analysointi.

Kunnonvalvontaa suoritetaan käynnin aikana tai tarkastuksenomaisesti seisokissa. Kunnonvalvonnan tehtävänä on etsiä oireilevia vikoja tai todentaa havaintojen avulla kohteen senhetkinen toiminnallinen kunto. (Järviö. 2007. 50.)

4.2.5 Parantava kunnossapito

Parantavan kunnossapidon ideana on parantaa nykyistä tilannetta. Tämä on mahdollista kolmella eri tavalla, jotka ovat uusiminen, uudelleensuunnittelu tai modernisointi. (Järviö. 2007. 51.)

Uusimisella tarkoitetaan tilannetta, jossa laite uusitaan ilman, että tuotantoparametreja muutetaan. Laitteen suorituskyky ei siis juuri muutu uusimisen yhteydessä. Esimerkkinä voisi olla vanhan ja loppuun kuluneen laitteen korvaaminen uudella samanlaisella. Korjauksen yhteydessä tuotantoparametrit eivät muutu, mutta laitteen elinkaari alkaa alusta.

Uudelleensuunnittelun funktiona on laitteen toimintavarmuuden parantaminen. Uudelleensuunnittelulla haetaan muutoksia toimintaympäristöön, ja sitä kautta poistetaan tuotannosta epäluotettavuustekijöitä. Uusimisen tavoin uudelleensuunnittelullakaan ei haeta laitteelle lisää suorituskykyä. (Järviö. 2007. 51.)

Modernisoinnilla puolestaan haetaan lisää suorituskykyä. Modernisoinnin mahdollisuus tulee usein eteen, kun laitteen elinaika on pidempi kuin sen valmistamien tuotteiden. Tästä hyvänä esimerkkinä voidaan pitää paperikonetta. Vanhalla koneella ei välttämättä enää pystytä valmistamaan markkinoiden vaatimia tuotteita kilpailukykyisesti. Yleensä modernisoinnin yhteydessä on myös tarkoituksena uudistaa valmistusprosessia. (Järviö. 2007. 51.)

4.2.6 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Vikojen ja vikaantumisten selvittäminen ei ole toistaiseksi vakiinnuttanut asemaansa kunnossapidon toimintana. Menettely tiedetään ja todetaan tärkeäksi, mutta harvassa organisaatiossa asiaa käsitellään systemaattisesti. Vikojen ja vikaantumisen selvittämisen heikko suosio voi johtua siitä, etteivät standardit käsittele asiaa. Asian saralla on kehitystä, mutta standardoitavaa toimintamallia ei ole vielä löytynyt. (Järviö. 2007. 51.)

Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen perustuu vian sekä vikaantumisprosessin ymmärtämiseen. Niiden ymmärtämien antaa mahdollisuuden ehkäistä ennalta arvaamattomia tilanteita. Selvittäminen on kallista ja vaatii erityisosaamista, joten analyysijä suori-

tettaessa pitää muistaa kustannustehokkuus. Analyysi kannattaa suorittaa laitteille, joiden toimintamalli on monimutkaisempi tai jotka ovat itsessään erittäin arvokkaita. Tyypillisiä menetelmiä vian tai vikaantumisen selvittämiseksi ovat

- vika-analyysi
- simulointi tai mallintaminen
- perussyyn selvittäminen
- materiaalianalyysit
- suunnittelun analyysit
- riskinhallinta.

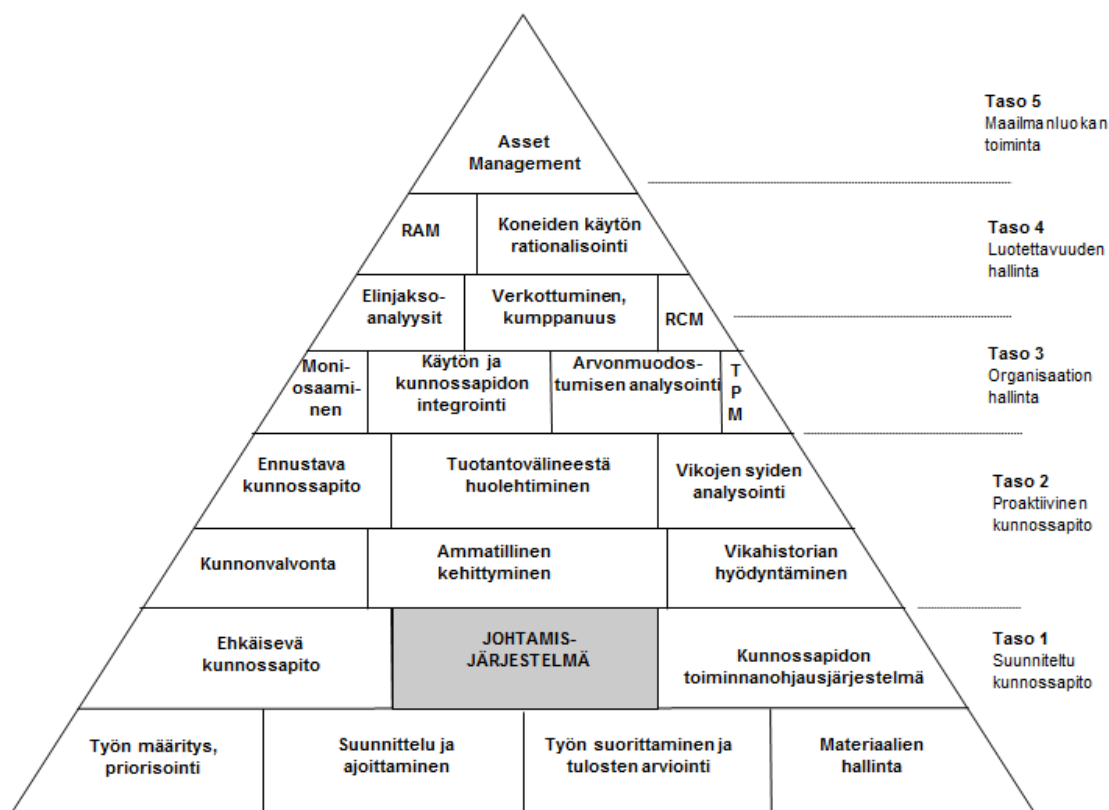
(Järviö. 2007. 51.)

4.3 Kunnossapidon tasot

4.3.1 Uusi malli vs. vanha

Kunnossapidon eri tasot on luotu, jotta toimija pystyy helposti arvioimaan oman kunnossapitotoimintansa tasoa. Lisäksi kunnossapidon tasokäsitys helpottaa toimijaa suuntaamaan kehityksen oikeaan kohteeseen. (Järviö. 2007. 64.)

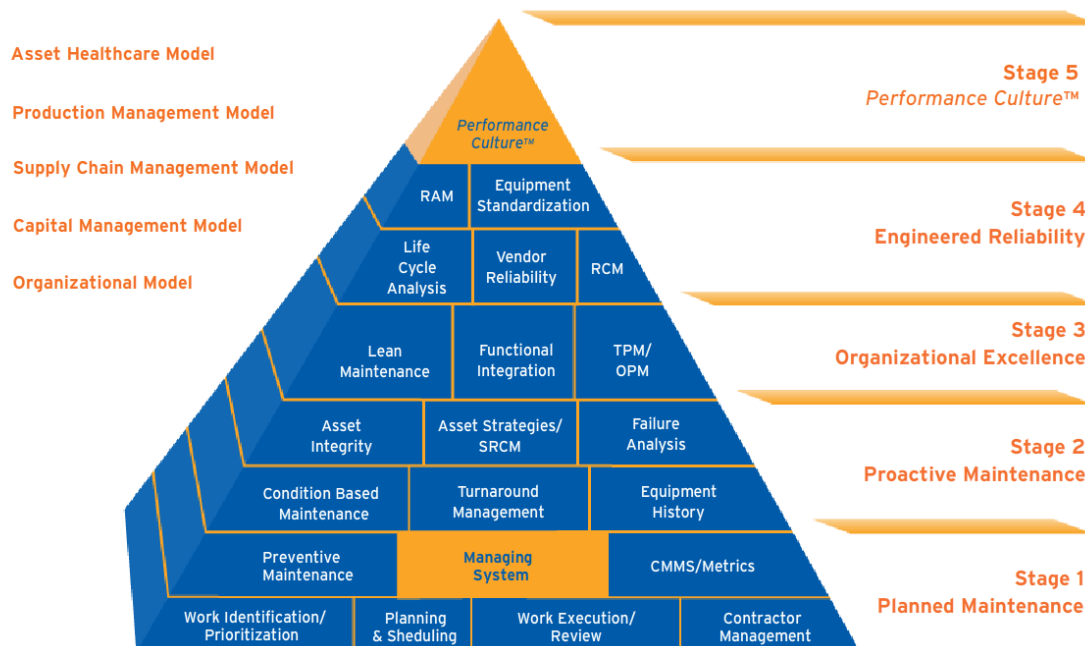
Kunnossapidon tasoja on olemassa viisi erilaista (kuva 19). Näistä ensimmäinen on kaikista helpoiten saavutettavissa ja kuuluu kunnossapidon perustoimintaan. Tästä syystä se on perustus kuvassa esitetylle kolmiolle. Kolmion mukaan toimija pystyy kehittämään omaa kunnossapitoaan opettelemalla seuraavan tason asioita. Loppujen lopuksi tavoitteena on päästä korkeimmalle tasolle eli tasolle viisi. Kuvassa esitetyn vanhan mallin mukaan ylin saavutettava taso on laitehallinta eli *asset management*.



Kuva 19. Kunnossapidon tasot (Järviö ym. 2007. 64).

Kuten aikaisemmin on mainittu, kunnossapito on kehittynyt valtavasti viime vuosikymmenien aikana. Nykykäsityksen mukaan se ajatellaan osaksi tuotantoa eikä vain muutuvaksi kustannukseksi. Tästä johtuen kunnossapidon tasokäsitys on muuttanut muotoaan radikaalisti.

Uudessa tasokäsityksessä (kuva 20) kaikki tuotantoon liittyvät tekijät on koottu pyramidin muotoon ja tätä kautta ne ovat kaikki yhteydessä toisiinsa. Vanhaan malliin verrattuna kunnossapidon tasot ovat edelleen kolmion muodossa, mutta kyseinen kolmio on osa isoaa toisiinsa linkittyvää kokonaisuutta. Pyramidin pohjana on *organization model* (organisaatiomalli) ja pyramidin tahkoina ovat tuotantoon liittyvät tekijät: *asset healthcare model* (kunnossapito), *production management model* (tuotanto), *supply chain management model* (logistiikka) ja *capital management model* (taloushallinta). (SamiCorp 2015.)



Kuva 20. Uudessa mallissa kunnossapidon kolmio on yksi kokonaisuutta kuvaavan pyramidin sivuista. (SamiCorp 2015.)

4.3.2 Taso 1 – suunniteltu kunnossapito

Kunnossapidon toiminnan perusideana on työn hallinta. Kyseinen osa koostuu edelleen johtamisjärjestelmästä, ehkäisevästä kunnossapidosta, suunnittelusta ja aikataulutuksesta sekä työn suorittamisesta ja arvioimisesta. Perustason keskeisenä palikkana on johtamisjärjestelmä, jonka ympärille toiminta perustetaan. Johtamisjärjestelmä on jaettu kahteen palikkaan. Toinen palikka linkittää toiminnan pyramidin muihin osiin ja toinen palikka kuvaa toimintajärjestelmässä kunnossapidon osuutta. Koko toiminta pyritään siis rakentamaan yhden ja saman ohjelmiston ympärille. Tästä hyvänä esimerkkinä voi mainita kokonaisvaltaisen SAP-ohjelman. (SamiCorp 2015.)

Uutena tekijänä kunnossapidon perustasolle on lisätty alihankkijoiden hallinta. Alihankkijoiden käyttöä suositellaan oman kunnossapidon rinnalle. Näillä pystytään teettämään erilaisia erikoisosaamista vaativia tehtäviä tai muuten vain helpottamaan oman kunnossapidon työtaakkaa. Ulkopuolisen työvoiman hallinta on perusteltu lisäys kunnossapidon perusteisiin. Alihankkijat ovat merkittävä tekijä nykykunnossapidon toiminnassa ja edellytys tehokkaaseen toimintaan. (SamiCorp 2015.)

4.3.3 Taso 2 – ennakoiva kunnossapito

Tason 2 perusideana on tilanteen tunnistaminen. Tilannekuvaa ylläpidetään erilaisilla käytön ja kunnossapidon suorittamilla valvontakierroksilla. Lisäksi hyödynnetään erilaisia valvontamenetelmiä. Tarkoituksena on huomata ja tunnistaa alkava tilanne sen vaikutuksen ollessa vielä vähäistä. (SamiCorp 2015.)

Vanhassa mallissa kolmion huipulla oli laitehallinta. Uudessa mallissa laitehallinta on tuotu kaiken keskelle tasolle 2. Yleisen käsityksen mukaan laitteiden hallinta ja ymmärtäminen on kunnossapidon toiminnan edellytys. Uudessa mallissa vanha laitehallinta on pilkottu osiksi, kuten laitestrategiaan, laitteiden arvon ylläpitämiseen, kuntoon perustuvaan kunnossapitoon, huoltoseisokkien hallintaan, laitehistoriaan sekä vika-analyysiin. Muutos vaikuttaa erittäin luontevalta ja perustellulta. Näillä toimilla kunnossapito pysyy tilanteen tasalla ja sen avulla on mahdollista hahmotella toimintaa jo tulevaisuuteen. (SamiCorp 2015.)

4.3.4 Taso 3 – organisaation hallinta

Tasolla 3 kunnossapito-organisaatiosta pitäisi olla tunnistettavissa seuraavia ominaisuuksia:

- selkeät ja tarpeeksi haastavat tavoitteet
- omistautunut ja keskittynyt johto
- tehokkaat ja hyvin koulutetut työntekijät
- vankka kokemus, jolla pystytään hankkimaan kilpailullinen etulyöntiasema
- avoin kommunikointi sekä tiedon jakaminen organisaation sisällä

Näillä ominaisuuksilla organisaatio pystyy olemaan kilpailukykyinen kunnossapidon haastavassa ja muuttuvassa ympäristössä. (SamiCorp 2015.)

Tällä tasolla on kolme keskeistä käsitettä, jotka tulisi hallita. Ensimmäinen näistä on hukan hallinta. Tällä tarkoitetaan tuottavuuteen kohdistettujen kunnossapitoresurssien ja luotettavuuden suhteen hallintaa. Jos kohdistetaan liikaa kunnossapitoresursseja laitteen tuottavuuteen, luotettavuus kärsii sekä toisin päin. Lean-menetelmällä halutaan löytää oikeanlainen suhde, jolla arvot ovat haluttuja ilman hukattuja resursseja. (SamiCorp 2015.)

Toiminnan integroiminen on toinen tasolla 3 olevista keskeisistä menetelmistä. Integroidulla toiminnalla tarkoitetaan tuotannon ja kunnossapidon toimintojen yhteissuunnittelua. Tuotantokatkokset ovat hyvissä ajoin tiedossa ja välitetty kunnossapidolle, jolloin he voivat suunnitella omia töitä kyseiselle ajankohdalle. Ominaista toiminnassa on, että tuotanto-organisaatio on yhtä kiinnostunut huoltojen suorittamisesta kuin kunnossapito-organisaatio. (SamiCorp 2015.)

Kolmantena tasolla on koko tasoa kuvaava menetelmä TPM. TPM, *total productive maintenance*, joka tarkoittaa kokonaisvaltaista kunnossapitoa. Menetelmä sitoo kunnossapitoon sekä käytön että kunnossapidon työntekijät. Tuotannon vastuulle jää pienemmät ja yksinkertaisemmat kunnossapitotyöt, kuten öljynvaihdot ja silmämääräiset tarkastukset. Kunnossapidolle jäävät sen jälkeen vaikeammat, suuremmat ja haastavammat työt, joihin tarvitaan enemmän kokemusta. Oleellista on, että tuotannon ja laitteiston valvonta integroituu tuotannon ja kunnossapidon kesken. (SamiCorp 2015.)

4.3.5 Taso 4 – suunniteltu luotettavuus

Suunniteltu luotettavuus keskittyy laitteen käyttöönottoon sekä sen suunnitellun eliniän saavuttamiseen, huollettavuuteen ja standardointiin. Tasolle 4 keskeisiä piirteitä ovat laitteen eliniän analysointi, varaosahankinnan luotettavuus ja luotettavuuskeskeinen kunnossapito. (SamiCorp 2015.)

Laitteen eliniän hallinnassa pitää pystyä näkemään koko laitteen elinikä kerralla. Tällöin pystytään hahmottamaan laitteen tulevat kustannukset koko eliniän ajalta ja vertaamaan niitä suunniteltuun tuottoon. Luotettavuuteen suunnitellut suoritteet on suunniteltu ja ajoitettu tuotannollisesti parhaaseen aikaan eli talousnäkökulmasta. Kyseiset suoritteet suunnittelee käyttö- ja kunnossapitohenkilöstö yhdessä. (SamiCorp 2015.)

Toinen keskeinen menetelmä on varaosahankinnan hallinta. Tällä halutaan varmistaa, että varaosia on saatavilla tarpeen tullen. Tavoite olisi, että organisaatiolla olisi mahdollisuus hankkia varaosia monista eri lähteistä sekä kilpailuttaa ne. Tämä lisää tuotannon toimintavarmuutta sekä mahdollistaa varaosaresurssien hallintaa. Lisäksi pystytään valvomaan varaosiin sidottua pääomaa. (SamiCorp 2015.)

Luotettavuuskeskeisellä kunnossapidolla luodaan perusta kunnossapidolle. Laitteiden kriittisyys tuotantoprosessissa otetaan huomioon kunnossapitotöitä suunniteltaessa.

Kunnossapitomenetelmällä saaduilla tuloksilla pystytään perustelemaan modernisointitarpeet sekä auttamaan modernisoinnin suunnittelua. Luotettavuuskeskeiseen kunnossapitoon perehdytään tarkemmin raportin kappaleessa 5. (SamiCorp 2015.)

4.3.6 Taso 5 – tehokas toimintakulttuuri

Pyramidin huipulla sijaitseva tehokas toimintakulttuuri pitää sisällään:

- yhteistyötä tekevän työyhteisön
- yhtenäisen linjan, joka saavuttaa yhdessä asetetut tavoitteet
- optimoidun toiminta- ja tuotantoprosessin
- turvallisen ja kurinalaisen tuotantotavan.

Tämä kyseinen pyramidin huippu on sama kaikille tuotannon osa-alueille ja toimintakulttuurin keskeiset lauseet koskevat jokaista osa-aluetta. Kuten aina menetelmissä ja filosofioissa, täydellisen tilanteen saavuttaminen on utopiaa. Tässä mallissa täydellisen tilanteen teesit ovat helposti konkretisoitavissa. Helposti ymmärrettävä ja nähtävä tavoite motivoi myös työyhteisöä tavoittelemaan täydellisyyttä. Mitataan tai analysoidaan kunnossapitoa tai toimintaa millä mittareilla tahansa, parannettavaa löytyy aina. Tästä voidaan päätellä, että tehokas toimintakulttuuri on saavutettavissa, mutta silti toiminta ei ole koskaan niin hyvää, etteikö löytyisi parannettavaa. (SamiCorp 2015.)

4.4 Vikaantumisen

Vikaantuminen on tapahtuma, jonka ilmetessä laite ei pysty suorittamaan vaadittua toimintaa. Vikatilaksi ei kuitenkaan lasketa tilannetta, joka on peräisin resurssien puutteesta johtuvasta toimintakyvyttömyydestä. Vikaantumisen seurauksena voi olla joko häiriö tai vaurio. Eri kunnossapitomenetelmät tuovat mukanaan joukon uusia vikaantumisen termejä, joista keskeisimmät ovat toimintakyvyn heikkeneminen ja vikaantumistapa. (Mäki, Uusitalo 2000. 28-32.)

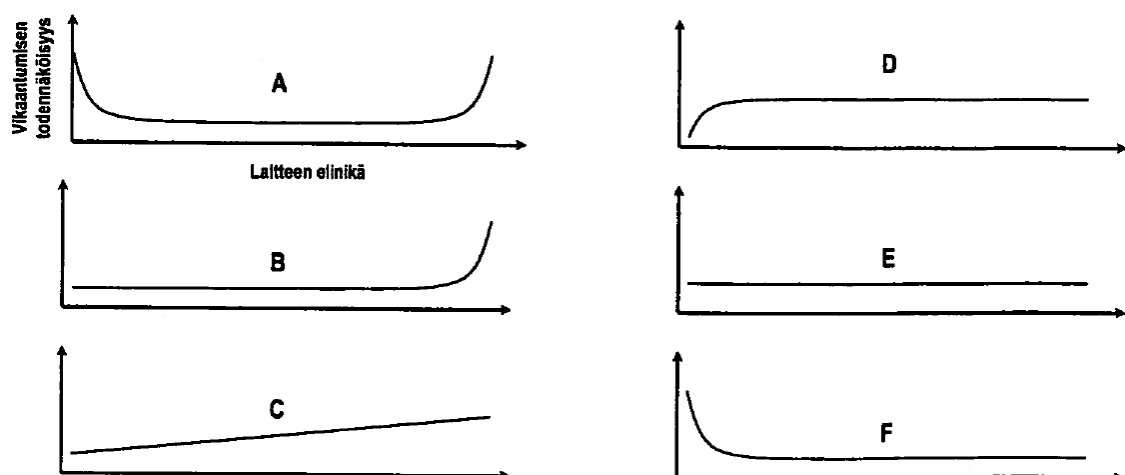
Toimintakyvyn heikkeneminen tarkoittaa laitteen hidasta rappeutumista. Kyseessä on pienten piilevien vikojen sekä iän tuoman kulumisen yhteisvaikutus. Tästä seuraa, että laite ei enää pysty toimimaan uuden veroisesti. Vikaantumistapa puolestaan on yleinen

ilmaus tapahtumaketjulle, jonka aikana laitteen toimintakyky muuttuu hyväksyttävästä vikatilaan. Vikaantumistapa pitää sisällään kaikki muutoksen aikana tapahtuvat vikamuodot. (Järviö 2007. 34.)

Jos laite on valmistettu, huollettu ja pidetty oikeissa olosuhteissa, rikkoontumisia ei pitäisi tapahtua. Viat eivät synny tyhjästä, vaan jokaisella on omat syntymä- ja vikaantumismekanisminsa. Vikatila on vian etenemisen viimeinen vaihe, jonka saavutettuaan laite lakkaa toimimasta. Kun vian kehitys tunnistetaan ajoissa, voidaan vaurioitumista vähentää merkittävästi. Vian aikainen tunnistaminen vähentää myös kunnossapidon kuormitusta. Vikojen määrä onkin hyvä tunnusluku koneenkäyttäjien ja kunnossapidon osaamiselle. (Järviö 2007. 53.)

Kunnossapidon teoriassa ei juurikaan käsitellä vikojen syntymistä ja kehittymistä. Näiden asioiden ymmärtäminen on kuitenkin nykyaikaisessa kunnossapidossa ehkä se kaikkein tärkein asia; prioriteettina on estää vikaantuminen. Vikaantumiset suhteutetaan yleensä aikaan. (Järviö 2007. 53.)

Kuvassa 21 on esitelty tyypillisiä vikaantumismalleja. Ne perustuvat perinteisesti aikaan ja laitteen elinikään. 1970-luvun lopulla tutkimukset kuitenkin osoittivat, että vikaantumiset voivat olla satunnaisia. Perinteisiä aikaan perustuvia vikaantumismalleja esittävät kuvassa käyrät A, B ja C. Satunnaista vikaantumista kuvaavat käyrät D, E ja F. (Järviö. 2007. 57 - 60.)



Kuva 21. Vikaantumisten määrä suhteessa edettyyn aikaan. (Järviö. 2007. 58.)

Kuvassa käyrä A on nimeltään ”kylpyammemalli”. Se kuvastaa sitä, kuinka laitteen eliniän alussa on niin sanottuja ”lastentauteja” ja eliniän lopussa laite on käytetty niin loppuun, että vikojen määrä kasvaa eksponentiaalisesti. Käyrä B on muuten samanlainen kuin käyrä A, mutta siinä ei esiinny lastentauteja. B käyrä selittyy sillä, että käynnistettävä laite on jo käynyt läpi pitkän kehitystyön ja toimittaja on pystynyt paikallistamaan sekä korjaamaan lastentauteja aiheuttavat tekijät. Käyrä C esittää tapausta, jossa vikaantumiset kasvavat suhteessa laitteen elinikään. (Järviö. 2007. 57 - 60.)

Satunnaisen vikaantumisen mallissa (käyrä D) laite toimii moitteettomasti eliniän alussa, mutta vikaantuminen kasvaa nopeasti normaalille tasolle. Vikaantumisen todennäköisyys myös pysyy tällä tasolla laitteen eliniän loppuun asti. Käyrässä E laitteen vikaantuminen suhteessa sen elinikään pysyy koko ajan samalla tasolla. Käyrä F kuvaa tilannetta, jossa eliniän alussa on paljon lastentauteja. Lastentautien jälkeen vikaantuminen palautuu normaalille tasolle. (Järviö. 2007. 57 - 60.)

Aikaan pohjautuvia vikaantumisia esiintyy yksinkertaisissa laitteissa. Tällaiset laitteet ovat yleensä suorassa kontaktissa tuotteen tai materiaalin kanssa. Vikaantumisen yhteydessä kyseisistä laitteista voi löytyä merkkejä väsymisestä, korroosiosta sekä mekaanisesta kulumisesta. Nykyiset laitteet ovat paljon monimutkaisempia. Laitteiden rakenteet sekä laitteissa käytetyt tekniikat saavat aikaan yhteisvaikutuksen, joka monimutkaistaa vikaantumismallia. Monimutkaisissa laitteissa vikaantumismalli noudattaa käyrää F. Laitteen toiminnan alussa esiintyy usein lastentauteja, jotka saadaan karsittua pois niiden ilmennyttyä. (Järviö. 2007. 57 - 60.)

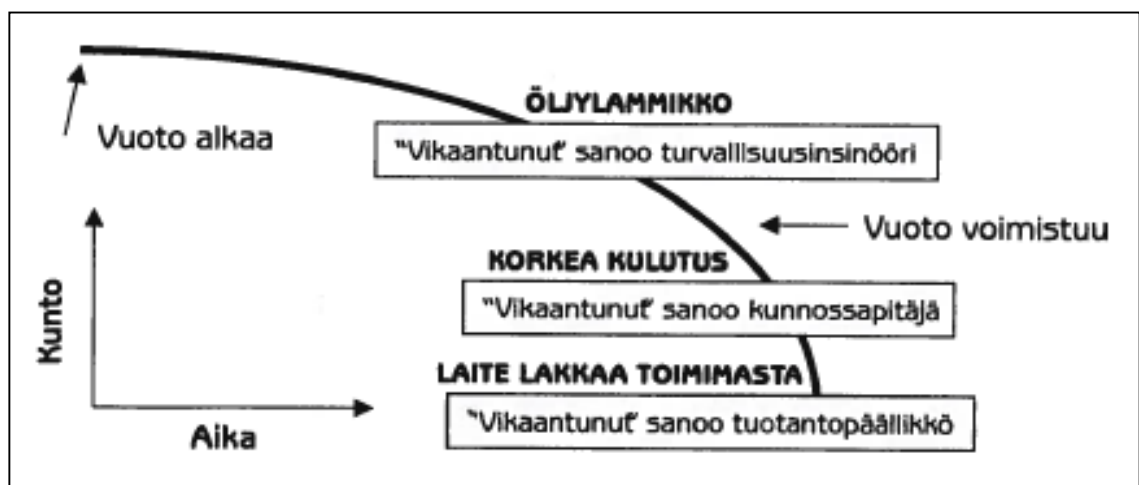
Joka kerta, kun laitteelle tehdään erilaisia toimenpiteitä, altistetaan laite samalla vikaantumismekanismeille A ja F. Kuten kokeneet työntekijät toteavat, toimivaan laitteeseen ei saa kajota. Tästä syystä on hyvä suorittaa kunnonvalvontaa eli mittauksia laitteen ollessa toiminnassa. Kunnonvalvonnan tuloksena laitteen käytettävyyden tulisi nousta. (Järviö. 2007. 57 - 60.)

Käytännössä asiat voivat kuitenkin olla aivan eri tavoin. Laitteilla on usein useampi kuin yksi käyttötarkoitus ja sen takia myös useita suoritusasoja. Tästä syystä suositellaankin keskittymään toiminnallisiin vikoihin eli vikoihin, joiden takia laite ei pysty suorittamaan haluttua yhtä tai useampaa toimintoa. Seuraavat piirteet ovat ominaisia toiminnallisille vioille:

- osittais- ja kokonaisvial, joissa laite toimii osittain tai on täysin rikki, mutta ei saavuta minimisuorituskykyä
- ylä- tai alarajavika, joissa laitteen suorituskyky joko ylittää tai alittaa halutun suorituskyvyn
- käyttöympäristö, jolla on merkitystä laitteen toiminnallisen vian määrittämiseen

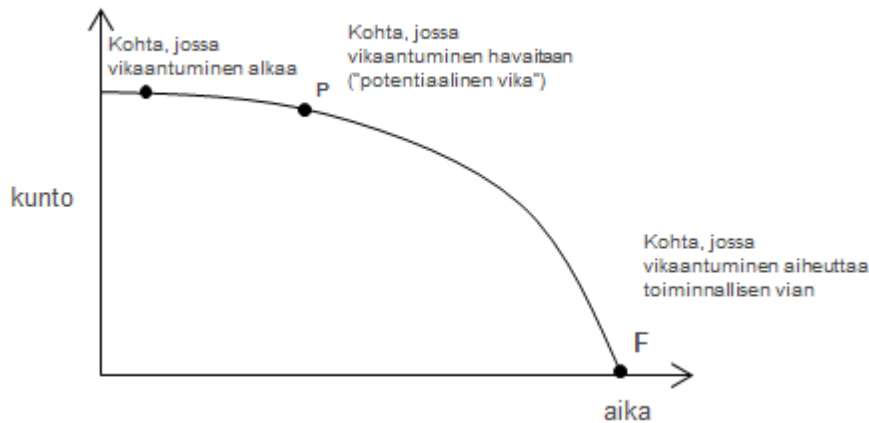
(Mäki. 2000. 28)

Kuvassa 22 esitetään, mitä vikaantuminen voi tarkoittaa eri henkilöille. Siinä havainnollistetaan tilannetta, jossa laitteessa on öljyvuohto. Aluksi turvallisuusinsinööri toteaa, että laite on vikaantunut, koska öljyä on laitteelle kuulumattomassa paikassa. Vuodon edelleen jatkuessa kunnossapitäjät huomaavat öljyn kulutuksesta jonkin olevan vialla. Jos vian annettaisiin edelleen pahentua, käytön henkilöstö huomaisi vian siinä vaiheessa, kun tuotantolinja pysähtyisi. Kuvalla halutaan havainnollistaa sitä, että vikaantuminen ei ole kaikille samanlainen käsite. Tilanteen selkeyden vuoksi käytön ja kunnossapidon pitää yhdessä määrittää laitteelle haluttu suorituskyky. Kun suorituskyky on tiedossa, kaikki henkilöt tehtävästä riippumatta pystyvät toteamaan laitteen vikaantumisen. (Mäki. 2000. 29)



Kuva 22. Vikaantuminen esitettyä henkilöstä ja tehtävästä riippuen. (Mäki. 2000. 29.)

Kuvassa 23 on esitetty yksi yleisimmistä vikaantumista havainnoivista kuvaajista. Vian ilmetessä laitteen kunto lähtee laskemaan ja samalla se alkaa heikentyä normaalia nopeammin. Tässä vaiheessa vika on vielä niin pieni, ettei sitä ole pystytty havaitsemaan. Kun mennään ajassa eteenpäin, laitteen kunto on heikentynyt sen verran, että vikaantuminen voidaan havaita. Tässä vaiheessa vika on kuitenkin hallinnassa ja laitteen suorituskyky on vielä sille määritetyn tason yläpuolella. Hetkeä, jossa vika havaitaan, merkitään käyrässä kirjaimella P. Jos laitteelle ei tehtäisi mitään, laitteen kunto heikkenisi siihen pisteeseen asti, jossa toiminnallinen vikaantuminen lopulta ilmenisi. Toiminnallista vikaantumista kuvataan käyrässä kirjaimella F. Tätä ajanjaksoa vian havaitsemisesta toiminnalliseen vikaantumiseen kutsutaan nimellä P - F -jakso. On tärkeää ymmärtää vian eteneminen ajan suhteen. P - F -jakson avulla voidaan luoda ja aikatauluttaa syklejä ehkäisevän kunnossapidon sekä kunnonvalvonnan tehtäville. (Pohjasto. 2000. 65 – 69.)



Kuva 23. Vian havaitsemisesta toiminnalliseen vikaan etenevä kuvaaja eli P - F -jakso. (Pohjasto. 2000. 64.)

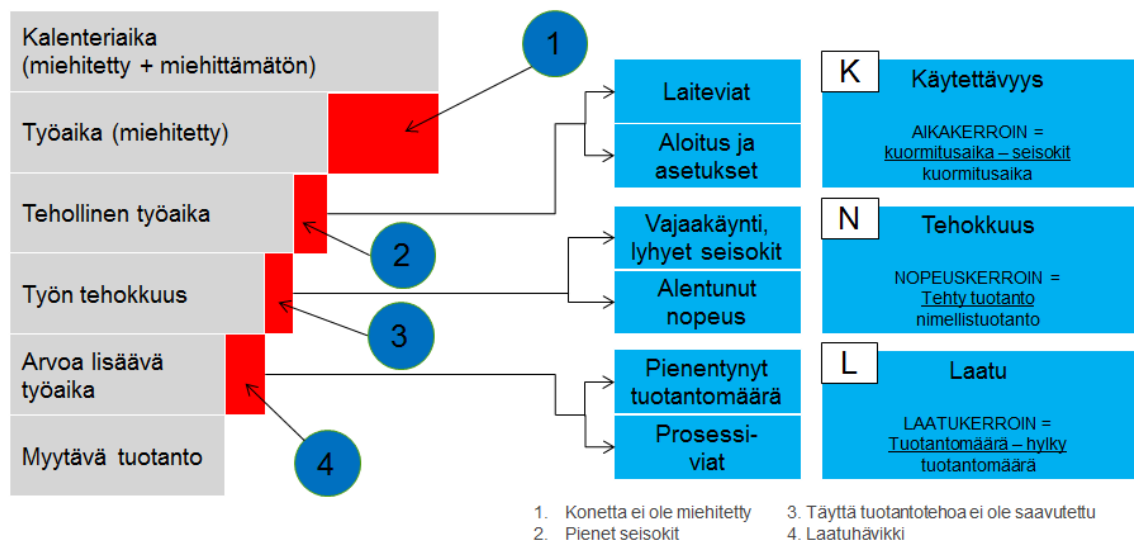
4.5 Kunnossapidon seurantatyökalut

Eräs kunnossapidon tärkeimmistä tehtävistä on pystyä mittaamaan laitteiden toiminnan tehokkuutta. Jos laitteen nimellisen suorituskyvyn ja laitteen tehokkuuden välillä on eroavaisuutta, jotain on vialla. Tuotannon kokonaistehokkuuden (KNL) menetelmällä voidaan tunnistaa ja poistaa hävikkiä. (Järviö. 2007. 40 - 42.)

Tuotannon kokonaistehokkuus on kolmen osatekijän eli käytettävyyden, toiminta-asteen ja laatueroimen tulo. Käytettävyys ilmaisee, kuinka tehokkaasti työaika käytetään. Toiminta-aste kuvastaa tuotannon tehokkuutta ja laatueroimen esittää hyväksytyjen tuotteiden prosenttiosuuden. (Järviö. 2007. 103 - 107.)

$$KNL = \text{Käytettävyys} * \text{Toiminta-aste} * \text{Laatukerroin}$$

Kokonaistehokkuuden osatekijät kertovat, mistä hävikkiä syntyy, kuten kuvassa 24 havainnollistetaan. Hävikin löydyttyä voidaan ryhtyä korjaaviin toimenpiteisiin. (Järviö. 2007. 103 - 107.)



Kuva 24. KNL hävikit ja osatekijöiden määritelmät. (Järviö. 2007. 104.)

Kokonaistehokkuudelle ja sen osatekijöille on asetettu tavoitearvoja, kuten taulukossa 1 on esitetty. KNL on yleisesti käytetty hyvä mittari, mutta silläkin on heikkous. KNL ei ota kantaa kustannuksiin. Näin ollen saavutettu kokonaistehokkuus ei välttämättä ole kannattava ajan saatossa. Yleensä laadun vaikutus kannattavuuteen on kriittinen, koska hylättyjen tuotteiden kustannukset ovat erittäin suuret verrattuna tekemättömään tuotantoon. (Järviö. 2007. 103 - 107.)

Taulukko 1. KNL ja sen osatekijöiden tavoitearvot. (Järviö. 2007.104.)

| KNL tavoitearvot | | |
|-------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| Termi | Engl. | Tavoitearvo |
| Käytettävyys, K | Availability | K > 90% |
| Toiminta-aste, N | Performance rate | N > 95% |
| Laatukerroin, L | Quality rate | L > 99% |
| Kokonaistehokkuus, KNL | Overall equipment effectiveness (OEE) | K x N x L ≥ 85% |

Lisää kunnossapidon seurantatyökaluja on esitelty standardissa PSK 7501. Yksi yleisesti käytetty mittari on käyttöaste.

$$\text{Käyttöaste} = \frac{\text{Käyttöaika}}{\text{Kalenteriaika}}$$

Yksi käyttöasteen heikkouksista on se, ettei se ota kantaa tuotantoon. Osittain vikaantuneen laitteen käyttöaste voi olla 100 %, vaikka se ei saavuta sille määritettyä suorituskykyä. Tästä johtuen käyttöaste on huono mittari suorituskyvyn tai laitteen toimivuuden seuraamiseen. (PSK 7501)

Kuvassa 25 on esitelty standardista PSK 7501 löytyviä vikaantumiseen liittyviä työkaluja. Keskeisin näistä on keskimääräinen vikaväli (*MTBF, mean time between failures*). Se on hyvä mittari kuvaamaan esimerkiksi tuotantolaitoksen yleistilannetta. Keskimääräisellä vikavälillä pystytään arvioimaan kunnossapidon onnistumista sekä laitekannan tilannetta. Laitekannan tilaa puolestaan pystytään arvioimaan suhteuttamalla vikaväli aikaan, jolloin keskimääräinen vikaväli saadaan esitettyä graafisena käyränä. Uudella laitekannalla vikavälin pitäisi olla alussa suuri ja ajan edetessä sen pitäisi pienentyä. Oma kunnossapitoa pystytään arvioimaan siitä, kuinka nopeasti tai hitaasti vikaantumisväli laskee ajan edetessä. Nopeasti laskeva vikaantumisväli on merkki siitä, ettei laitteita huolleta

oikein. Keskimääräisen vikaantumisvälin kasvaminen on taas merkki hyvin onnistuneesta investoinnista. Keskimääräistä vikaantumisväliä on myös hyvä verrata samalla ajanjaksolla käytettyyn rahamäärään.

| | | | |
|--------|--|---|--|
| M513.3 | Keskimääräinen odotusaika (MWT) | h | <u>Odotusaikojen summa</u> Häiriöiden lukumäärä |
| | <i>Mean Waiting Time (MWT)</i> | | <u>Total waiting time</u> <i>Number of failures</i> |
| M513.4 | Keskimääräinen korjausaika (MTTR) | h | <u>Korjausaikojen summa</u> Häiriöiden lukumäärä |
| | <i>Mean time to restoration (MTTR)</i> | | <u>Total repair time</u> <i>Number of failures</i> |
| M513.5 | Keskimääräinen vikaväli (MTBF) | h | <u>Kokonaisaika</u> Häiriöiden lukumäärä |
| | <i>Mean time between failures (MTBF)</i> | | <u>Total time</u> <i>Number of failures</i> |
| M513.6 | Häiriökorjaustyön osuus | % | <u>Häiriökorjaustyö</u> Kunnossapitotyö |
| | <i>Share of Breakdown maintenance work</i> | | <u>Immediate repair work</u> <i>Maintenance work</i> |
| M513.7 | Toiminnan hallittavuus | % | <u>Ylityö + Suunnittelematon työ</u> Kunnossapitotyö |
| | <i>Controllability of maintenance operations</i> | | <u>Overtime work + Unplanned work</u> <i>Maintenance work</i> |

Kuva 25. Vikaantumiseen liittyvä mittareita ja niiden määrittäjiä. (PSK 7501.)

Seurantatyökalut ovat oikein käytettyinä loistava lisä kunnossapitotoimintaan ja sen arvioimiseen. Kunnossapidon mittareiden hyödyntäminen edellyttää sitä, että kaikki häiriötiedot kirjataan ylös järjestelmään. Virheelliset tai puutteelliset tiedot antavat epäkorrektia tietoa ja voivat pahimmassa tapauksessa johtaa harhaan. Työkalujen käyttäjän onkin kiinnitettävä suurta huomiota informaation luotettavuuteen.

5 RCM - luotettavuuskeskeinen kunnossapito

Luotettavuuskeskeisen kunnossapidon (*RCM, reliability centered maintenance*) tavoitteena on varmistaa tuotantovälineiden toiminta. Se on prosessi, jonka avulla määritellään, mitä on tarpeellista tehdä, jotta tuotantovälineet suorittavat niiltä vaaditut tehtävät. RCM- prosessissa ymmärretään se, että vikaantumista ei voi aina välttää, mutta vikojen seurauksia voidaan lieventää. Prosessi toimii seitsemän peruskysymyksen ympärillä:

1. Mitkä ovat laitteen toiminnot ja suorituskyky nykyisessä toimintaympäristössä?
2. Mitä tapahtuu laitteen rikkoutuessa?
3. Mikä aiheuttaa toiminnon puuttumisen tai vajaatoiminnan?
4. Mitä tapahtuu vikaantumisen yhteydessä?
5. Mitä vahinkoja vikaantuminen aiheuttaa?
6. Mitä voidaan tehdä alkavan vian löytämiseksi tai sen estämiseksi?
7. Mitä tehdään, jos ei löydy ehkäisevää toimenpidettä?

Neljällä ensimmäisellä kysymyksellä on tarkoitus selvittää, mihin kunnossapitotoimet kannattaa keskittää. Viides kysymys priorisoi kohteet. Kaksi viimeistä kysymystä auttavat löytämään tehokkaimmat toimintamallit, joilla voidaan hallita vikaantumista ja vikojen vaikutusta. (Järviö. 2007. 127.)

5.1 RCM-prosessi

RCM-prosessi koostuu kahdeksasta toisiaan seuraavasta vaiheesta. Jokainen vaihe prosessissa on erillinen ja valmistaa sekä tekijää että projektiorganisaatiota viimeiseen vaiheeseen. Viimeisessä vaiheessa tehdään kaikissa aikaisemmissa vaiheissa kerätyn materiaalin avulla kunnossapitostrategiaan liittyvät päätökset. (Kanninen 2013. 34 - 47)

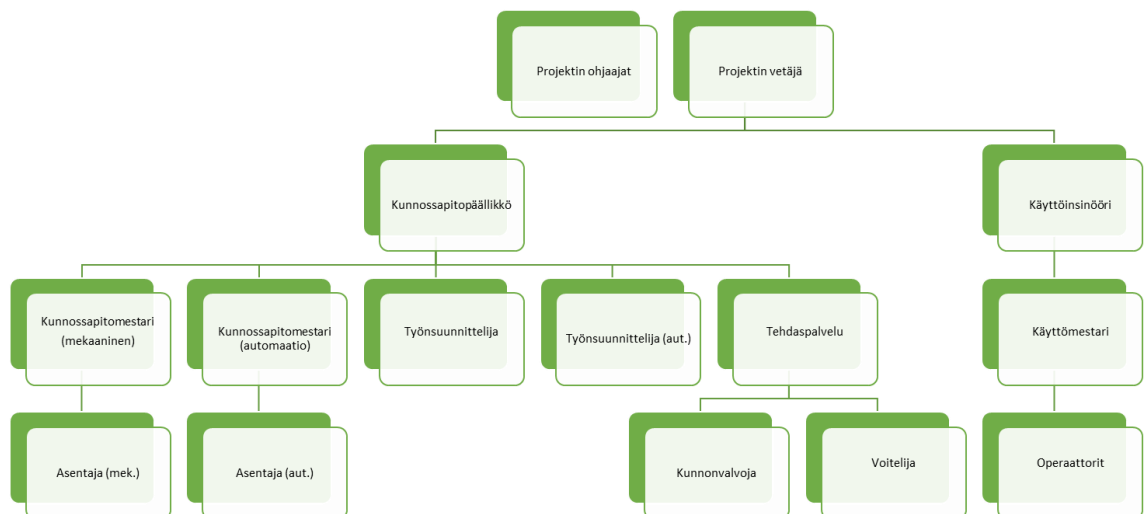
5.1.1 Kohdealueen määrittäminen

Kohdealueen tulisi olla selkeä kokonaisuus, joka on helposti rajattavissa. Alueen laitteiden ei pitäisi vaikuttaa suoranaisesti seuraavan alueen toimintaan. Hyvänä kohdealueena toimii välivarastojen väliin jäävä alue, eli osasto. Se on selkeä kokonaisuus, joka

pystyy toimimaan itsenäisesti. Osastolle tulevaa raaka-ainetta ja sieltä lähtevää tuotetta on helppo mitata. Kohdealueen tarkka määrittäminen on ehtona prosessin eteenpäin viennille. (Kanninen. 2013. 34 - 47.)

5.1.2 RCM-ryhmän kokoaminen

RCM - projektia valmisteltaessa on hyvä ymmärtää projektin monimuotoisuus sekä syvyys. Projektin aikana tulee hetkiä, jolloin oikea tietämys löytyy organisaation ylimmillä tasoilta. Toisinaan paras tieto on niillä, jotka käsittelevät laitteita päivittäin. Käyttöpuoli näkee ja havainnoi asiat eri tavalla kuin kunnossapitäjät. Tästä syystä on hyvä rakentaa mahdollisimman laaja projektorganisaatio. Projektiryhmän pitäisi olla kattava läpileikkaus koko organisaatiosta. Kuvassa 26 on esitetty tämän insinööriyön projektiryhmä. (Kanninen. 2013. 34 - 47.)



Kuva 26. Kymin RCM-projektin organisaatio.

5.1.3 Historiatietojen kerääminen

Projektin valmisteluun kuuluu oleellisesti kohdealueen historiaan perehtyminen. Tietoja kohdealueen laitteista kerätään valmistajalta ja toimittajalta sekä tietokannoista. Myös projektiorganisaation henkilöstö tuo mukanaan oleellisen osan historiatietoa. Kerättävää tietoa ovat muun muassa vikahistoria, huolto- ja korjaushistoria, kunnossapitokustannukset, korjausajat, korjauksen miestyömäärä ja tuotannon menetykset.

Kyseisiä tietoja hyödynnetään projektin myöhemmissä vaiheissa kunnossapitotoimenpiteiden määrittämiseen. Lisäksi projektin lopussa on hyvä verrata historiatietoja luotuun kunnossapitostrategiaan. Kyseisen strategian tulisi ehkäistä vikahistoriassa ilmenneitä toiminnallisia vikoja. (Kanninen 2013. 34 - 47.)

5.1.4 Kriittisyysluokittelu

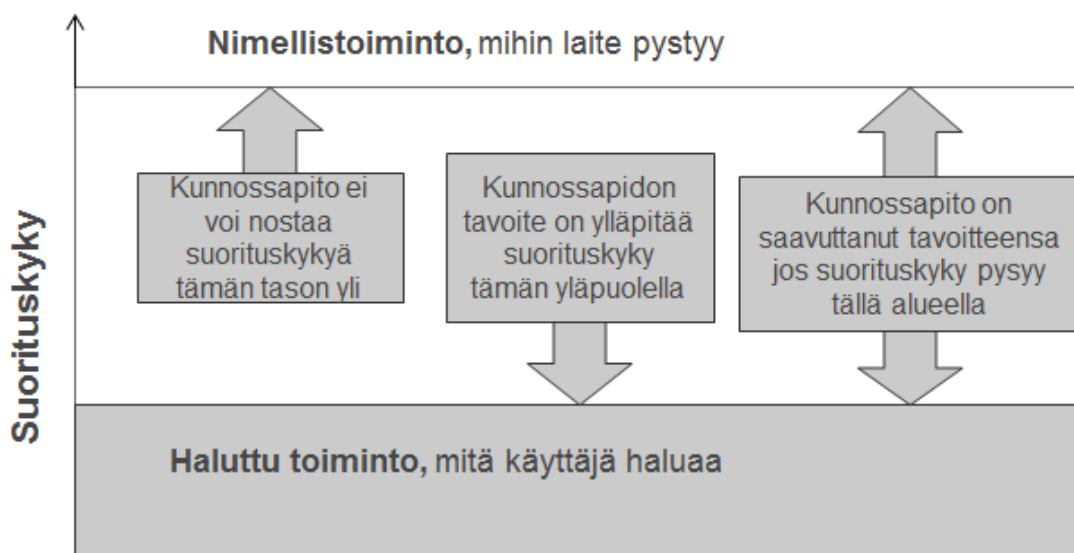
RCM-prosessille on luonteenomaista selvittää vikaantumisen seuraukset ja määrittää tapauskohtaisesti paras kunnossapitomenetelmä. Prosessille ominainen kriittisyysluokittelu on tarkka ja helposti ymmärrettävä tapa päättää, mitkä ehkäisevän kunnossapidon keinot ovat käyttökelpoisia, kuinka usein niitä on käytettävä ja minkälaista kunnossapito-osaamista toimen suorittaminen vaatii. Kriittisyysluokittelun avulla saadaan priorisoitua ne tehtävät, joita on järkevä tehdä. Päätöksenteko näihin tehtäviin liittyen on mahdollista silloin, kun jokaiselle vikaantumiselle on etukäteen arvioitu seurannaisvaikutusten määrä ja arvo. (Järviö. 2007.129 - 131.)

Priorisoinnin avulla ehkäisevän kunnossapidon tehtävät voidaan kohdistaa vain niihin kohteisiin, joissa ne ovat tehokkaita. Seurauksena olisi, että rutiininomaiset työtehtävät vähenisivät. RCM - prosessilla on mahdollista saavuttaa jopa 40-70 %:n pudotus rutiininomaisissa töissä. Lisäksi RCM - prosessin jälkeen suunnittelua vaativien kunnossapitotöiden määrä on paljon pienempi. Kun lisäksi voidaan luopua kannattamattomista kunnossapito tehtävistä, lopputuloksena saadaan huomattavasti tehokkaampi kunnossapitotoiminta. (Järviö. 2007.129 - 131.)

5.1.5 Toimintojen määrittäminen

Suunniteltaessa laitteelle kunnossapitostrategiaa on tiedettävä selkeästi, miten laite toimii ja mitä laite tekee. Kun ymmärretään, mitä käyttäjä laitteelta haluaa, on saavutettu yksi RCM-projektin tärkeimmistä virstanpylväistä. (Mäki. 2000. 24 - 25.)

Laitteelle voidaan asettaa kaksi suorituskykytasoa: haluttu suorituskyky sekä nimellissuorituskyky, kuten kuvassa 27 on esitetty. Nimellissuorituskyky on se, mihin laitteen suunnittelija uskoo laitteen kykenevän. Kyse on siis laitteen potentiaalista. Haluttua suorituskykyä puolestaan pystytään ylläpitämään oikeaoppisella kunnossapidolla. On myös ymmärrettävää, että joillekin laitteille löytyy useita suorituskykyvaatimuksia. Tästä johtuen toimintaa on pystyttävä säätämään. (Mäki. 2000. 24 - 25.)



Kuva 27. Suorituskyky sekä kunnossapidon rooli sen saavuttamiseksi (Mäki. 2000. 25).

Sen lisäksi, että tunnetaan tarkkaan laitteen toiminnot ja käyttäjän odotukset, on myös ymmärrettävä laitteen käyttöympäristö. Laitteen toiminnan ja huollettavuuden kannalta on iso ero siinä, vaikuttaako laite jatkuvasti prosessiin vai kuuluko se erätuotantoon. Myös väliaine, johon laite on kosketuksissa, vaikuttaa toimintaan. Kiinteä aine aiheuttaa helpommin likaisuutta kuin nestemäiset aineet, mutta toisaalta nämä aiheuttavat korroosiota. (Mäki. 2000. 24-25.)

Laitteille on määriteltävissä lähes aina primääri- eli päätoiminto sekä yksi tai useampi sekundääri- eli sivutoiminto. Päätoiminto on yleensä selkeä ja helppo havaita laitteen toiminnasta. Sivutoiminnot eivät ole yhtä ilmeisiä kuin päätoiminnot. Silti sivutoiminnon vikaantumisella voi olla jopa päätoimintoa merkittävämmät seuraukset. Esimerkiksi betonimyllyn päätoiminto on sekoittaa betonia ja sivutoimintona puolestaan estää sen jähmettyminen. (Mäki. 2000. 24-25.)

Yksi RCM - prosessin oleellisimmista toiminnoista on laitteiden pää- ja sivutoimien listaus projektin alussa. Toimintojen selkeä dokumentointi auttaa kaikkia osapuolia ymmärtämään laitteiden toiminnot sekä hahmottamaan tarvittavat toimenpiteet laitteiden suorituskäytön ylläpitämiseksi. (Mäki. 2000. 24-25.)

5.1.6 Vika- ja vaikutusanalyysi, VVA

Kun tiedetään haluttu suoritustaso, voidaan tutkia erilaisten vikojen vaikutuksia. On hyvä muistaa, että toiminnallinen vikaantuminen vaikuttaa haluttuun suorituskäytön ja ei-toiminnallinen vikaantuminen vaikuttaa vain laitteen yleiskuntoon. Vika- ja vaikutusanalyysillä pyritään tunnistamaan sellaiset viat, jotka vaikuttavat laitteen suorituskäytön. Kullakin toiminnallisella vialla täytyy siis löytää voittumistapa eli vikatoiminto. Tämän jälkeen voidaan alkaa miettiä tarkemmin jatkossa vaadittavia toimenpiteitä. (Junkkari. 2015.)

Vikatoimintojen seurauksien pitää olla kattavasti tiedossa, jotta voidaan päättää kohteen vaatimista ennakoivista kunnossapitotoimenpiteistä. Analyysiä suoritettaessa on myös tärkeää pohtia, miten vikatoimintoja voitaisiin ehkäistä erilaisilla menetelmillä. (Kanninen. 2013. 34 - 47.)

5.1.7 Riskikartoitus

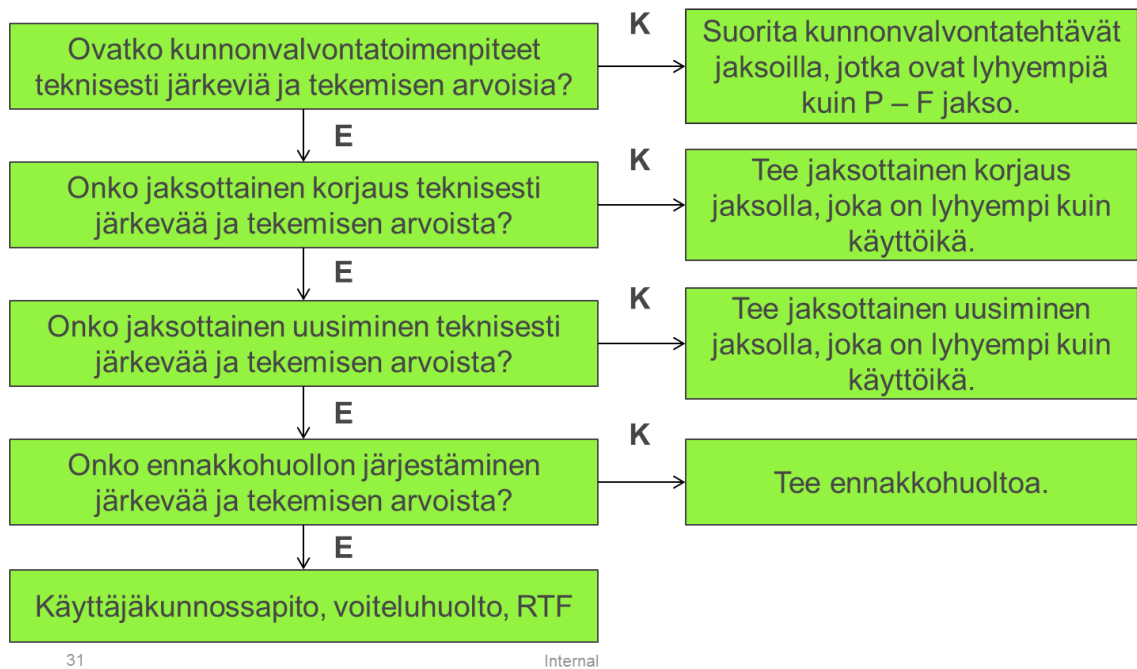
VVA - vaiheessa saadaan määriteltyä laitteelle useampia toiminnallisia sekä ei-toiminnallisia vikoja. Riskikartoitusvaiheessa näistä toiminnallisista ja ei-toiminnallisista vioista tunnistetaan suurimmat riskit. Riskeillä tässä tarkoitetaan vikatoiminnosta syntyviä kustannuksia. Ne voivat olla tuotannon menetyksiä, varaosien hintoja sekä työn suorittamiseen liittyviä kustannuksia. Riskitasojen selvittämien avulla myös lopullisen kunnossapitomenetelmän valitsemista. Kunnossapitomenetelmä tai -resurssit tulisi kohdistaa riskikartoitusvaiheessa laitteelle siten, ettei ylitetä kalleimman vikatoiminnon kustannuksia.

Tällä keinolla saadaan kunnossapitotyöskentelystä kustannustehokkaampaa. Riskikar-toitusvaiheessa etsitään tasapainoa kunnossapitomenetelmästä muodostuvien kustan-nusten ja vikatoiminnosta seuraavien kustannusten välille. Mitä suurempi ero saadaan näiden kustannusten välille, sitä enemmän toimintaa on pystytty tehostamaan. Riskikar-toitusvaiheessa on mahdollista karsia pois isoja kustannuseriä. (Kanninen. 2013. 34 - 47.)

5.1.8 Päätösten tekeminen

Lopuksi RCM-prosessissa tehdään päätökset kunnossapitotoimenpiteistä. Kaikissa ai-kaisemmissa vaiheissa kerätystä materiaalista saadaan luotua pohja päätöksille. RCM -prosessissa kunnossapitostrategiat perustuvat yleensä joko aikaan tai kuntoon. On myös mahdollista valita jokin muu strategia, mutta siihen löytyy harvoin perusteluja. (Kanninen. 2013. 34 - 47-)

RCM-prosessia varten on luotu useita erilaisia päätöksentekoa helpottavia kaaviota, joista kuvassa 28 on yksi esimerkki. Kaavioiden ideana on helpottaa projektiryhmää löy-tämään oikeat ratkaisut. Projektiryhmän tulisi pystyä määrittelemään valvontatoimenpi-teet, joilla ehkäistään toiminnalliset vikaantumiset. Lisäksi tulisi pystyä aikatauluttamaan määräaikaistarkastukset sekä ennakoivat huoltotoimenpiteet. Tämän jälkeen voidaan luoda lopullinen huoltosuunnitelma, joka siirretään tietojärjestelmään. Projektiryhmän olisi myös syytä ottaa kantaa varaosiin ja niiden saatavuuteen. Kriittisyysluokitteluvai-heessa löydetään tuotantolaitoksen kriittisimmät kohdat. Näiden kohtien huollettavuuden tulisikin olla parhaalla mahdollisella tasolla. Päätöksentekovaiheessa on tärkeää ymmär-tää, että valitut kunnossapitotoimenpiteet eivät saa ylittää epäkäytettävyyuskustannuksia. (Kanninen. 2013. 34 - 47.)

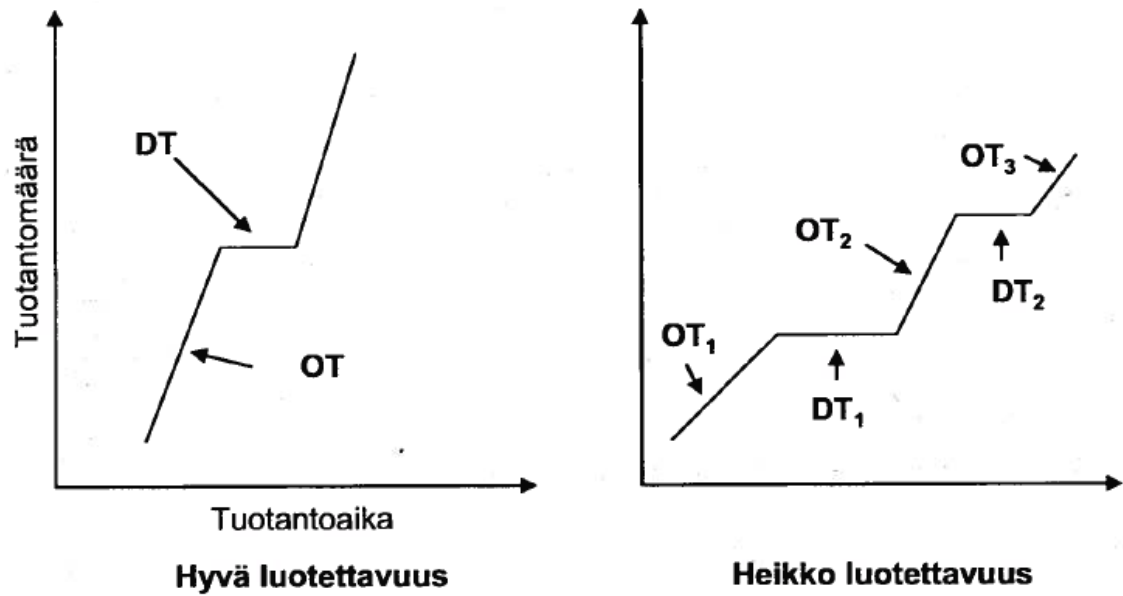


Kuva 28. Päätöksentekoa helpottava kaavio. (Junkkari. 2015.)

5.2 Luotettavuuskeskeisen kunnossapitomenetelmän edut

RCM-prosessin tärkein tavoite on kunnossapidon sekä tuotannon parempi suorituskyky. Parempaa suorituskykyä tavoitellaan suunnitelmallisuuden kautta. Suunnitelmallisuuden avulla saadaan parannettua luotettavuutta ja sitä kautta myös kustannustehokkuus paranee.

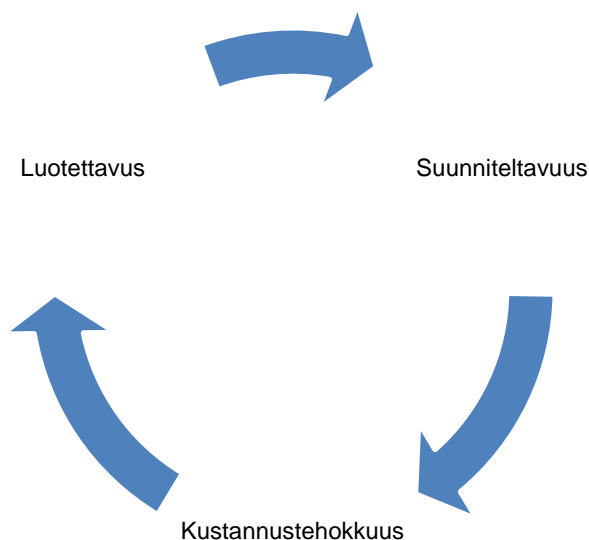
Kuvassa 29 esitellään luotettavuuden vaikutusta tuotantomäärään. Kuvassa "OT" eli *operation time* tarkoittaa jaksoa, jolloin tehdään tuotantoa. Lyhenne "DT" eli *down time* tarkoittaa ajanjaksoa, jolloin ei saada tuotantoa tehtyä. RCM -menetelmällä saavutetut kunnossapitostrategia ja huoltosuunnitelma pitävät yllä hyvää luotettavuutta. Hyvän luotettavuuden ansiosta saadaan karsittua suunnittelemattomia tuotantokatkoja. Kun kunnossapitotyöt voidaan suunnitella etukäteen ja toteuttaa suunnitellusti, saadaan toimintaa tehostettua. Oikein suunniteltu ja toteutettu huolto vaikuttaa myös laitteisiin. Kun kunnossapitotoimintaa voidaan toteuttaa siten kuten laitteelle on suunniteltu, myös laitteen käyttöikä pitenee. Tästä seuraa kunnossapidon kustannustehokkuuden paraneminen. (Konola. 2000. 22)



Kuva 29. Luotettavuuden vaikutus tuotantoon. (Järviö. 2007. 98.)

Luotettavuus, suunniteltavuus ja kustannustehokkuus muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden, kuten kuvassa 30 havainnollistetaan. Tämä kokonaisuus vaikuttaa prosessin tärkeimpään tavoitteeseen eli kunnossapidon ja tuotannon suorituskykyyn. RCM-prosesseilla saavutetaan myös pienempiä, mutta organisaation kannalta yhtä tärkeitä asioita, joita ovat

- yhtenäinen tietokanta
- motivaation paraneminen
- yhteistyön paraneminen.



Kuva 30. Luotettavuus, suunniteltavuus ja kustannustehokkuus vaikuttavat aina toisiinsa.

RCM-prosessissa luotu materiaali kerätään talteen ja siitä luodaan tietokanta. Työntekijöiden motivaatio kohentuu perustelemalla heille, miksi kyseisiä tehtäviä suoritetaan. Lisäksi voidaan esittää ja perustella tehtävän tärkeys. RCM-prosessi lähentää käyttö- ja kunnossapito-organisaatioita, joten myös yhteistyön kahden eri organisaation välillä pitäisi parantua. RCM-menetelmällä saavutetaan asioita vielä pitkään prosessin jälkeenkin. Menetelmä tuo jatkuvuutta ja auttaa tallettamaan henkilöstön kokemusta. Etenkin kokemus on tärkeä ja korvaamaton asia, jonka menettäminen kostautuu jo nopeasti. (Konola. 2000. 22.)

6 Lähtötilanne projektiin Kymmin sellutehtaalla

Osasto, johon RCM-menetelmää sovelletaan on valmistunut Kymillä vuonna 2008. Suurin osa nykyisestä henkilöstöstä oli mukana REC08-projektissa, jossa tarkasteltava osasto valmistui. Lähtökohtaisesti kyseinen asia on valtava etu, mutta myös odottamaton haaste. Tästä eteenpäin raportissa käsitellään RCM-prosessin läpivientiä Kymmin sellutehtaan kaustisoinnin ja meesauunin alueella.

REC08-projektissa mukana olleilla henkilöillä on huomattavan suuri määrä tietoa ja kokemusta osastolta. He ovat olleet suunnittelemassa tai valvomassa asennuksia tai jollain

muulla tavalla osallisina onnistuneessa lopputuloksessa eli he tuntevat koko osaston täysin yksityiskohtaisesti. He ovat luoneet osaston historiaa sen käynnistymisestä aina tähän päivään asti.

Kyseinen henkilöstön kokemus on myös muokannut kunnossapidon toiminnasta omanlaisensa kokonaisuuden. Päältä päin katsottuna näyttää siltä, että kunnossapidollisesti noudatetaan RTF-menetelmää (*run to failure*). Ennakkohuoltotoita tai mitään tiettyä noudatettavaa suunnitelmaa ei ole olemassa. Tavoitteena on vain korjata SAPIin tulleet viikailmoitukset.

Tarkasteltaessa asiaa pintaa syvemältä huomaa omanlaisensa hioutuneen sekä tehokkaan organisaation. Edellä mainitun suuren kokemuksen ansiosta käyttäjät ja kunnossapitäjät tunnistavat potentiaalisia vikoja. Käyttäjät tietävät, mitä laitteilta vaaditaan, joten he huomaavat, jos tuotannolliset arvot muuttuvat. Kunnossapitäjät tuntevat laitteiden ominaisuudet ja pääsevät sitä kautta jäljille laitteen senhetkiseen tilaan. Lisäksi käyttö- ja kunnossapito-organisaatiot ovat läheisessä yhteistyössä, ja kummatkin ymmärtävät yhteisen päämäärän eli sellun valmistuksen. Huoltokatkot suunnitellaan etukäteen, jos se vain on mahdollista, ja ne pyritään ajoittamaan tuotannollisesti siten, ettei menetetä sellutonneja. Kunnonvalvontaa suoritetaan tunnollisesti ja täsmällisesti ja sitä kautta saadaan palautetta alkavista vioista. Lisäksi kunnonvalvontaa avustaa Sensodec-järjestelmä. Se on mittausjärjestelmä, joka jatkuvasti mittaa ja valvoo laitteita. Sen kautta saadaan arvokasta infoa laitteen tilanteesta ja sillä voidaan havaita alkavia vikoja. Järjestelmä toimii kunnonvalvonnan apuna. Voitelu on osastolla hyvin pitkälti automatisoitua, mutta sen lisäksi voitelijat suorittavat omia kierroksiaan. Kierroksillaan he varmistavat automatiikan toiminnan sekä sen, että rasva tai öljy pääsee varmasti kohteeseen asti. Myös kunnossapitokustannuksia seurataan tasaisin väliajoin ja arvollisesti suurimmista töistä keskustellaan henkilöstön kesken. Kaikesta toiminnasta näkyy yhteistyö. Käyttö- ja kunnossapito-organisaatiot ovat hyvin perillä toistensa tekemisistä ja hyvin tietoisia siitä, mitä onnistumiselta vaaditaan.

Kokonaisuutta katsoessa voi huomata, että toiminnassa on paljon RCM-menetelmän kaltaisia piirteitä. Käyttäjät ja kunnossapitäjät tietävät, mitä laitteilta vaaditaan. Laitteiden tilannetta seurataan ja kunnonvalvonta antaa laitteista täsmällistä palautetta. Yhteistyö organisaatioiden välillä toimii ja alihankkijoita käytetään vain tarpeen tullen. Kokemuksen ja käytön kanssa kommunikoinnin avulla pystytään suorittamaan tärkeimmät työt ensin.

Koko osaston luotettavuus ja tuottavuus on hyvällä tasolla. Kaiken kaikkiaan toimintamalli on jo itsestään hioutunut hyvin RCM-menetelmän kaltaiseksi.

Kehitettäviäkin kohtia löytyy. Kunnossapitotöiden priorisoinnille ei ole olemassa mitään systeemiä, jolla voitaisiin varmistaa, että työt tehdään varmasti oikeassa järjestyksessä. Myöskään laitteeseen käytettyjä resursseja laitteen tuottavuuteen ei pystytä vertaamaan. Laitteen huollon kannattavuutta on siis vaikea arvioida. Priorisointijärjestelmän puuttuessa myöskään kunnonvalvonnan resurssit eivät välttämättä kohdistu oikealla tavalla oikeisiin laitteisiin. Kunnonvalvonnan mittauksiakaan ei ole suunniteltu vikahistoriaa hyödyntäen eli mittaustaajuus ei välttämättä ajoitu oikein P - F - jaksolle. Lisäksi oikeanlainen suunnitelmallisuus ja seuranta käyttäjien ja kunnossapitäjien suorittamilla valvontakierroksilla vähentäisi kunnossapitäjien työkuormaa. Näihin kaikkiin saadaan parannus RCM-menetelmällä ja sitä kautta tehostetaan entisestään jo varsin toimivaa kunnossapitotoimintaa.

Aikaisemmin mainittiin, että käyttäjien suuri kokemus on myös haaste. Yksi RCM-projektin tavoitteista on kokemuksen taltiointi. Eräs tämän projektin suurimmista haasteista on kaiken edellä mainitun kokemuksen sekä yhteen hioutuneen toimintamallin taltiointi. Miten tämä onnistuu siten, ettei rikota jo olemassa olevaa toimivaa toimintamallia? Kunnossapidon tärkein ohje on kuitenkin se, ettei toimivaan laitteeseen saa koskea.

7 Historiatietojen kerääminen

Laitoksen lyhyen käyttöiän vuoksi historiatiedot oli helppo kerätä koko sen eliniän ajalta. SAP-tietokannasta saatiin kerättyä kaikki vikailmoitukset ja tilaukset sekä tilauksiin kirjatut tiedot aina laitoksen käynnistyksestä lähtien. Historiatiedoista halutaan selvittää, kuinka useasti vikoja ilmenee, mihin laitteeseen vikailmoitukset kohdistuvat ja millaisia kustannuksia vioista aiheutuu. Näillä tiedoilla saadaan hahmotettua ne kohteet, jotka sitovat eniten resursseja. Historiatiedoilla pystytään myös havainnoimaan mahdolliset uudelleensuunnittelun tai modernisoinnin tarpeet.

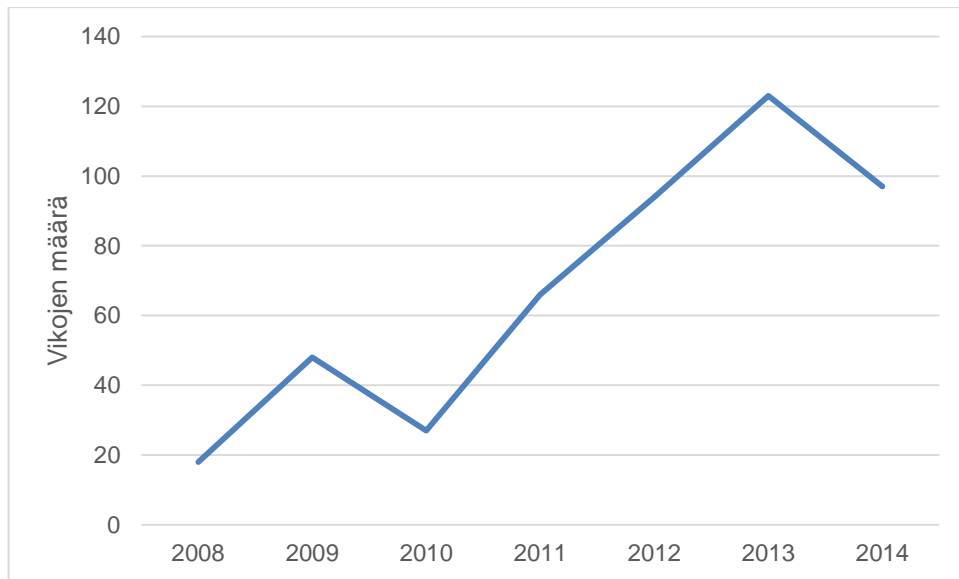
SAPiin kirjattuja tietoja tutkimalla pääsi myös hyvin perille alueella olevista käytännöistä sekä toimintamalleista. Ensimmäisenä pystyi huomaamaan, että SAP-järjestelmä tuli käyttöön samalla, kun laitos lähti käyntiin 2008. Henkilöstön SAP-tuntemus sekä käyttäminen eivät vielä olleet tarvittavalla tasolla vuonna 2008. Töitä ei kohdistettu tarpeeksi tarkasti. Ne kohdistettiin joko ylätoimintopaikalle, tai laitteen ollessa kahdennettu ainoastaan toiselle niistä. Molemmissa tapauksessa kustannukset eivät kohdistu oikein ja yhden työn tai toimintopaikan kustannukset nousevat silmiinpistävästi suuriksi.

Taulukossa 2 kustannukset on suhteutettu siten että, kustannusten erot ovat todellisia, mutta luvut eivät ole todellisia kustannuksia. Taulukosta 2 voidaan hyvin havaita edellä mainitut ongelmat. Töitä tehdään ylätoimintopaikoille ja kun samoja laitteita on useampi kuin yksi, ei töitä jaeta oikein. Esimerkiksi tarkasteltaessa viherlipeäsuotimia 1 ja 2 tarkemmin havaittiin, että kaikki suodinkankaiden vaihtoihin käytetyt resurssit kirjattiin viherlipeäsuodin 1 toimintopaikan alle. Suodinkankaiden vaihto on eniten resursseja sitova yksittäinen työ ja tämän resurssin kirjaaminen ainoastaan yhdelle toimintopaikalle selittää taulukossa 2 näkyvän suodintilausten kustannuseron. SAP-ohjeistukseen tuli kuitenkin parannus vuosien 2010 ja 2011 aikana.

Taulukko 2. Otanta kaustisointi- ja meesauunialueen tilaushistoriasta.

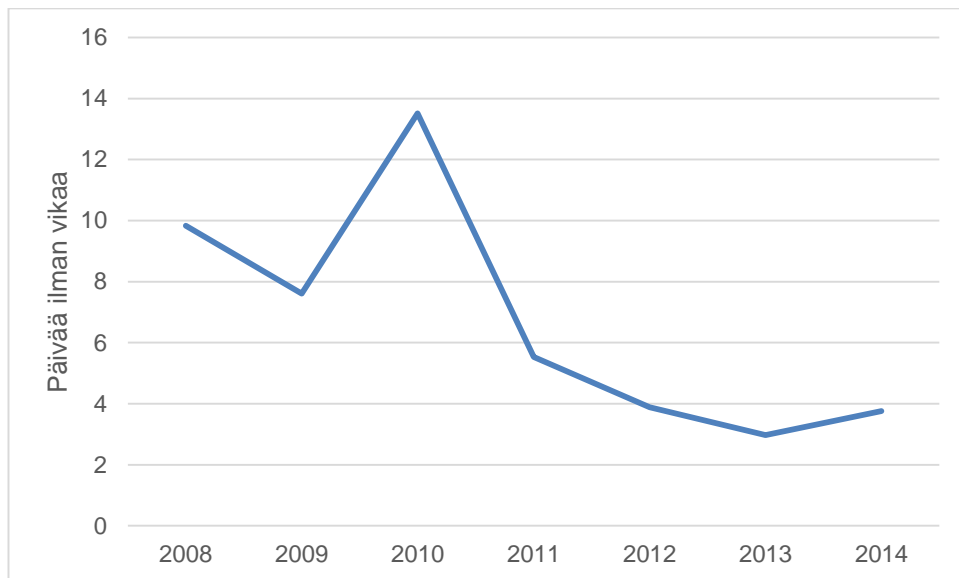
| Nimitys | Kustannusten suhde | Määrä / tilaus |
|------------------------|--------------------|----------------|
| PUTKISTO JA KANNAKKEET | 100,702 | 33 |
| KAUSTISTAMO 3 | 37,096 | 22 |
| VIHERLIPEÄSUODIN 1 | 692,402 | 14 |
| MEESAUUNI 3 | 10,221 | 12 |
| VIHERLIPEÄSUODIN 2 | 76,041 | 9 |

Kuvasta 31 havaitaan, että vuosina 2010–2011 tulleen SAP-ohjeistuksen jälkeen vikailmoitusten määrät ovat kohonneet. Vikailmoitukset kohdistettiin ohjeistuksen jälkeen paremmin oikeisiin toimintapaikkoihin ja jokaiselle vialle tehtiin oma työnnumero. Vuodesta 2010 eteenpäin SAPIin kertyneet historiatiedot ovat luotettavampia kuin vuosien 2008–2010 välisenä aikana.



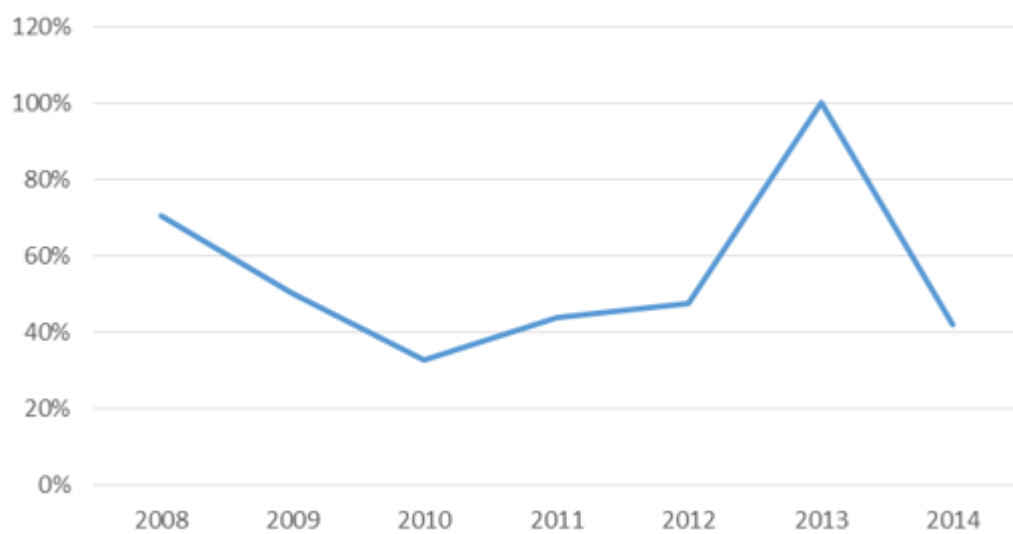
Kuva 31. Vikailmoitusten määrän muutos KaMe-alueella ajan edetessä.

Muuttuneen SAP-ohjeistuksen huomaa, kun tarkastelee keskimääräistä vikaväliä kuvassa 32. MTBF-muutos vuodesta 2010 nykyiselle tasolle on peräisin ohjeistuksen parantumisesta. Jokaisesta työstä ohjeistettiin tekemään tilaus, jotta siitä jäisi järjestelmään historiatieto. Edelleenkin on pieni määrä töitä, jotka menevät järjestelmän ohi, mutta vuodesta 2011 tilanne on aina vain kehittynyt parempaan suuntaan. Aikaisemmin kappaleessa 4.5 on kerrottu MTBF-käyrän tulkitsemisesta. Tulkittaessa esim. kuvassa 31 olevaa käyrää vuodesta 2011 eteenpäin voidaan todeta, että kunnossapito on toiminut hyväksyttävällä tasolla. Vuodesta 2011 keskimääräinen vikaväli on muuttunut noin viidestä päivästä noin kolmeen päivään. Noin pienen pudotuksen voidaan tulkita liittyvän laitoksen normaaliin ikääntymiseen. Lisäksi on muistettava, että SAPin käyttö on koko ajan vain parantunut ja vikailmoituksia tehdään entistä paremmin. Parantunut käytäntö pienentää omalta osaltaan MTBF-arvoa.



Kuva 32. Keskimääräisen vikavälin kehitys KaMe-alueella ajan edetessä.

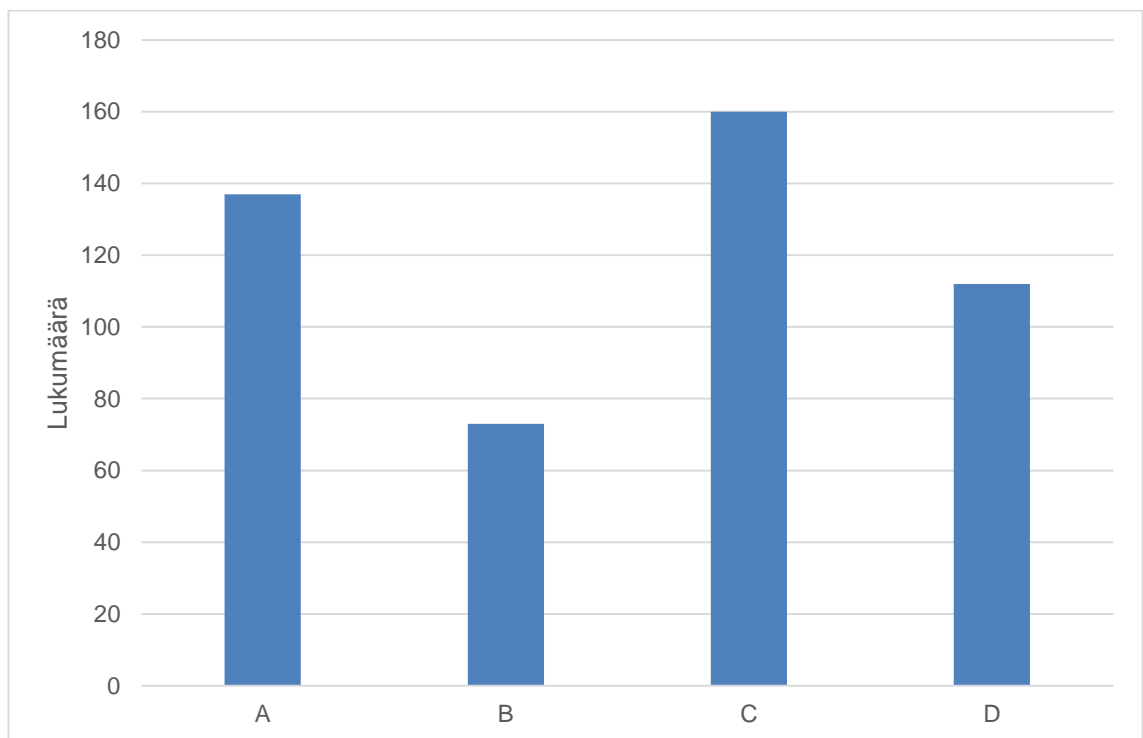
Katsottaessa vielä MTBF-käyrän yhteydessä kunnossapitokustannusten kehitystä (kuva 33) havaitaan kaksi asiaa. Ensinnäkin vuodesta 2010 eteenpäin kustannukset ovat nousseet yhtä maltillisesti kuin MTBF-arvo on pudonnut. Kustannukset ovat siis seuranneet työn määrää johdonmukaisesti. Vuoden 2013 integraattiseisokki näkyy selvästi kaustisoinnin ja meesauunin alueen kunnossapitokustannuksissa. Vuodesta 2013 vuoteen 2014 keskimääräinen vikaväli nousi eli osastojen yleistilanne parani. Toiseksi voidaan todeta, että vuoden 2013 seisokissa tehdyt investoinnit olivat onnistuneet ja paransivat laitoksen yleistilannetta. Kyseessä on loistava esimerkki parantavasta kunnossapitotoiminnasta.



Kuva 33. Kunnossapitokustannusten kehitys KaMe-alueella ajan edetessä.

8 Kriittisyysluokittelu

Kaustisointi- ja meesauuniosastoille suoritettiin rakennusprojektin yhteydessä kriittisyysluokittelu, joka näkyy kuvassa 34. Kuvasta hahmottaa yhden kriittisyysluokan alla olevien toimintopaikkojen määrän. Kyseinen kriittisyysluokittelu on kuitenkin pahasti jälkeenyttänyt, eikä se perustu mihinkään standardiin. RCM – prosessissa kriittisyysluokittelu suoritettiin koko projektiorganisaation voimin standardin PSK6800 mukaisesti. Kaustisointi ja meesauunialueen kaikki toimintopaikat arvioitiin tuotannon menetyksen, laatu- ja ympäristökustannusten, korjauskustannusten, vikaantumisvälin sekä turvallisuus- ja ympäristöriskien perusteella.



Kuva 34. Vanha kriittisyysluokittelu.

Jokaisella kriittisyysluokittelun arviointikriteerillä on vielä oma arvoasteikkonsa A - E. Edelleen arviointikriteerin arvoasteikko pisteytettiin ja lopullinen kriittisyysluokka A - D määräytyy arvioinnista tulleen pisteytyksen keskiarvon perusteella. Kuvasta 35 näkee jokaisen arviointikriteerin arvot A - E ja niiden määritelmät. Tuotantomenetykseksi laskeetaan se aika, jonka ajaksi vika keskeyttää tuotannon osastolla. Arvioitavan alueen yksilinjaisesta tuotantomallista johtuen lähes jokainen vikatila aiheuttaa tuotantokatkoksen. Katkos puolestaan vaikuttaa laatu- ja ympäristökustannuksiin. Laatu- ja ympäristökustannuksiin pitää tässä vai-

heessa arvioida, paljonko arvotkaan hyvälaatuista tuotetta menetetään alas- ja ylösajovaiheissa. Esimerkiksi meesauunin meesasyötön katketessa pidemmäksi aikaa kuin tunniksi uunin säädöt muuttuvat ja poltetun kalkin laatu alkaa vaihdella. Kalkin laadun korjaaminen meesasyötön jälkeen voi viedä jopa 12 tuntia. Korjauskustannuksissa puolestaan arvioidaan korjaustöihin meneviä kuluja, joihin lasketaan kaikkien tarvittavien varaosien, laitteiden sekä resurssien kustannukset. Vikaantumisvälissä arvioidaan yksinkertaisesti sitä, kuinka usein laitteelle tarvitsee tehdä kunnossapitotöitä.

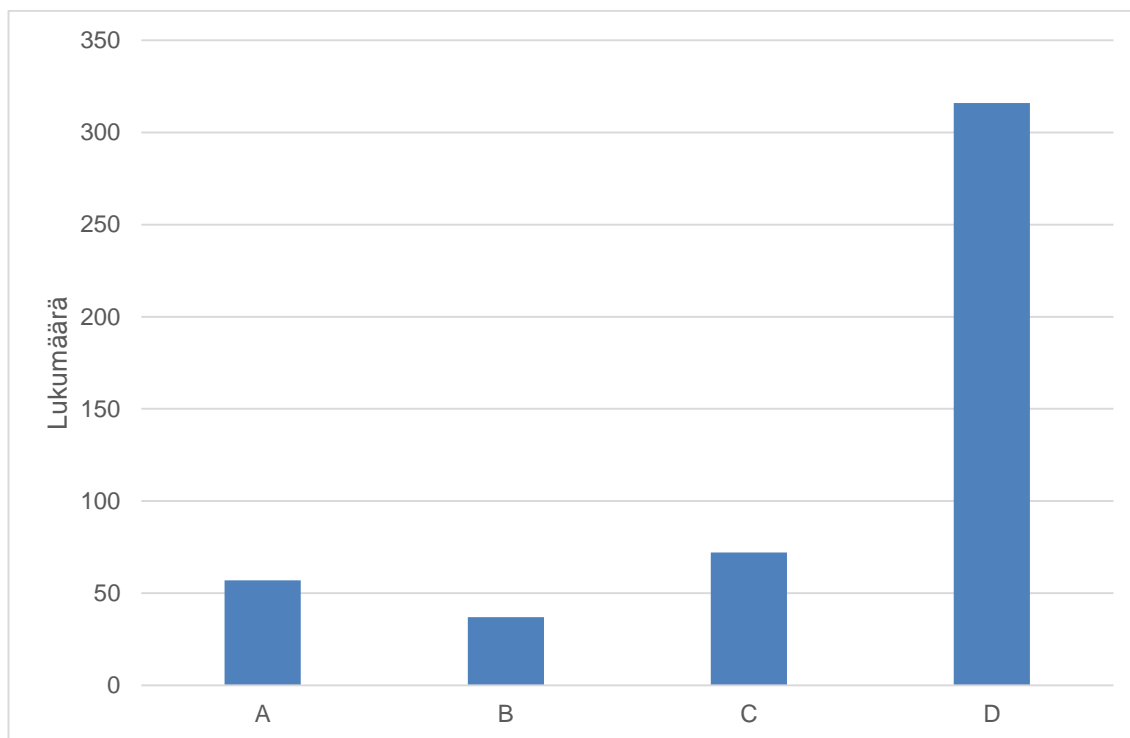
| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|---|--|---|------------------------|---|---|--|----|---|----|
| A | Pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi, yli 24h | 8 | Laatukustannukset vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä, yli 6h | 4 | Erittäin korkeat, yli 50 000e | 8 | Lyhyt, 0-0,5 vuotta | 4 | 4 | Vakava, voi aiheuttaa kuolonuhriin-uhreja ja vakavan vaaran tilanteen tehtaan ympäristössä | 16 | Vakava, voi aiheuttaa ympäristön ja lähialueiden saatumisen, palautuminen voi kestää vuosia | 16 |
| B | Pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi, 10-24h | 6 | Laatukustannukset vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä, 3-8h | 3 | Korkeat, 25 000-50 000e | 6 | Lyhyehkö, 0,5-2 vuotta | 3 | 3 | Merkittävä, voi aiheuttaa kuolonuhriin-uhreja | 8 | Merkittävä, voi aiheuttaa ympäristön sekä lähialueiden saatumista | 8 |
| C | Pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi, 3-10h | 4 | Laatukustannukset vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä, 1-3h | 2 | Keskinkertaiset, 5 000-25 000e | 4 | Pitkähkö, 2-5 vuotta | 2 | 2 | Kohtalainen, esim. vakava loukkaantuminen, josta jää pysyvä vamma | 4 | Kohtalainen, voi aiheuttaa ympäristön saatumista tehdasalueella, esim. suuri öljyvuoto | 4 |
| D | Pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi, alle 3h | 2 | Laatukustannukset vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä, alle 1h | 1 | Vähäiset, 0-5 000e | 2 | Pitkä, yli 5 vuotta | 1 | 0 | Vähäinen, esim. lievä loukkaantuminen/sairastuminen | 2 | Vähäinen, voi aiheuttaa ympäristön likaantumisen tehdasalueella, esim. pieni öljyvuoto | 2 |
| E | Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle | 0 | Laitteen toimimattomuus aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia | 0 | Ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin | 0 | | | 0 | Eiturallisuusriskiä | 0 | Eiympäristöriskiä | 0 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> ▼ Tuotannon menetys ▼ ▼ Laatukustannukset ▼ ▼ Korjauskustannukset ▼ ▼ Vikaantumis- ▼ ▼ Turvallisuusriski ▼ ▼ Ympäristöriski ▼ </div> | | | | | | | | | | | | | |

Kuva 35. Kriittisyysluokittelun arviointiperusteet sekä niiden asteikot.

Turvallisuus- sekä ympäristöriskien arvioiminen ei ole kovinkaan yksiselitteistä. Turvallisuusriskiksi katsotaan sellainen vikatilan aiheuttama tapahtuma, jolla on selkeä todennäköisyys tapahtua. Esimerkiksi puhaltimen jäähdytyskiekko voi rikkoutuessaan sinkoutua puhaltimesta ulos, mutta ennen tätä puhaltimen akselin läpiviennin olisi petettävä totaalisesti, jotta jäähdytyskiekolla olisi edes pienintäkään mahdollisuutta singahtaa ulos. Lisäksi jonkun olisi juuri sillä hetkellä oltava aivan puhaltimen vieressä, jotta turvallisuusriski olisi olemassa. Kun tälle tapahtumalle alkaa miettimään todennäköisyyttä, voidaan huomata, että kyseistä skenaariota ei tarvitse ottaa huomioon. Tämän tyyppistä järkeilyä on syytä käyttää monessa muussakin vastaavanlaisessa tilanteessa. Selkeä turvallisuusriski on olemassa kohteissa, joissa on painetta ja lipeää. Pieni laippavuoto voi aiheuttaa lipeästä koostuvan sumupilven, jota on todella vaikea havaita paljain silmin. Henkilö voi huomaamattaan kävellä sumupilveen ja näin altistua vaaralliselle aineelle. Kriittisyysluokittelun yhteydessä arvioitiin olevan lievän turvallisuusriskin mahdollisuus vikatilanteessa kaikilla niillä laitteilla, jotka käsittelevät lipeää. Lisäksi puhaltimet, jotka käsittelevät savu- tai hajukaasuja, voivat vikaantuessaan päästää kaasuja tiloihin, joissa se voi olla vaaraksi ihmisille. Näillä puhaltimilla arvioitiin olevan pienen turvallisuusriskin

mahdollisuus vikatilassa. Uusissa moderneissa laitoksissa suurien tai keskisuurten ympäristöriskien mahdollisuutta ei pitäisi olla olemassa. Tarkastelun yhteydessä huomattiinkin vain pienten ympäristöriskien mahdollisuus. Vähäisiksi ympäristöriskeiksi arvioitiin vikatilat, jotka johtavat siihen, että jätevedet kääntyvät varoaltaalle. Toinen mahdollinen vähäinen ympäristöriski voi syntyä kaasujen käsittelyssä, sillä siinä tapahtuva vika voi kääntää kaasut piipun ohitukseen. Kun piippu ohitetaan, kaasujen levinneisyys ja hajominen eivät ole samaa luokkaa kuin niiden mennessä piippuun. Tästä seuraa mahdollisia hajuhaittoja. Kriittisyysluokittelun jälkeen käsiteltävältä alueelta ei saa löytyä yhtään E - luokan eli ei-arvioitua laitetta.

Kuvasta 36 hahmottuu konkreettisesti se, mitä kriittisyysluokittelulla saatiin aikaiseksi. A- ja B- kriittisten laitteiden yhteinen osuus on päivitetystä kriittisyysluokittelussa 21 %, kun vanhassa se oli 44 %. PSK6800-standardiin perustuvalla luokittelumenetelmällä saatiin oikeasti selville, mitkä ovat tuotantolinjan kriittisimmät kohdat ja mihin resursseja kannattaa kohdistaa. RCM – prosessin jälkeisessä seurannassa selviää, saatiinko kriittisyysluokittelun muutoksella kohdistettua resursseja tehokkaammin ja säästettyä kuluissa. Kuitenkin kahden kriittisimmän luokan välillä on 23 %:n ero, jonka pitäisi näkyä ajan saattossa.



Kuva 36. RCM –prosessin yhteydessä suoritettujen kriittisyysluokittelun tulokset

Kriittisyysluokitteluun saatiin sitoutettua koko projektiorganisaatio, mikä on luokittelun onnistumiselle välttämätöntä. Tässä vaiheessa arvioitavat kriteerit saattavat sisältää tietoa, jonka ainoastaan toimihenkilöt tuntevat tai päinvastoin eli tieto on ainoastaan työntekijöillä. Luokittelua tehdessä paljastui työntekijöiden erinomainen tietotaso. Jo pelkäänsä mekaanisten sekä automaatioasentajien tietämyksellä päästiin todella pitkälle, koska esimerkiksi laitteiden hintatietous oli heillä vastaavalla tasolla kuin toimihenkilöillä. RCM-prosessin jatkoon kannalta etenkin hintatietous on hyvä asia, koska esimerkiksi perusteltaessa tehtävää huoltotyötä voidaan viitata laitteen arvoon. Lisäksi työn huolellisuutta ja arvoa lisää, kun tiedostaa työskentelevänsä jonkin arvokkaan laitteen parissa.

8.1 Laitteilta vaadittavien toimintojen määrittäminen

Jotta RCM-prosessista saadaan kaikki hyöty irti, täytyy laitteille määrittää halutut toiminnot sekä niille suoritustaso. Tällä varmistetaan se, että kunnossapito- ja käyttöorganisaatio ovat kumpikin tietoisia laitteen yleisilanteesta ja pystyvät huomaamaan puutteet. Jos yhteisistä pelisäännöistä ei sovita, käyttö- ja kunnossapito-organisaation yhteistyö hankaloituu ja mahdollisia vikoja jää havaitsematta. Vika voi jäädä havaitsematta, koska vikatoiminto voidaan tulkita laitteen ominaisuudeksi. Samalla pystytään tunnistamaan ne piilevät viat, joissa laite näyttää toimivan normaalisti, mutta sen suorituskyky ei ole halutulla tasolla.

Toimintoja määriteltäessä on määritettävä laitteen päätoiminto sekä vaikutusväli, jolla laite vaikuttaa, sivutoiminnot ja toimintaympäristö. Laitteen päätoiminto on selkeästi havaittavissa, mutta sivutoimintoa ei välttämättä käsitä. Kaikilla laitteilla on päätoiminnon lisäksi myös vähintään yksi sivutoiminto. Esimerkiksi kuljettimen sivutoiminto on aineen pitäminen kuljettimella, kun taas pumpun sivutoiminto on pitää neste juoksevana eli estää sakan kasaantuminen.

Yksi RCM-prosessin tavoitteista oli luoda materiaalipankki. Sen on tarkoitus olla tietokanta, josta tietoa etsivä henkilö pystyy löytämään tarvittavan tiedon. Vaikutusvälin määrittäminen on tärkeä osio materiaalipankkia varten. Laitteen vaikutusväli kertoo mistä mihin laite tuotantolinjalla vaikuttaa. Oli kyseessä sitten työntekijä tai toimihenkilö, kyseinen henkilö pystyy vaikutusvälivosiosta näkemään, mistä mihin laitteen pysäyttäminen vaikuttaa prosessissa. Kyseisestä tiedosta on hyötyä etenkin työn suunnittelussa ja turva-

erotuksia tehdessä. Vaikutusväliä hyödyntäen toimihenkilö pystyy suunnittelemaan kunnossapitotyön siten, että työn suorittaminen vaikuttaa tuotantoon mahdollisimman vähän ja myös ohjeistamaan turvaerotukset oikeaoppisesti kunnossapitotyötä varten. Turvaerotuksella tarkoitetaan laitteen turvatöiden ohjeistamista. Työntekijä puolestaan pystyy hyödyntämään vaikutusväliä turvaerotusten tarkistamiseen ennen töiden alkua. Vaikutusvälin kirjaamisen suurin hyöty on kuitenkin yleisen tietoisuuden lisääntyminen, joka parantaa henkilöstön kokonaistilanteen hahmottamista. Kokonaistilanteen hahmottaminen opettaa työntekijöitä tiedostamaan oman työn vaikutukset koko tehtaalla tasolla.

Vaikutusvälin kirjaamisella on tarkoitus tuoda lisätietoutta tuotantokatkoksen vaikutuksista, ja toimintaympäristön kirjaamisella puolestaan on tarkoitus tuoda lisätietoutta itse laitteesta. Toimintaympäristön kirjaaminen tuo arvokasta tietoa materiaalipankkiin. Toimintaympäristöllä tarkoitetaan laitteen tuotantotapaa ja väliainetta. Tuotantotavan kirjaaminen helpottaa työn suunnittelussa. Kyseisestä kohdasta näkee välittömästi, onko laite jatkuvatoimisesti kiinni tuotannossa vai ainoastaan erätuotannossa. Jos laite on jatkuvatoimisessa tuotannossa, huoltotyön tuotannolliset vaikutukset voi tarkastaa vaikutusvälikohtaisesti, mutta laitteen ollessa erätuotannossa voi kunnossapitotyön aikatauluttaa siten, että laite ei ole ajovuorossa. Väliaineen kirjaus helpottaa työhön valmistautumista. Työsuunnittelija tietää heti väliaineen vaarallisuuden ja osaa ennakoida sen kohteen turvallistamisvaiheessa. Oltaessa tekemisissä nesteiden kanssa on hyvä muistaa venttiilien taakse jäävä hydrostaattinen paine sekä se, että vanhat venttiilit eivät välttämättä pidä samalla tavalla kuin uudet. Väliaineesta pystyy myös päättelemään kohteen vaurioita. Väliaineen ollessa kiinteää ainetta, vauriot ovat yleensä kulumaa, hankaumaa ja likaisuuden aiheuttamia laakerivaurioita. Silloin kun ollaan nesteiden kanssa tekemisissä, vauriot voivat olla vuotoja, korroosiota ja kavitaation aiheuttamaa kulumaa. Väliaineen kirjaamisesta saadaan tärkeää ja hyödyllistä tietoa kohteen turvallistamista sekä työhön valmistautumista varten.

Taulukosta 3 näkee, miltä toimintojen määritystaulukko näyttää. Taulukosta havainnoidaan selkeästi laitteen paikka, nimi, vaikutusväli, sivutoiminto ja toimintaympäristö. Tässä RCM-prosessissa toimintojen määrittäminen suoritettiin ainoastaan tärkeimmille eli A- ja B -kriittisille laitteille.

Taulukko 3. Toimintaympäristön määritystaulukko.

| Toimintopaikka | Nimitys | Toiminto | Vaikutusväli | | Sivutoiminto | Toimintaympäristö | |
|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------|-------------------------------|-------------------|-------------------|
| | | | Mistä | Mihin | | Tuotanto | Väliaine |
| KYM1-62 8352 4602 | SAKKAKULJETIN 2 | Sakan kuljetus | Sakkasuodin | Sakkalava | Sakan pitäminen kuljettimella | Jatkuva | Kiinteäaine/Sakka |
| KYM1-62 8452 7101 | MEESASUODIN | Meesan suodatus | Meesan syöttöpumppu | Meesauuni | Estää meesan jähmettymisen | Jatkuva | Meesa |

8.2 Vika- ja vaikutusanalyysi, VVA

Toimintojen määrittämisessä keskityttiin laitteen toimintaan ja sen ympäristöön. Vika- ja vaikutusanalyysissä eli VVA:ssa keskityttiin laitteen vikaantumiseen. VVA:ta suorittaessa tuli selväksi, miksi kaustistamo ja meesauuni ovat hyviä aloitusosastoja koko tehtaan RCM-prosessia ajatellen. Kaustistamo- ja meesauunialueen päälaitteet ovat sekoittimet, pumput, puhaltimet, kuljettimet, suotimet ja ruuvit. Vika- ja vaikutusanalyysissä otettiin jokainen pääryhmä yksitellen käsittelyyn ja pohdittiin laitteiden toiminnallisia vikaantumisia. Niiden löydyttyä ryhdyttiin pohtimaan vikatoimintoja, jotka niitä aiheuttavat. Lopuksi etsittiin vielä jokaiselle vikatoiminnolle syy. Liitteessä 1 on esimerkki keskipakopumpun vika- ja vaikutusanalyysistä. Keskipakopumpulle löytyi kaksi toiminnallista vikaantumista, jotka estävät halutun yhden tai useamman toimenpiteen suorittamisen. Nämä toiminnalliset vikaantumiset ovat ”pumppu ei pyöri” ja ”epänormaalit käyntiäänit ja -tärinät”. Toiminnalliset vikaantumiset ovat yksinkertaisesti havainnoituja, eikä tässä oteta kantaa siihen, mikä ne on aiheuttanut. ”Pumppu ei pyöri” -toiminnalliselle vikaantumiselle löydettiin seitsemän vikatoimintoa. Jokainen näistä vikatoiminnoista pysäyttää pumpun pyörimisen. Vastaavasti ”epänormaalit käyntiäänit ja -tärinät” -toiminnalliselle vikaantumiselle löytyi niin ikään seitsemän vikatoimintoa. Vikatoiminto voi yksinkertaisimmillaan olla rikkoutunut moottori tai moottorin tärinä. Jokaiselle vikatoiminnolle löydettiin yhdestä neljään syytä. Niitä ovat muun muassa laitteen tai sen osan ikääntyminen,

huono kiinnitys, kuluminen sekä kytkimen huono linjaus. Vika- ja vaikutusanalyysiä suorittaessa on syytä muistaa yksinkertaisuus. Toiminnallisista vikaantumisista, vikatoimintoista tai niiden syistä ei saa tehdä liian monimutkaisia. Tapahtumaketjua rakentaessa on arvioitava tapahtuman todennäköisyys. Sitä kannattaa lähteä rakentamaan yksinkertaisista tapahtumista, jotka ovat selkeästi olemassa. Vikatoimintoja on hyvä hakea myös aikaisemmin kerätyistä vikatiedoista. Monimutkainen vikaantumismekanismi voi vääristää huoltosuunnitelman laatimista, mistä voi seurata se, että varaudutaan sellaisen tapahtumaketjun estämiseen, jonka todennäköisyys on olemattoman pieni. Huoltosuunnitelma, joka varautuu liian monimutkaiseen vikaantumismekanismiin, on todennäköisesti epäkustannustehokas eikä täytä RCM-prosessin tavoitteita.

Vika- ja vaikutusanalyysin yhteydessä luotiin jokaiselle päälaiteryhmälle tarkastustyön vaiheluettelo. Kun ennakkohuoltosuunnitelma siirretään SAPIin, niin on jo etukäteen mietitty valmiiksi työn vaiheluettelo, jolla ehkäistään VVA:ssä ilmi tulleita vikaantumismekanismieja. Vika- ja vaikutusanalyysiä suoritettaessa saatiin arvokasta tietoa materiaali-pankkiin ja muita RCM-prosesseja varten. Pumppuja ja puhaltimia, joilla on sama toimintaperiaate, on muillakin osastoilla. Nyt suoritettuja VVA-tuloksia pystytään suoraan hyödyntämään esimerkiksi haihduttamon pumppuihin tai soodakattilan puhaltimiin. Näin olen mitä kattavammasi materiaalipankki kasvaa, sitä vähemmällä työkuormalla selviää seuraavissa RCM-prosesseissa.

9 Ennakkohuoltosuunnitelman luominen

9.1 Kenttätietojen kerääminen huoltosuunnitelmaa varten

Ennakkohuoltosuunnitelman luomista varten Kaukaalla on kehitetty Excel-taulukko, johon kerätään laitekohtaisia tietoja kunkin laitteen rakenteesta. Kerättäviä tietoja ovat mm. voimansiirto, laakerointi, tiivisteet sekä voitelu. Ennakkohuoltosuunnitelman laatija käy kentällä kiertämässä osaston jokaisen laitteen läpi ja kirjaa tiedot Exceliin. Tarvittaessa tietoja täydennetään laitteiden piirustuksista. Täytettävä Excel-taulukko ja muutama esimerkkirivi löytyvät liitteestä 2. Excel-taulukon taustalle on määritetty jo valmiiksi arvoja, joiden perusteella taulukosta saa makroja hyödyntäen karkean pohjan huoltosuunnitelmalle. Nämä taulukon taustalle määritetyt arvot ovat mm. vika historiasta ja oh-

jekirjoista kerättyjä suositusarvoja vaihto- tai tarkastusväleille. Jokaiseen liitteessä 2 näkyvään määritystaulukon sarakkeeseen tuleva tieto vaikuttaa laitteen ennakkohuoltosuunnitelman muotoutumiseen.

Ennakkohuoltosuunnitelman laatijan ensimmäinen tehtävä on täyttää taulukon kaksi ensimmäistä riviä kriittisyysluokittelussa saaduilla tuloksilla. Kriittisyysluokan ja tuotannon menetyksen kirjaaminen vaikuttaa etenkin huoltosyklin pituuteen. Syklin tiheydellä halutaan varmistaa, että aikaisemmin mainittu P - F -jakso ei etene sinne vikatilaan asti. Kriittisimmillä laitteilla tietenkin huoltosykli on tiheämpi kuin ei niin kriittisillä laitteilla, koska halutaan varmistaa tuotantolinjan toimivuus. Laitteen sijainnin kirjaaminen helpottaa huoltosuunnitelman laatijaa reitittämään työt järkevään järjestykseen ennen huoltoreitien siirtämistä SAP-järjestelmään. Laitetyyppi on ensimmäinen sarake, joka vaikuttaa itse huoltosuunnitelman sisältöön. *Laitetyyppi*-sarakkeen soluun on määritelty 13 eri tyyppistä laitetta. Huoltosuunnitelman laatija valitsee listasta oikean tyyppin laitteelle. Seuraavaan sarakkeeseen laitetaan "x", jos laite sisältää moottorin. Tällöin valitaan moottorin voitelutapa kolmesta eri vaihtoehdosta, jotka ovat keskusvoitelu, käsivoitelu tai kestovoitelu. Seuraavat kaksi saraketta käsittelevät vaihdetta. *Vaihde*-sarakkeeseen merkitään "x", jos laite sisältää vaihteen. Laitteen sisältäessä vaihteen merkitään *vaihteen öljypinta* -sarakkeeseen "x", jos vaihteen öljypinta on paikallisesti tarkistettavissa.

Laakerointikohdassa on taas kolme eri vaihtoehtoa, joista valitaan keskusvoitelu, öljyvoitelu tai kestovoitelu. Tässä ei oteta kantaa laakerin tyyppiin, ainoastaan voitelutapaan. Seuraavaan sarakkeeseen kirjataan "x", jos laakeri sisältää öljysilmän. *Hydraulikoneikko*-sarakkeeseen merkitään "x" mikäli laite sisältää hydraulikoneikon. *Kytkin*-kohtaan valitaan kytkimen tyyppi valmiilta listalta. Valittavat kytkin tyypit ovat *joustavakytkin*, *hammaskytkin* tai *nestekytkin*. Jos mikään edellä mainituista kytkintyypeistä ei sovellu, kohta jätetään tyhjäksi. Seuraavaksi sarakkeisiin *tiivistevesi*, *mekaaninen tiiviste*, *punostiiviste*, *hihnakäyttö*, *ketjukäyttö* ja *palje* merkitään "x", jos laite sisältää kyseisiä komponentteja. Viimeiseksi *lisätieto*-kenttään voi kirjoittaa omia muistiinpanoja ja huomioita laitteesta.

Tietojen täyttämisen jälkeen Exceliin laadittu makro hakee jokaisen laitteen jokaiselle komponentille määritetyn huolto- tai vaihtovälin ja luo niistä tiedoista huoltorivit. Jokaiselle laitteelle tulee yksi tai useampi huoltorivi riippuen siitä, minkälaisista komponenteista laite koostuu.

Tässä RCM-prosessissa huoltorivejä tuli aluksi noin 1200, joista kuvassa 37 on vain muutama esimerkki. Seuraavaksi näistä karsittiin pois ne, joiden tekemiseen ei kannata käyttää resursseja, ja ne mitkä jäävät jäljelle lajiteltiin toimenpiteen mukaisesti. Huoltoriveistä karsittiin pois sellaisia töitä, joiden suorittamisella ei saada mitään lisäarvoa tai jotka on ulkoistettu ulkopuoliselle toimijalle. Hyvä esimerkki ulkoistetuista huolloista on jäähdytyspuhaltimien huollot. Osastolla on useita kymmeniä jäähdytysilmapuhaltimia, jotka vastaavat sähkö- ja automaatiotilojen sekä yleisten tilojen ilmanvaihdosta. Näiden puhaltimien kriittisyys arvioitiin pieneksi ja vaikka jäähdytysilmapuhaltimessa esiintyisi toiminnallinen vika, pärjättäisiin päiviä ennen ongelmien esiintymistä. Edellä mainittujen syiden takia näihin puhaltimiin ei kannata käyttää kunnossapitoresursseja. Lisäksi listalta poistettiin kiinteistön muita LVI-laitteita koskevat huoltorivit. Esimerkiksi lämpimän veden kierto ei vaikuta tuotantoon vaan lähinnä kiinteistön lämmitykseen, joten näihin laitteisiin kunnossapitoresurssien sitominen ei toisi mitään tuotannollista lisäarvoa.

| TOIMINTOPAIKKA | TOIMINTOPAIKAN NIMITYS | KRIITTISYYS | TOIMENPIDE |
|-------------------|--------------------------|-------------|-----------------------------|
| KYM1-62 8351 6408 | SAMMUTTIMEN SYÖTTÖPUMPPU | A | KTS. TARKASTUS ERIKSEEN |
| KYM1-62 8351 6408 | SAMMUTTIMEN SYÖTTÖPUMPPU | A | PUMPPU HAVAINNOT ODR |
| KYM1-62 8351 6408 | SAMMUTTIMEN SYÖTTÖPUMPPU | A | MOOTTORI HAVAINNOT ODR |
| KYM1-62 8351 6408 | SAMMUTTIMEN SYÖTTÖPUMPPU | A | VOITELUJÄRJESTELMÄ ODR |
| KYM1-62 8351 6408 | SAMMUTTIMEN SYÖTTÖPUMPPU | A | TIIVISTEVESI ODR |
| KYM1-62 8351 6408 | SAMMUTTIMEN SYÖTTÖPUMPPU | A | MEKAANINEN TIIVISTE ODR |
| KYM1-62 8351 7101 | VIHERLIPEÄSUODIN 1 | A | SUODIN HAVAINNOT ODR |
| KYM1-62 8351 7102 | VIHERLIPEÄSUODIN 2 | A | SUODIN HAVAINNOT ODR |
| KYM1-62 8354 4610 | SAMMUTIN, LAJITINRUUVI | A | MOOTTORI HAVAINNOT ODR |
| KYM1-62 8354 4610 | SAMMUTIN, LAJITINRUUVI | A | VOITELUJÄRJESTELMÄ ODR |
| KYM1-62 8354 4610 | SAMMUTIN, LAJITINRUUVI | A | VAIHDE HAVAINNOT ODR |
| KYM1-62 8354 4610 | SAMMUTIN, LAJITINRUUVI | A | VAIHDE ÖLJYN PINTA ODR |
| KYM1-62 8354 4610 | SAMMUTIN, LAJITINRUUVI | A | LAAKEROINTI ÖLJYN PINTA ODR |
| KYM1-62 8354 6010 | SAMMUTIN, SEKOITIN | A | SEKOITIN HAVAINNOT ODR |
| KYM1-62 8354 6010 | SAMMUTIN, SEKOITIN | A | MOOTTORI HAVAINNOT ODR |
| KYM1-62 8354 6010 | SAMMUTIN, SEKOITIN | A | VOITELUJÄRJESTELMÄ ODR |
| KYM1-62 8354 6010 | SAMMUTIN, SEKOITIN | A | VAIHDE HAVAINNOT ODR |
| KYM1-62 8354 6010 | SAMMUTIN, SEKOITIN | A | VAIHDE ÖLJYN PINTA ODR |

Kuva 37. Kuva makron luomista ennakkohuoltoriveistä.

Merkittävimmät karsitut huoltorivit koskivat osaston pumppuja. Pumppujen huoltorivejä pohdittaessa todettiin, että resurssit eivät mitenkään riitä seisovan pumpun tarkastukseen. Osasto koostuu pitkälti pumpuista ja niille suoritettavat seisokitarkastukset sitovat paljon resursseja. Lisäksi tarkastuksen yhteydessä toimivat pumput altistettaisiin vioille. Toimivaan laitteeseen ei saa kajota. Tästä johtuen seisovan pumpun kunnossapitotar-

kastuksista päätettiin luopua. Pumpuille kuitenkin suoritetaan normaalisti kunnonvalvontaa sekä käytön kunnossapitokierroksia. Näiltä kierroksilta saatavan arvokkaan tiedon avulla pumpun yleiskunnosta saadaan tarpeeksi kattava kuva, jolla voidaan reagoida alkaviin vikoihin. Karsinnan jälkeen huoltorivit jaetaan mekaanisiin töihin, voitelutöihin, kunnonvalvontakierroksiin ja käytön kunnossapitokierroksiin. Uusia huoltorivejä jäi jäljelle kuitenkin 940 kappaletta.

9.2 Mekaaniset työt

Mekaanisiksi töiksi jäivät kaikki ne työt, joita ei siirretty voitelutöihin, kunnonvalvontakierroksiin tai käytön kunnossapitokierroksiin. Seuraavaksi mekaaniselle huoltotyöriville määritettiin toimenpiteestä riippuen siitä, mitä huoltaminen tuotannollisesti vaatii. Valittavana on kolme vaihtoehtoa: ei seisokkia, osastoseisokki tai tehdasseisokki. Tämän jälkeen mekaaniset työt järjestellään vielä seisokkitarpeen mukaan.

Koska kyseessä on yksilinjainen tuotanto, ei jää kovin montaa huoltoriviä, jota voi suorittaa käynnin aikana.

Taulukossa 4 on esitelty ne mekaaniset kunnossapitotyöt, jotka voi suorittaa tai on välttämätöntä suorittaa käynnin aikana. Meesauunilla tehtävät työt vaativat uunin pyörimisen. Myös sähkösuodin vaatii käynninaikaisia tarkastuksia. Sähkösuotimesta otetaan mm. lämpökameralla kuvia, joilla varmistetaan vastusten toimivuus. Samaa informaatiota ei saada, jos sähkösuodin ei ole käytössä. Lisäksi näin saadaan ennakoitua ja suunniteltua paremmin seisokissa tehtävät työt.

Taulukko 4. Käynnin aikana suoritettavat kunnossapitotyöt

| TOIMINTOPAIKKA | TOIMINTOPAIKAN NIMITYS | KRIITTISYYS | TOIMENPIDE | SYKLI |
|-------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------|-------|
| KYM1-62 8453 7101 | MEESAUUNI VAIPPA | A | Uunin linjaus | 12 kk |
| KYM1-62 8453 7125 | MEESAUUNI, AKSELITUKIRULLASTO | A | Tattipyörän hionta | 12 kk |
| KYM1-62 8458 7101 | SÄHKÖSUODIN | A | Sähkösuodintarkastukset | 12 kk |

9.2.1 Seisokkityöt ja niiden rytmitys

Mekaaniset kunnossapitotyöt, joita ei voi tai tarvitse tehdä käynnin aikana, jaetaan laite-, osasto- ja tehdasseisokkiin. Laiteseisokissa voidaan korjata ainoastaan ne laitteet, jotka on kahdennettu. Muuten yksilinjaisella tuotantolinjalla ei ole mahdollisuutta tehdä laiteseisokin vaativia töitä.

Tehdasseisokissa suoritetaan taas ne työt, jotka vaativat erikoisjärjestelyitä tehdastasolla. Kaustisointi- ja meesauuniosastolla on paljon säiliöitä ja jokaisessa säiliössä on sekoitin. Esimerkiksi tehdasseisokissa tehtävät säiliöiden sekoittimien tarkastukset vaativat tehdastasolla lipeävarannon siirtämistä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että säiliöiden pinnan korkeuksia hallitaan eri puolilla tehdasta siten, että halutut säiliöt saadaan tyhjäksi. Hajukaasujen käsittelyyn liittyvät laitteet ovat toinen ryhmä, joka tarvitsee tehdasseisokkia. Esimerkiksi savukaasupuhallinta tai sähkösuodinta ei voida ottaa pois ajosta niin kauan, kun meesauunissa on tulet. Lisäksi meesauuniin liittyvää laitteistoa pääsee huoltamaan käytännössä vasta, kun meesauuni on tyhjä ja jäähtynyt. Tästä johtuen kyseisiä laitteita ei ehdi osastaseisokin aikana suorittaa.

Osastoseisokissa suoritetaan töitä, joita ehditään suorittaa normaalin työpäivän aikana. Välivarastoissa on normaalissa ajotilanteessa 10 - 15 tunnin varanto, joten työpäivän kestävä osastoseisokki ei vaikuta sellun tuotantoon. Osastoseisokkiryhmiä lähdettiin rakentamaan pienimmän syklin vaativan työn kautta. Kyseiseksi työksi paljastui valkoliipeäsuotimen tarkastus, joka suoritetaan neljän kuukauden välein. Tästä johtuen kaustisointi- ja meesauuniosastolla tulee olemaan osastoseisokki neljän kuukauden välein. Seuraavaksi katsottiin mitä töitä jokaisessa osastoseisokissa tehdään.

Taulukosta 5 näkee, mitä kunnossapitotöitä tehdään jokaisessa osastoseisokissa. Seuraavaksi katsottiin läpi kaikki muut osastoseisokin vaativat työt. Kaikkien huoltotöiden suoritusrytmiä suunniteltiin siten, että sykli on neljällä jaollisella. Näin kaikki osastoseisokin vaativat työt saadaan jaettua tasaisesti vuoden jokaiselle kolmannekselle. Tämä järjestely ensinnäkin kuormittaa kunnossapitotyöntekijöitä kaikista vähiten, koska heidän ei tarvitse koko ajan valmistautua osastoseisokkiin. Toiseksi kolmen osastoseisokin järjestäminen vuodessa mahdollistaa käyttäjille tasaisen tuotantojakson. Tavoite on tehdä tasaista tuotantoa, eikä koko aika ajaa laitteita ylös tai alas.

Taulukko 5. Neljän kuukauden välein tehtävät osastoseisokkityöt.

| TOIMINTOPAIKKA | TOIMINTOPAIKAN NIMITYS | TOIMENPIDE | TEKN.JÄRJ.TILA |
|-------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------|
| KYM1-62 8355 7115 | VALKOLIPEÄSUODIN | Laakerin tarkastus | OSASTOSEISOKKI (2) |
| KYM1-62 8355 7205 | VALKOLIPEÄSUODIN, KAAVARIT | Kaavareiden tarkastus | OSASTOSEISOKKI (2) |
| KYM1-62 8452 7101 | MEESASUODIN | Imupään nosto/tarkastus | OSASTOSEISOKKI (2) |

Kaikista yleisin huoltosykli on vuoden sykli, jossa on 42 huoltotyötä. Vuoden syklissä olevat huoltotyöt jaettiin tasaisesti vuoden jokaiselle kolmelle osastoseisokille. Syklejä miettiessä pyrittiin tehtävät työt keskittämään pienelle alueelle, jolloin liikkumiseen ja tavaroiden siirtämiseen menisi mahdollisimman vähän aikaa. Toinen sykliä laadittaessa ollut kriteeri oli tehtävä työ. Esimerkiksi kuljettimille tehtävät työt pyritään kaikki tekemään samassa osastoseisokissa. Tämä helpottaa ainakin varaosien tilaamista ja resursoimista, koska tehtävä työ on hyvin pitkälti samanlaista kohteesta riippumatta. Lisäksi pyrittiin siihen, että ulkona tehtävät työt tehdään kesäaikaan ja sisätiloissa tehtävät työt talvella. Lisäksi oli yksittäisiä töitä 16, 20, 24 ja 36 kuukauden syklissä. Nämä kaikki pidemmän syklin omaavat työt on aikataulutettu jollekin vuoden kolmesta osastoseisokkipäivästä.

9.2.2 Voitelutyöt

Alun perin tämän insinööriyön ei pitänyt sisältää voitelutöitä, koska ne oli jo käsitelty aikaisemmassa projektissa. Voitelutöiden käsittely tuli kuitenkin tarpeelliseksi, kun tarkasteltiin tulevassa tehdasseisokissa tehtäviä voitelutöitä ja huomattiin, että yli puolet niistä pystyisi tekemään osasto- tai laiteseisokissa. Näin ollen tässä projektissa laadittiin lista kaikista kaustisointi- ja meesauunialueen voitelutöistä, jotka eivät vaadi tehdas-

seisokkia. Listaa käytiin voiteluhenkilöstön kanssa läpi, ja he määrittivät voitelusykliä voiteluaineesta riippuen. Näin saatiin vähennettyä tehdasseisokin työkuormaa ja jaettua sitä tasaisesti tuleviin osastoseisokkeihin. Jatkoa ajatellen jokaiseen voideltavaan vaihdelaatikkoon olisi syytä lisätä täyttö- ja poistohana. Näin voiteluöljyn vaihdon voisi suorittaa laiteseisokissa ja työkuormaa jakaa vielä entisestään. Lisäksi öljyn vaihtoon tarvittava aika vähentyisi huomattavasti.

9.2.3 Kunnonvalvontakierrokset

Kaustisointi- ja meesauunialueelle oli jo valmiiksi olemassa kaksi kunnonvalvontakierrosta. RCM-prosessissa mitattavia kohteita tuli muutama lisää. Aluksi ennakkohuolto-suunnitelmasta saatuja kunnonvalvontakohteita verrattiin Sensodec-mittauksen perässä oleviin kohteisiin. Kaikki Sensodecin perässä olevat kunnonvalvonta kohteet poistettiin uusilta kunnonvalvontareiteiltä muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Meesauunin käyttölaiteistoja ja kannatusrullia ei suostuttu poistamaan reiteiltä, vaikka ne ovat jo Sensodecin tarkkailussa. Kyseiset meesauunin laitteet ovat erittäin kriittisiä ja niiden toimimattomuus rikkoo meesauunin, mistä seuraisi miljoona luokan vahingot. Nämä kohteet ovat tällä hetkellä sekä kunnonvalvontakierroksilla että Sensodecin mittauksissa.

Aluksi saatiin kolme kunnonvalvontareittiä. Alun perin reittien syklit olivat 30, 45 ja 60 päivää, mutta kunnonvalvojien pyynnöstä 45 päivän reitti päätettiin hajottaa ja mitattavat kohteet siirtää joko 30 päivän sykliin tai 60 päivän sykliin. Tämä perusteltiin sillä, että kunnonvalvontareiteistä saa järkeviä kierroksia aikaiseksi ja samalla vältetään useampaan kertaan samassa paikassa ravaamista.

Lopuksi saatiin kaksi 30 päivän mittaussyklin kierrosta ja yksi 60 päivän mittaussyklin kierros. 30 päivän mittaussyklin kierrokset saadaan muokattua järjestelmässä jo olemassa olevista kierroksista ja täysin uutena täytyy lisätä tuo 60 päivän mittaussyklin kierros. Lisäksi ilmeni tarve suorittaa mittauksia, jotka eivät osu nykyisiin sykleihin. Näitä varten tehdään omat työpyynnöt SAPIin. Hyvä esimerkki erikoismittauksesta on kerran viikossa lämpökameralla kuvattava meesauunin vaippa. Tällä halutaan varmistaa, että meesauunin lämpökanneri näyttää varmasti oikein ja lisäksi lämpökamera kuvilla pystyy tarkemmin seuraamaan muurausten kulumista. Kierrokset ovat järjestelmässä helpposti muokattavissa, joten kunnonvalvojien palautteen perusteella mittauskierroksia pystytään muokkaamaan suorittajien haluamalla tavalla.

9.3 Käytön kunnossapitokierrokset

Kaustisointi- ja meesauuniosastolla ei ole aikaisempaa kokemusta ohjatuista käytön kunnossapitokierroksista. Osaston operaattorit suorittavat kuitenkin oma-aloitteisesti kierroksia kentällä, mutta kierroksella tarkkailtavat kohteet ovat käyttäjän itsensä määrittelemät. Tästä voi seurata se, että jokainen käyttäjä kiertelee laitoksella samoja reittejä ja jokin alkava vika erittäin kriittisestä laitteesta jää huomaamatta. Tästä johtuen RCM-prosessin yhteydessä luodaan käyttäjille valvontareittejä, jotka varmistavat sen, että laite saa kriittisyysluokkaan perustuen oikeanlaista huomiota.

Käytön kunnossapitokierrosten eli ODR (*operator driven reliability*)-kierrosten kohteet saatiin samasta ennakkohuoltosuunnitelmasta kuin muutkin ennakkohuoltotyöt. Lisäksi suunnitelmasta selviää laitteen ODR-mittapisteen. Niillä tarkoitetaan laitteelle tehtävässä tarkastuksessa tarkistettavia kohteita. Tarkistettavat kohteet riippuvat laitteen komponenteista. Esimerkiksi keskipakopumppukokonaisuus, jossa on sähkömoottori, mekaaninen tiiviste, laakerointi ja joustava kytkin, sisältää seitsemän mittapistettä. Jokainen komponentti eli esimerkin tapauksessa pumppu, mekaaninen tiiviste, moottori, kytkin ja laakerointi on aina yksi mittapiste. Muut kaksi mittapistettä ovat moottorin sekä laakeroinnin voitelu, silloin kun keskusvoitelun se on piirissä. Kyseisille mittapisteeille käyttäjä suorittaa aistinvaraisia tarkastuksia. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että käyttäjä on laitteen vieressä ja tunnustelee, katselee sekä kuuntelee mittapistettä ja havainnoi tärinöitä, outoja sivuääniä tai vuotoja. Jossain erikseen määritetyissä tapauksissa käyttäjällä on mahdollisuus suorittaa erityyppisiä mittauksia, mutta pääsääntöisesti käyttäjän tekemät kunnossapitotarkastukset ovat aistinvaraisia. Ideana on se, että käyttäjät ovat laitoksella vuorokauden ympäri vuoden jokaisena päivän, joten he todennäköisesti havaitsevan vian ensimmäisenä. Lisäksi käyttäjien laitetietoisuus paranee laitteita tutkiessa.

Kierrosten toteuttamisesta käytiin pitkä keskustelu ja pohdittiin jopa erillisen järjestelmän hankkimista, jolla voitaisiin hallinoida kierroksia. Loppujen lopuksi päädyttiin hyödyntämään kierrosten hallinnoinnissa SAP-järjestelmää, koska toisen järjestelmän tuominen SAP-järjestelmän rinnalle loisi päällekkäisyyksiä sen kanssa. Lisäksi järjestelmiä käyttävien henkilöiden työkuorma kasvaisi, koska samoja tehtäviä hoidettaisiin kahdessa eri järjestelmässä. Tämä ei olisi tehokasta ja lisäisi ohjelmistokuluja eikä täyttäisi RCM-prosessin tavoitteita.

ODR-kierroksilla on myös omat syklit. Syklit ovat 7, 14, 21, 28 päivää kriittisyysluokan mukaan eli A-kriittisillä laitteilla sykli on 7 päivää ja D-kriittisillä laitteilla 28 päivää. ODR-kierrokset täytyy aikatauluttaa, jotta syklit pysyisivät oikeina ja että työkuorma jakautuisi tasaisesti. Aikataulussa on kolme kiertoa ja yksi kierto kestää neljä viikkoa eli 12 viikon jälkeen aikataulu alkaa aina alusta, kuten kuvasta 38 voi nähdä. Vaikka alueella työskennellään kolmessa vuorossa, aikataulutus onnistui nykyisillä laitemäärillä siten, että päivässä tulee enintään yksi ODR-kierros suoritettavaksi. Jatkoa ajatellen, kun laitemäärät mahdollisesti lisääntyvät, voidaan aikataulua laajentaa kattamaan myös jokaisen vuoron erikseen. Näin ollen nyt luotu aikataulumalli on erinomainen pohja myöhempiä projekteja varten. A-, B- ja C-kriittiset laitteet on jaettu kahteen eri kierrokseen ja D-kriittiset ovat jaettu kolmeen eri kierrokseen. A-kriittisten laitteiden kierrokset suoritetaan lauantaina ja sunnuntaina, jotta mahdollisiin vikoihin ehditään reagoida heti maanantaina, kun kunnossapito palaa töihin. B-kriittisten laitteiden kierrokset suoritetaan heti A-kriittisten perään joka toinen maanantai ja tiistai, jotta löytyvät viat ehdittäisiin vielä korjata ennen viikonloppua. Tämän jälkeen C- ja D-kriittiset kierrokset ajoitettiin siten, ettei päällekkäisyyksiä pääse syntymään ja työkuorma jakautuu tasaisesti. Työkuormallisesti rankin viikko näkyy kuvan 38 aikataulussa kolmannen kierron toisella viikolla. Kyseisellä viikolla jokaisena päivänä on yksi ODR-kierros suoritettavana. Yhden kierroksen pituus vaihtelee puolesta tunnista vähän reiluun tuntiin.

| | Ma | Ti | Ke | To | Pe | La | Su |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|
| 1 K i e r t o | B14/1 6 | B14/2 20 | | C21/1 16 | C21/2 17 | A7/1 12 | A7/2 13 |
| | D28/1 13 | D28/2 13 | D28/3 31 | | | A7/1 12 | A7/2 13 |
| | B14/1 6 | B14/2 20 | | | | A7/1 12 | A7/2 13 |
| | | | | C21/1 16 | C21/2 17 | A7/1 12 | A7/2 13 |
| 2 K i e r t o | B14/1 6 | B14/2 20 | | | | A7/1 12 | A7/2 13 |
| | D28/1 13 | D28/2 13 | D28/3 31 | | | A7/1 12 | A7/2 13 |
| | B14/1 6 | B14/2 20 | | C21/1 16 | C21/2 17 | A7/1 12 | A7/2 13 |
| | | | | | | A7/1 12 | A7/2 13 |
| 3 K i e r t o | B14/1 6 | B14/2 20 | | | | A7/1 12 | A7/2 13 |
| | D28/1 13 | D28/2 13 | D28/3 31 | C21/1 16 | C21/2 17 | A7/1 12 | A7/2 13 |
| | B14/1 6 | B14/2 20 | | | | A7/1 12 | A7/2 13 |
| | | | | | | A7/1 12 | A7/2 13 |

Kuva 38. ODR-kierrosten aikataulutus

Kierrokset organisoidaan SAP-järjestelmän kautta, josta tulee aina automaattisesti työpyyntö tuotannolle. Työpyynnössä näkyy reitin nimi ja kierrettävät kohteet. Työpyynnöstä jätettiin pois kaikki mittapisteet, koska SAP-järjestelmässä jokaisesta mittapistestä täytyisi tehdä oma työpyyntö. Tästä seuraisi todella monta työriviä järjestelmään ja näiden kaikkien hallinnoiminen olisi käytännössä mahdotonta. Työn suorittamista varten luotiin erillinen työohje, joka on liitteenä 3. Työohjeella korvataan mittapisteet. Työohjeen jokaisessa vaiheessa havainnot ja tarkastukset on ohjeistettu suorittamaan siten kuin tarkastettaisiin jotain mittapistettä. Työohje on yleinen, eikä sitä ole sidottu mihinkään laitetyyppiin. Tästä johtuen ohje sisältää yleistasolla ohjeita, joilla varmistetaan, että ohje olisi pätevä jokaisessa kohteessa. Työohje annetaan aina jokaisen työpyynnön mukana kierroksen suorittajalle.

Jokaisen työpyynnön objektiluettelossa näkyy kierroksella kierrettävät laitteet. Jos kierroksella ilmenee jotain vikoja, voi käyttäjä suoraan järjestelmästä mennä kierroksen työpyyntöön ja objektiluettelon kautta tehdä vikailmoituksen oikealle laitteelle. Samalla pystytään seuraamaan ODR-kierrosten kautta tulevia vikailmoituksia. SAPista saadaan seurattua kierroksen kestoa, kierrosten kautta tulleita vikailmoituksia ja syklien toteutuneisuutta. Toistaiseksi ei ole nähty tarvetta seurata henkilötasolla, kuka tekee ja kuinka monta kierrosta. Käyttäjien esimiehet ja osaston käyttömestarit ovat vastuussa kierrosten suorittamisesta sekä syklien toteutuneisuudesta.

10 Riskienkartoitus – huoltosuunnitelman kannattavuus

Riskienkartoitusvaiheessa on tarkoitus varmistaa se, ettei ennakkohuoltosuunnitelmaa luodessa ole laitteelle sidottu liikaa resursseja. Siten varmistetaan, ettei laitteen huoltaminen maksa enempää kuin mitä se pystyy tuottamaan eli varmistetaan ennakkohuollon rahallinen kannattavuus.

Taulukossa 6 on suppea otanta siitä miltä riskienkartoitustaulukko näyttää. Kuvassa huollon sekä epäkäytettävyyden arvot on suhteutettu oikeista kustannuksista eli kuvassa esitetyt arvot eivät esitä oikeita kustannuksia. Riskienkartoituksessa kerättiin laitteelle suoritettavan täyshuollon huoltokustannukset ja epäkäytettävyyuskustannukset, minkä jälkeen ne jaettiin keskenään. Huoltokustannuksiin sisältyvät resurssikustannukset sekä varaosakustannukset. Epäkäytettävyyuskustannus sisältää saman huoltokustannuksen, mutta siten että työ suoritetaan työajan ulkopuolella. Sen lisäksi epäkäytettävyyuskustannukseen lasketaan tuotantomenetyks korjausajalta. Tietojen hankintaan käytettiin prosessin ensimmäisessä vaiheessa kerättyjä historiatietoja. Epäkäytettävyyys- ja huoltokustannusten suhde kertoo, kuinka kannattavaa ennakkohuollon suorittaminen on.

Taulukko 6. Riskienkartoituksessa vertaillaan huoltokustannuksia epäkäytettävyyuskustannuksiin.

| Nimitys | Kriittisyysluokittelu | Tuotannon menetys | Huollon arvo | Epäkäytettävyyden arvo | Suhde |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------|--------------|------------------------|-------|
| SAMMUTTIMEN SYÖTTÖPUMPPU | A | B | 22,50 | 149,50 | 6,6 |
| VIHERLIPEÄSUODIN 1 | A | A | 29,00 | 783,80 | 27,0 |
| VIHERLIPEÄSUODIN 2 | A | A | 29,00 | 783,80 | 27,0 |
| SAMMUTIN, LAJITINRUUVI | A | A | 21,00 | 526,20 | 25,1 |
| MEESAUUNI, KÄYTTÖKONEISTO 1 | A | A | 8,13 | 791,50 | 97,4 |
| MEESAUUNI, KÄYTTÖKONEISTO 2 | A | A | 8,13 | 791,50 | 97,4 |
| SAMMUTIN, SEKOITIN | A | A | 3,13 | 747,50 | 239,2 |

Kyseiselle alueelle riskienarviointi suoritettiin ainoastaan A- ja B -kriittisille laitteille. Aluksi listalta karsittiin pois muutamia toimintopaikkoja, joiden epäkäytettävyyuskustannusten arviointi oli epärealistista. Kyseisissä tapauksissa epäkäytettävyyuskustannukset riippuvat todella paljon toiminnallisesta vikaantumisesta. Esimerkiksi meesauunin epäkäytettävyyuskustannukset vaihtelivat miljoonilla euroilla, joten myös riskienarvioinnista ei tule todenmukaista. On kuitenkin itsestään selvää, että karsituille laitteille ennakkohuollon suorittaminen on kannattavaa.

Alueella suoritettussa riskienarvioinnissa alhaisin suhde luku oli 6,6. Tämä tarkoittaa että, epäkäytettävyyuskustannukset olivat 6,6 kertaa suuremmat kuin huoltokustannukset. Yleisesti ottaen laitteet, jotka rikkoutuessaan aiheuttavat pitkän tuotantokatkoksen, ovat suurempi menoerä kuin laitteet, jotka rikkoutuessaan aiheuttavat lyhyen tuotantokatkoksen. Tuotantokatkon yhteydessä tulevat tuotannon menetykset ovat suurin yksittäinen muuttuva kustannus. Varaosakustannukset huolto- sekä epäkäytettävyyuskustannuksissa ovat käytännössä samat. Työaikana tai työajan ulkopuolella tehtävän työn vaikutus kokonaiskustannuksiin on todella pieni. Tästä voidaan havaita, että laiteryhmän sisällä

riskienarvioinnin suhdeluvut seuraavat toisiaan. Esimerkiksi pumppujen korjausajat ovat lyhyitä ja yleensä välivarastot ovat riittäneet kunnossapitotöiden ajaksi, jolloin näkyvää tuotannon menetystä ei ole tapahtunut. Pumput pystytään korjaamaan nopeasti, koska kiireellisissä tilanteissa voidaan vaihtaa kerralla koko pumppu. Tämä säästää yleensä paljon aikaa, koska vanha pumppu saadaan muutamalla pultilla irti pumppupedistä, putkistosta sekä moottorista ja tilalle saadaan välittömästi toimiva pumppu. Näin laitetta ei tarvitse erikseen alkaa kohteessa purkamaan. Koska kunnossapitotyöt saman laiteryhmän laitteelle ovat yleensä samanlaisia, myös vikaantumisesta seuraavat kustannukset lähentelevät toisiaan. Tästä johtuen saman laiteryhmien laitteiden riskienarvioinnin suhdeluvut ovat saman tasoisia.

Kun kaikille A- ja B -kriittisille laitteille oli saatu riskienarvioinnissa suhdeluku, piti seuravaksi määrittää, mitä suhdeluku tarkoittaa. Koska A- ja B -kriittiset laitteet ovat laitokselle kaikista tärkeimmät, täytyy niille tehdä täydellistä ennakoivaa kunnossapitoa. Tarkastelualueen alhaisin suhdeluku oli 6,6, joten päätettiin, että täydellisen kunnossapidon suorittamisen raja kulkee suhdeluvussa 5. Jos suhdeluku on alle 5, täytyy ennakoivan kunnossapidon laajuus määrittää tapauskohtaisesti. Kaikissa näissä täytyy ottaa myös huomioon poikkeuksien mahdollisuus. Vaikka jonkun laitteen suhdeluku olisi 4, ei se tarkoita sitä etteikö laitteelle voisi suorittaa täydellistä ennakoivaa kunnossapitoa, jos se sitä tarvitsee.

11 Varaosavaraston tilanteen kartoittaminen

Varaosien perusteellinen käsittely tehdään kokonaisuudessaan omassa projektissa. Tässä RCM-prosessissa käydään tämän hetkinen tilanne läpi A-kriittisten laitteiden osalta. Samalla varaosaprojekti saa lähtötilannekartoituksen omalle projektilleen.

Varaosatarkastelun lähtökohta on tarkastella niiden toimitusaikaa ja verrata sitä P – F-jaksoon. Varaosatarkastelussa P- F-jakso eli aika vian ilmenemisestä toiminnalliseen vikaantumiseen tarkoittaa tässä kohtaa varaosan tarveaikaa. Tarkastelussa tarveajalle luodaan 4 eri luokkaa, jotka ovat piilevä vikaantuminen, vaikeasti huomattava, kunnonvalvonnassa ja helposti huomattava. Piilevä vikaantuminen on sellainen, joka ilmoittaa itsestään vasta laitteen rikkouduttua. Tästä hyvä esimerkki on akselin murtuminen. Vaikeasti huomattava vika kuvastaa tilannetta, jossa rikkoutuminen on todella lähellä. Esimerkiksi ketjupyörän vikaantumista on vaikea havaita ja siihen on reagoitava nopeasti.

Kunnonvalvonnassa oleva luokka tarkoittaa sellaisia vikoja, joista saadaan tieto tarpeeksi ajoissa, jolloin kunnossapitotyö voidaan suunnitella. Tällaisilla vioilla kestää 2 - 14 päivää ennen kuin ne muuttuvat toiminnallisiksi vioiksi. Helposti huomattavilla vioilla tarkoitetaan tilannetta, jossa reagointiaika on yli kaksi viikkoa. RCM-prosessissa saadut vikaantumismekanismit pitää aikatauluttaa ja jakaa kyseisiin luokkiin. (Junkkari. 2015.)

Kun jokainen vikaantumismekanismi on jaettu omaan luokkaansa, aletaan selvittää laitteiden varaosien toimitusaikoja. Sen jälkeen voidaan hyödyntää varaosamatriisia (kuva 39). Aikaisemmin RCM-prosessissa saatiin laitteiden kriittisyydet selville ja jokaiselle kriittisyysluokalle on olemassa oma varaosatarpeen arviointimenetelmä. Matriisissa ylimmältä riviltä näkee, mitä kriittisyysluokkaa mitkään sarakkeet koskevat. Seuraavalla rivillä on kriittisyysluokakohtainen dokumentaation vähimmäisvaatimus. Sitä seuraavalla rivillä on varaosan toimitusaika vaihtoehdot, jotka ovat alle 1 päivä, 1 - 3 päivää, 3 - 7 päivää, 7 - 14 päivää tai yli 14 päivää. Matriisin loput rivit vastaavat varaosan tarveajan neljää eri luokkaa. Matriisin taulukossa *O*-kirjain tarkoittaa, että varaosa varastoidaan omassa varastossa. *E*-kirjain tarkoittaa, ettei osaa varastoida ja *T*-tarkoittaa, että varastoidaan toimittajan varastoon, jos se on taloudellisesti järkevää. Varaosan sijoituspaikka selviää, kun laitteen kriittisyysluokan sarakkeista valitaan varaosan toimitusajan perusteella oikea sarake ja riveistä valitaan varaosan tarveaika. Rivin ja sarakkeen risteyskohdassa oleva kirjain kertoo varaosan sijoituspaikan. Tässä tarkastelussa pitää muistaa se, että poikkeuksia löytyy. Tarkastelu ei ole välttämättä niin yksinkertaista, kuin se matriisissa kuvataan. Varaosatarkastelun suorittajan on syytä muistaa se, että tuotannon varmuus ei saa kärsiä yhtään varaosien uudelleen sijoittelun johdosta. Varaosaprojektin suorittajan on hyvä pitää mielessä, onko laite kriittinen, koska siihen ei ole varaosia, vai onko varaosa, koska se on kriittinen.

| Kriittisyys | A | | | | | B | | | | | C | | | | |
|--|---|---------|---------|----------|--------|--------------|---------|---------|----------|--------|--------------------------|---------|---------|----------|--------|
| | Tarkat osatiedot, varastointimäärät, varastoinnissa huomioitavat asiat jne. | | | | | | | | | | Osaluettelo ajantasainen | | | | |
| | Toimitusaika | | | | | Toimitusaika | | | | | Toimitusaika | | | | |
| Vikaantumismekanismi | < 1pv | 1 – 3pv | 3 – 7pv | 7 – 14pv | > 14pv | < 1pv | 1 – 3pv | 3 – 7pv | 7 – 14pv | > 14pv | < 1pv | 1 – 3pv | 3 – 7pv | 7 – 14pv | > 14pv |
| Piilevä vikaantuminen, huomataan vasta osan hajotessa (PV) | O | O | O | O | O | O | O | O | O | O | E | O | O | O | O |
| Vikaantuminen vaikea huomata ennen kuin hajoaminen on aivan lähellä: (VH) | < 2 pv | O | O | O | O | O | O | O | O | O | E | O | O | O | O |
| Vikaantuminen voidaan huomata kunnonvalvonnassa ja aikaa osan vaihdolle: (HK) | 2 – 7 pv | E | T | T | T | T | E | T | T | T | E | E | T | T | T |
| | 7 – 14 pv | E | E | E | T | T | E | E | E | T | T | E | E | E | T |
| Vikaantumisen alkaminen helppo huomata, aikaväli varsinaiseen hajoamiseen pitkä (yli 2vk) (HH) | | E | E | E | E | T | E | E | E | E | T | E | E | E | E |

Kuva 39. Varastotarpeen määritysmatriisi. (Junkkari. 2015.)

Tässä prosessissa varaosatarkastelu aloitettiin etsimällä jokaiselle A-kriittiselle toimintopaikalle sidottu varaosa. Varaosia löytyi kaiken kaikkiaan 818. Taulukosta 7 näkee miten varaosat jakautuvat. Mekaanisia nimikkeitä löytyi 9,0 % ja automaatio- sekä sähkönimikkeitä löytyi 17,7 % kaikista osaston varaosista. Pelkästään laitteelle sidottuja varaosia löytyi 44,0 %. Lisäksi löytyi 29,2 % varaosia, joille ei ole nimikkeitä. Varaosarankenteen puutteellisuus haittaa tehokasta kunnossapitoa. Mekaanisen kunnossapidon työnjohtaja ei välttämättä löydä laitteelle tehtyä nimikettä, koska järjestelmässä toimintopaikka, laite ja varaosasideonnat eivät ole kohdallaan. Jokainen laite pitäisi sitoa aina toimintopaikkaan. Toimintopaikan alla on aina automaatiolaite sekä mekaaninen laite. Kun mekaaninen työnjohtaja saa toimintopaikkaa koskevan vikailmoituksen, hän alkaa etsimään varaosia toimintopaikan perusteella. Tässä tapauksessa niitä ei välttämättä löydy ja hän pyytää varaosista ulkopuoliselta toimittajalta tarjouksen ja tilaa sen perusteella. Pahimmassa tapauksessa varastossa olisi koko ajan olemassa kyseinen varaosa. Tiedossa on myös, että varastossa on iso määrä nimikkeitä, joita ei ole joko sidottu tarpeeksi moneen laitteeseen tai niitä ei ole sidottu lainkaan. Varastosta pystyy hakemaan nimikkeitä nimellä ja haettaessa keskipakopumpun juoksupyörää löytyy useita nimikkeitä melkeinpä jokaiselle tehtaalla käytössä olevalle juoksupyörälle. Varaosien etsimiseen kuluu paljon aikaa.

Taulukko 7. Osaston varaosat ja niiden prosenttiosuuden osaston varaosista.

| Mek.nimikkeet | Auto/sähkö nimikkeet | Laitteelle sidotut | Kaikki | Nimikkeetön varaosa | Yht |
|---------------|----------------------|--------------------|--------|---------------------|-------|
| 74 | 145 | 360 | 579 | 239 | 818 |
| 9,0 % | 17,7 % | 44,0 % | 70,8 % | 29,2 % | 100 % |

Kun varaosa on sidottu laitteelle ja laitteen kautta toimintopaikalle, komponenttien tilaaminen työlle onnistuu vaivattomammin. Muussa tapauksessa komponenttia tarvitseva työsuunnittelija tai työnjohtaja joutuu etsimään toimittajan ja pyytämään tarjouksen. Kaikesta ylimääräisestä toiminnasta päästäisiin pois ja itse työn suorittaminen olisi tehokkaampaa, kun laitteille olisi olemassa kattava varaosalista.

Varaosatilannetta kartoitettaessa havaittiin, että toimintopaikka, laite ja varaosa -rakenteita ei ole sidottu oikein keskenään. Tästä seuraa se, että varaosaprojektin lähtötaso ei ole mikä sen oletettiin olevan. Varaosaprojektin suositellaan alkavan varaosakytkentöjen tarkastamisella sekä luomisella. Tämän jälkeen päästään tarkastelemaan, minkälaisia varaosarakenteita löytyy toimintopaikkojen alta ja nähdään puutokset.

Tulevissa projekteissa kannattaisi miettiä sitä, että toimittajilta saatavia kokonaisia huoltosarjoja lisättäisiin varaosalistaan. Huoltosarjat ovat valmiiksi koottuja kokonaisuuksia ja huomattavasti edullisempia kuin yksitellen tilatut varaosat. Huoltosarjan vaihtaminen on myös nopeampaa kuin yksittäisistä komponenteista koottava kokonaisuus. Huoltosarjojen lisääminen järjestelmään toisi niiden mahdollisuuden esille. Huoltosarjan hyödyntäminen helpottaisi myös toimittajan toimintaa. Niitä hyödyntämällä tehokkuus parani sekä kustannuksia voitaisiin karsia. Negatiivisena asiana voidaan todetta, että huoltosarjojen ylläpitäminen lisää työkuormaa varasto-organisaatiolle.

Edellä mainittujen puutteiden korjaamisen jälkeen voidaan soveltaa varastotarpeen määrittymatriisiä. Tärkeintä on edelleen muistaa se, että varaosaprojektin lopputulos ei saa vaarantaa tehtaan tuotantovarmuutta.

12 Ennakkohuoltosuunnitelman siirtäminen SAP-järjestelmään

Kymillä RCM-prosessia suoritettiin samaan aikaan myös KYMI-700-projektissa uudelle kuivauskoneelle sekä uudelle puunkäsittelylinjalle. Näin ollen kaikkien näiden kolmen RCM-prosessin tuottamien huoltorivien siirtäminen SAP-järjestelmään veisi todella kauan. Huoltorivien siirtämistä varten kehitettiin scripti, joka ajaa tiedot esitetyistä Excel-tilauksista automaattisesti SAPIin. Näin saatiin säästettyä huomattava määrä työtunteja. Scripillä onnistuttiin ajamaan ainoastaan kaikki työtilaukset, mutta reittityöt jouduttiin tekemään manuaalisesti.

Kaikista ennakkotöistä huoltorivit siirtyivät scriptin avulla automaattisesti järjestelmään. Kyseisille töille täytyi etukäteen määrittää nimi, toimintopaikan numero, suorittava yksikkö, avautumishorisontti ja ajankohta, jolloin työ halutaan suorittaa. Työn nimi, toimintopaikan numero ja suorittava yksikkö tulevat suoraan ennakkohuoltosuunnitelmasta. Huoltotyön ajankohta määräytyi samalla, kun seisokkiryhvät luotiin. Ainoaksi pohdittavaksi asiaksi jäi avautumishorisontti.

Avautumishorisontti tarkoittaa sitä, kuinka monta päivää ennen työn suorittamista työpyyntö tulee työnjohtajalle. Tässä projektissa käytettiin muissakin projekteissa hyväksi todettuja avautumishorisontteja. Tehdasseisokkitöiden avautumishorisonttina on toiminut hyvin yksi vuosi, koska silloin pitäisi valmisteluiden jo viimeistään alkaa. Välittömästi, kun työnjohtajalle tulee tehdasseisokkityölle työpyyntö, pitäisi hänen lisätä työlle seisokin aikataulusnumero, jotta työ näkyy tehdasseisokkilistalla. Kaikille muille ennakkotöille avautumishorisontiksi määritettiin yksi kuukausi. Tämä antaa tarpeeksi aikaa hankkia varaosia, joita ei varastosta löydy, sekä keskustella vielä tuotannon kanssa, mikä olisi paras päivä suorittaa huoltotoimenpiteitä. Lisäksi on hyvä keskustella tuotannon kanssa, onko muita töitä, jotka täytyy suorittaa osastoseisokin aikana, ja lisätä ne työlistalle. Todennäköisesti kaikkia nyt luotuja ennakkotöitä joutuu uudestaan aikatauluttamaan sen jälkeen, kun työpyyntö on tullut työnjohtajalle. Tehdastilannetta ja parasta huoltoajankohtaa ei pysty ennakoimaan, mutta tärkeintä on, että huollot suoritetaan siten, että huoltosyönten väliset ajat ovat keskiarvallisesti kohdallaan. Automaattisissa työpyynnöissä on yksi heikkous. Järjestelmä aloittaa syklin laskun seuraavalle työlle vasta kun edellinen työ päätetään. Jos työnjohtaja ei päättää työtä heti kun työ on suoritettu, ei järjestelmä aloita syklin laskemista ja tästä voi seurata syönten venyminen. Lisäksi kun töitä päätetään eri aikaan, myös samassa osastoseisokissa olevien töiden suoritusajankohdat alkavat vaihtelevaan. Tässä kohtaa työnjohtajan pitää olla hereillä ja aikatauluttaa työt

samaan nippuun. Olisi myös hyvä, jos osastoseisokille luodaan oma aikataulutussnumero, jota kautta aikataulu saataisiin helpoiten kuntoon. Aikataulutussnumeron kautta pystyisi myös helposti jälkikäteen tarkastelemaan syntyneitä kuluja.

Vaikka scriptillä saadaan työt ajettua järjestelmään, täytyy jokaiselle työlle lisätä manuaalisesti pitkä teksti sekä vaihdeluettelo. Pitkä teksti on lyhyt kuvaus siitä, mitä työssä tehdään. Siihen tulee lyhyt selitys työn suorittamisesta ja siitä mitä pitää ottaa huomioon. Tällä halutaan varmistaa, että myös kokemattomampi työnjohtaja selviytyy tehtävästä ilman apuja. Työlle lisätään myös vika- ja vaikutusanalyysissä määritetty vaihdeluettelo. Kun työstä tulee työnjohtajalle automaattisesti työpöytä, täytyy hänen enää aikatauluttaa työ, ja varata resurssit sekä mahdolliset komponentit. Jos työssä tarvitaan ulkopuolista työvoimaa, täytyy työnjohtajan tehdä vaiheelle työtilaus. Kuitenkin työnjohtajan työkuorma on pienempi, jos hänen täytyy ainoastaan aikatauluttaa työt ja varata resurssit kuin se, että hän joutuisi alusta asti luomaan kaikki työt järjestelmään.

Kunnonvalvontareittejä ei voitu ajaa järjestelmään scriptin avulla, vaan ne täytyi tehdä manuaalisesti. Kaiken kaikkiaan reittejä on kolme, joten työkuorma ei ole mahdoton. Reitit ovat luotu ja katsottu yhdessä kunnonvalvontamittauksia suorittavien työntekijöiden kanssa. Reitin pitäisi kulkea jouhevasti laitteelta toiselle, mutta mahdollisia muutoksia pystyy tekemään myös jälkikäteen. Kunnonvalvontakierrosten avautumishorisontti on 1 - 2 viikkoa. Tänä aikana kunnonvalvojat ehtivät valmistautua seuraavaan kierrokseen sekä aikatauluttaa reitin muun tehtaan reittien kanssa sopivasti. Kunnonvalvontareittien luomiselle olisi ollut muitakin tapoja, mutta nykyisessä tavassa pysyttiin, koska tehtaalla kaikki muut kunnonvalvontareitit olisi pitänyt muuttaa samalla kerralla. Muuten tehtaalla olisi eri tavalla luotuja reittejä ja tästä olisi seurannut erilaisia reittien käsittelytapoja. Tässä kohtaa jouduttiin tyytymään vanhaan, koska resursseja ei olisi ollut suorittaa niin suurta muutosta yhdellä kerralla. Vanha tapa on kuitenkin toimiva ja käyttäjien hyväksi toteama.

Käytönkunnossapitokierrokset eli ODR-kierrokset luodaan taas hiukan eri tavalla kuin kunnonvalvontakierrokset. ODR-kierroksille luodaan tuotannolle kestotyö. Osastomes-tari, käyttöinsinööri tai vuoromestari jakaa aina työtilauslapun käyttäjälle, joka suorittaa kierroksen. Työn yhteydessä jaetaan liitteenä 3 oleva työohje. Kierroksella kierrettävä reitti on työllä objektiluettelona. Kierroksen jälkeen tehtävät mahdolliset vikailmoitukset pystyy tekemään suoraan objektiluettelosta löytyvälle laitteelle. Tätä kautta jää myös jälki

järjestelmään, siitä että vikailmoitus on tullut ODR-kierroksen kautta. Näin ollen pystytään seuraamaan, mitä kautta vikailmoitukset järjestelmään tulevat. Suoritettavalle reitille tulee järjestelmän kautta viivakoodi, jolle käyttäjä leimaa työn aloittamisen sekä lopettamisen. Näin saadaan myös tieto reittien kestosta ja syklien pitävyydestä, vaikka työ on järjestelmässä kestopäivätyönä.

13 Lopputulokset ja seuranta

RCM-prosessi itsessään on mielenkiintoinen lopputulosten kannalta, koska prosessin jokaisen vaiheen jälkeen saadaan aina tuloksia. Lopuksi vain kootaan kaikki saadut lopputulokset yhteen ja siirretään järjestelmään.

Prosessin ensimmäisessä vaiheessa eli historiatietojen keruuvaiheessa saatiin selville että SAP-käyttötaidoissa ja SAP-ohjeistuksessa on puutteita. Nykyinen tilanne on kuitenkin siedettävä, mutta pieniä asioita korjaamalla tilanteeseen saataisiin huomattavaa parannusta. Parannukset eivät näkyisi välttämättä päivittäisessä työskentelyssä, mutta pitkällä aikavälillä erehdysten, väärinkäsitysten ja ylimääräisen työn määrä pieneneisi. Lisäksi historiatiedoista tulisi entistä luotettavampia ja sinne saataisiin lisää kerättäviä materiaaleja.

Toisessa vaiheessa eli kriittisyysluokittelussa saatiin päivitettyä vanhentuneet kriittisyysluokat. Kriittisyysluokittelu on tärkein yksittäinen RCM-prosessin vaihe, ja siitä eteenpäin kaikki vaiheet perustuvat kriittisyysluokitteluun. Kriittisyysluokittelussa saatiin jokaisen projektiorganisaatioon kuuluvan henkilön mielipide esille, ja lopputuloksesta tuli luotettava sekä totuudenmukainen.

Toimintoja määriteltäessä saatiin muodostettua hyvä yleiskuva siitä, miten osaston laitteet liittyvät toisiinsa, minkä hahmottaminen ja etenkin se, miten laitteet vaikuttavat toisiinsa, on oleellinen osa haluttaessa parantaa tehokkuutta. Lisäksi saatiin tietokantaan arvokasta materiaalia. Kaikkien tietoisuuteen saatiin mm. pää- ja sivutoiminto, laitteen vaikutusväli tuotantolinjalla sekä toimintaympäristö. Tästä toivottavasti on apua etenkin kokemattomimpien työnjohtajien ja työnsuunnittelijoiden työssä.

Vika- ja vaikutusanalyyseissä keskityttiin enemmän laitteisiin. Analyyseissä keskityttiin osaston päälaitteisiin ryhmänä sekä yksitellen alueen tärkeisiin ja erikoisempiin laitteisiin. Päälaitelaitteisiin kuuluivat pumput, kuljettimet, puhaltimet, sekoittimet ja ruuvit. Erikoisempiin laitteisiin, joita tarkasteltiin yksitellen kuuluivat sakkasuodin, meesasuodin, valkolipeäsuodin sekä meesauuni. Laitteille saatiin hahmoteltua todennäköiset vikaantumismekanismit ja niille todennäköiset juurisyyt. Vikaantumismekanismeja pohtiessa käytettiin RCM-prosessin ensimmäisen vaiheen tuloksia. Lisäksi näille luotiin ennakkohuoltotöinä suoritettaville tarkastustöille vaiheluettelot, joilla ehkäistään vikaantumismekanismeja.

Ennakkohuoltosuunnitelmaa laatiessa kerättiin kentältä tietoja laitteiden komponenteista. Samojen tietojen pitäisi löytyä laitteen kohdalta SAP-järjestelmästä, mutta näissä tiedoissa on runsaasti puutteita. Näiden tietojen päivittämiseen ei tässä projektissa riittänyt aikaa. Kerätyistä tiedoista luotiin ennakkohuoltosuunnitelmaa varten huoltorivit käyttö- ja kunnossapito-organisaatiolle. Luodut huoltorivit koottiin ryhmiin ja aikataulutettiin. Nyt luodut huoltorivit poistavat työkuormaa työnjohdolta ja työnsuunnittelulta, jolloin pystytään keskittymään enemmän laitteen huoltamiseen. Lisäksi saadut huoltorivit modernisoivat nykyistä kunnossapitomenetelmää ja tuovat sen nykyaikaisten standardien tasolle.

Riskienkartoituksessa varmistettiin huoltosuunnitelman kannattavuus ja se, että laitteelle kohdistetaan oikea määrä resursseja. Materiaalipankkiin saatiin tietoja töiden kustannuksista sekä epäkäytettävyyuskustannuksista. Kustannustietoisuuden lisääntyminen tuo työlle lisää vastuuta ja merkitystä. Toiminnalle saadaan lisää läpinäkyvyyttä, kun tietoja jaetaan eri organisaatiotasolle. Kustannuksista saadaan perustelu yhdelle RCM-prosessin keskeisistä ajatuksista eli miksi työ tehdään.

Varaosatarkastelussa saatiin kartoitettua lähtötilanne varaosaprojektia varten. Yleistilanne varaosien löytyvyydestä SAP-järjestelmästä on heikko. Toimintopaikka-, laite- ja nimikerakenteiden liitokset ovat huonot, eikä näin järjestelmästä löytyviä varaosia löydy välttämättä kyseisen laitteen tai toimintopaikan alta. Lisäksi järjestelmässä on paljon nimikkeitä, joita ei ole sidottu ollenkaan laitteelle tai toimintopaikalle. Tämä tarkoittaa sitä, että varaosaa etsivä työntekijä joutuu hakemaan ja varmistamaan varaosan saatavuuden järjestelmästä monesta eri paikasta. Jos varaosaa ei silti löydy, aletaan varaosaa kartoittaa suoraan ulkopuoliselta toimittajalta. Kiireellisissä tapauksissa tässä kohtaa

menetetään arvokasta aikaa. Varaosan selvittämiseen voi mennä jopa tunteja tilanteessa, jossa välivarastojen kapasiteetti ratkaisee tuotantomenetysten määrän. Lisäksi kartoituksessa tuotiin esille toimittajien tarjoamien huoltosarjojen lisäämisen mahdollisuus. Positiivisena asiana kartoituksessa tuli esille nimikkeettömien varaosien löytyminen. Näillä tarkoitetaan varaosia, joille ei ole nimikenumeroa, mutta tilaushistorian avulla varasto pystyy tilaamaan tuotteet suoraan toimittajalta. Näiden varaosien lisääminen järjestelmään siirtää työkuormaa materiaalia hallitsevien henkilöiden haltuun ja sitä kautta oikeille henkilöille.

RCM-prosessissa saatujen tulosten käyttöönotto vaatii seurantaa. Seurannalla halutaan varmistaa projektista saatu hyöty. Saadulla hyödyllä pystytään perustelemaan RCM-prosessin laajentuminen muillekin osastoille. Lisäksi seurannasta saatavilla palautteilla pystytään edelleen korjaamaan ja kehittämään prosessia.

Ennakkohuollon seuranta varten luotiin täysin uutena mittarina tuotannonkokonaistehokkuuden mittari Metson DNA-järjestelmään. Muu seuranta pystytään tekemään SAP-järjestelmässä olemassa olevien tietoja keräämällä. Metson DNA-järjestelmään luotiin Report-osioon kokonaistehokkuudelle uusi seurantatyökalu. Seurantaan varten ei tarvinnut lisätä kentälle yhtään uutta mittausta, vaan jo olemassa olevista mittauksista pystyttiin keräämään tarvittavat tiedot. Käyntiastetta eli K – arvoa varten täytyi pohtia alueelta löytyvää laitetta, jonka toiminta kuvastaisi parhaiten osaston käyntiastetta. Kyseiseksi laitteeksi valittiin sakkasuotimen syöttöpumppu. Sakkasuotimen syöttöpumpusta saadaan suoraan käyntitieto, josta saadaan määritettyä käyntiaste käsiteltävälle alueelle.

Toiminta-aste eli N-tekijä saadaan, kun lasketaan päivittäinen tuotanto ja jaetaan alueen nimellistuotannolla. Päivittäinen tuotanto saadaan laskettua virtausmittarista, joka kertoo paljonko, valkolipeää lähtee valkolipeäsäiliöstä. Virtausmittarista kerätään päivittäinen tuotanto kuutiona, jota verrataan toimittajan ilmoittamaan nimellistuotantoon. Seurannan seuraavassa kehitysversiossa nimellistuotanto olisi tarkoitus muuttaa arvoksi, joka vastaisi vuodelle budjetoitua sellun määrää. Näin saataisiin selkeämpi kuva siitä, mitä tavoitellaan, ja tavoitteessa pysymistä pystyttäisiin seuraamaan paremmin.

Laatutekijän eli L-arvon kerääminen olikin haasteellisempi tehtävä. Alueen laatuun vaikuttaa kaksi eri tekijää. Valkolipeän aktiivialkalin määrä kertoo valkolipeän vahvuuden ja sille on asetettu oma minimiraja. Vahvuus vaikuttaa siihen, paljonko valkolipeää tarvitaan tuotettua sellutonna kohti. Toinen tekijä on sakkapitoisuuden määrä eli meesan määrä

valkolipeässä. Se ei vaikuta kuitulinjoilla sellun tuotantoon, mutta kun lipeä palaa kuitulinjalta haihduttamolle, se hankaloittaa haihdutusprosessia. Sakkapitoisuuden määrä kertoo myös mahdollisesta reiästä valkolipeäsuotimen kankaassa. Tämä taas tuo kunnossapitotöiden tarpeen. Kummastakin laatutekijästä saadaan jokaisena arki päivänä laboratorioissa tuotettu arvo. Arvo saadaan kentältä kerätyistä näytteistä ja laboratorion henkilöstö lisää arvon järjestelmään. Jotta arvoa voidaan hyödyntää kokonaistehokkuustarkastelussa, täytyy kumpikin laatutekijän arvo muuttua asteikolle 0 - 1,0. Kun arvot on saatu muutettua oikealle asteikolle, kerrotaan arvot keskenään, jotta saadaan koko alueen laadun arvo.

Tuotannon kokonaistehokkuuden arvo saadaan, kun kaikki eri tekijät kerrotaan keskenään. Kun seuranta tehdään tätä kautta, järjestelmä saa joka päivälle uuden arvon automaattisesti, eikä se lisää kenenkään työmäärää. KNL-raporttiin kerätään KNL-kokonaisarvo sekä jokaisen osatekijän arvo vielä erikseen. Positiivisena yllätyksenä tuli se, että nyt luodun raportin mittaukset ovat olleet järjestelmässä keräilyssä jo pitkään eli KNL-raportti tuottaa arvoja ajalta ennen kuin raportti luotiin.

Ennakkohuolto- sekä reittitöiden seuranta onnistuu SAP-järjestelmän kautta. Järjestelmän kautta saadaan seurattua töiden syklien pitävyyttä sekä töiden kustannuksia. Lisäksi voidaan kerätä kuukausittain tulleiden vikailmoitusten määrää ja niistä voidaan erottaa ODR-kierrosten kautta tulleet vikailmoitukset. ODR-kierrosten kestoa ja syklien pitävyyttä seuraamalla saadaan tieto siitä, kuinka aktiivisesti kierroksia suoritetaan. ODR-kierrosten suoritustaajuuden ylläpitäminen on käyttöinsinöörin, osastomestarin ja vuoromestarin vastuulla. Kunnonvalvontareittien seuranta pysyy ennallaan. Kunnonvalvontareittien kautta tulleet vikailmoitukset pystytään myös erittelemään kuukausittaisista vikailmoituksista.

Seuraamisella halutaan varmistaa muutoksen siirtyminen käytännön työskentelyyn. Muutosten sisäänajossa tärkeintä on esimiesten esimerkki. Esimiesten täytyy motivoida ja kannustaa työntekijöitä ottamaan uudet käytännöt käyttöön. Pakottamalla työntekijöitä muutokseen saadaan ainoastaan aikaan vastakkainasettelua. Sulavasti muutokset saadaan ajettua sisään, kun henkilöstö itse kokee muutoksesta olevan hyötyä. Muutoksen sisäänajo vaatii kärsivällisyyttä ja muutoksista saatu hyöty pitää jakaa koko henkilöstölle. Saatava hyöty pitää pystyä kertomaan siten, että jokainen varmasti ymmärtää, mitä muutoksella saavutetaan. Näin henkilöstö ymmärtää oman osuutensa tärkeyden, joka motivoi heitä jatkamaan oikeaoppista työskentelyä.

14 Yhteenveto

Tavoitteena tälle insinööriyölle oli luoda Kymin sellutehtaan kaustisointi- ja meesauuni-alueelle ennakkohuoltosuunnitelma. Suunnitelman luomiseen sovellettiin luotettavuuskeskeistä kunnossapitomenetelmää. Projektin tiedettiin olevan haastava alusta asti. Haastavuus ja projektin tärkeys UPM Kymille motivoivat insinööriyön tekemistä. Projektiin valmistautumista helpottivat aikaisemmat kokemukset Kaukaalta.

Lähtötilanteessa alueella ei ollut minkäänlaista ennakkohuoltosuunnitelmaa, vaan kunnossapito suoritettiin harjaantuneen kokemuksen perusteella. Uuden ennakkohuoltosuunnitelman pohja saatiin luotua suorittamalla nykyiselle laitekannalle kriittisyysluokittelu, josta eteenpäin projektin vaiheet perustuivat aina kriittisyysluokitteluun. Projekti pysyi koko ajan aikataulussa ja välillä jopa aikataulun edellä. Tämä antoi mahdollisuuden pohtia ja keskittyä asioihin syvällisemmin.

Lopputulokset olivat johdonmukaisia ja samassa linjassa Kaukaalla saatujen tulosten kanssa. Muutamassa kohdassa projektia tehtiin erilaisia ratkaisuja kuin aikaisemmissa RCM-projekteissa. Lopulliset tulokset ja muutoksista saadut hyödyt ilmenevät vasta vuosien kuluttua projektin jälkeen, koska ennakkohuoltosuunnitelma on eräänlainen mekanismi, joka vaatii omanlaista huoltoa ajan saatossa. Tässä projektissa luotu ennakkohuoltosuunnitelma ei missään nimessä ole lopullinen vaan sitä on syytä yhä edelleen kehittää ja päivittää käyttökokemuksen perusteella

Lopuksi haluan kiittää koko projektiorganisaatiota ja insinööriyön ohjaajia. Erityiskiitokset kunnossapitoasiantuntija Olli Kanniselle sekä kunnossapidon kehitysinsinööri Samuli Räsäselle, jotka jakoivat omia kokemuksiaan RCM-prosessista ja sitä kautta helpottivat tämän projektin suorittamista. Sain heiltä arvokasta tietoa ja usein hyviä neuvoja, miten lähestyä erilaisia tilanteita. Näin saatiin myös kehitettyä tätä prosessia verrattuna aikaisempiin. Kaiken kaikkiaan projektia voi pitää erittäin onnistuneena kokonaisuutena. Projektin alussa asetettuihin tavoitteisiin päästiin ja alueella otettiin käyttöön RCM-menetelmään perustuva ennakkohuoltosuunnitelma.

Lähteet

Junkkari T. 2015. RCM – luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Opetusmateriaali. UPM Kymmene Oyj.

Järviö J., Piispa T., Partanen T., Åström T. 2007. Kunnossapito, Kunnossapidon julkaisusarja n:o 10. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab.

Kanninen O. 2013. Kunnossapito-ohjelman rakentaminen RCM – menetelmän avulla. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Kanninen O. 2015 Kunnossapitoasiantuntija, UPM-Kymmene Oyj, Kymin sellutehdas, Kuusankoski. Haastattelu 19.5.2015.

Kokko V., Konola J., Leskelä J., Mäki K.M., Pakarinen M., Pohjasto H., Pokela M., Ristimäki P., Ruohomaa H., Salmikuukka J., Tiainen S., Uusitalo M., Välimäki M., Välisalo T. Koontanut: Siekkinen V. & Järviö J. 2000. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito, Kunnossapidon julkaisusarja N:o 4. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab.

KnowPulp. 2015. Opetusohjelma. http://www.knowpulp.com/extranet/suomi/pulping/general/1_woodhandling/frame.htm. Viitattu 20.4.2015.

KYMI-700-projekti. 2014. Verkkodokumentti. UPM Kymmene Oyj. <https://intranet.upm.com/sites/Kymi/kymi-700-projekti/Pages/default.aspx>. Päivitetty 30.3.2015. Luettu 25.4.2015.

Lankinen H. 2015. Kunnossapitomestari, UPM-Kymmene Oyj, Kymin sellutehdas, Kuusankoski. Haastattelu 24.4.2015.

Mikkonen H., Miettinen J., Leinonen P., Jantunen E., Kokko V., Riutta E., Sulo P., Komonen K., Lumme V. E., Kautto J., Heinonen K., Lakka S., Mäkelä R. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Kerava: Savion Kirjapaino Oy.

PSK 6201. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 2011. <http://www.psk-standardisointi.fi/Standard/Ryhma62/psk6201.pdf>. PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 6800. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. 2008. <http://www.psk-standardisointi.fi/Standard/Ryhma68/psk6800%20liitteineen.pdf>. PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 7501. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2010. http://www.psk-standardisointi.fi/Standard/Ryhma75/PSK%207501_2p.pdf. PSK Standardisointiyhdistys ry.

Rantanen M. Kehitysinsinööri, UPM-Kymmene Oyj, Kymin sellutehdas, Kuusankoski. Haastattelu 16.7.2015.

Räsänen S. 2015. Kunnossapidon kehitysinsinööri, UPM-Kymmene Oyj, Kymin sellutehdas, Kuusankoski. Haastattelu 13.2.2015.

SamiCorp. 2015. Internetopetusohjelma. http://samicorp.com/?page_id=40. Viitattu 23.5.2015.

UPM Kymin historia. 2014. Verkkodokumentti. UPM Kymmene Oyj. https://intranet.upm.com/sites/Kymi/Kymin_toiminta/Historia/Pages/default.aspx. Päivitetty 18.12.2014. Luettu 10.1.2015

UPM Kymin yleisesittely. 2015. Powerpoint esitys. UPM Kymmene Oyj. https://intranet.upm.com/sites/Kymi/Kymin_toiminta/Esittelyt-ja-kartat/kyminyleisesittelyja/Pages/default.aspx. Luettu 26.2.2015.

Keskipakopumpun vika- ja vaikutusanalyysi

| Toiminnallinen vikaantumisen | Vikatoiminto | Syy |
|---------------------------------|---|---|
| Pumppu ei pyöri | Virransyöttö katkenneet | Sähkökaapeleiden huono kunto tai heikko kiinnitys |
| | Moottori rikkoutunut | Ikääntyminen, voiteluvirhe |
| | Kytkin rikkoutunut | Ikääntyminen, voiteluvirhe, huono linjaus |
| | Hihnat katkenneet | Ikääntyminen, hihnapyörien huono kunto |
| | Hihnapyörä hajonnut | Ikääntyminen, pyörän kiinnitysruuvit liian löysällä, hihna liian kireällä |
| | Vaihde rikkoutunut | Ikääntyminen, voiteluvirhe, likaisuus |
| | Akseli rikkoutunut | Kuormitus, kuluminen |
| | Moottori tärisee | Kiinnitys |
| | Vaihte tärisee | Kiinnitys |
| | Kiilahiinat lepattavat | Hihnojen kireys |
| Epänormaalit käyntiänet/-tärinä | Kytkin tärisee | Kytkinpuolikkaat kuluneet, huono linjaus |
| | Juoksupyörä hankaa, kulunut tai epätasapainossa | Ikääntyminen, väärä välys, huono kiinnitys |
| | Laakerit kuluneet | Ikääntyminen, voiteluvirhe, kiinnitys, likaisuus |
| | Pumppu tärisee | Kiinnitys |

Ennakkohuoltosuunnitelman rakentaminen

| | | | | |
|------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| LISÄTIEDOT | | | | |
| PALJE | | | | |
| KETJUKÄYTTÖ | | | | |
| HIHNAKÄYTTÖ | | | | |
| PUNOSTIIVISTE | | | | |
| MEKAANINEN TIIVISTE | X | | | |
| TIIVISTEVEESI | X | | | |
| KYTKIN | JOUSTAVA KYTKIN | | | |
| HYDRAULI KONEIKKO | | | | |
| LAAKEROINTI ÖLJY PINTA | | | | X |
| LAAKEROINTI | KESKUSVOI- TELU | | | KESKUSVOI- TELU |
| VAIHTEEN ÖLJYPINTA | | | | X |
| VAIHDE | | | | X |
| MOOTTORI VOITELU | KESKUSVOI- TELU | | | KESKUSVOI- TELU |
| MOOTTORI | X | | | X |
| LAITETYYPPI | PUMP PU | SUO- DIN | SUO- DIN | RUUVI |
| SIJAINTI | | | | |
| TUOTANNON MENETYS | A B | A | A | A |
| KRIITTISYYS | A | A | A | A |
| TOIMINTOPAIKAN NIMITYS | SAMMUTTIMEN SYÖTTÖ- PUMPPU | VIHERLIPEÄSUODIN 1 | VIHERLIPEÄSUODIN 2 | SAMMUTIN, LAJITIN- RUUVI |
| TOIMINTOPAIKKA | KYM1-62 8351 6408 | KYM1-62 8351 7101 | KYM1-62 8351 7102 | KYM1-62 8354 4610 |

ODR-kierrokset/tarkastusohje v1.1 10.06.2015

Tee poikkeavista havainnoista vikailmoitus SAPIin.

1. Näköhavainnot
 - Laitteen ympäristön siisteys? Rasvaa? Öljyä? Vuotoja?
2. Kuulohavainnot
 - Kuuluuko epämääräisiä ääniä?
3. Tuntohavainnot
 - Tunnustele kädellä laitetta, **VARO KUUMIA KOHTIA:**
 - i. Hihnasuoja
 - ii. Ketjusuoja
 - iii. Pumpun pesä
 - iv. Puhaltimen kaapu
 - v. Moottorin/laakeroinnin tuenta**Tuntuuko epämääräistä tärinää?**
4. Lämpötila
 - Mittaa käsimittarilla lämpötiloja laakereista. Ovatko normaalit?
5. Tarkistukset
 - Virtaako tiivistevesi?
 - Voiteleeko keskusvoitelu? Moottorin voitelu? Laakerin voitelu? Muut voitelut?
 - Vaihdelaatikon öljypinta? Etsi öljysilmä, jos sellainen on.
 - Palkeiden kunto?
 - Suodattimet?
6. Suodintarkastukset
 - Näkölasikatselmukset
 - i. Viherlipeäsuodin
 - ii. Valkolipeäsuodin
 - Huuvan avaus
 - i. Sakkasuodin
 - ii. Meesasudin

Havaitsetko jotain poikkeavaa? Reikiä?