

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Tekninen tiedekunta

Konetekniikan osasto

**KUNNOSSAPITO KÄYTTÖOMAISUUDEN ARVON JA TUOTANTOKYVYN
YLLÄPIDON TUKENA LAITOKSEN ELINKAAREN AIKANA**

Työn tarkastajat: Professori Juha Varis

Työn ohjaaja: Johtaja/DI Tommi Karjalainen

Lappeenrannassa 16.4.2007

Juha Lempiäinen

Kuusikonkatu 8

53300 Lappeenranta

Puh. 050 598 7201

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Tekninen tiedekunta
Konetekniikan osasto
Juha Lempiäinen

Kunnossapito käyttöomaisuuden arvon ja tuottokyvyn ylläpidon tukena laitoksen elinkaaren aikana

Diplomityö
2007

69 sivua, 17 kuvaa ja 5 liitettä

Työn tarkastajat: Professori Juha Varis ja
Työn ohjaaja: Johtaja DI Tommi Karjalainen
Hakusanat: Kunnossapito, elinkaari, käyttöomaisuuden arvo

Työssä tutkittiin kunnossapidon mahdollisuuksia vaikuttaa laitoksen elinkaareen ja elinkaaren aikaisiin kustannuksiin. Lisäksi tutkittiin teknisen suunnittelun vaikutusta kunnossapidettävyyteen ja laitoksen elinkaarikustannuksiin.

Työn kirjallisuusosassa on tarkasteltu nykyaikaisia kunnossapidon menetelmiä. Erityisesti on tutkittu luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa ja kunnossapidon tehtäviä laitoksen elinkaaren aikana. Investoinnin laitevalinnoilla ja niiden suunnittelulla on myös merkittävä vaikutus käyttöön ja erityisesti kunnossapitoon.

Työn empiirisessä osassa selvitettiin Botnia Mill Servicen ja Metsä - Botnian toimintamalleja Joutsenon sellutehtaalla. Erityisesti keskityttiin suuriin korjauksiin ja niiden kustannusten hallintaan. Myös kunnossapidon toimintamallia ja sen kehittämistä on tutkittu. Kokeellisessa osassa selvitettiin kunnossapidolle tyypillinen toimintamalli laitoksen elinkaaren hallintaa varten.

Tehdyn selvityksen pohjalta voidaan todeta, että pitkän tähtäimen suunnittelu luo pohjaa kustannusten hallinnalle ja laitteiden kunnan ylläpidolle. Suunnittelun aikajänne tulisi olla laitteiden kunnostusten osalta vähintään kolme vuotta. Koko laitoksen kattava elinkaarisuunnitelma on hyvä laatia jo heti käyttöönottovaiheen jälkeen. Pitkäjänteisellä suunnittelulla ja sen toteutuksella pystytään parhaalla mahdollisella tavalla ylläpitämään käyttöomaisuuden arvo. Kunnossapidolla on mahdollisuus vaikuttaa laitoksen käyttöomaisuuden arvon ylläpitoon hallitsemalla elinkaarikustannuksia.

Kunnossapidon onnistuneen toteutuksen takaa oikeanlainen johtaminen ja jatkuva osaamisen ylläpito. Myös kunnossapidossa sovitut toimintamallit ja järjestelmien jatkuva ylläpito ja kehittäminen takaavat onnistuneen toiminnan.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
Faculty of Technology
Department of Mechanical Engineering
Juha Lempiäinen

Maintenance as a support of fixed asset value and production capacity during the plant life cycle

Master's thesis
2007

69 pages, 17 figures, 5 appendices

Examiners: Professor Juha Varis and
Supervisor: Manager, M.Sc. (Tech.) Tommi Karjalainen
Keywords: Maintenance, life cycle, fixed asset value

The aim of this study was to examine the possibilities to affect the life cycle and expenses of a plant through maintenance. In addition, the effect of technical planning on maintainability and the life cycle costs of a plant were studied.

The theoretical part of the study examines modern maintenance methods. Especially reliability-oriented maintenance and maintenance tasks during the plant life cycle are explored. Equipment choices and planning have a significant impact on operation and especially maintenance.

The empirical part of the study examines operational models of Botnia Mill Service and Metsä-Botnia at the Joutseno pulp mill. The focus was on large-scale repairs and their cost management. Also the maintenance operations model and its development were studied. The objective of the empirical part was to establish and find a typical maintenance operations model for plant life cycle management.

Based on the study, we can state that long-term planning lays a foundation for cost management and equipment maintenance. The time span for planning should be at least three years for equipment repair. A life cycle plan covering the entire plant should be drawn up immediately after commissioning. Long-term planning and its implementation is the best way to maintain the value of fixed assets. Maintenance can affect the sustenance of the value of a plant's fixed assets by controlling life cycle costs.

Successful maintenance can be achieved through the right kind of management and continuous development of professional skills. Moreover, set maintenance operations models and the continuous maintenance and development of systems are the key to success.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Oy Metsä-Botnia Ab Joutsenon sellutehtaalla.

Haluan kiittää työni valvojaa Professori Juha Varista hänen antamistaan neuvoista ja ohjeista.

Työni ohjaajaa johtaja Tommi Karjalaista haluan kiittää arvokkaista neuvoista ja mielenkiinnosta työtäni kohtaan. Lisäksi haluan kiittää työnantajaani, jonka tuella ja kannustuksella opiskelu on ollut mahdollista. Haluan myös kiittää haastattelemani henkilöitä.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni kaikesta saamastani tuesta ja ymmärtämisestä diplomityön ja opiskeluni aikana.

Lappeenrannassa 15.5.2007

Juha Lempiäinen

SISÄLLYSLUETTELO

TYÖSSÄ KÄYTETYT LYHENTEET	2
1 JOHDANTO.....	3
1.1 Työn tavoitteet ja rajaukset.....	4
1.2 Tutkimusmenetelmät.....	5
1.3 Kirjallisuustutkimus kunnossapidon elinkaari vaikutuksista.....	6
1.4 Termit ja käsitteet.....	17
2 TUTKIMUSYMPÄRISTÖ.....	20
3 KUNNOSSAPIDON VAIKUTUS KÄYTTÖOMAISUUDEN ARVOON	21
3.1 Tehtaan elinkaari omistajan näkökulmasta.....	21
3.2 Kunnossapito laitoksen elinkaareissa.....	25
3.2.1 Elinkaarijohtaminen kunnossapidossa.....	27
3.2.2 Kunnossapidon kehittäminen.....	29
3.2.3 Luotettavuuskeskeisyys.....	34
3.2.4 Elinkaarihallinnasta kunnossapidon näkökulmasta.....	39
3.3 Elinkaarikustannusten hallinta.....	40
4 SUUNNITTELUN VAIKUTUS KUNNOSSAPITOON.....	49
5 TUTKIMUKSEN ANALYSOINTI JA POHDINTA.....	59
6 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	62
7 SUOSITUKSET JATKOTOIMENPITEIKSI.....	65
8 YHTEENVETO.....	66
LÄHDELUETTELO.....	68
LIITTEET	

TYÖSSÄ KÄYTETYT LYHENTEET

A	Käytettävyys
ATEX	Nimitys Euroopan yhteisön laite- ja työolosuhde-direktiiveistä, jotka koskevat räjähdysvaarallisia tiloja, niissä työskentelyä ja niissä käytettäviä laitteita
KNL	Kokonaistehokkuus (käytettävyys, nopeus, laatu)
KUPI	Kunnossapito
LCC	Life Cycle Cost – elinjaksokustannus
LCL	Life Cycle Loss – elinjaksotappio
LCM	Life Cycle Management – elinjaksojohtaminen
LCP	Life Cycle Profit – elinjaksotulos
MDT	Keskimääräinen seisokkiaika (Mean Down Time)
MTBF	Keskimääräinen vikaväli (Mean Time Between Failures)
MMT	Keskimääräinen kunnossapitoaika (Mean Maintenance Time)
MTTF	Keskimääräinen vikaantumisaika (Mean Time To Failure)
MTTR	Keskimääräinen korjausaika (Mean Time To Repair)
MWT	Keskimääräinen odotusaika (Mean Waiting Time)
PED	Painelaitedirektiivi (97/23/EY)
PI-kaavio	Kaavio, jossa esitetään prosessi ja instrumentointi
TLJ	Turvallisuuden liittyvä järjestelmä

SYMBOLILUETTELO

λ	vikataajuus
Ba	kuormitus
Bk	kuormitettavuus
ΔS	varmuusväli
Ci	investointikustannus
Ny	elinikä vuosina
Co	vuosittainen käyttökustannus
Cm	vuosittainen kunnossapitokustannus
Cs	vuosittainen epäkäytettävyyskustannus

JOHDANTO

Oy Metsä-Botnia Ab: Joutsenon sellutehtaalle valmistui keväällä 2001 maailman suurin yksilinjainen havupuuta käyttävä kuitulinja. 1998 valmistui tehtaalle talteenottolinja ja voimalaitos. 2001 tehtaan toimintoja järjesteltiin ja siinä yhteydessä kunnossapito ulkoistettiin Botnia Mill Service Oy nimiselle kunnossapitoon erikoistuneelle palveluyhtiölle. Kunnossapito on keskeinen osa Metsä-Botnian toimintaa, mutta yhtiö linjasi toimintansa ydinalueeksi kuituteknologian. Kunnossapidon kumppaniksi Botnia valitsi YIT-yhtiön, jonka kanssa Botnia omistaa Botnia Mill Service Oy:n yhdessä.

Botnia Mill Service Oy on kunnossapitoon erikoistunut yhtiö. Siltä odotetaan kunnossapidon erikoisosaamista ja kustannustehokasta toimintaa. Yhteisenä tavoitteena on maksimoida tehtaan käytettävyys ja optimoida kustannukset.

Kunnossapidon erikoisosaajalta odotetaan jatkuvaa kehitystä. Kunnossapidon kehitysalueita ovat menetelmät ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon alueilla. Myös työn tehokkuutta pitää parantaa. Asiakas odottaa myös pitkän tähtäimen suunnitelmallista toimintaa. Tehtaan käyttöomaisuuden arvon kannalta keskeistä on elinkaaren kattava suunnitelmallinen kunnossapito ja kustannusten hallinta. Elinkaaren hallitsevalla kunnossapidolla hallitaan kustannuksia pitkällä tähtäimellä ja yllättäviä kustannuksia syntyy vähemmän. Näin myös käyttöomaisuuden arvoa voidaan ylläpitää.

Työn kirjallisuusosassa on tutkittu nykyaikaisia kunnossapitomenetelmiä. Erityisesti kirjallisuusosassa on keskitytty suunnitelmallisen ja luotettavuuskeskeisen kunnossapidon menetelmiin laitoksen elinkaaren aikana. Lisäksi on tarkasteltu jonkin verran kunnossapidon osaamiseen ja työn tekemisen tehokkuuteen liittyviä asioita.

Työn tehtaaseen liittyvässä osassa on tutkittu Botnia Mill Servicen toimintamenetelmiä Joutsenon sellutehtaalla. Lisäksi on selvitetty tarpeita ja

suunnittelua kunnossapidossa pitkällä tähtäimellä. Myös suunnitelmallisen kunnossapidon menetelmiä toiminnan alussa on tutkittu. Laitoksen elinkaaren aikaiseen kunnossapidettävyyteen voidaan vaikuttaa suunnittelun aikana ja myös tätä on tutkittu.

1.1 Työn tavoitteet ja rajaukset

Työn päätavoite on selvittää kunnossapidon mahdollisuudet laitoksen käyttöomaisuuden arvon ja tuottokyvyn ylläpidon tukena elinkaaren aikana.

Hyvällä kunnossapidon suunnittelulla ja toteutuksella voidaan käyttöomaisuuden arvoa ja tuottokykyä ylläpitää sekä kehittää. Oikein suunnitelluilla kunnossapidon toimenpiteillä voidaan tuotannon kapeikkoja avartaa ja tuotantolaitoksen tehokkuutta nostaa, keinoina voidaan käyttää pien- ja korvausinvestointeja laitoksen elinkaaren aikana. Toimenpiteet edellyttävät hyviä kunnossapidon toimintatapoja elinkaaren aikana; johtamista, taloutta ja kehitystä.

Toisena tavoitteena työllä on tutkia suunnitteluvaiheen vaikuttavuutta kunnossapitoon laitoksen elinkaaren aikana. Keinoina käyttöomaisuuden arvon ylläpitämiseksi tässä työssä keskitytään kunnossapidettävyyden suunnitteluun eri keinoin laitoksen suunnitteluvaiheessa.

Tuotantolaitoksen elinkaaren aikaiseen käytön tehokkuuteen ja tuottavuuteen vaikuttaa oleellisesti suunnitteluvaiheessa tehty kunnossapidettävyyden huomioiminen. Kunnossapidettävyyteen tulee suunnitteluvaiheessa ottaa kantaa kunnossapitäjien toimesta.

Työssä esitetään yhtenäinen käsitteistö ja terminologia elinkaarelle kunnossapidossa. Tuotantolaitoksen elinkaari rajataan tässä työssä termiksi, joka käsittää ne laitoksen teknistaloudelliset ominaisuudet, joihin suunnittelulla ja kunnossapidolla voidaan vaikuttaa. Yleisesti elinkaari terminologia kunnossapidossa on epäselvä ja siksi käytetään edellä mainittua määritelmää.

Tämän työn elinkaaritarkastelussa rajataan ulkopuolelle kiinteistökunnossapito, kunnossapidon logistiikka, koulutus ja osaaminen, turvallisuus ja ympäristöasiat.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelminä käytetään haastatteluita, tehtaalta käytössä olevaa historian tietoa ja kirjallisuustutkimusta.

Haastattelututkimusta käytettiin selvittäessä suunnittelijoiden tietämystä kunnossapidosta ja sitä, kuinka suunnittelu ottaa kunnossapidettävyyssasiat huomioon suunnittelun aikana. Ennen haastatteluita laadittiin kysymyslista, jossa painotettiin kunnossapitoon ja kunnossapidettävyyteen liittyviä seikkoja.

Sellutehtaalta käyttöön saatua laitteiden historiatietoa käytettiin hyväksi empiiristä tietoa koottaessa. Tehtaalla käytettäviä kunnossapidon menetelmiä tutkittiin ja arvioitiin niiden vaikutuksia laitteiden ja laitoksen elinkaaren hallintaan. Samalla selvitettiin, kuinka laitoksen elinkaaren hallinta on otettu huomioon laitoksen käynnissäpidossa ja kunnossapidon suunnittelussa.

Työn kirjallisuusosassa on tarkasteltu saatavissa olevaa aineistoa hyväksikäyttäen kunnossapidon menetelmiä elinkaarihallinnassa. Yleisesti materiaalia elinkaarihallinnasta on saatavilla runsaasti. Varsinkin tuotteiden ja ympäristön elinkaaria on tutkittu hyvin paljon. Kunnossapidon näkökulmasta laitteiden tai laitosten elinkaareen löytyy aineistoa vähän. Kirjallisuudesta löytyy tietoa jonkin verran, mutta se on jakautunut pieniin osiin, joka täytyy koota ja yhdistää kokonaisuudeksi.

1.3 Kirjallisuustutkimus kunnossapidon elinkaarivaikutuksista

Kunnossapito on metsäteollisuudessa laajassa muutosvaiheessa. Teollisuus keskittyy toiminnassaan ydinprosesseihinsa ja se haluaa ostaa tarvitsemansa palvelut ulkopuolelta. Esimerkkejä ulos luovutetuista palvelutoiminnoista ovat mm. vartiointi, kuljetukset, siivous, käyttöomaisuuden kunnossapito, atk-palvelut, koulutustoiminta jne. /6/. Viime vuosina on kunnossapitopalveluita ulkoistettu eri yrityksissä eri tavoin. Kunnossapidon nopea kehitys erityisesti tietotekniikan alueella ja muutoinkin kunnossapidon vaatimustason nousu ovat tärkeimmät syyt ulkoistuksiin. Vaatimukset sekä erikoisosaamistarpeet kasvavat niin nopeasti, että ydinsaamiseen keskittyvä teollisuus ei katso panostensa riittävän kehityksessä mukana pysymiseen vaan antaa sen alan palveluyritysten vastuulle.

Kunnossapidon vaikutuksista laitteiden ja laitoksien elinkaareen on saatavilla vähän tutkimustietoa. Samoin teknis-taloudellisia tutkimuksia kunnossapidon vaikutuksista on tehty vähän. Jos näkökulmaksi otetaan vielä kunnossapidon taloudelliset vaikutukset laitosten elinkaareen, tutkimuksia löytyy hyvin vähän.

Kunnossapidolle on tyypillistä palvelutuotannolle yleisesti tyypilliset piirteet

Tuotanto tapahtuu useimmiten asiakkaan luona; tuotetta ei voi varastoida (ellei ns. ennakoivaa kunnossapitoa tulkita varastoinniksi); asiakas osallistuu usein tuotantoprosessiin; markkinointiin osallistuu myös suorittava henkilöstö normaalin toimintansa kautta; palvelua ei voida tehokkaasti esitellä; tärkein pääomatekijä on osaaminen, henkilöstön ohjaus tapahtuu pääosin yrityskulttuurin, menetelmien ja osaamisen avulla /6/.

Kunnossapidon minimointi kilpailuedun saavuttamiseksi on tärkeää

Minimointi tulee kuitenkin tehdä prosessilaitoksen elinkaaren kautta lähestymällä. Kunnossapito tulee suunnitella huolella ja siten, että kunnossapitovelkaa synny eikä laitoksen kokonaistehokkuutta vaaranneta.

Hans Reiche on kirjassaan Maintenance minimization for competitive advantage käsitellyt kunnossapidon vaatimuksia, suunnittelua ja toteutusta. Ohessa on käyty läpi hänen näkemyksiään kunnossapidon elinkaaren hallinnasta /5/.

Kunnossapito koostuu erityyppisistä osista, jotka määräävät kunnossapidon käsitteen ja vaatimukset. Kunnossapitojärjestelmien suunnittelussa huomioidaan myös asiakkaan vaatimukset. Kun suunniteltu kunnossapitojärjestelmä on tuotu kentälle, saavutetaan tehokas järjestelmä, jossa erilaiset kunnossapidon osat on liitetty täydellisesti osaksi toimintaa ja yksittäiset tehtävät suoritettu. Kunnossapidon osia ovat kunnossapitolitiikka, toimintamallit, sijaintipaikka, logistiikka, toimintaympäristö, henkilöstö, tiedot ja taidot sekä työkalut. Asiakastyytyväisyys saavutetaan, kun huolehditaan käytettävyydestä, kunnossapidettävyydestä ja luotettavuudesta. Kunnossapitajälle erilaiset kunnossapitokonseptit voivat olla etu jos ne vastaavat asiakkaan vaatimuksiin ja alentavat kustannusvaikutuksia. Avain tähän prosessiin on kilpailukykyinen tekniikka ja johtaminen.

Kunnossapidon elinkaaren kehitysvaiheet alkavat suunnittelusta

Tuotteen suunnitteluvaiheessa yhtenä keskeisenä suunnittelun tehtävänä on määritellä lukuisia kunnossapidon vaatimuksia, esimerkiksi käsite kunnossapidettävyys. Tästä syystä suunnittelun tulee tuntea hyvin kunnossapidon tarpeet, termit ja käsitteet. Kappaleessa 4 on käsitelty tarkemmin suunnittelun vaikutuksia kunnossapitoon.

Kunnossapitotoiminnan kustannukset voidaan jakaa kahteen ryhmää: (1) Kunnossapitotoiminnan suorittamisesta johtuvat kustannukset (hallinnolliset kustannukset, työ- ja materiaalikustannukset, alihankinnat sekä vaihto-omaisuuden varastointi ja pääomakustannukset), (2) tuotantolaitteiston pysähdyksistä tai alentuneesta tuotantonopeudesta johtuvat tuotannonmenetykset sekä laitevikojen aiheuttamat laatuhäviöt /6/.

Kunnossapidon kannalta vaikein vaihe on arvioida elinkaaren aikaisia kustannuksia

Suurin kustannus kunnossapidossa on työvoimakustannus. Työvoiman optimoinnin kannalta kunnossapidon on tärkeää määritellä sijainti, missä kunnossapito toteutetaan. Kunnossapito voidaan toteuttaa Reichen mukaan kolmenrivisen kunnossapidon mukaan. Ensimmäisen rivin muodostavat kohteessa olevat kunnossapitäjät. Heidän tehtävänsä ovat yksinkertaisia irroita-kiinnitä tyyppisiä toimintoja, jotka eivät vaadi suurta osaamisen tasoa. Toisen rivin kunnossapito suoritetaan kunnossapito-osaston toimesta ja siellä tarvitaan enemmän osaamista kuin ensimmäisessä rivissä. Kolmannen rivin erikoiskunnossapito toteutetaan laitetoimittajan tai yhteistyökumppanin tiloissa. Kolmannessa rivissä suoritetaan kaikki monimutkaiset kunnossapidon toimenpiteet mukaan lukien ohjelmistopäivitykset. Tämäntyyppinen kolmerivinen malli edellyttää tarkkaa kunnossapidon suunnittelua ja seuranta. Kunnossapidon kustannusten pienentäminen saavutetaan ajan ja miestyövoiman hallinnan kautta.

Laitteiden elinkaarikustannuksista löytyy vähän yhtenäistä tutkittua tietoa.

Teollisuuden kunnossapidon kustannusmallista voidaan ajatella, että rakenteellinen tehokkuus syntyy lähinnä viiden osatekijän vaikutuksesta: (1) sisäisestä mittakaavavaikutuksesta, (2) alihankinta-asteesta, (3) organisaatorakenteesta, (4) maantieteellisestä etäisyydestä sekä (5) kunnossapitotyön vaatiman teknisen osaamisen tasosta. Järjestelmätehokkuus syntyy taas esimerkiksi ennakointiasteesta. Vaikka useat eri tekijät vaikuttavat myös motivaation kautta, nyt oletetaan, että kaikissa käsiteltävissä rakenneratkaisuissa ihminen työskentelee yhtä tehokkaasti, taidokkaasti ja motivoituneesti. Näin ollen kysymys on teknis-taloudellisesta tehokkuudesta /6/.

Modernit laitteet ja järjestelmät tarvitsevat mittauksia ja testauksia. Ellei vikaa löydy tai oiretta ei voida toistaa, saattaa ongelma vaivata kunnossapitoa pitkään. Testauksen ja mittauksen puuttuminen on osa tätä ongelmaa.

Kunnossapidon analyysit ovat prosessi, jossa analysoidaan laitteiden ja järjestelmien yksityiskohtaista kelpoisuutta suunniteltuun tehtävään, koestusta, korjattavuutta ja toimintavarmuuden kehittämistä. Kun kunnossapidollisia ominaisuuksia on suunniteltu järjestelmiin ja laitteisiin, niitä voidaan arvioida suunnittelun aikana, prototyypivaiheessa ja tuotannon aikana. Kunnossapidolliset analyysit ovat kunnossapidon ammattilaisten tekemiä ja niillä arvioidaan laitteiden ja järjestelmien kunnossapidollisia piirteitä elinkaaren aikana. Analysoitavat asiat voivat olla seuraavat: kunnossapitotavoitteiden noudattaminen, kunnossapidon suureiden noudattaminen, kunnossapidon helppous, erikoiskunnossapidon tarkastusten tarpeet, kunnossapidon toimintamallien muutostarpeet, erikoistyökalu- ja testilaitetarpeet, kunnossapidon aikataulut ja logistiset toimenpiteet. Kunnossapidon kustannustekijät pitää arvioida yhdistämällä kaikki kunnossapidon analyysit.

Kunnossapidon vaikutus käytettävyyteen

Käytettävyys on suure, johon kunnossapito voi merkittävästi vaikuttaa, se huomioi luotettavuuden, kunnossapidettävyyden ja logistiikan. Usein käytetty käytettävyyslaskentamalli (1) huomioi MTBF:n ja MMT:n.

$$A = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MMT}) \quad (1)$$

MMT huomioi logistisen ja hallinnollisen viiveen.

Tätä kaavaa käytettäessä on ilmeistä, että kunnossapidolla on merkittävä vaikutus käytettävyyteen.

Inhimillinen vaikutus kunnossapitoon on kytketty koulutukseen

Riippumatta, kuinka automatisoituja käyttö ja kunnossapito ovat, rajapinta mies/kone pysyy. Jatkuvasti lisääntyvä järjestelmien monimutkaistuminen pudottaa inhimillisen oppimiskäyrän järjestelmien suunnittelun edistymisen taakse. On olemassa selvä tarve siirtää suunnittelun ja valmistuksen teknillistä osaamista käyttäjille ja kunnossapitäjille.

Kunnossapidon miestyövoiman tarve huoltojen ja kunnostusten tekemiseksi laitteille ja järjestelmille riippuu luotettavuus- ja kunnossapidettävyyssuoritusvaatimuksista sekä vaaditusta käytettävyydestä. Korjaava kunnossapito minimoidaan käytön aikana. Ennakoivaan kunnossapitoon panostetaan. Suunniteltu ennakoiva kunnossapito vaatii miestyövoimaa, joka voi olla tai ei ole tuottavaa kunnossapitoa. Tuottava kunnossapidon miestyö on työtä, joka pitää tai palauttaa kohteen määritellylle toimintatasolle. Kunnossapitoaika kuluu hukkaan myös logistisen viiveen takia. Logistista viivettä aiheutuu varaosien puutteesta, testauslaitteet eivät ole valmiit tai eivät ole käytettävissä kun niitä tarvitaan, kuljetusten odottamisesta, kunnossapitotilat eivät ole valmiit tarvittaessa ja dokumenttien puutteesta kun niitä tarvitaan. Tavoitteena tuottamattoman kunnossapidon ajaksi on alle 20 % kokonaiskunnossapidon ajasta. Eräänä kunnossapidon sisäisenä mittarina voidaan laskea esimerkiksi kunnossapidon käytettävissä oleva kokonaisaika suhteessa huollettavien laitteiden määrään. Koska kunnossapidon työmäärällä on suora vaikutus luotettavuuteen ja toisaalta elinkaarikustannuksiin, pitää työsuunniteluun ja optimointiin kiinnittää erityistä huomiota.

Jotta kunnossapitoa voidaan arvioida ja analysoida sekä tehdä oikeita kunnossapidollisia päätöksiä, tarvitaan tietoa laitteista koko elinkaaren ajalta. Tiedon keräys on oleellista päätöksen tekoa varten. Kunnossapidon johto ei voi tehdä oikeita päätöksiä ilman oikeaa kunnossapitotietoa. Eri henkilöillä eri tehtävissä on erilainen tarve kunnossapidon tiedontarpeeseen. Analyttisen tiedon käsittelytarve eroaa tiedoista, joita tarvitaan kunnossapidon johdossa. Analyttistä tiedonkäsittelyä varten pitää laatia ohje, mitä ja miten tietoa viedään tietojärjestelmään. Ilman ohjeistettua tietoa raportointi järjestelmään on subjektiivista eikä vastaa tiedon analyysin vaatimuksia.

Kunnossapitotiedot ja informaatio ovat tärkeitä kunnossapidon päätöksentekoprosessissa. Informaation pitää olla oikea-aikaista, käypää ja käyttökelpoista kaikkeen tarpeeseen. Kunnossapidon esimieskunta käyttää

analyysyjä arvioitaessa elinkaaren aikaisia piirteitä suunnittelusta käytön loppuun saakka.

Mekaanisten laitteiden kunnossapito eroaa automaatiokunnossapidosta. Mekaaniset osat kuluvat; puolijohteilla toteutetut laitteet eivät kulu. Mekaanisten vikojen määrää voidaan vähentää ennakoivalla kunnossapidolla. Kunnossapidon tietojärjestelmä tarjoaa tietoa, joka pitää kunnossapidon johdon tietoisena tarvittavista mekaanisen kunnossapidon tehtävistä. On olemassa useita toimintatapoja, jotka käytetään mekaanisessa kunnossapidossa. Mekaanisen kunnossapidon ennakoivia toimenpiteitä ovat mm. voiteluhuolto, puhdistus, korroosion esto, pinnoitukset, sähköiset suojaukset, suodatukset jne. Myös asianmukaisesta varastoinnista, kunnossapitotiloista, laitteiden dokumentaatiosta tulee pitää huolta.

Kunnossapitoon on kehitelty lukuisa määrä erilaisia filosofioita eli ajatusrakennelmia. Riippumatta filosofiasta, päämäärä on kaikissa sama: laitteiden ja järjestelmien kunnossapito minimizeisokein toteutetuilla korjaavalla ja ennakoivalla kunnossapidolla, nopeat korjausajat kaikille vioille minimi resursseilla (työvoima, työkalut, testilaitteet, materiaalit, tekninen asiantuntemus) toteutettuna erityisesti kentällä. Tavoitteena on myös kasvattaa kunnossapitotoimenpiteiden väliä niin paljon kuin se on mahdollista /8/. Ensimmäisen sukupolven kunnossapitoa oli vikaan perustuva kunnossapito, jossa laite korjattiin, kun se oli vikaantunut. Tämän tyyppistä kunnossapitoa harjoitettiin 1960-luvulle saakka.

Toisen sukupolven kunnossapito oli aikaan perustuva kunnossapito. Kunnossapitoa ja huoltoja tehtiin määräajoin, riippumatta oliko laite vikaantunut tai kulunut. Tämäntyyppistä kunnossapitoa toteutettiin 1940-luvulta 1970-luvulle saakka.

Kustannustehokkuusvaatimusten kasvaessa ja järjestelmien monimutkaistuessa jouduttiin kunnossapitoa kehittämään edelleen ja 1970-luvulta

alkaen on otettu käyttöön kolmannen sukupolven kunnossapito eli kuntoon perustuva kunnossapito.

Neljännän sukupolven kunnossapito eli luotettavuuskeskeinen kunnossapito (Reliability Centered Maintenance, RCM) otettiin käyttöön 1990-luvulta alkaen. Tällöin otettiin käyttöön ehkäisevän kunnossapidon ohjelma, joka tehokkaasti ja järkiperäisesti mahdollistaa vaadittujen turvallisuus- ja käytettävyytensä saavuttamisen taloudellisesti /9/.

Kunnossapidon tehokkaan toiminnan kannalta tärkeitä dokumentteja ovat kunnossapidon ohjekirjat ja ohjeet, tekniset määräykset ja vaatimukset sekä standardit. Lisäksi erilaiset piirustusdokumentit kuten PI-kaaviot, erityyppiset sijoituskuvat ja laitteiden kokoonpanokuvat ovat kunnossapidon ja käynnissäpidon kannalta tärkeitä dokumentteja. Kunnossapito tuottaa lisäksi paljon dokumentteja. Tärkeimpiä näistä ovat testauspöytäkirjat. Myös kunnossapidon tietojärjestelmässä on ylläpidettäviä laitteiden teknisiä tietoja, varaosatieoja ja sinne kertyy myös historiatietoa. Dokumentaation, ohjeistuksen ja tietojen ylläpito pitää suunnitella ja toteuttaa huolella. Väärät tiedot voivat johtaa väärin johtopäätöksiin. Virheelliset tai puuttuvat dokumentit taas hidastavat ja vaikeuttavat kunnossapidon toimintaa.

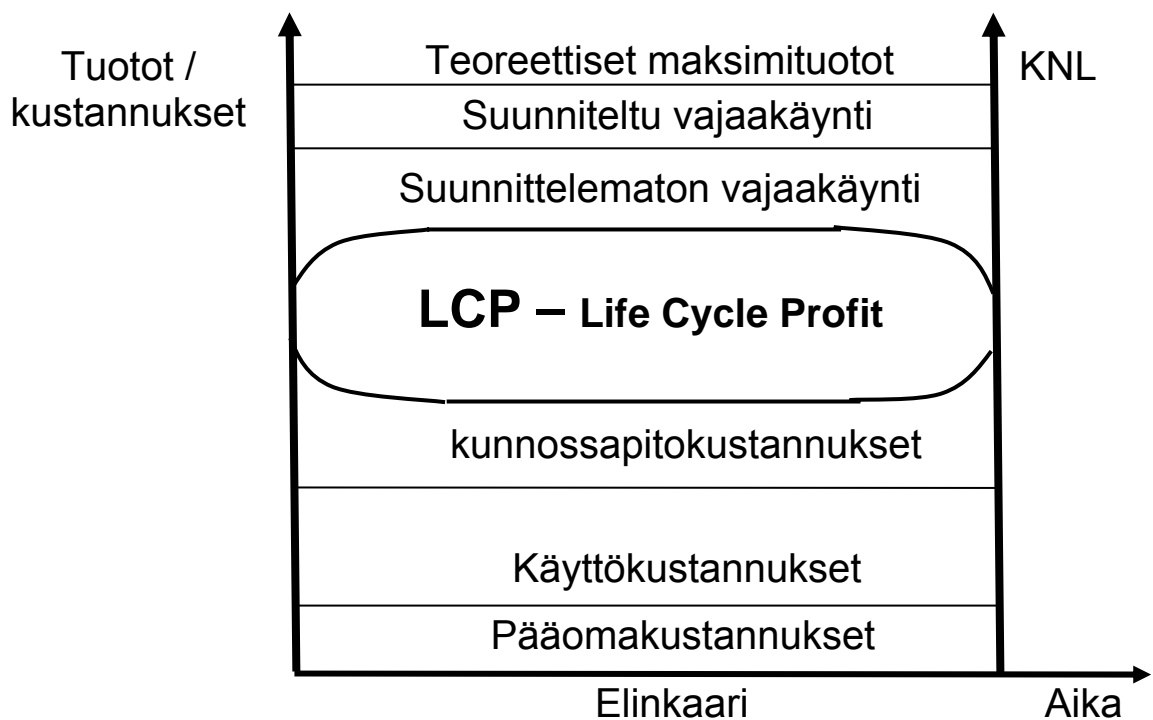
Ohjaus- ja toimintajärjestelmien ohjelmien kannalta on erittäin tärkeää määrittellä niiden oletettavissa oleva elinkaari. Ohjelmistojen elinkaarien kannalta ovat keskeisessä asemassa dokumentit. Dokumentaatio kertoo ohjelmistojen tilan ja niihin tehdyt muutokset. Erityisesti ohjausjärjestelmien parametritiedot pitää tallettaa siten, että ne ovat käytettävissä mahdollisissa häiriötilanteissa. Ohjelmista pitää tehdä myös varmuuskopiot sovituin väliajoin ja kopiot pitää säilyttää varmistetussa tilassa. Kunnossapitofilosofian määrittely on ensimmäinen askel riittävässä ohjelmistojen kunnossapidossa. Seuraava askel on kunnossapitoympäristön määrittely. Tähän määrittelyyn kuuluvat tarvittavan henkilöstön ja työkalujen suunnittelu.

Automaattinen kunnossapito tekee tuloaan. Haasteena on kehittää järjestelmiä, jotka eivät tarvitse ollenkaan tai vain rajoitetun määrän kunnossapitotyövoimaa. Keinoälyä soveltavat itsediagnostisoivat ja korjaavat mekanismit sekä asiantuntijajärjestelmät avustavat automaattisia kunnossapidon ja korjauksen järjestelmiä.

Elinkaarikustannukset

Elinkaarikustannuksia arvioitaessa laskentamallina voidaan käyttää elinjaksokustannus/ tuottolaskentaa.

LCC:n määritelmä: Esineen elinkaarikustannus on summa kaikista niistä rahavarannoista, joita on kulutettu tuotteen ideoinnista ja valmistamisesta läpi koko käyttöiän ajan aina tuotteen käyttökelpoisuuden loppumiseen saakka. (White & Ostwald 1976)



Kuva 1. LCP-mallin yleiskavio /11/.

LCC kustannukset sisältävät kaikki kustannukset kehdestä hautaan. Oleellista on saada kaikki kustannukset näkyviin ja tunnistaa kustannuskriittiset tekijät. Hankintakustannusten lisäksi on huomioitava mm. testaukset, kuljetukset,

asennukset, kunnossapito ja kunnossapitovälineet, käyttö, tarkastus- ja testaus, varaosat ja niiden varastointi, koulutus, työtilat, käytöstä poistaminen ja romutus jne. LCC kustannuksia laskemalla on mahdollista tarkastella eri toteutusvaihtoehtojen välisiä suhteita ja tehdä valintoja investointivaihtoehtojen välillä. Elinkaarikustannustarkastelulla muutetaan insinööritieto talousasioista vastuussa olevien henkilöiden ymmärtämään muotoon. Laskentakaava on esitetty yhtälössä (2).

$$LCC = C_i + N_y (C_o + C_m + C_s) \quad (2)$$

LCC laskennan ongelma on tuotantolaitoksen pitkä ikä, joka vaikeuttaa elinkaarikustannusten arviointia. Kustannukset lasketaan diskonttaamalla ne sovittuun ajankohtaan. Tällöin käytetään indeksitekijöitä, joiden valinnalla on suuri vaikutus lopputulokseen. Indeksitekijöitä ovat diskonttauskorko, palkkakustannusindeksi ja materiaalikustannusindeksi. Vaihtoehtoinen tapa on laskea kustannukset tarkasteluajankohdan kustannuksilla ilman indeksitekijöitä. Kustannuslaskennassa eri toimijoilla on erilaiset intressit laskea kustannuksia. Investointiprojektissa toimivat pyrkivät minimoimaan pääomakuluja ja projektin toteutuskuluja. Keinoina tähän käytetään ostamalla halvalla ja mahdollisesti laadusta tinkimällä. Keskeisenä tavoitteena on takuuajan ongelmaton toimivuus laitoksen käyttöönoton jälkeen. Myös varalaitteiden ja varaosien määrittämistä ja hankintaa minimoidaan.

Tuotanto haluaa maksimoida laitteen kyvyn suorittaa sille tarkoitettu tehtävä. Laitteita pyritään kuormittamaan yli mitoituskuormituksen ja odottaa silti vikaantumaton toimintaa. Lisäksi vaaditaan omaan varastoon mahdollisimman paljon varalaitteita ja muita varaosia.

Kunnossapito pyrkii minimoimaan kunnossapitotyöt. Keinoina on houkutus lykätä vaadittuja kunnossapitotöitä ja minimoida ennakoivan kunnossapidon tarvetta. Pitkällä aikavälillä tällä politiikalla kustannukset kuitenkin kasvavat. Lisäksi osakkeenomistajat maksimoivat osingot ja / tai osakkeen arvon.

Elinkaaren aikaiset ylläpitokustannukset ovat hyvin korkeat, mutta esim. sellutehdasympäristössä ne jäävät investointikustannuksia alhaisemmiksi. Yleisesti arvioidaan, että elinkaaren aikaisista kustannuksista noin 65 % määräytyy jo suunnitteluvaiheessa. Kustannusten hallinta on erittäin tärkeää, koska niiden hallittu minimointi kasvattaa nettokassavirtaa. Elinkaaren aikainen kustannusten hallittu minimointi edellyttää yksityiskohtaisten kustannustietojen keruuta hankinta- ja ylläpitokustannusten osalta.

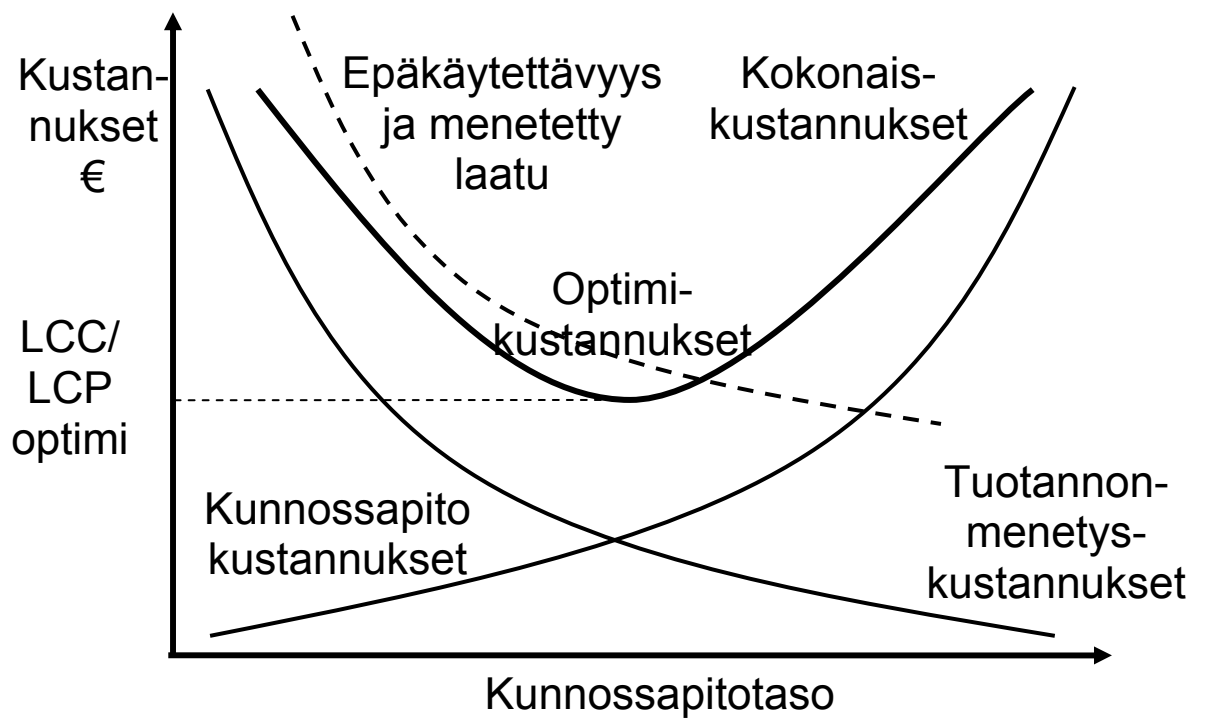
Kustannusten lisäksi tulee laskea myös tuottoja (LCP) eri teknisten vaihtoehtojen välillä. Oikein valitut laitteet voivat olla tuotantoteholtaan, laaduntuottokyvyltään ja käytivarmuudeltaan huippuluokkaa, mutta niiden ylläpitokustannukset saattavat olla myös suuret. Näissä tapauksissa tulee tehdä harkinta ja valita kulloinkin sopiva vaihtoehto.

Laitoksen käyttöjakson aikana kustannuksia ja tuottoja tulisi ajoittain verrata investointivaiheessa tehtyihin laskelmiin. Näin saadaan tietoa todellisista tuotoista ja kustannuksista. Tämä tieto on arvokasta tietoa tehtäessä päätöksiä seuraavasta tuotantolaitoksesta. Kuva 1, LCP yleiskaavio /11/.

LCP/LCC laskenta on hyvä malli varsinkin investointeja tehtäessä sekä laite- ja järjestelmävalintoja tehtäessä. Kunnossapidon kannalta kustannuslaskentamallia tulisi edelleen kehittää parantamaan laskennan kautta kunnossapidon ohjausta. Elinkaarituottoanalyysissä (LCP) tuotot täytyy määritellä markkinalähtöisesti. Lisäksi kaikista hankinnoista tulee tehdä kannattavuusarviot (3).

$$\text{LCP (Life Cycle Profit)} = \text{tuotot} - \text{LCC (Life Cycle Costs)} \quad (3)$$

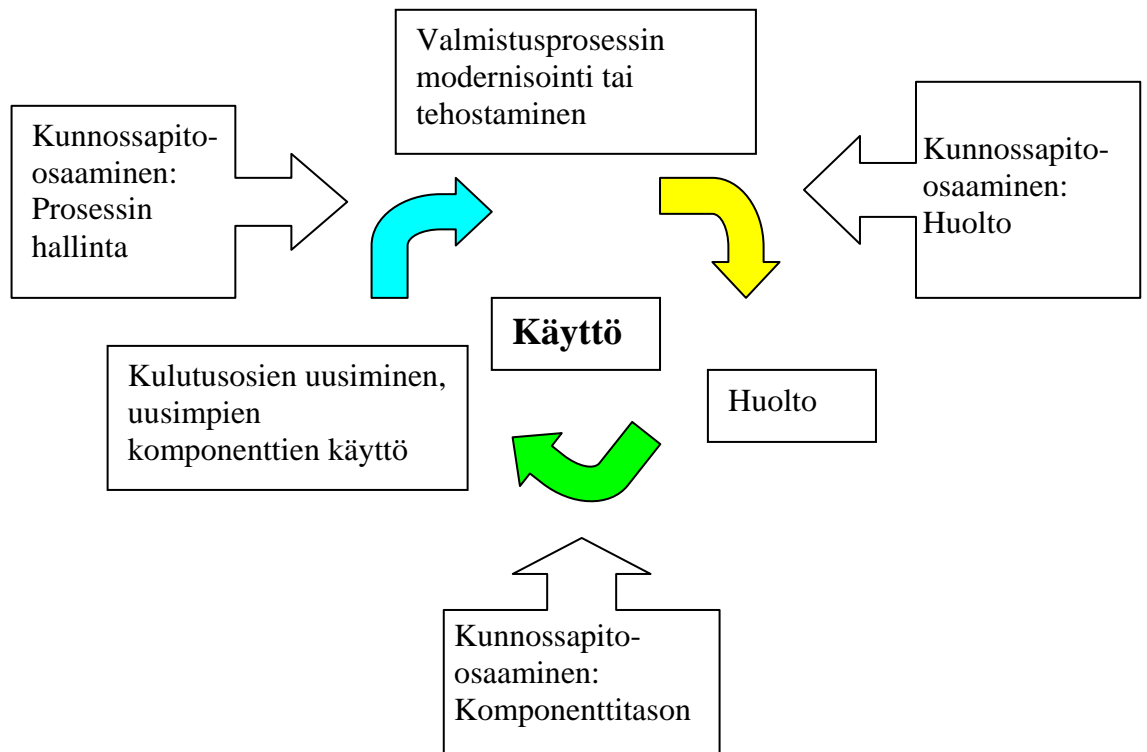
Kuvassa 2 on esitetty graafisesti LCC/LCP optimi kunnossapitokustannusten, menetetyin laadun ja epäkäytettävyyden sekä tuotannonmenetyskustannusten funktiona.



Kuva 2. Kustannusten optimointi.

Elinkaarimallin kannalta kunnossapidossa harjoitetaan LCM (Life Cycle Management) johtamista. LCM johtaminen on liiketoimintalähtöistä päätöksenteosta lähenevä malli, joka ottaa huomioon tuotot, kustannukset ja riskit koko elinkaaren aikana. Kuva 3, LCM johtamisen periaate /12/.

LCM – johtamismallissa toiminnalle suunnitellaan pitkäjännitteinen toimintasuunnitelma ja sitä toteutetaan systemaattisesti. Toimintaa seurataan kunnossapidon sisäisillä mittareilla ja kehitetään jatkuvasti. Myös jatkuva oppiminen on oltava toiminnassa mukana. Keskeisiä periaatteita LCM -johtamisessa ovat myös huolto-osaaminen, komponenttitason osaaminen ja prosessilaitoksen tuotantoprosessin osaaminen.



Kuva 3. LCM – johtamisen periaatekaavio /12/.

Elinkaarijohtamisen ohjaavia voimia ovat:

- teollisuuden markkinatilanne
- laitoksen saneeraukset ja eliniän jatkaminen
- kunnossapito varallisuutena
- Käytävissä olevat uudet teknologiat: mittaukset, anturointitekniikka, tiedonkeruu ja -siirto, analysointitekniikat
- Uudet toimintamallit kumppaneiden kanssa
- Turvallisuus ja ympäristövaatimukset

1.4 Termit ja käsitteet

Kunnossapidon termit ja käsitteet on otettu standardista SFS-EN 13306. Tämä standardi on EU:n standardi, joka on voimassa koko EU:n alueella.

Termejä ja käsitteitä on lähinnä teollisuuden tarpeisiin määritelty myös PSK

Standardisointiyhdistys. PSK Standardisointiyhdistys on laatinut standardin PSK 6201 Kunnossapito, käsitteet ja määritelmät.

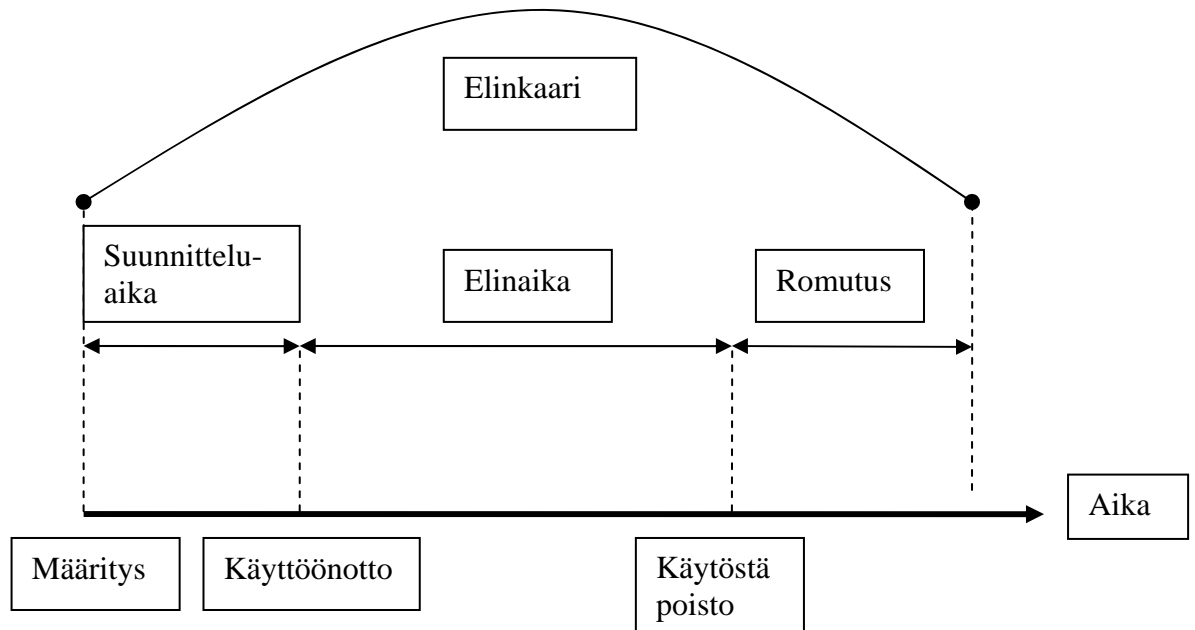
Kunnossapitoon on viimeaikoina vahvasti tullut käsitteet elinkaari ja elinkaarikustannukset. Paljon puhutaan myös elinkaaren kestävästä palvelusopimuksista tai hankintamalleista. Elinkaari-käsite on kuitenkin vielä varsin epämääräinen ja se käsitetään monella eri tavalla. Elinkaari-käsite on syytä rajata termiksi, joka käsittää ne laitteen, laitekokonaisuuden ja prosessin teknistaloudelliset ja ympäristöominaisuudet, joihin suunnittelulla, valmistuksella, käytöllä ja kunnossapidolla voidaan vaikuttaa. Kunnossapidon julkaisusarjan n:o 10 sivulla 35 määritellään kyseinen ajanjakso termillä elinjakso (life cycle). Myös PSK 6201 suosittelee käyttämään kyseisestä ajanjaksosta termiä elinjakso.

Käytännössä puhekielessä tästä ajanjaksosta käytetään termiä elinkaari. Tässä luvussa on käyty läpi käytännön termistöä. Kuvassa 4 on kuvattu termit graafisessa muodossa.

Elinkaari (life cycle): ajanjakso, joka alkaa kun järjestelmä- tai laite määritellään ja päättyy, kun ao. järjestelmä tai laite poistetaan käytöstä ja romutetaan tai se siirtyy toiseen käyttöön.

Standardissa SFS-EN 13306:en; Maintenance terminology, sivulla 31 kohdassa 9.18 Life cycle, määrittely on seuraava: Time interval that commences with the initiation of the concept and terminates with the disposal of the item.

Elinaika: aika, jolloin kohde pystyy suorittamaan vaaditut toiminnot, päättyen kun kohde ei enää ole teknisesti tai taloudellisesti korjattavissa. Elinaika voi laitteella myös loppua tekniseen vanhenemiseen. Teknisellä vanhenemisella tarkoitetaan tilannetta, jossa laite on vielä toimintakuntoinen, mutta ei vanhentuneena täytä sille asetettuja prosessitekniisiä vaatimuksia ja siksi se joudutaan poistamaan käytöstä.



Kuva 4. Elinkaarijaksot

Elinjaksokustannukset ja – tuotot LCC-terminologia ei tarkemmin määrittele, onko kyseessä elinjakson, elinkaaren vai elinajan kattava tarkastelu. Tämä kannattaa selvittää väärinymmärrysten välttämiseksi, koska näitä tarkasteluajanjaksoja käytetään yleisesti.

Elinjaksokustannus (LCC, life cycle cost) kuuluvat kohteen suorat ja välilliset kustannukset, jotka johtuvat suunnittelusta, hankinnasta, käyttöönotosta, käytöstä, kunnossapidosta, parannuksista ja käytöstä poistosta.

Elinjaksotuotot muodostuvat kaikista kohteen käytöstä ja käytöstä poistosta saatavista suorista ja välillisistä tuloista.

Elinjaksotuotot (LCP, life cycle profit) saadaan, kun elinjaksotuotoista vähennetään elinjaksokustannukset (LCC, life cycle costs).

Elinajan käyttövarmuuskustannukset sisältävät epäkäytettävyskustannukset ja ne kustannukset, joilla pyritään ylläpitämään tai parantamaan tuotantokoneiden

käytettävyyttä niiden elinaikana. Käyttövarmuuskustannuksiin voidaan sisällyttää muitakin kuin kunnossapidon kustannuksia.

2 TUTKIMUSYMPÄRISTÖ

Työssä käytettiin tutkimusympäristönä Oy Metsä-Botnia Ab Joutsenon sellutehdasta. Tehdas valmistui kahdessa osassa siten, että talteenottolinja otettiin käyttöön syksyllä 1998 ja kuitulinja keväällä 2001. Kuitulinja on maailman suurin yksilinjainen havupuuta käyttävä kuitulinja.

Tehtaan kunnossapidosta vastaa Botnia Mill Service, joka tekee kunnossapidon vuosittaisen toimintasuunnitelman tehtaalle. Toimintasuunnitelmaan vaikuttavat asiakkaan asettamat tavoitteet, kuten käytettävyys. Lisäksi asiakas ja kunnossapito laativat yhdessä suunnitelmat suurista korjauksista ja operatiivisista investoinneista.

Kunnossapitoyhtiö ylläpitää tehtaalla koneiden ja laitteiden teknisiä tietoja SAP toiminnanohjausjärjestelmässä. Järjestelmään kirjataan myös historiatiedot ja se sisältää myös laitteiden ennakkohuoltosuunnitelmat. SAP –järjestelmässä oleva tieto ja suunnitelmat olivat myös käytössä.

Lisäksi työssä käytettiin molempien kunnossapitoyritysten omistajien, YIT Teollisuus- ja verkkopalvelut ja Botnia, tietokantoja. Tietokannoista on löytynyt paljon hyvää ja käyttökelpoista tietoa työn tekemiseen.

3 KUNNOSSAPIDON VAIKUTUS KÄYTTÖOMAISUUDEN ARVOON

Nykytilanteessa usein myös tilaaja ja toimittaja toimivat selkeästi omilla alueillaan pyrkien maksimoimaan oman liikevoittonsa lyhyellä tähtämellä. Uusimpien ajatusten mukaan resursseja ja osaamista haetaan verkostoitumisen ja partnership- sopimusten kautta huomioiden toimintojen tehokkuus ja laitosten sekä laitteiden elinkaari. Lisäksi liiketaloudellinen kannattavuus saadaan aikaan paremman käytettävyyden ja pitkäkestoisten sopimusten kautta.

Em. syistä muutospaineet toteuttavat veturiyritysten oheis- ja tukitoiminnat uusilla ja verkostoituneilla toimintatavoilla kasvavat. Oheis- ja tukitoimintoja hoitavat ja niistä vastaavat joutuvat ja heidän tulee huolehtia uusien toimintatapojen kehittämisestä ja niiden eteenpäin viennistä.

Uusista toimintatavoista mainittakoon toimintojen siirtäminen nykyisin markkinoilla toimiviin yrityksiin, toimintojen ulkoistaminen organisaation sisällä leikkaamalla tietty toiminto uuteen kehitettävään yritykseen tai hankkimalla sopimusmallien kautta palveluja esimerkiksi laitetoimittajien kautta.

3.1 Tehtaan elinkaari omistajan näkökulmasta

Tehtaan elinkaaren aikana tulee siihen tehtävät investoinnit ja muut kustannukset olla hallinnassa. Tehtaan käynninaikainen elinkaari voidaan jakaa karkeasti jaksoihin, joiden avulla kustannuksia ja investointeja voidaan hallita. Jaksot voivat sellutehtaan omistajan kannalta olla seuraavat tehtaan suunnittelun alkamisesta laskien:

- -3 – 0 vuotta on suunnittelujakso
- 0 tehtaan käyttöönotto
- 0 – 2 vuotta on heräämisen aika
- 3 – 5 vuotta on kasvamisen ja oppimisen aika

- 6 – 12 vuotta on tasaisen täyden käynnin aika
- 13 – 16 vuotta on tehtaan kapasiteetin noston aika
- 17 – 30 vuotta on tuoton aika
- 31 – 35 vuotta on valmistautumista uuteen syntymään

Näiden ajanjaksojen aikana pyritään tuotanto maksimoimaan, resurssit ja kustannukset kohdentamaan ja mitoittamaan oikein. Kuvassa 5 on esitetty tehtaan elinkaarijaksot tuotannon ja kustannusten kuvaajilla

Ns. ”Green Field” tehtaan elinkaaren suunnittelujaksot

– 3 – 0 vuotta:

Määritellään kunnossapito- ja varaosapolitiikka. Kunnossapito voi olla itse tehty, osin ulkoistettu tai kokonaan ulkoistettu. Myös varaosien saatavuus ja hankintapolitiikka määritellään. Tehtaan sijainnilla on vaikutus toteutettavaan kunnossapitopolitiikkaan.

Kunnossapidon henkilöstö laatii ennakoivan kunnossapidon suunnitelman.

RCM tarkastelu tehdään laiteille ennen kuin tuotanto aloitetaan.

Tehdään laitetoimittajien ja järjestelmätoimittajan kanssa kehityssopimukset.

0 – 2 vuotta:

Kunnossapitohenkilöstö panee toimeen ennakoivan kunnossapitosuunnitelman ja pitää sitä työnsä toimintamallina.

Määrätyistä laitteista mitattu kunnossapitotieto hyvinä ajanjaksoina on olennaisen tärkeää ennakoivalle kunnossapidolle tulevaisuudessa.

Kunnossapidon henkilöstön tulee tuntea hyvin vastuunsa. Tehtaan kahtena ensimmäisenä vuotena henkilöstön tulee oppia ja kerätä tehtaasta tietoa. Pienet parannukset tulee hoitaa pikaisesti. Käytettävyyttä ei voi ostaa, se on ansaittava.

3 – 5 vuotta:

Tämän ajanjakson aikana korjauksista pitää ottaa opiksi ja korjausten yhteydessä tulee tarvittaessa tehdä parantavia investointeja. Vaurioista tulee kunnossapidon tehdä kirjaukset ja ennakoida mahdolliset vastaavat vauriot sekä tehdä toimenpiteet, ettei niitä jatkossa tule. Tavoitteena on kehittää jatkuvasti kunnossapidon käytettävyyttä ja alentaa kustannuksia. Kunnossapidon kustannustaso selvitetään. Tahto oppia on tässä vaiheessa tärkeämpää kuin taidot. Tällä jaksolla avataan laitoksen mahdolliset pullonkaulat tarvittavilla laiteinvestoinneilla.

6 – 12 vuotta:

Kunnossapito valmistelelee seuraavalla jaksolla toteutettavia kunnossapito ja parannusinvestointeja. Käytettävyystavoite pidetään korkealla ja suunnittelelmattomat seisokit eivät ole sallittuja. Ennakoimattomat rikot ja vauriot eivät ole sallittuja tällä aikajaksolla. Kunnossapidon tavoitteena on pitää laitos hyvässä kunnossa laskematta tasoa. Osastokohtaisia kunnossapitoseisokkeja voidaan pitää, kunhan ei vaikuteta käytettävyyteen.

13 – 16 vuotta:

Tällä ajanjaksolla laitoksen elinikä on noin puolessa välissä. Tällä aikavälillä toteutetaan laitoksessa päivitysinvestointeja, koska laite- ja kuituteknologia ovat kehittyneet sitten laitoksen käyttöönoton. Tällä ajanjaksolla on aika harkita uuden teknologian laitteiden asennuksia ja myös ohjauksjärjestelmän päivitystä. Näihin osallistuvat myös kunnossapidon henkilöstö. Tämän ajanjakson aikana harkitaan myös kunnossapito laitoksen loppuelinkaaren ajaksi. Kriittiset varaosat käydään myös läpi, koska niiden saanti voi olla vaikeaa laitoksen iän ja teknologian kehittymisen takia.

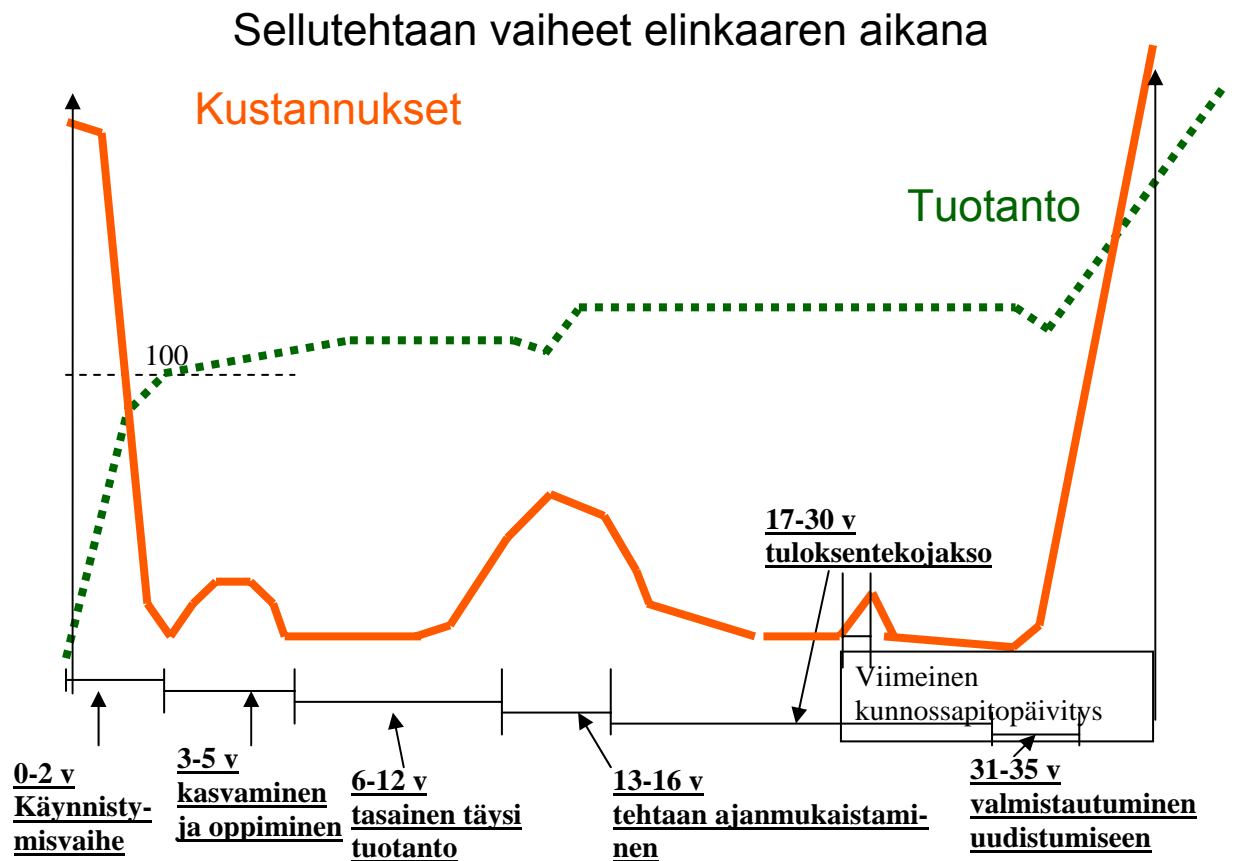
17 – 30 vuotta:

Käytettävyys on ehdottomasti tärkein asia tällä ajanjaksolla. Kunnossapitoa tehdään tarvittavalla tasolla muistaen, että resurssit pidetään kurissa ja rajallisina. Kunnossapidon tehtävät pidetään hallinnassa siten, että

muistetaan laitoksen jäljellä olevat käyttövuodet. Suurimmat uudelleeninvestoinnit laitokseen on tehty. Koska investointitasoa pidetään matalana, vuosittaisia käyntipäiviä tulee enemmän kuin aikaisemmin. Kunnossapidon kustannustaso pidetään alhaisena ja kunnossapidossa käytetään halpoja menetelmiä.

31 – 35 vuotta:

Tehdas valmistautuu alasajoon. Kustannustaso pidetään alhaisena ja käytetään halpoja kunnossapidon menetelmiä.



Kuva 5. Kuvassa on kuvattu arviolta sellutehtaan elinkaaren eri ajanjaksot.

Kuten edellä esitetystä mallista käy ilmi, elinkaari käsitetään alkavaksi laitoksen suunnittelun aloituksesta ja päättyy laitoksen käytöstä poistoon ja romutukseen.

3.2 Kunnossapito laitoksen elinkaareissa

Kunnossapito on oleellinen osa tehtaan toimintaa. Kunnossapidon keskeiset tehtävät tehtaassa ovat käyttövarmuuden ylläpito ja mahdollisista vaurioista mahdollisimman nopea toipuminen tuotantoon.

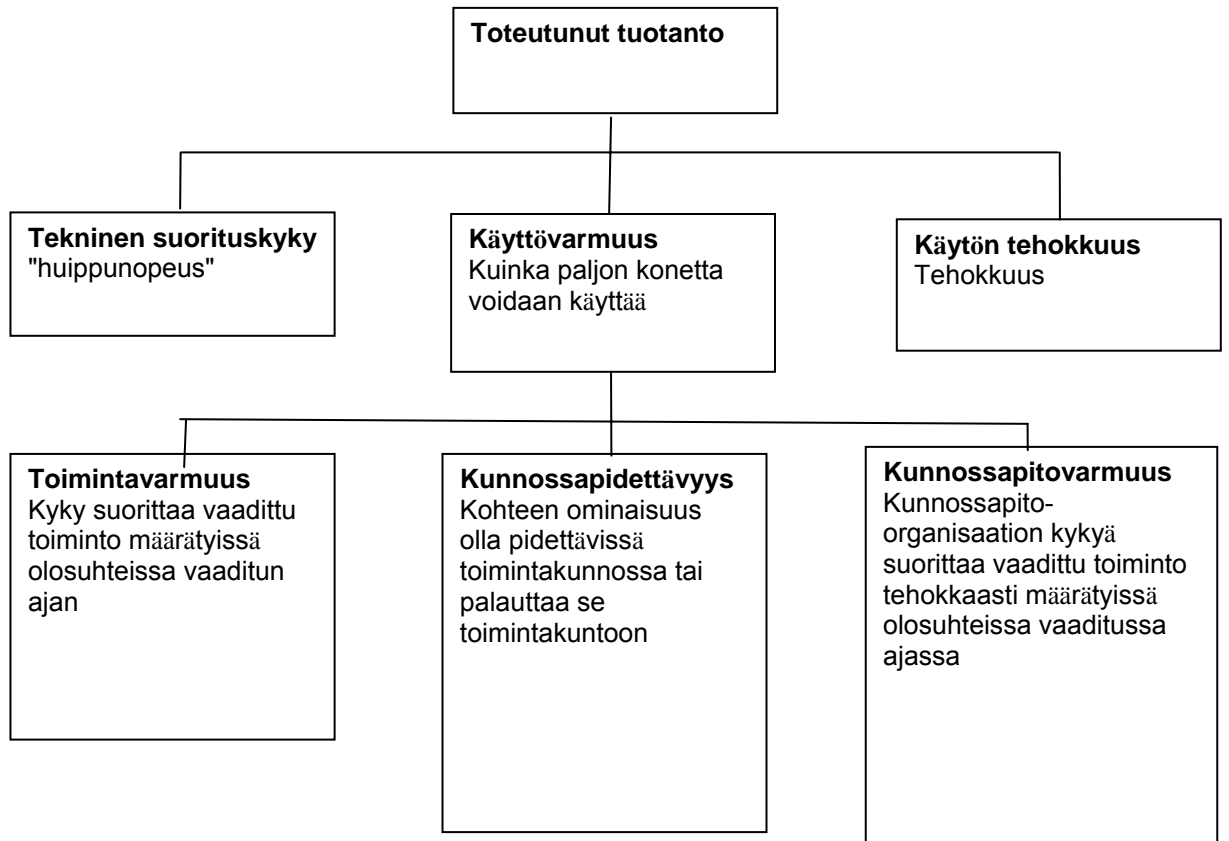
Muita kunnossapidon keskeisiä tehtäviä ovat hyvän tuottavuuden kautta laitoksen kannattavuuden ja kilpailukyvyn parantaminen. Myös investointitarpeen pienentäminen laitteiden tehokkaan käytön takia on merkittävä tavoite.

Kunnossapito on käyttöomaisuudesta huolehtimista

Käyttöomaisuutta ovat laitoksen tuotantovälineet eli koneet ja laitteet, käytössä olevat rakennukset ja maa-alueet. Myös infrastruktuuri eli tiet, kaapeloinnit, maanalaiset putkistot jne. tulee pitää kunnossa.

Kunnossapidon vaikutukset liiketoimintaan ovat monet. Hyvin huolletut ja kunnossapidetyt laitteet ovat käyntivarvoja ja näin aikaansaavat lisämyyntiä. Käyntivarvat laitteet tekevät myös hyvälaatuista tuotetta, joista on mahdollista saada parempi tuotto. Toimintavarma tuotanto parantaa myös asiakastytyvyyttä. Käyttövarmuus ilman hallitsemattomia tai ennakoimattomia seisokkeja säästää myös energiaa ja sitä kautta kustannuksia. Myös raaka-ainetta hukkaantuu vähemmän tasaisessa prosessissa. Hyvin toimivat laitteet ovat myös pidempi-ikäisiä. Tasaisesti käyvä laitos on myös ympäristön kannalta turvallisempi ja siten parantaa imagoa. Käyttövarmat laitteet ovat myös työturvallisempia.

Toteutunut tuotanto koostuu käyttövarmuuskaavion, kuva 6 /13/, mukaan teknisestä suorituskyvystä eli ”nopeudesta”; käyttövarmuudesta eli kuinka paljon konetta voidaan käyttää ja käytön tehokkuudesta. Kunnossapito voi vaikuttaa erityisesti käyttövarmuuteen. Käyttövarmuuden katsotaan koostuvan toimintavarmuudesta, kunnossapidettävyydestä ja kunnossapitovarmuudesta.



Kuva 6. Käyttövarmuuskaavio.

Laitteiden toimintavarmuudella tarkoitetaan laitteen kykyä suorittaa määrätyissä olosuhteissa vaadittu toiminto. Toimintavarmuuteen vaikuttavat laitteen konstruktio, laitteen rakenteellinen kunnossapidettävyyys, kuinka laite on huollettu, asennettu, oikealla käytöllä ja kuinka varmennukset on hoidettu.

Laitteiden kunnossapidettävyydellä tarkoitetaan kohteen ominaisuutta olla pidettävissä toimintakunnossa tai palauttaa se toimintakuntoon. Tämä tarkoittaa vian havaittavuutta, huollettavuutta ja korjattavuutta. Vian havaittavuuteen vaikuttavat vikojen osoittamismahdollisuudet, laitteissa tulee olla mahdollisuudet ja paikat vikojen analysointia ja mittausta varten. Myös automaattisen kunnonvalvonnan menetelmät tulee huomioida.

Laitteiden tulee myös olla mahdollisimman pitkälle moduloitu ja tehty standardikomponenteista. Lisäksi laitteet tulee voida korjata ja huoltaa normaaleilla standardityökaluilla. Laitteet tulee myös olla luokse päästäviä ja kunnossapidon ennakko- ja huollon tarvitsemat reititykset tulevat ottaa huomioon

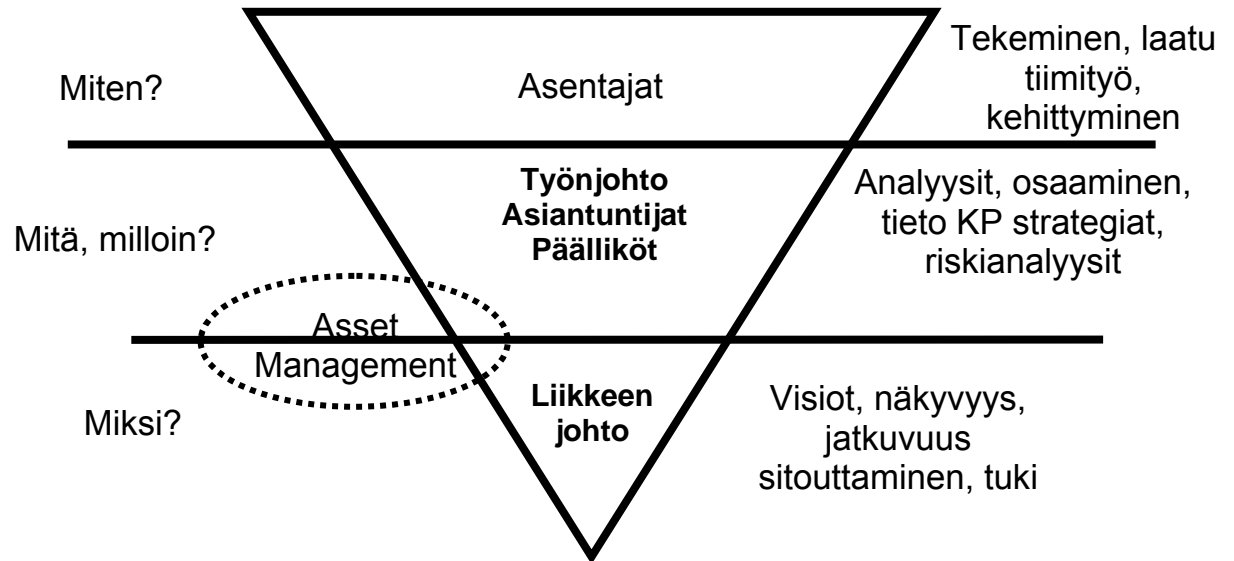
suunnitteluvaiheessa. Myös tarkkailukohteet kuten mittarit ym. tulee sijoittaa kootusti. Kunnossapidossa tulee panostaa ennakoivaan kunnossapitoon. Varaosat tulevat olla tarvittaessa saatavilla. Dokumentointi ja niiden ylläpito tulee olla kunnossa. Työturvallisuus tulee olla kunnossa.

Kunnossapitovarmuudella tarkoitetaan kuinka hallinto on järjestetty, rutiinit ja systeemit toimivat, dokumentaatio on kunnossa, varusteet ja työkalut ovat kunnossa sekä olemassa, varaosat, materiaalit sekä tarvikkeet ovat olemassa ja kuinka kunnossapidon henkilöstä on koulutettu ja mikä on sen motivaatio hoitaa asioita. Organisaatio tulee olla suunniteltu kunnossapidettävälle kohteelle sopivaksi. Avainhenkilöt tulee valita ja kouluttaa tehtäviinsä huolella. Myös muu kunnossapitohenkilöstö tulee olla pätevää ja hyvin koulutettua.

Yhteistyö käytön ja kunnossapidon välillä tulee toimia ja olla jatkuvaa. Yhteistyö myös laitetoimittajiin sekä muihin yhteistyökumppaneihin tulee olla toimivaa ja suunniteltua. Piirustukset ja ohjeet tulevat olla saatavilla sekä ajan tasalla. Varaosalogistiikka tulee olla suunniteltua ja varaosien aina tarvittaessa saatavilla.

3.2.1 Elinkaarijohtaminen kunnossapidossa

Kunnossapito on vaativa kokonaisuus, joka tulee hallita ja sen tulee vastata asiakkaan asettamiin vaatimuksiin. Kokonaisuuteen kuuluu osaamista tekniikassa, johtamisessa ja taloudessa sekä palveluissa. Kuva 7, kunnossapidolla hallittava kokonaisuus /10/.



Kuva 7. Kunnossapidon hallittava kokonaisuus /10/.

Elinkaarimallilla kunnossapidossa tarkoitetaan mallia, jossa kunnossapidosta kokonaisvastuullisesti vastaava toteuttaja vastaa pidemmällä aikajaksolla ja laajemmalla vastuulla laitoksen kunnossapidosta.

Elinkaarimallin vastuu sisältää kunnossapidon toteutuksen suunnittelun ja toteutuksen erikseen sovitulla ajalla.

Elinkaariosaaminen on kokonaisuusien hallintaa, johon liittyy edellä kuvatun lisäksi asiakkaan tarpeet ja vaatimukset.

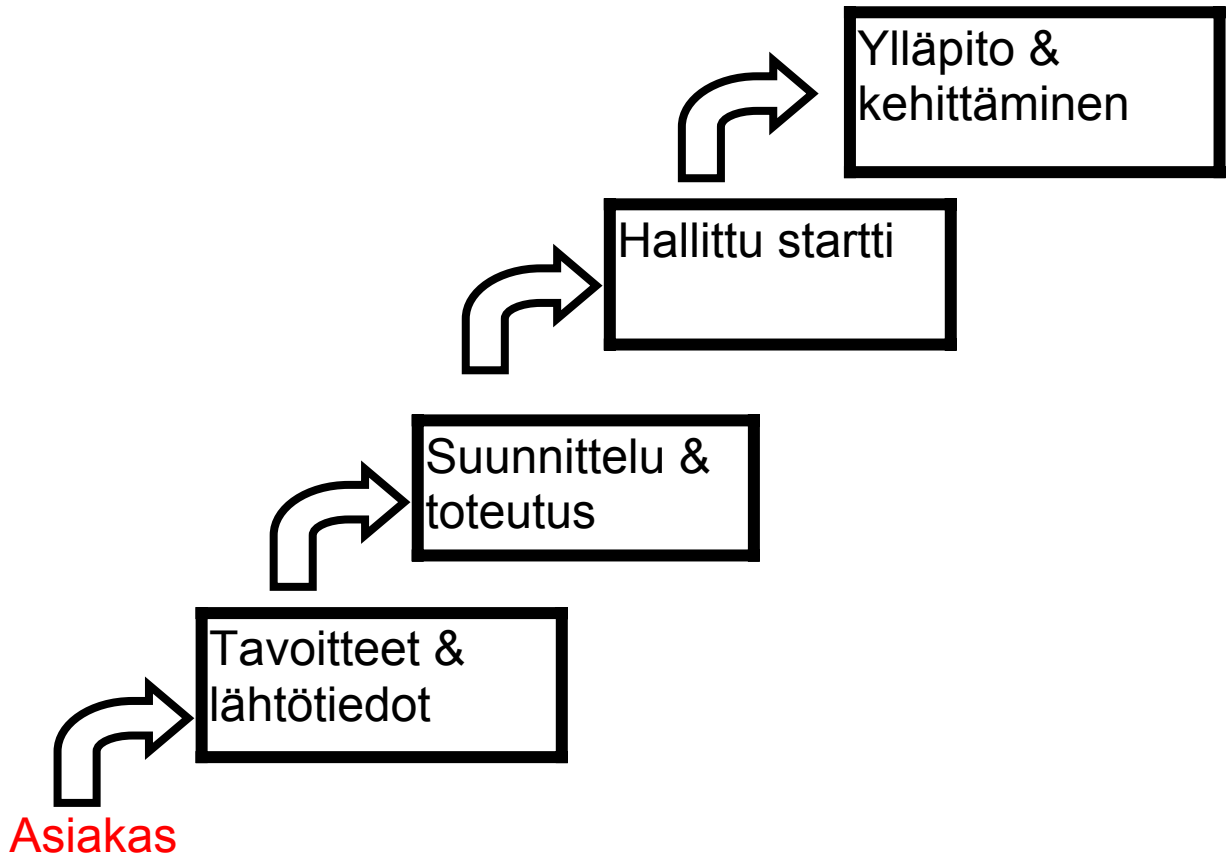
Ongelmina elinkaarijohtamisessa ovat teknologioiden ja tuotteiden elinkaarien lyhentyminen, joka voi johtaa tilanteisiin, jossa toimintakelpoinen prosessi joudutaan poistamaan käytöstä ennenaikaisesti. Myös toimintaolosuhteet voivat muuttua ja aiheuttaa muospaineita käytössä olevien tuotantolinjojen käyttöstrategioihin.

Ongelmia pitkän ajanjakson johtamisen suunnittelulle aiheuttaa nykyinen liikkeenjohtamiskäytäntö, joka suosii osaoptimointia.

Elinkaarimallin kannalta kunnossapidossa pyritään harjoittamaan kirjallisuusosassa kuvattua LCM johtamismallia.

3.2.2 Kunnossapidon kehittäminen

Kokonaisuuden hallintaa voidaan myös kuvata portaikkona, joka tulee rakentaa askelma askelmalta. Kuva 8, kunnossapidon hallinnan portaat.



Kuva 8. Elinkaarihallinnan kokonaisuuksien hallinnan portaat.

Elinkaaren optimointi laitokselle tehdään ensimmäisellä portaalla. Tässä vaiheessa laaditaan tekniset ja taloudelliset tavoitteet tulevalle toiminnalle. Selvitetään lähtötiedot laitoksesta. Lähtötietoja ovat mm. laitoksen käyttöönottovuosi, kunnossapidon suunnitteluaste, laitoksen tekniset hankintaohjeet ja tekninen hierarkia.

Asiakkaan kanssa sovitaan yhteiset mittarit, joilla seurataan toiminnan tehokkuutta ja kehitystä. Keskeinen yhteinen mittari prosessituotannossa on käytettävyys. Muut kokonaistehokkuuteen vaikuttavat mittarit ovat tuotteen

laatu ja tuotannon tehokkuus. Nämä kolme mittaria kertomalla keskenään saadaan prosessiteollisuuden tärkein mittari eli kokonaistehokkuus.

Kokonaistehokkuus = KNL – luku (käytettävyyys x tuotannon tehokkuus [nopeus] x tuotteen laatu)

Tehokkuusluvut ilmoitetaan suhteellisina eli prosentteina.

- Aikakerrointa eli käytettävyyttä (K) voidaan laskea seuraavasti:
VE1: toteutunut käyttöaika – suunnitellut seisokit / kokonaisaika (4)

$$\text{MTTF} - \text{MDT} / (\text{MTTF} + \text{MTTR} + \text{MWT}) \quad (4)$$

VE2: toteutunut käyttöaika / kokonaisaika (5)

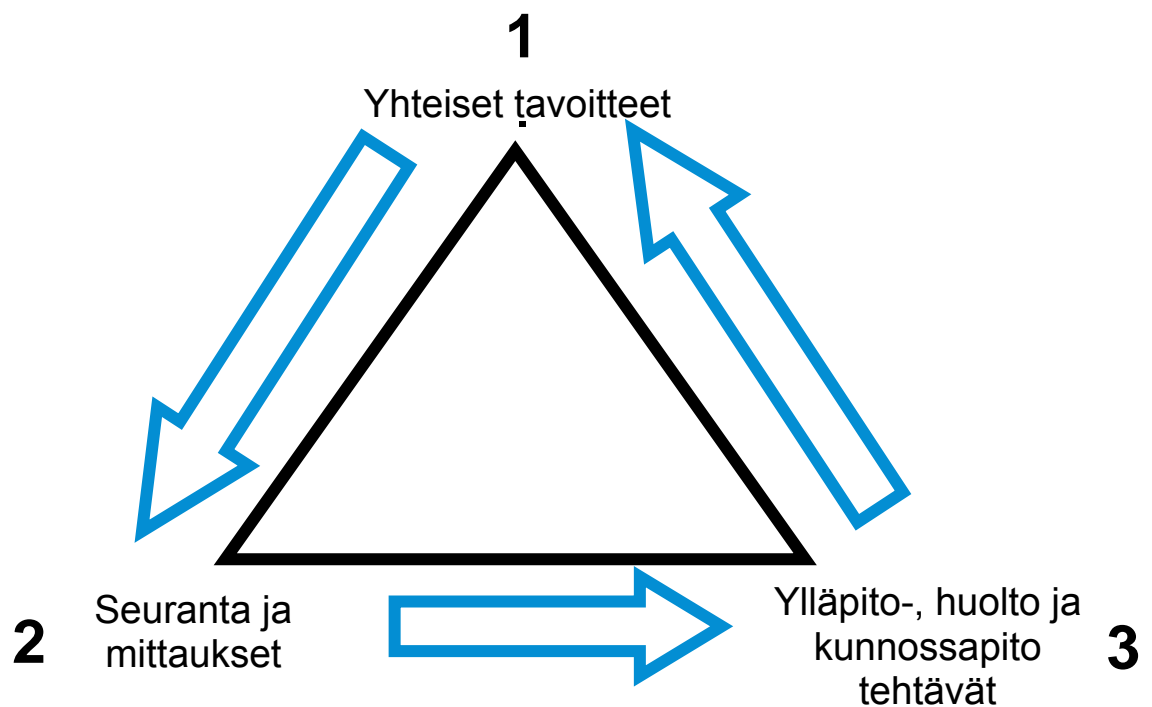
$$\text{MTTF} / (\text{MTTF} + \text{MTTR} + \text{MWT}) \quad (5)$$

- Tuotannon tehokkuutta eli nopeutta voidaan laskea esimerkiksi seuraavasti:
Toteutunut tuotannon määrä aikayksikössä / Budjetoitu tuotannon määrä aikayksikössä
- Laatukertoimen määrittelee yleensä tuotannon harjoittaja. Laatukerroin voi olla esimerkiksi hyllyn määrä, vaaleus jne.

Toinen keskeinen sovittava asia on peruskunnossapidon kustannustaso. Kustannustaso sovitaan tilanteen mukaan, mutta se tulee olla sekä haasteellinen ja toisaalta kustannustason tulee olla sellainen, että toimintaa voidaan kehittää. Myös kannustimet sovitaan etukäteen.

Kunnossapidon ja asiakkaan välinen toiminta voidaan yksinkertaisesti kuvata toimintakolmiolla, kuva 9.

Ensimmäinen tehtävä on sopia yhteiset tavoitteet toiminnalle. Tavoitteiden tulee olla yhteiset, jotta toiminta on aina samansuuntaista ja ristiriitoja ei synny. Kun tavoitteet on sovittu, sovitaan mittaristo, jolla seurataan tavoitteiden toteutumista ja kehitystä. Kolmanneksi otetaan tehtävätaso, johon vaikutetaan tavoitteilla ja jonka onnistumista mitataan sovitulla mittareilla. Tarvittaessa tehdään toimintaan muutoksia ja aina tulee olla menossa toiminnan tehostamiseen ja parantamiseen tähtääviä kehitystoimenpiteitä.



Kuva 9. Toimintakolmio.

Oheisen toimintakolmion kehityksen tulee olla jatkuvaa ja sitä tulee seurata säännöllisesti.

Kehityksen portaikon toisessa vaiheessa suunnitellaan toimintamalli toteutettavalle kunnossapidolle. Kaikissa tapauksissa laaditaan aluksi kunnossapidon toimintasuunnitelma. Toimintasuunnitelma sisältää tehtävälisäyksen, jolla ohjataan toimintaa kulloinkin haluttuun suuntaan. Toimintasuunnitelma laaditaan vuosittain ja sitä seurataan kunnossapitoyksikön

johtoryhmässä. Toimintasuunnitelmassa tulee ottaa kantaa teknisiin, taloudellisiin, henkilöstö ja turvallisuusasioihin. Suunnitelmassa olevat tavoitteet tulee aikatauluttaa ja vastuuttaa.

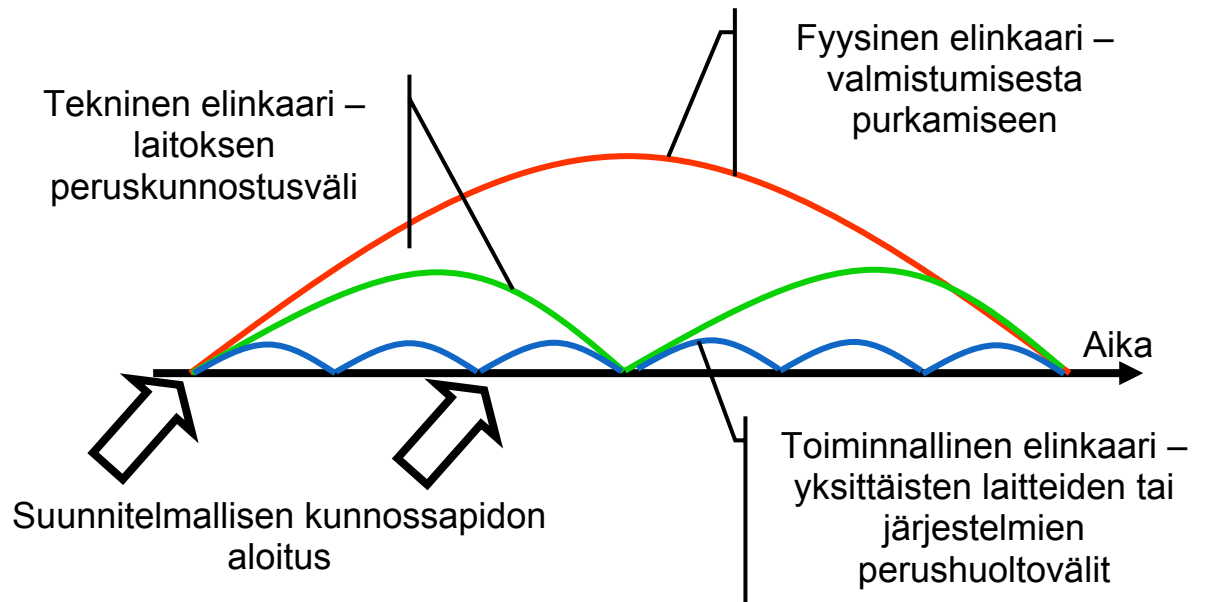
Suunnitteluun vaikuttaa tuotantolinjan ikä. Kun suunnitellaan uutta tuotantolinjaa, on toivottavaa, että kunnossapito on mukana jo suunnitteluvaiheessa. Suunnitteluun vaikuttamisen lisäksi kunnossapidolla on omia merkittäviä tehtäviä suunnittelu- ja investointivaiheessa. Kunnossapito laatii ja yhdessä käytön kanssa laitoksen teknisen hierarkian. Tekninen hierarkia rakennetaan valittuun kunnossapitojärjestelmään. Laitoksen osasto- ja toimintopaikkanumerointi laaditaan tässä vaiheessa. Kaikkien laitteiden tekniset tiedot ja dokumentaatio kerätään hierarkiassa sovitulla tavalla. Kunnossapidon tehtävä on tarkastaa tiedot ennen niiden viemistä kunnossapitojärjestelmään. Kunnossapito hoitaa myös tietojen viennin järjestelmään.

Toinen kunnossapidon keskeinen tehtävä on laatia ennakoivan kunnossapidon ohjelma. Ohjelma laaditaan luotettavuuskeskeisen toimintatavan periaatteita noudattaen. Myös tämä siirretään järjestelmään. Uutta laitosta rakennettaessa siihen valittu kunnossapidon henkilökunta koulutetaan kunnossapidon suunnitteleamalla tavalla.

Jos kyseessä on vanha tuotantolinja ja sen kunnossapito halutaan päivittää ja sen kunnossapitoa aletaan kehittää jossain vaiheessa elinkaarta, suunnitellaan toiminta ensimmäisellä portaalla tehdyn selvityksen pohjalta.

Toiminnan suunnittelussa vanhan tuotantolaitoksen kunnossapidon kehityksen alussa pitää erityisesti ottaa huomioon ennakoivan ja mittaavan kunnossapidon tilanne, toiminnan suunnitelmallisuuden taso, henkilöstön osaaminen ja sen kehittämisen tarve sekä johtamiskulttuuri. Toimintasuunnittelu tulee tehdä luotettavuuskeskeisen kunnossapitoajattelun pohjalta.

Kuvassa 10 on esitetty tuotantolaitoksen elinkaaren sisällä olevat laitteiden, teknisten kokonaisuuksien ja järjestelmien elinkaaret.



Kuva 10. Elinkaariajankohdat.

Kehityksen portaikon kolmannella portaalla suoritetaan kohteen kunnossapidon toteutuksen hallittu startti. Startti tulee toteuttaa aina samoja periaatteita käyttäen. Keskeisiä asioita hallitussa startissa ovat laaditun toimintasuunnitelman käyttöönotto, kehitysasioiden liikkeelle saattaminen, henkilöstön kehittämisen suunnittelun aloitus ja osaamiskartoitusten teko. Starttivaiheessa selvitetään myös asiakkaan kanssa sopimuksen tarkoitus ja haetaan yhteinen tulkinta.

Neljännellä portaalla toteutetaan suunniteltua kunnossapitomallia ja kehitetään sitä käytännön ohjaamaan suuntaan. Tärkeätä tässä vaiheessa on saattaa kunnossapitotoiminta ennakoivan kunnossapidon suuntaan ja luoda luotettavuuskeskeisen kunnossapidon periaatteita noudattava toiminta. Myös vanhan laitoksen tapauksessa laaditaan laitokselle kriittisyysluokittelu ja ainakin kriittisimmille laitteille tehdään vika-vaikutusanalyysi ja sen pohjalta päivitetään ennakkohuoltosuunnitelmat. Myös koko laitoksen osalta tarkastetaan ennakkohuoltosuunnitelmat ja laitetaan ne toteutukseen. Henkilöstön

osaamiskartoitukseen perustuva koulutussuunnitelma laitetaan liikkeelle ja aloitetaan henkilöstön koulutukset.

Kunnossapitoa toteutetaan jatkuvasti palveluja kehittäen ja seuraten. Asiakkaalle tarjotaan myös muita kuin sopimukseen kuuluvia tuotteita. Näitä voivat olla mm. käyttövarmuusanalyysi ja muut kehitystuotteet.

Jatkuvaa kunnossapitoa seurataan edelleen myös laaditulla mittareilla.

Lisäksi toimintaa ja sen laatua seurataan asiakastytyväisyysmittauksin. Tätä kautta saadaan palautetta palvelutoiminnasta ja sen parannuskohteista.

3.2.3 Luotettavuuskeskeisyys

Prosessilaitoksen laitteiden käyttöomaisuuden maksimoimisen keskeinen tavoite on luotettavuus. Luotettavuudella tarkoitetaan teknisten järjestelmien kykyä tyydyttää käyttötarkoituksen mukaisia vaatimuksia annetuissa rajoissa. Käyttötilanteessa luotettavuuden mitta on teknisen järjestelmän käytettävyys.

Luotettavuustekniikka tarjoaa työkalut arvioida teoreettisesti ja käytännöllisesti osien, komponenttien, laitteiden, järjestelmien ja organisaatioiden kykyä suorittaa tehtävänsä vikaantumatta vaaditun ajanjakson. Luotettavuustekniikalla voidaan määritellä, ennustaa, testata ja optimoida järjestelmien luotettavuutta, käytettävyyttä, kunnossapidettävyyttä, turvallisuutta ja laatua.

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito, RCM (Reliability Centered Maintenance), antaa työkalut ja päätösmekanismi, jolla laitoksen luotettavuutta ja siten käytettävyyttä voidaan parantaa. Luotettavuuskeskeisellä ajattelulla määritellään soveltuvin ja kustannustehokkain kunnossapitostrategia. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito kokoaa yhteen korjaavan kunnossapidon, ehkäisevän kunnossapidon, kunnonvalvonnan ja ennakoivan sekä parantavan kunnossapidon.

Luotettavuustarkastelusta saatavilla tiedoilla parannetaan yksittäisten komponenttien laatua, parannetaan kokonaisjärjestelmien ja osajärjestelmien luotettavuutta, suunnitellaan kunnossapitostrategiaa, määritellään prioriteetteja

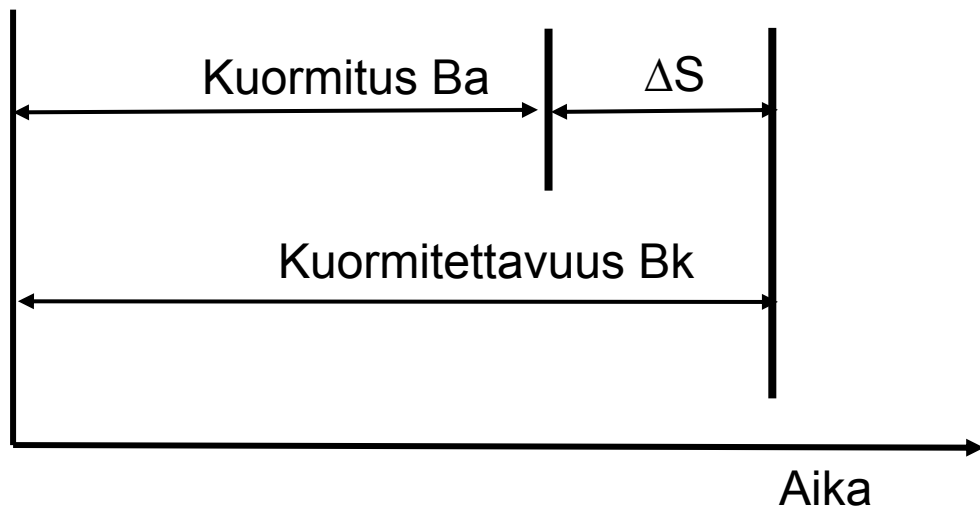
käytönohjaukselle ja kunnossapidolle ja laaditaan käyttöikäarviointeja. Kunnossapidon suunnittelu luotettavuuskeskeisesti on sellutehdasympäristössä vaativa tehtävä.

Liitteessä 1 on esitetty esimerkki sellutehtaan yhden osaston laitekannasta. Kuten luettelosta selviää, pelkästään yhdellä osastolla on paljon laitteita (n. 1000 konetta ja n. 1000 automaation kenttälaitetta) ja onkin mahdotonta ja tarpeetonta laatia kaikista samanarvoista kunnossapidon suunnitelmaa (liitteen luettelossa vain osa laitekannasta). Laitteet luokitellaan niiden kriittisyyden mukaan ja sen perusteella laaditaan laitteen kunnossapitosuunnitelma.

Luotettavuustarkasteluja tehtäessä tärkeitä tietoja ovat laitoksen kunnossapitojärjestelmässä olevat historiatiedot. Luotettavuuskeskeiseen tarkasteluun osallistuvat tuotannon, kunnossapidon ja laitetoimittajan edustajat. Tarkastelussa arvioidaan laitoksesta kertynyttä historiatietoa ja kokemusperäistä tietoa laitetoimittajan suunnittelutietoon. Näistä tiedoista kokoamalla voidaan laitteen vikaantumista ja kulumista arvioida. Tuloksena voidaan laitteelle suunnitella ennakoiva kunnossapito, suunnitella laitteelle varaosapolitiikka ja tehdä laitteille huoltosuunnitelmat.

Tuotannon kannalta kaikkein kriittisimmille laitteille voidaan tehdä vika-vaikutusanalyysi. Liitteessä 2 on esimerkki laaditusta VVA-analyysistä. Analyysissä selvitetään laitteiden vikaantumistodennäköisyyttä ja vikaantumistilanteesta toipumista sekä arvioidaan tarvittavia varaosia.

Koneilla ja laitteilla on olemassa niille ominainen käyttöikä tai vikaantumisväli. Tätä voidaan kuvata oheisella kaaviolla, kuva 11 /9/.



Kuva 11. Kuormitettavuus /9/.

Kun $B_a < B_k \rightarrow$ normaali kuluminen

Kun $B_a > B_k \rightarrow$ kuluminen ja ylikuormitus

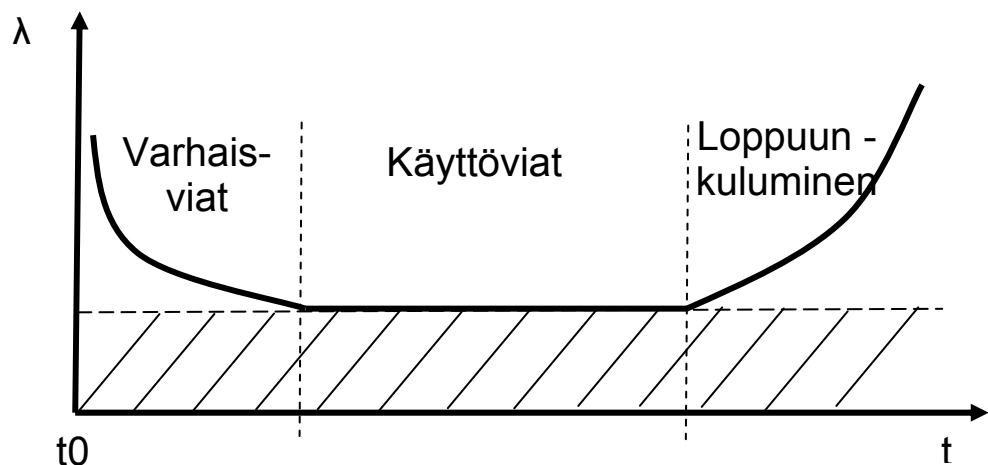
Normaalissa kulumisessa materiaalin kuluminen, väsyminen, vanheneminen ja korrosio voidaan ennustaa ja seurannalla oikea korjausajankohta suunnitella. Kun ollaan kulumisen tai kuormituksen osalta epänormaalissa tai ylikuormitustilanteessa, on mahdollista välitön vikaantuminen tai käyttöiän lyheneminen. ΔS eli varmuusväli tulee hyvällä seurannalla saada mahdollisimman lyhyeksi ottamatta turhia riskejä. Varmuusvälin arvioimista vaikeuttavat laskelmien epävarmuus, kuormituksen epävarmuus ja vioittumisen epävarmuus.

Laitteiden kulumista on seurattava säännöllisesti ja niiden pohjalta laaditaan huoltosuunnitelmat. Esimerkkeinä jatkuvasta seurannasta ovat mm. sellutehtaan soodakattila tai kuorimarumpu. Soodakattilan pohjan putkistojen seinämän ainevahvuuksia mitataan säännöllisesti ja mittausten perusteella laaditaan yksinkertainen käyrästä, jonka perusteella voidaan arvioida hyvinkin tarkasti pohjan putkistojen elinikä. Myös kuorimarumpujen seinämänvahvuuksia mitataan säännöllisesti ja mittausten perusteella tehdään rummulle elinikäarvio. Näissä molemmissa tapauksissa kuluminen on lineaarista normaalilla

kuormituksella. Mittauksia on tehtävä kuitenkin tehtävä jatkuvasti säännöllisin väliajoin, jotta mahdolliset poikkeavien olosuhteiden tai kuormitusten aiheuttamat muutokset kulumiseen voidaan havaita.

Edellä mainitut esimerkit ovat käytön ja kunnossapidon kannalta helppoja seurata. Monet laitteet tai komponentit vikaantuvat kuitenkin jonkin muun mekanismin, kuin lineaarisen kulumisen tai korroosion mukaisesti. Kuvassa 12 on esitetty tyypilliset vikaantumisen alueet. Myös toisenlaisia vikaantumiskäyriä on olemassa.

Vikaantumista voidaan ennustaa myös tilastollisesti laskemalla käyttämällä mm. eksponenttijakaumaa, Gaussin jakaumaa tai Weibullin jakaumaa. Käytännön työssä laitoksissa laskentaa ei tehdä. Toinen tapa seurata laitteiden kuntoa on muodostaa niille kunnossapito- ja käyttöhistoriaa. Historiatietoja tulee viedä kunnossapitojärjestelmään, josta ne voidaan ottaa analysoitavaksi ja niiden avulla voidaan tehdä arvioita laitteiden kulumisesta ja vikaantumistaajuuksista.



Kuva 12. Vikataajuudet ja tyypilliset vika-alueet, ns. kylpyammekäyrä

Kuvan 12 käyrästä voidaan tehdä johtopäätös, että laitteiden huoltotoimenpiteitten tekeminen varhaisvikojen ja loppuun kulumisen välillä on tehtävä harkiten. Huolto aiheuttaa koneissa ja laitteissa aina riskin

vikaantumiselle. Vikataajuuksia voi esiintyä myös muulla todennäköisyydellä, kuin kuvassa esitetyllä tavalla.

Huoltosuunnitelmia tehtäessä tulee muistaa, että kunnossapitovelkaa ei saa synnyttää. Kunnossapitovelka aiheuttaa pidemmällä tarkastelujaksolla käyttövarmuuden heikkenemistä tai kunnossapitotöiden kasautumista.

Laitteiden vikaantumista seurataan mittaava kunnossapidon menetelmin. Mittaava kunnossapito seuraa laitteiden kuntoa jatkuvasti ja raportoi kunnossapitoa ja tuotantoa laitteiden kunnosta. Jos mittauksissa havaitaan poikkeamia normaaliin tilaan, raportti annetaan heti ja poikkeama otetaan tehoseurantaan.

Mittaavan kunnossapidon menetelmiä ovat mm. seuraavat toimenpiteet:

- värinän mittaus; normaalit värinat tai emissioon perustuvat menetelmät
- lämpökuvaus; sähkökeskukset, laakeroinnit, vuodot
- paksuusmittaukset; putkistot, säiliöt, kulutuskiskot jne.
- tunkemanestemittaukset
- endoskopia; tyhjiöpumput, turbiinit jne.
- ultraäänimittaukset
- öljyanalyysit; hydraulikkaöljyt, vaihteistoöljyt
- jännitemittaukset
- painemittaukset
- lämpötilamittaukset
- tehon mittaukset
- momenttimittaukset

Käyttövarmuutta voidaan parantaa myös käyttämällä redundanssia. Redundanssilla tarkoitetaan, että järjestelmään on liitetty ylimääräinen elementti, jonka tarkoituksena on suorittaa samanlaisen elementin toiminto. Redundanssia käytetään yleisesti turvallisuuden liittyvissä järjestelmissä esim. TLJ-piireissä.

Myös koneita on kytketty redundantisesti. Esimerkkinä kattilalaitoksen syöttövesipumput, joita usein asennetaan kolme pumppua rinnan. Pumppuja käytetään kuitenkin vain kahta ja kolmas on varalla mahdollista käyttöhäiriötä varten.

Tulevaisuudessa uusia laitoksia rakennettaessa voidaan käyttövarmuutta parantaa kriittisiä kohteita kahdentamalla. Tässä pitää kuitenkin käyttää harkintaa, ettei tule kalliita ja monimutkaisia ratkaisuja. Myös riskejä voidaan hyväksyä harkitusti.

Joidenkin laitteiden kohdalla voidaan käyttää ohitusmahdollisuutta. Ohitukset laitteilla voivat olla kuitenkin vain väliaikaisesti käytössä, koska ne aiheuttavat tuotannon alenemisen tai laadun heikkenemisen tuotteessa.

Eräänä keinona käytetään osastojen välisiä välivarastoja. Nämä varastot oikein käytettynä antavat mahdollisuuden osastokohtaisiin seisokkeihin tai vikakorjauksiin. Välivarastot ovat kuitenkin varsin pieniä ja niiden antama aikahyöty on rajallinen.

3.2.4 Elinkaarihallinnasta kunnossapidon näkökulmasta

Kuvassa 13 on esitetty Laitoksen elinkaari kunnossapidon näkökulmasta. Elinkaariajattelu kunnossapidossa tukee hyvin asiakkaan näkemystä laitoksen elinkaaresta, joka on esitetty kappaleessa 3.1.



Kuva 13. Elinkaariajattelu kunnossapidon näkökulmasta

3.3 Elinkaarikustannusten hallinta

Kunnossapitokustannukset ja tuotannon menetyskustannukset

Laitoksen kunnossapitokustannuksia optimoitaessa tulee arvioida kunnossapitokustannusten ja tuotannon menetyskustannusten välistä suhdetta. Optimikustannusten arvioinnissa prosessiteollisuudessa tulee huomioida laitoksen kokonaistehokkuus. Laitoksen käytettävyys on kunnossapidon kannalta tärkein mittari, mutta kustannusten arvioinnissa laadusta ja tehokkuudesta aiheutuneet tuottomenetykset ovat myös merkittäviä. Käytännössä kokonaistehokkuuden heikkenemisen kautta saavuttamatta jääneet tuotot ovat huomattavan paljon suuremmat kuin kunnossapitokustannukset. Kustannuksiin on kuitenkin helppo kiinnittää huomiota. Kunnossapitokustannukset eivät kuitenkaan voi olla mahdollisten tuotannon menetysten perusteella kasvattaa. Laitteistojen investointi-, käyttö-, seisokki- ja kunnossapitokustannusten määrittämisessä kustannuskriittisten tekijöiden tunnistaminen on tärkeää. Kustannuksia voidaan arvioida vertaamalla

niitä muihin samantyyppisiin laitoksiin ja käyttämällä vertailukohtana tehokkaimpia vastaavia laitoksia. Vertailuissa tulee ottaa huomioon kokonaistehokkuusluvut ja vertailukelpoiset kunnossapitokustannukset. Kustannusvertailuissa voidaan käyttää absoluuttisia kokonaiskustannuksia. Ne eivät useinkaan anna oikeata kokonaiskuvaa tilanteesta, koska laitokset ovat aina eri elinkaarivaiheessa ja toisaalta tekniset ratkaisut ovat erilaiset. Siksi vain suora kustannusvertailu ilman teknistä tuntemusta voi antaa väärän kuvan laitoksen kunnossapidon kustannustehokkuudesta.

Kustannuksia voidaan verrata mm. seuraavilla tunnusluvuilla: €/tuotettu yksikkö tai €/laitoksen jälleenhankinta-arvo. Nämä antavat laitoksen kustannustasosta vertailukelpoisen kuvan.

Tuotantokapeikoiden avartaminen kunnossapidon keinoin

Kunnossapidon keinoin voidaan vaikuttaa tuotantoprosessin tuotantokapeikoiden avartaminen laitoksen elinkaaren aikana. Tuotantokapeikoiden ja pullonkaulojen avartaminen parantaa tuotantoprosessin kokonaistehokkuutta, koska prosessi ei voi tuottaa enempää, kuin prosessin pullonkaula tai kapeikko tuottaa. Tuotannon ja kunnossapidon tulee löytää prosessin pullonkaula ja huolehtia siitä, että prosessi tuottaa vähintään tämän pullonkaulan saneleman maksimituotannon. Tunnistetulle pullonkaulalle laaditaan avarrussuunnitelma, jolla avataan ja nostetaan kapasiteetti muun prosessin tasolle. Keinoina avartamiselle ovat mm. investoinnit ja parantava kunnossapito. Avarrus- ja tehostussuunnitelmaa laadittaessa suunnitelman tekoon tulee osallistua tuotannon, kunnossapidon ja laitesuunnittelijan edustajat.

Parantava kunnossapito

Prosessilaitoksen kapasiteettia voidaan kasvattaa pienin toimenpitein laitoksen elinkaaren aikana eli parantavan kunnossapidon keinoin. Kehittävä toiminta tulee olla suunnitelmallista ja jatkuvaa. Kehitystoimenpiteet tulee suunnata prosessin tutkimustoimintaan, toimintatapojen kehittämiseen, parantavaan ja ennakoivaan kunnossapitoon, häiriöiden poistamiseen, pieninvestointeihin ja

organisaation oppimiseen. Kehityskeskiseen toimintaan päästään, kun laitoksen käyttövarmuus on saatu riittävän varmalle tasolle ja häiriöt minimoitua. Viat, vauriot, häiriöt, jne. kumuloivat laitteisiin ja prosessiin lisää vikoja, vaurioita tai häiriöitä. Muutostilanteissa prosessia ja laitteita pysäytellään, jarrutetaan, käynnistetään, kiihdytetään, muutellaan annostuksia ja energiansyöttöä, jne., jolloin erilaiset kuormitukset vaihtelevat helposti yli laitteiden sen hetkisen kestokyvyn. Myös käyttövirheitä sattuu muutostilanteissa helposti. Vastaavasti, kun prosessi ajaa tasaisesti ja täydellä kuormalla, sen asetuksiin ei pitäisi mielellään koskea. Hyvä ajotilanne kumuloi hyvää tuotantoa. Tällöin myös opitaan tuntemaan todelliset prosessin pullonkaulat 'kestävä tuotannon taso' eli taso, jolla kaikki laitteet vielä pystyvät läpäisemään tuotantomäärän hyväksytysti, mutta prosessi ei vielä häiriinny tukkeutumisen, likaantumisen tms. ylisuorittamisesta johtuvan syyn vuoksi. Aina pitäisi pyrkiä aiempaa parempaan suoritukseen, tässä yhteydessä korkeampaan tuotantotasoon. Jatkuvana toimintamallina tämä johtaa aina lopulta prosessin häiriintymiseen, ehkäpä alasajoonkin, ja siten tuotantomenetykseen. Toisaalta suunnitelmallisesti toteutettu, dokumentoitu ja analysoitu "ennätysjahti" voi antaa arvokasta tietoa prosessin suorituskyvystä, häiriintymisherkkyydestä ja parantamismahdollisuuksista. Laitoksen elinkaaren aikana tämä menetelmä johtaa kuitenkin positiiviseen lopputulokseen ja parempaan elinkaaren aikaiseen tuottoon.

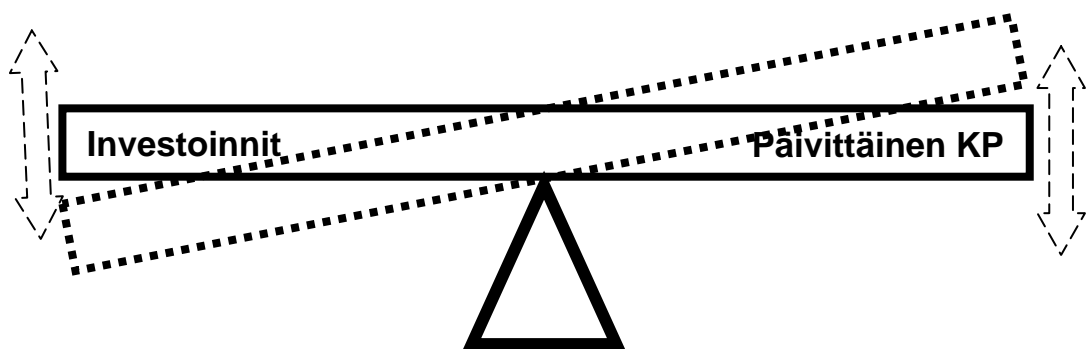
Päivittäiset ja investointiluonteiset kunnossapitokustannukset

Prosessilaitoksen elinkaaren aikaiset kunnossapitokustannukset voidaan jakaa kahteen osaan. Osat ovat päivittäisen kunnossapidon kustannukset ja investointiluonteiset suuret, laitoksen tuotannon ja käyntivarmuuden ylläpitävään kunnossapitoon liittyvät perushuoltokustannukset. Nämä kustannukset tulisi pitää pitkällä ajanjaksolla tasapainossa ja hyvällä sekä pitkäjännitteisellä suunnittelussa kurissa. Kunnossapidon kustannusten suhteellinen osuus tuotekustannuksissa tulee hyvin hoidetulla ja suunnitellulla kunnossapidolla vähentyä.

Päivittäisiä ja investointiluonteisia kustannuksia voidaan kuvata ns. ”kiikkulautamallilla”, kuva 14. ”Kiikkulauta” tulisi pitää mahdollisimman hyvin tasapainossa. Kustannusjako ja toimintamalli päivittäisten kunnossapitokustannusten, kalliiden perushuoltokustannusten sekä parantavan kunnossapitokustannusten välillä tulee aina sopia tarkasti asiakkaan kanssa ennen uuden laitoksen käyttöönottoa tai vanhan laitoksen kyseessä ollessa, ennen kunnossapidon kehitystoiminnan aloitusta.

Kustannusten oikealla suunnittelulla, kohdentamisella ja ohjaamisella voidaan laitoksen tehokkuus ja käyttövarmuus ylläpitää ja sitä voidaan myös parantaa. Keskeisiä parannusmahdollisuuksia ovat parantavalla kunnossapidolla aikaansaavat laiteparannukset ja tuotantokapeikoiden avaukset. Mitään kunnossapidon osa-aluetta ei saa laiminlyödä, ettei synny ns. kunnossapitovelkaa. Jos kunnossapitovelkaa syntyy, maksaa se usein myöhemmin moninkertaisesti alkuperäisiin kustannuksiin verrattuna tuotannon menetyksinä ja korkeampina kunnossapidon kustannuksina.

Turvallisen käynnissäpidon varmistamiseksi prosessilaitteiden kunnontarkastuksia on syytä tehdä jatkuvasti ja suunnitelmallisesti. Tästä on hyötyä paitsi kunnossapidon myös investointi- ja korjaussuunnitelmien laadintaa varten.

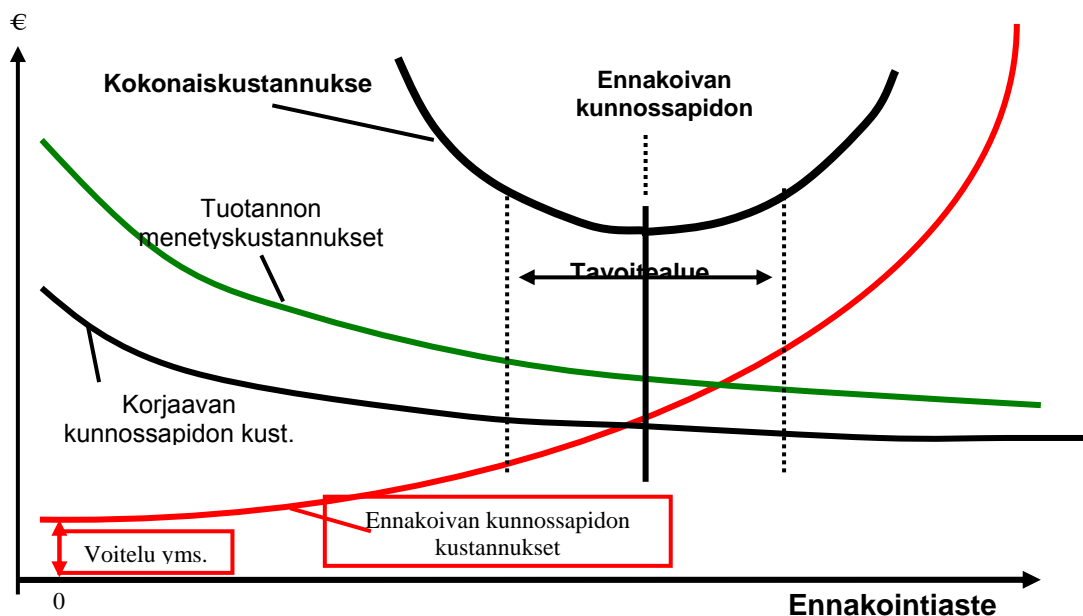


Kuva 14. Kustannustasapaino perushuoltotyyppisten investointien ja päivittäisten kunnossapitokustannusten välillä tulee pitää mahdollisimman hyvin tasapainossa.

Päivittäisen luotettavuuskeskeisen kunnossapidon kustannusten optimointi on tärkeää. Oikea kustannustaso löytyy laitoksen elinkaaren ensimmäisten vuosien aikana. Liiallinen panostus johonkin kunnossapidon kustannuslajiin lisää kokonaiskustannuksia ja vastinetta parempana käytettävyytenä ei enää kuitenkaan saada. Lisähaastetta laitoksen elinkaaren aikana tulee siitä, että elinkaaren aikana kustannuksia pitää ohjata vaihtelevasti painottaen eri kunnossapidon kustannuslajeille.

Ennakoivan kunnossapidon vaikutukset kustannushallintaan

Ennakoivaan kunnossapitoon panostaminen luo pohjaa myös perushuoltojen suunnitteluun. Laitoksen tuntemuksen lisääntyessä voidaan laitteiden kuntoa pitkällä aikavälillä ennustaa entistä tarkemmin. Mittaavat ja tutkivat menetelmät ovat tässä työssä erittäin tärkeitä. Mittaavia ja tutkivia menetelmiä ovat paksuusmittaukset, värähtelyyn perustuvat mittaukset, endoskooppitarkastukset ja muut NDT menetelmiin liittyvät tarkastukset. Tarkastushistorian kirjaaminen ja analysointi ovat kunnossapidon suunnittelun kannalta keskeisen tärkeitä. Ne antavat perusteet jatkuvalla suunnitelmalliselle kunnossapitotoiminnalle, kuva 15.



Kuva 15. Ennakoivan kunnossapidon vaikutukset kunnossapidon kokonaiskustannuksiin.

Käytännön malli kalliiden perushuoltokustannusten hallinnasta

Botnian Joutsenon tehtailla päivittäisen kunnossapidon lisäksi suunnitellaan perushuolto kunnossapitoa erikseen normaalista päivittäisen kunnossapidon suunnittelusta. Tehtaalla tästä suunnittelusta käytetään nimitystä suurkorjaukset. Suurkorjauksiin lasketaan kaikki yli 40 000 € maksavat korjaukset ja huollot. Suurkorjaukset pyritään suunnitelmallisesti ohjaamaan ensisijaisesti käyttövarmuutta parantaviin huoltoihin ja korjauksiin. Suurkorjaukset suunnitellaan ja budjetoidaan mahdollisimman tarkasti vuosijaksojen aikavälillä. Lisäksi suunnittelu tehdään kolmen vuoden PTS suunnitteluna, jotta voitaisiin tehdä myös arviointia hieman pidemmällä ajanjaksolla tulevista töistä. Huolloista osa on melko säännöllisesti tapahtuvia, joskin puhtaaseen määräaikaishuoltoon ei suurissa huolloissa kuitenkaan mennä. Tukena suurkorjausten toteutusajankohtia suunniteltaessa käytetään seurantamittauksia ja tarkastustoimintaa. Seurantamittauksilla voidaan arvioida kulumisen nopeus ja melko hyvällä todennäköisyydellä voidaan ennustaa seuraavat huolto- ja korjausajankohdat. Tarkastustoiminnassa käytetään perinteisiä NDT menetelmiä. Tarkastuksista tehdään raportteja, joiden perusteella voidaan seurata esimerkiksi säröjen kasvua ja määrää. Näiden avulla voidaan tehdä myös huoltopäätöksiä. Lisäksi seurataan laitteiden historiatietoja omista järjestelmistä. Laitoksen elinkaaren aikana alkaa tulla selkeitä syklejä, joiden perusteella voidaan huoltovälejä suunnitella. Laitteiden suunnittelijan keräämää tietoa laitteiden huoltoväleistä kerätään ja heidän suosituksia huoltoväleistä hankitaan.

Laitteiden huoltoväleihin vaikuttavat ratkaisevasti myös laitoksessa toteutettava prosessi ja kuormitustaso. Prosessiin voi tulla epäpuhtauksia, esim. hiekkaa, jotka kiihdyttävä kulumista. Kemiallisessa prosessissa voivat myös kemikaalien määrät tai alkalitasot vaihdella niin, että kulumista tai korroosioita tapahtuu voimakkaasti ja joudutaan huoltovälejä lyhentämään tai kasvattamaan. Joskus voidaan kemikaalien määriä kasvattamalla parantaa tuotteen laatua ja muuttaa harkitusti huoltovälejä lyhyemmiksi. Tällöin tehdään aina taloudellinen tarkastelu, jonka perusteella tehdään päätöksiä. Myös prosessin

kuormitustietoja pitää seurata kunnossapitotietojen rinnalla. Prosessissa olevien laitteiden nopeuksilla ja mm. momenteilla on ratkaiseva merkitys huoltoväleihin. Prosessiteollisuudessa tulee kunnossapitotietoja ja prosessitietoja pitää aina verrata toisiinsa. Näin saadaan perusteltua tietoa kunnossapidon suunnitteluun. Toteutettavien suurkorjausten yhteydessä tehdään mahdollisuuksien mukaan aina parannuksia laitteisiin. Tyypillisesti voidaan parantaa mm. pinnoituksia uusilla kehittyneemmillä pinnoituksilla tai laitteen konstruktioita voidaan muuttaa siten, että se kestää paremmin tai sen prosessitekniset ominaisuudet paranevat.

Suurkorjausten lisäksi tehtaalla suunnitellaan vuosittain toteutettavia operatiivisia investointeja. Näillä ensisijainen tavoite on avata tehtaassa olevia ”pullonkauloja” ja tehostaa sekä varmistaa prosessia. Myös kustannustehokkuuden parantaminen on tärkeä tavoite. Myös elinkaarensa päähän tulleet yksittäiset laitteet korvataan investoimalla uusiin laitteisiin.

Suurkorjauksien ja investointien kustannuksia voidaan periaatteessa määrittellä kahdella tavalla. Ensimmäinen tapa on budjetoida ja toteuttaa kustannuksia suunnitelmien pohjalta. Tämän tavan ongelmaksi tulevat kuitenkin suuret eroavaisuudet eri vuosien välillä.

Toinen tapa on antaa vuosittainen kustannusraami etukäteen (esim. X prosenttia liikevaihdosta) ja sen pohjalta tehdä suunnitelmat siten, että raamissa pysytään. Tämän mallin etuna on tasainen kustannushallinta. Haittana on suurkorjausten ja operatiivisten töiden priorisointi. Tämä saattaa johtaa melko suureen riskin ottoon erityisesti suurkorjauksissa. Jos riskit tunnetaan, voidaan niiden kanssa kuitenkin tulla toimeen.

Toiminnassa voi aina tulla myös arvaamattomia korjauksia. Suurkorjauksiksi voivat tulla tulopalojen, räjähdysten tai muiden arvaamattomien tapahtumien seuraamusten korjaaminen. Myös ennalta arvaamaton kuluminen, prosessista johtuva paineisku, jännitepiikki tai muu sen tapainen tapahtuma voi aiheuttaa suurkorjauksen.

Menettelytapa suurkorjausten ja operatiivisten investointien hallinnassa on seuraava:

- Suurkorjauksia kerätään suurkorjausvastuuhenkilön toimesta listalle. Listalla esitetään korjauksen/huollon kohde, sen kustannusarvio ja toivottu toimenpiteen ajankohta
- Sovittuna ajankohtana lista käydään asianautioiden toimesta läpi ja työt priorisoidaan ja kustannusarviot tarkennetaan. Vuosisuunnitelmassa huomioidaan sovittu kustannusraami. Liitteessä 3 on esimerkki suurkorjaus- ja operatiivisten investointien PTS suunnitelmasta kolmelle vuodelle.
- Suunnitelmaan sisällytetään myös mahdollisimman hyvällä tarkkuudella kolmen vuoden arvioidut suurkorjaukset.
- Kun suurkorjauksen toteutus tulee ajankohtaiseksi, sille anotaan erikseen aloituslupa tehtaan johdolta. Eesityksessä mainitaan kunkin työn vastuuhenkilö, lyhyt perustelu tehtävälle työlle, aikataulu ja kustannusarvio tarkennetaan sekä eritellään eri kustannusmomenteille.
- Aloitetulle suurkorjaukselle avaa suurkorjausten vastuuhenkilö kunnossapitojärjestelmään työnumeron. Työnumerolle kerääntyvät kaikki työ-, materiaali- ja alihankintakustannukset.
- Suurkorjausvastuuhenkilö seuraa suurkorjauksia jatkuvasti. Keskeisimmät tehtävät ovat seurata toteutuvia kustannuksia ja aikataulua. Mikäli kustannukset eivät pysy arvioiduissa kustannuksissa, selvitetään välittömästi syy siihen ja tehdään tarvittavat toimenpiteet. Liitteessä 4 on suurkorjausten seurantataulukko, jolla hallitaan tehtäviä töitä ja ennustetaan kustannuksia. Taulukko tarkastetaan ja päivitetään vähintään kerran kuukaudessa.
- Suurkorjausten vastuuhenkilö tekee vuodenvaihteessa kalenterivuoden aikana tehdyistä suurkorjauksista yhteenvedon ja raportin johdolle. Suurkorjauksista, joiden toteutunut budjetti poikkeaa alkuperäisestä budjetista merkittävästi, tehdään kustannusten jälkilaskelma ja selvitetään poikkeaman syyt.

Suurkorjausten hallintamenettelyä voidaan käsitellä toimintaprosessina. Prosessia tulee jatkuvasti kehittää ja näin suurkorjausten hallintaa parantaa. Näin päästään hallitun toiminnan kautta etukäteen hyvin ennustettuihin kustannuksiin.

Pidempiaikainen suurkorjausten seuranta johtaa töiden oikeaan ajoitukseen ja myös ennustettavampaan kustannushallintaan. Myös erittäin suuret suurkorjaukset osataan ajoittaa paremmin. Tällaisesta esimerkkinä mainittakoon turbiinin ja generaattorin revisiot, joiden huoltoväli on tyypillisesti kuusi – kahdeksan vuotta ja kustannus useita satoja tuhansia euroja. Lisäksi tämänkokoisten huoltorevisioiden suunnittelu pitää aloittaa noin vuotta ennen varsinaista toteutusajankohtaa, koska varaosilla on pitkät toimitusajat ja resurssit pitää varata riittävän ajoissa.

Elinkaarimallin ja -johtamisen edut asiakkaalle (tuotanto) ja kunnossapidon toteuttajalle

Elinkaarimallin hyödyt asiakkaalle eli tuotannolle ovat:

- Asiakkaan ei tarvitse hankkia kaikkea omaisuutta omaan taseeseensa / varaosat ja kunnossapidon tarvikkeet kuuluvat sopimuksen piiriin
- Elinkaarivastuun tuoma laatutakuu. Sopimuksissa voi olla mukana kannustimia, jotka takaavat molemmille osapuolille hyötyjä
- Yritysmaailman innovatiivisuus ja kehitys heti asiakkaan hyödyksi
- Yritysten tehokkuus hyödynnettävissä
- Tekniset innovaatiot ja tuotekehittely nopeasti käyttöön
- Vähentää riskejä teknologioiden käyttöönotossa
- Kiihdyttää liiketoiminnan uudistumista
- Vapautta resursseja käyttöön muihin mahdollisuuksiin
- Kehityksen kautta saavutetun tasaisemman ja luotettavamman käytettävyyden mukanaan tuoma tasalaatuisempi tuote
- Turvallisuus ja ympäristöystävällisyys

Elinkaarimallin hyödyt kunnossapidon toteuttajalle:

- Pitkä sopimusaika
- Mahdollisuus kehittää uusia toimintamalleja
- Verkottuminen yhteistyökumppaneiden kanssa
- Mahdollisuus hyötyä kannustimista (win – win-tilanne)
- Mahdollisuus kehittää toimintaprosesseja ja tuotteita

4 SUUNNITTELUN VAIKUTUS KUNNOSSAPITOON

Tehtaiden suunnittelu- ja hankintavaiheessa ei elinkaarikustannuksia ole kovin voimakkaasti otettu huomioon. Suunnittelua on tehty pääsääntöisesti valmistuksen ja asennuksen ehdoilla, ei kunnossapidon ja käytön näkökulmasta. Viime aikoina myös tehtaiden suunnittelu- ja hankintavaiheessa tehtaiden elinkaari on ruvettu ottamaan paremmin huomioon. Perinteisesti on ajateltu, että kaikki viat takuuajana korjataan takuuseen. Takuuajojen päätyttyä siirrytään normaaliin kunnossapitoon. Laitteiden huolto ja vikaseuranta tulee kuitenkin aloittaa heti käyttöönotosta. Vain vikakorjaukset kuuluvat takuun piiriin.

Laitoksen elinkaarikäsite teknisessä suunnittelussa (yhteenveto haastatteluista)

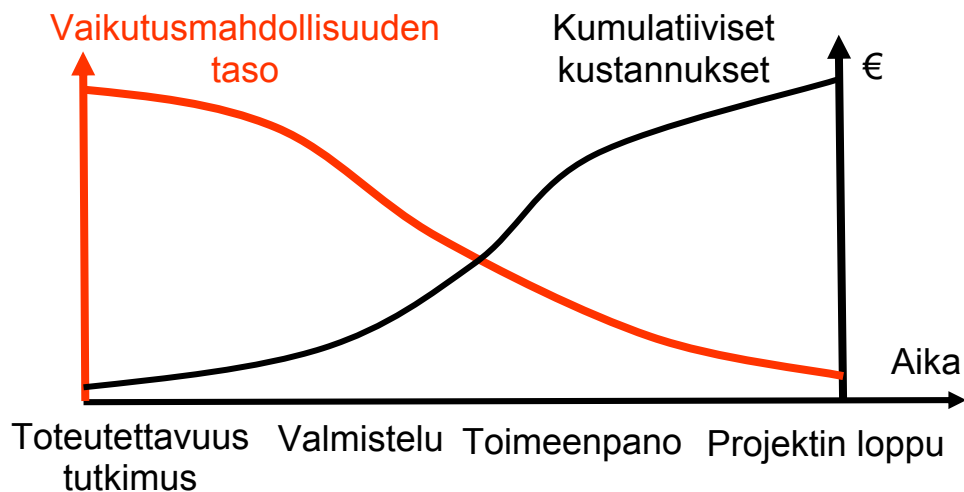
Elinkaari alkaa laitoksen toteutettavuustutkimuksella (feasibility study). Tämän jälkeen tehdään laitoksen esisuunnittelu, jolla tarkennetaan mahdollisen toteutuksen kustannukset, aikataulu ja tekniset ratkaisut. Lopullisen toteutus päätöksen jälkeen tehdään toteutussuunnittelu, laitoksen käyttöönotto ja varsinainen käyttövaihe. Laitoksen elinkaari katsotaan päättyvän, kun laitos lopettaa toimintansa ja laitteet romutetaan.

Laitteiden osalta elinkaari suunnittelun mielestä alkaa, kun laitteet tilataan ja niiden suunnittelu käyttökohteeseen alkaa.

Suunnitteluvaiheessa laitteelle annetaan laitenumero eli 'laitteen sosiaaliturvatunnus'. Tällä tunnuksella laitteen käyttöä voidaan seurata aina sen romuttamiseen saakka. Laite voi palvella useissa eri kohteissa, tehtävissä ja jopa laitoksissa ns. "second hand" laitteena. Standardin määritelmän mukaan laitteella alkaa uusi käyttöikä, jos se siirretään uuteen kohteeseen ns. "second hand" laitteiksi.

Suunnittelussa voidaan vaikuttaa tehtaan kunnossapito ja käyttökustannuksiin merkittäväällä tavalla. Investointiprojektin aikana voidaan teknisiin kustannuksiin vaikuttaa oheisessa kuvassa 16 esitetyllä tavalla. Projektin alkuvaiheessa vaikutusmahdollisuuden ovat suuret suhteessa projektissa käytettyihin kustannuksiin.

Projektivaiheessa voidaan myös vaikuttaa merkittävästi laitoksen käynnin aikaisiin kunnossapidon kustannuksiin. On arvioitu, että jopa 65% laitoksen käynninaikaisista kunnossapitokustannuksista määräytyy jo suunnitteluvaiheessa /9/. Laitoksen tulevien kunnossapitäjien tai muiden kunnossapidon ammattilaisten tulisikin olla mukana vahvemmin projektin suunnitteluvaiheessa. Mahdollisuus vaikuttaa suunnitteluvaiheessa elinjaksokustannuksiin ovat suunnittelukatselmukset ja hankintavaiheen dokumentteihin kunnossapidon näkökulman liittäminen.



Kuva 16. Kuvassa esitetään vaikutusmahdollisuuksien suhdetta rahan käyttöön investointiprojektin aikana

Työhön liittyen haastateltiin suunnittelijoita, jotka osallistuvat laitteiden ja laitosten investointien aikaiseen suunnitteluun. Liitteessä 5 on kysymyssarja ja haastatteluiden tulokset elinkaarimallista suunnittelussa kunnossapidon näkökulmasta.

Haastatteluilla on pyritty selvittämään, kuinka laitoksen ja laitteiden suunnittelussa tunnetaan ja otetaan huomioon kunnossapidon tarpeet ja vaatimukset. Lisäksi on tutkittu suunnittelun tietoa kunnossapidosta ja sen tarpeista.

Haastattelujen tuloksista tehtyjä johtopäätöksiä

Suunnittelussa ei tietoisesti huomioida laitosten luotettavuutta. Laitetasolla luotettavuuskeskeisyys on paremmin tunnettu asia. Suunnitteluvaiheessa ei ole tapana huomioida laitteiden kriittisyyttä, viimeaikoina kriittisyystarkastelut ovat tulleet mukaan varaosahankintojen näkökulmasta tehtynä. Myöskään redundanssia eli kahdennuksia ei huomioida suunnitteluvaiheessa kovin merkittävästi. Tosin asiakkaat eli laitosten investoijat eivät ole olleet halukkaita investoimaan kahdennuksiin. Tulevaisuuden pitkät

ajojaksot ilman huoltoseisokkeja saattavat muuttaa tilannetta. Seisokkivälien kasvaminen ei myöskään ollut kovin tunnettu asia suunnittelussa. Laitesuunnitteluun pidentyvät seisokkivälit tulevat vaikuttamaan jatkossa, kun laitteilta vaaditaan entistä pidempiä luotettavia ajojaksoja.

Laitteiden toimintavarmuus, huollettavuus ja kunnossapidettävyys otettiin huomioon jossain määrin, mutta enemmänkin vakiintuneiden käytäntöjen ja ”terveen maalaisjärjen” kautta, kuin systemaattisesti tiedostaen. Suunnitteluohjeistuksissa ei näitä asioita aktiivisesti huomioida.

Viimeaikoina ovat laitteiden kunnonvalvontaan tulleet yhteet, anturat jne. lisääntyneet. Tulevaisuudessa laiteiden kunnonvalvontaa tullaan yhä enenevässä määrin tekemään etävalvontoina ja mm. värähtelytietoja siirretään tietokoneiden valvontaan ja analysoitaviksi. Vikojen havaittavuuteen on ruvettu kiinnittämään entistä enemmän huomiota ja se on otettu melko hyvin huomioon suunnittelussa.

Laitteet ovat suunniteltu mahdollisimman pitkälle modulaarisiksi ja siten niiden korjausaikoja voidaan lyhentää ja varaosamääriä vähentää. Laitossuunnittelupuolella modulaarisuus on vähemmän tunnettu asia.

Ennakkohuollon tuntemus suunnittelupuolella on melko vähäistä. Suunnittelijat eivät tunne, kuinka ennakkohuollon reitit ja reittityöt laaditaan eivätkä tiedä ennakoivan kunnossapidon toimenpiteitä ja tavoitteita. Laitesuunnittelussa joitain huomioita tehdään, mm. mittarit ryhmitellään yksiin paikkoihin, mutta muuta syvällisempää ennakkohuollon tuntemusta ei ole. Ennakkohuollon suunnitelmat ja reitit laaditaan laitoksien käyttöönottovaiheessa kunnossapidon henkilöstön toimesta. Suunnitelmiin käytetään apuna laitetoimittajien ennakkohuoltosuunnitelmia, jotka ovat yleensä

melko vajavaisia ja ne joudutaankin käytännössä aina tekemään uusiksi laitoksen käyttöönoton jälkeen ja viimeistään takuuajan päätyttyä. Ehkäisevän kunnossapidon tarpeita tunnetaan heikosti. Laitetoimittajalta voidaan saada ohjeita esimerkiksi öljyjen vaihtoon, mutta muutoin ehkäisevä kunnossapito on tuntematonta aluetta.

Turvallisuus huomioidaan suunnittelussa niiltä osin kun se on lakien, asetusten ja vaatimusten mukaisesti tehtävä. Suunnittelu ei saa palautetta vaaratilanteista eikä ”normaaleista” tapaturmista. Tästä syystä vaaratilanteista ja tapaturmista saatu oppi ei saavuta suunnittelua. Suunnittelu huomioi suunnittelun aikana asiakkaalta saatuja ohjeita ja vinkkejä turvallisuudesta, mutta systemaattisesti tätäkään työtä investointiprojekteissa ei tehdä. Vakavimmista tapaturmista palautetta saadaan ja niistä saatu oppi huomioidaan suunnittelussa. Automaatiosuunnittelussa Turvallisuuteen liittyvät järjestelmät eli TLJ, on tuttu ja se huomioidaan aina tarvittaessa suunnittelussa.

Puhtaus ja siisteysvaatimukset otetaan etenkin laitesuunnittelussa huomioon ja niitä pidetäänkin myyntivalttina. Laitossuunnittelussa puhtaus- ja siisteysvaatimukset eivät ole kovin tunnettuja. Laitepuolella myös ulkoiset vaatimukset, kuten ulkona olevat laitteet tai ilman epäpuhtaudet, otetaan hyvin huomioon.

Automaatio- ja laitossuunnittelussa ovat ATEX vaatimukset tunnettuja, massatehtaan laitesuunnittelijoille ne ovat tuntemattomia.

Laitossuunnittelussa PED on tuttu, mutta automaatiosuunnittelussa ja massatehtaan laitesuunnittelussa se on tuntemattomampi.

Uuden kemikaalilain mukanaan tuomat vaatimukset eivät ole tunnettuja. Esimerkiksi putkistojen ennakkohuoltovaatimuksia ei oteta huomioon suunnitteluvaiheessa.

Laitesuunnittelussa laitteiden kuormittuminen otetaan aina huomioon. Komponenttien käyttöikä lasketaan ja tehdään arvioita huoltoväleistä etenkin kuluvien osien kohdalla. Laitos- ja automaatiosuunnittelussa kuormituksia huomioidaan melko heikosti.

Suunnittelun aikana tehdään suunnittelukatselmuksia. Katselmuksiin osallistuvat yleensä asiakkaan määrittelemät osapuolet, yleensä katselmuksiin osallistuvat ensisijaisesti asennus- ja valmistushenkilöstö. Suunnittelijat toivovat, että myös kunnossapito olisi mukana katselmuksissa. Katselmusten ajankohdat on sovittava tarkoin ja ne on myös merkittävä aikatauluihin, jotta niiden kautta voidaan vaikuttaa myös suunnittelun toteutukseen. Väärin ajoitetut katselemukset voivat johtaa vaikeisiin ja kalliisiin muutoksiin suunnittelussa ja toteutuksessa.

Suunnittelijat eivät tunne systemaattisesti laitosten tärkeimpiä tunnuslukuja kuten käytettävyys tai tuotanto. He eivät myöskään tunne laitosten kustannuksia kuten kunnossapitokustannuksia.

Yleisesti voidaan sanoa, että suunnittelu saa heikosti palautetta käyvästä laitoksista. Palautteen saanti on paljolti kiinni henkilökohtaisista kontakteista. Myös laitosten käyttöönottojen jälkeen jonkin aikaa tietoa saadaan, mutta pidempiaikainen yhteydenpito on harvinaisempaa. Jos tietoa suunnitteluun saadaan ja sillä on merkitystä suunnitteluun, se myös aina huomioidaan suunnittelussa. Suunnittelu ei tunne laitosten vikahistorioita tai käyttötilannetietoja ja ei siksi voi näiden perusteella tehdä johtopäätöksiä. Joiltain osin laitesuunnittelijat tuntevat laitteiden vikahistoriaa, mutta vain kriittisimmiltä osin.

Edellä läpikäytyjen suunnittelijoiden haastatteluihin perustuvien johtopäätösten perusteella voidaan todeta, että suunnittelun tulisi olla enemmän tietoisia käytön- ja kunnossapidon tarpeista ja vaatimuksista. Näin tulisivat koko laitoksen ja eri laitteiden koko elinkaaren aikaiset käyttö- ja kunnossapitotarpeet paremmin huomioitua ja myös elinkaaren aikaiset kustannukset paremmin huomioitua. Myös suunnittelijat itse toivovat tätä, mutta toistaiseksi sen toteuttaminen on vaikeaa.



Kuva 17. Kuvassa oleva kiekkoseula on nostettu kuorimon yläosista lattialle ja käännetty ylösalaisin, jotta seulan määräväleihin vaihdettavat kiekot saadaan vaihdetuksi. Laite voidaan suunnitella niin, että kiekot ovat mahdollista vihtaa koko laitetta purkamatta. Esimerkki on huonosta kunnossapidettävyyden huomioinnista laitesuunnittelussa.

Viime aikoina tehdashankinnoissa on elinaari ruvettu ottamaan huomioon. Elinkaari voidaan hankinnoissa ottaa huomioon siten, että hankitaan laitteiden tai laitekokonaisuuksien lisäksi huolto ja kunnossapito esimerkiksi kymmeneksi vuodeksi laitteen käyttöönotosta laitetoimittajalta. Tämä on tuonut mukanaan muutoksia suunnitteluun ja siksi jo suunnitteluvaiheessa on

kunnossapidettävyyteen alettu kiinnittää huomiota. Kuvassa 17 on esimerkki kunnossapidettävyyden huomiotta jättämisestä laitesuunnittelussa.

Kunnossapitäjien toiveet ja tarpeet suunnittelulle ovat moninaiset. Siksi kunnossapidon onkin syytä entistä tiukemmin olla mukana suunnitteluvaiheessa. Tällä saavutetaan koko elinkaaren aikaista kustannussäästöä.

Keskeisiä tavoitteita ovat kunnossapidettävyys. Tällä tarkoitetaan laitteiden kuluvien osien tarkkaa määrittelyä ja jo suunnitteluvaiheessa huomioitua vaihtojen helppoutta. Laitteiden rakenteet tulisivatkin olla yksinkertaisia ja helposti kasattavia. Kuluvat osat tulisivat olla standardiosia ja yleisesti markkinoita saatavia osia.

Laitteiden käytön tulee olla helppoa, niiden tulee olla helposti säädettäviä ja niiden käytön ja kunnossapidon tarkkailu tulee olla helppoa. Laitteiden luokse tulee jokaisesta suunnasta olla helppo pääsy. Laitteet tulevat olla myös helposti puhdistettavia ja puhtaana pidettäviä. Laitteet tulevat olla myös suunniteltu turvallisiksi käyttää ja huoltaa.

Laitteista tulisi olla tehty myös käyttövarmuustarkastelu luotettavuuskeskeisiä menetelmiä käyttäen. Hyvänä menetelmänä pidetään RCM tarkastelua. Kunnossapidon keskeisiä tietoja ovat myös käyttöhyödykkeet kuten vesi, ilmasähkö jne. ja niiden määrät ja mahdolliset laatuvaatimukset.

Varaosasuunnittelussa hankintavaiheessa tulee selvittää, mitä varaosia pitää sisällyttää kauppahintaan. Yleisesti varaosista tulee selvittää niiden arvioitu kulutus ja saatavuus. Varaosissa pitää pyrkiä mahdollisimman pitkälle standardivaraosiin.

Laitteiden ja laitoksen dokumentit tulee toimittaa ennen vastaanottoa tilaajan määrittelemässä muodossa, joka nykyään on sähköinen muoto. Dokumenttien

tulee sisältää kaikki tekniset tiedot laitteista. Lisäksi tarvitaan laitteiden ja koko laitoksen piirustukset tilaajan ilmoittamassa muodossa. Jos laitoksesta tehdään 3D-malli, myös se toimitetaan tilaajalle. Laitteista on hyvä saada myös ns. räjäytyskuvat, joiden avulla kokoonpano selviää hyvin. Käyttö- ja huolto-ohjeet toimitetaan sähköisessä muodossa ja myös paperisina mapitettuina. Huolto-ohjeet tulevat sisältää koko elinkaarta koskevat huolto-ohjeet. Laitteiden varaosaluettelot tulee myös toimittaa tilaajalle siten, että niistä ilmenevät myös varaosien kaupanimikkeet. Tuleva kunnossapito siirtää dokumentaation tarkastuksen jälkeen laitoksen kunnossapitojärjestelmään.

Käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön koulutus tulee myös olla hyvin suunniteltu ja dokumentoitu. Laitoksen käynnistyksen aikainen tukipalvelu tarvitaan toimittajilta.

Laitoksen ja prosessien testaukset suoritetaan ennen laitoksen käyttöönottoa ja niihin osallistuu myös kunnossapito. Yhtenä keskeisenä osa-alueena ovat mahdolliset häiriö- ja vikatilanteet ja niistä toipuminen.

Kunnossapito tulee olla mukana laitoksen asennuksessa oppimistarkoituksessa. Myös käyttöön otossa kunnossapidon tulee olla kiinteästi mukana.

Kunnossapidon osaamista ja tieto taitoa projekti- ja suunnitteluvaiheessa pitäisi käyttää seuraavissa asioissa:

- Layout suunnittelu
 - kunnossapitotilojen tarpeet ja sijoitukset
 - sähkö- ja automaatiotilojen tilavaatimukset
 - varastojen tarpeet ja sijoitukset
 - asennus- ja huoltoreitit
- Kunnossapitojärjestelmän suunnittelu
 - Laitoshierarkian määrittely yhdessä tuotannon kanssa
 - Järjestelmän laadinta kunnossapitojärjestelmään
 - tietojen hankinta vienti toimintopaikka- ja laitetasolle

- Varaosatietojen vieni järjestelmään
 - Ennakkohuoltosuunnitelmien laadinta järjestelmään
- Komponenttisuositukset
- Laitesuositukset
- Materiaalisuositukset
- Kunnossapidettävyyysvaatimukset
 - laitteiden huoltotoimenpiteet
 - kuluvien osien vaihdettavuus – seisokkiaikavaatimukset
 - laitteiden huollettavuus, purku ja kasaus, rakenne
 - tarvittavat apulaitteet; hoitotasot, nostopalkit
 - huollon vaatimat tilat prosessiosastoilla, luoksepäästävyys
- Varaosat
- Ennakkohuoltosuunnitelmat
- Ohjausjärjestelmät
- Käytettävyys- ja tuottavuusvaatimukset yhdessä tuotannon kanssa
 - käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan määrä
 - työaikamuoto
 - tavoitotuotanto ja tuotteen laatuvaatimukset
- Tarjouspyyntöjen laadinta kunnossapidettävyyysvaatimusten osalta
- Tarjousten vertailu kunnossapitovaatimusten osalta ja hankintasuositukset perusteluineen
- Sopimusneuvotteluihin osallistuminen
- laitetoimitusten valvonta; aikataulut, teknisen laadun valvonta, vastaanottotarkastukset jne.
- Asennustarkastukset ja asennusvalvonta
- Kunnossapidon suunnittelu projektivaiheessa
 - Resurssisuunnittelu
 - varaosalogistiikka
 - osaaminen ja koulutussuunnittelu
 - ennakoivan kunnossapidon suunnittelu
 - varaosamäärittely

5 TULOSTEN ANALYSOINTI JA POHDINTAA

Tutkittaessa elinkaarikäsitteitä prosessilaitoksen toiminnassa, on olemassa jonkin verran vaihtelua käsitteiden ja termien ymmärtämisessä riippuen, mitä ryhmää kukin edustaa. Esimerkiksi suunnittelijat painottavat elinkaaren suunnitteluvaihetta. Laitetoimittajat näkevät laitteiden elinkaaren ajanjaksona, joka alkaa laitteiden suunnittelusta ja päättyy laitteen romutukseen, sisältäen laitteen mahdollisen uusiokäytön. Prosessien omistajat painottavat laitoksen käynnin aikaista elinkaarihallintaa ja kustannuksia. Myös kunnossapitäjät tunnistavat elinkaaren lähes samoin, kun prosessien omistajat. Suuria käsitte-eroja ei ole, mutta olisi syytä käyttää yhtenäistä käsitteistöä, joka on esitetty luvussa 1.4 ”Termit ja käsitteet”. Elinkaaren aikaisia tehtäviä ja sisältöä kukin ajattelee omalta kannaltaan sekä tarpeidensa mukaan.

Suunnitteluvaiheessa tärkeä asia on minimoida investointikustannukset. Tämä voi kuitenkin johtaa kustannusten nousuun koko laitoksen elinkaaren aikaisissa kustannuksissa johtuen kunnossapidettävyyden huomiotta jättämisestä. Laitoksen omistaja pyrkii myös minimoimaan laitoksen kunnossapitokustannukset. Minimoinnissa piilee aina vaara kunnossapitovelan syntymisestä. Myös kunnossapitäjät pyrkivät minimoimaan laitosten kunnossapitotyöt kustannusten säästämiseksi, mutta kunnossapitäjillä on tavoitteena hoitaa tarvittavat kunnossapidolliset työt siten, että kunnossapitovelkaa ei synny.

Laitoksen elinkaaren hallintaa suunniteltaessa tulee löytää hyvä kunnossapidon toimintamalli sekä keino, jolla voidaan optimoida kustannukset elinkaaren aikana.

Kunnossapito voi edesauttaa merkittävästi prosessilaitoksen arvon ylläpitoa ja toimintatehoa. Se edellyttää hyvää johtamistapaa. Hyvässä johtamistavassa huomioidaan kunnossapidon tarpeet sekä asiakkaan eli tuotannon tarpeet. Johtamisen tulee sisältää päivittäisen kunnossapidon tarpeet eli työnjohdon,

työsuunnittelun, analysoinnin ja kunnossapidollisen strategiasuunnittelun. Päivittäinen kunnossapidon johtaminen suoritetaan varsin hyvin selvitettyssä kohteessa. Kunnossapidon liikkeenjohdollinen johtaminen sen sijaan on heikompaa. Tällä johtamisella tarkoitetaan toimintastrategian luomista, tulevaisuuden visiointia, talousjohtamista ja omaisuuden pitkäjännitteistä sekä suunnitelmallista ylläpitoa eli elinkaarijohtamista. Liikkeenjohdollisessa johtamisessa on vielä paljon kehitettävää. Perinteisessä metsäteollisuudessa se ei ole ollut käytössä kunnossapidossa.

Kun kunnossapitoa lähdetään kehittämään entistä kustannus- ja toimintatehokkaampaan suuntaan, tulee se olla suunnitelmallista ja määrätietoista. Usein hyvätkin kehityshankkeet keskeytyvät osaamisen ja tiedon puutteeseen. Kun päätetään lähteä kehittämään kunnossapitoa, tulee asettaa tavoitteet sekä selvittää nykytilanne. Jotta kehitystä voidaan seurata, määritellään kunnossapidolle mittarit. Mittarit pitää olla kunnossapidon sisäisiä, jolloin niillä voidaan kehittää parhaiten kunnossapidon omaa toimintaa. Tarvitaan myös asiakkaan kanssa yhteisiä mittareita, joilla mitataan tehtaan tai laitoksen kokonaistilan kehitystä. Tutkitussa kohteessa oli hyvin määritellyt mittarit asiakkaan kanssa, niitä seurataan ja niiden mukaan tehdään tarvittavia toimenpiteitä. Sen sijaan kunnossapidolla ei ole yhtään omaa toimintaa seuraavaa mittaria käytössä, joilla voitaisiin omaa toimintaa kehittää. Näitä mittareita tulisi saada käyttöön jotta voidaan toimintaa paremmin seurata ja tehdä johtopäätöksiä toiminnan kehittämiseksi.

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito on systemaattinen ja hyvä tapa hoitaa kunnossapitoa prosessilaitoksessa. Jotta tätä kunnossapitomenetelmää voidaan toteuttaa, tulee tuntea sen perustoimintamallit. Tutkitussa tehtaassa luotettavuuskeskeiset menetelmät olivat käytössä, kuten kriittisyysluokittelu, VVA-analyysi, NDT menetelmät ja mittavaan kunnossapidon muut menetelmät. Tuloksia hyödynnettiin hyvin toiminnassa ja esimerkiksi ennakoimattomat laakeriviat olivat erittäin harvinaisia. Luotettavuuskeskeinen kunnossapitomalli pitää kuitenkin olla jatkuvaa seuraamista ja toimintaa pitää myös analysoida

sekä tehdä tarvittavia johtopäätöksiä sen pohjalta. Tutkitussa kohteessa kriittisille, kalliille ja isoille laitteille syntyy laitehistoriaa. Niiden kulumista seurataan jatkuvasti ja niiden normaalit vikavälit sekä huoltoajonkohdat tunnettiin hyvin. Historiatietoa ei kuitenkaan synny riittävästi laitteistolle. Syynä voidaan pitää SAP-toiminnanohjausjärjestelmän tehotonta käyttöä, häiriö- ja työilmoituksia pitäisi tehdä enemmän. Myös syntynyttä tietoa tulisi analysoida ja analyysien perusteella tehdä kunnossapitostrategioita laitteille, mutta sitä ei juurikaan tehdä muille kuin kriittisimmille laitteille.

Laitoksen elinkaarikustannusten hallinnassa ei käytetä LCP/LCC-mallia. Kunnossapitoa pidetään kustannustekijänä, eikä kunnossapidon mahdollisuuksia hyödynnetä laitoksen tehokkuuden parantamisessa riittävästi. Tämä alue on vähän tutkittua aluetta kunnossapidossa ja kirjallisuudessa löytyy vähän tutkittua tietoa, johon voisi verrata tai perustaa tehtyä tutkimusta. Kunnossapito voi parantaa laitoksen käytettävyyttä ja tuotannon tehokkuutta pieninvestoinneilla ja oikein ajoitetuilla huolto- ja kunnossapitotoimenpiteillä. Pieninvestoinneilla voidaan parantaa laitoksen käytettävyyttä ja pullonkauloja poistamalla voidaan tuotannon tehokkuutta nostaa. Systemaattiset kunnossapidon toimenpiteet ovat hidaskaikuteisia ja kertavaikutuksiltaan pieniä. Pitkällä aikavälillä suunnitelmallinen ja tavoitteellinen toiminta johtaa kuitenkin tehokkaaseen ja luotettavaan tuotantoon. Päivittäisen kunnossapidon ja pieninvestointien kustannukset tulee pitää tasapainossa. Liiallinen kustannusten painottuminen jommallekummalle alueelle ei johda hyvään lopputulokseen. Päivittäisen kunnossapidon laiminlyönti johtaa kunnossapitovelan syntymiseen. Panostus ennakoivaan kunnossapitoon vaikuttaa kunnossapidon kokonaiskustannuksiin. Liiallinen ennakoivan kunnossapidon painotus ei tuo hyötyä kunnossapidolle, mutta optimi ennakoiva kunnossapidon panostus vähentää päivittäisen kunnossapidon kustannuksia. Ennakoivan kunnossapidon optimin määrittäminen on vaikeaa, tutkitussa kohteessa panostus ennakoivaan kunnossapitoon on kuitenkin melko hyvin tasapainossa. Panostus ennakoivaan kunnossapitoon kuitenkin muuttuu laitoksen ikääntyessä

ja siksi ennakoivaa kunnossapitoa pitääkin jatkuvasti kehittää laitoksen ikä ja kunto huomioiden.

Laitoksen suunnitteluvaiheella on merkittävä vaikutus kunnossapidettävyyteen. Työssä tehtyjen selvitysten perusteella voidaan todeta, että suunnittelu ei huomioi riittävästi kunnossapidettävyyttä ja elinkaaren aikaiset kustannukset nousevat tästä syystä. Suunnittelu keskittyy investoinnin tehokkaaseen läpivientiin ja laitteiden valmistuksen tehokkuuteen. Suunnittelun tulisi kehittää omaa kunnossapidon osaamistaan. Myös investoijien tulisi huomioida koko laitoksen elinkaari investointihankintoja tehtäessä.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn päätavoite oli selvittää kunnossapidon mahdollisuudet laitoksen käyttöomaisuuden arvon ja tuottokyvyn ylläpidon tukena elinkaaren aikana.

Toimenpiteinä tavoitteeseen pääsemiseksi käytetään hyvää kunnossapidon suunnittelua ja toteutusta, joilla voidaan käyttöomaisuuden arvoa ja tuottokykyä ylläpitää sekä kehittää. Lisäksi oikein suunnitelluilla kunnossapidon toimenpiteillä voidaan tuotannon kapeikkoja avartaa ja tuotantolaitoksen tehokkuutta nostaa. Toimenpiteet edellyttävät hyviä kunnossapidon toimintatapoja elinkaaren aikana; johtamista, taloutta ja kehitystä.

Työn päätavoitteen mukaisesti selvitettiin kunnossapidon hyviä johtamismalleja, kehittämistä ja talouden hallintaa elinkaaren aikana. Tämä osuus työssä perustui empiiriseen tutkimukseen ja se on kuvattu työssä. Kirjallisuudesta löytyy melko niukasti tietoa tältä alueelta. Kunnossapidon hyvät toimintamallit vaativat suunnitelmallista ja pitkäjänteistä toimintaa. Suunnitelmallisuus perustuu kerättyyn tietoon laitoksesta ja kehitettyihin kunnossapidon toimintamalleihin kuten luotettavuuskeskeiseen kunnossapitoon.

Kirjallisuudessa esitettyihin johtamismalleihin verrattuna toiminta on tutkitulla alueella systemaattista. Kunnossapidon kehittämisessä käytettiin luotettavuuskeskeisiä toimintamalleja. Kunnossapidossa kertyvää tietoa analysoitiin kuitenkin melko vähän ja se ei ollut systemaattista. Elinkaarikustannusten laskennassa ei käytetty LCP tai muutakaan analysointimenetelmää.

Laitoksen käyttöomaisuuden arvon ylläpidon kannalta tärkeää on tuntea ja suunnitella laitoksen elinkaari aina suunnittelusta laitoksen käytön lopettamiseen saakka. Kunnossapidolla ja tuotannolla eli käynnissäpidolla on merkittävä rooli käyttöomaisuuden arvon ylläpidossa. Suunnitelmallinen käyttö ja kunnossapito mahdollistavat laitoksen tehokkaan käytön ja luotettavan käytettävyyden. Suunnitelmalliseen toimintaan päästään opettelemalla laitteiden käyttö, kunnossapidettävyyys ja sen vaatima huolto käyttökohteessa. Suunnitelmallisen kehittämisen tuloksena voidaan laitoksen tuotantokapeikkoja poistaa ja käytettävyyttä parantaa. Kaikki suunnitelmallinen toiminta vaatii pitkäjänteistä opettelua ja kehittämistä.

Käynnissäpidon toimintaa Metsä-Botnian Joutsenon tehtaalla tehdään suunnitelmallisesti ja toimintaa jatkuvasti kehittäen. Kunnossapidon ja operatiivisten investointien suunnittelujänne on pääsääntöisesti kolme vuotta. Suunnittelujänteen pituutta olisi syytä muuttaa vähintään viiteen vuoteen ja tunnettujen vikavälien osalta pidemmäksikin. Pitkällä suunnitteluajanteella voidaan kustannushallintaa täsmentää sekä varaosa- ja varalaittehankintoja tehdä oikeana ajankohtana. Suunnittelun tulee olla kunnossapidon järjestelmässä olevaan historian tietoihin perustuvaa.

Kunnossapidon mittarit ovat oikeaoppisesti samansuuntaiset koko yksikössä, kokonaistehokkuus ja erityisesti käytettävyyys. Jatkossa kunnossapidon tehokkuutta parannettaessa tulisikin ottaa käyttöön mittareita, joilla seurataan kunnossapidon sisäistä toimintaa.

Keskeisiä jatkuvia kehittämisen alueita ovat osaamisen ja tehokkuuden lisääminen. Myös kustannustason optimointi on tärkeää. Kunnossapidon tulee olla tehokasta, mutta kunnossapitovajetta liian tiukalla budjetilla ei saa synnyttää. Kunnossapitovaje tulee pidemmän ajan kuluessa kalliimmaksi, kuin suunniteltu ja oikea-aikainen kunnossapito. Kunnossapidon kustannushallintaan tulisikin kehittää menetelmä, jolla voitaisiin ennustaa kustannuksia paremmin useamman vuoden tähtäimellä. Näin kustannusvaihtelu voitaisiin sallia vuosien välillä. Elinkaaren aikana syntyvät kunnossapitokustannukset tulisikin optimoida ja minimoida käyttäen hyviä kunnossapidon toimintamalleja ja systemaattista suunnitelmallista toimintaa.

Edellä kerrotusti voidaankin todeta, että päätavoitetta haettaessa tulee käyttää monia eri keinoja ja monipuolista osaamista tavoitteiden saavuttamiseksi.

Toisena tavoitteena oli selvittää teknisen suunnitteluvaiheen vaikuttavuutta kunnossapitoon laitoksen elinkaaren aikana.

Kun tutkittiin toista tavoitetta eli kunnossapidettävyyden huomiointia suunnittelussa, havaittiin monia mielenkiintoisia asioita. Suunnittelussa ei tunneta kunnossapidon menetelmiä ja termistöä kovin syvällisesti. Suunnittelu ei myöskään ota kunnossapidettävyyttä systemaattisesti huomioon suunnittelun aikana. Suunnittelun aikana kunnossapidettävyyssasiat huomioidaan yksittäisten suunnittelijoiden omaavan kokemuksen kautta ja toisaalta tilaajan aktiivisuuden riippuen. Jatkossa tulisi myös suunnittelussa lisätä kunnossapidon menetelmien ja tarpeiden tuntemista.

Lisäksi tarkennettiin elinkaarikäsitteistö, joka on ollut epäselvä ja vaihteleva puhuttaessa kunnossapidossa elinkaaresta ja elinkaarikustannusten hallinnasta.

Yleisesti puhuttaessa elinkaaresta tarkoitetaan käyttöikä tai osaa siitä. Työssä selvitettiin elinkaaren käsitteistö kirjallisuudesta, asiakkaan eli laitosten omistajan käsitys elinkaaresta ja kunnossapitajien näkemys elinkaaresta. Työn tuloksena voidaan sanoa, että käsitteissä on pieniä eroja. Erot johtuvat

näkökulmasta laitokseen. Suunnittelijat painottavat elinkaaren suunnitteluvaihetta, mutta muu osa elinkaaresta on melko epäselvä. Laitetoimittajat painottavat myös suunnittelu ja valmistusvaihetta, heillä on melko hyviä tietoja yksittäisten laitteiden käyttöiästä. Laitoksen käyttäjät ja kunnossapitäjät tunnistavat elinkaaren lähinnä laitoksen käyttöiästä. Kokonaisuutena kuitenkin voidaan sanoa, että puhuttaessa elinkaaresta on syytä käyttää luvussa 1.4 käsiteltyjä termejä elinkaaresta epäselvyyksien välttämiseksi.

7 SUOSITUKSET JATKOTOIMENPITEISTÄ

Kunnossapidon elinkaaren hallinta on laaja kokonaisuus. Tässä työssä on elinkaaren kokonaisuutta käsitelty tarkemmin vain osin. Työssä on pintapuolisesti käsitelty kaikkia keskeisiä elinkaaren osia, mutta aiheen laajuudesta johtuen monet asiat ovat jääneet tarkemmin käsittelemättä.

Jatkossa tulisikin tarkemmin tutkia päivittäisen kunnossapidon optimoivia toimintatapoja ja kustannusten hallintaa.

Kunnossapidon johtaminen on keskeinen onnistumisen edellytys laitoksen kokonaistehokkuuden kehittämiseksi ja kunnossapidon menestykselliselle onnistumiselle. Johtamiseen liittyvät menetelmät ja toimintamaalit tulisi selvittää. Organisaation kyky toimia suunnitellulla tavalla ja ymmärtää myös kustannuksia vaatii lisää tutkimusta.

LCP/LCC-laskentamallin tapaiselle laskentamallille kunnossapidon näkökulmasta tehtäviä kustannus/tuottolaskelmia pitäisi kehittää. Tämä laskentamalli sopii hyvin investointien arvioimiseen, mutta olemassa olevan laitteiston arvioimiseen se ei suoranaisesti sovellu.

Kunnossapidon ja tuotannon, joka on asiakas, välinen yhteistyö on yksityiskohdiltaan selvittämättä. Kunnossapidon ja tuotannon välillä on usein sovittu esimerkiksi ennakkohuollon toteuttamisesta yleisellä tasolla, tämä luonn. ”harmaan alueen” kunnossapidon ja tuotannon välille. Käytännön kannalta pitäisi myös selvittää tämänkaltainen yhteistyö yksittäisten töiden tarkkuudella. Muita vastaavia selvitettäviä ja sovittavia asioita ovat seisokkisuunnittelun vastuut, korjaava kunnossapito jne.

Kunnossapidon kustannukset koostuvat merkittävältä osin kunnossapitohenkilöstön työvoimakustannuksista. Kunnossapitokohteessa tulisikin työvoiman määrä optimoida siten, että käyttövarmuus ja kunnossapidon suunniteltu toteutus voidaan taata. Jatkossa tulisikin tutkia optimityövoimamäärä ja tarvittava osaaminen.

Tulevaisuudessa kunnossapitotietoja tullaan käyttämään kunnossapidon suunnittelun pohjana ja niitä tullaan analysoimaan siihen erikoistuneilla ohjelmistoilla. Tulisikin tarkasti selvittää, mitä tietoa tarvitaan, kuka tiedot viedään järjestelmään ja kuinka tietoa analysoidaan sekä kuinka sitä siirretään muihin järjestelmiin.

8 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää kunnossapidon mahdollisuuksia vaikuttaa laitoksen elinkaareen, elinkaaren aikaisiin kustannuksiin, käyttöomaisuuden arvon ylläpitoon ja suunnitteluvaiheen vaikutusta kunnossapidettävyyteen sekä elinkaarikustannuksiin.

Kirjallisuusselvityksen perusteella voidaan todeta kunnossapidon mahdollisuudet vaikuttaa työssä asetettuihin tavoitteisiin merkittäviksi, mutta tavoitteen saavuttamisen kannalta yksittäistä keinoa ei ole. Kunnossapitoa tulee hallita kokonaisuutena, jossa huomioidaan johtaminen, osaaminen,

elinkaaritalous, kehittäminen ja suunnitelmallinen pitkäjänteinen toiminta. Myös suunnitteluvaihe on tärkeä laitoksen koko elinkaaren kustannusten määrittelyssä.

Käsitteenä laitoksen elinkaari ja sen edellyttämät toimenpiteet ja suunnitelmat ovat vielä kehittymässä. Työssä tutkitusta laitoksesta on tehty elinkaariselvitys, joka antaa raamit laitoksen elinkaarijohtamiselle ja kehittämiselle. Selvitystä voidaan kuitenkin tarkentaa ja käyttää kunnossapidon antamia mahdollisuuksia hyväksi elinkaaren aikaisen ylläpidon ja tuottavuuden maksimoinnissa. Työssä on kuvattu kunnossapidon mahdollisuudet johtamisen, kehittämisen, luotettavuuskeskeisyyden ja kustannusten hallinnan keinoilla.

Laitoksen suunnitteluvaiheessa tehtyjä ratkaisuja voidaan merkittävästi parantaa lisäämällä suunnittelijoiden ja laitetoimittajien osaamista sekä ymmärrystä laitoksen kunnossapidettävyydestä ja käytöstä. Suunnitteluvaiheessa määrittyvät merkittävässä määrin laitoksen elinkaaren aikaiset kustannukset. Tässä onkin merkittävä haaste toimittajille ja suunnittelijoille.

Työssä on kuvattu pääpiirteissään asetettuihin tavoitteisiin mahdollistavat toimenpiteet ja selvitetty suunnittelun vaikutusta kunnossapidettävyyteen.

Lisäksi työssä on kuvattu hyviä kunnossapidon toimintamalleja; johtamista, kehittämistä ja kustannushallintaa. Laitoksen elinkaarikustannuksiin vaikuttavaa suunnitteluvaihetta on tutkittu ja saatu tietoa, kuinka sitä tulisi kehittää. Työ antaa ohjeen, kuinka elinkaaritermistöä tulee käyttää.

Kokonaisuutena työn alkuperäisiin tavoitteisiin löytyi vastauksia. Toimimalla työssä kuvatulla tavalla, voidaan luottaa siihen, että laitoksen käyttöomaisuus säilyttää arvonsa ja kunnossapito on teknis-taloudellisesti halutun tasoista.

LÄHDELUETTELO

1. Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 10. 2.täydennetty painos, syyskuu 2004. Kustantaja KP-Media Oy. ISBN 952-99458-0-9
2. PSK 6201: 2003, Kunnossapito, käsitteet ja määritelmät
3. SFS-EN 13306:en, Maintenance terminology,
4. PSK 7501: 2000, Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut
5. Hans Reiche, Maintenance minimization for competitive advance, Gordon and Breach Science Publishers S.A.
6. Kari Komonen, Teollisen kunnossapidon rakenne ja tehokkuus, Report No 5, ISBN 951-22-3979-5, 1998.
7. Heacox D, Manoz G, Winterhsheimer R, Collection of Maintenance Data, Annual Reliability and Maintainability Symposium, 1988
8. Blundell JK, Beard KW:”Maintenance Strategies for Aero Engines,” in Annual Reliability and Maintainability Symposium, 1985.
9. TkT Vesa Meuronen, Kunnossapidon tehtävät ja tavoitteet, luento Maintenance Academy, 2005.
10. TkT Lasse Koskelainen, Kunnossapidon järjestelmien johtaminen, luento Maintenance Academy, 2004.
11. DI Minna Räikkönen, VTT, Elinjaksokustannukset ja -tuotot sekä niiden hallinta, luento Maintenance Academy, 2005.

12. Jorma Järviö, SMS Oy, 2004. Life Cycle Costing and Sourcing, 1-3.6.2004
Helsinki, IIR Finland Oy

13. Jorma Järviö, 24850 Tuotantolaitoksen kunnossapito, TTKK, 2000

LIITTEET

- Liite 1: Sellutehtaan yhden osaston toimintopaikkaluettelo
- Liite 2: Esimerkki VVA analyysistä
- Liite 3: Esimerkkisuunnitelma suurkorjauksista
- Liite 4: Suurkorjausten seurantataulukko.
- Liite 5: Kysymyssarja ja haastatteluiden tulokset elinkaarimallista suunnittelussa kunnossapidon näkökulmasta