

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Konetekniikka  
Tuotantotekniikka ja kunnossapito

Tim Lindfors

## **Kartonkikone 5:n mekaaninen online kunnonvalvonta**

Opinnäytetyö 2011

## TIIVISTELMÄ

Tim Lindfors

Kartonkikone 5:n mekaaninen online kunnonvalvonta, 29 sivua, 4 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuotantotekniikka ja kunnossapito

Ohjaajat: Heikki Liljenbäck, Saimaan ammattikorkeakoulu.

Käynnissäpitöpäällikkö Jani Inkinen, Efora Oy Tainionkosken tehdas.

Tämän opinnäytetyön aiheena oli luoda Stora Enso Tainiokosken Kartonkikone 5:lle (KA5) uusi online kunnonvalvontajärjestelmä. Online kunnonvalvontajärjestelmän tarkoitus on valvoa KA5-telojen laakereitten värähtelyä ja kuntoa. Työni selvittää sitä, miksi online kunnonvalvontajärjestelmät ovat tärkeä osa kunnossapitoa.

Tein opinnäytetyössä myös investointilaskelman, jonka tavoite on näyttää Stora Ensolle kunnonvalvonnan värähtelymittauksen hyödyt nykypäivän teollisuudessa. Opinnäytetyö osoittaa, miten hyvällä kunnonvalvontajärjestelmällä voidaan nykypäivän teollisuudessa ennalta-ehkäistä vikojen syntymistä ja näin välttyään ylimääräisiltä kustannuksilta, joita koneiden seisominen aiheuttaa. Tuloksena voidaan todeta, että online kunnonvalvontaan kannattaa investoida ja valikoida sopiva yhtiö, joka asentaa kunnonvalvontalaitteiston.

Asiasanat: Online kunnonvalvonta, Kartonkikone 5

## ABSTRACT

Tim Lindfors

Cardboard machine 5 (KA5) on-line conditioning monitoring 29 pages 4 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Unit of Technology, Mechanical Engineering

Instructors: Teacher Heikki Liljenbäck, Saimaa University of Applied Science and Chief of maintenance Petri Sjöholm Efora Oy

The subject of this thesis was to develop an on-line conditioning monitoring system for Stora Enso Tainiokoski cardboard machine 5 (KA5). The goal was to develop a working on-line conditioning monitoring system that can be integrated into the daily maintenance work environment and to improve machine life and to see failure of bearings before a failure appears.

The online conditioning system will be surveying the vibrations of the cardboard machines roll bearings. This thesis also shows how an investment in the online conditioning monitoring system can be beneficial for the future as in more productivity; machine life and money saved as in return investment. The purpose in this work was to show the management of Stora Enso the importance of on-line conditioning monitoring systems and to choose a suitable company for the installation of the system. I also have calculated an investment return for the online conditioning monitoring system was also calculated.

Keywords: On-line conditioning monitoring system, Carboard machine 5

# SISÄLTÖ

1 JOHDANTO .....	5
2 STORA ENSO OYJ:N IMATRAN TEHTAAT .....	6
2.1 Tainiokosken tehtaat .....	6
2.2 Kartonkikone 5 Tainion tehdas .....	7
3 KUNNONVALVONTA.....	8
3.1 Laakerien värähtelymittaukset.....	8
3.2 Kunnonvalvonta ja kunnossapito .....	10
3.3 Kunnonvalvonta ja seisokit.....	11
5 ONLINE KUNNONVALVONTA.....	15
5.2 Online järjestelmän antureiden valinta .....	15
5.3 CMSS2100-anturi .....	16
5.4 CMSS2106-anturi .....	16
5.5 Online kunnonvalvonnan rakenne .....	17
5.6 Online kunnonvalvonnan rakentaminen.....	18
6 KA5:N INVESTOINTI.....	21
6.1 Investoinnin kannattavuus.....	22
6.2 Investoinnin jaksotus.....	22
7 YHTEENVETO .....	23
KUVAT .....	24
LÄHTEET .....	25
LIITEET	

- Liite 1 Investointi osa 1
- Liite 2 Investointi osat 2 ja 3
- Liite 3 Investointi osa 4
- Liite 4 Investointi osa 5
- Liite 5 Cash flow analysis

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoite on kehittää kartonkikone 5:n (KA5) online kunnonvalvontajärjestelmää ja arvioida investoinnin kannattavuutta. Stora Ensolla oli jo usean vuoden ajan harkittu uutta kunnonvalvontajärjestelmää, mutta asian eteen ei kuitenkaan ole vielä tehty mitään. Alun perin ajatuksena oli toteuttaa uusi järjestelmä päättötyöni pohjalta, mutta Stora Enson Oy kunnossapidon ulkoistamisen myötä suunnitelmat muuttuivat. Raportissani kerrotaan online kunnonvalvonnan hyödyt ja miksi se olisi käytännöllinen nykyaikaiseen teollisuuteen. Investoinnin osalta tehdään laskelmat siitä miten online kunnonvalvonta säästäisi rahaa pitkällä aikavälillä. Oma osuuteni on tutkia, miten saataisiin nykyaikainen kunnonvalvonta kartonkikone 5:lle ja esittää sitten Stora Ensolle, miten sitä voitaisiin hyödyntää online kunnonvalvonnassa. Lisäksi on päätetty, että SKF asentaisi online kunnonvalvontalaitteiston. SKF valittiin sen takia, koska KA5:lla on käytössä SKF:n laitteistoa ja ohjelmistoa. Stora Ensolla ja SKF:llä on jo olemassa kunnossapitosopimus. Toinen syy miksi päätettiin valita SKF on, ettei tarvitse kouluttaa henkilökuntaa uuteen järjestelmään. Jos olisimme päätyneet johonkin toiseen yritykseen, olisi uudelleen kouluttaminen tullut kalliiksi ja vienyt paljon enemmän aikaa. Tutkimuksen tein ollessani töissä Stora Ensolla, kartonkikone 5:llä. Haastattelin työnjohtoa sekä asentajia kunnonvalvonnan kehityksestä. Siellä oloni jälkeen Stora Ensolla tapahtui paljon muutoksia. Efora osti yrityksen ja kaikki yhteyshenkilöni vaihtuivat.

## 2 STORA ENSO OYJ:N IMATRAN TEHTAAT

Stora Enso Oyj:n Imatran tehtaot muodostuvat kahdesta tehdasyksiköstä, Kaukopäästä ja Tainionkoskesta. Imatran tehtaiden kapasiteetti on yli miljoona tonnia kartonkia ja paperia vuodessa. Tuotannosta yli 90 % menee vientiin. Imatran tehtailla tuotetaan paperia ja kartonkia. Nestepakkauskartonkeja valmistetaan kaikkiin nes-tepakkausjärjestelmiin ja lopputuotteita ovat muun muassa maito ja mehutölkit. Elintarvikekartonkien tyypillisiä käyttökohteita ovat juomakupit ja erilaiset elintarvikepakkaukset. Pakkauskartonkeja käytetään elintarvike, makeis ja savukepakkauksiin. Graafisista kartongeista syntyvät kannet, kortit ja luksuspakkaukset. Imatran tehtailla valmistetaan myös pakkauspapereita. (Stora Enso 2010.)

### 2.1 Tainiokosken tehtaot

Stora Enso Oyj:n Tainionkosken tehtaon kokoonpanoon kuuluu kuorimo, joka sijaitsee Saimaan rannalla ja sellutehdas, jossa on kahdeksan keittokattilaa ja paperikone 7 (PK7). PK7 on myyty Opengate kapitalle. Kartonkikone 5 (KA5) joka on tämän työn kohde, on osa Tainionkosken tehtaata. Kuva 1 on Tainionkosken tehtaasta.

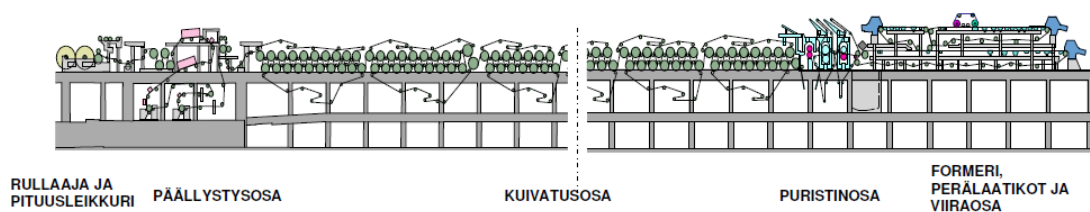


Kuva 1 Tainiokosken tehdas (Stora Enso)

## 2.2 Kartonkikone 5 Tainion tehdas

KA5 on otettu käyttöön 30.3.1965 ja koneen valmistajat ovat Valmet ja Beloit. Kone tuottaa nestepakkauskartonkia, mikä menee pääasiassa myyntiin Tetra Pak-yritykselle. Koneen viiran leveys on 4950 mm, nopeus 300–600 m/min, tuotanto 260000 t/v, trimmin maksimileveys 4,92 m (päällystämätön) ja 4,90 m (päällystetty).

### KARTONKIKONE 5



Kuva 2 KA5 (Stora Enso)

### **3 KUNNONVALVONTA**

Koneiden kunnonvalvonta ja erityisesti värähtelymittaukset ovat tulleet tärkeäksi tekijäksi metsäteollisuuden kunnossapidossa. Tuotantolaitoksissa on havaittu kunnonvalvonnan myönteinen vaikutus koneiden toiminnan kannattavuuteen. Kunnonvalvonnan avulla voidaan vaikuttaa yrityksen kannattavuuteen ja tuotantoajan lisäykseen. Kunnonvalvonnalla saavutettavia hyötyjä ovat tuottavuuden kasvu, kunnossapidon suunnitelmallisuus, seisokkiaikojen parempi hyödyntäminen, suunnittelemattomien seisokkiaikojen vähentäminen ja koneiden pidentynyt elinikä. Kunnollisen kunnonvalvonnan avulla voidaan myös vähentää odottamattomia seisokkeja, välttää turhia koneiden avaamisia, pienentää varaosavarastoa ja lyhentää suunniteltuja seisokkeja. Kunnonvalvonnan avulla pyritään siihen, että kunnossapitotyöt suoritetaan oikealla ajalla ja vain silloin, kun koneiden kunto sitä vaatii.

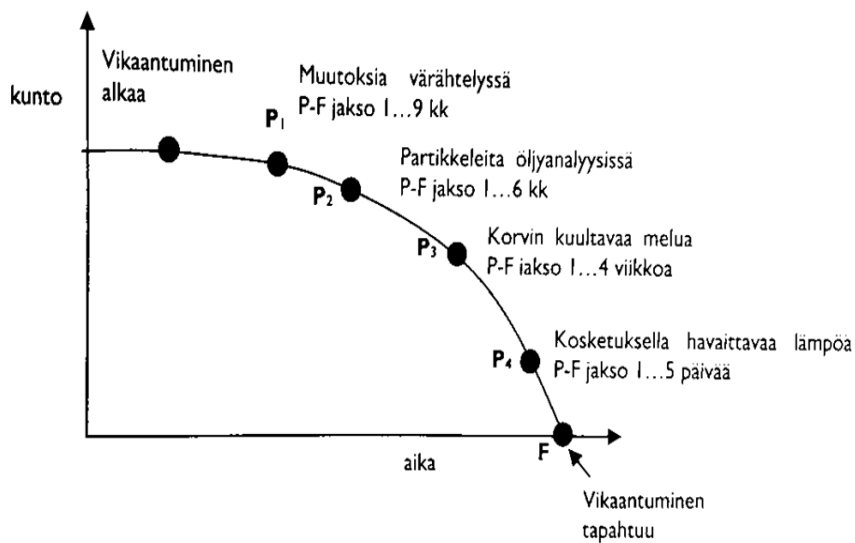
(Kunnonvalvonta)

#### **3.1 Laakerien värähtelymittaukset**

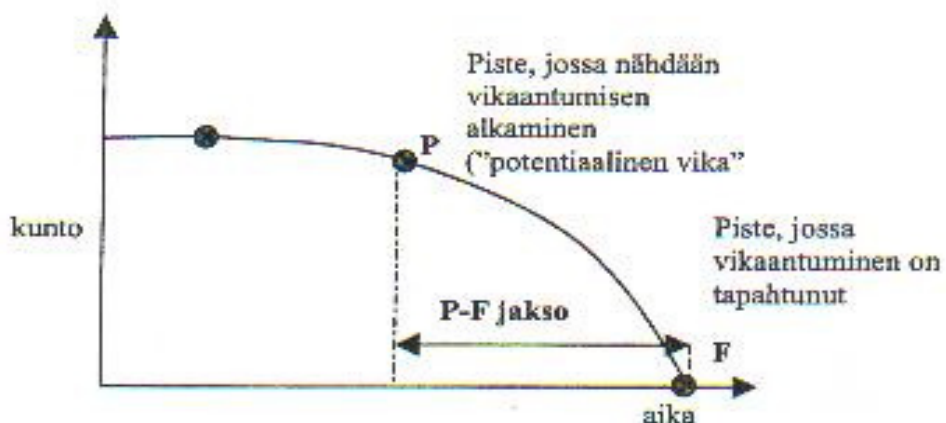
Lähes kaikissa hyvin menestyvissä yrityksissä hyödynnetään värähtelymittauksia pyörivien koneiden ja laitteiden kunnonvalvonnassa. Parantamalla koneiden käyttöastetta voidaan saavuttaa tasaisempi tuotanto ja vähentää merkittävästi kunnossapitokustannuksia. Samalla kunnossapidon suunnitelmallisuus paranee, kun tiedetään laitteiden sen hetkinen todellinen kunto. Koneiden kuntoa valvotaan teollisuudessa eri tavoilla. Tärkeimpiä kunnon mittaamiseen käytettyjä menetelmiä ovat värähtelymittaukset, lämpötilamittaukset ja kulumishiukkasanalyysit. Näistä värähtelymittaukset ovat eniten käytetty. Niitä voidaan yleisesti pitää useimmiten parhaana ennakoivan kunnossapidon mittareina. Kuvassa 3 on esitetty vierintälaakerin vikaantumisesta havaittavia oireita (point to failure) PF-käyrällä. Kuvasta nähdään, että värähtelymittauksella on pisin PF-jakso (kuva 4) ja sillä voidaan havaita vika aikaisemmin kuin muilla menetelmillä. Noin 90% laakerivaurioista kyetään havaitsemaan värähtelymittauksilla kuukausia ennen



laakerin lopullista tuhoutumista. Värähtelymittaustuloksia analysoimalla päästään käsiksi niihin todellisiin syihin, jotka saattavat johtaa pahimmassa tapauksessa vaurioon ja sitä kautta tuotannon tai laadun menetykseen. PF-käyrällä voidaan vikaantumista ennustaa, kun PF-jaksolla (kuva 4) on jakso, joka alkaa oirehtivan vian ilmenemisestä. Havaittu vika päättyy toiminnalliseen vikaantumiseen.



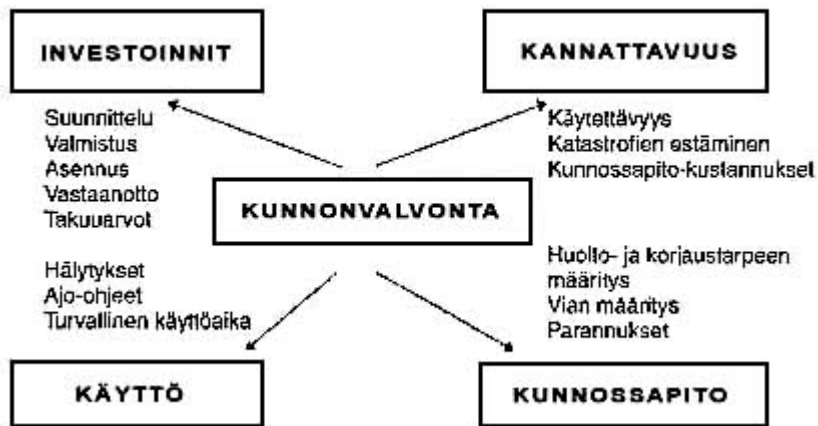
Kuva 3 PF-käyrä (Kunnonvalvonta)



Kuva 4 PF-jakso (Kunnonvalvonta)

### 3.2 Kunnonvalvonta ja kunnossapito

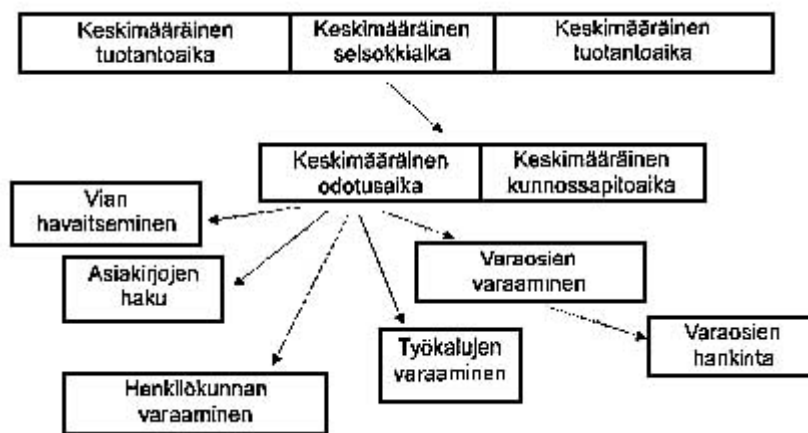
Kunnonvalvonta liittyy monella tavalla yrityksen muihin toimintoihin. Kunnonvalvonta on kunnossapidon osa-alue, ja se antaa tehdaslaitoksen investointien, käytön ja kunnossapidon kannalta oleellisia tietoja. Lisäksi kunnonvalvonnan avulla voidaan vaikuttaa yrityksen kannattavuuteen. Kunnonvalvonnalla saavuttavia hyötyjä ovat tuottavuuden kasvu, kunnossapidon suunnitelmallisuus, seisokkiaikojen parempi hyödyntäminen, suunnittelemattomien seisokkien vähentäminen ja koneen pidentynyt elinikä. Kuva 5 esittää, miten kunnonvalvonta liittyy muihin osa-alueisiin.



Kuva 5 Kunnonvalvonnan liityntöjä (Kunnonvalvonta)

### 3.3 Kunnonvalvonta ja seisokit

Kunnonvalvonnalla saadaan vähennettyä keskimääräistä seisokkien odotusaikaa, koska toimenpiteet voidaan tehdä tuotannon ajalla. Laitteiden kunnossapitotyöt lyhenevät, koska viat eivät pääse kehittymään vaurioksi ja kunnossapitotyöt voidaan tehdä ennakkoon, koska vian tiedot ovat selvillä. Kuva 6 näyttää, miten online kunnonvalvonnan avulla voidaan lyhentää keskimääräistä aikaa.



Kuva 6 Kunnonvalvonta lyhentää seisokkiaikoja (Kunnonvalvonta)

## 4 KA5:N NYKYINEN KUNNONVALVONNAN TILANNE

Tällä hetkellä kartonkikone 5:n kunnonvalvonta suoritetaan manuaalisesti tarkastamalla laakerit säännöllisin väliajoin kannettavalla värähtelymittauslaitteella. Mittaukset tehdään aina tietyn reitin mukaisesti, ja saadut tulokset kirjataan tarkasti SKF:n omaan tietojärjestelmään. Ahtaat paikat, vaarallinen mittausympäristö ja tuotannolle mahdollisesti aiheutuvat riskit tekevät mittauksesta haastavan ja paikoin jopa työturvallisuutta uhkaavan, joten kaikkien laakerien mittaukseen ei ole mahdollisuutta. Esimerkkinä tuotannolle aiheutuvasta häiriöstä on kartonkikoneen keskiosassa sijaitseva huuva, jonka ovien avaaminen voi päästää epäpuhtauksia liikkuvan kartongin päälle. Kun mittausryhmän havaitsee vian, tehdään siitä raportti työnjohdolle, joka analysoi tilanteen. Jokaisen havaitun vaurion kohdalla tulee punnita, millä aikavälillä vaurio voidaan korjata ja minkälaisiin toimenpiteisiin sen vuoksi on ryhdyttävä. Esimerkki tässä on raportissa kuva 7.

### Online-mittausten nykytilanne

Kartonkikone 5:n puristinosalla on tällä hetkellä käytössä 14 telalla online-mittaus. Kartonkikoneella on 358 telaa, joten suhteessa telojen kokonaismäärään online-mittaus on vielä melko alkuvaiheessa. Lisäksi käytössä on puolikiinteä anturointi viiraosan telojen käyttöpuolella ja kuivausryhmien teloissa, poissuljettuna ”alaviirojen” telat. Myös muutamassa kuivaussyliinterissä on käytössä puolikiinteä online mittauspiste.

Esimerkki Tainonkosken kunnonvalvonnan mittauksesta

Mittaus suoritettu: 25.05.2009

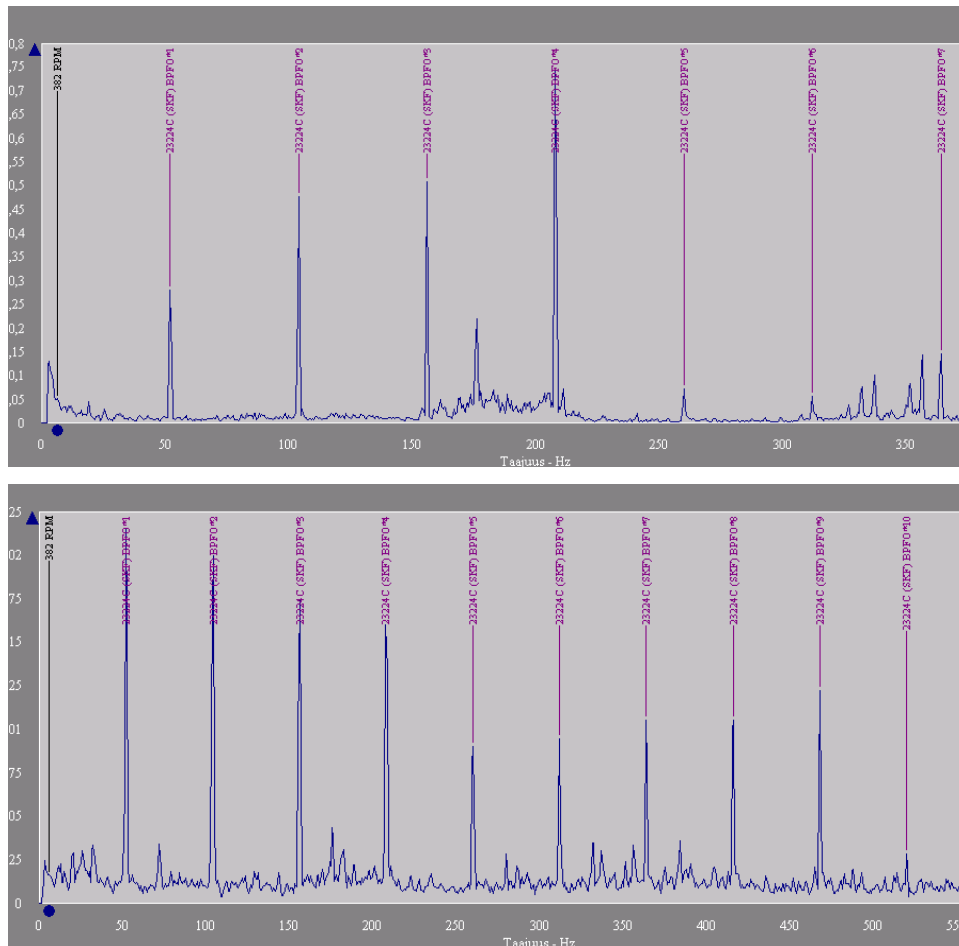
661-662 KA5 KUIVAUSRYHMÄ 2 HUOVANOJHAUSTELA K2.1 IM\_125-027

KA5 kuivausryhmien telojen kunnonvalvonnan mittauksissa havaittiin kahden ryhmän huovanjohtotelan K2.1 käyttöpuolen laakerissa ulkokehän vikaantumistaajuuksia. Havainto tehtiin kannettavalla mittalaitteella, jolla laakerista kuultiin epänormaalia ääntä, joka todennäköisesti johtuu laakerin vioittumisesta.

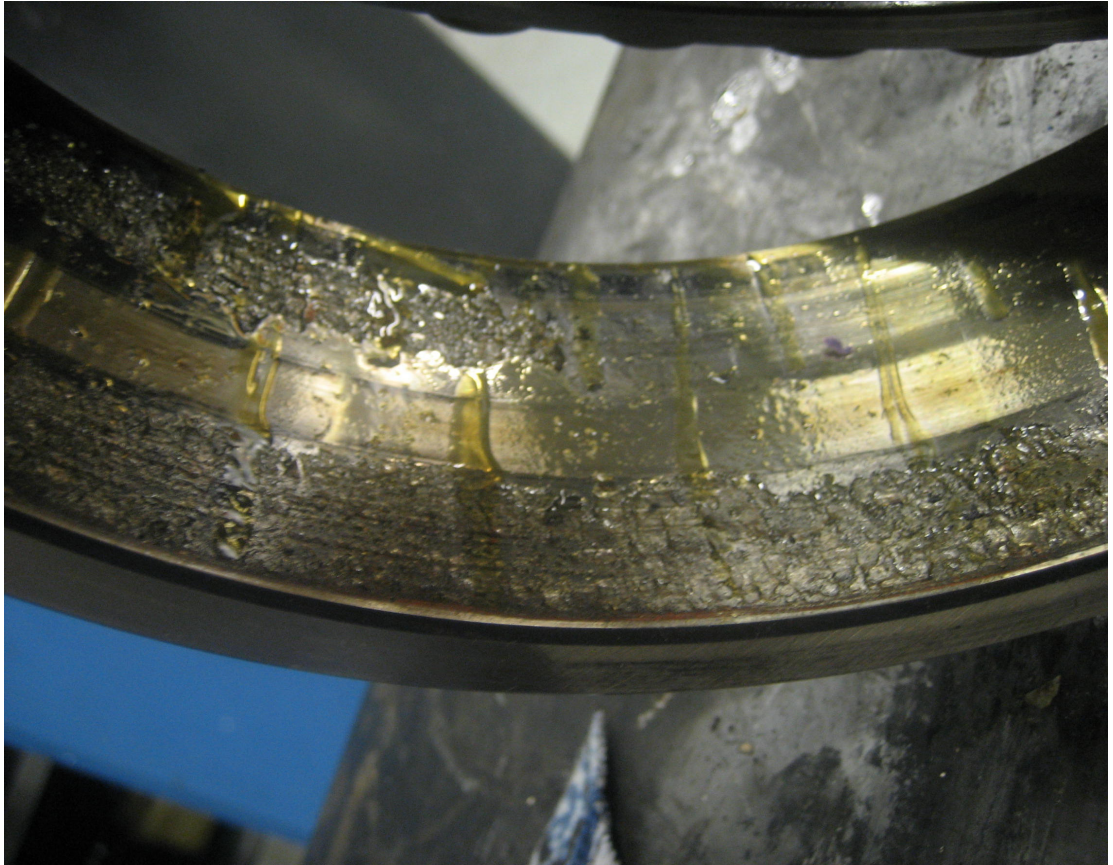
SAP ilmoitus #: 301438158

Toimenpide-ehdotus: vaihdetaan laakeri heti kun mahdollista.

Nämä tiedot ja kuvat on otettu Stora Enson SAP järjestelmästä. Kuvassa 7 nähdään vikaantuneen laakerin taajuus spektrit. Vaakataso arvo spektrissä on taajuus (Hz) ja pystysuora arvo on (r.m.s) kiihtyvyyden neliöllinen keskiarvo. Kummatkin spektri kuvat on samasta laakerista otettu mutta alempi spektri on käytetty pienempiä arvoja ja saatu tarkempi värähtely kuvio. Kuvassa 8 näkyy selvästi laakerin sisäpinnassa olevan kulumia.



Kuva 7 Spektri (Efora Oy 2009)



Kuvassa 8 Huovanohjaustelalaakeri (Efora Oy 2009)

## **5 ONLINE KUNNONVALVONTA**

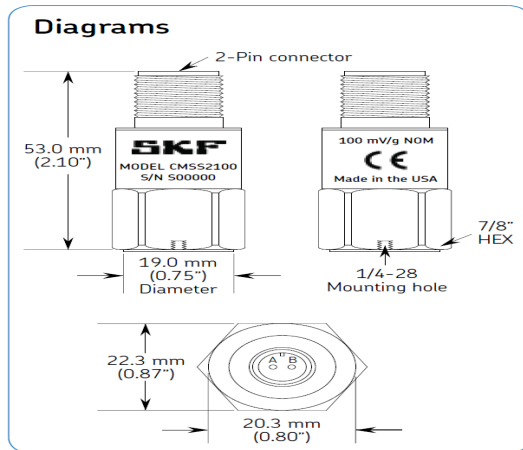
Online kunnonvalvontamenetelmällä pyritään valvomaan koneiden kuntoa ja diagnosointia. Saadulla datalla, joka on ladattu kunnonvalvonnasta, voidaan ehkäistä laitteiden ennen aikaista rikkoutumista. Online kunnonvalvonnassa on kehitetty ohjelmisto, joka helpottaa ladatun datan analyysiä. SKF @ptitude analyt ohjelman on tehnyt SKF ja sitä käytetään kartonkikone 5:llä. SKF @ptitude analyt on kattava ohjelmistoratkaisu, jossa on tehokkaat diagnosoinnit ja analysointiominaisuudet. Ohjelman avulla voidaan kunnonvalvontatietoja tallentaa ja analysoida nopeasti ja tehokkaasti ja tiedot ovat koko organisaation käytössä. @ptitude analyt-ohjelman avulla pystytään ennakoimaan laakeriviat ja seuraamaan koneen kuntoa.

### **5.2 Online järjestelmän antureiden valinta**

KA5 online järjestelmään on valittu SKF käyttämät anturit. Kaksi eri anturia on valittu olosuhteiden vuoksi. Niihin antureihin, jotka altistuvat korkealle lämpötilalle, käytetään CMSS2106:sta ja normaaliolosuhteessa kartonkikoneen ympäristössä käytetään CMSS2100:aa. Antureiden valinnat on tehnyt SKF, koneen olosuhteiden mukaan. Valintaan vaikuttavat muun muassa kuumuus, kosteus ja lämpötila.

### 5.3 CMSS2100-anturi

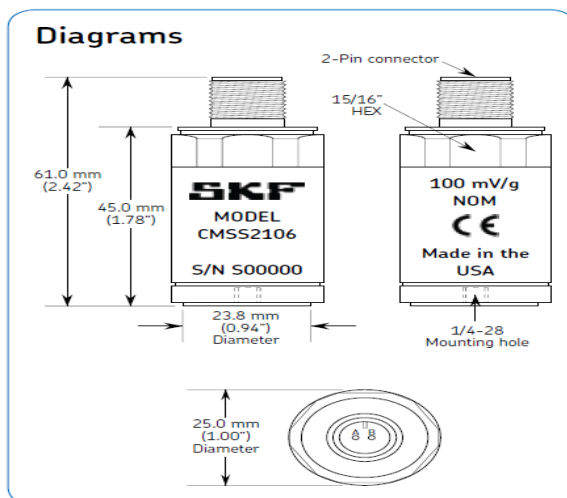
CMSS2100-anturia käytetään kartonkikone 5:llä niihin paikkoihin, missä olosuhteet ovat normaalit. Normaalilla tarkoitetaan sellaisia olosuhteita, joissa anturi ei altistu korkeisiin lämpötiloihin eli yli +120 asteeseen. Kuva 9 on kaavio anturista.



Kuva 9 CMSS2100 anturi (SKF 2009)

### 5.4 CMSS2106-anturi

CMSS2106-anturi on valikoitu kuumempiin paikkoihin, kuten kuivausosastolle ja erityisesti kuivausosan viirojen yläkiertojen teloihin, joissa lämpötilat ylittävät +120 astetta. Kuvassa 10 on kaavio anturista.

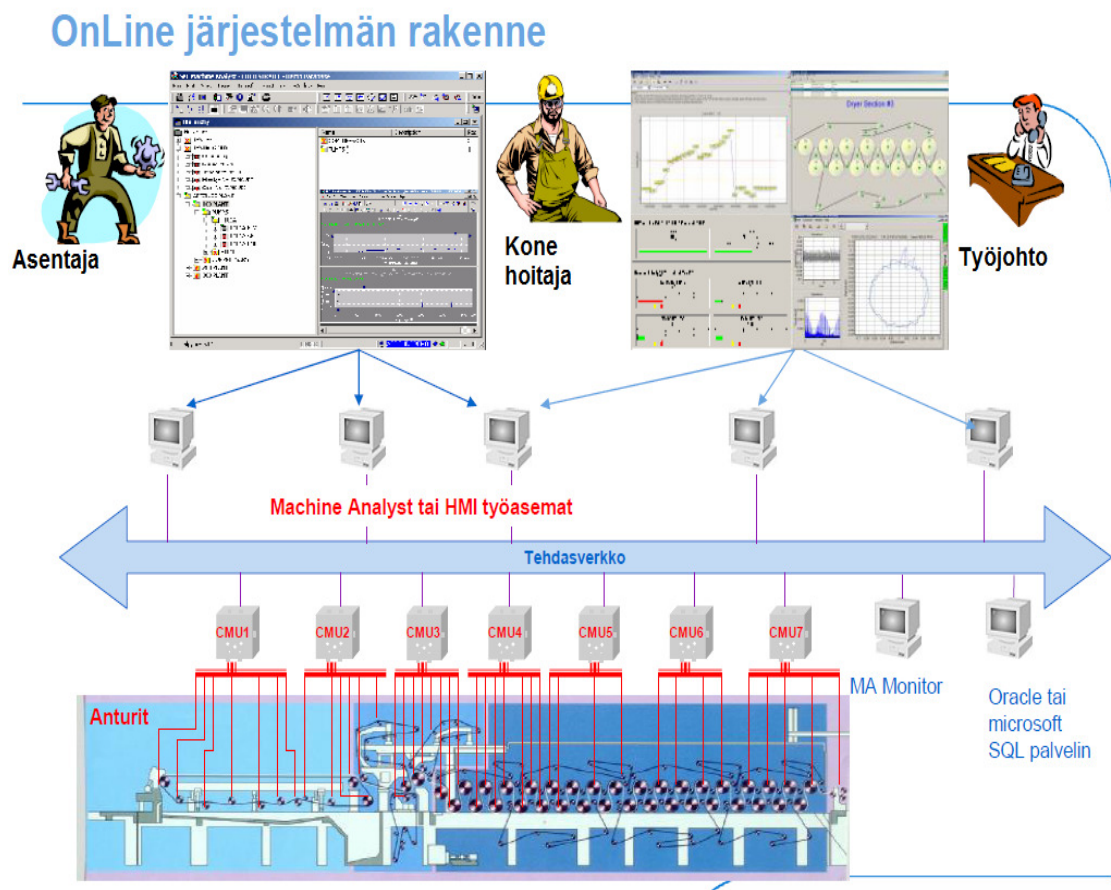


Kuva 10 CMSS2106-anturi (SKF 2009)



## 5.5 Online kunnonvalvonnan rakenne

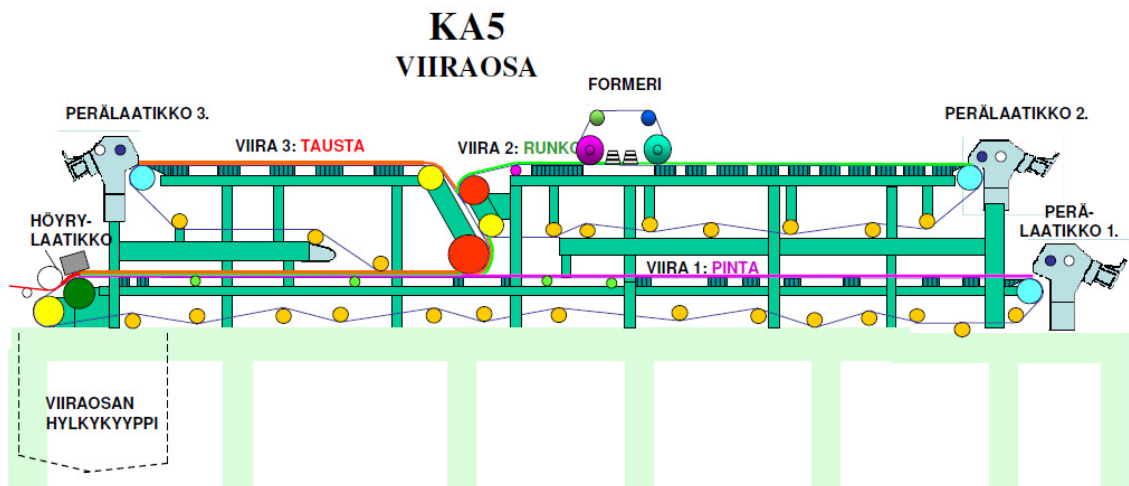
Online järjestelmän toimii niin, että anturit lähettävät laakerien kunnosta tietoja CMU (conditioning monitoring system) asemalle, mikä sitten välittää datan tehdasverkosta ja sieltä HMI (human machine interface software) työ asemalle, mistä voidaan valvoa kuntoa. Asentajat, koneenhoitajat ja työnjohto valvovat online järjestelmän tieto-ohjelmaa. Siitä saadaan tietoa koneen kunnosta ja voidaan suunnitella korjaustoimenpiteitä, kuten seuraavassa kuvassa 11 näkyy. Kuva 11 on SKF:n online järjestelmän rakenne.



Kuva 11 Kunnonvalvonnan rakenne (SKF)

## 5.6 Online kunnonvalvonnan rakentaminen

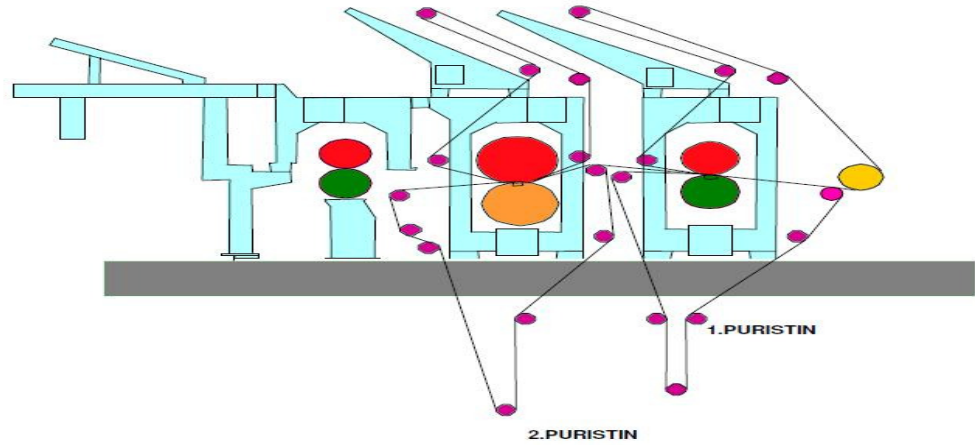
Tarkoitus on rakentaa kartonkikone 5:lle vaiheittain uusi kunnonvalvontajärjestelmä, eli tarkoitus ei ole tehdä koko kunnossapitojärjestelmää kerralla. Antureiden asentaminen päätettiin aloittaa koneen märästä päästä. Kuvassa 12 nähdään KA5:n viiran osa, joka anturoidaan ensin.



Kuva 12 Viiraosa (Stora Enso 2006)

Uusiminen päätettiin aloittaa koneen niin sanotusta märästäpäädästä, koska se on akuutein uusimista vaativa kohde. Toistaiseksi ei tiedetä milloin on mahdollista investoida seuraavaan anturointivaiheeseen. Näin ollen on myös loogista anturoida kone järjestyksessä märästäpäädästä kuivaanpäähän. Seuraavassa kuvassa 13 nähdään koneen anturoinnin toinen osa.

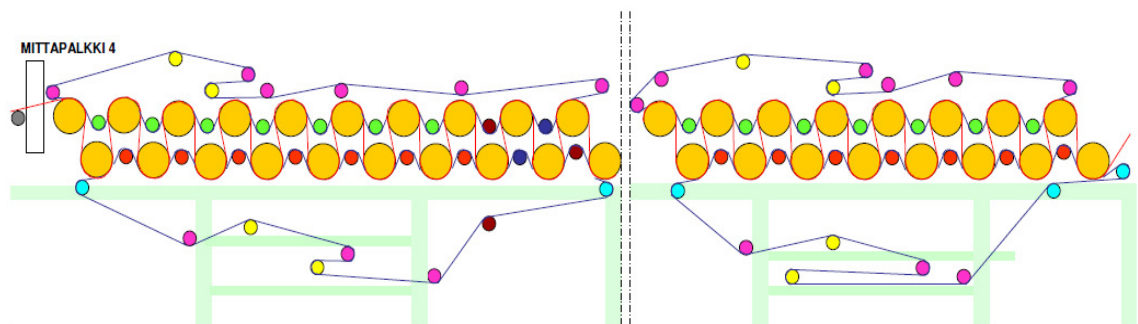
### KA 5 PURISTINOSA



Kuva 13 KA5 puristinosa (Stora Enso 2006)

Kolmas ja neljäs vaihe on koneen kuivatusosa. Kuivatusosa päätettiin pilkkoa kahteen vaiheeseen, koska se on KA5:n suurin investointikohde, joka nyt anturoidaan. Seuraavassa kuvassa 14 näkyy KA5:n kuivatusosa.

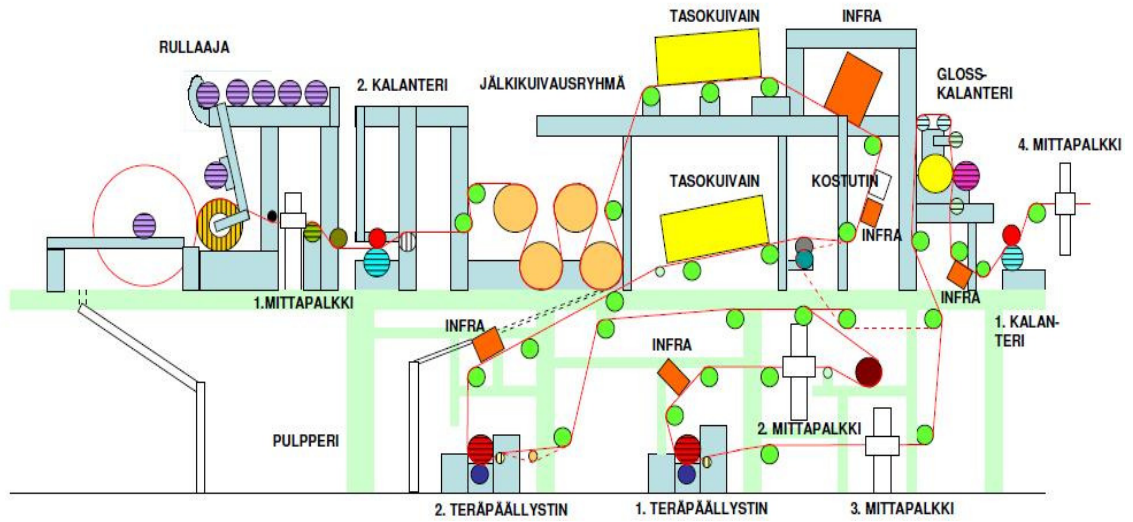
### KA5 KUIVATUSOSA



Kuva 14 KA5 kuivatusosa (Stora Enso 2006)

Viides ja viimeinen kohta, johon anturit nyt investoidaan, on päällystysosa ja rullaaja. Kuvassa 15 nähdään KA5:n päällystys ja rullainkohdat.

## KA5 PÄÄLLYSTYSOSA JA RULLAAJA



Kuva 15 KA5 päällystysosa ja rullaaja (Stora Enso 2006)

## 6 KA5:N INVESTOINTI

KA5:n investointilaskelmassa osoitetaan, kuinka viidessä vuodessa online kunnonvalvonta tulee maksamaan itsensä takaisin. Nämä raha-arvot, jotka on mainittu tässä raportissa, ovat arvioita, koska yhtiön tuotantoa ei saa julkisesti tuoda esille.

Seuraavia tietoja on käytetty laskettaessa investoinnin kannatavuutta:

- Laitevaurion aiheuttama yksikön/osaston tuotantokapasiteetin lasku on 4 % (esim. prosentteina kokonaistuotantokapasiteetista)
- Keskimääräinen laitevaurion aiheuttama tuotannon häiriön aika (Korjausaika, h/kk, yht.) 13,86 h/kk
- Tuotannon menetys (kustannus, EUR/h, yht.) 15000 EUR/h
- Miestyötunnin hinta (EUR/h) 20 EUR/h ei ole huomioitu työvälineitä ja muita kustannuksia
- Nykyisen kunnonvalvontalaitteiston ylläpitokustannukset (esim. EUR/kk, ei sis. miestyötunteja) Minimi 10 EUR/kk
- Kunnonvalvontamenetelmin seurattavien kohteiden lukumäärä yksikössä/osastolla on 748
- Käytettävien kunnonvalvontalaitteistojen lukumäärä on 16
- Kunnonvalvontamittausten taajuus (mittauskertoja/kk osastolla) 360
- Kunnonvalvontamittaajia osastolla (lkm) 1
- Kunnonvalvonnan keinoin havaitut laiteviat (KV-tulosten perusteella vältetty ennakoimaton seisokki), kpl/vuosi 20/vuosi.
- Ennalta havaitsemattomien laitevaurioiden lkm/vuosi 3
- Arvioidut komponenttikulut (EUR/laitevaurio, EUR/kk) 1000 EUR
- Miestyötunnit laitevaurioissa (Korjausaika, h/kk) 17,25

Laskelma on tehty SKF:n ohjelmistolla (documented solution case). Laskelma tulokset tulostuivat englannin kielellä ja liitteenä on esitetty kassavirta-analyysi.

## 6.1 Investoinnin kannattavuus

Oletetaan, että online järjestelmän avulla vältetään kolme yllättävää seisokkia vuodessa. Keskimääräinen seisokkiaika on 13,86 h. Suunnittelelemattomassa seisokissa tuotannon tappiot ovat 15.000 €/h. Oletetaan että 80 %:ssa vaurio tapauksista havaitaan riittävän aikaisessa vaiheessa. Jos vuodessa säästetään 34 h seisokin korjausta ja tuotannon pysähdys maksaa 15.000 €/h, niin vuoden säästöt olisivat 510.000 €. Investoinnin osto tulisi maksamaan 767.600 €, johon kuuluu komponentit, tietokoneohjelmat, kaapelit ja anturit. Online järjestelmä maksaa 1100 € mittauspistettä kohti ja mittauspisteitä on 716. Ulkoinen koulutus henkilökunnalle tulee maksamaan 2000 € ja laiteiden ylläpito ja anturoiden huolto maksaa 10.000 € /vuosi. Tämän laskelman mukaan investointi tulisi maksamaan itsensä takasin kahdessa vuodessa.

## 6.2 Investoinnin jaksotus

KA5:n investointi on tarkoitus tehdä osissa. Suunnitelman mukaan pilkottaisiin investointi viiteen eri osaan alkaen KA5 määstäpäältä kuivanpään suuntaan. Investointiin liittyvät valinnat tekee tietysti tehtaan johtokunta, joka päättää, mihin budjetti riittää aina kyseisellä vuodella. Liitteessä näkyy koneiden paikka, numerot ja miten olisi tarkoitus edetä, kun investointi on pilkottu viiteen osaan. Taulukot 1, 2, 3 ja 4 jotka ovat liitteessä osoittavat konepaikat, jotka on pilkottu viiteen investointiosaan. Karkea aikataulu voisi mahdollisesti olla sellainen, että kartonkikone 5:n uudet anturit olisi asennettu viidessä vuodessa.

## 7 YHTEENVETO

Tätä opinnäytetyötä tehdessäni olen oppinut miten ennakoiva kunnossapito on tärkeä osa koneiden huoltamista ja toimintaa. Olen myös ymmärtänyt miten tärkeää on laskea tuottavuutta ja suunnitella investointeja niin, että tuotanto olisi entistäkin tehokkaampaa, ja kuinka hyvällä valvonnalla voidaan säästää.

Pitkällä aikavälillä hyvä tuottavuus nähdään myös markkinoilla. Jos yritys on valmis panostamaan nykyaikaiseen tekniikkaan, se näkyy laadussa ja varmuudessa toimittaa tavaraa ajallaan.

Stora Ensolle Online kunnonvalvonta ei ole teknisesti mikään este tai haaste. Ainoa syy, miksi samanlaista järjestelmää ei ole vielä KA5:llä rakennettu on raha. Nykymaailmassa teollisuudessa vähennetään ja karsitaan investointeja, ja rahaa laitetaan vain sellaisiin kohteisiin, joissa oletetaan sen olevan eniten hyödyksi. Olen selvästi aistinut työtä tehdessäni, että jotkut esimiehet eivät ole valmiita panostamaan tai eivät usko, että rahoitusta ennakoivaa kunnossapitoon olisi tulossa. He eivät näe sitä etua, mikä investoinneista saadaan, kun tiedetään enemmän koneen kunnosta.

Opinnäytetyössäni oli mielestäni haasteellinen ja opettava aihe, jota tulen varmasti tulevaisuudessani hyödyntämään. Näin, miten projektin alkuvaiheessa aloitettiin neuvottelut ja kuinka ruvettiin luomaan suunnitelmaa, jolla päästäisiin tavoitteeseen. Uskoisin, että tästä opinnäytetyön tekemisestä oli minulle itselleni aidosti jotain hyötyä, vaikka suunnitelma ei vielä tehtaalla toteutunutkaan.

## KUVAT

Kuva 1 Tainiokosken tehdas Imatra, s. 6

Kuva 2 KA5, s. 7

Kuva 3 PF-käyrä, s. 9

Kuva 4 PF-jakso, s. 9

Kuva 5 Kunnonvalvonta liityntöjä, s.10

Kuva 6 Kunnonvalvonta lyhentää seisokkiaikoja, s.11

Kuva 7 Spektri, s.13

Kuva 8 Huovanohjaustelalaakeri, s. 14

Kuva 9 CMSS2100 anturi diagrammi, s.16

Kuva 10 CMSS2106 anturi diagrammi, s.16

Kuva 11 Kunnonvalvonnan rakenna, s. 17

Kuva 12 KA5 viiraosat, s. 18

Kuva 13 KA5 puristin, s. 19

Kuva 14 Kuivatusosa, s. 19

Kuva 15 KA5 päällystysosa ja rullaaja, s. 20



## LÄHTEET

Nohynek, P. , Lumme, V-E. Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset.  
Kunnossapitoyhdistys Ry. Loviisa: Painoyhtymä, 1996.

Stora Enso SAP Standard Assessment Procedure ohjelma (luettu 2010)

Edu.fi kunnonvalvonta  
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito> (luettu 2009)

PSK standardisointi. 2004. Kunnonvalvonnan värähtelymittaus. Helsinki: PSK  
standardisointi. 7. painos

SKF CD-ROM conditioning monitoring systems esite (luettu 2009)

Stora Enso  
<http://www.storaenso.com/about-us/mills/finland/imatra-mills/Pages/tervetuloa-imatran-tehtaille.aspx> (luettu 2011)

## Taulukko 1. Investointi osa 1

Ensimmäiseen investointiosaan kuuluvat seuraavat koneen telan laakerit.

Viiraosa, viirat 2 ja 3	
Telan tunnus ja nimitys	
V21	viira 2 ja 3 huopautustela
V22	viira 2 ja 3 vetotela
V23	viira 2 ja 3 rintatela
V24	viira 2 ja 3 palautustela käytöllä
v25	viira 2 ja 3 kiritystela (autom.)
V26	viira 2 palautustela
V27	viira 2 kiristystela (käsik.)
V28	viira 2 ja 3 ohjaustela (autom.)
V29	viira 2 rintatela
V30	viira 2 viiranjohtotela
V32	perälaatikko 2 reikätelä 1
V33	perälaatikko 2 reikätelä 2
V34	perälaatikko 3 reikätelä 1
V35	perälaatikko 3 reikätelä 2
V36	Viira 2 rekisteritela

Formeri	
Telan tunnus ja nimitys	
F1.1	kiristystela
F1.2	ohjaintela
F2	poistoaukon tela
F3	formerin vetotela

Viiraosa, viira 1	
Telan tunnus ja nimitys	
V1	viira 1 imutela
V2	viira 1 vetotela
V3	viira 1 rintatela
V4	viira 1 palautustela käytöllä
V5	viira 1 palautustela
V6	viira 1 palautustela
V7	viira 1 kiristystela (autom.)
V8	viira 1 ohjaustela (autom.)
V9	viira 1 palautustela
V10	viira 1 kiristystela (käsi)
V11	viira 1 kiristystela
V12	viira 1 rekisteritela
V14	perälaatikko 1 reikätelä 1
V15	perälaatikko 1 reikätelä 2

Puristinosa	
Telan tunnus ja nimitys	
P01	1 puristin pick-up imutela
P02	1 puristin ylätela
P03,P04,P07 P09,P12,P13 P15,P16,P19 P21,P22,P23 P26	1 ja 2 puristin hupatela
P05,P11,P17 P25	1 ja 2 puristin huovankiristystela
P06,P10,P18, P24	1 ja 2 puristin huovanhjaustela
P08	1 puristin imutela
P14	2 puristin ylätela
P20	2 puristin kenkätela
P27	paperitela
P28	3 puristin ylätela
P33	3 puristin alatela kysters

## Taulukko 2. Investointi osa 2 ja 3

Toiseen ja kolmanteen investointiosaan kuuluu seuraavat kone paikan telan laakerit. Kuivaus ryhmä jaetaan kahteen osaan investointia varten, toiseen osaan kuuluu 1-2 ryhmä ja kolmanteen osaan kuuluu 3-5 ryhmä.

Kuivausosa	
Telan tunnus ja nimitys	
4-12	Kuivaussylinteri
3, 31-	Kuivaussylinteri
77,78	Kuivaussylinteri
1,1,45,63	Kuivaussylinteri
44A,44B	Kuivaussylinteri
25,62D	Kuivaussylinteri
81,82	Jäähdytyssylinteri
K1	hupatela peruspalkkien välissä
K2	hupatela alasylinterien välissä
K3	hupatela yläsylinderien välissä
K4	hupatela
K5	hupatela ohjaus – ja kiristys
K6	huopatela kuivausryhmä 5
K8	joustava paperitela
K18	hupatela kuivausryhmät 4 ja 5
K6	hupatela ohjaus- ja kiristys
80	jäähdytystela
K21	paperitela

## Taulukko 3. Investointi osa 4

Neljänteen investointiosaan kuuluu seuraavat kone paikan telan laakerit.

Kääntötela, taustaliimain ja jälkikuivausryhmä	
Telan tunnus ja nimitys	
K7	paperitela (uritettu)
K9	levitystela
K10	paperitela
K12	paperitela
K13	paperitela
K14	paperitela
K15	liikkuva paperinjohtotela
K16	sivelytela
K17	levitystela
K20	paperitela
K21	paperitela
K22	kääntötela
K23	paperitela
K24	paperitela
K25	paperitela
78A	kuivaussylinteri

## Taulukko 4. Investointi osa 5

Viidenteen investointiosaan kuuluu seuraavat kone paikan telan laakerit.

Rullain, kalanterit ja teräpäällystimet	
Telan tunnus ja nimitys	
C1	2. kalanterin alatela
C2	1. ja 2. kalanterin ylätela
C3	1. kalanterin alatela
C4	glos-kalanterin kiilloitussylinteri
C5	glos-kalanterin puristustela
C6	rullaimen sylinteri
C7	tampuuritela
C8	glos-kalanterin levitystela
C9	glos-kalanterin levitystela
C12	paperitela
C13	kireydenmittaustela
C14	levitystela
C15	paperinohjaustela
C16	levitystela
C17	teräpäällystin vastatela
C18	teräpäällystin sivelytela
C19	rullaimen levitystela

## Kassavirta-analyysi

