



samk

Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

ATTE ANTONEN

Kartonkikoneen pituusleikkurin toimintavarmuuden tehostaminen

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA
2023

| | | |
|--|-------------------------------------|--------------------------|
| Tekijä(t) Anttonen, Atte | Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK | Päivämäärä 5/2023 |
| | Sivumäärä 37 | Julkaisun kieli Suomi |
| Julkaisun nimi Kartonkikoneen pituusleikkurin toimintavarmuuden tehostaminen | | |
| Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma | | |
| Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön päämääränä oli tunnistaa kartonkikoneen pituusleikkurin keskeiset komponentit ja varmistaa niiden moitteeton toiminta. Opinnäytetyö suoritettiin Corex Finland Oy:n Porin kartonkitehtaan toimipisteellä, ja siinä keskityttiin erityisesti tehtaan kantotelapituusleikkuriin. Tavoitteena oli tunnistaa pituusleikkurin toiminnan kannalta kriittisimmät alueet ja hyödyntää PSK 6800 -standardin kriittisyysluokittelua tunnistaksemme korkeimman kriittisyysarvon omaavat laitteet.</p> <p>Pituusleikkurin kriittinen rooli korostuu, koska se vastaanottaa kaiken kartonkikoneen tuottaman kartongin. Tästä syystä sen toimintavarmuus on elintärkeää prosessin jatkuvuudelle. Korkea toimintavarmuus ja tehokas kunnossapito ovat siis ratkaisevan tärkeitä.</p> <p>Opinnäytetyön teoreettinen osuus kattoi yleisimmät kunnossapidon menetelmät ja käytännöt. Erityisesti huomiota kiinnitettiin tuottavaan kunnossapitoon ja kunnonvalvontaan. Lisäksi tarkasteltiin VVKA:n (vika- ja vaurioanalyysi) toimintatapoja, jotka auttoivat luomaan perustan kriittisyysanalyysille.</p> <p>Käytännön osuudessa tutkittiin pituusleikkurin keskeisiä komponentteja ja niiden toimintaa. Näiden havaintojen perusteella suoritettiin kriittisyysanalyysi. Lopuksi luotiin operaattoreille ennakoiva huolto-ohjelma, joka tukee laitteiden pitkäaikaista ja häiriötöntä toimintaa.</p> | | |
| Avainsanat kartonkiteollisuus, pituusleikkaus, kunnossapito, kunnonvalvonta, pituusleikkuri | | |

| | | |
|--|--|-------------------------------------|
| Author(s) Anttonen, Atte | Type of Publication Bachelor's thesis | Date 5/2023 |
| | Number of pages 37 | Language of publication: Finnish |
| Title of publication Improving the reliability of the board machine's rewinder | | |
| Degree programme Degree Programme in Mechanical Engineering | | |
| Abstract <p>The objective of this thesis was to identify the key components of a cardboard machine's rewinder and ensure its seamless operation. The thesis was conducted at the Pori board mill branch of Corex Finland Ltd., with a specific focus on the factory's rewinder. The goal was to pinpoint the most critical areas for the functioning of the rewinder and employ the PSK 6800 standard's criticality classification to identify the equipment with the highest criticality value.</p> <p>The critical role of the rewinder becomes apparent as it handles all the board paper produced by the board machine. Consequently, its operational reliability is paramount for the continuity of the process. Therefore, high operational reliability and effective maintenance practices are of utmost importance.</p> <p>The theoretical part of the thesis encompassed the most common maintenance methods and practices. Special attention was given to productive maintenance and condition monitoring. Additionally, the operational methodologies FMEA (Failure mode and effects analysis) were examined, which aided in establishing the foundation for conducting a criticality analysis.</p> <p>In the practical segment, the study delved into the central components of the rewinder and examined their functionality. Based on these observations, a criticality analysis was performed. In conclusion, a proactive maintenance program was devised for the operators, aimed at supporting the long-term, uninterrupted operation of the equipment.</p> | | |
| Keywords paperboard industry, roll slitting, maintenance, condition monitoring, rewinder | | |

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| 1 JOHDANTO | 6 |
| 1.1 Kohdeyritys | 7 |
| 1.1.1 Corex Group | 7 |
| 1.1.2 Corex Finland Oy | 7 |
| 2 KUNNOSSAPITO | 9 |
| 2.1 Kunnossapidon määrittely ja standardit | 9 |
| 2.2 Kunnossapitolajit..... | 10 |
| 2.2.1 Huolto | 10 |
| 2.2.2 Ehkäisevä kunnossapito..... | 11 |
| 2.2.3 Korjaava kunnossapito..... | 11 |
| 2.2.4 Parantava kunnossapito | 12 |
| 3 KUNNOSSAPIDON TOIMINTAMALLIT | 13 |
| 3.1 TPM – Total Productive Maintenance | 13 |
| 3.1.1 TPM lähtökohta | 14 |
| 3.1.2 TPM onnistuminen | 14 |
| 3.2 Käyttäjäkunnossapito | 15 |
| 4 KUNNONVALVONTA | 17 |
| 4.1 Kunnonvalvonta tavat | 17 |
| 4.2 Vikaantumistavat..... | 18 |
| 5 VIKA-, VAIKUTUS- JA KRIITTISYYSANALYYSI (VVKA)..... | 19 |
| 5.1 VVA-tyypit | 19 |
| 5.2 FMEA lähestymistavat..... | 19 |
| 5.2.1 Bottom-up | 20 |
| 5.2.2 Top-down..... | 21 |
| 5.3 Kriittisyysluokittelu (PSK 6800)..... | 21 |
| 5.4 Kriittisyysindeksin määrittäminen | 22 |
| 6 PITUUSLEIKKURI..... | 25 |
| 6.1 Yleistä | 25 |
| 6.1.1 Rainan esilevitys | 26 |
| 6.1.2 Hylsykartonki | 26 |
| 6.2 Pasaban-pituusleikkuri | 27 |
| 6.2.1 Pituusleikkurin päälaitteet ja tehtävät..... | 28 |
| 6.2.2 Kriittisyyskertoimet pituusleikkurille..... | 29 |
| 6.2.3 Kriittisyysanalyysi pituusleikkurille..... | 30 |
| 6.2.4 Kriittisyysluokittelun tulokset | 31 |

| | |
|---|----|
| 7 HUOLTO-OHJELMAT | 33 |
| 7.1 Ennakoiva kunnossapito pituusleikkurille | 33 |
| 7.2 Käyttäjahuoltosuunnitelma Porin kartonkitehtaalle | 34 |
| 7.2.1 Käyttäjahuolto-ohjelma | 34 |
| 8 YHTEENVETO | 36 |
| LÄHTEET | |

1 JOHDANTO

Metsäteollisuuden tuotteista kartongin kysyntä on viime vuosina kasvanut huomattavasti. Lisääntynyt nettikauppojen käyttäminen kuluttajahankinnoissa on lisännyt merkittävästi ympäristöystävällisten pakkausmateriaalien, eli pahvin ja kartongin käyttöä. Kilpailukyvyyn takaamiseksi on kyettävä tuottamaan kartonkia mahdollisimman yhtäjaksoisesti. On kriittisen tärkeää kyetä vastaamaan teollisuuden asiakkaiden laatuvaatimuksiin ja lyhentyneisiin toimitusaikoihin, samalla minimoiden mahdollisimman hyvin konerikkoja ja sen aiheuttamina seisakkeja. Opinnäytetyössä kiinnitettiin erityistä huomiota edellä mainittuihin kriteereihin pituusleikkurin eri osien toimintavarmuutta koskevaa kriittisyysluokittelua hyödyntämällä.

Tämä opinnäytetyö tehtiin Corex Finland Oy:n Porin kartonkitehtaan pituusleikkurille. Opinnäytetyössä perehdyttiin pituusleikkurin toimintatapoihin, sekä yrityksen kunnossapitojärjestelmään. Pää tavoitteena oli tutkia pituusleikkurin toimintakyvyn kannalta kriittisimmät kohteet ja PSK 6800 -kriittisyysluokittelun avulla kartoittaa korkeimman kriittisyysarvon omaavat laitteet. Lisäksi tavoitteena oli kehittää kunnossapitoa ja kunnonvalvontaa pituusleikkurilla TPM-toimintamallin näkökulmasta. Työssä keskityttiin myös ennakoivan kunnossapitosuunnitelman tekemiseen mahdollisten laiterikkojen varalle.

Pituusleikkurin keskeytymätön käynti ja toimintavarmuus on tuotantoprosessin kannalta välttämätöntä. Prosessin osana pituusleikkuri on tärkeässä asemassa, koska tuotantotehon lisääntyessä ja vaativampien laatuksien yhdistyessä on pituusleikkurin tuotanto- ja laatuksien koetuksella.

Laadun ja tuotantotehon parantaminen on kartonkituotannon kannalta monen tekijän summa. Tämä työ rajattiin ja kohdennettiin käsittelemään pituusleikkuria.

1.1 Kohdeyritys

Tämä opinnäytetyö kohdistuu Corex Finland Oy:n Porin kartonkitehtaaseen, joka sijaitsee Aittaluodon teollisuusalueella, Kokemäenjoen rannalla Porin keskustan läheisyydessä.

1.1.1 Corex Group

Vuonna 2019 belgialainen teollisuuskonserni VPK Group osti Corenso United Oy Ltd:n ja yhdisti sen jo aikaisemmin omistamaansa Corexiin. Corex Group työllistää maailmanlaajuisesti 29 toimipisteellä 15 eri maassa noin 1300 työntekijää. Corex Groupin tuotteita ovat mm. hylsykartongit, pakkauskartongit, kartonkirullat sekä kulmasuojat. Yritys on toimialallaan Euroopan suurimpia hylsykartongin tuottajia. (Corex Finland Oy:n www-sivut 2023)

1.1.2 Corex Finland Oy

Corex Finland Oy on osa VPK-konsernin Corex-divisioonaa ja se toimii Porissa, Imatralla ja Loviisassa. Porin kartonkitehdas valmistaa pääasiassa hylsykartonkia, kun taas Corex Finland Oy:n Imatran ja Loviisan tehtaot valmistavat kartonkihylsyjä. Vuonna 2021 Corex Finland Oy osti loviisalaisen hylsyvalmistaja Topcore Oy:n, joka vuonna 2022 fuusioitiin osaksi Corex Finland Oy:tä. Ennen VPK Groupin yrityskauppoja Corex Finland Oy oli nimeltään Corenso United Oy Ltd. (Corex Finland Oy:n www-sivut 2023)

Corex Finland Oy:n liikevaihto on ollut viime vuoden kasvusuunnassa, liikevaihto vuonna 2022 oli 98,6 miljoonaa euroa (edellinen vuosi 74,5 milj.) ja eri tehtaot työllistivät yhteensä noin 130 henkilöä. (Vainu.io www-sivut ja Corex Finland Oy:n www-sivut 2023)

Kuva 1. Porin kartonkitehdas Corex Group (Corex Finland Oy:n www-sivut 2023)



Kuva 2. Corex Group (Corex Finland Oy:n www-sivut 2023)



2 KUNNOSSAPITO

2.1 Kunnossapidon määrittely ja standardit

Kunnossapito on erilaisten asioiden, kuten prosessien, laitteiden, koneiden, rakenteiden ja osien pitämistä toimintakuntoisena, jotta ne toimisivat luotettavasti, havaitut viat korjataan, sekä tuotantoa kyetään kehittämään ja pitämään toiminnassa turvallisuus- ja ympäristöriskit huomioiden.

Kunnossapito määritellään EU:n SFS-EN 13306 -standardin mukaan seuraavasti: ”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon”. (Järviö 2006, 14)

Vastaavasti Suomessa toimiva PSK Standardisointiyhdistys on laatinut PSK 6201 -standardin ja määrittelee sen seuraavasti: ”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana”. (Järviö 2006, 29)

Kunnossapidon keskeisiä tavoitteita ovat korkea tuotannon kokonaistehokkuus ja käyttövarmuus. Onnistuneesti hoidettuna nämä mahdollistavat korkeatasoisen käytettävyyden ja käyttöasteen. Hyvä käyttövarmuus on elinehto toiminnan luotettavuudelle. (Järviö & Lehtiö 2012, 59)

2.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapito jaotellaan usein viiteen päälajiin, joiden avulla kunnossapito voidaan ryhmittää kokonaisuudeksi, mikä auttaa hallitsemaan selkeästi tuotantolaitoksen kunnossapitoa. Kunnossapitolajeja ovat:

- Huolto
- Ehkäisevä kunnossapito
- Korjaava kunnossapito
- Parantava kunnossapito
- Vikojen ja vikaantumisten selvittäminen

(Järviö 2006, 41)

2.2.1 Huolto

Kohteen huoltamisella pidetään yllä käyttöominaisuuksia ja eheytetään heikentynyttä toimintakykyä ennaltaehkäisten suurempien vikojen syntyä. Huolto olisi syytä olla jaksotettua ja suoritettava määräajoin, jotka määrittävät kohteen käyttöajan ja -määrän mukaan. Huoltoihin voivat sisältyä esimerkiksi seuraavat toimenpiteet:

- Käyttäjän suorittama kunnossapito ja tarkastaminen
- Puhdistaminen
- Kalibrointi
- Voitelu
- Toimintakunnon testaaminen
- Kuluvien osien tarkastaminen ja vaihtaminen

Huolto on yleisesti ottaen suoraan verrannollinen ehkäisevän kunnossapidon kanssa ja toimenpiteet ovat hyvin samankaltaisia. (Järviö 2006, 44)

2.2.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon avulla voidaan seurata kohteen suorituskykyä ja arvoja. Tavoitteena sillä on vähentää vikaantumisia ja toimintakyvyn heikentymistä. Ehkäisevän kunnossapidon pitää olla säännöllistä ja toistuvaa. Ehkäisevän kunnossapidon avulla kunnossapitotoimenpiteiden suunnitteleminen ja aikatauluttaminen on helpompaa ja selkeämpää. Ehkäiseviä kunnossapitotoimenpiteitä ovat esimerkiksi:

- Kunnon- ja käynninvalvonta
- Tarkastaminen ja testaaminen
- Määräystenmukaisuuden varmistaminen
- Vikaantumistietojen ja historian tutkiminen

Ennakoivaa kunnossapitoa voidaan suorittaa niin kohteen ollessa käytössä tai seisakin aikana. Kunnossapitotoimenpiteillä etsitään mahdollisia vikoja ja havaintojen pohjalta todetaan laitteen toimintakunto ja kunnossapitotarpeet. (Järviö 2006, 44–45)

2.2.3 Korjaava kunnossapito

Korjaavalla kunnossapidolla korjataan vikaantunut kohde takaisin toimintakuntoon. Korjaavan kunnossapidon säännöllisten suoritusaikojen avulla korjattavan kohteen osien ja komponenttien elinikä voidaan määrittää. Korjaavaa kunnossapitoa ovat suunnittelemattomat häiriökorjaukset sekä suunniteltu kunnostus. Korjaavaa kunnossapitoa ovat esimerkiksi seuraavat toimet:

- Vian määrittäminen, tunnistaminen ja paikallistaminen
- Korjaus
- Tilapäinen korjaus
- Toimintakunnon palauttaminen

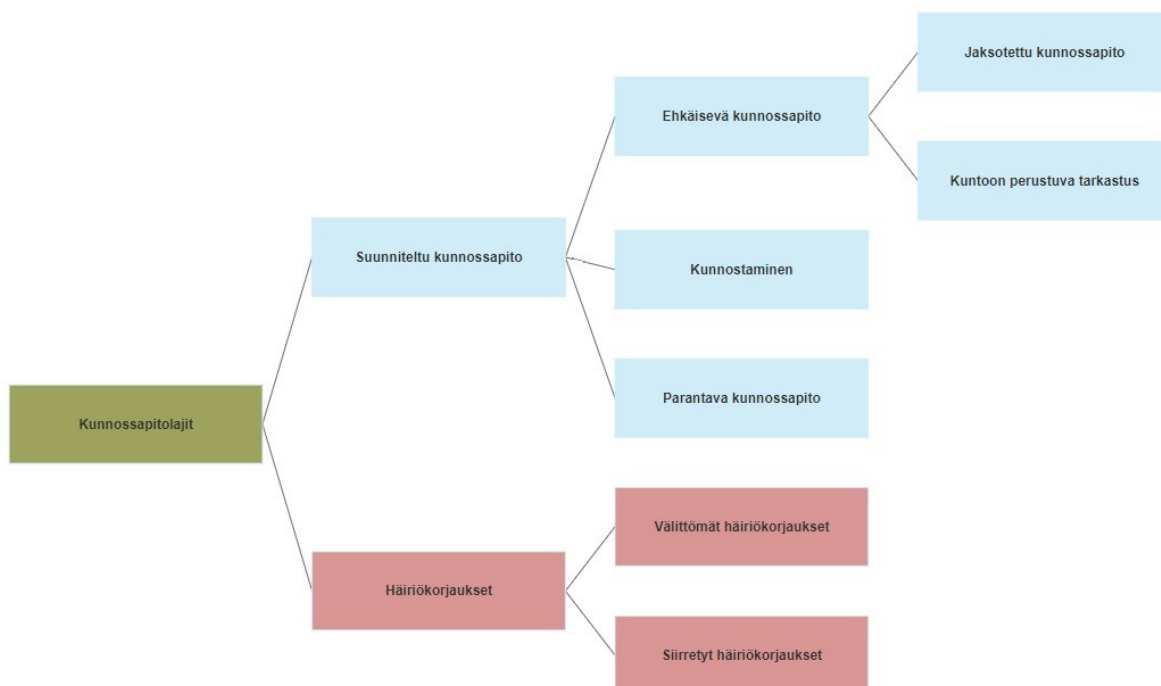
(Järviö 2006, 43–44)

2.2.4 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen ryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä kohteen rakenteellisia ominaisuuksia parannellaan vaihtamalla uudempia osia ja komponentteja alkuperäisten tilalle. Tällöin kohteen nykyaikaisuus ja toimintavarmuus paranee, mutta suorituskykyä ei välttämättä muuteta.

Toisessa ryhmässä parantavilla toimenpiteillä lisätään kohteen toimintaluotettavuutta erilaisilla uudelleensuunnitelluilla ja korjaustoimenpiteillä, vaikuttamatta sen suorituskykyyn.

Kolmannessa ryhmässä kohdetta modernisoidaan ja suorituskykyä muutetaan. Kohteen modernisoinnin ohella yleensä modernisoidaan myös sillä valmistettava valmistusprosessi. Esimerkiksi vanhalla paperikoneella ei enää kyetä tuottamaan kilpailukyysisesti paperia, mutta koneella on vielä hyvin elinikää jäljellä. On järkevämpää modernisoida kone tuottamaan esimerkiksi kartonkia kuin romuttaa se tai rakentaa täysin uusi kartonkikone. Modernisointi on yleistymään päin, koska monesti koneiden tuottamien tuotteiden elinkaari on lyhyempi kuin itse sitä valmistavan koneen. (Järviö 2006, 45)



Kaavio 1. Kunnossapitolajit. (Järviö 2006, 43)

3 KUNNOSSAPIDON TOIMINTAMALLIT

Kunnossapidon toimintamallit jaetaan kolmeen kategoriaan. Ensimmäiseen kategoriaan kuuluu laatujohtannaiset strategiat, kuten esimerkiksi Six Sigma, joka on työkalu laadunvalvontaan, ja jolla pyritään stabiloimaan tuotteen laatu poistamalla vaihtelut. (Järviö 2006, 77,92)

TPM eli Total Productive Maintenance kuuluu toiseen kategoriaan. TPM pyrkii tuottavaan kunnossapitoon. TPM-toimintamallin tavoitteena on motivoida laitteen käyttäjää huoltamaan ja hoitamaan laitetta, sekä yhdistää kaikki yrityksen osastot jatkuvuuteen, aktiivisuuteen ja parantamiseen, samalla tehden kunnossapidosta kaikkien vastualueen ja asian. (Järviö 2006, 77,78)

Kolmanteen toimintamallien kategoriaan kuuluvat RCM, SRCM ja Asset Management, joiden avulla pyritään valitsemaan tehokkaat kunnossapitostrategiat. RCM eli Reliability Centered Maintenance, on kallis kunnossapito-ohjelma, jolla optimoidaan kunnossapito vain tuotannolle kriittisille koneille. Se on tarkka kunnossapitostrategioiden ja menetelmien analysointityökalu. SRCM on RCM:n kevytversio eli Streamlined RCM. Se on strategioiden valinnassa kevyempi ja vapaampi kuin RCM. Sen käyttö on suositeltavampaa, koska se on nopeampaa ja halvempaa, antaen silti usein riittävän tarkan tuloksen. Asset Managementia eli käyttöomaisuuden hallintatyökalua on suositeltavaa käyttää tuotannon lopuille koneille. Se pyrkii systemaattisella lähestymistavalla optimoimaan edellä mainitut strategiat. (Järviö 2006, 77)

3.1 TPM – Total Productive Maintenance

TPM eli kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito on japanilaisen Seiichi Nakajiman laatima kunnossapitosysteemi, jolla huonosti suoriutuva kunnossapito kehitetään tehokkaammaksi. Maailmanlaajuisten yritysten on syytä asettaa TPM-tavoitteet niin korkealle kuin mahdollista pysyäksään muiden yritysten kanssa kilpailukykyisenä. (Järviö 2006, 78)

3.1.1 TPM lähtökohta

TPM:n lähtökohta on luoda tuotannon laitteille optimaaliset toimintaolosuhteet ja niiden ylläpitäminen toimintakunnossa. Se pyrkii motivoimaan ja tekemään kunnossapidosta koko yrityksen asian ja lisäämään sen jokaisen osaston vastuualueeksi. TPM-ohjelma luodaan aina yrityskohtaiseksi, jolloin otetaan huomioon yrityksen omat erityispiirteet ja kulttuurin vaikutukset.

TPM:n päämääriä ovat:

- Maksimoida koneen kokonaistehokkuus
- Laatia koneen koko eliniän kattava kunnossapitosysteemi
- Sisällyttää mukaan kaikki yrityksen työntekijät ja osastot, jotka ovat mukana koneen suunnittelussa, käyttämisessä ja kunnossapidossa
- Tehdä kunnossapidosta koko yrityksen vastuualue, jopa myynnin ja markkinoinnin
- Jakaa vastuu kunnossapidon suunnittelusta ja toteutuksesta niille osastoille, jotka aktiivisesti käyttävät ja huoltavat konetta

Suunnitellun kunnossapitoseisakin kustannukset on selkeästi laskettavissa siihen käytetyistä työtunneista, materiaaleista, alihankintatöistä ja muista kustannuksista. Lyhyiden ja yllättävien tuotantokatkojen ja kunnossapitotöiden aiheuttamia tuotantohävikkejä ja kustannuksia on toisaalta vaikea laskea ja arvioida. TPM:n avulla lisätään koneiden kokonaistehokkuutta ja vaikeasti arvioitavat häviöt vähenevät. Samalla todellisista kustannuksista ja hyödyistä tehdään paremmin arvioitavia. (Järviö 2006, 106,107)

3.1.2 TPM onnistuminen

TPM-ohjelman perusta on laatuohjelmissa. TPM on sen käyttäjille aktiivinen toimintatapa ja kunnostusprojektin kannalta on olennaista sen omaksuminen. Hankkeen vakavasti ottaminen, ajankäyttö ja tarvittavat resurssin mahdollistavat onnistuneen kunnossapitoprojektin. Yrityksissä, joissa TPM on otettu kokonaisvaltaisesti ja vakavasti käyttöön ja resurssit ovat olleet riittävät, on onnistuttu luomaan uudenlainen, selkeämpi ja tehokkaampi yrityskulttuuri. (Järviö 2006, 121)

TPM luo uudenlaisen käsityksen työn jaosta koneen käyttäjien ja kunnossapidon välille. Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito siirtää vastuun sen luotettavuudesta myös koneen käyttäjälle. Koneen käyttäjän vastuulle kuuluu tarkkaila koneen toimintaa, ilmoittaa ja tilata tarvittavat korjaustoimenpiteet kunnossapidolta, valvoa ja auttaa kunnossapidossa ja hyväksyä tehdyt kunnossapitotyöt. (Järviö 2006, 121)

3.2 Käyttäjäkunnossapito

Käyttäjäkunnossapito käsittää toiminnan, jossa koneen käyttäjät osallistuvat ja ottavat vastuulleen kunnan seurannan ja toiminnan luotettavuuden ylläpidon. Käyttäjäkunnossapito on TPM:n onnistumisen kannalta yksi tärkeimmistä peruseriaatteista, vaikkakin toteutuksen tasolla yleisesti ottaen haasteita aiheuttavaa. Käyttäjäkunnossapidon sisällyttäminen kunnossapidon toimintamalleihin aiheuttaa usein vastustusta yrityksen johdolta ja siksi muutosvastarinnan hallinta vaatii organisaatiolta osaamista ja aikaa. Yleisesti ottaen vastarinta kiteytyy seuraavista tekijöistä:

- Koneen käyttäjät kokevat työmäärän lisääntyvän ja täten palkkaneuvottelut tulevat ajankohtaisiksi.
- Varsinainen kunnossapitohenkilöstö kokee, että heidän töitään siirretään käyttäjäorganisaatiolle, ja tämän takia saattaa aiheutua työntekijöiden irtisanomisia. (Laine 2010, 221)

Yrityksen johdolla tulee olla halu ja kyky hallita käyttäjäkunnossapidon alkuvaiheen aiheuttamaa muutosvastarintaa ja luoda muutokselle positiivisia odotuksia. Jos henkilöstön vähentäminen ei ole yritysjohton tavoitteena, tulee sen pyrkiä luomaan uusia toimenkuvia TPM:n aiheuttamista pitkän aikavälin parannusmuutoksista, mikä vähentää kunnossapitajien epäilystä henkilöstövähennyksistä. (Laine 2010, 221)

Käyttäjäkunnossapidon lanseeraaminen tulee aloittaa suunnitellusti ja rauhallisesti, samalla varmistuen koneen käyttäjien osaaminen ja asianmukainen perehdytys käyttäjäkunnossapitoon kohteessa. Koneen käyttäjien puutteellinen osaaminen ja liian nopea käyttäjäkunnossapidon käyttöönotto johtaa helposti hankkeen epäonnistumiseen. Hankkeen etenemisnopeus tulee sovittaa käyttäjien osaamistasoon ja

mahdollisuuksien mukaan kouluttaa koneenkäyttäjille uusia asioita ja jatkokouluttaa tarpeen mukaan. (Laine 2010, 221)

Käyttäjäkunnossapidon käyttöönotossa suoritettavia asioita:

- Määritellään konekohtaisesti uusien koneenkäyttäjien tehtävät:
 - Puhdistus
 - Tarkastus
 - Huoltotyöt käynnin aikana
- Tehtävälista ja niiden suoritus aika
- Tilanteiden määrittäminen, jotka vaativat kunnossapitotyöntekijöiden paikalle hälyttämisen
- Määritellään ja luodaan kunnossapitojärjestelmä, johon raportoidaan havainnot ja tehdyt huoltotoimenpiteet
- Toiminnan käynnistäminen, jonka yhteydessä menetelmän kouluttaminen
- Nimetään toiminnalle vastuhenkilö
- Jatketaan ja kehitetään toimintaa sen mukaan, miten käyttäjien laitetuntemus koulutuksen myötä paranee (Laine 2010, 222)

4 KUNNONVALVONTA

Kunnonvalvonta on ehkäisevää kunnossapitoa. Sen tarkoitus on havaita koneen viat ennen kuin ne estävät koneen käytön tai alkavat heikentää koneen toimintakykyä. Kunnonvalvonnassa koneen toimintakuntoa seurataan käytön ja huoltojen aikana. Seuranta on syytä olla jatkuvaa tai aikataulutettua viimeistään silloin, kun koneelle aiheutuvien häiriöiden perusteella se katsotaan tarpeelliseksi. Kunnonvalvontaa silmämääräisesti tekevät laitteen käyttäjät ja kunnossapitäjät. Automaattisesti kunnonvalvontaa suorittavat mittalaitteet, prosessin automaatiojärjestelmät ja erilliset kunnonvalvontamittauksiin perustuvat toiminnot. (Heinonkoski 2013, 186)

4.1 Kunnonvalvonta tavat

Kunnonvalvontaa voidaan suorittaa:

- Silmämääräisesti laitteen käyttäjän ja kunnossapidon suorittamana
- Mittalaitteilla
- Automaatiomittausjärjestelmillä
- Kunnonvalvontamittauksiin perustuvina tehtävinä

Kunnonvalvontamenetelmiä on monia, ja niitä voidaan soveltaa prosessi-, automaatio- ja toimilaitteiden, sekä anturien kunnonvalvonnassa ja rikkomattomassa testauksessa.

Esimerkkejä kunnonvalvontamenetelmistä:

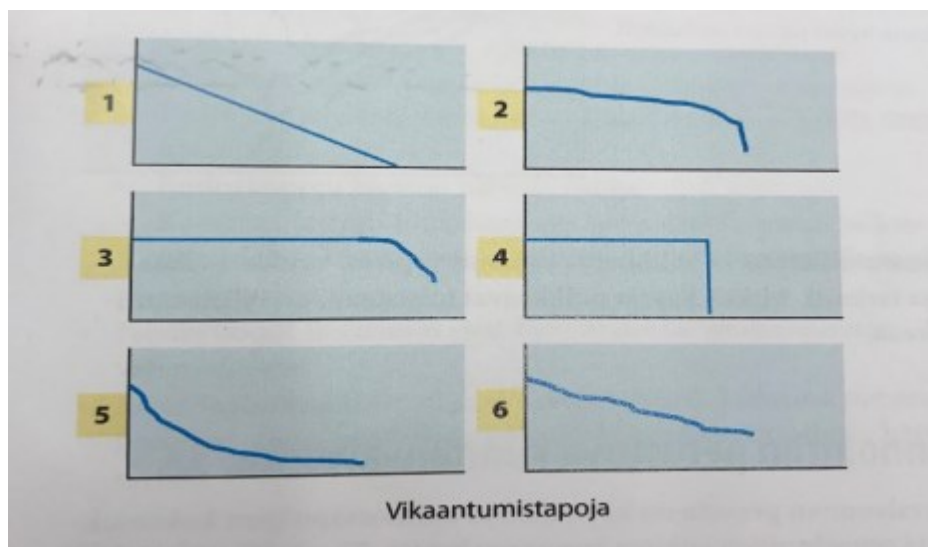
- Lämpötilagrafia
- Kovuudenmittaus
- Laseretäisyysmittaus
- Painemittaus
- Lämpötilamittaus
- Röntgenmittaus
- Tärinämittaus
- Virtausmittaus
- Pinnoituksen paksuuden mittaus
- Huokosreikien mittaus (Heinonkoski 2013, 186, 187)

4.2 Vikaantumistavat

Vikaantumistavoiksi ajan suhteen voidaan luetella kuusi yleisintä vikaantumistapaa:

1. Linearisessa vikaantumisessa määritellään kunnonvalvonnalle vikaantumisrajat, sekä mittausajankohdat.
2. Vikaantumiskäyrän laskun hidastuessa voidaan mittausajankohdat ja vikaantumisrajat määritellä.
3. Vikaantumiskäyrän laskiessa nopeasti loppuvaiheessa voidaan jaksottainen seuranta määritellä. Jatkuvan seurannan arvion ollessa kuitenkin haastavaa.
4. Eksponentiaalisesti laskeva vikaantumiskäyrä, josta voidaan määritellä jatkuva ja jaksomainen kunnonseuranta.
5. Tasainen toimivuus ja yhtäkkinen vikaantuminen. Jatkuvaa sekä jaksoittaista seuranta haastavaa suorittaa.
6. Loivasti ja epävakaasti laskeva käytä. Seurannat ja mittaukset voidaan tehdä.

(Heinonkoski 2013, 188,189)



Kuva 3. Vikaantumistavat ajan suhteen (Heinonkoski 2013, 189)

5 VIKA-, VAIKUTUS- JA KRIITTISYYSANALYYSI (VVKA)

Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi eli VVKA on tehokas erittelytapa toimintavarmuuden tarkasteluun. Sillä pyritään havainnoimaan ja analysoimaan tapahtumia, jotka voivat toteutuessaan ilmetä kriittisyydeltään erilaisiin seurauksiin ja laiterikkoihin. VVKA-analyysissä pyritään tarkastelemaan kohdejärjestelmän kaikkia mahdollisia vikaantumismahdollisuuksia. Tavoitteena analyysillä on löytää ratkaisuja kriittisten, ennalta tunnistettujen vikaantumismuotojen minimoimiseksi ja parantaa niiden ennalta havainnointia. VVKA-menetelmä sopii käytettäväksi kaikissa järjestelmän elinkaaren vaiheissa, suunnitteluvaiheesta käytön toiminnan kehittämiseen. Yleisiä menetelmän avulla mitattavia sovelluskohteita ovat teknologiaa sisältävät järjestelmät, ohjelmistot ja inhimilliset tekijät. Vika- ja vaikutusanalyysistä käytetään kansainvälisesti lyhennettä FMEA. (Ramentorin [www-sivut 2022](#))

5.1 VVA-tyypit

Vika- ja vaikutusanalyysi jaotellaan suunnittelu-, prosessi- ja järjestelmäanalyysiin riippuen sen päämäärästä ja toteutusajankohdasta. Suunnittelu-VVA pyrkii minimoimaan vikaantumismahdollisuudet mahdollisimman kattavasti, jo suunnitteluvaiheen aikana. Suunnitteluvaiheen VVA:n avulla pyritään kartoittamaan koko järjestelmän elinkaaren mahdolliset viat. Prosessivaiheen VVA tutkii järjestelmän valmistuksessa, kunnossapidossa ja käytössä mahdollisia ongelmia ja vikoja. Järjestelmä-VVA tutkii järjestelmän kokonaiskuvan mahdollisia ongelmia ja vikaherkkyksiä.

(Ramentorin [www-sivut 2022](#))

5.2 FMEA lähestymistavat

FMEA:n toteuttamiseen on luotu bottom-up ja top-down lähestymistavat. Molemmat pyrkivät ohjaamaan analyysiryhmää luoden syy–seuraussuhteita kuvaavat ketjut, joista voidaan havainnoida mahdolliset vikaantumiset kriittisyyttä apuna käyttäen erityyppisiin kohteisiin. Bottom-up ja top-down lähestymistavat on luotu katkaisemaan ja vähentämään vikaantumisketjujen seurauksia, ja niiden tarkoitus on auttaa

löytämään paras mahdollinen lopputulos analyysin päätteeksi. (Ramentorin www-sivut 2022)

5.2.1 Bottom-up

Bottom-up lähestymistavassa tutkittavan kohteen koko hierarkian alimman tason osaa analysoidaan tarkasti. Bottom-up lähestymistavassa paneudutaan täsmentämään laitteen erilaisten vikamuotojen seurauksia järjestelmän toimintaan. Lopputuloksena saadaan ratkaistua, miten vikamuoto vaikuttaa paikallisesti osaan ja koko laitteen toimintaan.

Bottom-up lähestymistapa muodostuu seuraavanlaisesti:

- Analysoitavan kohteen valinta
- Identifioidaan mahdolliset vikamuodot
- Valitaan vikamuoto tarkasteltavaksi
- Arvioidaan vikamuodon vaikutukset eri kohdetasoisille aiheutuvat vaikutukset
- Tarkennetaan vikamuodon tekijät. Ensimmäiseksi voidaan syventyä vikamuotoihin, joilla on suurin todennäköisyys aiheuttaa negatiivisia vaikutuksia kohteessa.
- Määritellään havaitsemistavat vian muodostumiselle
- Määritellään vikamuodon merkitys riskityökaluilla
- Kerrataan edellä olevat vaiheet jokaiselle kohteen osalle ja niiden vikamuodoille
- Eritellään kaikkein kriittisimmille vikamuodoille toimintasuunnitelma
- Tarkastellaan toimintasuunnitelmien vaikutusta vikamuodon toteutumiseen ja niistä aiheutuviin seuraamuksiin
- Jatketaan FMEA-analyysin päivittämistä suunnittelumuutosten yhteydessä

5.2.2 Top-down

Top-down lähestymistapaa käytetään usein suunnitteluvaiheen alussa, ennen koko järjestelmärakenteen luomista tai jo olemassa olevien ongelmakohtien uudelleen tarkastelun aikana. Top-down lähestymistavassa tutkitaan järjestelmää sen toimintojen kautta. Jonkin toiminnon puuttuminen löytyy usein paneutumalla tarkemmin järjestelmän toiminnallisiin vikoihin. Toiminnallisten vikojen juurisyy on aina jonkin pienemmän tapahtuman seurausta, eli vikamuotojen.

Top-down lähestymistapa muodostuu seuraavanlaisesti:

- Toiminnon valinta analysoitavaksi
- Toiminnallisen vian valinta arvioitavaksi
- Selvitetään vikamuotojen paikallisen ja ylimmän tason vaikutukset
- Arvioidaan vikamuoto bottom-up lähestymistavan avulla
- Määritellään vikamuodon merkityksellisyys riskityökaluilla
- Uusitaan edellä olevat vaiheet jokaiselle toiminnolle ja niiden vikamuodoille
- Käytetään bottom-up lähestymistapaa syvemmin tarkasteltaessa vikamuotoja jatkossa

(Ramentorin www-sivut 2022)

5.3 Kriittisyysluokittelu (PSK 6800)

PSK 6800 -standardi on luotu tuotantoprosessin tutkimiseen sen laitteiden kriittisyyden näkökulmasta. PSK 6800 -standardissa katsotaan käyttöhyödykkeiden (höyryn, sähkön ja paineilman) toimivuus poikkeuksettomina. Se tarkastelee kohteen kriittisyyttä työturvallisuuden, taloudellisuuden ja ympäristövaikutuksen kannalta. Kriittisyysindeksin laskemiseen vaaditaan kaikki olennaiset arvot ja analyysin tekemisen kannalta määritettävät kertoimet valintakriteerin mukaan. Olennaisia arvoja ovat esimerkiksi seisakit, vikaantumistaajuus ja korjauskustannukset. (PSK 6800 2008, 4)

Taulukossa 1 on esitelty tekijät, jotka vaikuttavat laitteiden kriittisyyteen. Kriittisyysindeksi voidaan laskea käyttäen tätä taulukkoa, ja sen avulla laitteet voidaan luokitella niiden kriittisyyden perusteella. Tätä taulukkoa voidaan hyödyntää monesta

näkökulmasta, kuten turvallisuus- ja ympäristövaikutusten, tuotanto-, korjaus- ja seurauskustannusten tai kaikkien näiden summana. (PSK 6800 2008, 7)

Toimilaite katsotaan kriittiseksi, kun sen käyttö voi aiheuttaa henkilövahingon, merkittävän aineellisen vahingon tai muita hyväksyttävien seuraamusten kaltaisia seurauksia. Laitteen riskitason määrittää sen vikaantumisen todennäköisyys ja vaikutus. Riskienhallinnan osana riskianalyysi auttaa ennakoimaan mahdollisia vahinkotapah- tumia ja tunnistamaan riskit. Riskianalyysin avulla voidaan selvittää mahdollisten ris- kien kohteet, niiden ominaisuudet ja toteutumisen seuraukset. (PSK 6800 2008, 2)

5.4 Kriittisyysindeksin määrittäminen

Henkilön terveyteen liittyvä vaara ja sen todennäköisyys kuvastavat turvallisuusriskiä. Laitteen turvallisuusaste lasketaan käyttämällä turvallisuuden kriittisyysindeksiä (K_s) kaavan avulla. (PSK 6800 2008, 9)

- $K_s = p \times (W_s \times M_s)$

Ympäristöriski viittaa mahdollisuuteen saastuttaa tehdasalueen ulkopuolista ympäris- töä. Riskin vaikutus kasvaa eksponentiaalisesti. Laitteen ympäristöllinen kriittisyysin- deksi (K_e) lasketaan seuraavasti. (PSK 6800 2008, 10)

- $K_e = p \times (W_e \times M_e)$

Suunnittelemattoman seisokin aiheuttama tuotannon ajan menetys merkitsee tuotan- non menetystä. Laitteen kriittisyysindeksi tuotannon menetyksen kannalta (K_p) mää- ritellään seuraavasti. (PSK 6800 2008, 10)

- $K_p = p \times (W_p \times M_p)$

Laatukustannukset kattavat PSK 6800 -standardin mukaisesti ylimääräiset kustannuk- set, jotka syntyvät toimenpiteistä, joilla tuotteen laatu palautetaan alkuperäiselle ta- solle tai kun tuote myydään laaturvirheen vuoksi alennetulla hinnalla. Laitteen laadul- linen kriittisyysindeksi (K_q) määritellään seuraavalla kaavalla. (PSK 6800 2008, 11)

- $K_q = p \times (W_q \times M_q)$

Korjauskustannukset ovat kuluja, joita syntyy, kun laite vikaantuu. Seurauskustannukset puolestaan syntyvät silloin, kun laitteen vikaantuminen johtaa sen vaurioitumiseen tai toisen laitteen vikaantumiseen. Laitteen kriittisyysindeksin arvo (Kr) korjauskustannusten kannalta lasketaan seuraavalla kaavalla. (PSK 6800 2008, 11)

$$K_r = p \times (W_r \times M_r)$$

PSK 3800 -standardin taulukosta 1 saadaan kokonaisvaltainen laitteiden kriittisyysindeksin (K) arvo. Kriittisyysindeksi lasketaan seuraavasti. (PSK 6800 2008, 8)

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

Kuva 4. PSK 6800 -standardin mukainen kriittisyysluokittelu kartonkikoneelle (PSK 6800 2008, 12)

Laitte
Kriittisyysluokittelun kohde
Tekijät
Versio
Päivitys

Kriittisyyden raja-arvo
700
100

Tuotannon menetyksen painoarvo kerroin Wp

| Toimintopaikan tunnus | Toimintopaikan nimi | Vikaantuvuus (1..8) | Turvallisuus (0..16) | Ympäristö (0..16) | Tuotannonmenetykset (0..4) | Loppu- tuotteen laadukustannus (0..4) | Korjauskustannus (0..4) | Kriittisyysindeksi | Kriittisyyden osaindeksit | | | | | |
|-----------------------|--|---------------------|----------------------|-------------------|----------------------------|---|-------------------------|--------------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|----|
| | | Painoarvo W → | 30 | 20 | 100 | 30 | 20 | | K | Ks | Ke | Kp | Kq | Kr |
| KO-248 | 3.PURISTIN YLÄTELA | 3 | 8 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1980 | 720 | 0 | 900 | 180 | 180 | |
| KO-247 | 3.PURISTIN ALATELA | 3 | 8 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1980 | 240 | 0 | 270 | 180 | 180 | |
| KO-250 | 2.KUIVAUSRYHMÄN KÄYTTÖ | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1800 | 120 | 240 | 270 | 180 | 120 | |
| KO-244 | 1.PURISTIN YLÄTELA | 3 | 4 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1620 | 360 | 0 | 900 | 180 | 180 | |
| KO-243 | 1.PURISTIN ALATELA | 3 | 4 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1620 | 360 | 0 | 900 | 180 | 180 | |
| KO-242 | 2.PURISTIN ALATELAN KÄYTTÖ | 2 | 2 | 8 | 4 | 2 | 3 | 1480 | 120 | 320 | 240 | 120 | 120 | |
| KO-241 | 2.PURISTIN ALATELAN KÄYTTÖ | 2 | 2 | 8 | 4 | 2 | 3 | 1480 | 120 | 320 | 800 | 120 | 120 | |
| KO-239 | 1.PURISTIN KK1 ALAHUOVANJOHTOTELAT 3 kpl | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1080 | 180 | 0 | 600 | 180 | 120 | |
| KO-233 | 3.PURISTIN KARTONGINJOHTOTELA | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1080 | 180 | 0 | 600 | 180 | 120 | |
| KO-210 | VIIRAN IMUTELA | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1220 | 240 | 80 | 180 | 180 | 120 | |
| KO-210 | VIIRAN IMUTELAN KÄYTTÖ | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 1000 | 240 | 160 | 120 | 120 | 80 | |
| KO-238 | Puristin 1 alatelan käyttö | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 600 | 120 | 80 | 60 | 120 | 80 | |
| KO-209 | VIIRAN VETOTELA | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 920 | 240 | 80 | 400 | 120 | 80 | |
| KO-232 | KK 1:N PAINESIHTI | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 560 | 120 | 80 | 60 | 120 | 40 | |
| KO-204 | RINTATELA | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 560 | 60 | 80 | 60 | 120 | 40 | |
| KO-266 | 3.KUIVAUSRYHMÄN KÄYTTÖ | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 560 | 60 | 80 | 60 | 120 | 40 | |
| KO-200 | KK 1 PERÄLAATIKKO | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 520 | 0 | 0 | 120 | 120 | 0 | |
| KO-264 | YLÄVIIRAN KRISTIN, 3.KUIVAUSRYHMÄ | 1 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 500 | 120 | 80 | 200 | 60 | 40 | |
| KO-257 | KUIVAUSYLINTERI N:O 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 470 | 60 | 80 | 200 | 90 | 40 | |
| KO-258 | KUIVAUSYLINTERI N:O 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 470 | 60 | 80 | 200 | 90 | 40 | |
| KO-251 | KUIVAUSYLINTERI N:O 3 | 1 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 470 | 60 | 80 | 200 | 90 | 40 | |
| KO-235 | VIIRAN JOHTOTELAN KÄYTTÖ | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 480 | 120 | 80 | 200 | 0 | 80 | |
| KO-232 | VIIRAN JOHTOTELAN KÄYTTÖ | 2 | 4 | 2 | 2 | 0 | 2 | 800 | 240 | 80 | 120 | 0 | 80 | |
| KO-226 | VIIRAN PALAUTUSTELA 2 kpl | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 700 | 120 | 80 | 120 | 60 | 40 | |
| KO-222 | VIIRAN PALAUTUSTELA 2 kpl | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 700 | 60 | 80 | 120 | 60 | 40 | |
| KO-225 | HUOVANKRISTIN, 2 PUR. YLÄHUOPA | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 290 | 60 | 80 | 100 | 30 | 20 | |
| KO-219 | YLÄVIIRAN KRISTIN, 3.KUIVAUSRYHMÄ | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 300 | 60 | 40 | 100 | 60 | 40 | |
| KO-214 | YLÄVIIRAN OHJASTELA, 3.KUIVAUSRYHMÄ | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 300 | 60 | 40 | 100 | 60 | 40 | |
| KO-206 | HUOVANKRISTIN, 2 PUR. YLÄHUOPA | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 250 | 60 | 40 | 100 | 30 | 20 | |
| JA-210 | JÄLKUAIHIN 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | |
| KO-208 | Puristin 1 alahuovan suihkuputken oskiloit | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | |

Taulukko 1. PSK 6800 -standardin taulukkolaitetason kriittisyyden tekijät (PSK 6800 2008, 7)

Kuvaotsikkoluettelon hakusanoja ei löytynyt.

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

6 PITUUSLEIKKURI

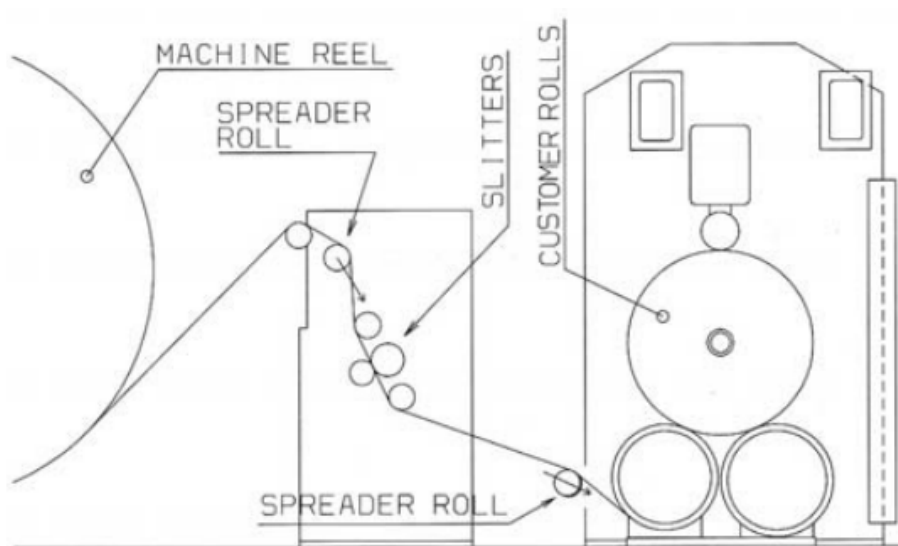
6.1 Yleistä

Kartonkikone valmistaa kierrätetystä paperi- ja kartonkijätteestä eli uusiomassasta kartonkia, joka rullautuu konerullaksi tampuuriraudan ympärille kartonkikoneen loppupäässä. Konerullan saavutettua haluttu halkaisija, valmistunut konerulla siirretään pituusleikkurille, jolla leikataan täyslevyisen rainan reunat, sekä leikataan asiakkaalle sopivan levyiset ja korkuiset kiekot tai rullat. Konerullan rainan pituus voi olla jopa yli 16 km ja se voi painaa yli 16 tonnia, joten on välttämätöntä jakaa se asiakkaalle sopivan kokoisiksi tuotteiksi. (Jokio 1999, 183)

Pituusleikkurilla kartonkirainan levitys tapahtuu kahdessa kohteessa:

- Rainan levitys ennen leikkausta (esilevitystela), joka kiristää rainan kokoleveydeltä, joka varmistaa vakaan ajettavuuden ja parantaa leikattujen rainojen erottelua leikkauksen jälkeen.
- Rainan levitys leikkauksen jälkeen viuhkamaisesti, joka erottelee pituussuunnassa leikatut rainat, parantaen leikkausjälkeä ja rullautuvuutta, ehkäisten kiekkojen ja rullien toisiinsa kiinni jäämistä.

(Jokio 1999, 230,232)



Kuva 3. Pituusleikkurin poikkileikkaus (Jokio 1999, 227)

6.1.1 Rainan esilevitys

Kartongin esilevityksellä tarkoitetaan rainan kireyden poikkisuuntaista hallintaa, kun rainaan kohdistuvat puristusvoimat pyrkivät synnyttämään rypistymiä tai taittuvia materiaalin elastisuuden vuoksi. Esilevityksellä pyritään luomaan kartonkirainaan poikkisuuntaista vetoa, minimoiden rypistyminen ja taittuminen, ja ohjaamaan raina suorasti leikkurin terien väliin. Tämän ansiosta leikkuujäljestä tulee suora ja siisti. Kuranttin leikkuujäljen ja vakaan rainan ajettavuuden varmistamiseksi onnistunut esilevitys on välttämätöntä. Kantotelapituusleikkurilla ennen leikkausta tapahtuva levitys, eli esilevitys vaikuttaa huomattavasti leikattujen osarainojen erotteluun.

(Jokio 1999, 227, 228)

6.1.2 Hylsykartonki

Hylsykartongin raaka-aineina käytetään nestepakkauskartonkia, fluting- sekä kraft-paperijätettä. Hylsykartongista valmistetaan kierrehylsyjä, ja sen tärkeimmät ominaisuudet ovat puristus- ja palstautumislujuus. Hylsykartongin lujuuteen vaikutetaan puolisellun sekä kierrätyskuidun määrällä. Kartongin kulumiskestävyyttä parannetaan käyttämällä täyteaineena kalsiumkarbonaattia, joka on erittäin kuluttavaa teloja ja leikkureita kohtaan. Levitystelosten tulee olla hylsykartongin kuluttavuuden takia kulutuksen kestävä ja pinnoitettu kovalla volframikarbidi-pinnoitteella. (Karhuketo, H., Seppälä, M. J., Törn, T. & Viluksela, P. 2004, 185)

6.2 Pasaban-pituusleikkuri

Porin kartonkitehtaalla käytössä oleva Pasaban-pituusleikkuri on toimintaperiaatteeltaan kantotelapituusleikkuri. Pituusleikkurilla on mahdollista leikata kartonkia 75 mm:n kiekkotavarasta yli 2 metrin rullatavaraan. Pituusleikkuri on prosessin toiminnassa kriittinen laite ja sen on kartonkikoneen tavoin käytävä miltei yhtäjaksoisesti, jotta prosessi on tuottavaa. Yhtäjaksoisessa käymisessä pituusleikkuri on kovan kuormituksen alla, ja nopeat ajonopeudet kuluttavat laitteen osia. (Porin kartonkitehdas 2023)

Kuva 5. Pasaban-pituusleikkuri Porin kartonkitehtaalla



6.2.1 Pituusleikkurin päälaitteet ja tehtävät

Porin kartonkitehtaan Pasaban-pituusleikkurin päälaitteet ja niiden tehtävät kartoitettiin PSK 6800 -kriittisyysanalyysin suorittamista varten.

Taulukko 2. Pituusleikkurin päälaitteet ja niiden tehtävät

| Pituusleikkurin päälaitteet | Tehtävä |
|------------------------------------|---|
| Kantotelat | Asiakasrulla muodostuu kantotelojen päälle, ja auttavat pitämään tarvittavan kireyden rullautumisessa. |
| Painotela | Painaa rullaa lisävoimalla kantoteloja vasten, vakauttaa ja parantaa kireyttä rullautumisessa. |
| Hylsylukot | Hylsylukot puristavat leikatut kartonkihylsyt kiinni toisissaan pitäen valmistuvan muuton sivuttaisuunnassa paikallaan. |
| Levitystelat | Levittää osarainat erilleen, vakauttaa rullautumista, sekä vähentää pölyä. |
| Jarrugeneraattori | Antaa voiman ja pitää kireyden leikattavassa konerullatampuurissa. |
| Teräpukki | Terät leikkaavat kartonkirainan haluttuun leveyteen. |
| Rajakytkimet | Antaa automatiikalle tiedon liikkeiden paikkatiedoista. |
| Hylsypidin | Muutonvaihdossa hylsypidin pitää hylsystä kiinni ja siirtää ne kantotelojen nippiin. |
| Liimauslaite | Muuton valmistuttua liimaa rullien paperihännät ennen niiden katkaisua. |
| Katkaisuterä | Muuton valmistuttua liimauksen jälkeen katkaisee paperihännät rullantyöntimen työntäessä muuttoa muuttokauhaan. |
| Päämoottori | Antaa voiman pituusleikkurin kantoteloille. |
| Hydrauliikkajärjestelmä | Pituusleikkurin hydrauliikan säätö. |
| Pneumatiikkajärjestelmä | Pituusleikkurin ja hylsyleikkurin pneumatiikan säätö. |
| Rullantyönnin | Työntää asiakasrullat kantotelojen päältä muuttokauhaan pakkaukseen. |

6.2.2 Kriittisyyskertoimet pituusleikkurille

Pituusleikkurille määriteltiin kriittisyyskertoimet PSK 6800 -kriittisyysanalyysin suorittamista varten.

Taulukko 3. Kriittisyyskertoimet

| Kustannusten kriittisyyskertoimet | | Turvallisuusriskien kriittisyyskertoimet | |
|---------------------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------------|
| $Mr=1$ | Ei materiaalivahinkoa | $Ms=1$ | Ei turvallisuusriskiä |
| $Mr=2$ | 0–500 € | $Ms=2$ | Vähäinen riski |
| $Mr=3$ | 500–2000 € | $Ms=3$ | Kohtalainen riski |
| $Mr=4$ | 2000–10000 € | $Ms=4$ | Merkittävä riski |
| $Mr=5$ | 10000–40000 € | $Ms=5$ | Vakava riski |
| $Mr=6$ | yli 40000 € | | |
| Vian korjausajan kriittisyyskerroin | | Toimintavarmuuden kriittisyyskerroin | |
| $Mp=1$ | Pystytään kiertämään hetkellisesti | $P=1$ | Varmatoiminen |
| $Mp=2$ | alle 30 min | $P=2$ | Vähäisiä häiriöitä |
| $Mp=3$ | 30 min-1 h | $P=3$ | Häiriöherkkä |
| $Mp=4$ | 1 h - 4 h | $P=4$ | Erittäin häiriöherkkä |
| $Mp=5$ | 4 h – 24 h | | |
| $Mp=6$ | yli vuorokausi | | |
| Ympäristöriskien kriittisyyskertoimet | | Vakavuusasteen kriittisyyskertoimet | |
| $Me=1$ | Ei ympäristöriskiä | $Ps=1$ | Ei vaikuta tuotantoon |
| $Me=2$ | Vähäinen ympäristöriski | $Ps=2$ | Vähentää tuotantopeutta hetkellisesti |
| $Me=3$ | Kohtalainen ympäristöriski | $Ps=3$ | Vähentää tuotantopeutta huomattavasti |
| $Me=4$ | Huomattava ympäristöriski | $Ps=4$ | Pysäyttää tuotannon hetkellisesti |
| $Me=5$ | Vakava ympäristöriski | $Ps=5$ | Pysäyttää tuotannon pitkäkestoisesti |

6.2.3 Kriittisyysanalyysi pituusleikkurille

Kriittisyysanalyysi tehtiin pituusleikkurille, ja vian korjausaika (*Mp*) valittiin tärkeimmäksi alueeksi, koska sillä on merkittävä vaikutus tuotannon nopeuden ja jatkuvuuden kannalta. Korjausajan vaatima aika vaikuttaa kustannuksiin, sekä tuotantotonneihin. Vian korjausajan kriittisyyskerrointa käytettiin kertoimena laskiessa riskilukua (Risk Priority Number, RPN). Kriittisyysanalyysin riskiluku (RPN) laskettiin kaavalla:

$$Mp \times (Mr+Ms+P+Me+Ps)$$

Taulukko 4. Pituusleikkurin päälaitteiden kriittisyysluokittelu

| Kohde | Vika | Korjauskustannus (1-6) | Vakavuusaste (1-5) | Turvallisuusriski (1-5) | Korjausaika (1-6) | Toimintavarmuus (1-4) | Ympäristöriski (1-5) | Korjaustoimenpide | Riskiluku (RPN) |
|--------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Kantotelat | Laakerivaurio | 4 | 5 | 2 | 5 | 1 | 2 | Värähtelymitaus/vaihto | 70 |
| Painotela | Laakerivaurio | 3 | 4 | 2 | 3 | 1 | 1 | Laakerin vaihto | 33 |
| Hylsylukot | Akseli-anturihäiriö | 3 | 4 | 2 | 4 | 2 | 1 | Anturin tarkistus/vaihto | 48 |
| Levitystelat | Telan sis. laakerivaurio | 5 | 4 | 1 | 5 | 1 | 1 | Telan vaihto | 60 |
| Jarrugeneraattori | Kytkinvika | 4 | 5 | 3 | 5 | 1 | 1 | Vian paikallistaminen/kytkimen vaihto | 70 |
| Teräpukki | Alavalssin laakerit | 3 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | Puhdistus/rasvaus/vaihto | 44 |
| Rajakytkimet | Löystyminen tai lika | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | Kiristys/puhdistus | 52 |
| Hylsypidin | Akseli-anturihäiriö | 3 | 4 | 2 | 4 | 2 | 1 | Anturin tarkistus/vaihto | 48 |
| Liimauslaite | Suutin tukossa | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | Puhdistus tai vaihto | 30 |
| Katkaisuterä | Hydraulisylinterin vuoto | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | Pulttien kireyden tarkistus | 40 |
| Päämoottori | Kytkin tai vaihdelaatikko | 4 | 5 | 2 | 5 | 1 | 2 | Vaihdelaatikon vaihto | 70 |

| | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|-----------|
| Hydrauliikkajärjestelmä | Relevika/likaa -> tukos | 3 | 4 | 2 | 4 | 2 | 3 | Komponentin vaihto, vian paikallistaminen | 56 |
| Pneumatiikkajärjestelmä | Letkuvuoto | 2 | 3 | 2 | 4 | 1 | 1 | Letkun/liittimen vaihto | 36 |
| Rullatyönin | Liukulaa-kerit | 3 | 4 | 3 | 4 | 1 | 1 | Rasvaus | 48 |
| <u>Riskiluvun kriittinen alaraja (RPN): 50</u> | | | | | | | | | |

6.2.4 Kriittisyysluokittelun tulokset

Jokaisen kohteen kriittisyysluokittelu osoittaa sen olevan elintärkeä pituusleikkurin toiminnalle. Suoritetun kriittisyysluokittelun perusteella voidaan todeta, että mikä tahansa vikaantunut kohde pysäyttää pituusleikkurin lähes välittömästi. Kaikille korkeille ja matalille riskiluvuille on looginen selitys.

Kriittisyysluokittelun RPN-luvun alarajaksi määritettiin 50. Kokonaisuudessaan 43 % kartoitetuista laitteista ylittää riskirajan, mikä tarkoittaa kuutta kohdetta. Puolestaan kahdeksan kohdetta, eli 57 % kartoitetuista, alittaa asetetun alarajan. Alarajan alittavilla kohteilla on havaittavissa yhtenäisiä piirteitä, kuten sisällyttäminen ennakkohuoltosuunnitelmaan, hyvä varaosavalmius ja kunnonvalvonnan kohdistaminen laitteisiin.

Esimerkiksi pituusleikkurin päämoottorilla ja jarrugeneraattorilla, jotka ovat merkittäviä mahdollisia riskejä korjausajan ja varaosien kalleuden takia, on korkea kriittisyysindeksi. Kuitenkin kriittisyysindeksi ei yksinään kerro koko totuutta laitteiden toimintavarmuudesta, sillä nämä kohteet ovat yleensä pituusleikkurin varmatoimisimpia osia.

Esimerkiksi liimalaitteen, painotelan, teräpukin ja pneumatiikkajärjestelmän alhainen riskiluku perustuu siihen, että varaosia on hyvin saatavilla ja korjausaika on nopea. Lisäksi laitteiden operaattorit ovat jatkuvasti tekemisissä näiden kohteiden kanssa ja

havainnoivat samalla laitteiden toimintaa. Tämä mahdollistaa nopean vasteen mahdollisiin ongelmiin ja ennaltaehkäisevän kunnossapidon.

Taulukko 5. Kriittisten kohteiden jakautuminen

| | |
|-----------|-------------------------|
| 30 | Liimauslaite |
| 33 | Painotela |
| 36 | Pneumatiikkajärjestelmä |
| 40 | Katkaisuterä |
| 44 | Teräpukki |
| 48 | Hylsylukot |
| 48 | Rullatyönnin |
| 48 | Hylsypidin |
| 52 | Rajakytkimet |
| 56 | Hydrauliikkajärjestelmä |
| 60 | Levitystelat |
| 70 | Kantotelat |
| 70 | Jarrugeneraattori |
| 70 | Päämoottori |

7 HUOLTO-OHJELMAT

7.1 Ennakoiva kunnossapito pituusleikkurille

Ennakoiva kunnossapito on tärkeää pituusleikkurille, kun otetaan huomioon kellon ympäri jatkuva pysähtymätön prosessi. Tuotannon aikana tehtävillä ennakoivilla huoltotehtävillä voidaan ja pyritään vähentämään tuotannon pysäyttäviä huoltokatkoja. TPM:n (Total Productive Maintenance) tavoitteiden mukaisesti Corex Finland Oy:ssä kunnossapidosta pyritään tekemään koko yrityksen asia ja lisäämään se jokaisen osaston vastuualueeksi.

Tuotannon operaattorit seuraavat pituusleikkurin toimintaa ja raportoivat kunnossapidolle välittömästi havaitsemistaan epäkohdista ja mahdollisista huoltotarpeista. Corex Finland Oy:ssä yrityksen sisäistä tiedonkulkua on parannettu SAP-järjestelmän avulla, jolloin kaikki tarvittava tieto operaattoreilta on kunnossapito henkilöstön tiedossa. SAP-järjestelmän avulla kunnossapito kykenee paremmin suunnittelemaan ja aikatauluttamaan tarvittavia huoltotoimenpiteitä. Esimerkiksi, kun huoltotoimenpide vaatisi tuotannon hetkellisen seisakin, ei laitetta ajeta huolto varten alas, vaan vasta jos tulee ratakatko tai pakollinen kartonkikoneeseen liittyvä seisakki. SAP-järjestelmän avulla voidaan suunnitella juuri tällaisia tilanteita varten huoltotoimenpiteet silloin, kun pituusleikkurille ei ole tulossa kartonkikoneelta lisää leikattavaa.

Kunnossapidon asentajat, jotka työskentelevät päivävuorossa, toimivat tukena vuoro-työtä tekeville asentajille. He valmistelevat tulevia ennakkohuoltoja ja korjaustöitä, sekä selvittävät tarvittavat varaosat ja tarvikkeet etukäteen. Tämä mahdollistaa sen, että jos huoltotarve tulee esimerkiksi viikonloppuna, jää enemmän aikaa itse huoltotöiden tekemiseen. Päivävuoron asentajat tekevät tarkastuskierroksia ja keskustelevat aamuisin operaattorien kanssa mahdollisista yövuorossa havaituista laitteiden epäkohdista. Asentajat käyvät laitteiston läpi ja raportoivat havainnoistaan ennakkohuoltoreporttiin. Tämä edistää laitteiden valvontaa, sillä laitevikoja voidaan havaita myös sellaisilla alueilla, joilla normaalisti ei ole henkilöstöä valvomassa laitteiston toimintaa.

7.2 Käyttäjähuoltosuunnitelma Porin kartonkitehtaalle

Porin kartonkitehtaalla pituusleikkurin käyttäjähuoltoa suoritetaan, jotta voidaan havaita koneiden mahdolliset viat varhaisessa vaiheessa ja välittää tiedot kunnossapidolle. Suunnitelmana olisi, että maanantain aamuvuoro vastaa viikoittaisesta käyttäjähuollosta. Kun käyttäjähuolto on suoritettu, se tulisiin tallentamaan kunnossapitojärjestelmä SAP:iin valmiiksi. Mikäli huoltokierroksen aikana havaitaan tarvetta huoltoon tai korjaukseen, luodaan työpyyntö kunnossapidolle SAP-järjestelmään tai raportoidaan siitä suoraan kunnossapitohenkilöstölle. Lisäksi SAP-järjestelmän kouluttaminen koko tuotannon henkilöstölle olisi tärkeää suunnitelman toimivuuden takaamiseksi.

7.2.1 Käyttäjähuolto-ohjelma

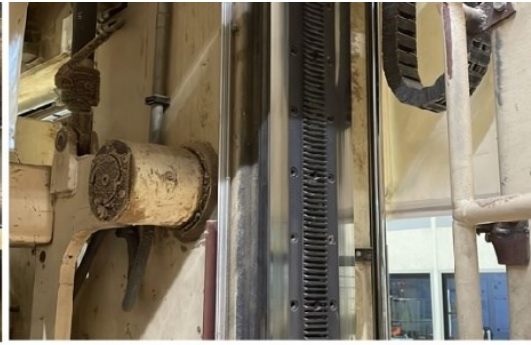
Käyttäjähuoltosuunnitelman tueksi operaattoreille laadittiin käyttäjähuolto-ohjelma, jonka suorittaa joka viikko maanantain aamuvuoro. Käyttäjähuoltokohteita ovat:

- Liimalaitteen anturien puhaltaminen pölyistä ilmapistoolilla
- Painotelan ja kantotelojen isoimpien liimapaakkujen kaapiminen lastalla
- Painotelan liukukiskojen puhdistus karstoittuneesta kartonkipölystä
- Pituusleikkurin teräpukin puhaltaminen pölyistä ilmapistoolilla
- Muuttokauhan peilien puhdistaminen pölyistä
- Ennen kuukausittaista huoltoseisakia hylsynliimauslaitteen liimasäiliön tyhjäksi ajaminen ja seisakin aikana liimapanun puhdistus karstasta.

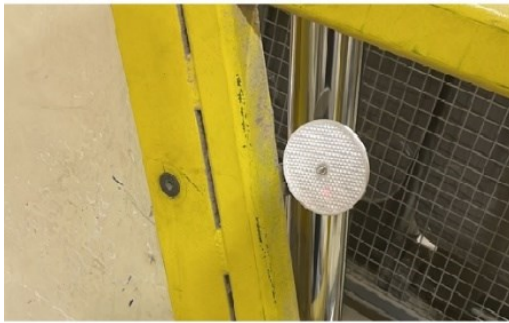
Kuva 6. Käyttäjahuoltokohteita



Liimapaakkuja painotelassa



Karstoittuneen kartonkipölyn puhdistus liukukiskoista



Pakkauslinjan muuttokauhan peilin pyyhkiminen pölystä



Liimapaakkuja kantotelolla

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tekeminen oli opettavaista ja kiinnostavaa, syventäen tietojani sekä pituusleikkurin että koko prosessin toiminnasta. Opinnäytetyön aikana sain arvokasta käytännön kokemusta kriittisten komponenttien analysoinnista ja huollon suunnittelusta teollisuusympäristössä. Lisäksi pääsin syventämään ymmärrystäni PSK 6800 -standardin soveltamisesta laitteiden kriittisyyden arvioinnissa.

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Corex:n operaattoreiden ja kunnossapitoinsinöörien kanssa. Heidän asiantuntemuksensa ja näkemyksensä olivat korvaamattomia tiedonlähteitä työn onnistumisen kannalta. Yhteistyö mahdollisti myös käytännön näkökulmien huomioimisen tutkimuksessa. Heidän panoksensa avulla pystyin luomaan realistisen ja toteuttamiskelpoisen huolto-ohjelman, joka ottaa huomioon niin laitteiden tekniset vaatimukset kuin käytännön haasteetkin.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyö tarjosi monipuolisen oppimiskokemuksen, joka yhdisti teoreettiset perusteet käytännön sovelluksiin. Se tarjosi mahdollisuuden kehittää analyyttisiä taitoja, ongelmanratkaisukykyä ja yhteistyötaitoja. Opinnäytetyön tulokset eivät ainoastaan parantaneet omaa osaamistani, vaan niillä voi olla myös käytännön merkitystä pituusleikkurin toiminnan ja häiriöttömyyden varmistamisessa kohdeyrityksessä.

LÄHTEET

Asiakastiedon www-sivut <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/corex-finland-oy/09006687/taloustiedot>, viitattu 11.4.2022

Corex Finland Oy:n www-sivut. <https://www.corexfinland.fi>, viitattu 3.4.2023

Jokio, M. 1999. Papermaking part 3, Finishing. Helsinki, Fabet Oy

Järviö, J. 2006. Kunnossapito: Kunnossapidon julkaisusarja n:o 10. Helsinki, KP-Media Oy

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito: Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki, KP-Media Oy

Karhuketo, H., Seppälä, M. J., Törn, T. & Viluksela, P. 2004. Paperin ja kartongin jalostus 3. Opetushallitus

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

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki, PSK Standardintyhdistys ry

Ramentor Oy:n www-sivut. <http://www.ramentor.com/wordpress/wp-content/uploads/2018/11/ELMAS-FMEA.pdf>, viitattu 4.10.2022

Talouselämä-lehti <https://www.talouselama.fi/uutiset/puutuoteteollisuuden-kasvoikasvoi-maailmalla-metsateollisuudessa-kartonki-ohitti-paperin-merkittavimpana-vientituotteena/bd2b37ca-dcca-4620-9086-d918e814a15f>, viitattu johdannossa 11.4.2022

Vainu.io-yritystiedot www-sivut <https://vainu.io/company/corex-finland-oy-taloustiedot-ja-liikevaihto/362332/yritystiedot>, viitattu 22.5.2023