

HALKAISULINJA 2:N KÄYNTIVARMUUDEN TARKAS- TELU

Anssi Mokko

Opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri (AMK)

2020

Konetekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Anssi Mokko	Vuosi	2020
Ohjaaja	Ins. (AMK) Aslak Siimes		
Toimeksiantaja	Outokumpu Stainless Oy Risto Tarkiainen		
Työn nimi	Halkaisulinja 2:n käyntivarmuuden tarkastelu		
Sivu- ja liitesivumäärä	44 + 6		

Opinnäytetyöni aiheena oli Outokummun Tornion tehtaiden kylmävalssaamon leikkauslinjojen halkaisulinja 2:n käyntivarmuuden tarkastelu. Työn tavoitteena oli suorittaa kaksi erilaista projektia tuotantolinjalle. Ensimmäinen projekti oli tuotantolinjan laitetason kriittisyysluokittelun tekeminen. Siinä pisteytettiin tärkeimmät kunnossapitojärjestelmässä (KUTI) olevat tuotantolinjan laitteistot kriittisyysjärjestykseen. Toinen projekti koski Simplified Failure Modes and Effects Analysis -vika- ja vaikutusanalyysin (SFMEA) tekemistä kriittisyysluokittelun kriittisimmälle laitteelle. Tähän kuului päällekelaimen komponenttien ja osien vikojen selvittely, niiden mahdollinen ennaltaehkäisy ja varaosien kartoitus. Tämän lisäksi täytyi pohtia uusia toimenpiteitä, jotka parantaisivat päällekelaimen käyntivarmuutta. Työ tehtiin Outokumpu Stainless Oy:lle syksyllä 2020.

Outokummun käyntivarmuusorganisaatio on aikaisemmin tehnyt tuotantolinjakohtaisen kriittisyysluokittelun, jossa mukana oli halkaisulinja 2 tuotantolinjakonaisuutena. Opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia tarkemmin tuotantolinjan laitteita, joten tämä työ oli jatkumoa käyntivarmuusorganisaation toiminnalle.

Tuotantolinjan laitetason kriittisyysluokittelu aloitettiin tutustumisella kyseiseen linjaan ja sen laitteistojen toimintaan. Yksinkertaistetussa vika- ja vaikutusanalyysissä (SFMEA) perehdyttiin päällekelaimen toimintaan. Tämän lisäksi tutkittiin tuotantolinjan vikahistoriaa, KUTI-järjestelmää ja kylmävalssaamoilla aikaisemmin tehtyjä luokitteluja ja vika-analyyssejä.

Opinnäytetyön lopputuloksena luotiin tuotantolinjan laitetason kriittisyysluokittelutaulukko, josta näkee tuotantolinjan kriittisimmät laitteistot ja selviää, mihin kannattaa keskittää resursseja. Tehdystä luokittelusta kävi ilmi, että tuotantolinjan kriittisin laitteisto on päällekelain. Sen vuoksi siitä tehtiin vika- ja vaikutusanalyysi, jonka pohjalta luotiin varaosakartoitus, työntölevylle oma positio KUTI-järjestelmään ja päivityksiä linjan tarkastuskierrukseen. Yhteenvetona käyntivarmuustarkastelu osoitti, että tuotantolinjan kriittisimmät laitteistot eivät välttämättä ole vikaherkempiä. Tuotantolinjalla on useampia komponentteja, joiden vikatiheys on suurempi, mutta ne eivät pysäytä tuotantolinjaa pitkäksi aikaa. Kun taas päällekelaimen vikatiheys ei ole niin suuri, mutta vikaantuessaan se pysäyttää koko tuotantolinjan ja vaikuttaa tuotantomääriin.

Avainsanat käyntivarmuus, kunnossapito, kriittisyysluokittelu, vika- ja vaikutusanalyysi, päällekelain

Mechanical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Anssi Mokko	Year	2020
Supervisor	Aslak Siimes, BEng		
Commissioned by	Outokumpu Stainless Oy Risto Tarkiainen		
Subject of thesis	Reliability Review of the HA2 Line		
Number of pages	44 + 6		

This Bachelor's Thesis was implemented for the HA2 line located at Outokumpu Stainless Oyj Cold Rolling Mill. The purpose was to examine the reliability of the cutting line. The aim was to conduct two different projects: the first dealing with a criticality classification and the second concerning a Simplified Failure Modes and Effects Analysis (SFMEA). In the first project, the main equipment of the maintenance system (KUTI) were given points and placed in order based on their criticality. The second project concerned examining more closely the most critical devices. This part involved examining the failures of the mechanical inductor and its components. In addition, the aim was to define predictive maintenance duties to avoid possible failures and to map out the spare parts to a stock survey.

The thesis was done for Outokumpu Stainless Oyj in the autumn 2020. The reliability organization at Outokumpu has previously done a process-based criticality classification, in which the HA2 line was studied as a whole production line. This thesis aimed to study the equipment of the production line more closely, so this thesis was a continuum to this work.

The work with the criticality classification started by familiarizing with the production line, its equipment and the function of the devices. The SFMEA dealt with the mechanic inductor. In addition, the failure data, the maintenance system and the previously done classifications and failure analyses were examined closely.

As a result of this thesis, a criticality classification was made, in which the most critical devices are listed in order. In addition, the classification shows where maintenance resources should be placed. The classification indicates that the most critical equipment is the mechanic inductor. Thus, it was subjected to a failure and effect analysis. Based on this analysis, a stock survey was done, the hydraulic pushing plate gained its own position in the maintenance system (KUTI) and some updates were made in the inspection round. As a summary, the reliability examination indicated that the most critical equipment is not necessarily the one with most failures. There are multiple devices that have a higher failure rate but they do not stop the production line for a long period of time. The mechanic inductor has a lower failure rate, but when it breaks it stops the entire production line and effects the production volume.

Key words reliability, maintenance, critical classification, failure mode and effect analysis, mechanic inductor

SISÄLLYS

ALKUSANAT.....	6
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET.....	7
1 JOHDANTO.....	8
2 OUTOKUMPU OYJ.....	9
2.1 Tornion tehtaot.....	9
2.2 Kylmävalssaamo.....	10
2.3 Leikkauslinjat ja lähettämö.....	12
2.4 Halkaisulinja 2.....	12
3 KUNNOSSAPITO.....	15
3.1 Kunnossapidon merkitys yritykselle.....	16
3.2 Kunnossapidon tavoitteet ja mittarit.....	17
3.3 Kunnossapitolajit.....	17
3.4 KYVA:n kunnossapito-organisaation kokoonpano ja toiminta.....	20
3.4.1 Viimeaikaiset muutokset.....	21
3.4.2 Uuden toimintamallin tavoite.....	21
4 KÄYNTIVARMUUS.....	22
4.1 Käyntivarmuuden elementit.....	22
4.1.1 Toimintavarmuus.....	23
4.1.2 Kunnossapidettävyyden.....	23
4.1.3 Kunnossapitovarmuus.....	24
4.2 Käyntivarmuuden mittarit.....	25
5 KRIITTISYYSLUOKITTELU.....	28
5.1 Outokummun Tornion tehtaiden kriittisyysluokittelu.....	28
5.2 HA2:n laitetason kriittisyysluokittelu.....	28
5.2.1 Kriittisyysluokittelun toteutus.....	30
5.2.2 Kriittisyysluokittelun tulokset.....	32
6 VIKA- JA VAIKUTUSANALYSIT.....	35
6.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).....	35
6.1.1 Neljä FMEA-versiota.....	36
6.2 Simplified Failure Modes And Effects Analysis (SFMEA).....	37

6.2.1	Päällekelauksen SFMEA.....	38
6.2.2	Päällekelauksen SFMEA:n tulokset ja jatkotoimenpiteet.....	39
7	POHDINTA.....	41
	LÄHTEET.....	43
	LIITTEET	44

ALKUSANAT

Haluan kiittää Outokumpu Stainless Oy:tä ja kylmävalssaamon käyntivarmuus-päällikköä Risto Tarkiaista, sekä käyntivarmuusinsinööri Mikä Heikkilää mielenkiintoisesta ja haastavasta aiheesta. Tämän lisäksi kiitän Lapin AMK:n ohjaajaani Aslak Siimestä työn ohjauksesta.

Sain suurta tukea opinnäytetyöni eri vaiheissa leikkauslinjojen työsuunnittelijalta, kunnossapitomestareilta, vuoromestareilta, kylmävalssaamon kunnossapidon vastaavalta mestarilta ja tuotantolinjan operaattoreilta.

Torniossa 5.10.2020

Anssi Mokko

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

KYVA	Kylmävalssaamo 1
RAP5	Kylmävalssaamo 2
HP1	Hehkutus- ja peittäuslinja 1
HP2	Hehkutus- ja peittäuslinja 2
HP3	Hehkutus- ja peittäuslinja 3
HP4	Hehkutus- ja peittäuslinja 4
HA1	Halkaisulinja 1
HA2	Halkaisulinja 2
HA4	Halkaisulinja 4
HA6	Halkaisulinja 6
KA1	Katkaisulinja 1
KA2	Katkaisulinja 2
KA3	Katkaisulinja 3
ARP	Automaattinen rullanpakkaus
ALP	Automaattinen levynpakkaus
KUTI	Kunnossapitojärjestelmä
REHA	Resurssienhallinta
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis (vika- ja vaikutusanalyysi)
SFMEA	Simplified Failure Modes and Effects Analysis (yksinkertaistettu vika- ja vaikutusanalyysi)
TPM	Total Productive Maintenance (tuottava kunnossapito)
MAKO	Materiaalikoodi

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on Outokumpu Stainless Oy:n Tornion tehtaiden kylmävalssaamon halkaisulinja 2:n käyntivarmuuden tarkastelu. Työn tavoitteena on tehdä laitetason kriittisyysluokittelu ja yksinkertaistettu vika- ja vaikutusanalyysi päällekelauksesta.

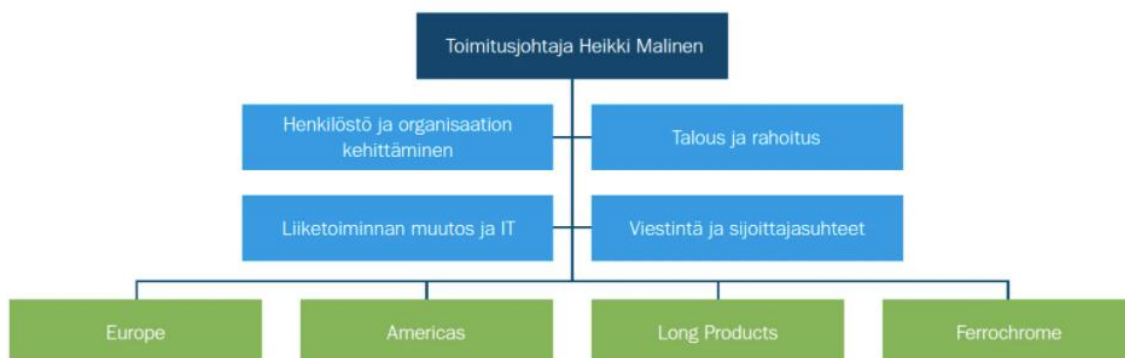
Laitetason kriittisyysluokittelussa tarkoituksena on pisteyttää tuotantolinjan laitteistot ja lisätä niiden arvosanat kunnossapitojärjestelmään. Tämän lisäksi käyntivarmuusorganisaatio ja leikkauslinjojen kunnossapitomestarit saavat hyödyllistä tietoa tuotantolinjan kriittisimmistä laitteista.

Yksinkertaistetun vika- ja vaikutusanalyysin tarkoitus on selvittää päällekelauksen yleisimpiä vikoja, tehdä varaosakartoitusta, luoda laitepositio kunnossapitojärjestelmään ja kehittää mahdollisia parantavia toimenpiteitä tuotantolinjan kenttäkierroksen tarkastuslistaa. Tämän lisäksi tavoitteena on selvittää, millaisilla mittareilla käyntivarmuutta voidaan tarkastella.

2 OUTOKUMPU OYJ

Outokumpu on suomalainen metalli- ja kaivosteollisuuden yritys, jolla on yli 100 vuoden historia. Nykyisin Outokumpu on ruostumattoman teräksen valmistajana ykköinen ja kansainvälinen suuryhtiö, joka toimii yli 30 maassa. Vuosien saatossa Outokumpu on louhinut sekä jalostanut monia eri metalleja, kunnes vuonna 2004 se päätti keskittyä pelkästään ruostumattoman teräksen valmistukseen. Outokumpu käyttää tuotteiden valmistamiseen kierrätysterästä ja noin 90 % valmistetavan teräksen raaka-aineesta on kierrätettyä. (Outokumpu Oyj 2020a.)

Outokummun organisoitu liiketoiminta on jaettu neljään liiketoiminta-alueeseen: Europe, Americas, Long Products ja Ferrochrome. Edellä mainitut alueet vastaavat tuotteiden myynnistä, tuotannosta ja toimitusketjusta. Alla oleva kuvio 1 havainnollistaa Outokummun organisaatiota. (Outokumpu Oyj 2020b.)



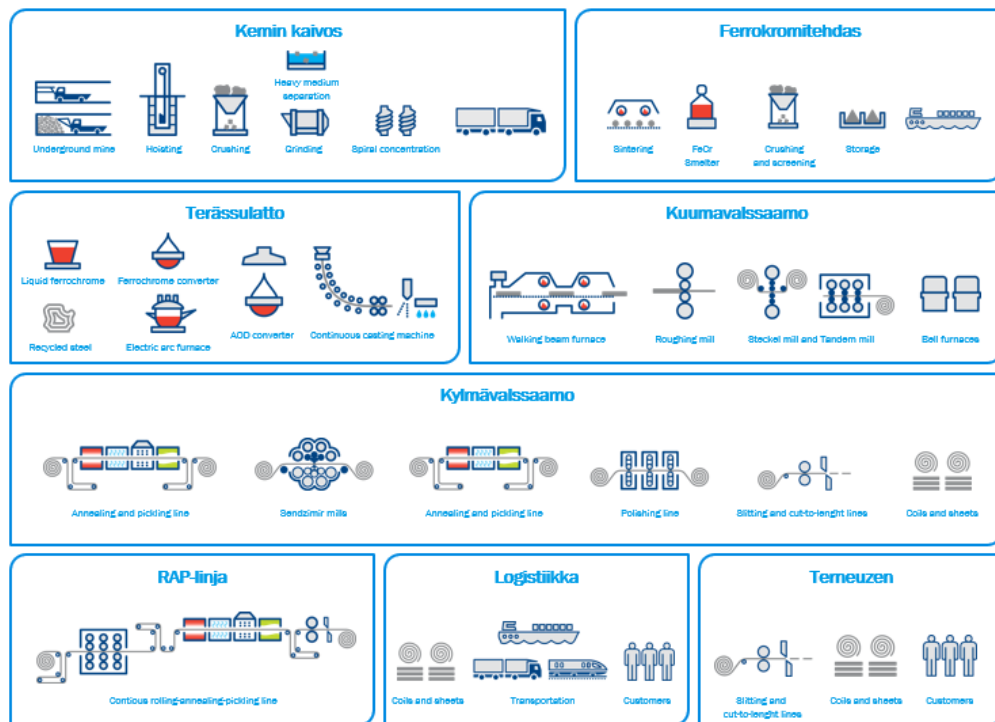
Kuvio 1. Organisaatiokaavio (Outokumpu Oyj 2020c.)

2.1 Tornion tehtaat

Tornion tehtaat on maailman integroiduin ruostumattoman teräksen tuotantolaitos, sillä tehdasalueelta löytyy kaikki tuotantovaiheet, joita tarvitaan ruostumattoman teräksen valmistamiseen. Tämän lisäksi Outokumpu Stainless Oy omistaa Kemin kaivoksen, josta louhitaan ruostumattoman teräksen tärkeintä seosainetta, kromia. Tornion ja Kemin tehtaat on jaettu kahteen yksikköön: Outokumpu Ferrokromiin ja Stainlessiin. Ferrokromin muodostavat Kemin kaivos ja Tornion

kromisulatto. Stainless sisältää terässulaton, kuumavalssaamon ja kylmävalssaamot (KYVA ja RAP5). Tehdasalueella toimii satama, jonka kautta tuodaan raaka-aineita ja viedään tuotteita. (Outokumpu Oyj 2020d.)

Tornion tehdasalue on yli 600 hehtaarin kokoinen alue, josta noin 56 hehtaaria on rakennusten peitossa. Yhteensä Tornion ja Kemins toimipisteillä työskentelee yli 2000 ammattilaista ja niiden arvioitu työllistävä vaikutus Meri-Lapin alueella on noin 7000 henkilöä. Outokumpu on suurin yksittäinen työnantaja alueella. Alla olevassa kuviossa 2 selitetään Outokummun tuotantovaiheet kaivoksen murskasta valmiiseen teräkseen. (Outokumpu Oyj 2020d.)

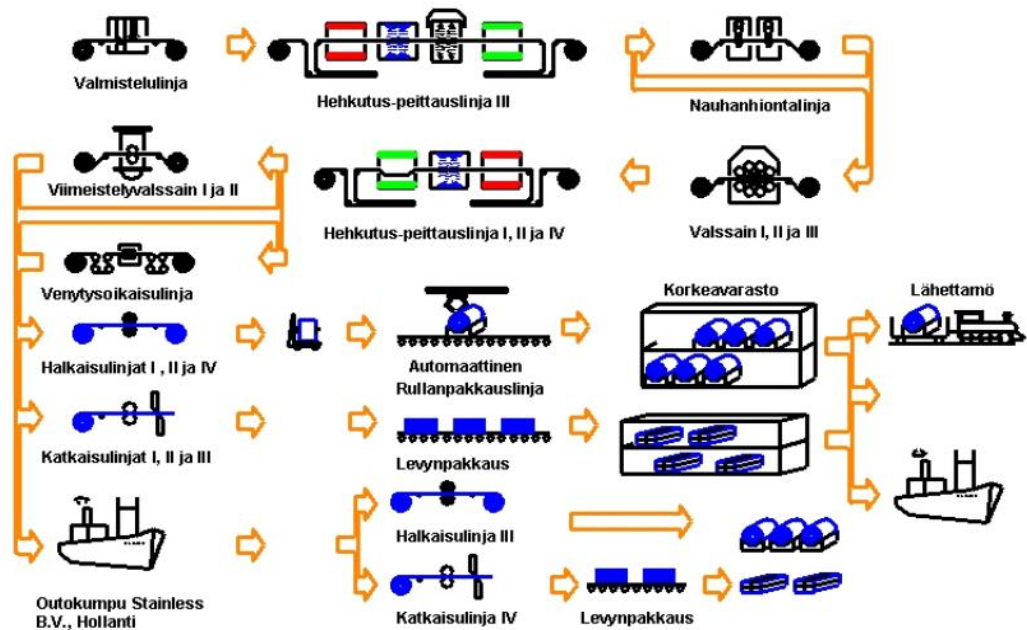


Kuvio 2. Kemins kaivoksen ja Tornion tehtaiden tuotantokaavio (Outokumpu Oyj 2020d.)

2.2 Kylmävalssaamo

Kylmävalssaamo Tornion tehtaiden suurin yksittäinen tuotantolaitos. Se voidaan jakaa neljään osa-alueeseen: käsittelylinjat, valssainlinjat, leikkauslinjat ja lähettämö. Kaikki nämä tuotantolinjat ovat saman rakennuksen sisällä. Tehtaalla valmistetaan kuumavalssaamolta tulevista rullista kylmävalssattuja teräsnauhoja ja -levyjä. Alla olevassa kuviossa 3 havainnollistetaan kylmävalssaamo 1:n prosessikaavio. (Outokumpu Oyj 2020d.)

Kylmävalssaamo 1



Kuvio 3. Kylmävalssaamon prosessikaavio (Outokumpu Oyj 2020d.)

Kylmävalssaamolla tuotenuhat ajetaan asiakkaan haluamiin arvoihin. Kuuma- valssaamolta tulleet teräsrullat ovat mustan hilseen peittämiä. Rullat aukaistaan ja käsitellään ensimmäiseksi hehkutus- ja peittauslinja 3:lla (HP3). Linjan tehtävänä on palauttaa teräksen ominaisuudet ja poistaa nauhan pinnassa oleva oksidikerros. Tämän jälkeen tuotenuha on valmis seuraavaan prosessiin tai se myydään sellaisenaan asiakkaalle. Seuraavaksi tuotenuha valssataan asiakkaan haluamaan paksuuteen sendzimir-valssaimilla. Samalla parantuu nauhan paksuustarkkuus ja pinnanlaatu.

Kylmämuokkaus on pysyvää plastista muodonmuutosta, jossa tapahtuu materiaalin lujittumista. Valssauksen jälkeen teräsnauhat yleensä loppuhehkutetaan ja peitataan hehkutus- ja peittauslinjoilla 1, 2 ja 4 (HP1, HP2, HP4). Toimenpiteen tarkoituksena on pehmentää kylmävalssauksessa lujittunut materiaali, aikaansaada oikea raekoko, poistaa jäljellä oleva oksidikerros ja passivoida teräksen pinta. Aikaansaatu ruostumaton teräsnauha viimeistelyvalssataan tai ohjataan suoraan leikkauslinjoille. Teräsnauhat leikataan tai katkaistaan useilla halkaisusekä katkaisulinjoilla ja siirretään pakkauksen jälkeen lähettämöön. (Outokumpu Oyj 2020d.)

2.3 Leikkauslinjat ja lähettämö

Leikkauslinjat ovat kylmävalssaamon loppupäässä oleva tuotantoalue. Siihen kuuluvat kaikki halkaisulinjat, katkaisulinjat, harjauslinja sekä pakkauslinjat. Edellä mainittuja halkaisulinjoja ovat HA1, HA2, HA4, HA6 ja katkaisulinjoja KA1, KA2 ja KA3. Leikkauslinjoilla teräsnauha katkaistaan tai halkaistaan asiakkaan haluamiin mittoihin, joko nauhoiksi tai levyiksi. Halkaisulinjoilla ajetaan rullatavaraa ja katkaisulinjoilla pääsääntöisesti levytavaraa. Tämän jälkeen tuotteet siirtyvät automaattiseen rulla- ja levypakkaukseen. Kuviossa 4 esitetään halkaisulinja 1:n toiminta.



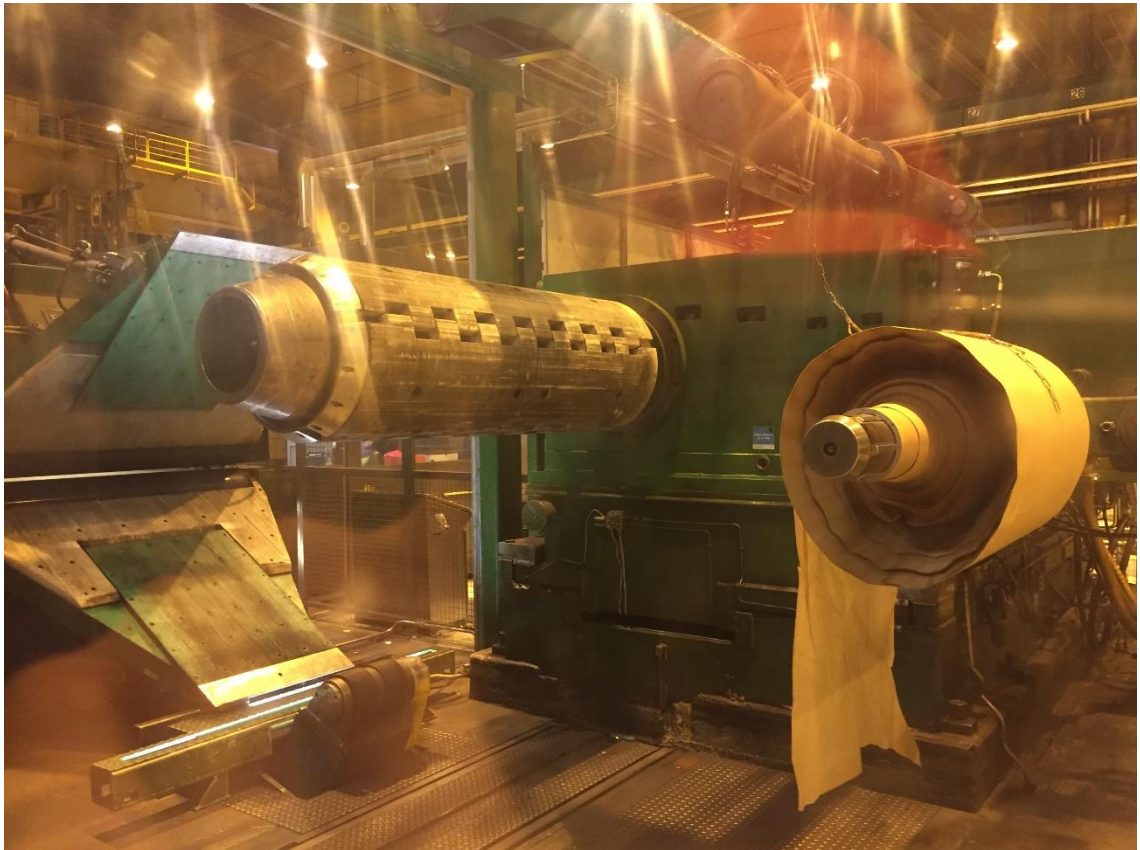
Kuvio 4. Halkaisulinja 1 (Outokumpu Oyj 2020d.)

Automaattisen rullan- ja levynpakkauksen jälkeen valmiit paketoitut tuotteet siirtyvät korkeavaraston kautta lähettämöön, jossa ne lastataan kuorma-autoihin, juuriin tai kontteihin. Kylmävalssaamon sisällä rullat liikkuvat vihivaunuilla, nostureilla tai trukeilla. Näistä toiminnoista vastaa lähettämö.

2.4 Halkaisulinja 2

Leikkauslinjoilla sijaitseva halkaisulinja 2 on yksi neljästä halkaisulinjasta kylmävalssaamolla. Se on neljällä operaattorilla ja viidessä vuorossa toimiva tuotantolinja. Tuotantolinjalla tuotenaugat halkaiseva pituusleikkuri valmistetaan manuaa-

lisesti käsin. Tuotantolinjalla ajetaan ohutta materiaalia (0,5–2,0 mm), joten pituusleikkurin ja siinä olevien terien tulee olla kunnossa, jotta leikkausjälki olisi mahdollisimman hyvä. Tämän lisäksi linjalla ajetaan paljon kaista-ajoja ja asiakkaan haluamana tuotteeseen lisätään välipaperi tai folio. Teräsrulla panostetaan linjan alkupään aukikelaimelle (Kuva 1) siirtovaunun avulla, josta se pujotetaan tuotantolinjan läpi loppupään kelaimelle.



Kuva 1. Halkaisulinja 2:n alkupään aukikelain

Asiakkaan haluamiin arvoihin ajettu valmis tuotenuha poistetaan loppupään päällekelaimelta siirtovaunun avulla. Kuvassa 2 näkyy halkaisulinja 2:n päällekelain ja sen komponentteja. Tämän jälkeen sitomakone sitoo rullan, minkä jälkeen rulla siirretään vihiristille, josta vihivaunu hakee tuotteen pakattavaksi.



Kuva 2. Halkaisulinja 2:n päällekelain

3 KUNNOSSAPITO

Laitteiden ja koneiden suorittama työ on kuluttavaa ja johtaa ennen pitkään rikkoontumisiin. Kunnossapito on vastaus näihin rikkoontumisiin ja parhaassa tapauksessa se estää tai hidastaa toiminnallaan niiden syntyminen. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 11–12) Kunnossapito on koneiden, laitteiden ja tuotantoalueiden ylläpitämiseen viittaava termi, joka on huoltoa kattavampi käsite. Huolto on konkreettista vikojen etsimistä ja korjaamista. Ajattelutapa ja töiden suunnittelu ovat kunnossapidon keskiössä. Nykyään kunnossapidon merkitys on kasvussa, koska siitä saatu hyöty on paremmin ymmärretty. Tuottava kunnossapito pyrkii minimoimaan tuotannon käyntiä haittaavat häiriötekijät. Siitä käytetään usein lyhennettä TPM (Total Productive Maintenance). Toimivan kunnossapitostrategian luominen tehostaa yrityksen toimintaa ja parantaa valmistettävien tuotteiden katetta. (Opetushallitus 2020.)

Kunnossapidon terminologia on määritetty yleisessä SFS-EN 13306 -strategiassa ja ne pätevät Euroopan Unionin alueella. Jäsenvaltiot voivat laatia ja kehittää omia standardeja, mutta niiden tulee olla samassa linjassa EN-standardien kanssa. Suomessa toimiva PSK Standardisointiyhdistys laatii ja kokoaa hyödyllisiä standardeja muun muassa teollisuuden tarpeisiin. (Järviö ym. 2007, 31–32.)

Kunnossapito määritellään SFS-EN 13306 standardissa 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 ym. 2007, 15.)

PSK 6201 määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.” (Järviö ym. 2007, 33.)

Kunnossapito nähdään yleisesti itsenäisenä toimintana, riippumattomana teollisuuden eri toimialoista. Käsite sisältää myös arviointia, luotettavuutta, vikojen sekä laiterikkojen korjauksia että turvallisuus- ja ympäristöriskien käsittelyä. (Järviö ym. 2007, 15–16.)

3.1 Kunnossapidon merkitys yritykselle

Raaka-ainehankintojen jälkeen kunnossapito on yksi isoimmista menoeristä yritykselle. Järkevästi johdettu yritys saa hyvällä strategialla kunnossapidon toiminnan sujuvaksi ja kustannukset hallintaan. Yrityksen tulosparannusta voidaan selittää esimerkiksi markkinoinnin onnistumisella, kun taas kunnossapito usein unohdetaan. Siksi kunnossapito-organisaation on luotava oma toimintasuunnitelma ja budjetti, joita seuraamalla voidaan peilata kunnossapitotoimintaa yrityksen tekemiin tuottoihin. Tehokas kunnossapito johtaa korkeaan käytettävyyteen sekä katkeamattomaan tuotantoon ja toimitusvarmuuteen. Tällöin satsattu pääoma tuottaa voittoa ja kannattavuutta tulevaisuuteen. Taulukossa 1 esitetään kunnossapidon vaikutusta yrityksen liiketoimintaan. (Järviö ym. 2007, 22–23.)

Taulukko 1. Kunnossapito osana yrityksen liiketoimintaa (Järviö ym. 2007, 23.)

Tuloksen kasvua		
Tuotteen laatu	→	Parempi hinta
Käytettävyys	→	Lisämyynti
Toimintavarmuus	→	Asiakastyytyväisyys
Eliniän jatkaminen	→	Sijoitetun pääoman tuotto
Laitoksen imago	→	Työvoiman saanti
Kustannusten säästönä		
Energian säästö	→	Laadukkaat laitteet ja säädöt
Raaka-aineet	→	Hylky- ja huonto tuotteet
Osaamisen siirto uuteen investointiin	→	Kokemuksen hinta
Organisaation laadukas toiminta	→	Kunnossapidon tehokkuus ja ammattitaito
Yhteiskunnan kannalta		
Raaka-aineiden käyttö	→	Luonnonvarat
Turvallisuus	→	Tapaturma-alttius ja omaisuusvahingot
Ympäristöarvot	→	Jäte- ja ympäristövaikutukset, kierrätys
Ammattitaito (koulutus)	→	Työllisyys
Kasvu	→	Työllisyys, verotulot
Infrastruktuuri	→	Paremmat toimintaedellytykset

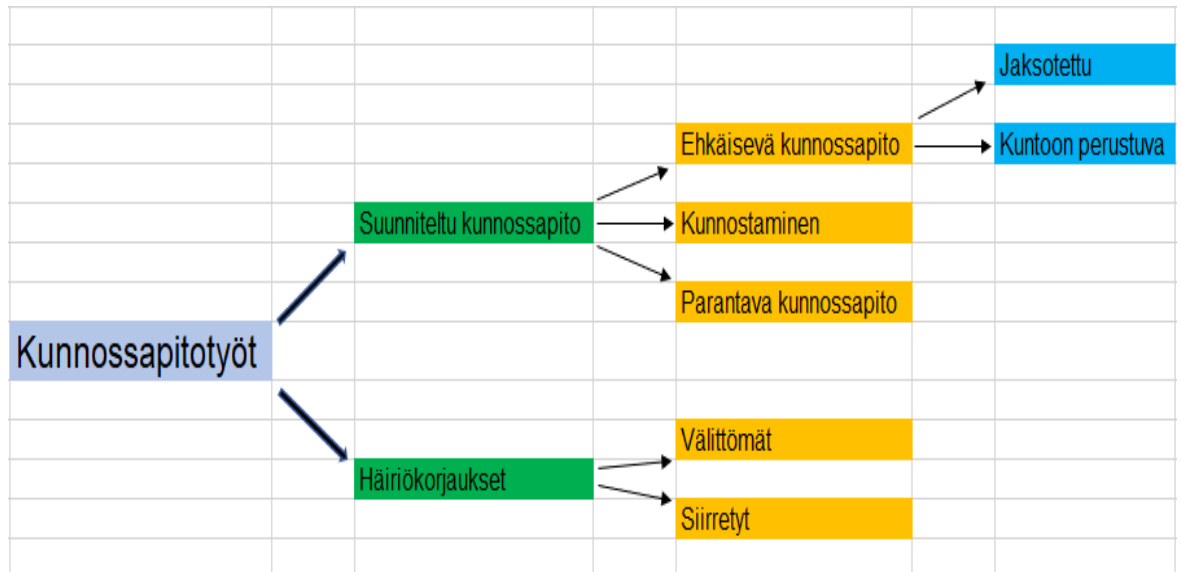
3.2 Kunnossapidon tavoitteet ja mittarit

Kunnossapidon tavoite on saavuttaa hyvä käyntivarmuus ja korkea tuotannon kokonaistehokkuus, joka lyhennetään yleensä KNL (käytettävyys, nopeus ja laatu). Oikein johdettuna nämä toiminnot antavat yritykselle potentiaalisen tuotantolinjojen hyvätasoiseen käytettävyyteen ja käyttöasteeseen.

KNL-mittari koostuu kolmesta osatekijästä ja niiden tulosta. K-kerroin kertoo, kuinka tehokkaasti työaika on käytetty minuuteissa. N-kertoimessa lasketaan linjan tuotantomäärä, ja näin saadaan selville tuotantotoimenpiteiden tehokkuus. Viimeisenä on laatukerroin L, joka ilmaisee valmistettavien tuotteiden asiakaskelpoisuuden, eli lasketaan hävikin määrä. Tuotantolinjan kaikki kolme arvoa voivat olla melko hyviä, mutta niiden yhteisvaikutus taas heikko. Tehokkuuden parantamiseksi on keskitettävä resursseja jokaisen osatekijän heikkouksien parantamiseen ja toiminnan kehittämiseen. Kunnossapidon näkökulmasta katsottuna tuotantolinjan tehokkuutta voidaan mitata toteutuneena tuotantomääränä. Koneiden tekemä tuotanto riippuu teknisestä suorituskyvystä ja siitä, kuinka paljon konetta pystytään käyttämään. (Järviö ym. 2007, 35–40.)

3.3 Kunnossapitolajit

Kunnossapitotyöt jaotellaan PSK 7501 -standardin mukaan tuotantokatkoksia aiheuttaviin häiriökorjauksiin ja käynnin tai seisokin aikaiseen suunniteltuun kunnossapitoon (Kuvio 5). Häiriökorjaus sisältää joko välittömän tai siirretyn kunnostamisen. Suunniteltuun kunnossapitoon kuuluu sekä ehkäisevä että parantava kunnossapito ja kunnostaminen. Ehkäisevää kunnossapitoa toteutetaan jaksoteuilla huolloilla tai operaattoreiden laiterikkohavaintojen perusteella.



Kuvio 5. Kunnossapitotyöt PSK 7501 mukaan (Järviö ym. 2007, 48.)

SFS-EN 13306 -standardi (Ks. 3, 15) tarkkaillee kunnossapitolajeja yksinkertaisemmalla tavalla. Siinä kunnossapitotoimet jaetaan vian havaitsemisen mukaan. Laitteen vikaantuessa ja sille kuuluvan toimenpiteen toteutumisen epäonnistuksessa, suoritetaan korjaavaa kunnossapitoa. Tällöin kaikki muu toiminta ennen vian ilmenemistä on ehkäisevää kunnossapitoa (Kuvio 6). Standardit keskittyvät vikaantumisiin ja korjauksiin todella tarkasti, mutta eivät huomioi käsitettä Run To Failure (RTF). Ko. käsitteen alla olevat laitteet eivät ole ehkäisevän kunnossapidon piirissä. Tällöin laitteille ei ole määritelty ennakkohuoltotoita, jotka toteutettaisiin säännöllisin väliajoin, vaan niille tehdään vain normaalit kunnossapitotoimet ja operaattorit seuraavat käyntiä. RTF-strategiassa rikkoontunut laite korjataan tai vaihdetaan vikaantumishetkellä. Yleensä tällaiset laitteet ovat nopeasti vaihdettavissa, uushankinta-arvoltaan alhaisia ja tuotantoa pysäyttämättömiä kokonaisuuksia. (Järviö ym. 2007, 47–52.)

käyntivarmuutta. Vikojen selvittämistä ei varsinaisesti ole määritelty kunnossapitoimeksi, mutta siihen käytetty aika antaa hyödyllistä tietoa organisaatiolle. Viikaantumisien perussyyn löytäminen mahdollistaa uuden huolto-ohjelman luomisen. Tulosten avulla voidaan estää laitteen uudelleen rikkoontuminen, kun sen suhteellinen elinikä huomioidaan tuleviin huoltoseisakkeihin. Tällöin äkilliset rikkoontumiset vähenevät ja tuotantolinjan käyntiaika paranee. Useat asiantuntijat pitävät vikahistorioita ja riskianalyysejä yhtenä tärkeimpänä kunnossapitoa ohjaavana tekijänä. (Järviö ym. 2007, 49–51.)

3.4 KYVA:n kunnossapito-organisaation kokoonpano ja toiminta

Tornion kylmävalssaamojen eli KYVA:n ja RAP5:n kunnossapito koostuu vuorohuollosta ja päiväkunnossapidosta, joka käsittää aluesähkökunnossapidon ja mekaanisen aluekunnossapidon. Lisäksi kylmävalssaamolla on vielä erillinen ennakkohuoltoryhmä, joka kuuluu omaan organisaatioonsa, mutta toimii kunnossapidon yhtenä tukitoimena. Vuorohuoltoon kuuluu yhteensä 40 henkilöä, jotka kulkevat viisivuoro-järjestelmän mukaisesti. Yhtä vuoroa johtaa vuorohuoltoteknikko, jonka alaisuudessa toimii nuorempi vuorohuoltoteknikko ja kolme konepäivystäjää ja kolme sähköpäivystäjää. Näistä on RAP5:n alueella yksi sähköpäivystäjä ja yksi konepäivystäjä, loput toimivat KYVA:n alueella. Vuorohuollolle kuuluu kaikki linjojen pysäyttävät viat ympäri vuorokauden. Päiväkunnossapito on jaettu alueittain, joita on seitsemän kappaletta. Jokaisella alueella on erikseen sähkö- ja mekaaninen työnjohto sekä asentajat. Sähköasentajia on 20 henkilöä ja koneasentajia 38 henkilöä. Kesäisin myös harjoittelijat, noin 30 henkilöä, ja asentajat on sijoitettu tehtaan eri alueille kunnossapitotöihin. Päiväkunnossapidon toiminta perustuu suunniteltuihin huoltoihin ja töihin sekä tarvittaessa myös linjojen vikatöihin. Kunnossapito-organisaatiota johtaa kunnossapitopäällikkö. Lisäksi organisaatiossa on sähkökunnossapitoinsinööri, kunnossapitoinsinööri ja kunnossapidon vastaava mestari. Kaiken kaikkiaan työntekijöitä on yhteensä noin 115 henkilöä ja kesäisin noin 145 henkilöä.

3.4.1 Viimeaikaiset muutokset

Syksyllä 2019 kylmävalssaamojen kunnossapito on muotoutunut omaksi organisaatioksi, kun se aikaisemmin toimi linjojen alla. Vuoden 2020 alusta uutena yksikkönä on aloittanut yhteinen ns. ”kiertävä” mekaaninen kunnossapito. Alueiden asentajien määrä kasvoi edellä mainittuihin lukuihin ns. resurssienhallinnan (REHA) lopetettua toimintansa ja sen keskittyttyä vain ulkopuolisen työvoiman tilaamiseen ja valvontaan. Aikaisemmin REHA:ssa olleet koneasentajat siirtyivät alueille kunnossapitoon. Tällä hetkellä alueiden koneasentajat toimivat edelleen linjojen alla ja tekevät siellä suunniteltuja töitä ja huoltoja, mutta osallistuvat myös tarvittaessa muihin kylmävalssaamojen linjojen päivä- ja vuosihuoltotöihin. Tätä varten kylmävalssaamolla on käytössä mekaanisen puolen resurssi- ja seisakkikalenteri, johon varaukset tehdään hyvissä ajoin. Eli mekaaninen kunnossapito toimii tarvittaessa kiertävänä kunnossapitona ja aluesähkökunnossapito edelleen oman alueen kunnossapitona.

3.4.2 Uuden toimintamallin tavoite

Kunnossapito-organisaation muutosten myötä kylmävalssaamolle kehitettiin uusi toimintamalli. Sillä pyritään yhteiseen tekemiseen, oman ammattitaidon ylläpitämiseen ja kehittämiseen sekä kustannusten minimointiin. Tavoitteena on, että asentajat pystyvät toimimaan kylmävalssaamojen eri linjoilla. Lisäksi pyrkimyksenä on, että operaattorit osallistuisivat laajemmin vikatilanteisiin ja niiden korjaamiseen, koska he yleensä tuntevat tuotantolinjan parhaiten. (Suoperä 2020.)

4 KÄYNTIVARMUUS

Käyntivarmuus on yksi toteutuneen tuotannon osatekijä. Käynti- tai käyttövarmuudella viitataan siihen, kuinka paljon konetta voidaan käyttää. (Järviö ym. 2007, 35–36.) PSK 6201 -standardi määrittelee käyntivarmuuden seuraavasti:

``Käyntivarmuus on kohteen kyky olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa ja tietyllä ajan hetkellä tai tietyn ajanjakson aikana olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla`` (Järviö ym. 2007, 36.)

Nykypäivänä suurien järjestelmien monimutkaisuus, korkea suorituskykyvaatimus ja toimintaympäristön huomioon ottaminen ovat luoneet haasteen investointien kannattavuudelle ja hallinnalle. Yritykset ovat viime aikoina keskittyneet suorituskyvyn lisäksi käyntivarmuuden parantamiseen. Siispä suuret investoinnit nähdään laajempänä kokonaisuutena ja niiden elinkaari ja toiminnallisuus pyritään takaamaan parhaalla mahdollisella tavalla. Häiriöt ja vikaantumiset laskevat käyntivarmuutta ja johtavat tuotannon menetyksiin sekä kunnossapitokustannusten kasvamiseen. Hatara käyntivarmuus lisää myös turvallisuus- ja ympäristöriskejä. Hajonnut laitteisto voi aiheuttaa vaaratilanteen tai pilata alueen lähiympäristöä. Käyntivarmuutta pyritään ylläpitämään korkealla tasolla ja sen tulokset paranevat, kun tuotanto on jouhevaa, kunnossapitotyöt ovat ennakoivia ja suunniteltuja sekä yhteistyö operaattoreiden ja kunnossapitäjien välillä saumatonta. (Promaint 2016.)

4.1 Käyntivarmuuden elementit

Käyntivarmuus käsitteenä on itsessään melko laaja. Niinpä sitä usein tarkastellaan kolmen alla olevan osatekijän kautta:

- toimintavarmuus
- kunnossapidettävyys
- kunnossapitovarmuus.

Osatekijöiden koostumus sisältää useita eri toimintoja, jotka esitellään tarkemmin seuraavissa luvuissa.

4.1.1 Toimintavarmuus

Toimintavarmuus on laitteiston kyky suorittaa määrätty toiminto jonkin vaaditun ajanjakson ajan. Toimintavarmuuteen vaikuttavat seuraavat tekijät: konstruktio, rakenteellinen kunnossapidettävyys, asennus, huolto (tarve ja toteutus), käyttö ja varmennus. (Järviö ym. 2007, 36.)

Toimintavarmuuden osatekijät käsittävät seuraavia asioita:

- Konstruktio: koneen suunnittelun lähtötiedot ja materiaali.
- Rakenteellinen kunnossapidettävyys: luoksepäästävyys ja etsinnän sekä korjauksen helppous
- Asennus: tekninen suorittaminen, kunnossapitosuunnitelmat ja dokumentaatio
- Huolto: toteutus ja ennakoiva kunnossapito
- Käyttö: fyysinen suorittaminen, motivaatio ja koulutus
- Varmennus: saatavuus ja valintatavat. (Järviö ym. 2007, 36–37.)

Yleisimpänä toimintavarmuuden mittarina toimii vikaväli, Mean Time Between Failure (MTBF). Jotkut yritykset mittaavat toimintavarmuutta keskeytymättömän tuotannon määrällä. (Järviö ym. 2007, 36.)

4.1.2 Kunnossapidettävyys

Toimintavarmuuden ja kunnossapidettävyyden raja on joissain tapauksissa häilyvä ja niitä voi olla vaikea erottaa toisistaan. Toimintavarmuus liittyy laitteiston kykyyn ja on sen ominaisuus, kun taas kunnossapidettävyys on kohteen ominaisuus olla pidettävissä toimintakunnossa tai palauttaa se toimintakuntoon kunnossapidon resurssien mukaisesti. (Järviö ym. 2007, 37.)

Kunnossapidettävyys on tilanteen todentamista ja vian lähtöpisteen paikantamista, testattavuutta sekä itsediagnostiikkaa. Kunnossapidettävyyteen vaikuttavat seuraavat tekijät: vian havaittavuus, huollettavuus ja korjattavuus.

Vian havaittavuus sisältää seuraavia asioita:

- Vian havaittavuus
- laitetoimintojen testaus, tarkkailu
- ennakoiva proaktiivinen toiminta, jossa operaattorit ilmoittavat, kun koneen käynti poikkeaa normaalista

Huollettavuus sisältää seuraavia asioita:

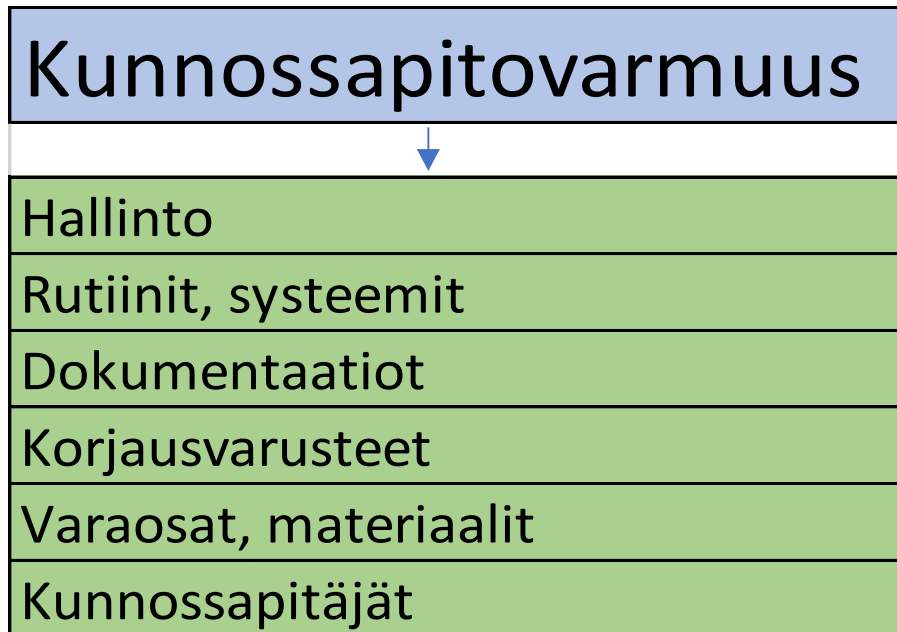
- laitestandardisointi
- modulaarisuus silloin kun on kyseessä kone, johon vaihdetaan paljon varaosia ja tehdään hankalia ajoasetuksia
- luoksepäästävyys (lika ja turhat esteet)

Korjattavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- dokumentaation saatavuus ja päivittäminen
- materiaalien ja varaosien saatavuus (varsinkin huoltoseisokeissa)
- operaattoreiden osallistuminen
- kokoaminen, säätäminen ja testaus
- työturvallisuus
- toiminnan kehittäminen, hyödyllinen raportointi (Järviö ym. 2007, 37–38.)

4.1.3 Kunnossapitovarmuus

Kunnossapitovarmuus käsittää organisaation kyvyn suorittaa vaaditut toimet tietyissä olosuhteissa ja tietyn ajanjakson sisällä. Kunnossapitovarmuuteen vaikuttavat tekijät on esitelty kuviossa 7. (Järviö ym. 2007, 38–39.)



Kuvio 7. Kunnossapitovarmuus (Järviö ym. 2007, 38.)

Kunnossapitovarmuuteen vaikuttavat tekijät sisältävät seuraavia asioita:

- Hallinto: organisaation päähenkilöt ja toiminnanohjausjärjestelmä
- Rutiinit ja systeemit: toimintaohjeet, yhteistyö ja kommunikointi operaattoreiden ja kunnossapitäjien välillä, sekä symbioosi toimittajien kanssa
- Dokumentaatiot: työohjeet, niiden ylläpito ja laatu. Hyvin tehty dokumentaatio sisältää myös täsmällisen vikahistorian, jonka kautta kehitetään kunnossapitoa.
- Korjausvarusteet: yleistyökalut, erikoistyökalut ja apulaitteet
- Varaosat ja materiaalit: varastointia ja hankinta
- Kunnossapitäjät: osaavia kunnossapitäjiä tulee olla riittävästi ja heidän tietojen sekä taitojen ylläpitämisestä on huolehdittava. (Järviö ym. 2007, 38–39.)

4.2 Käyntivarmuuden mittarit

Käyntivarmuutta voidaan mitata monella eri mittarilla. Niiden tarkoituksena on mitata esimerkiksi komponentin, koneiston tai tuotantolinjan toimintaa, vikaantumista ja korjausaikaa. Yleisimmät tekijät, joilla käyntivarmuutta mitataan ovat:

- Käyntiaika: ajanjakso, jolloin kohde suorittaa määrättyä toimintoa
- Käyttöaika: ajanjakso, joka vaaditaan tietyn tuotemäärän valmistamiseen. Sisältää käyntiajan ja käytön sekä kunnossapidon vaatimat seisokit.
- Vikaantumisaika: tuotantolinjan käyttöaika korjauksesta seuraavaan vikaan
- Vikaantumisväli: kahden peräkkäisen vian välinen ajanjakso
- Vikataajuus: tarkastelujaksolla vioittuneiden laitteiden lukumäärä tarkastelun lähtötilanteessa kunnossa oleviin laitteisiin
- Häiriötoipumisaika: ajanjakso, joka kuluu palauttamaan tuotantolinjan toimintakelpoiseksi
- Häiriökorjausaika: vian tai häiriön korjaukseen kuluva aika
- Kunnossapitoaika: häiriökorjauksiin ja suunniteltuun kunnossapitoon kuluva aika
- Enimmäiskorjausaika: suurin aika, joka saa kulua kohteen korjaukseen
- Seisokkiaika: Huolto- ja korjausaika, jolloin tuotanto ei ole käynnissä
- Viiveaika: aika, jolloin varsinaista korjausta ei pysty tekemää osan toimitusajan vuoksi

- Logistinen viive: kunnossapitotöitä ei voida suorittaa kunnossapitoresurssien puutteen vuoksi
- Hallinnollinen viive: vikakorjaus ei onnistu hallinnollisista syistä
- Tekninen viive: toimenpiteisiin tarvittavien välttämättömien teknisten aputoimenpiteiden vaatima aika
- Vaatimustenmukaisuus: teknisten tietojen vaatimus prosessissa
- Virheikäytön esto: laitteiden ominaisuus, jolla pyritään estämään ja vaikeuttamaan virheellinen käyttö
- Elinjakso: ajanjakso, joka alkaa laitteen tarpeen määrittelystä ja loppuu laitteen romutukseen tai sen siirtämiseen eri tehtävään
- Elinkaari: ajanjakso, joka alkaa idean tai tuotteen keksimisestä ja loppuu sen poistamiseen toiminnasta tai tuotevalikoimasta
- Elinaika: aika, jonka tuotantolinja pystyy suorittamaan sille vaaditun toiminnon, päättyen kun tuotantolinjan korjaus ei ole enää teknisesti tai taloudellisesti kannattavaa
- Hyödyllinen käyttöaika: aika, jonka tuotantolinjan kannattaa olla toiminnassa, päättyen, kun tuotantolinjalla ilmenee useita vikoja ja se todetaan korjauskelvottomaksi. (Järviö ym. 2007, 43–46.)

5 KRIITTISYYSLUOKITTELU

Teollisuuden koneiden ja laitteiden kriittisyysluokittelusta tehty suomalainen standardi PSK 6800 määrittelee ominaisuuksia, jotka kuvaavat kohteisiin liittyviä riskejä ja niiden suuruutta. Riskien kriittisyyttä voidaan arvioida turvallisuuden, tuotannon menetyksen, ympäristövaikutusten tai korjaus- ja seurauskustannusten näkökulmasta. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski ei ole halutulla tasolla. (PSK 6800. 2008.)

5.1 Outokummun Tornion tehtaiden kriittisyysluokittelu

Kylmävalssaamon käyntivarmuusorganisaatio käyttää Outokumpu Oyj:n omaa kriittisyysluokittelumetodia. Outokummun kriittisyysluokittelussa kokonaisia tuotantolinjoja tai niissä olevia yksittäisiä laitetasoja pisteytetään eri kriittisyysluokkiin riskien perusteella. Kriittisyysluokittelun tarkoituksena on löytää linjan tuotantoon negatiivisesti vaikuttavat kriittisimmät kohteet ja suorittaa ennakkohuoltotoimet tuloksettaasti sekä kartoittaa elintärkeät varaosat. Tuloksista saadaan selville esimerkiksi pullonkaulalinjat ja niiden kriittisimmät laitteistot. Tulosten perusteella pystytään keskittämään resursseja alueelle, joka vaatii huoltotoimenpiteitä ja toiminnan kehittämistä. Mikäli kriittisyysluokittelussa ilmenee laitetasolle tarve ennakkohuoltosuunnitelmalle, se luodaan tarpeen vaatiessa ja suunnitelman pohjalta kehitetään kunnossapito- ja käyntivarmuustoimintaa. (Outokumpu Oyj 2020d.)

5.2 HA2:n laitetason kriittisyysluokittelu

Tämän opinnäytetyön käytännön osuus toteutettiin kylmävalssaamon leikkauslinjojen halkaisulinjalla 2. Käytännön osuudessa tehtiin kriittisyysluokittelu HA2:n 32 eri laitteistolle. Tässä opinnäytetyön kriittisyysluokittelussa tarkasteltiin halkaisulinja 2:n laitetasoja prosessitasojen sijaan kylmävalssaamon tarpeen vuoksi. Tehdyssä kriittisyysluokittelussa tarkasteltiin ko. laitteistoja ja niiden toimintaa 12 eri tekijän perusteella. Tämän lisäksi pohdittiin mahdollisia riskitekijöitä laitekohdittain. Luokittelussa käytetyt tekijät on esitelty alla:

- (1) Turvallisuusvaikutus:

- Voiko vikaantuminen aiheuttaa mahdollisen tilastoitavan hoitoa vaativan tapahtuman tai vakavan tapaturman?
- (2) Ympäristövaikutus:

Voiko vikaantuminen aiheuttaa mahdollisen tilastoitavan ympäristöpoikkeaman?

- (3) Laatuvaikutus:

Voiko vikaantuminen vaikuttaa tuotteen laatuun?

- (4) Suunniteltu tuotanto:

Miten vikaantuminen vaikuttaa yksikön suunniteltuun tuotantoon?

- (5) Suunniteltu käyttöaste:

Mikä on suunniteltu käyttöaste tuotantolinjalle/laitetasolle (Prosenttia täydestä suunnitellusta käyttöasteesta / 8760 tuntia vuodessa)?

- (6) Yksittäinen häiriö:

Kuinka nopeasti tuotantokyky voidaan palauttaa toimintaan häiriön jälkeen?

- (7) Varaosien saatavuus:

Onko varaosat saatavilla korjauksen suorittamiseen?

- (8) Laitteen vikaantumisväli:

Mikä on laitteen keskimääräinen vikaantumisväli (MTBF)?

- (9) Ehkäisevän / ennakoivan kunnossapidon kustannukset:

Kuinka paljon keskimäärin on vuosittaiset kustannukset ennakoivassa / ehkäisevässä kunnossapidossa?

- (10) Korjaavan kunnossapidon kustannukset:

Kuinka paljon keskimäärin on vuosittaiset korjaavan kunnossapidon kustannukset?

- (11) Yksikön uushankintahinta:

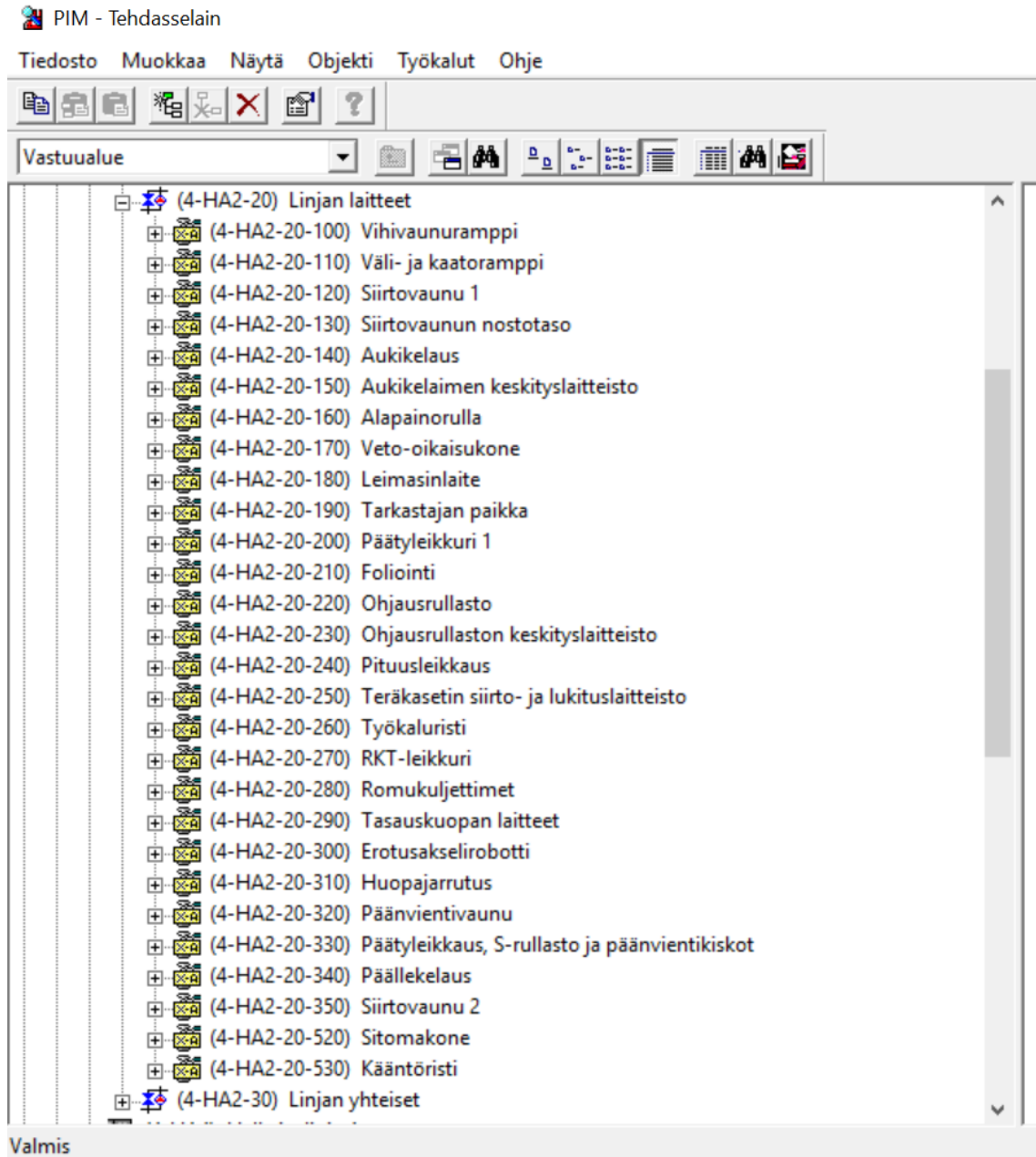
Mikä on arvioitu uushankintahinta? (Hankintahinta = Suunnittelukustannukset, materiaalit ja asennus)

- (12) Vaikutus suunniteltuun tuotantoon (KEMI/TORNIO):

Mikä on vaikutus tehdasalueen suunniteltuun tuotantoon? (Liite 3.)

5.2.1 Kriittisyysluokittelun toteutus

Kriittisyysluokittelun tekeminen aloitettiin tutustumalla tarkemmin HA2-linjaan ja sen toimintaan. Tämän jälkeen tutkittiin KUTI-järjestelmästä (Kuvio 8) tuotantolinjan laitetasojen vikahistoriaa ja niiden toimintaa tuotantoprosessissa. Tämän jälkeen suoritettiin katselmus, jossa tuotantolinjan laitteistot käytiin läpi konkreettisesti, jotta kriittisyysluokittelun alla olevan kokonaisuuden ymmärrys helpottui. Koko linjan vikahistoriaa tutkiessa huomattiin, että kriittisimmät laitteet eivät välttämättä ole yleisimpiä vian aiheuttajia. Esimerkiksi loppupään siirtovaunun lamelin irtoamisesta oli kirjattu useampi ilmoitus, mutta se ei ole linjaa pitkäksi aikaa pysäyttävä vika. Kun taas harvemmin mainittu aukikelain on toimintavarmempi, mutta kriittinen, koska vikaantuessaan se on linjan pysäyttävä vika.



Kuvio 8. Tuotantolinjan laiteluettelo

Seuraavaksi valittiin luokitteluun tuotantolinjan KUTI-järjestelmästä toiminnan kannalta keskeisimmät laitteistot. Päätös kriittisyysluokitteluun mukaan otettavista laitteistoista tehtiin yhdessä käytivarmuusinsinöörin kanssa. Tuotantolinjaa koskevan aineiston läpikäynnin jälkeen kriittisyysluokittelua varten luotiin taulukko-ohjelmalla pisteytyssapluuna, joka sisälsi 32 eri laitteistoa ja 12 kriittisyysluokittelussa käytettyä tekijää. Tämän jälkeen yhdessä leikkauslinjojen kunnossapitomestareiden, käytivarmuusinsinöörin, työnsuunnittelijan ja operaattorin kanssa kyseessä olevat 32 laitteistoa pisteytettiin edellä mainittujen kriteerien mukaan (ks 5.2). Pisteytyksessä käytettiin arvoja 1–10, arvon kymmenen ollessa

kriittisin lukema. Kohdat 1–8 käytiin läpi leikkauslinjojen kunnossapitomestareiden, työsuunnittelijan ja yhden operaattorin kanssa. Viimeisissä kohdissa, 9–12, hyödynnettiin aineistoa kylmävalssaamon toimihenkilöiltä, jotka vastaavat tehtaan kustannuksista. Aineisto tutkittiin ja sen perusteella annettiin arvosana laitteille niihin kuluneiden kustannusten perusteella.

Tämän kriittisyysluokittelun turvallisuusvaikutuskohdan arvioinnissa keskityttiin ainoastaan tilanteisiin, joissa tuotantolinja on käynnissä. Arvioinnissa pohdittiin, voiko laite ajon aikana hajotessaan aiheuttaa työntekijöille turvallisuusriskin.

5.2.2 Kriittisyysluokittelun tulokset

Jokaiselle 32 laitteistolle suoritettiin tarkka analyysi ja pisteytys. Käytännössä mitä kriittisempi laite, sitä suurempi lukema. Pisteytys tehtiin yhteistyönä, jossa useamman työntekijän arviot laitteiden kriittisyydestä takasivat tarkemman tuloksen. Näin virhepisteytyksen marginaali pyrittiin saamaan mahdollisimman pieneksi.

Kriittisyysluokittelun tulokset on esitetty kuviossa 9. Laitteistojen pisteet lisättiin KUTI-järjestelmään kunkin laitteen ominaisuuksiin. Taulukosta nähdään, mitkä laitteet ovat kriittisimpiä tuotantolinjan pyörimisen kannalta. Kriittisyysluokittelun tuloksena saatiin selville että, tuotantolinjan kriittisimmät laitteistot ovat päällekeaus, aukikelaus, pituusleikkaus, RKT-leikkuri, aukikelaimen keskityslaitteisto, ohjauksrullasto, siirtovaunu 2 ja ohjauksrullaston keskityslaitteisto. Nämä laitteistot saivat lukemia väliltä 54–42. Näitä lukemia voidaan pitää keskimääräistä suurempina ja niiden kohteena olevat laitteistot on hyvä ottaa huomioon käyntivarmuutta ja kunnossapitoa suunniteltaessa. Kyseessä olevat kriittisimmät laitteistot saivat arvon 10 suunniteltu tuotanto -riskitekijän kohdalla. Näiden laitteistojen vikaantuminen vaikuttaisi suuresti yksikön suunniteltuun tuotantoon. Samaiset laitteistot, pois lukien siirtovaunu 2, saivat korkeita arvoja (9–10) myös suunniteltu käyttöaste -riskitekijän kohdalla. Näiden laitteistojen vikaantuminen johtaisi tuotantolinjan prosentuaalisen käyttöasteen heikkenemiseen.

Huomion arvoista oli myös, että kriittisimmät laitteistot eivät muodosta ympäris-
töriskiä koska, leikkauslinjoilla ei käytetä esimerkiksi happoja tai korkeita lämpö-
tiloja. Kahden kriittisimmän laitteiston arvioitu uushankintahinta on myös korkea,
mikä vaikutti niiden saaman loppulukemaan.

Yleisenä huomiona kriittisyysluokittelusta voidaan todeta, että halkaisulinja 2:n
laitteistoihin kuluva korjaavan ja ehkäisevän kunnossapidon kustannukset ovat
matalat. Tämä kertoo siitä, että linjalla on tapahtunut suhteellisen vähän suuria
laitevikaantumisia ja että linjan huoltosuunnitelma toimii.

ID	Alue	System? Prosessi?	Hierarkia numero	Asset Description? Kuvaus?	Turvallisuusvaikutus	Ympäristövaikutus	Laatuvaikutus	Suunniteltu tuotanto	Suunniteltu käyttöaste	Yksittäinen häiriö	Varaosien saatavuus	Laitteen vikaantumisväli	9 - Ehkäisevän/ennakoivan kunnossapidon kustannukset	10 - Korjaavan kunnossapidon kustannukset	Yksikön uushankintahinta	12 - Vaikutus suunniteltuun tuotantoon (KEMITORNIO)	Kriittisyysluokitus (1-100)	Huomautukset
32	KYVA 1	Halkaisulinja 2	(4-HA2-20-340)	Pääleikelaus	7	2	8	10	10	6	6	6	2	0	7	1	54	
42			(4-HA2-20-140)	Aukikelaus	8	2	2	10	10	5	6	5	3	1	7	1	50	
44			(4-HA2-20-240)	Pitusleikkaus	2	2	8	10	10	5	6	6	0	3	3	1	47	
115			(4-HA2-20-270)	RKT-leikkuri	6	2	4	10	9	5	4	6	5	0	2	1	45	
69			(4-HA2-20-150)	Aukikelaimen keskityslaitteisto	3	2	4	10	9	6	4	6	0	0	6	1	43	
41			(4-HA2-20-220)	Ohjauksallasto	3	2	6	10	10	6	2	6	3	1	2	1	43	
36			(4-HA2-20-350)	Siirtovaunu 2	6	2	8	10	2	6	2	7	0	2	6	1	43	
43			(4-HA2-20-230)	Ohjauksallaston keskityslaitteisto	3	2	6	10	10	7	4	6	0	0	1	1	42	
56			(4-HA2-30-540)	Yleishydrauliikka	4	4	3	10	10	4	2	5	0	0	0	4	39	
30			(4-HA2-20-330)	Päätyleikkaus, S-rullasto ja päävientikiskot	2	2	2	10	4	6	2	6	5	0	4	1	37	
51			(4-HA2-20-120)	Siirtovaunu 1	4	2	2	10	2	5	3	7	2	0	5	1	36	
75			(4-HA2-30-530)	Linjan turvajärjestelmä	0	0	0	10	10	6	4	6	1	0	3	1	34	
40			(4-HA2-20-170)	Veto-oikaisukone	2	2	4	3	9	5	2	6	0	0	6	1	33	
39			(4-HA2-20-520)	Sitomakone	2	2	2	6	4	4	4	7	3	0	6	0	33	
47			(4-HA2-20-180)	Leimasinlaitte	0	2	6	10	5	4	0	7	4	0	0	0	32	
37			(4-HA2-20-200)	Päätyleikkuri 1	3	2	1	5	4	5	2	5	5	0	5	1	32	
25			(4-HA2-20-280)	Riimukuljettimet	5	0	0	10	9	6	2	5	0	0	0	1	32	
23			(4-HA2-20-310)	Huopajarutus	2	0	4	8	8	6	2	5	0	1	2	0	32	
48			(4-HA2-20-320)	Päävientivaunu	2	0	1	10	2	5	6	6	0	1	2	1	30	
49			(4-HA2-20-530)	Kääntöristi	1	2	2	10	4	4	1	5	0	0	6	0	29	
52			(4-HA2-20-190)	Tarkastajan paikka	2	0	2	10	2	4	4	5	2	0	1	1	28	
38			(4-HA2-20-210)	Foliointi	1	0	6	4	3	4	5	4	0	0	2	0	24	
45			(4-HA2-20-250)	Teräksisetin siirto- ja lukituslaitteisto	2	2	0	10	3	5	1	4	0	0	1	1	24	
6			(4-HA2-30-630)	Kamerajärjestelmä	0	0	0	5	10	4	2	6	0	0	1	0	23	
60			(4-HA2-30-560)	Rasvavoitelu	0	2	1	8	3	3	2	5	0	0	2	0	22	
72			(4-HA2-20-300)	Erotusakselirobotti	2	0	0	6	2	2	4	6	0	0	3	0	21	
93			(4-HA2-20-160)	Alapainorulla	2	2	4	4	2	2	2	3	0	0	2	1	20	
73			(4-HA2-20-290)	Tasauskuopan laitteet	2	0	1	4	4	4	2	5	0	0	2	0	20	
74			(4-HA2-20-260)	Työkaluristi	2	2	0	6	3	4	0	4	0	0	2	0	19	
29			(4-HA2-20-130)	Siirtovaunun nostotaso	2	0	2	4	2	4	1	5	0	0	1	1	18	
15			(4-HA2-20-100)	Vihvaunuramppi	0	0	2	2	6	2	0	3	0	0	0	0	13	
57			(4-HA2-20-110)	Väli- ja kaatoramppi	0	0	2	0	1	1	0	4	0	1	0	0	8	

Kuvio 9. Halkaisulinja 2:n kriittisyysluokittelun tulokset

Tämän tutkimusluokittelun tulosten perusteella pystytään keskittymään kriittisten
laitteiden toimivuuteen, ennakkohuoltoon, resurssien kohdentamiseen sekä tär-
keiden varaosien saatavuuteen. Tällä toiminnalla pystytään minimoimaan kriittis-
ten laitteiden hajoaminen ja suuret tuotantoseisaukset. Mitä jouhevammin tuo-
tantolinja pyörii, sitä enemmän yritys saa katetta.

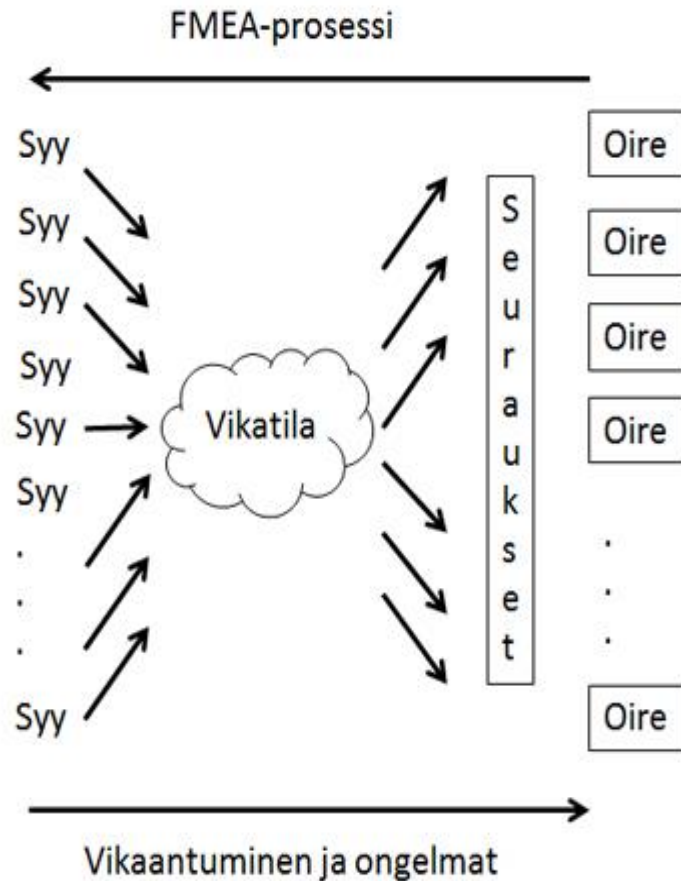
Kriittisyysluokittelun tulosten perusteella päällekelain on kriittisin laitekoko-
naisuus tuotantolinjalla (Liite 4). Tästä syystä opinnäytetyön toinen osa, yksinker-
taistettu vika- ja vaikutusanalyysi (SFMEA), käsittelee juuri päällekelasta. Pääl-
lekelaimen piirustus on esitetty liitteessä 6.

6 VIKA- JA VAIKUTUSANALYSIT

Vika- ja vaikutusanalyysillä tutkitaan yksityiskohtaisemmin prosessien tai laitteistojen vikaantumista ja niiden vaikutusta tuotantoon. Seuraavassa esitellään yleisesti käytössä oleva Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) ja Outokummulla käytössä oleva yksinkertaistettu Simplified Failure Modes and Effects Analysis (SFMEA).

6.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Vika- ja vaikutusanalyysi eli FMEA on toimintatapa, jolla pyritään tunnistamaan prosessissa olevia vikamuotoja ja ennaltaehkäisemään prosessissa tulevia vikatiloja ilman konkreettista havaitsemista. Menetelmällä pystytään ilmaisemaan kaikista riskialttiimmat kohdat ja parannusehdotuksilla pyritään vähentämään tai poistamaan riski kokonaan. Kuviossa 10 havainnollistetaan FMEA-prosessi. FMEA-tutkimus lähtee liikkeelle jostain tiedetystä oireesta ja siirtyy sitä edeltävään mahdolliseen seuraukseen. Seurauksen jälkeen tutkitaan vikatilaa ja lopuksi syytä. Menetelmä kulkee päinvastaiseen suuntaan normaaliin vikaantumisongelmaan verrattuna. (Quality Knowhow Karjalainen Oy. 2015.)



Kuvio 10. FMEA-prosessi (Quality Knowhow Karjalainen Oy. 2015.)

6.1.1 Neljä FMEA-versiota

On olemassa neljä eriä FMEA-versiota, joita ovat System, Design, Process ja Service. Kaikissa näissä analysointitavoissa hyötynä on Risk Priority Number (RPN) -riskianalyyysiluvun mukaan listattu luettelo vikatiloista.

System-versio keskittyy aikaisessa vaiheessa järjestelmän ja sen alajärjestelmien analysointiin. Tässä toimintamallissa etsitään mahdollisia vikatiloja järjestelmän funktioiden välillä, jotka aiheutuvat järjestelmässä piilevistä mahdollisista puutteista. Tarkastelun kohteena on myös järjestelmät ja järjestelmien sisäiset elementit. System FMEA:sta saatavia hyötyjä ovat esimerkiksi lista vikatiloista, jotka on arvioitu niiden riskialttiuden perusteella, sekä ideat suunnitteluvaiheeseen, joilla voi ennaltaehkäistä vikojen ja turvallisuusongelmien ilmenemistä toiminnassa.

Design-versiota hyödynnetään, kun halutaan päästä eroon suunnitteluvaiheessa syntyvistä ongelmista, ennen kuin tuote päästetään valmistusvaiheeseen. Design-version avulla voidaan kartoittaa parametreja oikeanlaiseen testaukseen, tarkasteluun ja havaitsemismetodien löytämiseen. Versiolla saavutetaan tärkeysjärjestys suunnittelun parantamistoimille ja analyysissä dokumentoidaan perustelut muutoksille. Tämän lisäksi Design FMEA auttaa tunnistamaan ja eliminoimaan mahdollisia turvallisuusriskejä ja auttaa huomaamaan laitteille ominaiset piirteet.

Process-versiota käytetään analysoimaan tuotteen valmistamista ja kokoamisprosessia. Process keskittyy vikatiloihin, jotka aiheutuvat tuotannon prosessin tai kokoamisvaiheen puutteista. Version avulla voidaan tunnistaa prosessissa ilmevät puutteet ja tarjota korjaustoimenpidesuunnitelma, sekä helpottaa tuotanto- tai kokoamisprosessin analysointia.

Service-versio analysoi ihmistoiminnasta aiheutuvia vikoja. Tarkastelun piiriin kuuluu laitteiden oikeanlainen asennus, ylläpito, käyttö, huoltotoimenpiteet sekä operaattoreiden ja toimihenkilöiden ohjaus. Version avulla voidaan nimetä pulonkaulaprosesseja tai -työtehtäviä, eliminoida virheet, tunnistaa eri työtehtävien puutteet ja auttaa työvirran analysointia. (Stamatis 2003, 40–43.)

FMEA:n hallinnointi ja vastuu vaihtelee FMEA-version mukaan. Vastuuhenkilöitä voivat olla esimerkiksi järjestelmäinsinööri, suunnitteluinsinööri ja osastovastava, joiden tehtävänä on huolehtia, että käytössä oleva FMEA on ajan tasalla ja huolellisesti jaettu käytölle. FMEA:n tulisi olla matalan kynnyksen työkalu kaikenlaisille organisaatioille. (Stamatis 2003, 66–67.)

6.2 Simplified Failure Modes and Effects Analysis (SFMEA)

Outokummun Tornion tehtaiden käyttämä yksinkertaistettu vika- ja vaikutusanalyysi eli SFMEA on samantyylinen menetelmä kuin FMEA. Molemmat pyrkivät estämään laitteistoihin tulevia mahdollisia vikoja. Normaalisissa FMEA:ssa tutkitaan järjestelmää tai prosessia vikojen määrittämiseen, kun taas SFMEA:ssa keskitytään tuotantolinjan yksittäisiin laitteisiin ja niiden komponentteihin. (Outokumpu Oyj 2020d.)

6.2.1 Päällekelauksen SFMEA

Opinnäytetyön laitetaso kriittisyysluokittelussa kävi ilmi, että HA2:n kriittisiin laitetaso on päällekaus. Sen vuoksi siitä päätettiin tehdä yksinkertaistettu vika- ja vaikutusanalyysi. Opinnäytetyön toinen käytännön osuus koskee tätä analyysin tekoa.

Ensimmäisenä tutustuttiin tuotantolinjalla päällekelaimen ja siihen kuuluvien komponenttien toimintaan operaattoreiden kanssa. Tutkimuksessa keskityttiin kahdeksaan pääkomponenttiin. Tämän jälkeen tutustuttiin Outokummun SFMEA-tiedostoihin ja aloitettiin vikamatriisin laatiminen päällekelauksen kahdeksasta pääkomponentista. Matriisiin lisättiin päällekelaimen yleisimmät toiminnalliset viat/toimintahäiriöt ja kartoitettiin tärkeimmät komponentit leikkauslinjojen kunnossapitomestareiden kanssa. Päällekelaimen vikamatriisi on esitetty kuviossa 11. (Liite 1.)

VIKAMATRIISI						
Laitte: HA2, (4-HA2-20-340) Päällekelaus						
1. Mitä kohteen odotetaan tekevän ja millä suorituskyvyillä?						
Päällekelaimen tehtävä on tuotenuhan kelaaminen ja nauhan kiinnitys sekä irroitus, prosessin eri vaiheissa						
Tominnallinen vikatoimintahäiriö						
3. Listaa millä tavalla toiminto voi häiriintyä tai estyä?						
Laitteet/komponentit	2.1 Kelaus ei pyöri	2.2 Kelaus ei paisuta/supista tuuraa	2.3 Nauhan pää ei kiinnity tai irtoa	2.4 Rullan poisto epäonnistuu		
Moottori	x					
Tuuman akseli + vaihde	x					
Jamulajärjestelmä	x					
Paisutusjärjestelmä		x				
Tuuman Lohkot 3rpl ja osat		x				
Sitsilohko 1rpl			x			
Työntölevy + sylinteri (ei omaa kutsupöytä)				x		
Tukilaakeri				x		

Kuvio 14. Halkaisulinja 2:n päällekelauksen vikamatriisi

Seuraavaksi leikkauslinjojen kunnossapitomestareiden kanssa selvitettiin vikamatriisissa olevien pääkomponenttien eri osien vikamuotoja, vian aiheuttajia, vian vaikutuksia, vian seurauksia, nykyisiä huoltosuunnitelmia ja tarkistusvälejä. Viimeisenä pisteytettiin osat riskianalyysin RPN-luvulla. Tämä analyysi tehtiin 19 eri osalle, jotka ovat kahdeksassa pääkomponentissa. Riskianalyysin pisteytykseen kuuluu vakavuuden, todennäköisyyden ja havaitsemisen arviointi numerolla yhdestä kymmeneen. Nämä tulokset on esitetty liitteessä 2.

6.2.2 Päällekelauksen SFMEA:n tulokset ja jatkotoimenpiteet

Halkaisulinja 2:n päällekelaimen tehtävä on tuotenuhan kelaaminen ajonmukaisilla arvoilla. Tämän lisäksi kelaimessa on slitsilohko, johon tuotenuhan pää kiinnittyy paisuttaessa ja irtoaa supistaessa.

SFMEA-analyysin suurimmat arvosanat saivat jarrulaitteiston osat jarrukello, jarrupalat ja paineilmaletku (64–140 pistettä). Analyysin huomionarvoisiksi osiksi nousivat myös työntölevy ja sen kynnet (125 pistettä) paisutussyylinteri (80 pistettä), slitsilohko (75 pistettä), työntölevyn sylinteri (48 pistettä) ja magneetikela (12 pistettä). 19 tutkitusta osasta näiden seitsemän osan saamat SFMEA-riskianalyysiluvut olivat siis aineiston suurimmat, ja yhdeltä osalta puuttui materiaalikustannusnumero (MAKO), jonka vuoksi se otettiin mukaan tarkempaan analyysiin. Näille päällekelauksen kahdeksalle kohteelle tehtiin laajempi varaosakartoitus ja suunniteltiin jatkotoimenpiteet.

Halkaisulinja 2:lla on kenttäkierroksen tarkistuslista, joka täytetään kerran kahdessa viikossa aamuvuoron aikana. Siinä on eritelty isoimmat laitteet ja niihin tehtävät toiminnalliset ja silmämääräiset tarkistukset. Kenttäkierroksen tarkistuslistaan lisättiin kelaimen pyöritys ja työntölevyn ajo käsiohjauksella yleiseksi toimenpiteeksi (Liite 5). Näillä toimenpiteillä saadaan selville kelaimen jarrun kunto, kelaimen paisutuksen ja supistuksen toimivuus sekä työntölevyn oikea liikerata. Toimenpiteillä saadaan mahdollinen vika selville ennen nauhan pujotusta. Mikäli jarru on rikki se ääntää tai savuaa, minkä jälkeen tulee selvittää, onko rikkinäinen osa jarrukello, jarrupalat vai paineilmaletku. Näistä osista tehtiin varaosakartoitus, jonka mukaan varaosia löytyy varastosta.

Työntölevylle tehtiin kaksi toimenpidettä. Ensinnäkin selvitettiin varaosakartoituksella, että varaosia löytyy. Toiseksi työntölevylle tehtiin oma KUTI-positio. Työntölevy on sen verran iso komponentti, että parannusehdotuksena sille luotiin oma position päällekelausosion alle. Näin työntölevyllä on oma positio ja tämä helpottaa työtilauksien keskittämistä tarkemmin vikaantuneelle komponentille. Jatkossa vuorohuoltoteknikko näkee järjestelmästä heti, että vikaantunut kohde on työntölevy, eikä päällekelaimen mekaaninen osa-alue. Työntölevyn omaan positioon lisättiin myös siihen kuuluvat varaosat.

Paisutussylinterin kohdalla toimittiin samoin kuin jarrulaitteiston. Kenttäkierroksen tarkistuslistaan tehtiin lisäys, jonka mukaan kelaimen takana käydään tarkistamassa mahdolliset öljyvuodot sekä testataan kelaimen paisutus ja supistus. (Liite 5.)

Slitsilohkolle tehtiin varaosakartoitus, jossa havaittiin, että uutta slitsiä ei ole. Lisäksi päätettiin, että varastoon ei tilata varaosaslitsiä. Työntölevyn sylinterin kohdalla selvitettiin tilausaika, joka on noin neljä viikkoa.

Magneetikela sai riskianalyyysiluvussa pienen luvun, mutta se otettiin jatkotoimenpiteisiin mukaan käytännön syistä. Magneetikelalle tehtiin oma MAKO-numero, jotta tilausvaiheessa oikea varaosa saadaan jouhevammin selville KUTI-järjestelmästä.

Yhteenvedona voidaan todeta, että uusia varaosatilauksia ei suoritettu, koska niille ei ollut konkreettista tarvetta, ja tällä hetkellä Outokumpu pyrkii vähentämään varastokustannuksia. (Liite 2.)

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella halkaisulinja 2:n käyntivarmuutta. Samanlaisia projekteja on tehty muille alueille, mutta leikkauslinjoille tämä työ oli pilotti. Opinnäytetyöni koostui kahdesta eri projektista: halkaisulinja 2:n laitetason kriittisyysluokittelusta ja päällekelauksen yksinkertaistetusta vika- ja vaikutusanalyysistä.

Laitetason kriittisyysluokittelu eteni toivotulla tavalla ja jokainen laitetaso sai kriittisyyspisteensä. Tuloksista selviää kriittisimmät laitetasot, jotka hajotessaan ovat tuotantolinjan pysäyttäviä vikoja. Näin ollen resursseja voidaan keskittää kriittisimpiin laitteisiin. Kriittisin laitteisto luokittelun mukaan oli päällekelus, jonka vuoksi siitä tehtiin tarkempi yksinkertaistettu vika- ja vaikutusanalyysi. Analyysin tekemisessä täytyi pohtia laitetasossa olevia komponentteja ja niihin tulevia mahdollisia vikoja. Työ sisälsi myös varaosakartoitusta, komponenttien kohdentamista KUTI-järjestelmään ja uusia toimintatapoja tuotantolinjan kenttäkierroksen tarkistuslistaan.

Kriittisyysluokittelua tehtäessä tuotantolinjan toiminnan ja laitteiden tuntemus on avainasemassa. Luokittelussa kannattaa tutkia tuotantolinjan historiaa ja sen laitteistojen vikahistoriaa, sekä tarkastella mahdollisia dokumentaatiota, jotta kriittisyysluokittelu onnistuisi mahdollisimman hyvin. Projektissa on hyvä olla mukana alueen kunnossapitomestareita, toimihenkilöitä ja operaattoreita, jotta kriittisyysluokittelusta tulisi mahdollisimman tarkka.

Tässä opinnäytetyössä kriittisyysluokittelun turvallisuusriskejä pohdittiin vain sellaisissa tilanteissa, joissa linja on käynnissä. Toisenlaisessa kriittisyysluokittelussa voisi turvallisuusriskiä tutkia eri kulmasta, esimerkiksi vian jälkeisiin korjaustoimenpiteisiin liittyviin turvallisuusriskeihin. Tämän lisäksi voisi pohtia, mitä kaikkea on otettava huomioon, kun ryhdytään rikkinäistä laitetta korjaamaan.

Yksinkertaistettuja vika- ja vaikutusanalyyseja voisi jatkossa tehdä usealle tuotantolinjan laitteistolle, esimerkiksi aukikelaukselle, joka sai toiseksi suurimman luvun analyysissä. Tarkemmalla analyysillä saisi aukikelaimesta selville sen vikaantumiseen johtavia syitä.

Kokonaisuudessaan sain tehtyä pyydetyt projektit ja mielestäni saavutin niihin kiteytyvät tavoitteet hyvin. Aihe oli haastava, mutta mielenkiintoinen. Minun täytyi kunnolla paneutua aiheeseen, koska se ei ollut entuudestaan kovin tuttu. Olin kuullut käyntivarmuudesta ja siihen kuuluvista käytännöistä, mutta tarkempaa käsitystä minulla siitä ei ollut. Haasteita työn toteutukseen aiheutti maailmalla jylläävä COVID-19-virus ja sen tuomat liikkumisrajoitukset. Tämän takia osa työstä tehtiin etänä kotoa käsin. Tehtaalle paluu mahdollisti asioiden läpikäynnin ja toimenpiteiden tekemisen kasvatusten työtä tekevän henkilöstön kanssa. Työtä oli mielestäni antoisa tehdä, ja se opetti paljon tällaisista projekteista ja käyntivarmuusinsinöörien työnkuvasta.

LÄHTEET

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Opetushallitus 2020. Kunnossapito. Perusteet. Viitattu 20.4.2020 <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html>.

Outokumpu Oyj 2020a. History of Outokumpu. Viitattu 10.4.2020 <https://www.outokumpu.com/about-outokumpu/history-of-outokumpu>.

Outokumpu Oyj 2020c. Organization. Viitattu 20.8.2020 <https://www.outokumpu.com/fi-fi/about-outokumpu/organization>.

Outokumpu Oyj 2020d. Outokummun sisäinen intranet. Viitattu 15.7.2020.

Outokumpu Oyj 2020b. Strategy and vision. Viitattu 10.4.2020 <https://www.outokumpu.com/fi-fi/about-outokumpu/strategy-and-vision>.

Promaint 2016. Kunnonvalvonta ja käyttövarmuus. Viitattu 25.6.2020 <https://promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Kayttovarmuus-mittaa-investoinnin-onnistumisen>.

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 2.6.2020 <https://docplayer.fi/69623471-Psk-standardisointi-standardi-psk-6800-psk-standards-association.html>.

Quality Knowhow Karjalainen Oy 2015. Kuinka FMEA:ta sovelletaan palveluissa? Viitattu 25.4.2020 <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/fmea-palveluissa/>.

Stamatis, D. H., 2003. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. ASQ Quality Press.

Suoperä, M. 2020. Outokumpu Stainless Oy. Kylmävalssaamon kunnossapidon vastaavan mestarin haastattelu 16.6.2020.

LIITTEET

Liite 1. Päällekelaus SFMEA:n vikamatriisi

Liite 2. Päällekelaus SFMEA:n taulukosta vikamuoto, vian aiheuttaja, vian vaikutus, vian seuraus, nykyinen huoltosuunnitelma, tarkistusväli, riskiarviointi (RPN), suositeltu toimenpide, suositeltu huolto / tarkistusväli, varaosat / työkalut / koulutus, vastuuhenkilö

Liite 3. HA2 laitetaso kriittisyysarviointi - Kuvaukset ja pisteytys

Liite 4. HA2 laitetaso kriittisyysluokittelumatriisi

Liite 5. HA2 kenttäkierroksen päivitetty tarkistuslista

Liite 6. Päällekelaimen piirustus

