

**KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU
TEKNIikka**

Rossi Pauliina

**Automaattisen rullanpakkauksen kriittisten laitteiden
vikavaikutusanalyysi**

Tuotantotalouden koulutusohjelman opinnäytetyö
Konetekniikka
Kemi 2009

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Outokumpu Tornio Worksin kylmävalssaamon kunnossapito-organisaatiolle.

Haluan erityisesti kiittää Outokumpu Tornio Worksin kylmävalssaamon kunnossapitoinsinööri Ari-Pekka Marttilaa työni ohjaamisesta. Oppilaitoksen työn ohjaajille Timo Kaupille ja Tuomo Palokankaalle kiitokset työn ohjaamisesta. Kiitän koko kunnossapito- ja kylmävalssaamo-organisaatioita erittäin sujuvasta yhteistyöstä sekä kannustuksesta työtäni kohtaan. Lisäksi haluan kiittää kaikkia, jotka ovat osallistuneet opinnäytetyöni tekemiseen jossakin vaiheessa.

Lopuksi vielä kiitos perheenjäsenilleni tukemisesta työn tekemisessä.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Tuotantotalous
Opinnäytetyön tekijä	Pauliina Rossi
Opinnäytetyön nimi	Automaattisen rullanpakkauksen kriittisten laitteiden vikavaikutusanalyysi
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	04.05.2009
Sivumäärä	47 + 6 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaajat	TkL Timo Kauppi ja DI Tuomo Palokangas
Yritys	Outokumpu Tornio Works Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	insinööri Ari-Pekka Marttila

Tässä opinnäytetyössä tehtiin kriittisyysanalyysi, vikavaikutusanalyysi ja ennakkohuolto-ohjeet Outokumpu Stainless Oy:n Tornion tehtaiden kylmävalssaamo 1:llä sijaitsevalle automaattiselle rullanpakkaukselinjalle (ARP).

Analyysien laajuuden vuoksi kriittisyysanalyysi rajattiin koskemaan automaattista rullanpakkaukselinjaa ilman LVI-laitteita, ja hydraulikka rajattiin huomioitavaksi ainoastaan venttiilitaulusta linjalle päin. Lisäksi vikavaikutusanalyysi rajattiin koskemaan linjan kriittisintä laitetta eli lavausrobotia. Aikataulun ja hyödyn maksimoimisen vuoksi myös analyysin pituutta ja tarkkuutta jouduttiin rajaamaan.

Työssä käytettiin Mika Kemin opinnäytetyössään modifioimaa kriittisyysanalyysipohjaa ja VTT:n käyttämää vikavaikutusanalyysin pohjaa. Ennakkohuoltotöissä käytettiin apuna Outokumpu Tornio Works Oy:n Kunnossapito-tietojärjestelmän ohjelmaa.

Kriittisyysluokittelun tuloksia muutettiin jonkin verran lopullisessa palaverissa lisäämällä yksi melko kriittinen laite kriittisimpiin laitteisiin. Vikavaikutusanalyysi tehtiin linjan kriittisimmälle laitteelle eli lavausrobotille. Kriittisten laitteiden ennakkohuolto-ohjeet tarkastettiin ja päivitettiin asiantuntijoiden kanssa.

Ennakkohuoltotöiden päivitysten tarpeesta kyseltiin linjan asiantuntijoilta ja työnohtajilta. Päivityksistä kyseltiin hydraulikan, mekaniikan ja sähkön työnohtajilta. Tarvetta ennakkohuoltotöiden lisäyksiin löytyi mekaniikan puolelta. Tarvittavat lavausrobotin malliennakkohuoltotyöt päivitettiin KUTI:iin ja ne otettiin käyttöön välittömästi.

Opinnäytetyössä on käsitelty lyhyesti myös Outokumpu Tornio Worksin organisaatiota, kylmävalssaamon toimintaa sekä kunnossapidon teoriaa.

Asiasanat: analyysimenetelmät, kunnossapito, kriittisyys, huolto.

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Industrial Management
Name	Pauliina Rossi
Title	Failure Mode and Effect Analysis of Critical Equipments for Automatic Coil Packing
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	4 May 2009
Pages	47 + 6 appendices
Instructors	Timo Kauppi Lic.Tech. and Tuomo Palokangas MSc, Ind.Eng.
Company	Outokumpu Tornio Works Oy
Supervisor from Company	Ari-Pekka Marttila El.Eng.

The aim of this study was to do critical analysis, failure mode and effect analysis and plan preventive maintenance instructions to automatic coil packing in Outokumpu Tornio Works Oy cold rolling mill.

Because of the analysis wideness, the critical analysis was done for automatic coil packing including all the machines except HPAC equipments. Hydraulics was included only from valve table to packing. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) was done only for the most critical equipment, a stage robot called Veijo.

The critical analysis form was from Mika Kemi's final year project and the FMEA form is also used in VTT. Advance maintenance plan was made with the help of Outokumpu Tornio Works Oys' own program called KUTI.

Critical classifications results were changed a little in the final meeting. One of the quite critical machines was moved in to the category the most critical machines. FMEA was made for the stage robot Veijo the most critical machine and preventive maintenance instructions for the entire category of the most critical machines were updated with experts.

Automatic coil packing experts and leaders were asked about the needed updates for preventive maintenance. These updates were about hydraulics, mechanics and electricity. Only mechanical updates were needed and made for KUTI. This preventive maintenance plan replaces the old one immediately.

This study also includes general information of the organisation of Outokumpu Tornio Works Oy, cold rolling mill and the theory of maintenance.

Keywords: analysis method, maintenance, criticality, service.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ.....	II
ABSTRACT.....	III
SISÄLLYSLUETTELO.....	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	VI
1. JOHDANTO	1
2. OUTOKUMPU TORNIO WORKS OY.....	2
2.1. Kylmävalssaamo 1. (KYVA).....	2
2.2. Automaattinen levynpakkaus (ALP).....	4
2.3. Automaattinen rullanpakkaus (ARP).....	4
2.3.1. Pystypakkauslinjan toiminta	5
2.3.2. Vaakapakkauslinjan toiminta.....	7
2.3.3. Pakkauslinjojen yhteisen osan toiminta	9
2.3.4. Tyhjälavaratojen toiminta	10
3. KUNNOSSAPITO	11
3.1. Kunnossapidon määritelmä.....	11
3.2. Kunnossapidon lajit	12
3.2.1. Huolto	12
3.2.2. Ehkäisevä kunnossapito	13
3.2.3. Korjaava kunnossapito	14
3.2.4. Parantava kunnossapito.....	15
3.2.5. Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen.....	15
3.3. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito (RCM)	16
3.4. Ennakkohuolto	18
4. KRIITTISYYSANALYYSI.....	20
4.1. Perusteita kriittisyysluokittelulle.....	21
4.2. Kriittisyyden arviointi	21
4.3. Luokkajako.....	21
4.4. Kriittisyysluokittelun jatkotoimenpiteet.....	22
5. VIKAVAIKUTUSANALYYSI	23
5.1. Vikavaikutusanalyysin tyypillisimmät vaiheet.....	23
5.2. Analyysitaso ja informaatiolomake.....	25
5.3. Vioittumistavan määrittäminen.....	25
5.4. Miksi vioittumistapoja analysoidaan?.....	26
5.5. Vioittumistapojen kategoriat.....	26
5.6. Analyysin yksityiskohdat	28
5.7. Hyvä riskianalyysi	28
5.8. Vikojen vaikutukset	29
5.9. Vioittumistapojen ja niiden vaikutusten informaatiolähteet	30
6. ARP:N KRIITTISYYSANALYYSI	31
6.1. Analyysin aloittaminen	31
6.2. Lomakkeiden täyttäminen.....	32
6.3. Kertoimenvalintataulukko.....	32
6.3.1. Kriittisyys prosessin kannalta.....	33

6.3.2.	Häiriöherkkyys	33
6.3.3.	Huollettavuus, luoksepäästävyys	33
6.3.4.	Turvallisuus, terveys ja ympäristö	34
6.3.5.	Laatu.....	34
6.4.	Tulosten käsittely	34
7.	ARP:N LAVAUSROBOTIN VIKAVAIKUTUSANALYYSI.....	36
7.1.	Analyyisin aloittaminen	36
7.2.	Lomakkeen täyttäminen	37
7.2.1.	Siirto.....	38
7.2.2.	Nosto	38
7.2.3.	Tarttuja.....	39
7.2.4.	Turvalaitteet	40
7.3.	Lopputulos	40
8.	ARP:N LAVAUSROBOTIN ENNAKKOHUOLTO	41
8.1.	ARP:n kriittisten laitteiden ennakkohuolto.....	41
8.2.	Lavausrobotti Veijon ennakkohuolto.....	42
9.	YHTEENVETO.....	44
10.	LÄHDELUETTELO	45
11.	LIITELUETTELO.....	47

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ALP	automaattinen levynpakkaus
ARP	automaattinen rullanpakkaus
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis (VVA)
HP	hehkutus ja peittäus
KUTI	Tornion tehtaiden kunnossapidon tietojärjestelmä
KYVA	kylmävalssaamo
MTBF	Mean Time Between Failure (arvioitu vikaantumisväli)
MTTR	Mean Time To Repair (arvioitu korjausaika)
RCM	Reliability Centered Maintenance (luotettavuuskeskeinen kunnossapito)
VVA	vikavaikutusanalyysi

1. JOHDANTO

Terästä pakataan kylmävalssaamalla automaattisessa rullanpakkauksessa (ARP) ja automaattisessa levynpakkauksessa (ALP). Nämä linjat sijaitsevat kylmävalssaamon prosessin loppupäässä, jonka jälkeen teräsrullat ja levyt lähtevät suoraan asiakkaille.

Kunnossapidon tärkeys on kasvanut vuosittain merkittävästi. Asiakkaat haluavat enemmän tuloksia, käytettävyyttä ja tehokkuutta prosesseista ja tuotannosta. Välineiden ja linjojen on saavutettava niiden maksimaalinen käytettävyys iässä ja tehokkuudessa.

Kriittisyysluokittelu ja vikavaikutusanalyysi ovat kunnossapidon tehokkaita apuvälineitä, jotka auttavat laitteita saavuttamaan mahdollisimman pitkän käyttöiän ja tuottavuuden. Lisäksi toimiva ja huolellisesti tehty ennakkohuoltosuunnitelma mahdollistaa parhaimman käyntivarmuuden laitteille.

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä kriittisyysanalyysi ARP:lle ja kartoittaa sen avulla linjan kriittisimmät laitteet. Tämän jälkeen tehdään vikavaikutusanalyysi yhdelle kriittisimmistä laitteista. Näiden analyysien avulla pystytään muodostamaan selkeät ja luotettavat ennakkohuolto-ohjeet keskittymällä ainoastaan kriittisimpiin ja prosessin kannalta tärkeimpiin laitekokonaisuuksiin. Vikavaikutusanalyysiä ei ole aikaisemmin paljolti tehty tällä tehtaalla, joten se mahdollistaa myös sen mahdollisen hyödyntämisen tulevaisuudessa. Analyysin avulla pystytään testaamaan sen käytettävyyttä Outokumpu Tornio Works Oy:ssä.

Työtä jouduttiin rajaamaan analyysien laajuuden vuoksi. Siinä keskitytään kriittisimpiin laitteisiin, ja vikavaikutusanalyysi tehdään ainoastaan yhdelle laitteelle. Vikavaikutusanalyysin tekoon voidaan käyttää aikaa useita kuukausia riippuen siitä, kuinka laaja analyysistä halutaan tehdä. Lisäksi työstä rajataan pois LVI-laitteet, ja hydraulikkaa käsitellään ainoastaan venttiilitaulusta linjalle päin.

Työskentely tapahtui pääsääntöisesti Outokumpu Tornio Works Oy:n tehtaalla, koska se helpotti työn tekoa olennaisesti. Työn tekeminen aloitettiin tutustumalla aluksi ARP:n ja hankkimalla tietoa kriittisyysanalyysistä. Tämän jälkeen haastateltiin operaattoreita ja johtajia linjan prosessista ja kyseltiin mahdollisista seikoista, jotka kannattaisi ottaa huomioon analyysijä tehtäessä. KYVA:sta ja tehtaan toiminnasta oli jo ennestään henkilökohtaista tuntemusta, joten se helpotti suuresti työn aloittamista. Tämän jälkeen suoritettiin kriittisyysanalyysihaastattelut ja tehtiin niistä yhteenveto keskiarvojen perusteella. Vikavaikutusanalyysi tehtiin linjan kriittisimmälle laitteelle eli lavausrobotti Veijolle. Ennakkohuolto-ohjeet tarkastettiin ja niitä päivitettiin keskittymällä ainoastaan linjan kriittisimpiin laitteisiin. Lavausrobotin malliennakkohuolto-ohjeet päivitettiin ja ne otettiin käyttöön välittömästi.

2. OUTOKUMPU TORNIO WORKS OY

Outokumpu-konsernin toiminta keskittyy teräkseen ja sen teknologiaan. Täysin integroitu tuotantoketju alkaa Elijärven kromikaivoksesta ja jatkuu Tornion ferrokromitehtaan, terässulaton, kuumavalssaamon sekä kylmävalssaamojen prosesseissa. Tornion terästehdas on maailman suurin yhtenäinen ruostumattoman teräksen valmistusyksikkö. Kuvassa 1 on ilmakuva Outokumpu Tornio Worksin tehtaalta. /16/

Torniossa ja Elijärvellä työskentelee yhteensä noin 2400 henkilöä, joista Torniossa 557 toimii kunnossapitotehtävissä. Lisäksi kromi- ja terästuotannon välillinen vaikutus alueelle on lähes 9000 työpaikkaa.

Suurin osa lopputuotannosta, ruostumattomista teräsnauhoista ja -levyistä toimitetaan Tornioista asiakkaille yli 60 eri maahan. Osa tuotannosta kulkee Röyttän sataman kautta laivoilla Hollantiin. Siellä nauhat ja levyt leikataan asiakkaiden haluamiin mittoihin jatkokäsittelylaitoksessa. /16/



Kuva 1. Outokumpu Tornio Works Oy /16/

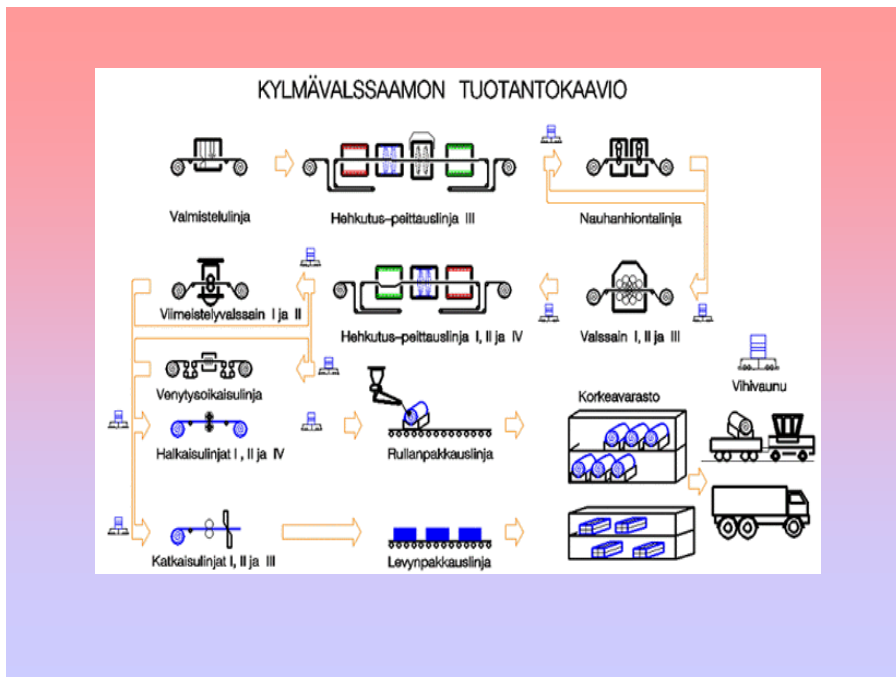
2.1. Kylmävalssaamo 1. (KYVA)

Kuumavalssaamolta tulevat mustat teräsrollat käyvät KYVA:lla aluksi hehkutus- ja peittäuslinjalla (HP3). Hehkutusuunissa nauha hehkutetaan 1050–1150 °C asteessa, jolloin sen mikrorakenne tasaantuu ja kuumavalssaauksessa syntynyt oksidikerros muuttuu helpommin poistettavaksi. /17/ Tämän jälkeen nauha jäähdytetään ja puhdistetaan

mekaanisesti kuulapuhalluksella. Sitten elektrolyytti- ja sekahappopeittauksilla liuotetaan nauhan pinnasta loput oksidikerroksesta. Esihehkutus ja peittäusprosessissa kuumanauhan pinta muuttuu mustasta kirkkaaksi. Tämän jälkeen osa kuumanauharullista toimitetaan suoraan leikkauslinjoille (1B-toimitustila) ja edelleen pakkaamisen jälkeen asiakkaalle. Osa rullista menee kylmävalssattavaksi loppumittaan ja ne nauhat, joissa on havaittu vakavaa pintavirhettä, menevät nauhanhiontalinjalle korjaushiontaan.

Esihehkutuksen jälkeen teräsnauha valssataan kolmella (3) Senzimir-valssaimella. Niiden avulla teräsnauha saavuttaa lopullisen paksuutensa. Niissä nauhaa voidaan ohentaa enimmillään 80 % teräslaadusta riippuen. Kylmävalssattu teräsnauha käsitellään loppuhehkutuspeittäus-linjoissa (HP1, HP2 ja HP4). Näissä linjoissa toimintaperiaate on sama kuin hehkutus- ja peittäuslinja 3:ssa, paitsi että kuulapuhallusta ei enää tarvita. Kylmävalssauksessa teräs lujittuu niin paljon, että se on vielä hehkutettava lujuuden laskemiseksi ja muodonmuutoskyvyn palauttamiseksi. Osa kylmävalssatuista rullista valssataan vielä viimeistelyvalssaimilla, joita on kaksi (2). Tällä voidaan parantaa nauhan sileyttä ja tasomaisuutta.

Ennen halkaisua tai katkaisua teräsnauha voidaan harjata, tai hioa, näin saadaan aikaan toimitustilat 2J, 2G/2K. Teräsnauhat leikataan asiakkaan tilaamiin mittoihin joko kapeammiksi kaistoiksi tai levyiksi halkaisus- ja katkaisulinjoilla. Tämän jälkeen nauharullat ja levyt paketoitetaan automaattisilla ARP- tai ALP-linjoilla. Teräsrullia voidaan pakata myös käsin. Kylmävalssaamon viimeinen yksikkö käsittää automaattisen korkeavaraston sekä lähettämön, missä autot, junat ja kontit lastataan kuljetusta varten. /4/, /16/ Kylmävalssaamon tuotantokaavio on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Kylmävalssaamon tuotantokaavio /16/

Kylmävalssaamalla pakataan teräsruuvia ja -levyjä joko käsin tai automaattisilla linjoilla. KYVA:lla sijaitsee kaksi (2) automaattista pakkauslinjaa ARP ja ALP. Lisäksi terästä voidaan pakata käsin. Nämä linjat ovat täysin automaattisia, integroituja linjoja.

2.2. Automaattinen levynpakkaus (ALP)

ALP on Pesmel Oy:n vuonna 2003 Outokummun Tornion tehtaille toimittama automaattinen levynpakkauslinja, joka pakkaa katkaisulinjoilta tulevat teräsniiput ja toimittaa valmiit paketit edelleen korkeavarastoon.

Järjestelmään tulevat niiput tunnistetaan viivakoodilukijoilla, ja tämän jälkeen kuljetinlogiikka ohjaa itsenäisesti ne eteenpäin. Niippu liikkuu linjassa haluttua reittiä pitkin haluttuun määränpäähän, ja ALP pakkaa nipun pakkausohjeessa pyydettyllä tavalla. Niippujen määränpäitä ovat korkeavarasto sekä kuljettimet 280 ja 650, joista niiput johdetaan trukeilla haluttuun paikkaan.

Ketjukuljetin kuljettaa paketit tasaajalle, joka tekee levypaketin pohjan päällä olevien peltien reunat tasaisiksi. Tämän jälkeen paketti menee viikkauskoneelle, jossa paketti viikataan muoviin. Sitten kansinosturi Maurin nostaa paketin päälle kannen, joka liimataan lopuksi liima-automaatissa.

Tämän jälkeen paketin kansi oikaistaan suoraan, siihen merkataan osoitelappu ja sidotaan paketti kiinni. Nämä kaikki toiminnot tapahtuvat automaattisesti.

Lopuksi paketille tehdään profiilikontrolli, missä paketti hyväksytään lopullisesti kelvolliseksi tai kelvottomaksi. Mikäli paketti on hyväksytty, se siirtyy automaattisesti korkeavarastoon. Jos paketti on hylätty kontrollissa, se siirtyy erilliselle kuljettimelle, jossa se voidaan korjata kelvolliseksi. /19/

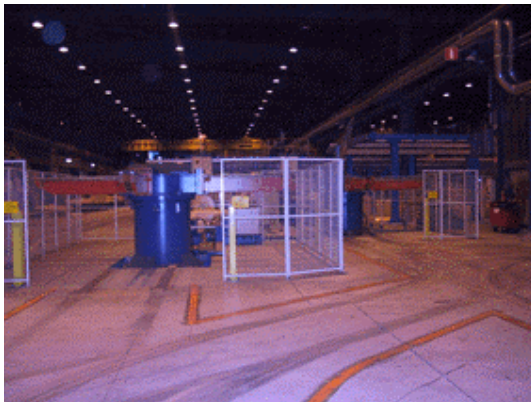
2.3. Automaattinen rullanpakkaus (ARP)

Automaattinen rullanpakkauslinja on toimitettu Outokummun Tornion tehtaille vuonna 1997. Linjan toimittajina ovat Pesmel Oy, Cimcorp Oy sekä Siemens. ARP:lla pakataan teräsnauharullia tai teräsnauhakaistoja asiakkaan toivomusten mukaisesti. Pakkaustyypit on jaettu kahteen ryhmään: vaakapakkaus ja pystypakkaus. Vaakapakkauksessa pakataan teräsnauharullia ja pystypakkauksessa pakataan teräsnauhakaistoja. Vaakapakkauslinja ottaa yhden rullan kerrallaan pakattavaksi, kun taas pystypakkauslinjalla voidaan pakata eli pinota paketin päälle useampia kaistoja. Pysty- ja vaakapakkauslinjat voidaan käynnistää erikseen tai yhdessä. Linjat voidaan käynnistää automaattiajolle painonapilla valvomosta, jos:

- ❑ tuotantopysäytyskytkimet ja suojauspysäytyskytkimet on kuitattu
- ❑ hätäseis!-piiri on kuitattu
- ❑ turva-aitojen ovet eivät ole auki
- ❑ mikään muukaan häiriö- tai hälytystila ei ole päällä
- ❑ valvomossa oleva toimitilan valitseva avainkytkin on AUTO-asennossa
- ❑ robottien paikanvalintakytkimet ovat V-asennossa. /19/

2.3.1. Pystypakkauslinjan toiminta

Vihivaunu tuo rullat rullanpakkauslinjojen kääntörasteille neljältä erilliseltä halkaisulinjalta. Pystypakkauslinjaa ennen on kääntörasti, joka on esitetty kuvassa 3. Siihen voidaan varastoida pystypakkauslinjalle pakattavaksi tulevia pakkauseriä, joita ei niiden tulohetkellä voida ottaa pakattavaksi linjalle. Pystypakkauksen vaiheet pääpiirteittäin ovat:



Kuva 3. Pystypakkauksen puskurivarastona toimiva kääntörasti /16/

1. Vihivaunu tuo pakattavaksi teräskaistaeriä jollekin kääntörastin (pos.010010) -sakarosta, joita on neljä (4).
2. Kallistuslaite nostaa rullaradan pystyasentoon ja lähtee liikkeelle, kun kääntörastin sakaralla on pakattavaksi tuotuja teräskaistoja.
3. Rullarata paikoittuu kaistan reunaan kiinni, minkä jälkeen kallistuslaitteen rullaradan läpi työntyy hydraulinen noutovarsi, joka nousee seuraavaksi pystysuunnassa nostaen samalla kaistan irti kääntörastin sakarasta.
4. Kallistuslaitteen siirtovaunu lähtee ajamaan kotiasemaan päin.
5. Kaista siirtyy vanteutukseen, jos silmästävannehtija on vapaana ja rullarata on ala-asennossa.

6. Noutovarsi menee kotiasemaansa ja kallistuslaitteen rullarata nousee hydrauliiikan avulla pystysuoraan asentoon. /19/
7. Silmästä vannehtija (pos.010030) laittaa halutun määrän vanteita kaistan ympärille (0, 2 tai 4 vannetta).
8. Pituussuuntaisen keskihalkaisijan kohdalta mitataan poikittaissuuntaisen keskihalkaisijan paikka. Mittaus tapahtuu paineilmasylinterillä liikkuvien mittavasteiden avulla.
9. Rullaradassa on vaaka (pos.010050), joka punnitsee kaistan massan mittavasteiden ollessa auki-asennossa.
10. Rullarata ajaa kotiasemaansa sivusuunnassa saman verran kuin se äskettäin siirtyi radan keskilinjasta pois päin.
11. Lavausrobotti noutaa tuotteen poimintapositiona ja rullarata on valmis seuraavan teräskaistan asettelemiseen.
12. Päätysuojan ja välipuun käsittelyrobotti (pos.010060) noutaa päätysuojan varustelupöydälle.
13. Robotti siirtää tuotteen jollekin neljästä laivauspositioista (pos.010300, pos.010310, pos.010320 tai pos.010330).
14. Päätysuojan ja välipuun käsittelyrobotti asettaa välipuut paikoilleen. Välipuita on joko 2, 4 tai 6 kappaletta.
15. Lavausrobotti pinoaa pakkausohjeiden mukaisen määrän kaistoja päällekkäin, minkä jälkeen päätysuojan ja välipuun käsittelyrobotti tuo vielä päätysuojan pinon päälle.
16. Kun siirtovaunu on asettunut lavauspositioonsa, siirtyy kaistapino siirtovaunun rullaradalle, joka siirtää lavan täyslavaradalle.
17. Kaistapino asettuu paikoilleen käärintäasemaan etenemissuunnassa pulssilaskentaan perustuen. Kuvassa 4 on esitetty pystypakkauspuolen kalvokäärintälaitteisto.
18. Seuraavaksi käärintäkone (pos.010800) käärii kaistapinon muoviin.
19. Käärinnän jälkeen kaistapino siirtyy täyslavaradalla (pos.010600) eteenpäin odottamaan siirtymistä automaattisen rullanpakkauslinjan yhteistä osaa pitkin pois pystypakkauslinjalta. /19/



Kuva 4. Pystypakkauspuolen kalvokäärintälaitteisto /16/

2.3.2. Vaakapakkauslinjan toiminta

Halkaisulinjoilta tulevat kaistat määrätään asiakkaan tilausten ja kaistojen koon mukaan menemään automaattisen rullanpakkauksen vaaka- tai pystypakkauslinjalle.

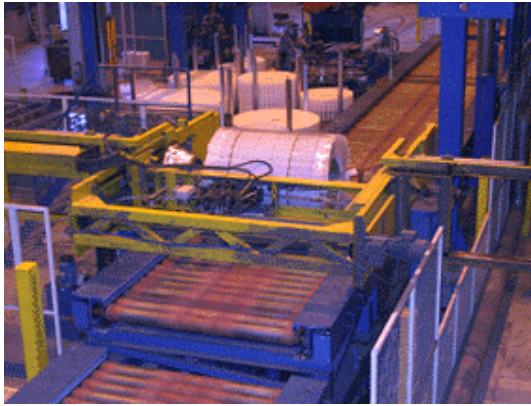
Vaakapakkauksen vaiheet pääpiirteittäin ovat: /19/



Kuva 5. Vaakapakkauksen kalvokäärintälaitteisto /16/

1. Vihivaunu tuo pakattavaksi teräsrullia jollekin kääntöristin neljästä sakarasta.
2. Asettelurobotti (pos.020050) tuo kääntöristin sakaralle ensin sisäkulmasuojan, jossa olevat lipat taivutetaan sisälle päin. Seuraavaksi robotti tuo nuutatun päätykartongin

- sakaralle, minkä jälkeen lippojen painajat palaavat takaisin. /19/
3. Vihivaunu tuo teräsrullan kääntöristin sakaralle. Se pysähtyy valokennon avulla niin, että rullan reuna tulee sakaran juuressa aina samaan kohtaan.
 4. Nostinlaitteistossa (pos.020020) oleva laitteisto säätelee ensin nostopöydän pituuden kullekin rullalle sopivaksi valokennon avulla. Näin estetään päätysuojien vahingoittuminen. Laitteisto mittaa samalla pulssianturin avulla rullan leveyden.
 5. Nostopöytä nostaa rullan irti kääntöristin sakarasta. Kun sisemmät ja ulommat päätykartongit ovat paikoillaan, nostinlaitteisto laskee rullan takaisin kiinni kääntöristin sakaraan. Nostinlaitteiston yhteydessä oleva vaaka (pos.020030) mittaa rullan massan.
 6. Käärintäkone (pos.020070) ajaa kääntöristin sakaran alueelle ja käärintäkone suorittaa käärinnän ohjeiden mukaan. Vaakapakkauslinjan kalvokäärintälaitteisto on esitetty kuvassa 5.
 7. Purkupositiion siirtovaunu (pos.020080) noutaa muoviin käärityn rullan.
 8. Rullapaketti siirtyy siirtovaunun rullaradalta rullakuljettimille. Se asettuu etenemissuunnassaan kuljettimelle sisäkartonkisuojan asetuspositioon pulssilaskentaan perustuen. /20/
 9. Sisäkartonki leikataan ja poimitaan teräsrullaa varten sen siirtyessä positiosta 020200, positioon 020240.
 10. Teräsrullan asettuessa positioon 020240 sisäkartonkibotti työntää sisäkartongin rullan sisään.
 11. Kun sisäkartonkibotti on valmis, kuljetin (pos.020250) paikoittaa lavan silmästävannehtijaan (pos.020400) pulssilaskentaan perustuen. Silmästävannehtija on esitetty kuvassa 6.
 12. Nostinlaitteisto nostaa rullan keskiön silmästävannehtijan vaaka-akselin tasalle lineaarianturin avulla. Silmästävannehtija sitoo pakkauskomponentit yhteen ohjeiden mukaisesti.
 13. Lopuksi rullarata pos.020300 siirtää rullapaketin eteenpäin odottamaan siirtoa automaattisen rullanpakkauslinjan yhteistä osaa pitkin pois vaakapakkauslinjalta. /19/

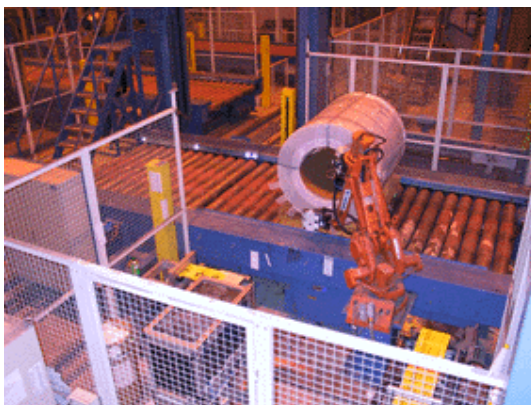


Kuva 6. Vaakapakkaus silmästäsidonta-asemassa /16/

2.3.3. Pakkauslinjojen yhteisen osan toiminta

Siirtovaunu (pos.030010) noutaa täyden lavan joko pysty- tai vaakapakkauslinjan noutoasemasta. Kun rullarata on paikoittanut rullapaketin täyden lavan siirtovaunun keskelle, asettuu siirtovaunu vannehtijalle (pos.030020). Siirtovaunu asettelee paketit siten, että vannehtija voi laittaa vanteet kullakin pakkaustyypillä oikeaan paikkaan. Vannehtija (pos.030020) kiinnittää lavan teräsrullaan omien ohjeidensa perusteella. Kun paketti on vannehdittu, siirtovaunu ajaa rullaradan (pos.030030) kohdalle ja paketti siirtyy sinne. Rullarata paikoittaa pakkauksen etiköintilaitteen (pos.030040) kohdalle valokennon avulla. Paikoituksen jälkeen radassa oleva vaaka punnitsee paketin bruttopainon. Bruttopaino ilmoitetaan kakkostason ohjaukselle ja sitä kautta Outokummun tehdasjärjestelmään RETU:lle, joka siirtää osoitelapun tiedot etikettikirjoittimelle.

Etikettilaite kiinnittää etikettitarrat (2 kpl) rullaan oman robottiohjaimensa ohjeiden mukaisesti. Kuvassa 7 on esitetty etikettirobotin toimintaa. Kun etiköinti on valmis, lava siirtyy rullaradan (pos.030030) päähän odottamaan pääsyä kääntöpöydälle, josta paketti jatkaa matkaansa varastoon. /19/



Kuva 7. Robotti asettaa osoitelaput paketin kylkeen ja päätyyn /16/

2.3.4. Tyhjälavaratojen toiminta

Lavavarastossa trukki tuo tyhjälavapinon rullaradalle (pos.040010). Tyhjälavapino pysähtyy lavapinon oikaisijan (pos.040020) kohdalle, joka keskittää ja oikaisee tyhjälavapinon sekä radan poikittais- että pituussuunnassa. Oikaisun jälkeen tyhjälavapino siirtyy rullaradan (pos.040010) avulla pinon poiminta-asemaan pulssilaskennan avulla, josta lavavarastorobotti hakee lavapinon ja siirtää sen varastoalueelle kahdessa vaiheessa, eli puoli lavapinoa kerrallaan, sille ilmoitettuun paikkaan.

Lavavarastorobotti (pos.040040) tuo ohjeiden mukaisen lavan tyhjälavaradan varaston puoleiseen päähän. Tämän jälkeen rullarata siirtää lavan keskitysasemaan. Tyhjälavaradan (pos.040050) kohdistuslaitteisto hoitaa tyhjän lavan kahden akselin suuntaisen keskityksen ja sen jälkeen lavausrobotti voi noutaa lavan poiminta-asemasta. Päälogiikka pyytää lavavarastorobottia siirtämään tarvittavan lavan tyhjälavaradan päähän. Tämä siirto tulee tehdä viimeistään silloin, kun pystypakkauslinjalla kääntöristiä paikoitetaan kaistojen purkua varten tai kun vaakapakkauslinjan kääntöristi kääntää rullaa käärintäkoneelle.

Pystypakkauslinjan lavan tultua poiminta-asemaan lavausrobotti noutaa lavan ja vie sen jollekin neljästä lavauspositiosta (pos.010300, pos.010310, pos.010320 tai pos.010330) keskeisesti. /19/

3. KUNNOSSAPITO

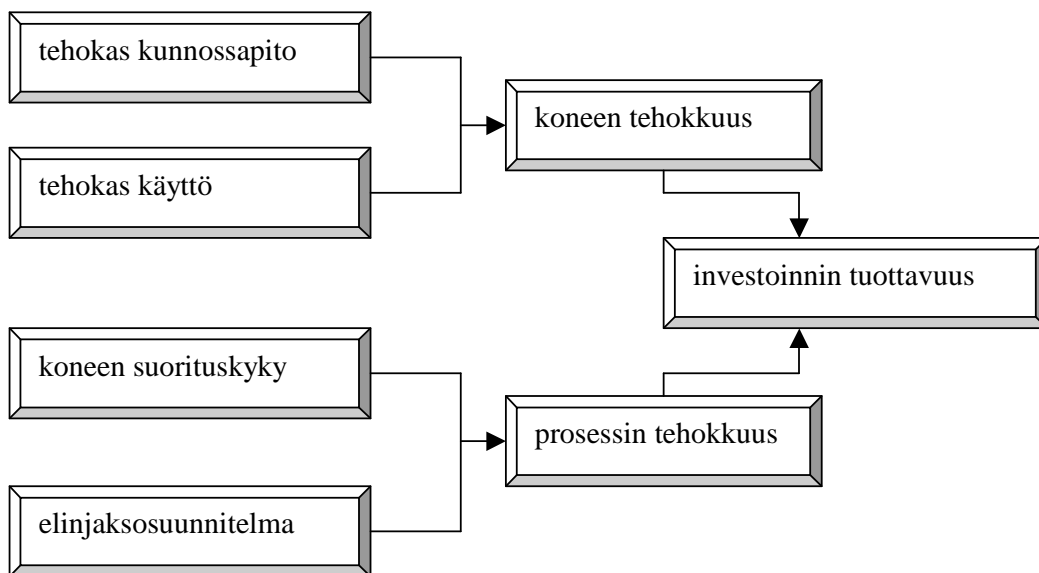
3.1. Kunnossapidon määritelmä

Yritykset hankkivat käyttöönsä käyttöomaisuutta, kuten rakennuksia, maa-alueita, koneita ja kalustoa sekä laitteita. Käyttöomaisuudella yritykset valmistavat tuotteita ja palveluksia, joita myydään kuluttajille ja toisille yrityksille. Myynnistä saadulla tulolla yritys maksaa kulunsa ja saa mahdollisen liikevoiton. Kun tuotantovälineitä käytetään tehokkaasti, saavutetaan seuraavat edut:

- ❑ investointitarve pienenee (mitä tehokkaampaa tuotantovälineen käyttö on, sitä pienemmällä investoinneilla yritys pystyy toimimaan)
- ❑ yrityksen kannattavuus ja kilpailukyky paranee (tehokas käyttäminen tarkoittaa myös sitä, että tehty investointi tuottaa paremmin). /5/

Myös yhteiskunta investoi erilaisiin rakennuksiin, terveydenhuoltoon, tie- ja rataverkkoon, laivaväyliin, satamiin, tietoverkkoihin jne. Näihinkin investointeihin pätevät edellä esitetyt tehokkuussäännöt, joskin niiden painotus saattaa olla erilainen.

Lisäksi yksityiset ihmiset investoivat esimerkiksi asuntoihin, kodinkoneisiin, kulkuvälineisiin, tietokoneisiin jne. Näiltä investoinneilta ei suoraan vaadita tuottoja, koska esimerkiksi oman asunnon ensisijainen tehtävä on toimia kotina. Tästä huolimatta asunto pidetään kunnossa, jotta sen arvo ei kärsisi. /5/ Kuvassa 8 on esitetty tuotantovälineen tehokkaaseen käyttöön liittyviä tekijöitä.



Kuva 8. Investoinnin tuottavuuteen vaikuttavat tekijät /5/

Kunnossapito määritetään 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.” /5/

PSK 6201-standardi 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.” /5/

Tutkija John Moubrey esittää Jorma Järviön kirjassa Kunnossapito, kunnossapidolle yksinkertaisemman määritelmän:

Tavoitteita tuotantovälineiden toiminnan varmistamiseksi niiden koko elinkaaren aikana ovat:

- **varmistaa omistajien, käyttäjien ja yhteiskunnan tyytyväisyys**
- **valita ja käyttää kaikkein sopivimpia kunnossapidon menetelmiä, joilla hallitaan tuotantovälineiden vikaantumisia ja vikaantumisen seurauksia.**
- **saada kaikkien kunnossapitoon vaikuttavien ihmisten aktiivinen tuki kunnossapidon toimille. /5/**

3.2. Kunnossapidon lajit

Kunnossapidon päälaajat voidaan jakaa viiteen osaan jotka ovat:

- 1) huolto
- 2) ehkäisevä kunnossapito
- 3) korjaava kunnossapito
- 4) parantava kunnossapito
- 5) vikojen ja vikaantumisen selvittäminen. /5/

3.2.1. Huolto

Huoltamalla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky juuri ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen. Jaksotettu

huolto tehdään määrävälein niin, että huomioidaan käyttöaika, -määrä ja käytön rasittavuus. Jaksotettuun huoltoon sisältyvät seuraavat toimet:

- toimintaedellytysten vaaliminen, käytön suorittama kunnossapito
- puhdistus
- voitelu
- huoltaminen, huolto
- kalibrointi
- kuluvien osien vaihtaminen
- toimintakyvyn palauttaminen. /5/

Huollon ja ehkäisevän kunnossapidon tehtävät ovat osittain päällekkäisiä /6/. Kohteelle suoritetaan ennalta laaditun ohjelman ja toimenpidesuunnitelman mukaiset kunnonvalvonta- ja huoltotoimenpiteet /1/.

3.2.2. Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon keinoin seurataan kohteen suorituskykyä tai sen parametreja. Päämääränä on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai koneen/osan toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevä kunnossapito on yleensä säännöllistä tai sitä tehdään vaadittaessa. Tulosten perusteella voidaan suunnitella ja aikatauluttaa kunnossapidon tehtäviä. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat mm. seuraavat toimet:

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

Kunnonvalvontaa voidaan tehdä kohteen toimiessa tai seisokin aikana. Kunnonvalvonnan avulla etsitään oireilevia vikoja tai todetaan havaintojen avulla kohteen olevan toimintakykyinen. /5/

Ehkäisevä kunnossapito koostuu kolmesta elementistä:

- toimintaolosuhteiden vaalimisesta
- tarkastuksista
- kunnostamisesta. /8/

Pääsääntöisesti ehkäisevä kunnossapito on suunniteltua säännöllistä toimintaa, jota tehdään koneen käydessä. Lisäksi sitä pyritään tekemään erilaisten seisokkien, myös häiriöseisokkien yhteydessä. Ehkäisevään kunnossapitoon voidaan sisällyttää myös parantava kunnossapito ja vikojen analysointi, koska niidenkin tavoitteena on vikaantumisen vähentäminen. Ehkäisevän kunnossapidon piiriin kuuluu myös ennustava kunnossapito, jossa pyritään erilaisten mittausten avulla selvittämään koneen ja sen eri

osien kuntoa. Tällaisia mittaavia tekniikoita ovat mm. värähtelyanalyysit, öljyanalyysit sekä IR-kuvaus (infra red, infrapuna). Mittaus voi olla suoraa, kuten kulumista tai epäsuoraa, kuten esimerkiksi öljyanalyysit, joissa tutkitaan voiteluaineen sisältämää metallipartikkeleiden määrää ja geometriaa. Ehkäisevää kunnossapitoa kannattaa tehdä, kun seuraavat ehdot täyttyvät:

- Ehkäisevän kunnossapidon kustannukset ovat pienemmät kuin sen puutteen aiheuttamat vahingot ja menetykset. Tämä ehto vastaa myös kysymykseen, kuinka paljon ehkäisevää kunnossapitoa on järkevää tehdä.
- Kohteelle on olemassa tehokas ennakkohuoltomenetelmä. /8/

3.2.3. Korjaava kunnossapito

Korjaavan kunnossapidon avulla vikaantuvaksi todettu osa tai komponentti palautetaan käyttökuntoon eli korjataan. Korjaavan kunnossapidon suoritusaikojen avulla voidaan laskea osan tai komponentin elinaika. Se voi olla joko häiriökorjaus tai kunnostus. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyvät seuraavat toimet:

- vian määrittäminen
- vian tunnistaminen
- vian paikallistaminen
- korjaus
- väliaikainen korjaus
- toimintakunnon palauttaminen. /5/

Korjaava kunnossapito on kunnossapidon yksinkertaisin ja ehkä traditionaalisin muoto, ”palokuntatoiminta”. Se käsittää kaikki ne puolustustoimenpiteet, jotka ovat tarpeen, jotta ilman ennakkotietoa vikaantunut kohde saadaan takaisin tuotantotoimintaan. Väliaikaisen korjauksen tarkoituksena on minimoida toimintakatkosaika. Toimintakunnon palauttamisessa voi olla kyseessä joko laitteen korjaus paikan päällä tai vikaantuneen laitteen vaihtaminen vastaavaan kunnolliseen ja vikaantuneen korjaaminen korjausyksikössä. Parantavan korjauksen tarkoituksena on vian toistumisen estäminen. /1/

Korjaavaa kunnossapitoa ei suositella toteutettavan kriittisille laitteille, mutta vähemmän kriittisille laitteille se voi olla perusteltua ja kannattavaa. On olemassa kahdenlaista korjaavaa kunnossapitoa: häiriökorjausta ja kunnostusta. Häiriökorjauksella pyritään toimintakatkosajan minimointiin, eli vian ilmetessä laite korjataan toimintakuntoiseksi mahdollisimman nopeasti. Kunnostavalla korjauksella tarkoitetaan sitä, että vian toistuvuutta pyritään estämään jollakin laitteen toimintakykyä parantavalla toimenpiteellä. /9/

3.2.4. Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

- uudempien osien ja komponenttien käyttäminen
- uudelleensuunnittelu ja korjaus
- modernisaatiot. /5/

Ensimmäisessä pääryhmässä kohteen rakennetta muutetaan käyttämällä uudempia osia tai komponentteja kuin alkuperäiset. Kohteen suorituskykyä ei varsinaisesti muuteta. Toisessa pääryhmässä uudelleensuunnittelulla ja korjauksilla parannetaan koneen epäluotettavuutta. Sen tarkoituksena on siis muuttaa koneen toimintaa luotettavammaksi, mutta ei niinkään muuttaa suorituskykyä. Kolmanteen pääryhmään kuuluvat modernisaatiot, joissa kohteen suorituskykyä muutetaan. Yleensä modernisaatiolla uudistetaan koneen ohella myös valmistusprosessia. /5/

Parantavan kunnossapidon perustana voi olla esimerkiksi ongelman juurisyyanalyysi (Root Cause Analysis tai Root Cause Failure Analysis), jonka avulla ongelman perussyyn pyritään aluksi tarkentamaan. Tämän jälkeen yritetään löytää ratkaisu perussyyn poistamiseen. Juurisyyanalyysiin voidaan käyttää erilaisia tietolähteitä aina laitteen vikahistoriasta erilaisiin mittaustietoihin. Tämä analyysi on monesti vaativa ja aikaa vievä prosessi. Onnistuneen juurisyyanalyysin tuloksena on ratkaisu, jolla sekä korjataan vian aiheuttamat seuraukset että estetään vian toistuminen tulevaisuudessa kokonaan. Sillä voidaan myös minimoida vian aiheuttamat seuraamukset esimerkiksi käyttämällä vahvempia osia, eri materiaalia tai voiteluainetta jne. /12/

3.2.5. Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei toistaiseksi ole mielletty kunnossapitoon kuuluviksi toiminnoiksi. Tämän vuoksi näitä asioita ei ole käsitelty kunnossapidon standardeissa. Vikojen ja vikaantumisen selvittämisellä pyritään selvittämään vikaantumisen perussyyn sekä vikaantumisprosessi. Tulosten perusteella voidaan suorittaa toimenpiteitä, joilla estetään vastaavan vahingon syntyminen tulevaisuudessa. Koska analyysien tekeminen vaatii erikoisosaamista, ei aivan jokaista rikkoontumista kannata analysoida. Tavanomaisimpia menetelmiä ovat:

- vika-analyysi
- vikaantumisen selvittäminen
- mallintaminen
- perussyyn selvittäminen
- materiaalianalyysit
- suunnittelun analyysit
- vikaantumispotentiaalin kartoitukset ja riskinhallinta. /5/

3.3. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito (RCM)

Kunnossapidon strategioista yksi on RCM, (Reliability Centered Maintenance), jonka tavoitteena on vähentää kunnossapitokustannuksia keskittämällä kunnossapitotoimet vain tärkeimpiin kohteisiin sekä valitsemalla kohteelle tehokkain kunnossapitolaji. /2/

Yksi perinteisen kunnossapidon perusongelmista on ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu. Koska tehokkainta menetelmää ja työkaluja ei ole määritelty, on toimintaa jouduttu suunnittelemaan kokemuksiin ja koneiden valmistajien ohjeisiin perustuen. Tästä johtuu, että varsinkin ehkäisevää kunnossapitoa tehdään liikaa. Tutkija John Moubray on todennut Suomessa pidettävässä seminaarissaan, että jopa 40 % ehkäisevästä kunnossapidosta on tarpeetonta. Tyypillisiä esimerkkejä aiheesta ovat:

- ❑ Koneita avataan ja puretaan toimintakunnon havaitsemiseksi usein turhaan. Toimintakunto voidaan parhaimmillaan todeta jopa koneen tai laitteen käydessä.
- ❑ Kunnossapitoa ei kohdisteta eli sitä toimitetaan liian vähän sinne, missä sitä oikeasti tarvitaan ja päinvastoin. Kilpailu kuitenkin pakottaa kunnossapitäjänkin panostamaan niihin kohteisiin, joista tulee suurin tuotto.
- ❑ Ehkäisevää kunnossapitoa voidaan myös tehdä, koska sitä ”kuulemma pitää tehdä”. Tällöin käytetyt menetöt saattavat olla usein tehotonta tai jopa väärää.
- ❑ Perusteet ennakkohuoltotoimenpiteille eivät ole selvillä, eli toimenpiteille ei löydy selkeää vikamuotoa, jota ne pyrkivät ehkäisemään.
- ❑ Ennakkohuolto on liian koptoituvaa laitteilta toiselle eli ei huomioida toimintaympäristöä.
- ❑ Kunnonvalvonnan sovellukset ovat liian vähän hyödynnettyjä, eli tietoa vikaantumisen kehittymisestä ei ole riittävästi. /5/

RCM:n periaatteet on oivallettu jo 1950-luvulla, mutta varsinainen kehitystyö lähti liikkeelle 1960-luvulla. Tällöin Yhdysvaltojen ilmailuvirasto perusti työryhmän kehittämään lentokoneisiin soveltavaa ennakoivaa kunnossapitoa. /5/ Kehitys johti MSG-3-dokumentin julkaisuun, johon nykyinen RCM:n käyttö perustuu. RCM on tänä päivänä monella teollisuuden alalla kokeiltu ja hyväksi havaittu kunnossapidon ohjausmenetelmä. /10/

RCM:n lähestymistapoja ovat:

- ❑ Mitkä ovat laitteen toiminnot ja suorituskykystandardit sen tämänhetkessä toimintaympäristössä?
- ❑ Mitä tapahtuu, kun laite rikkoontuu (mitkä toiminnot jäävät tapahtumatta)?
- ❑ Mikä aiheuttaa kunkin laitteen toiminnon puuttumisen / vajaatoiminnan?

- Mitä tapahtuu kunkin vikaantumisen yhteydessä?
- Mitä vahinkoja kunkin vikaantuminen aiheuttaa?
- Mitä voidaan tehdä kunkin vikaantumismallin havaitsemiseksi riittävän ajoissa tai vikaantumisen estämiseksi?
- Mitä tehdään jos sopivaan ennakoivaa toimenpidettä ei löydy? /5/

RCM-projektin tyypillisimmät vaiheet ovat:

1. tuotantoprosessin analysointi ja pullonkaulojen tunnistaminen
2. analyysin kohteen valinta ja rajaaminen
3. kohteen toimintojen ja toiminnallisten vikojen määrittäminen
4. kriittisyystarkastelut
5. vika- ja vaikutusanalyysi
6. soveltuvimman/tehokkaimman kunnossapitotoimenpiteen määrittäminen. /7/

Ensiksi on selvitettävä laitoksessa olevien laitteiden tiedot, jotta voidaan päättää, mitkä laitteet soveltuvat RCM-analyysin kohteeksi. Sitten suunnitellaan ja valmistaudutaan kunnolla RCM:n soveltamiseen eli valitaan analysoitavat kohteet ja koulutetaan työhön osallistuvat henkilöt. Tämän jälkeen nimetään vastuuhenkilöt mahdollisesti tarvittavien investointien suorittamiselle ja varmistetaan, että kaikki ovat ymmärtäneet analysoinnin tarkoituksen. Analysoinnissa tarvitaan käytön ja kunnossapidon asiantuntijoita, jotta kohteiden tuntemus varmistuu. Nämä ryhmät toimivat koulutetun vetäjän valvonnassa. Tämän analyysin tuloksena syntyvät kunnossapito-osastolle ennakoivan kunnossapidon työlistat käyttäjille sekä päivitetty käyttöohjeet. Lisäksi saadaan lista tarpeellisista muutostöistä. /7/

RCM-analyysi antaa seuraavanlaiset tulokset:

- parempi ympäristön ja turvallisuusnäkökohtien huomioonottaminen
- parempi suorituskyky
- suurempi kunnossapidon kustannustehokkuus
- pidempi käyttökelpoinen elinikä käyttölaitteille
- yhtenäinen tietokanta
- motivaation paraneminen
- yhteistyön paraneminen. /7/

Kaikki nämä yllä luetellut asiat ovat usein osana kunnossapidon kehittämistavoitteita. Tyypillinen piirre RCM-menettelyssä on, että se saavuttaa vaihe vaiheelta kaikki nämä tavoitteet ja samalla sitoo mukaansa kaikki henkilöt, jotka ovat jollakin tavalla tekemisissä analysoitavien laitteiden kanssa. Tämän lisäksi RCM antaa tuloksia nopeasti. /7/

RCM:n yhtenä alueena ovat riskianalyysit, joita hyödynnetään kunnossapidon eri osa-alueilla. Näistä teknisten järjestelmien riskianalyysin menetelmiä ovat: /17/

- tarkastuslistat
- vika- ja vaikutusanalyysi (VVA, FMEA)
- poikkeamatarkastelu (HAZOP)

- alustava vaara-analyysi (PHA)
- toimintovirheanalyysi (TVA, AEA)
- vikapuuanalyysi (VPA, FTA)
- tapahtumapuuanalyysi (TPA, ETA)
- luotettavuuslohkokaavio (RBD). /17/

3.4. Ennakkohuolto

Ennakkohuollon määrä kasvaa tasaisesti. Nykyisestä kunnossapidon työmäärästä ennakkohuoltoa on noin 30-40 %. Tavoitteena ennakkohuollossa on laitteiston käytettävyyden parantamien. Tärkeää on määritellä oikea huoltohetki niin, että huolto tapahtuu juuri oikeaan aikaan. Ennakkohuoltoa ei pidä ajatella erillisenä toimintona muusta kunnossapidosta, vaan sen pitäisi olla osa päivittäistä toimintaa. /14/

Ennakkohuoltoperusteet voivat liittyä seuraaviin seikkoihin:

- Viranomaisten määräykset. Viranomaiset ovat asettaneet tietyille laitteille ja laitoksille pakollisia tarkastusvälejä. Määrätyin välein tarkistettavia ovat mm. nostolaitteet, ulko-ovet, hissit, paloilmoituslaitteet ja turvalaitteet.
- Kriittiset laitteet. Näillä laitteilla tarkoitetaan kohteita, joiden rikkoutumisesta tai pysähtymisestä aiheutuu suuria haittoja. Kaikki laitteet eivät ole toiminnalle kriittisiä. On tärkeää kartoittaa sellaiset laitteet, joihin on vaikeaa saada varaosia tai jotka työllistävät eniten ja aiheuttavat eniten kustannuksia. /14/

Jaksotetut huollot ovat tärkeä ja perinteinen kunnossapidon työkalu. Systemaattisuus on jaksotettujen huoltojen perusta. Järjestelmän luomis- ja kehittämistyövälineet ja -vaiheet ovat:

- Jaksotettujen huoltojen vaatimukset ja -tavoitteet suunnittelee kohteen valmistaja yhdessä käyttäjän kanssa.
- Käyttäjä tuo kohteelle omaan järjestelmäänsä sopivan huoltomenettelyn.
- Käyttäjällä on oltava riittävä huolto-organisaatio ja systematiikka niin, että huoltotyöt voidaan suorittaa ja niiden toteutuminen ja tulokset tulevat tositettua.
- Käyttäjällä on oltava järjestelmä, jolla huoltotoiminnan tulokset ja kokemukset kerätään ja analysoidaan. Tavoitteena on, että huoltoja ja niiden jaksoja jatkuvasti kehitetään käyttökokemuksen ja yleisen tekniikan kehitystyön myötä. /1/

Huoltotoiminnan jaksotusperusteena voi olla:

- kalenteriaika
 - selvyytensä vuoksi yleisin
 - helpottaa huollon työjärjestyksen laatimista
 - hyvin vähän käytetyt kohteet esim. varalaitteet
 - ei ota huomioon todellista käyttöä
- käyttöaika
 - ottaa huomioon todellisen käytön
 - vaatii käyttöajan rekisteröinnin
- käyttömäärä
 - esim. kulkuneuvoilla matka
 - joillakin nostoapuvälineillä nostojen lukumäärä
- kunnonvalvonnan tulokset
 - kunnon- tai tuotteiden laadunvalvonnan antamiin tuloksiin perustuva. Esim. öljynvaihto öljyanalyysin perusteella
- käyttötilanne
 - huolto tehdään kohteen tai organisaation tilan salliessa, esim. muista syistä johtuvien seisokkien yhteydessä. /1/

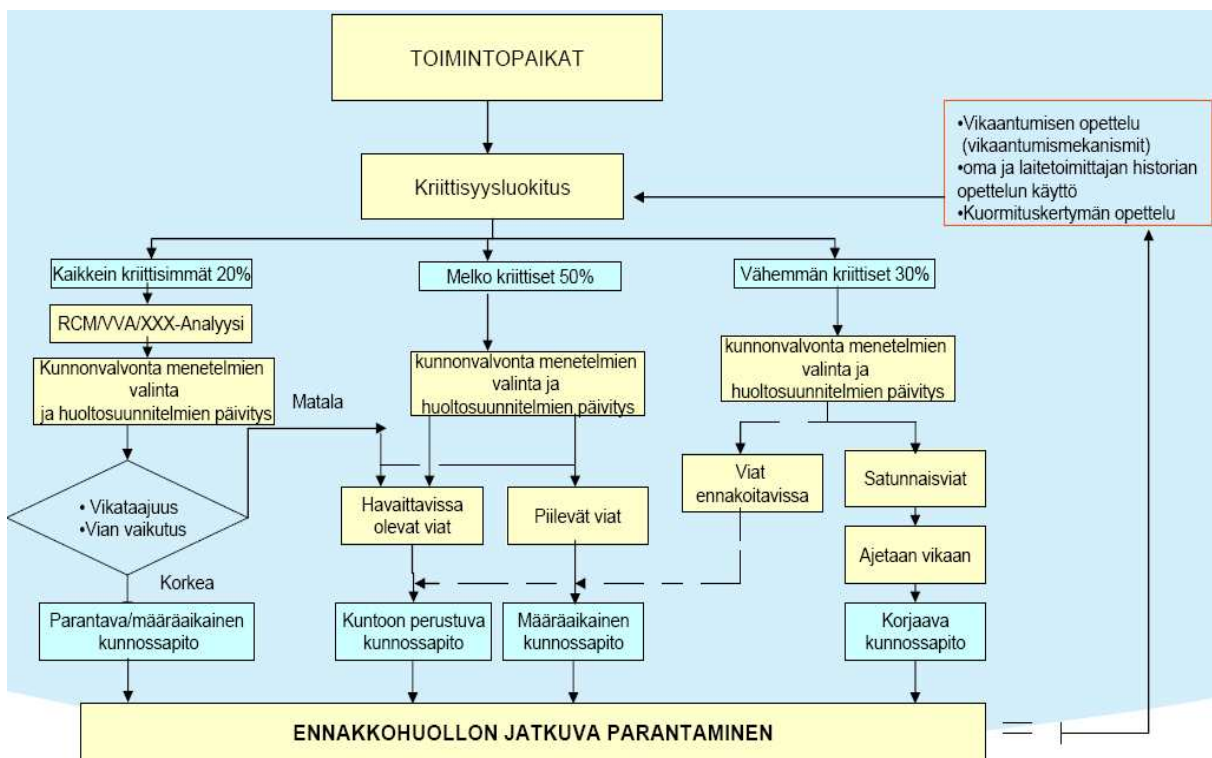
Ennakoiva toimenpide on järkevää tehdä, jos se alentaa häiriön seurauksia enemmän kuin itse ennakoiva toimenpide vaatii suoria ja epäsuoria kustannuksia. /7/

Teknisesti käyttökelpoinen määritellään seuraavasti: Tehtävä on teknisesti järkevä, jos sen avulla on fyysisesti mahdollista alentaa häiriön seurauksia tasolle, jonka laitteen valmistaja tai käyttäjä voisi hyväksyä. Kun tarkastellaan ennakoivan toimenpiteen valintaa teknisestä näkökulmasta, on huomioitava, millainen riippuvuussuhde vallitsee tarkasteltavan laitteen iän ja sen vikaantumistodennäköisyyden välillä. Lisäksi on mietittävä, mitä tapahtuu sitten, kun vika on toistuvasti alkanut ilmetä. /7/

4. KRIITTISYYSANALYYSI

Standardi MIL-STD-1629A [DoD80] määrittelee vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysin (FMECA). Sen alkuosa tarkoittaa tavallista riskianalyysia, eli FMEA-riskianalyysia ja CA (engl. Criticaly Analysis, CA) tarkoittaa kriittisyysanalyysia. Sen tarkoituksena on selvittää järjestelmän jokaisen osan kriittisyys ohjelman tai prosessin kannalta. /13/

Kriittisyysanalyysin tarkoituksena on ohjata ennakkohuolto sinne, missä sitä eniten tarvitaan. Sen avulla pyritään keskittymään ainoastaan prosessin tai järjestelmän kannalta kriittisimpiin laitteisiin. Siinä pyritään pisteyttämisen avulla jättämään pois sellaiset laitteet, joita ilman tuotanto ei pysähdy. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että niille laitteille, jotka pystytään ajamaan vikatilaan, ei tehdä ennakkohuolto-ohjeita. Kuvassa 9 on esitetty ehkäisevän kunnossapidon ohjaus kaaviona. Siinä näkyvät kriittisyysluokituksen vaiheet. /10/



Kuva 9. Ehkäisevän kunnossapidon ohjaus /15/

4.1. Perusteita kriittisyysluokittelulle

Kriittisyysluokittelussa kunnossapitoa pyritään ohjaamaan tärkeille laitteille ja näin ollen kriittisten kohteiden käyttövarmuus kasvaa huomattavasti. /10/ Samalla kohennetaan kunnonvalvontaa huoltamalla laitetta vasta niiden vikaannuttua, valvotaan kohteita joiden vikaantuminen vaikuttaa prosessiin ja optimoidaan laitteen käyttöä.

Kriittisyysanalyysin tarkoituksena on kohentaa ennakkohuollon resursseja ja toimia. Se on myös oiva varaston ja varaosien hallinnan apuväline.

Kun kunnossapidon ohjaaminen saadaan pois ei-kriittisiltä laitteilta, tulee kustannussäästöjä eikä turhia huoltoja enää tehdä.

Kriittisyysanalyysi on perusta RCM-tyylisten analyysien käyttöönotolle. Sillä katsotaan, mille laitteille analyysia kannattaa tehdä, sekä osataan hyödyntää käyttövarmuusohjelmistoja. /10/

4.2. Kriittisyyden arviointi

Arviointi tehdään yhdessä käytön ja kunnossapidon kanssa ja se kohdistuu normaalissa ajotilanteessa olevaan toimintopaikkaan ja sen vaikutukseen prosessissa.

- Tarkastelu on tehty toiminnallisten vikojen mukaan.
- Mitä tapahtuu prosessissa jos ko. toimintopaikka on epäkunnossa?

Kriittisyysanalyysin vaikutus arvioidaan alueellisesti eikä tehtaan lopputuotantoon verraten. Jokaiselle toimintopaikalle tulee pisteet sen kriittisyyden ja muiden ominaisuuksien mukaan. Apuna voidaan käyttää kertoimenvalintataulukkoa joka pohjautuu PSK- standardiin. Tätä taulukkoa joudutaan kuitenkin muokkaamaan yhtiökohtaisesti sopivammaksi. Taulukon painoarvot ja määritysrajat eivät sovellu käytettäväksi suoraan muihin tehtaisiin/prosesseihin, vaan on tehtävä arviointi ko. paikan toimintojen mukaan. /10/

4.3. Luokkajako

Jokaisella alueella on omat luokkarajat, joita tarkastellaan analyysin pistemäärien jakautumisen mukaan. Lopuksi valitaan kaikkien keskiarvot yhteen taulukkoon, jolloin päästään koko tehtaan/linjan osalta kriittisimpiin laitteisiin:

- Tavoitteena ollut luokkien jako:
 - 1 luokka 20 % alueen laitteista

- 2 luokka 50 % alueen laitteista
- 3 luokka 30 % alueen laitteista. /10/

4.4. Kriittisyysluokittelun jatkotoimenpiteet

Kriittisyysluokittelulla voidaan parantaa linjan ja prosessin käytettävyyttä monilla eri keinoilla. Sen avulla pystytään mahdollistamaan laitteiden maksimaalinen käyttöikä, sekä keskittymään linjan tärkeimpiin laitteisiin. Kriittisyysluokittelulla voi olla seuraavanlaisia toimenpiteitä:

- ennakkohuoltosuunnitelmien päivitys
 - RCM/ECM
- keskitytään laitteiden vikamuotoihin
- kunnossapitostrategia
 - aikaan perustuva
 - kuntoon perustuva
 - tutkiva kunnossapito
 - ajetaan vikaan
 - uudelleen suunnittelu
- toistovälit; tarkastukset/huollot
- ohjeistus
- kunnonvalvonta
 - online-/reittikunnonvalvonta
- varaosatarpeen tarkastelu/saatavuus/toimitusaika
 - omassa varastossa
 - toisen tehdasyksikön varastossa
 - toimittajan varastossa. /10/

5. VIKAVAIKUTUSANALYYSI

VVA tunnetaan englanninkielisenä terminä FMEA eli Failure Modes and Effects Analysis. VVA-analyysi on toimintavarmuuden analysointimenetelmä, joka pyrkii sellaisten vikojen tunnistamiseen, joiden seurauksilla on merkittävä vaikutus kohteen suorituskykyyn. Sillä selvitetään myös, mitä vaikutuksia ja seurauksia tietyllä vialla on. Lisäksi VVA liittyy hyvin läheisesti Vika-, Vaikutus- ja kriittisyysanalyysiin (VVKA) englanniksi Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA). /7/

VVA:sta on olemassa myös standardi SFS 5438, josta löytyy erittäin hyödyllistä tietoa VVA:n tekijöille. Siitä löytyy tietoa mm. otsikoilla: yleistä, VVA :n pääperiaatteet, menettelyohje, kriittisyysanalyysi ja analyysin raportointi. /20/

Riskien tunnistamiseen ja keskittymiseen voi olla monenlaisia syitä kuten asiakkaiden vaatimukset, jatkuvan parannuksen filosofia ja kilpailu. Riskien analyysien tarkoituksena on vastata seuraaviin kysymyksiin:

- Mikä voi mennä pieleen?
- Jos jokin menee pieleen, mikä on sen todennäköisyys ja mitkä ovat sen seuraukset? /21/

Johtajien ja insinöörien taipumus minimoida riskejä tietyn systeemin avulla, suunnittelulla, prosessilla tai palvelulla, on edesauttanut tutkimusta luotettavuuskeskeiseen rakentamiseen. Se on auttanut minimoimaan riskit ja myös tunnistamaan ne. Kilpailu, turvallisuus ja asiakkaiden vaatimukset ovat esimerkkejä näistä riskeistä. Nämä riskit voidaan arvioida luotettavuuskeskeisellä rakentamisella tai staattisella analyysillä. Niiden monipuolisuuden vuoksi VVA:n avulla voidaan muodostaa perustoimintaperiaatteet ilman teknillistä matematiikkaa. Siitä on myös kehittynyt työkalu, jota kuka tahansa vannonutunut jatkuvan parannuksen kehittäjä voi käyttää. /21/

5.1. Vikavaikutusanalyysin tyypillisimmät vaiheet

Vikavaikutusanalyysi koostuu useista eri vaiheista joita ovat:

- Kuvaa tuote, laite tai prosessi.
 - Selkeä ja tarkka kuvaus analysoidavasta kohteesta helpottaa analysointia sekä määrittää kohteen rajat.
- Piirrä lohkokaavio.
 - Lohkokaaviossa tulee näkyä loogiset yhteydet komponenttien välillä. Lohkokaaavion osien tulee osoittaa, kuinka komponentit liittyvät ja vaikuttavat toisiinsa.

- Luo VVA –taulukon otsikko kenttä.
 - Taulukon sarakkeet on varioitavissa analysoitavan kohteen/käyttäjän mukaan. Kentässä on syytä näkyä em. kohteen kuvaus ja analysoinnin kohde ja tasot.
- Määritä kohteen osatekijät.
 - Pura isommat kokonaisuudet osatekijöihinsä. Listaa komponentit taulukkoon.
- Tunnista eri komponenttien vikamuodot.
 - Vikamuoto määritellään tapoina, jotka poikkeavat komponentin normaalista toiminnasta.
- Kirjaa kaikki vikamuodot.
 - Käytä yleisiä termejä. Se selventää analysointia, auttaa jatkossa arvioimaan kohteita ja estää sekaannuksia.
- Kuvaa jokaisen vikamuodon vaikutus ja arvioi niiden vakavuus.
 - Vian vaikutus voidaan arvioida komponentitasolla tai koko järjestelmää käsittävänä.
- Tunnista mahdolliset syyt jokaiselle vikamuodolle.
 - Mahdollinen syy tulisi olla myös mahdollisimman yleinen.
- Määritä syiden todennäköisyys.
 - Jokainen syy saa kertoimen, joka kuvaa todennäköisyyttä.
- Tunnista vikamuodon havaitsemistodennäköisyys.
 - Kuinka todennäköistä on, että vikamuoto voidaan havaita.
- Määritä jokaiselle toimenpiteelle sen tehokkuutta kuvaava arvo (DET).
 - Numero kuvaa toimenpiteen mahdollista vaikutusta.
- Laske komponenttien vikamuodon vaikutus (RPN).
 - Vika muodon vakavuus x syyn todennäköisyys x havainnoinnin todennäköisyys. Tätä lukua käytetään lajittelutekijänä, kun kohdetta lähdetään parantamaan.
- Tunnista välittömät toimenpiteet kohteille, joilla on korkea RPN.
 - Välittömät toimenpiteet voivat sisältää tarkastuksia, seurantaa, uudelleen suunnittelua, ennakoivaa kunnossapitoa, kahdentamista jne., mutta toimenpiteet eivät saa rajoittua niihin. Korkea RPN tulee jollakin keinolla saada hyväksytylle tasolle.
- Ota käyttöön määritetyt toimenpiteet.
 - Kaikille toimenpiteille tulee olla vastuullinen tekijä, aikataulus ja ohjeet. Toimenpiteille tulee myös arvioida SEV, PF ja DET.
- Tarkastele tuloksia määritettyjen toimenpiteiden perusteella ja arvioi RPN uudestaan.
 - Alkuperäiset SEV, PF ja DET tulee arvioida uudestaan, kun toimenpiteet on suoritettu ja niistä on tullut palaute.
- Päivitä VVA-taulukkoa.
 - Kun palautetta ja korjaavia toimenpiteitä on tehty, päivitä analyysi ja laske RPN uudestaan. /11/

5.2. Analyysitaso ja informaatiolomake

Oikea taso analyysille on se, jolla vioittumistavat voidaan tunnistaa. Näin ollen voidaan valita oikea kunnonvalvontastrategia kyseiselle laitteelle. Analyysin oikea taso vaihtelee tapauskohtaisesti pienistä komponenteista suuriin tuotantolinjan osiin. Yksityiskohtaisempi analyysi on tarpeen, kun tarvitaan ennakoivaa kunnossapitoa ja yleisempi analyysi riittää, kun toiminta painottuu korjaavaan kunnossapitoon. Oikean tason määrittämiseen tarvitaan kokemusta analyysin teosta sekä laitteiden toiminnan tuntemusta. Kokemattoman analyysin tekijän ei välttämättä kannata lähteä kovin yksityiskohtaisiin analyysihin, vaan hän voi tyytyä yleisemmälle tasolle. /8/ VVA-analyysien lomakkeista on olemassa monia eri malleja. Kuvassa 10 on esimerkkinä A. Smithin kehittämä VVA-lomakemalli. /11/

VVA-analyysi		pvm				
Tehdas: Uima-allas				Laastija:	Malli Smith	
Järjestelmä: Veden käsittelyjärjestelmä						
Osajärjestelmä: 1.0 Pumppaus						
Komponentti	Vika-kuoto	Vian syy	Fakallisesti	Vian vaikutus		1.tason analyysi: LT
				Järjestelmään	Prosessiin	
<i>Toiminnallinen vika: 1.1.1- Virtaus ei synny halutulla ajankohdalla</i>						
Pääpumppu ja 1-HP moottori	01- Laskerivika	01.01- Ikäänymäinen kuluminen	Pumppu ei toimi	Virtaus puuttuu	Uima-allasin veden laatu heikkenee	Eyllä
	03- Moottorin vikavaurio	03.01- Ensie leikatut	Pumppu ei toimi	Virtaus puuttuu	Uima-allasin veden laatu heikkenee	Kyllä
	03- Vaato	03.01- Rikkoutunut tiiviste	Pumpun irto ei toimi-mahdoll pumppuvaurio	Virtaus puuttuu	Uima-allasin veden laatu heikkenee	Eyllä
Allas/ammeventtiilit	01- Jumiutum kinni/sukiasentoon	01.01- Korrosio	Venttiili ei sulkeudu/avaudu	Ei ohjaa virtausta altaasta ammukseseen tai piivastoon	Joko amme tai allas ei toimi	Eyllä
Tyhjenysventtiili	01- Jumiutum kinni/sukiasentoon (normaali asento)	01.01- Korrosio	Venttiili ei avaudu tarvittaessa	Järjestelmää ei voi tyhjentää	Allas/amme voi ylitäyttyä kovalla sateella	Eyllä
Tämä on suora malli A.Smithin RCM-kirjasta						

Kuva 10. A. Smithin VVA-lomakemalli /11/

Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysissä (VVKA-analyysissä) tehtävä kriittisyystarkastelu laajentaa VVA-analyysiä siten, että vian vakavuus, esiintymistiheys ja havaittavuus otetaan huomioon. Vikaantumistavan kriittisyys ja esiintymistodennäköisyys voidaan esittää esim. riskitasoesityksenä. Pyrkimyksenä on arvioida eri vikaantumistapojen aiheuttamien seurausten vakavuus ja vikaantumistapojen esiintymistodennäköisyys. /6/

5.3. Vioittumistavan määrittäminen

Vikaantuminen on vikatilanteeseen johtava tapahtuma, joka vaikuttaa tarkasteltavan järjestelmän tai komponentin suorituskykyyn haitallisesti. Mekanismia, jolla vikaantuminen tapahtuu, sanotaan vioittumistavaksi. Vioittumistavan määrittelyyn tarvitaan riittävä informaatio, jotta voidaan mahdollistaa kohteen kannalta oikean kunnonvalvontastrategian käyttäminen. Toisaalta liika informaatio voi hidastaa

analysointia. Vioittumistapojen listaaminen onnistuu listaamalla ensin vikatilanteet ja sitten vioittumistavat, jotka johtavat ko. vikatilanteisiin. /7/

5.4. Miksi vioittumistapoja analysoidaan?

Kunnossapitotoiminnan perusedellytys on vioittumistapojen tuntemus. Yksittäinen laite voi vikaantua monella eri tavalla ja tuotantolinjasta puhuttaessa vioittumistapoja on jo satoja ja tehtaassa tuhansia. Vioittumistapojen analysointi koetaan usein melko työlääksi, mutta tällöin ei huomioida sitä, että käytännön kunnossapito suunnittelun ja toteutuksen osalta tapahtuu vikaantumisen ehkäisemiseksi tai seurausten korjaamiseksi.

Kunnossapidon tehtävänä on korjata aiheutuneet viat ja vauriot. Vioittumistapojen tunnistaminen ja analysointi mahdollistaa vikaantumisten ennaltaehkäisyn tai korjauksen suunnittelun ennen vikaantumista. Tämän vuoksi kunnossapitotoimet voidaan suunnata oikein ja pyrkiä erityisesti vakavia seuraamuksia aiheuttavien vikojen ennaltaehkäisyyn. /7/

Vioittumistavan tunnistamisen jälkeen voidaan arvioida sen vaikutukset sekä suunnitella toimenpiteet tilanteen ennakoimiseksi, tunnistamiseksi, ehkäisemiseksi tai korjaamiseksi. Kunnossapidon tehtävien valinta, priorisointi ja koko toiminnan johtaminen tapahtuu vioittumistapojen tuntemuksen pohjalta. Systemaattinen, ehkäisevä kunnossapitostrategia edellyttää vioittumistapojen hyvää tunnistamista. Niiden tunnistaminen on yksi tärkeimmistä tehtävistä, kun pyritään varmistamaan minkä tahansa laitteen suunnittelun mukainen toiminta. Kuvassa 11 on esimerkki pumppuryhmän vioittumistavoista ja niiden pohjalta tapahtuvasta kunnossapidosta. /7/

Vioittumistapa	Korjaava toimenpide
Juoksupyörä kuluu loppuun	Vaihdetaan juoksupyörä ennen eliniän loppua
Ulkoinen esine jumittaa juoksupyörän	Asennetaan suodatin imukanavaan
Juoksupyörä irtoaa (asennusvirhe)	Asennuskoulutus

Pumppuryhmän vioittumistapoja. Eri vioittumistavoille sopii eri kunnossapitostrategia. Laitteen kunnossapidon suunnittelu tapahtuu vioittumistapa –tasolla.

Kuva 11. Pumppuryhmän vioittumistapoja /7/

5.5. Vioittumistapojen kategoriat

Kuluminen on yksi tärkeimmistä vioittumistavoista ja joidenkin näkemysten mukaan jopa ainoa vioittumistapa. Käyttö- ja suunnitteluvirheet aiheuttavat myös paljon vikaantumisia.

Tämän vuoksi on tärkeää ottaa huomioon kaikki vioittumistavat VVA-analyysejä tehtäessä. Vioittumistavat voidaan jakaa kolmeen luokkaan seuraavanlaisesti:

- 1) tapaukset, joissa laitteen suoritustaso laskee halutun tason alapuolelle
- 2) tapaukset, joissa haluttu suoritustaso nousee laitteen suoritustason yläpuolelle
- 3) tapaukset, joissa laitteen toiminta ei täytä sille asetettuja vaatimuksia. /7/

Ensimmäisessä tapauksessa laitteen suoritustaso on alun perin ollut riittävä, mutta jostakin syystä laskenut halutun tason alapuolelle. Tämän syynä voivat olla esimerkiksi kuluminen, voiteluhäiriö, lika tai osien irtoaminen. Kulumisella tarkoitetaan tässä tapauksessa kaikkia kulumisen muotoja: korroosiota, väsymystä, eroosiota ja jopa eristyskyvyn huononemista. /7/

Toisessa tapauksessa laitteen haluttu suoritustaso nousee laitteen suoritustason yläpuolelle. Tämä aiheuttaa kahdenlaisia toimintahäiriöitä:

- 1) Haluttu suoritustaso nousee, kunnes laite ei enää pysty suoriutumaan halutusta tehtävästä.
- 2) Haluttu suoritustaso aiheuttaa niin paljon vikaantumisia, että laitteiston luotettavuus putoaa oleellisesti. /7/

Haluttu suoritustaso voi nousta esimerkiksi seuraavista syistä:

- hyväksyty, tarkoituksellinen ylikuormitus suunniteltuun suoritustasoon nähden
- hyväksyty, vahingossa tapahtuva ylikuormitus pullonkaulojen poiston yhteydessä
- äkillinen vahingossa tapahtuva ylikuormitus käyttövirheen, väärän asennuksen tai jonkun ulkoisen syyn seurauksena
- väärät raaka-aineet tuotantoprosessissa voivat aiheuttaa ylikuormitusta. /7/

Kolmannessa tapauksessa laitteelle voidaan vaatia suoritustasoa, jota se ei yksinkertaisesti pysty täyttämään. Useissa tapauksissa tällainen ongelma vaikuttaa vain pieneen osaan prosessissa, mutta koska kyseessä on ketjun heikoin lenkki, se heijastuu koko prosessiin. Tällaisen ongelman korjaamisen ensimmäinen vaihe on tunnistaa kyseiset vioittumistavat VVA-analyyseissä. /7/

5.6. Analyysin yksityiskohdat

Vioittumistavan määrittelyn tulee sisältää riittävä määrä informaatiota, jotta voidaan valita oikea kunnossapitostrategia. Liika informaatio vaikeuttaa analyysia. Sopivan informaatiomäärän löytäminen on käytännössä erittäin vaikeaa. Asia on kuitenkin tärkeä, koska VVA-analyysin oikeellisuus riippuu siihen talletetun informaation määrästä. Tarvittavan informaation määrä riippuu analyysin suoritustasosta, eli mitä korkeammalla tasolla vioittumistavat määritellään sitä vähemmällä informaatiolla tullaan toimeen. Komponenttitason määrittely vaatii enemmän informaatiota, mutta tulokset ovat paremmat kunnossapitostrategian valitsemiseksi. /7/

Analysointia ei ole syytä jatkaa tarpeettoman syväälle, koska tällöin tullaan usein alueelle, johon ei voida vaikuttaa. Lisäksi se kuluttaa liikaa aikaa ja energiaa ja vastaavasti analyysin hyötytaso laskee. Oikea taso on se taso, jolla vioittumistavat voidaan tunnistaa oikean kunnonvalvontastrategian valitsemiseksi. Analyysin oikea taso voi vaihdella tapauskohtaisesti hyvin pienistä komponenteista suuriin tuotantolinjan osiin. /7/

Erilaiset viat toteutuvat eri todennäköisyydellä. Todennäköisiä vioittumistapoja ovat:

- vioittumistavat, joita on esiintynyt aikaisemmin samassa tai samantyyppisessä laitteistossa; tällaiset vioittumistavat on tärkeää sisällyttää analyysiin
- vioittumistavat, joiden ehkäisemiseksi tehdään ennakoivaa kunnossapitoa ja jotka toteutuisivat, jos ennakoiva kunnossapitotoiminta lopetettaisiin
- kaikki muut vioittumistavat, joita pidetään mahdollisina ja joiden tunnistaminen sekä vaikutusten arviointi on erittäin vaikeaa tai tärkeää. /7/

Erittäin epätodennäköiset vioittumistavat pitäisi myös analysoida, jos niiden aiheuttamat vahingot voivat olla suuria. Vioittumistapojen tunnistaminen voi olla vaikeaa ja usein varsinaisen vioittumistavan sijaan analyysissä on seurannaisvaikutus ja varsinainen vian aiheuttaja jää epäselväksi. VVA-analyysissä on tärkeää ottaa huomioon myös toimintaolosuhteet, sillä samalle laitteelle ominaiset vioittumistavat saattavat ilmetä hyvinkin erilaisissa olosuhteissa. /7/

5.7. Hyvä riskianalyysi

Kaikki riskit eivät löydy yhdellä menetelmällä. Esimerkiksi teollisuuslaitosten riskianalyysissä käytetään yleensä useita toisiaan täydentäviä menetelmiä. Niitä voivat olla esimerkiksi: yksi karkean tason tunnistusmenetelmä, yksi menetelmä teknisen järjestelmän tarkasteluun ja yksi menetelmä ihmisten työtehtävien tarkasteluun.

Yhteistyön käyttämien on tärkeää, sillä riskianalyysimenetelmät perustuvat usean ihmisen tietojen hyödyntämiseen ja yhteistyössä ideointiin ja pohtimiseen. Työtä tehdään yleensä riskianalyysipalaverissa, joihin on tärkeää saada mukaan henkilöitä, jotka tuntevat analysoitavaa kohdetta eri näkökulmista.

Riskianalyysikokouksen vetäminen hyvin edellyttää riskianalyysimenetelmän hallintaa ja palaverikäytäntöjen osaamista. Tarkastelun kohde kannattaa rajata siten, että se saadaan käytyä läpi kohtuullisessa ajassa. Tärkeää on selkeä kokonaisuus, joka on helposti hallittavissa ja sopivan kokoinen. Riskianalyysi pitää aikatauluttaa, ja jokaiselle palaverille on sovittava teema ja tarkoitus.

Motivaatiota riskianalyysiin lisää se, että riskianalyysiin osallistumalla oppii erinomaisesti järjestelmän toiminnan, koska siinä käydään esimerkiksi tuotantojärjestelmä tarkasti läpi. On tärkeää saada kaikille yhteinen käsitys tarkasteltavasta kohteesta. Asioita olisi hyvä havainnollistaa esim. kaavioilla ja taulukoilla.

Vaaroja tunnistettaessa ei haeta syyllisiä, vaan syitä. Kaikkien analyysiin osallistuvien on oivallettava tämä, vaikka riskit saattavatkin liittyä yksittäisten henkilöiden tekemiin – tai tekemättä jättämiin – toimenpiteisiin. On tärkeää tunnistaa, mikä kohteessa on keskeistä ja mitkä riskit ovat suurimmat ja tärkeimmät torjua. Riskit asetetaan tärkeysjärjestykseen selvittämällä niiden suuruus.

Riskianalyysit ja niiden taustalla olevat tiedot dokumentoidaan huolellisesti. Mitä yksityiskohtaisemmin ja selkeämmän asiat pystyy kirjaamaan, sitä helpompi dokumentteja on jatkossa hyödyntää. Tärkein vaihe riskianalyysissä on sopia toimenpiteistä, joilla tunnistetut riskit hallitaan, ja aloittaa niiden toteuttamisen seuranta. Analyysit pitää myös muistaa päivittää, kun niiden kohde muuttuu. Yrityksen tasolla on syytä luoda määräajoin katsaus riskeihin. /21/

5.8. Vikojen vaikutukset

Vioittumistapoja arvioidaan ennakoivan kunnossapidon tarpeen määrittämiseksi. Seurausten kuvausten pitää olla tarkkoja, jotta niiden vaikutusta pystytään arvioimaan. On tiedettävä, jos jokin vioittumistapa toteutunut. Vioittumistavan tunnistus tapahtuu esim. äänen, savun, vuotojen tai mittalaitteiden aiheuttamien hälytysten avulla. Vioittumistavan seurausten kuvauksessa määritellään nämä tapahtumat. Turvalaitteiden vaikutusten seurauksia määritettäessä pitää huomioida, mitä tapahtuu, jos suojattu laite vikaantuu turvalaitteen ollessa vikaantuneena.

Toiseksi pitää tietää, aiheuttavatko seuraukset vaaraa ihmisten turvallisuudelle tai ympäristölle. Mikäli vioittumistapa aiheuttaa hengen-, terveys- tai ympäristövaaraa, täytyy näiden vaarojen seuraukset ehdottomasti kuvata analyysissä.

Kolmanneksi pitää tietää, onko seurauksilla vaikutusta esim. tuotantoon. Osa vioista ei vaikuta tuotantoon. Seurausten vakavuuden arvioimiseksi vian vaikutukset tuotantoon

tulee määrittää. Kullekin vioittumistavalle määritellään omat seisokin tai vajaakäytön kestoajat, jotka sisältävät korjauksen siihen liittyvine viiveineen yms. /7/

Analyysiä hyödynnetään esim. varaosavaraston määrittelyssä ja henkilöstön määrästä päätettäessä. Viat voivat vaikuttaa tuotannon laatuun tai muiden laitteiden toimintaan. Yleensä ne nostavat tuotantokustannuksia tai muiden vikojen todennäköisyyttä. Myös nämä seuraukset tulee analysoida, samoin vian korjaamisen vaatimat toimenpiteet. /7/

5.9. Vioittumistapojen ja niiden vaikutusten informaatiolähteet

Kerätessä tietoa VVA-analyysiä varten, pitää ennakoida kunnonvalvonnan vaatimukset aikaisempien ja ennustettavien uusien vioittumistapojen perusteella. Laitetoimittajilta voi saada joskus tällaista tietoa. Joillakin aloilla laitevalmistajat toimittavat laitetoimituksen yhteydessä perusteellisen VVA-analyysin. He voivat olla myös mukana laitteiden kunnossapitotoiminnassa ja tehdä luotettavuustutkimuksia. Laitetoimittajat eivät aina välttämättä saa riittävästä käyttökokemustietoa laitteiden takuuajojen loputtua.

Käyttäjien kokemuksia tarvitaan tavallisesti laitetoimittajien VVA -analyysitietojen täydennykseksi. Laitteen käyttö- ja kunnossapitohenkilöstö on usein paras tietolähde VVA -analyysiä tehtäessä ja heidät on saatava mukaan tehtävän suorittamiseen. He työskentelevät kyseisen laitteen kanssa päivittäin, tietävät miten se toimii, mitä vikoja siihen tyypillisesti tulee ja mitä niiden ehkäisemiseksi pitää tehdä. /7/

6. ARP:N KRIITTISYYSANALYYSI

Kriittisyysanalyysin perusteena on määrittää automaattisen rullanpakkaus-linjan kriittisimmät laitteet pisteytysmenetelmällä. Työssä käytetään alun perin Kari Aution opinnäytetyössään modifioimaa Oy Botnia Mill Service Ab:n käyttämää kriittisyysanalyysin lomakepohjaa. Tämä on muokattu leikkauslinjoille sopivammaksi Mika Kemin opinnäytetyössä. ARP-linjalle se sopi melkein sellaisenaan, lukuun ottamatta muutamia muutoseikkoja prosenttijakaumissa. Alkuperäisestä lomakkeesta Kemi joutui muuttamaan kriteerien painoarvoja ja seisokki-, häiriö-, ym. aikojen pituuksia. Lomakkeen painoarvoja muutettiin kylmävalssaamolle sopivammaksi.

6.1. Analyysin aloittaminen

Aluksi rajattiin kriittisyysanalyysi koskemaan ainoastaan ARP-linjaa ja sen kaikkia laitteita lukuun ottamatta LVI-laitteita. Hydraulikka otettiin huomioon ainoastaan venttiilitaulusta linjalle päin. Linjan laitteistohierarkia saatiin Tornion tehtaiden kunnossapito järjestelmästä (KUTI), josta laitteiden kokonaislukumääräksi saatiin 49 kappaletta. Kuvassa 12 on esitettynä otos KUTI:sta saadusta laitteistohierarkiasta. Lomakepohjat ja kertoimenvaihtotaulukko, joka on esitetty liitteessä 1, tarkastettiin yhdessä linjan asiantuntijoiden kanssa pakkauslinjoille sopivaksi.

Numero	Laitteisto
4-ARP-01-0000	Lauvausrobotti r11 (veiko 120)
4-ARP-01-0020	Kallistuskäite (102)
4-ARP-04-0040	Lauvausautonrobotti r8 (halko 404)
4-ARP-02-0040	Nuottauspöytä (204) r38.2 nuottipukki
4-ARP-02-0060	Päätylappujen ja siirikkujen asuajan asettelurobotti r38.1 (rooppa 208)
4-ARP-01-0030	Auton. siirikkusidontayksikkö (108)
4-ARP-01-0080	Päätysuojan- ja välipään käsittelyrobotti r8.1 (arsti 108)
4-ARP-02-0010	Kääntösiivuri (201)
4-ARP-02-0010	Siirtokone (palkat, sidontaa varten) (201)
4-ARP-02-0070	Kääntökone (207)
4-ARP-01-0010	Kääntösiivuri k4 (101)

Kuva 12. Otos KUTI:n laitteistohierarkiasta

Aikaisemmin kriittisyysanalyysiä tehtäessä on käytetty ryhmäkokouksia, joissa on yhteisvoimin arvioitu kriittisimpiä laitteita. Lisäksi on käytetty menetelmää, jossa arviointilomakkeet lähetetään kullekin henkilölle ja jokainen saa rauhassa täyttää sen itsenäisesti.

Kummassakin menetelmässä oli aiemmin ilmennyt ongelmia ja koska aikataulu oli nyt erityisen tiukka, päätettiin, että tässä työssä analyysi suoritetaan henkilökohtaisilla haastatteluilla. Muutoin riskinä voisi olla se, että analyysijä ei palautettaisi ajoissa tai että palaverit venyisivät erimielisyyksien takia. Nyt jokainen sai henkilökohtaisesti tai pareittain pohtia laitteiden kriittisyyttä. Haastattelun päätyttyä saatiin tulokset käsittelyyn välittömästi.

6.2. Lomakkeiden täyttäminen

Kriittisyysanalyysin lomakkeita on esimerkiksi Internetistä useita erilaisia ja kirjallisuudesta niitä löytyy myös. Kertoimervalintataulukon tulee olla yksinkertainen ja linja/tehdas -kohtainen. Leikkaus- ja pakkauslinjojen lomakkeita tehtäessä on painotettu erityisesti laatua ja turvallisuutta. Laatu on tärkeä ennen kaikkea siksi, että pakkauslinjat sijaitsevat KYVA:n prosessin loppupäässä, josta tuote on menossa seuraavaksi asiakkaalle. Turvallisuutta ei voida koskaan painottaa liikaa, joten siihenkin on laitettu iso painokerroin.

Lomakkeet oli muotoiltu hyvin yksinkertaiseen muotoon, jotta niitä olisi helppo täyttää. Muutamia palaveria järjestettiin, joissa kerrottiin aluksi kriittisyysanalyysistä, sen hyödyistä, tarkoituksesta ja lomakkeiden täytöstä. Palaverin lopussa jokainen osallistuja täytti yksin tai yhdessä parin kanssa kriittisyysanalyysiin mielestensä oikeat pisteet. Analyysiin osallistui kunnossapidon ja käytön johtajia sekä operaattoreita eri asiantuntija-aloilta. Haastatteluissa olivat vain ne henkilöt, jotka tunsivat linjan erittäin hyvin vuosien takaa. Käytön puolta haastateltiin myös, koska he ovat päivittäin tekemisissä linjan kanssa ja antavat eri näkökulmaa analyysiin. Kuvassa 13 on otos liitteessä 2 olevasta kriittisyysanalyysin yhteenvedosta.

Luokka	Pisteet total	Kriittisyys prosessin kannalta			Häiriöherkkyys			Huoltavuus			Turvallisuus			Lasku		
		Painoarvo	Total	Pisteet	Painoarvo	Total	Pisteet	Painoarvo	Total	Pisteet	Painoarvo	Total	Pisteet	Painoarvo	Total	Pisteet
A	618	30	9	156	10	4	40	20	2	32	15	1	15	25	15	370
A	492	30	9	156	10	2	20	20	1	28	15	1	15	25	11	270
A	364	30	9	264	10	4	36	20	2	40	15	2	24	25	0	0
A	320	30	9	192	10	6	36	20	2	40	15	1	12	25	1	20
A	304	30	9	192	10	9	48	20	2	32	15	1	12	25	1	20
A	300	30	4	120	10	9	32	20	2	36	15	1	12	25	3	80
A	270	30	3	108	10	9	32	20	2	32	15	1	15	25	0	0
A	266	30	9	168	10	2	24	20	1	28	15	0	6	25	2	40
A	256	30	7	216	10	2	20	20	1	20	15	0	0	25	0	0
A	256	30	9	144	10	9	48	20	2	32	15	1	12	25	0	0
A	216	30	9	156	10	1	12	20	1	24	15	2	24	25	0	0

Kuva 13. Ots kriittisyysanalyysin yhteenvedosta

6.3. Kertoimervalintataulukko

Kertoimervalintataulukko on esitetty erikseen tämän työn liitteessä 1. Sen avulla on tarkoitus käydä läpi kaikki laitteet yksi kerrallaan ja valita niille sopivimmat arvot. Taulukossa esitetään viisi eri aluetta, joiden lopputuloksena tarkastellaan itse linjan kriittisimpiä laitteita. Jokaiselle kohdalle löytyvät pistekohtaiset selitykset, joiden avulla kutakin laitetta arvioidaan.

Taulukossa käsiteltiin erikseen seuraavat linjaa koskevat asiat:

- kriittisyys prosessin kannalta
- häiriöherkkyys

- huollettavuus, luoksepäästävyys
- turvallisuus, terveys ja ympäristö
- laatu. /8/

6.3.1. Kriittisyys prosessin kannalta

Tässä kohdassa käsiteltiin laitteen kriittisyyttä koko linjan prosessin kannalta. Piti ottaa huomioon se, että ARP koostuu kahdesta eri pakkauslinjasta: vaaka- ja pystylinjasta. Tämän vuoksi laitteita on hieman hankalaa arvioida koko prosessin kannalta. Laitteissa tärkeimmiksi muodostuvat kuitenkin ne, joilla on vaikutusta kummankin linjan prosessin pysäytykseen tai kumpaankin erikseen.

Kyseiselle kriittisyystekijälle valittiin painoarvoksi 30, koska se on hyvin olennainen asia linjan kriittisyyden kannalta. Painoarvoja voi tarkastella lisää liitteestä 1. Tässä peruskriteeriksi voidaan ottaa se, pysäyttääkö kyseinen laite koko linjan, mikäli se menee rikki, vai onko sille olemassa jokin vaihtoehtoinen toimintatapa tai suunnitelma, kuten esimerkiksi varalaite.

Lisäksi pohdittiin, kuinka pitkän seisokkiajan kyseisen laitteen rikkoutuminen mahdollisesti voisi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa linjalle. Pisteytysväliksi tälle kohdalle valittiin 0-10.

6.3.2. Häiriöherkkyys

Tässä kohdassa annettiin pisteitä erityisesti niille laitteille, joiden vikaantumisväli on erittäin lyhyt ja ne ovat useimmiten rikki. Vikaantumisen välejä on vaikea alkaa määrittää tarkemmin, koska on olemassa laitteita, jotka eivät juuri koskaan vikaannu, kun taas toiset saattavat hajota esimerkiksi muutaman kuukauden välein.

Mika Kemin opinnäytetyössä oli kuitenkin valittu kylmävalssaamolle tämäntyyppisiin linjoihin perustellut välit, joten niitä käytettiin tässäkin kriittisyysanalyysissä. Painoarvoksi tälle kohdalle valittiin 10 ja pisteytysväliksi 0-8.

6.3.3. Huollettavuus, luoksepäästävyys

Huollettavuus-kohdassa tuli ottaa huomioon seikkoja, jotka vaikuttavat siihen, kuinka helposti laitteen luokse päästään sitä huoltamaan.

Kyseisessä kohdassa arvioitiin jokaista laitetta kokonaisuutena eikä sitä jaoteltu enää osiin, kuten esim. miten päästään käsiksi esimerkiksi yksittäiseen vaihdelaatikkoon tai laakeriin.

Tässä vaiheessa arvioitiin myös laitteen sijainnin puhtaus, onko alue yleensä likainen, onko muita haittatekijöitä, jotka hidastavat laitteen luokse pääsemistä ja miten laite on sijoitettu paikkaansa.

Painoarvoksi tälle kohdalle valittiin 20 ja pisteytysväliksi 1-8.

6.3.4. Turvallisuus, terveys ja ympäristö

Turvallisuus on erittäin tärkeä asia työskenneltäessä missä paikassa tahansa, siksi tähän kohtaan paneuduttiin erittäin tarkasti.

Pohdittiin, onko laite turvallinen ja onko sitä turvallista huoltaa. Lisäksi pohdittiin sen vaikutusta terveyteen ja ympäristöön. Ympäristöhaittoina pidettiin esimerkiksi tulipalojen mahdollisuutta tai muita haittoja. Terveiden kannalta mietittiin sattuneita tapaturmia ja niiden ehkäisemisen mahdollisuuksia. Turvallisuudelle valittiin painokertoimeksi 15 ja pisteytysväliksi 0-50.

6.3.5. Laatu

ARP sijaitsee viimeisenä vaiheena kylmävalssaamon prosessissa, joten laatu on erittäin merkittävä tekijä kriittisyyden kannalta. Huonon laadun vuoksi ei tule uusia asiakkaita ja tämä vaikuttaa kaikkeen tuotannossa. ARP:ssa laadun kannalta ei ole kovin isoja riskitekijöitä, mutta koska tämä on viimeinen etappi teräsrullille, annettiin painokertoimeksi 25.

Laadun kannalta pohdittiin mahdollisia haittoja, joita linja voi vielä tässä vaiheessa aiheuttaa rullille tai on mahdollisesti jo aiheuttanut. Pisteytysväliksi laadulle määrättiin 0-50.

6.4. Tulosten käsittely

Kaikki saadut tulokset koottiin yhteen taulukkoon ja laskettiin niistä yhteenvedot. Jokaiselle kohdalle on esitetty erikseen painokertoimet sekä pisteytysluvut. Näiden arvojen yhteenvedot ovat tämän opinnäytetyön liitteessä 2.

Enimmäispistemäärä tuloksissa oli 616 ja minimipistemäärä 36. Laitteet päädyttiin jakamaan kriittisyysanalyysien esimerkkien mukaan kolmeen ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään tulivat laitteet, jotka olivat saaneet pisteitä välillä 616-236, toiseen ryhmään 224-136 ja kolmanteen 136-36 pistettä. Ryhmät jaettiin seuraavanlaisten prosenttijakaumien mukaan:

- 1 luokka 20 % kaikkein kriittisimmät
- 2 luokka 50 % melko kriittiset
- 3 luokka 30 % ei-kriittiset

Laitteet jakaantuivat määrällisesti analyysissä taulukon 1 mukaisesti:

Taulukko 1. Kriittisyysanalyysin laitteiden jakaantuminen luokkiin

Jako	Kappaletta	Pisteet
Luokka 1 (20 %) Kaikkein kriittisimmät	10	616-
Luokka 2 (50 %) Melko kriittiset	24	224- 136
Luokka 3 (30 %) Ei-kriittiset	15	-36
Yhteensä:	49	

Analyysin lopuksi pidettiin vielä palaveri, jossa käsiteltiin tulosten oikeellisuutta ja jatkotoimenpiteitä. Pohdittiin, tulisiko jokin laite nostaa melko kriittisistä laitteista kriittisiin laitteisiin tai päinvastoin.

Lopputuloksena päädyttiin siihen, että koska kääntöristi kr5 oli kriittisissä laitteissa ja kääntöristi kr4 melko kriittisissä, tulisi niiden molempien olla kriittisissä laitteissa. Tähän päädyttiin siksi, että molemmat laitteet ovat samankaltaisia ja yhtä kriittisiä ARP:lle.

Linjan prosessin kannalta kääntöristi kr4:n tulee olla ehdottomasti toimintakunnossa. Tämän vuoksi lopputulokseksi saatiin 11 kappaletta kriittisiä laitteita, 23 kappaletta melko kriittisiä ja 15 kappaletta ei-kriittisiä laitteita.

Kriittisimmäksi laitteeksi analyysin perusteella tuli lavausrobotti Veijo, jolle tehtiin vikavaikutusanalyysi seuraavassa vaiheessa.

7. ARP:N LAVAUSROBOTIN VIKAVAIKUTUSANALYYSI

Automaattisen rullanpakkauksen kriittisyysanalyysin mukaan kriittisimmäksi laitteeksi ilmeni lavausrobotti Veijo. Lavausrobotin tehtävänä on pystypakkauksen osalta siirtää kaistoja eli katkaistuja teräsrullia lavojen päälle. Kuvassa 14 on lavausrobotti laskemassa kaistoja lavalle. Robottia ei voida korvata mitenkään eikä kaistoja voida nostaa käsin yms., joten se on ehdottomasti linjan kriittisin laite. Analyysin laajuuden ja aikataulun tiukkuuden vuoksi päätettiin aloituspalaverissa tehdä kyseinen analyysi ainoastaan linjan kriittisimmälle laitteelle.

Vikavaikutusanalyysin avulla pystytään saavuttamaan laitteen maksimaalinen käyttötaso ja tehokkuus. Analyysin jatkamisella mahdollistetaan tulevaisuudessa laitteen tehokas käyttö ja estetään ko. laitteen vikaantuminen. Joillakin aloilla VVA tehdään jokaiselle laitteelle tuotekehitysvaiheessa. Laitevalmistajalta voi löytyä laitteen VVA, mutta heiltä saattaa olla hankalaa saada se. Apua ei saatu laitevalmistajalta VVA:n tekemiseen, vaan se tehtiin kokonaan itse.



Kuva 14. Lavausrobotti Veijo laskemassa kaistoja lavalle

7.1. Analyysin aloittaminen

Aiheeseen tutustuttiin kuuntelemalla luentoja ja hankkimalla tietoa kirjoista ja Internetistä. Tietoa löytyi myös lavausrobotin aikaisemmista häiriöistä ja niiden avulla kartoitettiin siinä aiheutuvat tyypillisimmät häiriöt. Tietoa robotista löytyi Outokummun omista häiriöohjelmista kuten RETU:sta (Reaaliaikainen tuotannon seuranta) ja KUTI:sta. RETU:sta on hankalaa hankkia realistista tietoa, koska sitä täyttävät kaikki linjan käyttäjät omalla tyylillään. Sinne ei ole useinkaan tarkasti selitetty, mitä robotille on tapahtunut ja mitä sille pitäisi tehdä. Häiriötietoja RETU:sta tarkkailtiin vuoden ajalta, eikä niistä ollut

vastaavaa hyötyä VVA:n tekemiseen, koska häiriöiden luotettavuudesta ei ollut varmaa tietoa.

Aloituspalaveri pidettiin kunnossapidon asiantuntijoiden johdon ja operaattorien kanssa. Palaverissa valittiin pakkauslinjalle sopivin VVA-lomakepohja. Lomakkeen tuli olla selkeä ja siinä piti ilmetä kaikki keskeiset asiat analyysistä. Palaverissa kerrottiin alustavasti VVA:n teoriasta ja käytännöstä sekä sillä saavutettavista hyödyistä.

Analyysi rajattiin koskemaan lavausrobotin siirtoa, nostoa, tarttujaa ja turvalaitteita. Lisäksi todettiin, ettei robottia kannata purkaa liian pieniin osiin. Vastaavaa hyötyä ei saavuteta liian tarkalla analyysillä. Lomakkeeseen täytettiin alustavasti pääotsikot ja laitettiin muutamia esimerkkejä vianmäärittämiselle.

Lopuksi päätettiin, että analyysi tullaan tekemään pienissä ryhmissä muutamassa palaverissa. Palaverien lukumäärää voidaan lisätä tarvittaessa.

7.2. Lomakkeen täyttäminen

Lomakkeet täytettiin yhdessä kunnossapito-organisaation ja käytön työnjohdon kanssa. Palaverihin osallistui myös asentajia mekaniikka- ja sähköorganisaatioista. Palaverissa käsiteltiin mahdollisia vikoja, joita lavausrobotissa tyypillisimmin ilmenee.

Palaverissa ongelmia aiheutti se, että aiheesta poikettiin helposti tai sitä alettiin käsitellä liian tarkasti. Välillä jouduttiin kehottamaan kokoukseen osallistujia keskittymään vain VVA:n olennaisiin kohtiin.

Lomake jaettiin osiin, jossa VVA suoritettiin otsikoilla: Vikamuoto, Vian syy ja Vian vaikutus. Kyseinen lomake on tämän insinööriyön liitteessä 3. *Vikamuoto*-kohdassa käsiteltiin vian ilmenemistä kyseisessä laitteessa. Kohta *Vian syy* määrittä ne asiat, jotka mahdollisesti aiheuttivat ko. vian ja *Vian vaikutus*-kohdassa pohdittiin mahdollisia toimia, joita häiriöt voisivat laitteelle aiheuttaa. Kuvassa 15 on otos lavausrobotin VVA-lomakkeesta

Osajärjestelmä:									
Komponentti	Vikamuoto eli miten vika ilmenee	Vian syy	Vian vaikutus			Arvioitu MTBF (a) (vikaantumisväli/vuosi)	Arvioitu MTR (h) korjausaika	Eh-toimenpide	Huolto toimenpiteen suoritusväli
			Paikallisesti	Järjestelmään	Prosessiin				
Siirto	Ei liiku (= häiriötilassa)	turvapiiri lauamut	LR pysähtyy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysähtyy	1 krt / a	1 h	Ei toimenpidettä	
		turvapiirin rele viallinen		Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysähtyy	1 krt / 2 a	3 h	Koestus	1 krt / päivä Tuotannon ohdoilla

Kuva 15. Otos lavausrobotin VVA-lomakkeesta

Lavausrobotti rajattiin VVA:ssa neljään (4) eri osaan: siirto, nosto, tarttuja ja turvalaitteet. Lisäksi arvioitiin jokaiselle kohdalle MTBF (Mean Time Between Failure) ja MTTR (Mean Time To Repair), eli arvioitu vikaväli ja arvioitu korjausaika. Lopuksi käytiin vielä erikseen läpi mahdolliset ennakkohuolto-ohjeet jokaiselle kohdalle.

7.2.1. Siirto

Tässä kohdassa pohdittiin mahdollisia häiriömuotoja lavausrobotin liikkeille. Siirrolle vikamuotoja ilmeni kaksi: *Ei liiku* ja *Liikkuu nykyksittään*. Näitä vikamuotoja esitetään liitteessä 3.

Liikkumattomuudelle löydettiin useita syitä, kuten esim.

- Turvapiiri on lauennut.
- Turvapiirin rele on viallinen.
- Turvaoven lukko on viallinen.
- Kaistan tarttuja ei ole ylhäällä.
- Siirtomoottorin kytkin on rikki.
- Kantopyörän laakeri on jumissa.

Näiden kaikkien vaikutus yleisesti robottiin oli, että se pysähtyy, eikä lavausta toteudu ollenkaan. Nämä asiat vaikuttavat edelleen siihen, että tuotanto pysähtyy.

Nykyksittään liikkeelle löydettiin syyksi esim.:

- Törmäyksen esto on päällä.
- Antti robotti on liian lähellä.
- Pulssianturin hammaspyörä on viallinen.

Näissä vian vaikutukseksi jokaiseen kohtaan tuli, että robotti pysähtelee ja tuotanto hidastuu.

7.2.2. Nosto

Nosto jaettiin kahteen osaan: *Ei nosta/laske* tai *Valuu alas kotiasemasta ilman ohjetta*. Vian syyksi kohtaan *ei nosta/laske* saatiin esim.

- Törmäysraja on vaikuttanut.
- Ohjetta ei tule venttiileille.
- Hydrauliiikka on pysähdyksissä.
- Sylinterissä on vuoto.
- Ohjauslogiikka on nurin.
- Sulake on palanut.

Näissä kaikissa kohdissa seurauksena oli se, että lavausrobotti Veijo pysähtyy ja tämä johtaa siihen, että myös tuotanto pysähtyy kokonaan.

Valuu alas kotiasemastaan ilman ohjetta -kohtaan syyksi tulivat:

- ❑ Sylinteri vuotaa läpi.
- ❑ Hydrauliiikan paineenalennusventtiili vuotaa.
- ❑ Rajat ovat epäkunnossa.
- ❑ Hydrauliiikan pumpun moottori on rikki.
- ❑ A-B -kanavan yhdistysventtiili vuotaa tai avautuu itsestään.

Myös kaikki nämä aiheuttivat sen, että lavausta ei tapahdu ja tuotanto pysähtyy. Liitteessä 3 on esiteltyä kaikki nostoon liittyvät asiat.

7.2.3. Tarttuja

Tarttujalla tarkoitetaan lavausrobotissa sitä osaa, jolla se tarttuu kiinni kaistoihin ja nostaa niitä eteenpäin. Kuvassa 16 näkyy tarkemmin, millaiset lavausrobotin tarttujat ovat. Tarttujan vikamuodoksi ilmeni, että se *ei saa kaistaa kiinni kunnolla*. Tähän syytä olivat esim.:

- ❑ Kaikki rajat eivät vaikuttuneet.
- ❑ Kaistan sisäkehä on löysä.
- ❑ Tarttujan käpälä on rikki.
- ❑ Hydrauliiikkapumpun moottori on rikki.
- ❑ Kaapelit ovat rikki energian siirtoketjussa.
- ❑ Öljyn pinta säiliössä on alle minimin.

Nämä kaikki seikat johtivat siihen, että lavausta ei tapahdu ja tuotanto pysähtyy. Liitteessä 3 on lisää asiaa aiheesta.



Kuva 16. Lavausrobotin tarttujat lähikuvassa

7.2.4. Turvalaitteet

Turvalaitteiden vikamuodoiksi löytyi kaksi asiaa: *valoverho on vaikuttanut ja hätäseis!-piiri on lauennut*. Mahdollisia syitä siihen, että valoverho on vaikuttanut ovat esimerkiksi:

- Turvapiiri on kuittaamatta.
- Turva-alueella on este.
- Turvapiirin ohjausavain/kytkin on vioittunut.

Hätäseis! -piiri kohtaan löytyi mahdollisiksi syiksi:

- Rele on vioittunut.
- Hätäseis!-nappi on pohjassa.

Turvapiirin ohjausavain/kytkin rikki vaikutti siten robottiin, että huoltoa ei pystytty tekemään ollenkaan. Muut seikat vaikuttivat edelleen tuotannon pysähtymiseen. Liitteessä 3 on lisää asiaa aiheesta.

7.3. Lopputulos

Arvioitu vikaväli ja arvioitu korjausaika vaihtelivat kohteittain aika reilusti. Vikaväleiksi muodostuivat väleille kerran (1) vuodessa tapahtuvista häiriöistä - kerran kahdeksassa (8) vuodessa tapahtuviin häiriöihin.

Koska vikaantumisen välit olivat suhteellisen pitkät, ei näille laitteille alettu tehdä erikseen laajempia ennakkohuoltosuunnitelmia. Kokouksessa käytiin läpi kaikkien laitteiden ennakkohuoltosuunnitelmat ja tyypillisimmiksi muodostuivat tarkastus, koestus ja mittaus. Muutamissa kohdissa ei ennakkohuoltoa pystytty hyödyntämään ollenkaan.

Operaattoreiden haastatteluissa ilmeni, että Veijon tarttujat tekevät useasti kaistan ulkokehälle hankausjäljen. Tästä ei ole isommin tullut huomautuksia asiakkailta, koska yleensä ensimmäinen pätkä nauhasta menee romutukseen, eivätkä asiakkaat ole tehneet reklamaatiota asiasta.

Tulokset VVA:sta koottiin yhteenvedoksi lomakkeeseen, joka on esitettyä liitteessä 3 ja käytiin läpi lopetuspalaverissa. Ennakkohuoltosuunnitelmat päivitetään ajan tasalle KUTI-järjestelmään.

8. ARP:N LAVAUROBOTIN ENNAKKOHOULTO

8.1. ARP:n kriittisten laitteiden ennakkohuolto

KUTI-järjestelmässä on linjan kriittisimpien laitteiden ennakkohuoltotyöt. Jokaiselle yhdestätoista (11) laitteesta löytyi vähintään yksi (1) ennakkohuoltotyö.

Robotteja oli useita kriittisimmissä laitteissa, joten niiden ennakkohuoltosuunnitelmiin keskityttiin pääasiassa. Cimcorp-firma käy kaksi kertaa vuodessa huoltamassa kaikki robotit, joten päävastuu ennakkohuolloista on heillä.

Hydrauliikkapuolen asiantuntijoilta ei tullut tarvetta päivittää ennakkohuoltomalleja kriittisimpiin laitteisiin. Ennakkohuollossa oli huomioitu jo keskeisimmät tarpeet, eikä näin ollen parannusehdotuksia ilmennyt. Hydrauliikkapuolella on myös ulkoistettu tarkastustoimintaa, mutta itse järjestelmien ennakkohuolto, eli esimerkiksi partikkelianalyysit, öljyanalyysit, suodattimien valvonta/järjestelmällinen vaihto tehdään Outokumpu Tornio Works Oy:n kunnossapito-organisaation toimesta.

Sähköpuolelta ei myöskään ilmennyt lisätarvetta ennakkohuoltojen päivittämiseen, eli ne ovat käytännölliset ja riittävät sähköorganisaation puolesta sellaisenaan.

Mekaniikan puolelta tuli muutamia kohtia, jotka piti päivittää KUTI-järjestelmään. Nämä kaikki koskivat lavausrobotia. Lavausrobotin tarttujista ei ole olemassa erillistä ennakkohuolto-ohjetta. Ne vaihdetaan tarvittaessa. Kuvassa 17 Veijo on laskemassa lavaa rullaradalle. Tarttijat pitävät kiinni lavan reunoista.



Kuva 17. Lavausroboti Veijo laskemassa lavaa rullaradalle

8.2. Lavausrobotti Veijon ennakkohuolto

Ennakkohuoltomallit päivitettiin lavausrobotille. Tämä tarve ilmeni työnjohdon puolesta. Ennakkohuoltomallit tehtiin Outokummun kunnossapidon tietojärjestelmään eli KUTI:iin. Koulutusta kyseiseen ohjelmaan antoi kunnossapitoinsinööri Tuomas Nikula. Hänen avullaan päivitettiin myös Veijon ennakkohuoltomallit.

Lavausrobotin ennakkohuoltomalleja päivitettiin yhteensä kuusi (6) kappaletta. Näitä ennakkohuolto-ohjeita käyttää myös Cimcorp ja ne soveltuvat linjan kaikille robotityypeille. Apuna töille käytettiin Cimcorpin Outokumpu Tornio Works Oy:lle suunnittelemaa ennakkohuoltotaulukkoa.

Kaikkiaan lavausrobotilla on nyt 10 malliennakkohuoltotyötä, joita käytetään jatkuvasti niille määrättyinä ajankohtina. Outokummun kunnossapitojärjestelmän avulla saatiin lavausrobotin ennakkohuolto-ohjeet päivitettyä helposti. Seuraavaksi on esitelty KUTI-järjestelmän käyttö pääpiirteittäin:

- Kirjaututaan Tehdasselain-ohjelmaan omilla tunnuksilla.
- Valitaan alue, johon laite kuuluu (kylmävalssaamo, kuumavalssaamo, terässulatto jne.), sen jälkeen linja (ARP, ALP jne.) ja itse laitekokonaisuus (lavausrobotti, kääntöristi, jne.).
- Valitaan hiiren oikealla näppäimellä laitteen kohdalla *ennakkohuolto - tee malliennakkohuoltotyö*.
- Päivitetään työlle aluksi nimi (yleissääntönä voidaan pitää sitä, että aluksi laitetaan linjan nimi, laite ja sitten vasta itse työ esim. ARP lavausrobotti sylinterien kunnan tarkastus).
- Päivitetään KUTI-järjestelmän vaativat kohdat:(keltaiset alueet ovat pakollisia)
 - ohjeen kuvaus (esim. montako sylinteriä)
 - vastuhenkilö
 - suorittava ryhmä
 - suunniteltu työnkesto
 - työn suorituksen aikaväli (esim. työ suoritetaan 6kk välein joka 1. päivä, tai työ suoritetaan joka 2 seisokki)
 - työn suorituksen näkyminen huoltolistalla (esim. työ näkyy huoltolistalla aikaisintaan 2 viikkoa ennen työn laskettua päivämäärää)
 - toimenpidetyyppi (esim. tarkastus, puhdistus, voitelu jne.)
 - huoltoryhmä (esim. KYVA yhteiset alueet)
 - työssä tarvittavien henkilöiden lukumäärä
 - työntekijän nimi (esim. yhteisten alueiden koneasentaja KYVA).

- Lopuksi voidaan vielä tarvittaessa lisätä:
 - materiaalit
 - asiakirjat
 - lisätiedot
 - työturvallisuus
 - mittaukset.

Ennakkohuoltotyöt otettiin välittömästi käyttöön ja ne ovat KUTI-järjestelmässä käytössä toistaiseksi. Lista tehdyistä malliennakkohuoltotöistä on tämän opinnäytetyön liitteenä 4, lisäksi liitteenä 5 on yksi malliennakkohuoltotyö. Ennakkohuoltotöitä tullaan päivittämään jatkuvasti tarvittaessa linjan kaikkiin laitteisiin. Tulevista päivityksistä huolehtivat alan asiantuntijat. Nykyisten ennakkohuoltotöiden avulla pystytään mahdollistamaan lavausrobotin ennakkohuoltoa myös tehtaan puolelta. Työni avulla saatiin lavausrobotille täydelliset ennakkohuoltomallit, joita voidaan soveltaa myös muihin samankaltaisiin robotteihin.

9. YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli tehdä kriittisyysanalyysi KYVA:lla sijaitsevalle automaattiselle rullanpakkauslinjalle. Tämän lisäksi tuli tehdä kriittisyysanalyysin antaman tuloksen mukaan linjan kriittisimmälle laitteelle vikavaikutusanalyysi sekä päivittää kriittisimpien laitteiden ennakkohuolto-ohjelmat. Kriittisyysanalyysin avulla pystytään kartoittamaan linjan tärkeimmät laitteet sekä varmistamaan niiden maksimaalinen käyttöikä ja tuottavuus. Vikavaikutusanalyysillä voidaan perehtyä kriittisimpään laitteeseen tarkemmin ja suhteuttaa ennakkohuolto laitteen tärkeimpiin osiin. Asiantuntijoiden avulla laaditulla toimivalla ja tarkalla ennakkohuoltosuunnitelmalla varmistetaan paras käytönvarmuus laitteille.

Ongelmia työn tekemisessä tuotti aikataulu ja analyysien laajuus. Analyysien tekoa helpotettiin tekemällä niistä lyhyempiä ja keskittymällä ainoastaan olennaisiin kohtiin. Kriittisyysanalyysi tehtiin koko linjalle ja siinä ei ollut vaikeuksia, koska niitä oli tehty aikaisemmin Outokumpu Tornio Works Oy:ssä, joten tietoa analyysin tekemiseen oli runsaasti. Vikavaikutusanalyysi on uusi aihe myös ko. tehtaalle, joten sen tekeminen tuotti hieman ongelmia. Nämä ongelmat johtuivat tiedon ja kokemuksen puutteesta. Aluksi piti kehittää tehtaalle sopiva analyysipohja, rajata laite osiin riittävän tarkasti, mutta kuitenkin keskittymällä vain sen olennaisiin osiin ja lopuksi valita tapa, jolla analyysiä aletaan tehdä.

Työn tuloksena ARP:n kriittisimmiksi laitteiksi ilmeni yksitoista (11) kappaletta, joista kriittisin on lavausrobotti Veijo. Tälle robotille tehtiin VVA ja päivitettiin sille yhteensä kuusi (6) ennakkohuoltotyötä lisää. Lisäksi tutkittiin muiden kriittisten laitteiden ennakkohuolto-ohjelmat, mutta niihin ei tullut parannusehdotuksia.

Opinnäytetyötä tehtäessä ilmeni, että lavausrobotin tarttijat tekevät laatuvirheitä kaistojen ulkokehälle. Mielestäni asia voitaisiin korjata asentamalla Veijon tarttujiin pehmusteiksi esimerkiksi muovityyny, joita käytetään mm. nosturien kädessä samaan tarkoitukseen. Tämä virhe ei kuitenkaan tiedettävästi ole aiheuttanut reklamaatioita asiakkailta, joten siihen ei vielä ole kehitetty parannuskeinoja.

Lavausrobotin päivitetyt ennakkohuoltotyöt otettiin käyttöön välittömästi ja niitä tullaan käyttämään Outokumpu Tornio Works Oy:llä toistaiseksi. Kriittisyysanalyysijä tehdään jatkuvasti lisää yhtiössä ja lisäksi VVA:ta tullaan mahdollisesti soveltamaan tulevaisuudessa. Ennakkohuoltotyötä päivitetään tarvittaessa KUTI:iin lisää. Toimivilla linjoilla ja päivitetyillä ennakkohuoltotyöillä mahdollistetaan linjojen paras tuottavuus ja helpotetaan työntekijöiden työmäärää. Kriittisyys- ja VVA-analyysit mahdollistavat ennakkohuoltotöiden keskittämisen oikeisiin kohteisiin.

10. LÄHDELUETTELO

- /1/ Aalto, Heikki, Kunnossapitotekniikan perusteet, Kotkaset, Hamina, 1997.
- /2/ Ahola, Kimmo, opinnäytetyö, Tuotantolinjan kriittisten varaosien määrittäminen, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, 2006
- /3/ Autio, Kari, opinnäytetyö, Kuumavalssaamon koneiden kriittisyysluokittelu, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, 2007
- /4/ Jaako, Tommi, opinnäytetyö, Leikkauslinjojen kuljetinjärjestelmän huolto-, ja varaosasuunnitelma, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, 2005
- /5/ Järviö, Jorma, Kunnossapito, Kunnossapidon julkaisusarja N:o 10,1 painos, 2004
- /6/ Järviö, Jorma, Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu, Service Management Solutions SMS Oy, 2004
- /7/ Järviö, Jorma, RCM Luotettavuuskeskeinen kunnossapito, Kunnossapitoyhdistys ry, 2000
- /8/ Kemi, Mika, opinnäytetyö, Halkaisulinja 4:n kriittisyysanalyysi sekä kriittisten laitteiden ennakkohuoltosuunnitelman laadinta, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, 2007
- /9/ Kursula, Juhani, diplomityö, Sellutehtaan kunnossapidon kehittäminen kriittisyysanalyysin avulla, Oulun yliopisto, 2007
- /10/ Majuri, Sami, Luotettavuuskeskeinen kunnossapito -RCM, Botnia Mill Service Kemin KP –palvelut, 2007
- /11/ Majuri, Sami, VikaVaikutusAnalyysi, Botnia Mill Service Kemin KP –palvelut, 2009
- /12/ Marttila, Ari-Pekka, opinnäytetyö, Lämpökameran käyttö sähkölaitekuvauksissa, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, 2003
- /13/ Meriläinen, Jouni, seminaariesitelmä, Riskianalyysimenetelmät, Helsingin yliopisto, 2003
- /14/ Opetushallitus, [WWW-dokumentti], <<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/koneautomaatio/ennakkohuolto.html>> 20.4.2009
- /15/ OK1-projekti kriittisyysluokitteluun, Outokummun sisäinen tietokanta, [WWW-dokumentti], <<http://www.outokumpu.com>> 27.3.2009
- /16/ Outokummun sisäinen tietokanta intranet, 20.4.2009

- /17/ Reunanen, Markku, VTT tuotteet ja tuotanto, Kunnossapidon kehittäminen, 16.4.2005
- /18/ Reunanen, Markku, VTT tuotteet ja tuotanto, Tuotantolaitoksen käyttövarmuus, 14.5.2005
- /19/ Rullanpakkaus, Alustava koulutus, Pesmel Oy, Mappi 7008/1997
- /20/ SFS 5438 Järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät, Vika ja vaikutusanalyysi, Suomen Standardisoimisliitto, 1988
- /21/ Stamatis, D.H, Failure Mode and Effect Analysis, FMEA from Theory to Execution, 2 painos, 2003
- /22/ Valtion tieteellisen tutkimuksen internet-sivut, Riskianalyysit, [WWW-dokumentti], <http://www.vtt.fi/proj/riskianalyysit/riskianalyysit_hyva_riskianalyysi.jsp> 17.4.2009

11. LIITELUETTELO

- LIITE 1 Kertoimenvalintataulukko, kylmävalssaamo, pakkauslinjat
- LIITE 2 ARP:n kriittisyyden arvioinnin yhteenveto
- LIITE 3 Lavausrobotin vikavaikutusanalyysi
- LIITE 4 Lista tehdyistä malliennakkohuoltotöistä
- LIITE 5 ARP lavausrobotin sylinterien kunnan tarkastus

Kriittisyystekijä	Painoarvo	Kerroin	Lisätietoja kertoimen valintaan	Määritysajat esim.
Kriittisyys prosessin kannalta	30	0	Pysähtymisellä ei merkitystä linjan tuotannolle	Ei seisokkia
		2	Lyhyt seisokki, vähäinen tuotannon menetys, järjestelyvaraa, käyttövalmis varalaitte	Seisokki < 2h
		4	Lähes työvuoron seisokki, merkittävästi tuotannon menetystä, jonkin verran järjestelyvaraa, ei varalaitetta	Seisokki 2...8 h
		6	Laaja seisokki, suuri tuotannon menetys, vähän järjestely varaa, ei varalaitetta	Seisokki 8...24 h
		10	Linjan täydellinen pysähtyminen, pitkä korjausaika, huono varaosien saatavuus	Seisokki > 24 h
Häiriöherkkyys	10	0	Varmakäyntinen	Vikaväli > 3- vuotta
		2	Vähäisiä häiriöitä	Vikaväli 1...3- vuotta
		4	Häiriöherkkä	Vikaväli < 1 vuosi
		8	Erittäin häiriöherkkä	Vikaväli < ½- vuotta
Huollettavuus, luoksepäästävyys	20	1	Hyvät, kohtuulliset, lattiatasolla	Huoltoaika < 2 h
		2	Likaa, syrjässä, tai hankala luoksepäästävyys	Huoltoaika 2...8 h
		4	Erittäin likaista, märkää, tai luoksepäästävyys lähes mahdotonta	Huoltoaika 8...24 h
		8	Erittäin huonot olosuhteet ja paikalle ei pääse laitetta purkamatta	Huoltoaika > 24 h
Turvallisuus, terveys, ympäristö	15	0	Ei vaikutuksia tai hyvin vähäinen haitta/riski	
		2	Kohtalainen haitta/riski (esim. ensiapua, osaston sisäinen ympäristövahinko, pieni tulipalo/sammutus itse)	
		6	Vakava haitta/riski. (esim. terveysasemakäynti, osaston ulkoinen ympäristövahinko, tulipalo/oma paloryhmä)	
		50	Erittäin vakava haitta/riski. (esim. pysyvä vamma, laajamittainen ympäristövahinko, tulipalo/palokunta)	
Laatu	25	0	Ei vaikutusta laatuun.	
		4	Vähäisiä laatuvirheitä tuotteissa.	
		8	Laatuvirheitä tuotteissa. Esim painumia.	
		15	Vakavia laatuvirheitä tuotteissa.	
		50	Erittäin vakavia laatuvirheitä tuotteissa.	



ARP:in kriittisyyden arvioinnin yhteenvedo
 Tornio Works, KPKY, Pauliina Rossi Kemi-Tornion AMK
 ARP-Kriittisyyden arviointi, versio 1, 19.3.2009

Tunnus	Laitteisto	Luokka	Kriittisyys prosessin kannalta			Häiriöherkkyyks			Huollettavuus			Turvallisuus			Laatu			
			Pisteet tot.	Painoarvo	Total	Pisteet	Painoarvo	Total	Pisteet	Painoarvo	Total	Pisteet	Painoarvo	Total	Pisteet	Painoarvo	Total	Pisteet
4-ARP-01-0200	Lavausrobotti r11 (veijo 120)	A	616	30	5,20	156	10	4,0	40	20	1,6	32	15	1,2	18	25	14,8	370
4-ARP-01-0020	Kallistuslaite (102)	A	492	30	5,20	156	10	2,0	20	20	1,4	28	15	1,2	18	25	10,8	270
4-ARP-04-0040	Lavavarastorobotti r6 (hilkka 404)	A	364	30	8,80	264	10	3,6	36	20	2,0	40	15	1,6	24	25	0,0	0
4-ARP-02-0040	Nuuttaspöytä (204) r35.2 nuuttiipukki	A	320	30	6,40	192	10	5,6	56	20	2,0	40	15	0,8	12	25	0,8	20
4-ARP-02-0050	Päätylappujen ja sisäkulmasuojien asettelurobotti r35.1 (roope 205)	A	304	30	6,40	192	10	4,8	48	20	1,6	32	15	0,8	12	25	0,8	20
4-ARP-01-0030	Autom. silmästasidontayksikkö (103)	A	300	30	4,00	120	10	5,2	52	20	1,8	36	15	0,8	12	25	3,2	80
4-ARP-01-0060	Päätysuojan- ja välipuun käsittelyrobotti r8.1 (antti 106)	A	270	30	5,60	168	10	5,2	52	20	1,6	32	15	1,2	18	25	0,0	0
4-ARP-02-0010	Kääntöristi kr5 (201)	A	266	30	5,60	168	10	2,4	24	20	1,4	28	15	0,4	6	25	1,6	40
4-ARP-03-0010	Siirtovaunu (palet. sidontaa varten) (301)	A	256	30	7,20	216	10	2,0	20	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-02-0070	Käärintäkone (207)	A	236	30	4,80	144	10	4,8	48	20	1,6	32	15	0,8	12	25	0,0	0
4-ARP-01-0010	Kääntöristi kr4 (101)	A	216	30	5,20	156	10	1,2	12	20	1,2	24	15	1,6	24	25	0,0	0
4-ARP-02-0030	Nostinlaitteisto vaaka (203)	B	224	30	5,20	156	10	0,8	8	20	1,4	28	15	0,8	12	25	0,8	20
4-ARP-01-0700	Nostinlaitteisto (170)	B	220	30	3,60	108	10	2,4	24	20	2,0	40	15	1,2	18	25	1,2	30
4-ARP-01-0800	Käärintäkone (180)	B	208	30	4,00	120	10	2,8	28	20	1,4	28	15	0,8	12	25	0,8	20
4-ARP-02-0020	Nostinlaitteisto (202)	B	208	30	3,60	108	10	2,0	20	20	1,4	28	15	0,8	12	25	1,6	40
4-ARP-02-0080	Siirtovaunu (208)	B	208	30	4,00	120	10	3,6	36	20	2,0	40	15	0,8	12	25	0,0	0
4-ARP-03-0030	Rullarata (303)	B	204	30	5,60	168	10	1,6	16	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-03-0040	Etiketirobotti (304)	B	204	30	3,60	108	10	5,2	52	20	1,2	24	15	0,0	0	25	0,8	20
4-ARP-03-0020	Sidontalaite (kelojen lavaan sidontaan) (302)	B	202	30	4,80	144	10	2,4	24	20	1,4	28	15	0,4	6	25	0,0	0
4-ARP-02-0400	Silmästä vannehdinta (240), optio	B	186	30	2,80	84	10	3,2	32	20	1,6	32	15	1,2	18	25	0,8	20
4-ARP-04-0050	Tyhjälavara (405)	B	174	30	4,80	144	10	0,4	4	20	1,0	20	15	0,4	6	25	0,0	0
4-ARP-03-0050	Rullarata + kääntöpöytä (305)	B	168	30	4,00	120	10	2,0	20	20	1,4	28	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-04-0020	Lavapinon oikaisija (402)	B	162	30	4,00	120	10	1,2	12	20	1,2	24	15	0,4	6	25	0,0	0
4-ARP-02-0260	Rullarata 6 (225)	B	158	30	3,60	108	10	1,2	12	20	1,6	32	15	0,4	6	25	0,0	0
4-ARP-01-0041	Rullarata + sivuttaissiirto (104.1)	B	156	30	3,60	108	10	0,8	8	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,8	20
4-ARP-01-0070	Päätysuojamakasiini (107)	B	152	30	4,40	132	10	0,0	0	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-01-0500	Täyslavarata (150)	B	152	30	3,60	108	10	0,4	4	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,8	20
4-ARP-01-0400	Siirtovaunu (140)	B	150	30	3,60	108	10	1,2	12	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,4	10
4-ARP-04-0010	Rullakuljetin (lavanpinoradastot) (401)	B	140	30	3,60	108	10	1,2	12	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-01-0040	Vaakapöydän rullarata (104)	B	136	30	3,60	108	10	0,8	8	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-02-0200	Rullarata 1 (220)	B	136	30	3,60	108	10	0,8	8	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-02-0210	Rullarata 2 (221)	B	136	30	3,60	108	10	0,8	8	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-02-0230	Rullarata 3 (222)	B	136	30	3,60	108	10	0,8	8	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-02-0240	Rullarata 4 (223)	B	136	30	3,60	108	10	0,8	8	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-02-0250	Rullarata 5 (224)	C	136	30	3,60	108	10	0,8	8	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-02-0300	Rullarata (230) 1kpl	C	136	30	3,60	108	10	0,8	8	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-01-0600	Rullarata (160) 1kpl	C	132	30	3,60	108	10	0,4	4	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-01-0050	Rullaradan vaaka (105)	C	128	30	3,20	96	10	0,8	8	20	1,2	24	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-02-0060	Sisäkulmasuojakasetti (206) 2kpl	C	108	30	2,00	60	10	2,4	24	20	1,2	24	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-01-0300	Rullarata 1 (130)	C	106	30	2,40	72	10	0,4	4	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,4	10
4-ARP-01-0310	Rullarata 2 (131)	C	106	30	2,40	72	10	0,4	4	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,4	10
4-ARP-01-0320	Rullarata 3 (132)	C	106	30	2,40	72	10	0,4	4	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,4	10
4-ARP-01-0330	Rullarata 4 (133)	C	106	30	2,40	72	10	0,4	4	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,4	10
4-ARP-01-0080	Varustelupöytä	C	96	30	2,40	72	10	0,4	4	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-03-0031	Bruttovaaka (303.1)	C	96	30	2,40	72	10	0,0	0	20	1,2	24	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-01-0090	Välipuumakasiini (109)	C	80	30	2,00	60	10	0,0	0	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-01-0042	Hylkykuljetin (104.2)	C	72	30	1,60	48	10	0,4	4	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0
4-ARP-03-0005	Välivarasto kääntöristi kr3 + pukit (100.5)	C	60	30	0,00	0	10	0,0	0	20	1,0	20	15	0,0	0	25	1,6	40
4-ARP-03-0060	Rullarata (306), 1kpl	C	36	30	0,40	12	10	0,4	4	20	1,0	20	15	0,0	0	25	0,0	0

Luokka A	10	20 %
Luokka B	24	50 %
Luokka C	15	30 %
Laitteita yhteensä	49	

VVA

Lavausrobotin vikavaikutusanalyysi

4-ARP-01-0200 Lavausrobotti r11 (veijo 120)

Osajärjestelmä:									
Komponentti	Vikamuoto eli miten vika ilmenee	Vian syy	Vian vaikutus			Arvioitu MTBF (a)	Arvioitu MTR(h) korjauksika-	Eh-toimenpide	Huolto toimenpiteen suoritusväli
			Paikallisesti	Järjestelmään	Prosessiin				
						(vikaantumsväli vuos)			
Siirto	Ei liku (= häiriötilassa)	turvapiiri lauenut	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / a	1 h	Ei toimenpidettä	
		turvapiirin rele viallinen		Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 2 a	3 h	Koestus	1 krt / päivä Tuotannon ehdoilla
		Turvaoven lukko viallinen	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 4 a	1 h	Koestus	1 krt / päivä Tuotannon ehdoilla
		kaistan tarttuja ei ole yhäällä	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / a	3 h		
		siirtomootorin kytkin rikki	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 4 a	4 h	Tarkastus	1 krt / kk
		kantopyörin laakeri jumi	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 4 a	4 h	Tarkastus, Voitelu	1 krt / 4 kk
		Sähkösyötön lauenut	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 8 a	3 h	Koestus	1 krt / a
		Sähkösyötön kaapeli poikki	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 8 a	10 h	Tarkastus	1 krt / a
		Logikkakortti palanut	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 8 a	4 h	Puhdistus	1 krt / a
		Tiedonsiirtoväylä marin	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 6 a	4 h		
		Kantopyörin pooriakseli kulunut	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 4 a	4 h	Tarkastus	1 krt / 6 kk
		Kantopyörin planeettavaihteisto	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 4 a	4 h	Tarkastus	1 krt / 6 kk
		Moottori rikki	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 6 a	8 h	Koestus, mittaus	1 krt / a
		Kaapelit rikki energiansiirtoketjussa	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 7 a	10 h	Tarkastus	1 krt / 6 kk
	liikkuu nykyisittäin	törmäyskensto päällä	LR pysilyhy	Lavaus hidastuu	Tuotanto hidastuu	1 krt / a	2 h		
		Anti-robotti liika lähellä jolloin törmäyskensto toimii	LR pysilyhy	Lavaus hidastuu	Tuotanto hidastuu	2 krt / a	1 h	Tarkastus	1 krt / päivä Tuotannon ehdoilla
		Pulsianturin hammerspöytä	LR pysilyhy	Lavaus hidastuu	Tuotanto hidastuu	3 krt / a	2 h	Tarkastus, vaihto	1 krt / kk
nosto	ei nosta/laske		LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	2 krt / a	1 h		
		Törmäysraja vaikuttanut ohjetta ei tule venttiilille	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 2 a	2 h	Kaapelien tarkastus	1 krt / 6 kk
		hydr.seis	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 2 a	2 h	Tarkastus	1 krt / 6 kk
		Sylinterissa vuoto	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 2 a	4 h	Tarkastus, mittaus	1 krt / 6 kk
		ohjauslogiikka nurin	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 4 a	6 h		
		sulake palanut	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / a	1 h		
		öljyn pinta säiliössä alle män	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 2 a	2 h	Tarkastus	1 krt / kk
		Hydr.pumppu rikki	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 5 a	6 h	Tarkastus, mittaus	1 krt / 4 kk
		Hydr.pumpun kytkin rikki	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 4 a	4 h	Tarkastus	1 krt / 4 kk
		Hydr.venttiilin kela palanut	LR pysilyhy	Lavaus ei toteudu	Tuotanto pysilyhy	1 krt / 4 a	2 h		

Lista tehdyistä malliennakkohuoltotöistä

Outokumpu Stainless Oy
Tornio

EH-työt (41)
Malliennakkohuoltotyöt

Sivu 1
23.4.2009 12:11

Työn tunnus Työn nimi

Ilmoittaja	EH-työn ajoitusväli	Kohteen nimi Muuttaja	Muutospäivä
0388382	ARP lavausrobotti rakenteiden tarkastus		
Rossi Pauliina	6KK	Lavausrobotti r11 (veijo 120) Rossi Pauliina	4/22/2009 11:43:43
0388381	ARP lavausrobotti kaapeliketjujen tarkastus		
Rossi Pauliina	6KK	Lavausrobotti r11 (veijo 120) Rossi Pauliina	4/22/2009 11:31:00
0388370	ARP lavausrobotti johteiden ja kulutusosien tarkastus		
Rossi Pauliina	6KK	Lavausrobotti r11 (veijo 120) Rossi Pauliina	4/22/2009 10:43:39
0388367	ARP lavausrobotti kuhutuslistojen voitelu		
Rossi Pauliina	12KK	Lavausrobotti r11 (veijo 120) Rossi Pauliina	4/22/2009 10:35:20
0388364	ARP lavausrobotti letkujen ja kaapeleiden kunnon tarkastus		
Rossi Pauliina	6KK	Lavausrobotti r11 (veijo 120) Rossi Pauliina	4/22/2009 10:27:36
0388362	ARP lavausrobotti sylinterien kunnon tarkastus		
Rossi Pauliina	6KK	Lavausrobotti r11 (veijo 120) Rossi Pauliina	4/22/2009 10:17:15

ARP lavausrobotin sylinterien kunnan tarkastus



T Y Ö

990388362

23.04.2009



Sivu 1

Nimi ARP lavausrobotti sylinterien kunnan tarkastus**Kuvaus**

Tarkastetaan sylinterien paksuus, liittimet ja testataan toiminta.
 Korjataan tarvittaessa.
 - 2kpl nostosylintereitä
 - 2kpl tarttuvasylintereitä
 Rossi Pauliina ke 22.04.2009 10:11

Sijainti 4-ARP-01 Pysäytyspaikka
 4-ARP Fullanpakkaus
 4 Kylmävalssaamo 1
 'Sijainti'

Kustannuspaikka 775000 Fullanpakkaus
 Kustannuslaji 33 Mekaaninen kumossapito

Ilmoittaja Rossi Pauliina Ilm.pvm 22.04.2009
 Vastuhenkilö Käähkölä Kimmo

Kiireellisyys
 Työvaihe

Suunn. aloitus pvm
 Suunn. valmis pvm

Aloitetyö: Ei
 AM-työ: Ei
 Ajomäärä 0

Ennakkohoito

Ajoitus: Työ suoritetaan 6 kuukauden välein joka 1. päivä. Työ näkyy
 huoltolisalla aikaisintaan 2 viikkoa ennen työn laskettua
 aloituspäivämäärää. Ajoituksesta kopioidaan EH-töitä 23.4.2009
 alkaen. Työtä toistetaan kunnas toisin ilmoitetaan.

Toimipaikka: Tarkastus
 Huoltoryhmä: KYVA Yhteiset alueet
 Huoltoalue: