

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Konetekniikan koulutus

Karelia-amk  
Harri Lavikainen

NYKYTILA-ANALYYSI

Maaliskuu 2021



**Opinnäytetyö  
Maaliskuu 2021  
Konetekniikan koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

**Tekijä**  
Harri Lavikainen

**Nimeke**  
Nykytila-analyysi

**Toimeksiantaja**  
Abloy Oy

**Tiivistelmä**

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi Abloy Oy:n Joensuun tehtaalla sijaitsevan ovensulkimien kokoonpanokoneen nykytila ja arvioidaan laitteiston tämänhetkinen luotettavuus ja käytettävyys. Kokoonpanokonetta on kehitetty koko sen eliniän ja siihen ei ole kohdistettu nykytilaselvitystä.

Nykytila-analyysissa suoritettiin myös FMEA-selvitys häiriöherkimpään työvaiheeseen

Nykytila-analyysin tavoite on auttaa kartoittamaan koneen modernisaatio- ja kunnossapidolliset tarpeet ja tämänhetkinen kunto sekä toimintaedellytykset tulevaisuudessa.

Nykytila-analyysi suoritettiin keväällä 2020 Joensuussa Abloy Oy:n tehtaalla seuraamalla prosessia ja valvomalla prosessin eri vaiheita, käymällä läpi kokoonpanoyksiköiden komponentit sekä videokuvaamalla konetta.

Nykytila-analyysissä ilmeni, että kone ei vastannut sille asetettuja tavoitteita. Koneen komponenteista merkittävä osa oli vanhentunut.

Kokoonpanokone on helposti muutettavissa vastaamaan sille asetettuja tavoitteita, uusimalla vanhentuneet komponentit sekä uudelleenjärjestelemällä robotin liikkeitä.

**Kieli**  
suomi

Sivuja 41  
Liitteet 7  
Liitesivumäärä 18

**Asiasanat**  
Nykytila-analyysi , selvitys , komponentti, kokoonpano, ovensuljin



**THESIS**  
**March 2021**  
**Mechanical Engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author  
Harri Lavikainen

Title  
Current State analysis

Commissioned by  
Abloy Oy

**Abstract**

This thesis reviews the current state of Abloy Oy's door closer assembly machine at the Joensuu plant and evaluates the current reliability and usability of the equipment. The assembly machine has been developed for its entire life and has not been subject to a current state analysis.

In the current state analysis, an FMEA investigation was also performed for the most failure sensitive work phase.

In the current state analysis, the goal is to help map the need for machine modernization and current condition, maintenance needs, and operating conditions in the future.

The current state analysis was performed in the spring of 2020 at Abloy Oy's factory in Joensuu, monitoring the process and monitoring the various units of the process, reviewing the components of the assembly units and recording the machine by video camera.

The current status analysis revealed that the machine did not meet the targets set for it. A significant portion of the machine's components were obsolete.

The assembly machine can be easily modified to meet its objectives, by replacing obsolete components and by rearranging the robot's movements.

Language

Finnish

Pages 41

Appendices 7

Pages of Appendices 18

Keywords

Current status analysis, settlement of matters, components, assembly, door closer

# Sisältö

1	Johdanto .....	6
2	Toimeksiantaja.....	7
3	Kunnossapito .....	8
3.1	Kunnossapito käsitteenä .....	8
4	Kunnossapidon käsitteet.....	10
4.1	Kunnossapito yrityksissä .....	10
4.2	TPM .....	11
4.3	Kunnossapidollinen vanhentuminen .....	12
4.4	Luotettavuus.....	13
5	Laitteiden luotettavuus .....	13
5.1	Toimintavarmuus.....	15
5.2	OEE .....	15
6	FMEA.....	16
6.1	Historia.....	16
6.2	FMEA prosessi.....	17
7	Kokoonpanokoneen nykytilakartoitus.....	17
7.1	Prosessikuvaus .....	18
8	Rungon kulku pyöröpöydällä.....	19
8.1	Asema 1 .....	20
8.2	Asema 2.....	21
8.2.1	Kansiasema .....	23
8.2.2	Voimansäädinkuljetin.....	23
8.3	Asema 3.....	24
8.4	Asema 4.....	26
8.5	Asema 5.....	26
8.6	Asema 6.....	26
8.7	Asema 7.....	27
8.8	Asema 8.....	27
8.9	Tehdasvoimansäätäjä .....	28
8.10	Robotti.....	28
9	Komponenttien kartoitus .....	28
10	Asemakohtaiset komponentit.....	29
10.1	Asema 1 .....	30
10.2	Asema 2.....	30
10.3	Asema 3.....	31
10.4	Asema 4.....	31
10.5	Asema 5.....	31
10.6	Asema 6.....	31
10.7	Asema 7.....	31
10.8	Asema 8.....	32
10.9	Yhteenveto.....	32
10.10	Turvallisuus ja muut huomiot.....	32
11	Jaksoaika.....	33
12	Häiriöt .....	34
12.1	Häiriöiden jakaantuminen asemien välillä .....	35
13	Kokoonpanokoneen FMEA.....	37
14	Kokoonpanokoneen kokonaistehokkuus.....	37
15	Yhteenveto.....	38
16	Kiitokset .....	39
	Lähteet.....	41

**Liitteet**

- Liite 1 Jaksoajan seurata. (Salainen).
- Liite 2 Koneen häiriöiden seuranta. (Salainen)
- Liite 3 FMEA taulukko. (Salainen).
- Liite 4 FMEA Vakavuustaulukko. (Salainen).
- Liite 5 FMEA Esiintyvyydestaulukko. (Salainen).
- Liite 6 FMEA Löydettävyydestaulukko. (Salainen).
- Liite 7 Komponentit. (Salainen).

# 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee ovensuljinkokoonpanokoneen nykytilaa ja selvittää vastaako ovensulkimien kokoonpanokone nykyajan vaatimuksia.

Teollisuus kehittyä hurjaa vauhtia ja yrityksillä on haasteita pysyä kehityksen perässä. Markkinoiden vaatimukset ajavat valmistajia tehokkaampaan tuotantoon ja luotettavimpiin prosesseihin.

Kun harkitaan koneen modernisointia tai sen korvaamista, on tarpeellista selvittää sen nykyinen tila. Nykytilaselvityksessä saadaan tietoon koneen suurimmat puutteet ja täyttääkö kone sille asetetut vaatimukset. Nykytilaselvitys osoittaa myös millaisia muutoksia koneeseen olisi tehtävä.

Ovensuljin on laite, jonka tehtävä on sulkea ovi määritellyllä sulkuvoimalla ja sulkeutumishopeudella. Oven automaattiselle sulkeutumiselle on monia eri syitä, muun muassa energian säästö, turvallisuus ja tavaroiden sekä ihmisten turvaaminen. Ovensulkimen sulkeutumisperiaate perustuu jousen tuottamaan palautumisvoimaan, joka aiheuttaa tarvittavan paineen ja jännitteen oven sulkeutumiseen. (12)

Abloylla valmistettavat ovensulkimet ovat pinta-asenteisia ja piiloasenteisia sulkimia. Ovensulkimet ovat hammasteknologialla (Kuva 1.) ja nokka-akseliteknologialla (Kuva 2.) varustettuja. (1) Ovensuljin koostuu rungosta, jousesta, hammasakselimännästä tai nokka-akselista, männistä, laakereista ja säätöruuveista.

Opinnäytetyön liitteet ovat salattuja. Liitteissä olevat tiedot paljastuessaan voivat aiheuttaa haittaa Abloyn toiminnalle paljastaen kilpailijoille teknisiä ratkaisuja ja yrityssalaisuuksia.



Kuva 1. Hammasakselimännällä varustettu ovensuljin. (Kuva: Harri Lavikainen)



Kuva 2. Nokka-akseliteknologialla varustettu ovensuljin. (Kuva: Harri Lavikainen)

## 2 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Abloy Oy, joka on maailmanlaajuinen suunnannäyttävä lukitus- ja kulunhallintajärjestelmissä. Abloy Oy on osa ASSA Abloy -konsernia. Abloyn arvojen lähtökohta on laadukkuus, kestävä kehitys ja innovaativuus. (2)

Joensuuhun Vuonna 1968 perustettu tehdas työllistää tällä hetkellä noin 800 henkilöä ja toimittaa asiakkailleen ympärimaailmaa 3,4 miljoonaa tuotetta

vuodessa. Merkittävimpiä tuotteita Joensuussa ovat mekaaniset ja sähkömekaaniset avaimet ja lukot sekä ovensulkimet. Digitaalisen teknologian kehityksen myötä Abloy on siirtynyt myös valmistamaan ohjelmistoja liittyen kulunvalvontajärjestelmiin, sähkö- ja mobiiliavaimiin ja älylukkoihin.(3)

Abloy Oy:n perustoiminta-arvoihin kuuluu myös vastuullisuus, joka ilmenee kaikissa sen toiminnoissa. Vastuullisuudesta kertoo myös Abloy:n käyttämä ISO 50001:2018 energiahallintajärjestelmä, jossa tavoitteena on säästää energiaa ja luoda prosesseista energiatehokkuudeltaan parempia.

Kehitystyössään Abloy:n tavoite on luoda asiakkaalleen lisäarvoa innovaatioihin, siksi jo suunnittelu vaiheessa Abloy:n tuotteiden elinkaari ja modulointi mahdollisuudet otetaan huomioon.(4)

### **3 Kunnossapito**

#### **3.1 Kunnossapito käsitteenä**

Kunnossapito on tapa ehkäistä ja viivyttää jonkin muuttuvan toiminnon kulumisen, toimintakunnon pettäminen tai särkyminen. Kunnossapito on myös tapa hallita mahdollisia uhkia.

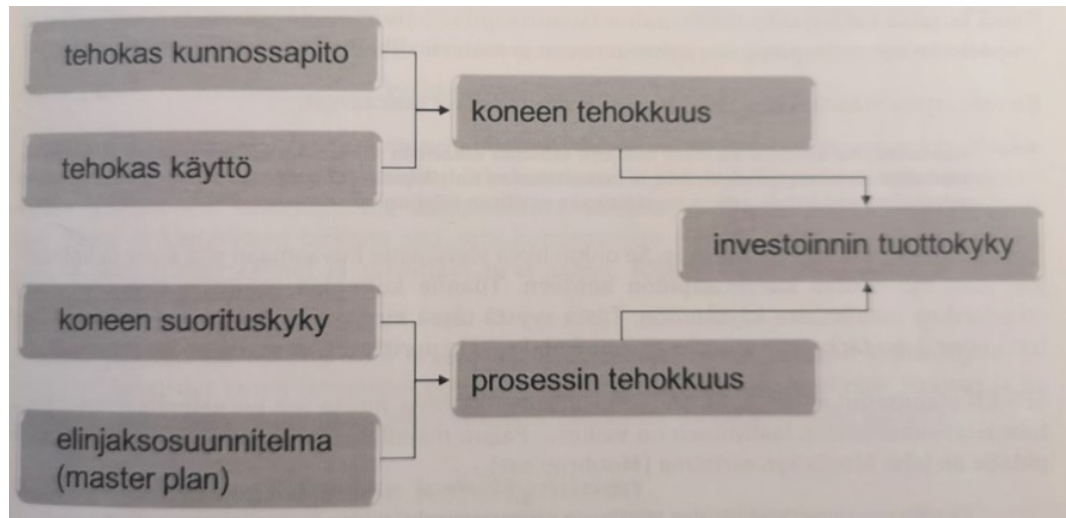
Usein kunnossapito ymmärretään koskemaan ainoastaan esineitä ja asioita, mutta se koskee myös ihmisiä. Työntekijöiden terveyttä tarkkaillaan, sairaskertomuksia kootaan ja työntekijöiden terveydentilaa tarkkaillaan vuositarkastuksin.(8)

Kunnossapito on määritelty standardissa SFS-13306:2017 seuraavasti:

Kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai



palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon. (SFS-13306:2017)



Kuva 3.

(8, s.14)

Kunnossapito on kolmanneksi suurin kulu yrityksen toiminnassa ja on suoraan vaikuttava yrityksen toimintaan sekä kannattavuuteen.

Kunnossapidon kehityksen askelia ovat olleet maailmansodat, muutokset yhteiskunnassa, kaupankäynnin avautumisesta johtuva kilpailun kiristyminen, tiedon ja ihmisten nopea liikkuvuus. Eli kunnossapidon kehitys on ollut sidonnainen ajanjaksolle ominaisille markkinoiden nopeutumiseen ja vastaamaan markkinoiden kysyntään sekä täyttämään asiakkaiden laadulliset tarpeet.

Kehitys voidaan jakaa neljään aikakauteen. Jokaisessa aikakaudessa ovat olleet omat vaikuttimensa, joiden tarpeiden mukaan kunnossapito on kehittynyt.

Ensimmäisessä aikakaudessa oli tarve kevyelle kunnossapidolle, laitteissa ei ollut monimutkaisia mekanismeja, tuotantokoneistot sekä tuotteet olivat mitoitettu kestämään kauan.

Toisen aikakauden katsotaan alkaneen toisen maailmansodan tarpeiden täyttämiseen.

Maailmansota loi tarpeen tuottaa tarvikkeita aiempaa nopeammin, joka johti koneiden kehitykseen sekä automatisointiin.

Kehityksen myötä laitteiden monimutkaisemmat ratkaisut altistivat ne herkemmin häiriöille ja rikkoontumisille, korostaen ja pakottaen kunnossapidon kehittymään. Tällä ajanjaksolla syntyi ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito on kunnossapitoa, jonka tarkoitus on arvioida ja/tai vähentää kohteen heikentymistä ja vikaantumisen todennäköisyyttä.

(SFS-EN 13306:2017 S.13)

Globaalin kilpailun myötä kehittyi kolmas aikakausi. Yritysten täytyi olla tehokkaampi ja nopeampi vastataksaan markkinoiden kysyntään. Tämä toi yrityksille paineita kehittää tuotantoaan enemmän, mikä toi entistä enemmän monimutkaisempia laiteratkaisuja vaatien tehokkaampaa kunnossapitoa.

Neljännän aikakauden aloitti teknologinen kehitys. Laitteita pystyttiin valvomaan sekä niiden käyntiä voitiin analysoida. Jolloin vikoja kyettiin ennustamaan.(8)

## **4 Kunnossapidon käsitteet**

Kunnossapidolla on oma terminologia, jota käytetään kaikissa kunnossapidon ja kunnossapidon johtamisessa. Terminologia on määritetty standardissa SFS-EN 13306:2017

### **4.1 Kunnossapito yrityksissä**

Kapitalistisessa yhteiskunnassa yrityksen on investoitava tai muutoin hankittava haltuunsa tuottamiseen tarkoitettua omaisuutta, jotta se voi vastata kuluttajien tarpeisiin.

Omaisuuksien tehtävä on tuottaa markkinoille tehokkaasti ja nopeasti markkinoita miellyttäviä hyödykkeitä ja sitä kautta tuottaa lisäarvoa yritykselle.

Kunnossapitoa on tavanomaisesti pidetty pienimuotoisena korjaamisena ja siistimisenä. Globaalissa yhteiskunnassa kunnossapito käsitetään laajemmin, toimintatapana pitää yllä kokonaisvaltaisesti toimintaedellytyksiä yrityksen hallinnassa olevaan ja markkinaehtoiseen palvelun tai tuotantoon.(8)

## 4.2 TPM

TPM (Total Productive Maintenance) tarkoittaa kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa, eli se on toimintamalli jossa jokainen yrityksen työntekijä omalla osa-alueellaan osallistuu kunnossapitoon ja vuorovaikutukseen eri osastojen sekä organisaation kaikkien tasojen kanssa.

(8 s.33)

Päätehtävät	Vaikutuskohteet	Osatavoite	Kokonaistavoite
Kunnossapidon vähentäminen suunnittelulla		Suunniteltu tuotanto	
Kehittävä kunnossapito	Erityyppisten vikojen tiheys	Suunnitellut toimitusajat	
Laatua parantava kunnossapito	Kunnonvalvontaan käytetty aika	Suunniteltu laatu	Tuloksen ja kilpailukyvyyn parantaminen
Ennalta ehkäisevä kunnossapito ja kunnonvalvonta	Erityyppisten vikojen korjausaika	Kustannusten pienentäminen Tapaturmien vähentäminen	Työskentelyolojen parantaminen
Korjaava kunnossapito		Omaisuuksivahinkojen vähentäminen Ympäristönsuojelu	

Kuva 4. Tuottavan kunnossapidon keskeisiä tehtäviä ja tavoitteita. (Heinonkoski, R. 2004. Koneautomaation kunnossapito)

TPM:ssä on pyrkimys saada paras mahdollinen tehokkuus tuotannosta tuotantovälineistä ja parantaa yrityksen tuottavuutta poistamalla tuotantoa häiritseviä tekijöitä. (8 s.35)

Häiritseviä tekijöitä eli hävikkejä on listattu Heinonkoski, (2004) kirjassa ”Koneautomaation kunnossapito” seuraavanlaisesti.

- Seisokkihävikki

Laitteistovika

Prosessin toimintahäiriö

Aloitus, asetus, säätö

- Nopeushävikki
  - Vajaatuotanto
  - Pienentynyt nopeus
- Laatuhävikki
  - Prosessivika
  - Uusintakäyttö
  - Vähentynyt tuotto
  - Käyttäjävirhe

Hävikit ovat monesti piileviä tai vaikeasti havaittavissa, jotka eivät johda häiriöihin. (8)

Suhde häiriön ja hävikin välillä voi olla jopa 1 suhde 600. Tällä tarkoitetaan sitä, että syntyy noin 600 erilaista ”läheltä piti” tilannetta ennen kuin varsinainen hävikki tai suoranainen vahinko tapahtuu. (Heinonkoski, R. 2004. Koneautomaation kunnossapito, 35).

### 4.3 Kunnossapidollinen vanhentuminen

SFS-Standardin SFS-EN 13306:2017 mukaan kohteen vanhentumisena pidetään seuraavaa:

”Kohteen kunnossapidon estyminen johtuen tarvittavien resurssien heikosta saatavuudesta teknisin ja taloudellisin keinoin.”

Resursseilla tarkoitetaan esimerkiksi osien tai komponenttien saatavuutta. Saatavuudella tarkoitetaan myös muuttuneita markkinatilanteita ja teknistä kehittymistä. myös muuttuvat säädökset, määräykset ja toimittajan poistuminen markkinoilta vaikuttavat saatavuuteen.

#### **4.4 Luotettavuus**

Laitteen luotettavuuden määrittää jokainen siihen asennetun komponentin mahdollinen vikaantuminen ja vikaantumisesta aiheutuva vaikutus laitteen toimintaan.

Vikaantuminen on määritetty SFS-EN 13306:2017 mukaan:

”Kohde menettää kyvyn suorittaa vaadittua toimintaa”

Vikaantumisesta syntyy vika, mikä SFS-EN 13306:2017:n mukaan on:

”Kohteen tila, jossa se ei kykene suorittamaan vaadittua toimintaa pl. ehkäisevän kunnossapidon, jonkin muun suunnitellun toimenpiteen tai ulkoisten resurssien puutteesta johtuvan toimintakyvyttömyyden takia”

### **5 Laitteiden luotettavuus**

Laitteen luotettavuuden määrittää jokainen siihen asennetun komponentin mahdollinen vikaantuminen ja vikaantumisesta aiheutuva vaikutus laitteen toimintaan.

Vikaantumisia aiheuttaa komponentin vanheneminen, ympäristövaikutukset ja hetkelliset ylikuormitukset.(8 s39-)

Luotettavuutta voidaan tehokkaasti seurata laitteen tai prosessin käytettävyyden avulla.

Käytettävyys on määritetty SFS-EN 13306:2017 mukaan :

Kohteen kyky olla tilassa, jossa se kykenee tarvittaessa suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla. (SFS-EN 13306:2017)

Käytettävydessä huomioidaan kunnossapidon aiheuttamat seisokit. Käytettävyys ilmoitetaan prosenttilukuna, Esimerkiksi; jos suunnitellun kahdeksan tunnin tuotantoajan aikana konetta huolletaan neljä tuntia, tulee koneen käytettävyudeksi 50 %. (8 s.37)

Luotettavuuden laskennallinen kaava on

$$R(t) = 1 - F(t)$$

Käytettävyys lasketaan

$$\text{Käytettävyys } A(t) = \frac{\text{Kokonaistoiminta} - \text{aika}}{\text{Kokonaistoiminta} - \text{aika} + \text{viallisuusaika}}$$

Viallisuusaika lasketaan

$$\text{Viallisuusaika} = \text{hallinnollinen aika} + \text{korjausaika} + \text{logistinen aika}$$

Logistinen aika lasketaan

$$\text{Logistinen aika} = \text{kuljetusaika} + \text{odotusaika}$$

Vikatiheys

Vikatiheys  $F(t)$  = Vian todennäköisyys aikavälillä  
(Heinonkoski, R. 2004. Koneautomaation kunnossapito, s.41-42).

## 5.1 Toimintavarmuus

Laitteen toimintavarmuus lasketaan keskiarvolla vikaantumisvälien eli MTBF:n (Mean time between failures) avulla. (Heinonkoski, R. 2004. Koneautomaation kunnossapito, s42).

SFS-EN 13306:2017 määrittelee vikaantumisvälin seuraavasti:

”Kahden peräkkäisen vikaantumisen välinen jakso”

Keskimääräinen vikaantumisväli (MTBF) (SFS-EN 13306:2017)

”Vikaantumisien välisten aikojen keskiarvo.”

## 5.2 OEE

OEE (Overall Equipment Effectiveness) on keino, jolla voidaan erinomaisesti kartoittaa koneen tämänhetkinen kokonaistehokkuus ja se ilmaisee prosentuaalisen arvon ja kuinka usein kone tuottaa hyviä kappaleita suunnitellusta tuotantoajasta.

Kokonaistehokkuuden laskentaan tarvitaan tiedot koneen käytettävyydestä, nopeudesta ja laadusta (9) :

$$OEE = \text{Käytettävyys \%} \times \text{Nopeus \%} \times \text{Laatu \%} = K \times L \times N$$

Esimerkiksi kun tiedetään koneen käytettävyys 80 %, nopeus 80 % ja laatu 80 %, voidaan koneen kokonaistehokkuus laskea.

$$80\% \times 80\% \times 80\% = 51,2\%$$

Kokonaistehokkuudeksi tulee tällöin 51,2 %, joka kertoo, että koneen tehokkuus tuottaa halutunlaisia kappaleita suhteessa suunniteltuun tuotantoaikaan on ainoastaan 51,2 %.

Maailmanlaajuisesti keskimääräinen OEE-luku on 60 %. Maailmalla huipputasoksi katsotaan 85-92 %.(7)

Jotta OEE saadaan laskettua, täytyy koneenkäyttäjän kerätä vuoro/päiväkohtaisesti tietoja lomakkeelle häiriöistä, seisakkiajoista, valmistetuista tuotteista ja kuinka monta huonoa tuotetta kone tuotti. (10) (Liite 1).

## **6 FMEA**

FMEA eli vika- ja vaikutusanalyysin avulla pyritään löytämään sekä kartoittamaan prosessissa tai suunnittelussa esiintyvät riskit ja tulosten avulla kyetään parantamaan prosessin tai suunnittelun luotettavuutta, prosessin tuotosten laatua sekä turvallisuutta (10).

Analyysin tarkoitus on kertoa mitä, miten, kuinka usein tai mikä vaikutus vialla on prosessiin. (5)

Analyysejä on kahdenlaisia, P-FMEA ja D-FMEA. D-FMEA on kehitetty analysoimaan suunnittelussa esiintyviä mahdollisia virheitä ja riskejä, kun taas P-FMEA on kehitetty analysoimaan prosessissa esiintyviä mahdollisia virheitä ja riskejä. (5)

### **6.1 Historia**

FMEA:n kehittivät Yhdysvaltojen armeija vuonna 1949. FMEA:n alkuperäinen tarkoitus oli arvioida Yhdysvaltojen armeijan sotilaiden, varusteiden ja tehtävien kohdistuvia riskejä ja kehittää armeijan toimintamalleja turvallisempaan ja tehokkaampaan toimintaan. 1960 NASA tarkensi ja paransi FMEA:ta



varmistukseen Apollo-avaruusohjelman. 1970 Ford Motor Company otti käyttöön FMEA:n selvittääkseen tuotannossa esiintyneiden vikojen alkuperää. Samalla Ford kehitti FMEA:ta teollisuuden tarpeisiin sopivammaksi, sekä toi FMEA:n mukaan tuotesuunnitteluun. (5)

## **6.2 FMEA prosessi**

FMEA on viisivaiheinen.

- Ensimmäisessä vaiheessa käydään läpi prosessin toiminnot.
- toisessa vaiheessa käydään läpi vikaantumisen mahdollisuudet, seuraukset ja syyt.
- Kolmannessa vaiheessa käydään läpi riskit, jossa arvioidaan vikojen vaikutukset prosessin luotettavuuteen.
- Neljännessä vaiheessa mietitään parannuksia prosessiin, jotta FMEA:ssa esiin tulleita vikoja sekä vikaantumismahdollisuuksia voidaan estää taikka poistaa.
- Lopuksi käydään läpi muutosten tuomat parannukset. (6)

## **7 Kokoonpanokoneen nykytilakartoitus**

Kokoonpanoautomaatilla kootaan yhden ovipumppumallin eri versioita. Kokoonpanoautomaatissa on WEISS:n kahdeksan-asemainen pyöröpöytä, pyöröpöydän keskellä on ABB IRB1600 robotti ja pyöröpöydän ympärillä kahdeksan kokoonpanoasemaa. Kokoonpanoautomaatti on yhdistetty kuljetushihnalla öljyntäyttöautomaattiin, jossa kokoonpantu ovipumppu täytetään öljyllä.

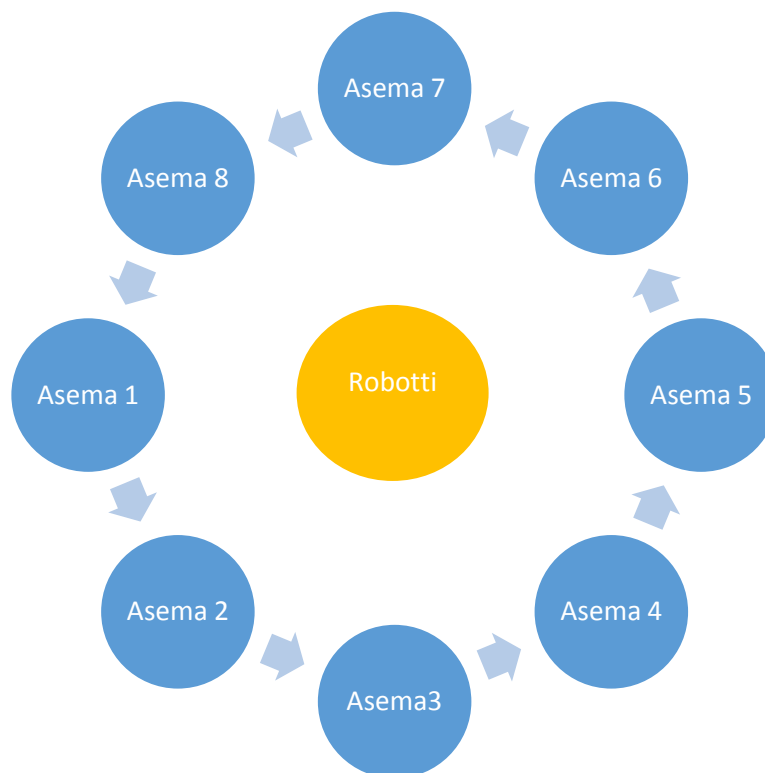
Tämä nykytilakartoitus on suoritettu kokoonpanoasemien antureihin ja toimilaitteisiin. Nykytilakartoituksessa on tarkasteltu komponenttien ikärakennetta sekä saatavuutta. Saatavuus selvitettiin toimittajien kotisivuilta sekä kontaktoimalla toimittajia puhelimitse. Kartoituksessa on myös seurattu

nykyistä jaksoaikaa sekä häiriöitä kokoonpanokoneen luotettavuuden arvioimiseksi sekä arvioitu hitainta asemaa FMEA:n avulla.

Nykytilassa ei kartoitettu robottia, pyöröpöytää eikä ohjausta.

## 7.1 Prosessikuvaus

Pyöröpöytä pyörii vastapäivään askeltaen ja pysähtyen joka askeleella kokoonpanoasemien kohdalla, jolloin asemat suorittavat määrätyt työvaiheet. Robotti sijaitsee keskellä pyöröpöytää, kokoonpantavat ovensuljinrungot pyöröpöydällä kiinnittimissä ja kokoonpanoasemat pyöröpöydän kehän ulkopuolella (kuvio 1). Jokaisella pyöröpöydän askeleella robotti nostaa pyöröpöydän viimeiseltä asemalta kokoonpanun ovensulkijan öljyntäyttöön ja uuden rungon pyöröpöydälle kokoonpanoon.



Kuvio 1. Pyöröpöydän kierto ja asemointi. (Kuva: Harri Lavikainen).

Kokoonpanoasemien tehtävä on toimilaitteiden ja robotin avustuksella suorittaa kokoonpantavien osien esikokoonpano, tarkistus ja kokoonpano.

Robotti avustaa asemia siirtämällä runkoa, sekä siirtämällä kohdistettavia osia kokoonpanoasemien ja toimilaitteiden välillä.

Koneenkäyttäjä esivalmistelelee rungon laittamalla rungon sisään jousen. Runko ja mäntä asetetaan omille kuljettimilleen, josta ne siirtyvät ensimmäiseen kokoonpanoasemaan. Kokoonpanoasema asettaa männän rungon sisään ja robotti nostaa männän pyöröpöydällä olevaan kiinnittimeen.

## **8 Rungon kulku pyöröpöydällä**

Seuraavassa on listattuna rungon kulku pyöröpöydällä:

1. Robotti nostaa asemasta 1 rungon pyöröpöydällä olevaan kiinnittimeen.
2. Pyöröpöytä askeltaa siirtäen rungon aseman 1 edestä aseman 2 kohdalle. Asema 2 ei kokoonpane runkoon osia, vaan toimii kuljettimena voimansäätimelle sekä päätykannelle. Päätykansi kohdistetaan tässä asemassa.  
Voimansäädin viedään asemasta 2 asemaan 8, jossa se säädetään ja kohdistetaan.
3. Pyöröpöytä askeltaa ja runko siirtyy aseman 3 kohdalle, joka kokoonpanee runkoon akselin, aluslevyt ja laakerit. Pyöröpöydällä olevat sylinterit tarkistavat sylinterin sekä männän paikallaolon.
4. Pyöröpöytä askeltaa ja runko siirtyy aseman 4 kohdalle, jossa asema tarkistaa ja esipuristaa laakerit.
5. Pyöröpöytä askeltaa ja runko siirtyy aseman 5 kohdalle, jossa laakerit puristetaan paikalleen.

6. Pyöröpöytä askeltaa ja runko siirtyy aseman 6 kohdalle, servomoottorin avustuksella kieritetään runkoon päätykansi. Robotti on hakenut / käy hakemassa päätykannen asemasta 2.
7. Pyöröpöytä askeltaa ja runko siirtyy aseman 7 kohdalle. Robotti kääntää rungon vaakatasossa 180°. Robotti on hakenut / käy hakemassa voimansäätimen asemasta 8, missä voimansäädin on kohdistettu ja säädetty. Kun robotti on asentanut säädetyn voimansäätimen asemassa olevaan asettimeen ja runko on käännetty, asema kierittää servomoottorien avustuksella voimansäätimen runkoon.
8. Pyöröpöytä askeltaa ja runko siirtyy aseman 8 kohdalle. Tehdasvoimansäädin siirtyy runkoon ja pyörittää ovensulkimeen ennalta määritetyn voiman. Kun työvaihe on suoritettu, robotti kääntää rungon vaakatasossa 180° ja nostaa rungon öljyntäyttöön vievälle kuljettimelle.
9. Pyöröpöytä askeltaa, tyhjä kiinnitin siirtyy aseman 1 kohdalle ja robotti nostaa uuden pumpun pyöröpöydän kiinnikkeeseen.

### 8.1 Asema 1

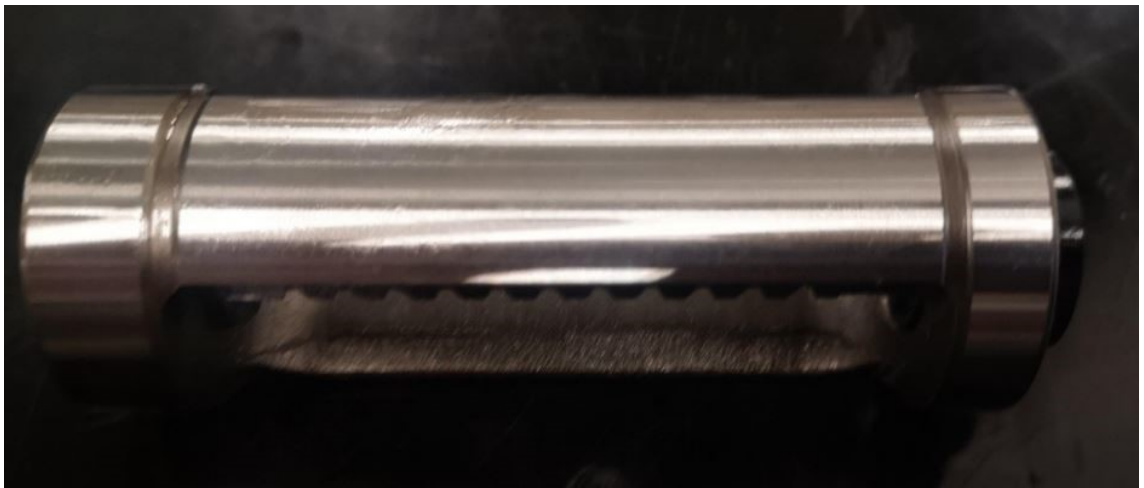
Aseman tehtävä on tuoda pyöröpöydälle runko (kuva 6), jonka sisään on asennettu jousi (kuva 7) ja mäntä (kuva 8).



Kuva 6. Ovensuljinrunko. (Kuva: Harri Lavikainen).



Kuva 7. Jousi. (Kuva: Harri Lavikainen).



Kuva 8. Mäntä. (Kuva: Harri Lavikainen).

Asemassa on kaksi kuljetinta sekä esikokoonpanolaite.

Rungon sisään asetetaan jousi ja runko laitetaan kuljettimelle. Esikokoonpantu mäntä asetetaan mäntäkuljettimelle. Kuljettimet siirtävät rungon ja männän kokoonpanoasemalle, jossa mäntä asennetaan sisälle runkoon. Robotti nostaa rungon kokoonpanolaitteesta pyöröpöydän kehällä olevaan kiinnittimeen, missä lukitsimet lukitsevat rungon.

Tuotos: Jousi ja mäntä asetettu runkoon ja nostettu robotin saataville.

## 8.2 Asema 2

Asemassa on kaksi erillistä toimilaitetta, kansiasema ja voimansäädinkuljetin.

Aseman tehtävä on kuljettaa voimansäädin (kuva 9) ja päätykansi (kuva 10) kokoonpanoautomaatin sisälle ja kohdistaa päätykansi valmiiksi asemalle 6.



Kuva 9. Voimansäädin. (Kuva: Harri Lavikainen).



Kuva 10. Päätykansi. (Kuva: Harri Lavikainen).

### 8.2.1 Kansiasema

Aseman tehtävä on tuoda päätykansi kokoonpanoautomaatin sisään ja kohdistaa päätykansi asemalle 7.

Koneenkäyttäjä laittaa päätykansia tär yyn, josta ne tär inän sekä ohjaimien avustuksella siirtyvät hihnalle ja kääntyvät kohdistusreiät alaspäin. Tär yn päässä on kohdistuspiste, jossa päätykansi lukitaan paikoilleen ja kohdistinlaite kohdistaa päätykannessa olevat reiät.

Tuotos: Kohdistettu päätykansi robotin saatavilla.

### 8.2.2 Voimansäädinkuljetin

Aseman tehtävä on kuljettaa voimansäätimiä kokoonpanoautomaation sisälle robotin saataville, joka siirtää ne kohdistuksen asemaan 8.

Koneenkäyttäjä asettaa käsin voimansäätimiä paletille ja säätää niitä hiukan auki. Täysi paletti voimansäätimiä asetetaan kuljettimen ylähihnalle ja kuljetin siirtää paletin kuljettimen päässä olevaan hissiin. Robotti noutaa järjestyksessä voimansäätimiä vieden ne Aseman 8. Kun paletti on tyhjä, hissi laskeutuu ja alakuljetin kuljettaa tyhjän paletin pois hissistä. Hissi nousee ylös ja uusi, täysi paletti siirtyy hissiin.

Tuotos: Voimansäätimet tuotu robotin saataville.

### 8.3 Asema 3

Aseman tehtävä on kokoonpanna runkoon akseli (kuva 11), aluslevyt ja laakerit (kuva 12).



Kuva 11. Akseli. (Kuva: Harri Lavikainen).





Kuva 12. Laakerit. (Kuva: Harri Lavikainen).

Asemassa on viisi kokoonpantavaa osaa, jotka kasataan aseman sisällä kahdeksi osaksi ja kokoonpannaan runkoon.

Asemassa on kaksi laakerinkuljetinta, kaksi aluslevynsiirtäjä, yksi akselinkuljetin ja pyöröpöydällä voimansäätimentarkistaja sekä jousen tarkistaja.

Aseman sisällä on kaksi esikokoonpanomekanismia, joiden tehtävä on esikokoonpanna akseli-aluslevy-laakeri ja laakeri-aluslevy.

Laakerit nousevat tärystä hihnoille vaakatasossa, laakerit ja hihnalle asetetut akselit siirtyvät hihnoillaan kohti kohdistusasemiaan. Aluslevyt tippuvat painovoiman vaikutuksella aseman yläpuolelta olevasta putkesta siirtolevyille. Siirtolevy siirtää aluslevyn kohdistusasemien yläpuolelle.

Vasemmanpuoleinen laakeri ja aluslevy siirretään noutolaitteella kohdistusasemasta asennus laitteeseen.

Akseli kohdistetaan asemassa ja toimilaitte nostaa akselin ylös.

Noutolaitteen pihti ottaa akselin, nousee ja kääntää 90° , siirtyy laakeri/aluslevyn ylle ja painaa laakerin sekä aluslevyn akseliin, kääntyy takaisin ja asettaa akselin asettimelle.

Kun molemmat asettimet ovat valmiina, siirtyvät asettimet rungolle painaen osat runkoon sisälle, samalla pyöröpöydällä oleva sylinteri menee rungon mäntäpäätyyn ja toinen sylinteri tarkastaa jousen sekä auttaa edestakaisella liikkeellään akselin menoa männälle.

Tuotos: Akseli, laakerit ja aluslevyt rungossa.

#### **8.4 Asema 4**

Aseman tehtävä on esipuristaa laakerit ja tarkistaa, että ne ovat paikallaan.

Puristinpaketti siirtyy rungolle, puristin puristaa ja anturit tarkastavat laakereiden paikallaolon. Puristimet aukeavat ja sylinteri nostaa puristimet ylös.

Tuotos: Puristetut laakerit rungossa.

#### **8.5 Asema 5**

Aseman tehtävä on puristaa asemassa 3 asetetut laakerit runkoon.

Puristinyksikkö siirtyy rungolle ja puristaa kevyesti laakereita. Voimayksikkö laskeutuu ja puristaa laakerit runkoon. Voimayksikkö nousee ja puristin yksikkö palaa takaisin kotiasemaan.

Tuotos: Puristetut laakerit rungossa.

#### **8.6 Asema 6**

Aseman tehtävä on asentaa etukansi runkoon.

Robotti hakee kohdistetun etukannen asemasta 2. Robotti laittaa päätykannen asettimeen, joka on kiinnitetty pyörintäservoon. Robotti poistuu asemasta ja lineaariservo siirtää asettimen asetetun päätykannen rungolle. Pyörintäservo pyörittää päätykannen kiinni runkoon ja lineaariservo vetää asetinyksikön taka-asentoon. Pyörintäservo pyörii alkuasentoon.

Tuotos: Päätykansi asetettu runkoon.

### **8.7 Asema 7**

Aseman tehtävä on asettaa kohdistettu voimansäädin runkoon.

Robotti hakee kohdistetun ja säädetyn voimanasettimen asemasta 8. Robotti asettaa voimansäätimen asettimeen, joka on kiinnitetty pyörintäservoon. Robotti poistuu asemasta ja lineaariservo siirtää asettimen asetetun voimansäätimen rungolle. Pyörintäservo pyörittää voimansäätimen kiinni runkoon ja Lineaariservo vetää asetinyksikön taka-asentoon. Pyörintäservo pyörii alkuasentoon.

Tuotos: Voimansäädin asetettu runkoon.

### **8.8 Asema 8**

Asemassa on voimansäätimenkohdistin ja tehdasvoimansäätäjä.

#### **Voimansäätimenkohdistin**

Voimansäätimenkohdistimen tehtävä on kohdistaa voimansäätimessä olevat reiät, jotta voimansäädin asettuu oikein asemassa 7 olevaan asettimeen, lisäksi toimilaitteen tehtävä on säätää voimansäätimenlaippa oikealle korkeudelle sekä oikeaan asentoon, jotta voimansäädin asettuu rungossa oleviin hahloihin ja mahdollistaa voiman säädön.

Robotti tuo voimansäätimen asemasta 2 ja aseman kiinnityskynnet lukitsevat voimansäätimenrunгон. Aseman yläpuoleinen toimilaite painaa voimansäätimen vasten kohdistusasemaa. Kohdistin nouse ylös ja aloittaa pyörittämään voimansäädintä, kunnes laipankiinnipitäjät saavat tiedon, että voimansäätimessä oleva laippa on halutussa suorudessa. Laipankiinnittäjät tarttuvat laippaan ja kohdistin pyörittää runkoa niin kauan, kunnes laippa on määritetyssä korkeudessa voimansäätimen kierteessä. Yläpuoleinen toimilaite poistuu ja kynnet aukeavat.

Tuotos: Säädetty voimansäädin asemalle 7.

## 8.9 Tehdasvoimansäätäjä

Aseman tehtävä on säätää tehdasvoima runkoon.

Luistin siirtää akselin päässä olevan väännintyökalun rungolle. Akselia pyörittää moottori, joka pyörittää akselia ennalta määritetyn kierroksen mukaan. Luistin palaa takaisin.

Tuotos: tehdasasetettu ovensuljinrunko.

## 8.10 Robotti

Robotin tehtävä on kääntää runkoa asemien edustoilla, nostaa kokoonpantu runko pois pyöröpöydältä ja nostaa uusi runko pyöröpöydälle. Robotti myös avustaa kokoonpanoasemia siirtämällä osia kokoonpanoasemille ja kohdistimille.

## 9 Komponenttien kartoitus

Komponenttien kartoitus aloitettiin järjestelmällisesti asemasta yksi, edeten viimeiseen asemaan. Komponenteissa kartoitettiin asemien anturit, työsylinterit ja niiden lähestymisanturit sekä kuljetushihnojen moottorit.

Eräiden komponenttien kohdalla luoksepäästävyys oli mahdotonta purkamatta rakenteita ja altistamatta automaattia ja toimilaitetta vikaantumiselle. Nämä komponentit ovat kuitenkin otettu mukaan laskentaan.

Komponenttien saatavuus selvitettiin vertaamalla komponentissa olevia valmistetietoja valmistajien kotisivuilla oleviin katalogeihin. Komponenttien valmistajia ovat Festo, Rexroth ja Sick.

Komponentit on listattuina asemakohtaisissa liitteissä. Listauksessa selviää komponentti, komponentin tehtävä, valmistenumero (jos komponentista sai tiedon), kappalemäärä, saatavuus ja linkki komponentin mahdolliseen tilausosoitteeseen ja jos tuote on poistumassa tai poistunut, niin korvaavaan tuotteen tilausosoite. (Liite 7.)

Komponenttien määrä on listattuna taulukossa (taulukko 1).

Komponentti	Kpl	Phase-out	Phase-out %
Lähestymisanturit	102	47	49 %
Valokuituvahvistin	12	12	100 %
Sylinteri / lineaaritoimilaite	73	26	38 %
Induktiivinen anturi	26	0	0 %
Optinen anturi	8	1	13 %
Moottori	13	4	31 %
Tarttuja	2	1	50 %
Muut	24	5	21 %
<b>Yhteensä</b>	<b>251</b>	<b>96</b>	<b>39 %</b>

Taulukko 1

## 10 Asemakohtaiset komponentit

Komponenttien jakautuminen asemoittain ja vanhentuneiden komponenttien osuus aseman komponenttien lukumäärästä on esitetty taulukossa 2.

Komponenttien lukumäärä on ilmoitettu prosentuaalisena osuuksina kaikista läpikäydyistä komponenteista.

Prosentuaalinen osuus saadaan, kun lasketaan asemakohtaiset komponentit ja jaetaan ne kaikkien läpikäytyjen komponenttien määrällä ja kerrotaan sadalla.

$$\text{Prosenttuaalinen osuus} = \frac{\text{Aseman komponentit}}{\text{Kaikki komponentit}} \times 100$$

Vanhentuneiden komponenttien osuus saadaan, kun lasketaan vanhentuneet komponentit ja jaetaan ne asemakohtaisilla komponenteilla ja kerrotaan sadalla.

$$\text{Prosenttuaalinen osuus} = \frac{\text{Vanhentuneet komponentit}}{\text{Aseman komponentit}} \times 100$$

Asema	Komponenttien määrä	Vanhentuneet
1	20 %	36 %
2.1	8 %	40 %
2.2	4 %	36 %
3	29 %	44 %
4	4 %	36 %
5	10 %	23 %
6	4 %	50 %
7	7 %	29 %
8	14 %	21 %
Yhteensä	100 %	35 %

Taulukko 2. Komponenttien lukumäärä prosentuaalisesti.

### 10.1 Asema 1

Kaikista läpikäydyistä komponenteista 20 % sijaitsee tässä asemassa. Aseman komponenteista 36 % on vanhentuneita, joko valmistus on lopetettu tai tuote on siirtymässä pois vuoden 2020 aikana. Kriittisimpänä komponenttina on männänasettajan työsylinteri, jonka saatavuus jopa 3. osapuolilta on osoittautunut haasteelliseksi.

### 10.2 Asema 2

Asemassa on kaksi toimilaitetta, kansiasema ja voimansäätimenkuljetin. Kansiasemassa sijaitsee läpikäydyistä komponenteista 8 %, joista 40 % on jo vanhentuneita, valmistus on lopetettu tai tuote on siirtymässä pois vuoden 2020 aikana.

Voimansäätimenkuljettimessa sijaitsee 4 % läpikäydyistä komponenteista, joista 36 % on jo vanhentuneita, valmistus on lopetettu tai tuote on siirtymässä pois vuoden 2020 aikana.

### **10.3 Asema 3**

Asemassa on läpikäydyistä komponenteista 29 %, joista 32 % on jo vanhentuneita, valmistus on lopetettu tai tuote on siirtymässä pois vuoteen 2021 mennessä.

Asemassa 3 on ylimääräisenä kaksi sylinteriä ja viisi valokuitua ja niiden vahvistimet. Nämä komponentit eivät ole kytketty prosessin järjestelmään ja näitä komponentteja ei huomioitu aseman komponenttien laskennassa.

### **10.4 Asema 4**

Asemassa on 4 % kaikista koneen komponenteista, joista 36 % on joko vanhentuneita, valmistus on lopetettu tai komponentti poistuu toimittajan valikoimasta vuoteen 2021 mennessä.

### **10.5 Asema 5**

Asemassa on 10 % kartoitetuista komponenteista, joista 23 % on vanhentuneita. Muutamien komponenttien valmistus on lopetettu jo vuonna 2014.

### **10.6 Asema 6**

Asemassa on 4 % kartoitetuista komponenteista, joista 50 % on joko vanhentuneita, valmistus on lopetettu vuonna 2014. Kriittisimpinä osina servomootorit ja servonohjain.

### **10.7 Asema 7**

Asemassa on 7 % kartoitetuista komponenteista, joista 29 % on joko vanhentuneita, valmistus on lopetettu vuonna 2014. Kriittisimpinä osina servomootorit ja servonohjaimet.

### **10.8 Asema 8**

Asemassa on 14 % kartoitetuista komponenteista, joista 21 % on joko vanhentuneita, vanhentumassa vuonna 2021 tai valmistus on lopetettu.

### **10.9 Yhteenveto**

Toimittajilla on tarjota korvaavia tuotteita, mutta toimittajat eivät voi taata 1:1 sopivuutta mm. komponenttien kiinnityksiin. Komponentin vaihtaminen toimittajan mukaan voi aiheuttaa rakenteellisia sekä ohjelmointiin liittyviä muutostarpeita tuoden tuotantoon pitkäaikaisia seisokkeja.

Asemien antureiden johdot sekä valokuidut roikkuvat vapaana asemien sisällä ja lähellä sylintereitä ja liikkuvia osia. Tämä mahdollistaa johtojen sekä valokuitujen takertumisen liikkuviin sylintereihin ja huollon sekä häiriön yhteydessä vikaantumisen vaaraan.

Käytössä olevia Sick-optisia antureita ei suositella kiiltäville materiaaleille ja optiset anturit ovat herkkiä auringon valolle.

Optisten antureiden osalta toimittajalla on kiiltäviin materiaaleihin vaihtoehtoja.

Vanhentuneet servomootorit särkyessään ja uusittaessa aiheuttavat ohjelmamuutoksen ja uuden käyttöjärjestelmän hankkimisen.

### **10.10 Turvallisuus ja muut huomiot**

Toimilaitteita ja asemia on mahdollisuus huoltaa sekä poistaa asemista häiriöitä paineistettuna.

Automaatin paineilma ei katkea, kun automaatin ovet avataan eikä asemilla ole omia paineilmahanoja, joista häiriönpurun/huollon ajaksi paineilman saa asemakohtaisesti katkaistua pois.

Nykyinen ohjelma ei ilmoita jokaisesta asemasta häiriöitä. Kone pysähtyy ja häiriön löytyminen on riippuvainen koneenkäyttäjän ammattitaidosta.

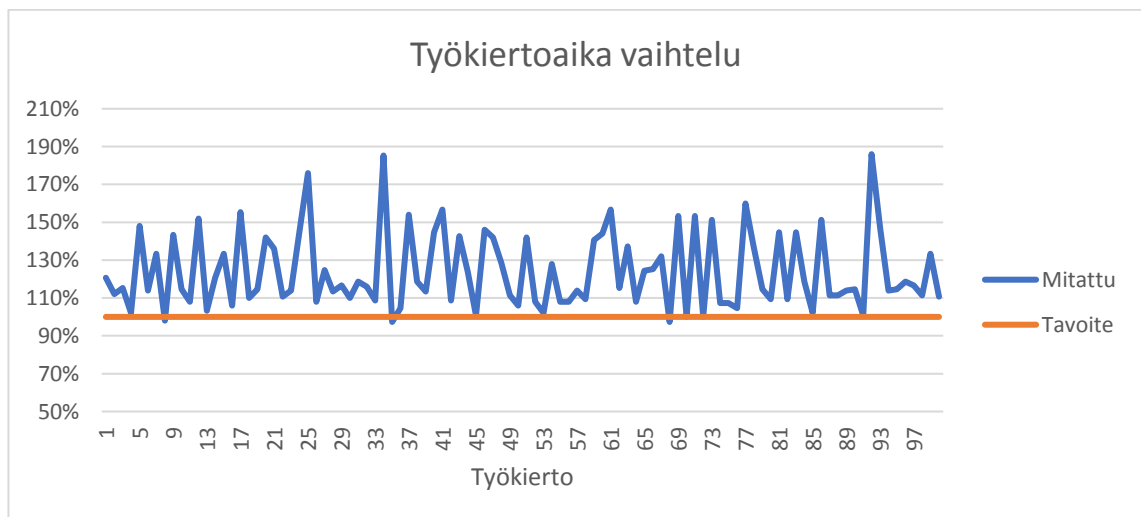


## 11 Jaksoaika

Tuotteelle on määritetty ennalta määrätty valmistusnopeus, jota käsitellään tässä opinnäytetyössä arvona 100 %

Nykytilakartoituksessa seurattiin videokuvaamalla 100 työkiertoa (liite 1), koska nykyinen ohjelma ei mahdollista jaksoaikadatan keräämistä. Nykyinen ohjelma näyttää ainoastaan edellisen jakson ja ei kerää aikaa tilastoon, josta voisi tarkkailla ja analysoida aikaisempia jaksoja.

Mitattujen jaksoaikojen keskiarvo oli 24 % pidempi kuin tuotteelle asetettu valmistusnopeus. Valmistusnopeus oli hitaimmillaan 88 % hitaampi kuin tuotteelle asetettu vaatimus ja nopeimmillaan 3 % nopeampi kuin vaadittu valmistusnopeus. Työkierron aikavaihtelut esitetty kuviossa 2.



Kuvio 2. 100 työkierron vaihtelut.

Kokoonpanokoneen suorittamista työvaiheista viimeiseksi työvaiheeksi ilmeni seitsemäs työvaihe, ollen viimeinen 79 kertaa. Muulloin viimeiseksi työvaiheeksi osoittautui kolmas työvaihe. Tämä johtui siitä, että robotti ei avusta asemia loogisesti, vaan avustaa sitä työasemaa, joka pyytää robottia ensimmäisenä avustamaan, jolloin muut työvaiheet jäävät odottamaan robottia.

## 12 Häiriöt

Häiriöitä seurattiin koneenkäyttäjien toimesta tuotteen ollessa valmistuksessa 4.4.-6.4.2020, 17.4.2020, 22.4.2020, 26.4-27.4.2020 ja 2.5.2020. (Liite 2.)

Työvuoron pituus on kahdeksan tuntia.

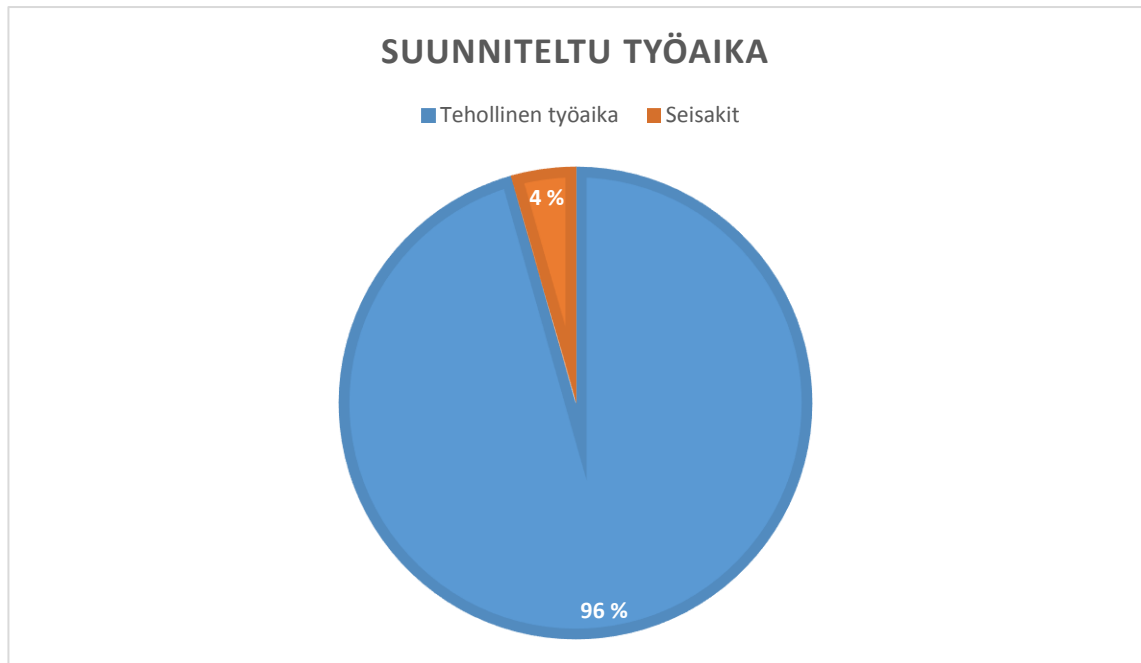
Koneenkäyttäjät merkitsivät listaan päivämäärän, tuotteen, rungon valmistusmaan, aseman, häiriön viankuvauksen, arvion häiriöön aikaan ja koneella ajatut tunnit.

Käyttötunneista vähennettiin vuoron alussa pakolliset aikahävikit (taulukko 3), eli kulunut käynnistysaika 5min, kaksi 15min taukoa, jotka koostuvat elpymistauoista ja vuoron loppuksi käytetty huoltoaika 15min, eli yhteensä 50min.

Toiminta	Minuutit	Tunnit	%
Työvuoro	480	8	100
Käynnistys	5	0,08	1
Elpymistauko	30	0,25	6,25
Loppuhuolto	15	0,5	3
Yhteensä	50	0,8	10
Käyntiaika	430	7,2	90

taulukko 3.

Ajanjaksolle suunniteltua työaikaa oli 3920 minuuttia (65,33 tuntia) joista tehollista tuotantoaikaa oli 3748 minuuttia (62,47 tuntia), ajat esitetty prosentteina kuviossa 2. Tehollisen tuotantoajan aikana saatiin valmistettua 2670 kappaletta, joista viallisia tuotteita oli 57 kappaletta, öljyntäyttöön tuotteita saatiin valmistettua 2613 kappaletta.



Kuvio 2.

Häiriöiden lukumääräksi tuli 35 häiriötä, joista aiheutui 172min seisakki-aika.

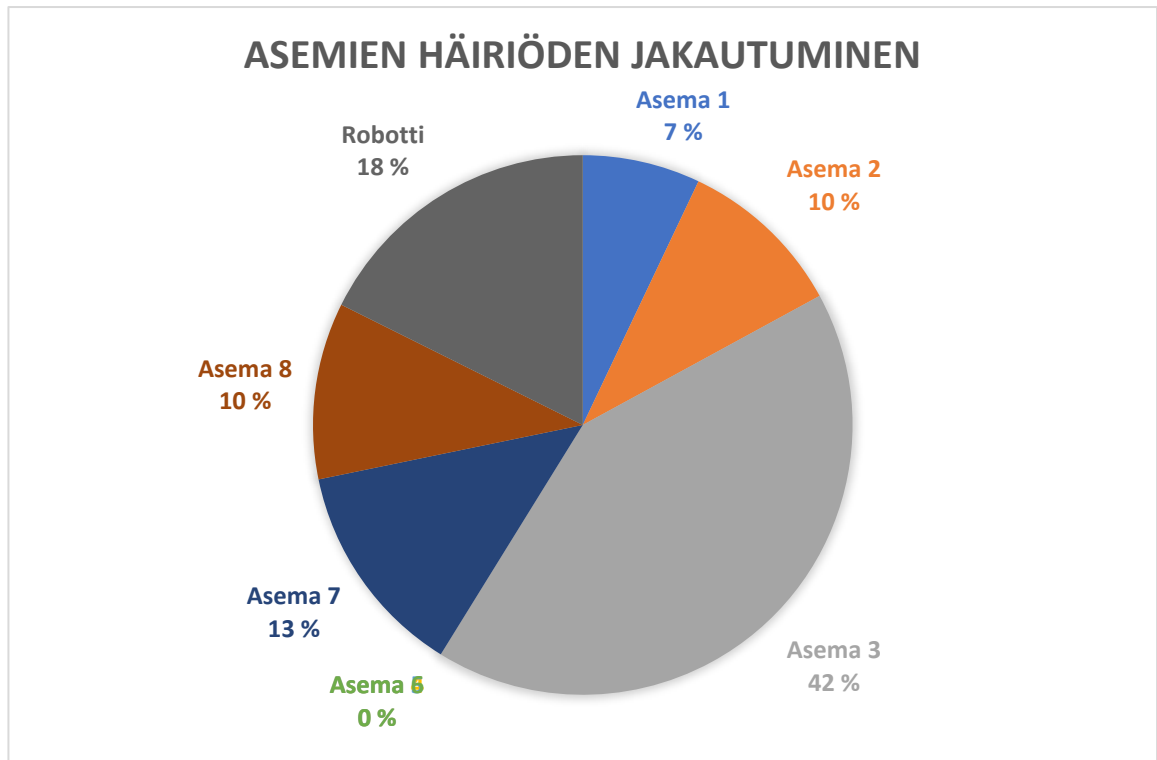
Häiriöiden väliseksi ajaksi (MTBF) tuli 1,78 tuntia.

$$MTBF = \frac{\frac{3748min}{60}}{35} = 1,78$$

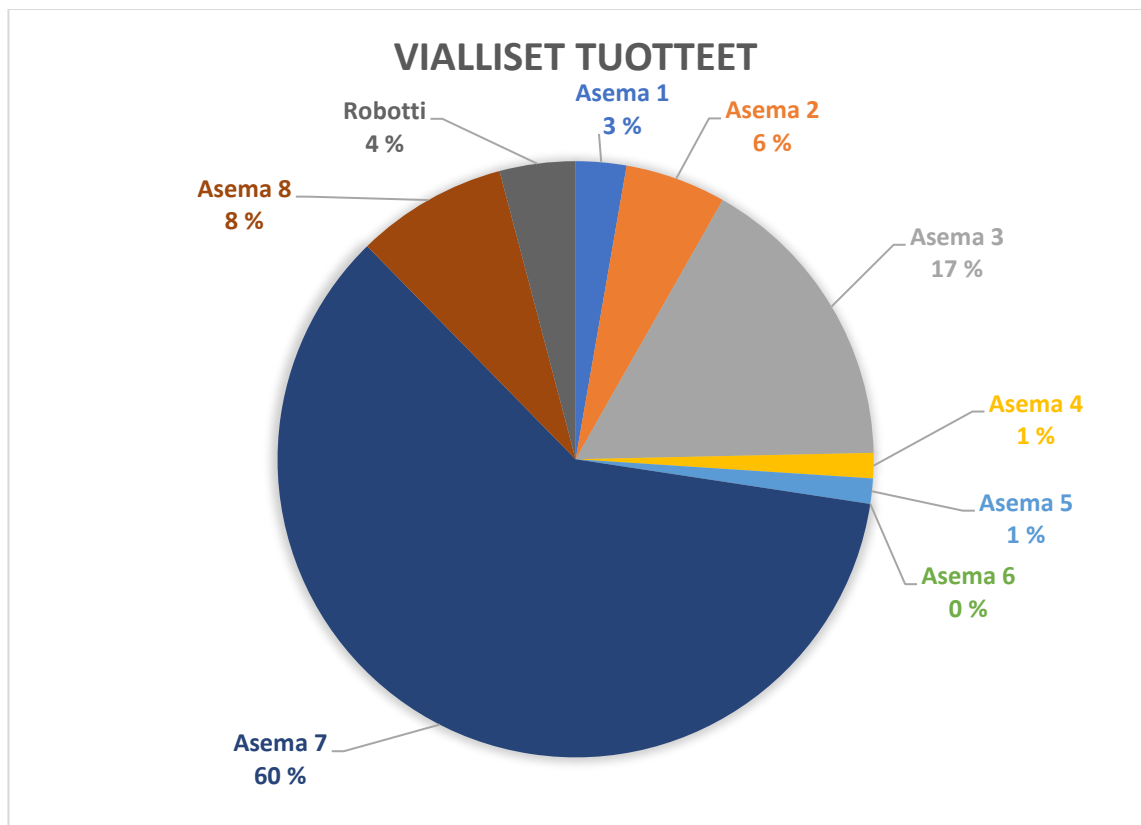
Laskennallisesti kokoonpano meni häiriöön n.1 tunnin ja 47min välein.

### 12.1 Häiriöiden jakaantuminen asemien välillä

Ajallisesti katsottuna suurimmat seisakki-ajat aiheutti asema 3, 70 minuuttia, häiriöt eritelty asemakohtaisesti kuviossa 3. Kappalemääriltään asema 7 aiheutti 38 viallista tuotetta ja 6 häiriötä, joista vialliset tuotteet olisivat aiheuttaneet häiriön öljyntäytössä, jollei koneen käyttäjä ei olisi poiminut niitä kokoonpanokoneen poistohihnalta, vialliset tuotteet asemakohtaisesti esitetty kuviossa 4. Asema 7:n vialliset tuotteet korjattiin koneenkäyttäjän toimesta käsin, johon kului koneenkäyttäjien työaika yhteensä 114min.



Kuvio 3. Asemien häiriöiden jakaantuminen.



Kuvio 4. Asemakohtaiset vialliset tuotteet.

## 13 Kokoonpanokoneen FMEA

FMEA painotettiin koskemaan asemaa 7, koska se aiheutti lukumäärältään suurimman osan vikaantuneista kappaleista ja näin ollen aiheutti koneenkäyttäjälle ovensulkimeen kohdistuvia korjaustoimenpiteitä ja vika on vaikeasti havaittavissa.

FMEA Työryhmään kuului itseni lisäksi koneen käyttäjät. FMEA:ssa ei käsitelty toimenpiteitä, vastuuhenkilöitä tai aikataulutettuja toimenpiteitä, vaan jätettiin toimenpiteet mahdollisen koneen uusimisen / modernisoinnin jälkeiseen hetkeen.

FMEA:n pohjana käytettiin Abloy:n omaa FMEA-kaaviota (Liite 3.) ja pisteytykseen Abloy:n omia vakavuustaulukkoa (Liite 4.), esiintyvyydestaulukkoa (Liite 5) ja löydettävyydestaulukkoa (Liite 6) ja niistä saatavia pisteitä. Pisteytysjärjestelmä on luotu vastaamaan Abloy:n tarpeita FMEA:n luomisessa.

FMEA:n päämäärä oli löytää käyttäjänäkökulmasta suurimmat vikaantumisien aiheuttajat sekä helpottaa jatkossa mahdollisten toimenpiteiden suorittamista.

Pisteytyksessä suurimmat pisteet saivat voimansäätimen asennukseen käytetty pyöriysservo 378 pistettä ja siinä sijaitsevat kiinnityskynnet 315 pistettä. Luistin, joka siirtyy voimansäätimen päälle pitääkseen voimansäätimen paikallaan 256 pistettä, voimansäätimen kohdistimen kiinnityskynnet 256 pistettä, voimansäätimenkohdistimen optinen anturi 256 Pistettä.

FMEA:n perusteella koneen luotettavuutta ja toimintavarmuutta parantaakseen täytyisi kohdistaa toimenpiteitä juuri näihin pisteisiin.

## 14 Kokoonpanokoneen kokonaistehokkuus

Koneen käytettävyys saatiin laskettua kerätyistä tiedoista

$$\text{Käytettävyys } A(t) = \frac{3920}{3920 + 172} = 0,9579 = 96\%$$

Koneen nopeuden arvoksi saatiin laskettua kerätyistä tiedoista

$$\text{Nopeus} = \frac{2670}{(1,3333 * 3748)} = 0,5343 = 53\%$$

Koneen tuottaman laadun arvoksi saatiin laskettua kerätyistä tiedoista

$$\text{Laatu} = \frac{2613}{2670} = 0,9787 = 98\%$$

Näistä tiedoista saadaan laskettua koneen OEE-luku.

$$96\% \times 53\% \times 98\% = 50\%$$

Tätä OEE-Lukua voidaan pitää varsin huonona, koska tällä arvolla kokoonpanokoneen kokonaistehokkuus on 50% .

## 15 Yhteenveto

Yhteenvetona kerätyistä tuloksista selviää, että kone ei vastaa sille asetettuja jaksoajan tavoitteita. Kokoonpanokoneen toiminta on epätasaista, joka estää kokoonpanokoneen jaksoajan optimoinnin. Kokoonpanokoneen käynti täytyisi saada stabiiliksi, jotta kokoonpanokoneen yksiköiden toimintaa saataisiin tehostettua.

Komponenttien osalta kokoonpanokone on vanhentunut ja vaatii komponenttien uusimisen. Komponenttien toimittajilla on tarjota vastaavanlaisia komponentteja kuin vanhentuneet komponentit, mutta valmistaja ei voi luvata 1:1 sopivuutta jo olemassa olevaan komponentteihin, siksi komponenttien uusiminen ja nykyaikaistaminen voi aiheuttaa koneeseen rakenteellisia muutoksia sekä muutoksia kokoonpanokoneen käyttöjärjestelmään, tämä voi aiheuttaa kokoonpanokoneeseen pitkäaikaista huoltoseisakkaa.

Komponentit toimivat sarjaan kytkettyinä, jolloin yhden komponentin vikaantuessa koko prosessi pysähtyy. Komponentti tai toimilaite ei ilmoita vikatilasta, jolloin koneen käyttäjän on itse etsittävä mahdollinen vika ja vian

löytyminen. Vian korjaaminen sekä koneen toimintakuntoonsaattaminen perustuu pitkälle käyttäjän omaan kokemukseen. Tämä ongelma olisi korjattavissa ohjelman muutoksella ja yksikkökohtaisilla ilmoitusvaloilla.

Kokoonpanokoneen kokonaistehokkuus on huono OEE:n ollessa 50 %. Kokonaistehokkuutta laski koneen koneelle suunniteltu tuotantonopeus ja kokoonpanokoneen työkierron aikaheittelyt.

Parannuksina koneeseen olisi suorittaa hallittu ja suunniteltu huolto, jossa vaihdetaan vanhentuneet komponentit uusiin. Lisäksi tulisi optimoida robotti suorittamaan vakiintuneen työkierron sekä tuoda kokoonpantavat osat jo kohdistettuna kokoonpanosoluun, näin jokainen asema olisi valmiina suorittamaan työkiertonsa heti kun pyöröpöytä on pyörähtänyt.

Hankaluuksina opinnäytetyössä oli vallitseva korona-tilanne, joka sulki koulut sekä kirjastot vaikeuttaen tiedonhankkimista. Korona myös vaikutti tehtaalla hankittavaa tiedon keruuta, koska Abloyn ohjeistukset määräisivät välttämään henkilöiden kohtaamista.

Opinnäytetyöhön kerättäviä tietoja oli mahdollista kerätä ainoastaan silloin kun kokoonpanokone oli kyseisellä tuotteella ajossa.

Komponenttien kartoituksessa vaikeuksia oli tunnistaa komponentteja, koska kokoonpanokone oli vanha, niin merkinnät ja osoitemerkit olivat ajan saatossa irronneet tai pyyhkiytyneet pois. Komponenttien luoksepäästävyys oli osittain mahdotonta, koska koneeseen oli vuosien varrella lisäilty uusia komponentteja vanhojen komponenttien eteen.

Opinnäytetyötä tehdessä selvisi myös, että koneen huoltotehtävät ja ohjelman muutokset osaa tehdä vain yksi yritys, joka sijaitsee Lahdessa. Tästä aiheutuu riski huollon sekä muutoksien saatavuudelle, yrityksessä on ainoastaan yksi henkilö.

## **16 Kiitokset**

Kiitän Abloy Oy:tä luottamuksesta suorittaa opinnäytetyöni Abloy Oy:llä.

Abloy Oy:ltä erityiset kiitokset Tuotantopäällikkö Harri Saastamoiselle sekä jo muihin haasteisiin siirtyneen ohjaajaani Harri Hoffrenia neuvoista sekä tuesta opinnäytetyöni saralla.

Erityismainintana kiitän koneenkäyttäjien Mika Tolvasta ja Jani Hirvosta pitkäjänteisyydestä, ammattitaitonsa jakamisesta ja hyvistä hermoista jatkuvien kysymystulvieni vuoksi.

Kiitokset myös Marrinny Renyaan tuesta sekä jaksamisesta niinä hetkinä, kun tuntui että seiniä nousi vastaan joka puolelta.



## Lähteet

1. <https://www.abloy.com/fi/tuotteet/tuotekatalogi/ovensulkimet-ja-palonsulkujarjestelmat/ovensulkimet/> (Luettu 13.12.2020)
2. <https://www.abloy.com/fi/yritys/> (Luettu 13.12.2020)
3. <https://www.abloy.com/fi/yritys/tehdas/> (Luettu 13.12.2020)
4. <https://www.abloy.com/fi/yritys/kestava-kehitys/> (Luettu 13.12.2020)
5. Ericson II, C. 2015. Hazard Analysis Techniques for System Safety. New Jersey: John Wiley & Son, Inc. Painos 2. FMEA historia ja käsitteet. S.279-280
6. Heinonkoski, R. 2004. Koneautomaation kunnossapito. Opetushallitus.
7. Iannone, R. & Nenni M. 2013 Operations Management. Italy, University of Rome Tor Vergata. Schiraldi, M. 5 Losses analysis.
8. Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åstrom, T. 2007. Kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy. Painos 4. S11-21
9. Lane, G. 2009, Mr Lean Buys and Transforms a Manufacturing Company. Boca Ration, Florida, United States: Taylor & Francis Group. OEE S. 233-234.
10. Spitas, C. Spitas, V. & Rajabalinejad, M. 2013. Case Studies in Advanced Engineering Design : Proceedings of the 1st International Symposium. Amsterdam, Netherlands: IOS Press BV. FMEA S.99-100
11. SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Painos 3.
12. Tobias, S. 2015. Illustrade guide to door hardware: Design, Specification, selection. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey. S.253-254