



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Konetekniikka

Automatisoidun kokoonpanolinjan investointianalyysi ja kunnossapito- suunnitelma

Eetu Koponen

Opinnäytetyö, Marraskuu 2021

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2021
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Eetu Koponen

Nimeke
Automatisoidun kokoonpanolinjan investointianalyysi ja kunnossapitosuunnitelma

Toimeksiantaja
Yritys X

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä kartoitetaan kokoonpanolinjan investointianalyysi, kehitetään käytössä olevaa kunnossapitosuunnitelmaa ja arvioidaan laitteiston luotettavuutta. Kokoonpanolinjaan ei ole aikaisemmin tehty nykytilaselvitystä, mutta sitä on kehitetty kokon elinkaaren ajan.

Opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa linjaston modernisaation vaatimukset sekä sen toimintakunnon ylläpitoon vaadittavat kunnossapidon toimet ja selvittää investointitarpeet.

Opinnäytetyö suoritettiin syksyllä 2021 yrityksen tiloissa käymällä tuotantolinjan solut läpi yksitellen sekä asettamalla koko linja seurantaan, jossa määritettiin häiriöaltteimmat solut ja tuotteet.

Opinnäytetyössä ilmeni, että kokoonpanolinja on kiireellisesti uusinnan ja investointien tarpeessa. Iso osa komponenteista on vanhentuneita, ja robotiikka on saapumassa tiensä päähän.

Linja saavuttaa kuitenkin sille asetetun tavoitetason suhteellisen helposti, jos linjaston komponentit uusitaan.

Kieli
suomi

Sivuja 50
Liitteet 4
Liitesivumäärä 12

Asiasanat
Kunnossapito, investointi, kokoonpano, kunnossapitosuunnitelma



THESIS
November 2021
Degree Programme in Mechanical Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Eetu Koponen

Title
Investment Plan and Maintenance Plan Improvement for an Automated Assembly Line
Commissioned by
Company X

Abstract

This thesis reviews an automated assembly line by constructing an investment plan, evaluating the reliability and usability and by crafting a maintenance plan. The assembly line has been developed through the span of its life cycle, but it has never had a life cycle analysis.

The purpose of this thesis was to map the requirements of both modernization and maintenance for the assembly line to meet its desired operational condition. The thesis was conducted during the fall of 2021 by reviewing and listing all components in the assembly line and by tracking failures and disorders in it through a form.

The results of this thesis indicate that the assembly line is in dire need of renewal and investments. A significant portion of the components were outdated, and the robotics was becoming to the end of its service life. Through the renewal of outdated components, the assembly line will reach its desired level once again with ease.

Language
Finnish

Pages 50
Appendices 4
Pages of Appendices 12

Keywords
maintenance, investment, assembly, maintenance plan

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Kokoonpanolinjan toimintaperiaate	5
1.2	Tavoitteet	5
2	Tuotanto-omaisuuden hoitaminen	6
2.1	Tuotanto-omaisuuden hoitamisen osa-alueet	7
3	Kunnossapidon lajit ja strategiat	8
3.1	Kunnossapidon menetelmät	9
3.2	Kunnossapidon kustannukset	10
3.3	Kunnossapitolajit	10
3.4	Total Productive Maintenance, kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito	12
3.5	Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito	13
3.6	KNL-luvun määrittäminen	14
3.7	Toimintavarmuus	16
3.8	Lean six sigma	17
4	Vika ja vikaantuminen	18
4.1	Vikaantumisen havainnointi	19
4.2	Käytön vaikutus vikaantumiseen	19
5	Investointi	20
5.1	Investointien luokittelu	21
5.2	Investointilaskennat	21
5.3	Takaisinmaksuaika	22
5.3.1	Takaisinmaksuaika yritys X:n mukaan	23
6	Kokoonpanolinjan prosessikuvaus	23
7	Kokoonpanolinjan nykytila	27
7.1.1	Komponenttien saatavuus eri soluissa	29
7.2	Linjaston häiriöseuranta	32
7.2.1	Häiriöseurannan tulokset	33
7.3	Häiriöajat eri soluissa	36
7.4	Kokoonpanolinjaston tehokkuus	38
7.4.1	KNL-laskenta	40
8	Kokoonpanolinjan investointitarpeet	40
8.1	Kokoonpanolinjan kustannukset	41
8.2	Komponenttien kustannukset	42
9	Investointien suunnittelu	43
9.1	Investoinnin kannattavuus	44
10	Kunnossapito- ja huoltosuunnitelma	45
10.1	Määräaikaishuollot	46
11	Tulokset	47
12	Pohdinta	48
	Lähteet	50

Liitteet

Liite 1	Päivitetty materiaaliluettelo.
Liite 2	GWS-linjan seurantalomake.
Liite 3	Häiriöseurannan tulokset.
Liite 4	Kunnossapitosuunnitelman pohja.

Keskeiset käsitteet

LCC	Life Cycle Cost, elinkaarikustannus
LCP	Life Cycle Profit, elinkaarituotto
TPM	Total Productive Maintenance, kokonaisvaltainen tuotava kunnossapito
RCM	Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito
BRICS	Brazil, Russia, India, China, South Africa (Brasilia, Venäjä, Intia, Kiina ja Etelä-Afrikka), suuren talouskasvun omaavia valtioita
IOT	Internet Of Things, "älylaitteiden netti"
DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve, Control, (Määritä, mittaa, analysoi, paranna, hallitse) Six sigman ongelmanratkaisumalli
TQM	Total Quality Management, kokonaisvaltainen laatujohtamisen malli
COPQ	Cost of Poor Quality, laatuhevikki
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis, vika- ja vaikutusanalyysi
MTBF	Mean Time Between Failures, keskimääräinen aika häiriöiden välillä

1 Johdanto

Kilpailu tekniikan aloilla on kasvanut räjähdysmäisesti viimeisen sadan vuoden aikana. Kilpailu on aiemmin tapahtunut laadun ja hinnan ympärillä, mutta nykyään entistä tärkeämmäksi ovat nousseet toimitusvarmuus ja yleisesti nopeat toimitusajat. Monessa yrityksellä pyritään siihen, että koneet toimivat katkeamatta vuorokauden ympäri ainakin viitenä päivänä viikossa.

Tämänlaisessa, suhteellisen kiireellisessä, tuotantomallissa ei yksinkertaisesti ole aikaa pysäyttää tuotantoa korjaus- tai huoltotoimenpiteitä varten, jolloin helposti kaikki huolto unohtuu täysin. Tämä kuitenkin nostaa konerikkojen määrää ja nostaa kuluja, kun hajonneita koneita pitää korjata ja linjaa seisottaa.

1.1 Kokoonpanolinjan toimintaperiaate

Kokoonpanolinja koostuu kahdesta kokoonpanoautomaatista, öljyntäytösolusta, pesukoneesta ja lukitussolusta. Linjalla tapahtuu tuotteen täydellinen kokoonpano, öljyntäytöllinen testaus ja lukitus jättäen jälkeensä valmiin kappaleen. Linjalla pystytään muutostyökalujen ja -osien avulla valmistamaan lukuisia erilaisia tuotteita ollen täten tehtaan versatiilein kokoonpanolinja. Automatisoitu kokoonpanolinja tässä tapauksessa tarkoittaa sitä, että ihmistä työllistetään vain linjojen tyhjentämiseen ja täyttämiseen satunnaisten häiriöiden korjausten lomassa sekä tuotemallilta toiselle siirtyessä asetuksen vaihtamista. Asetuksen vaihtamiseen kuuluu malleista riippuen komponenttien muuttamista tai vaihtamista ja robotiikan ohjelman parametrien muuttamista. Kuskien tehtävänä on myös koota vuoron aikana käytettäviä osia. Käsikokoonpano-osat riippuvat ajettavasta mallista ja niiden määrä ennalta määrättyistä tavoitemääristä, jotka jokaiselle tuotemallille on määritetty.

1.2 Tavoitteet

Tavoitteena tällä insinööriyöllä on selvittää yritys X:n automatisoidun kokoonpanolinjan investointien kannattavuus, varmistaa linjastossa käytettävien

komponenttien saatavuus ja parantaa nykyisin käytössä olevaa kunnossapitoa sen suunnittelun kautta. Tämänhetkinen malli on toteutettu siten, että linjaan tehdyt huolto- tai korjaustoimenpiteet ovat kuskien muistin varassa. Tästä johtuen aika- tai kuormitusmitoitettut osat hyvin usein kulutetaan yli niiden sallitun määrän, jolloin konerikko on linjalle vain ajan kysymys. Toimeksiantaja on ulkoistanut kunnossapitonsa erilliselle yritykselle, jonka kanssa yhteistyössä tämä työ on toteutettu.

2 Tuotanto-omaisuuden hoitaminen

Tavallisesti yritykset ovat huolehtineet valmistusprosessien toiminnasta kunnossapidon avulla, mikä on ollut pääosin korjaavaa. Kun koneet monimutkaistuivat ja tuotanto kasvoi, huomattiin nopeasti, että tehokkaammalle tavalle toimia on suuri tarve. (Järviö & Lehtiö 2017, 14.)

1970-luvulla alettiin kehittämään tapoja, joilla pystyisi laskemalla selvittämään epäkäytettävyyttä ja LCC- sekä LCP-arvoja. Tästä kului kuitenkin parikymmentä vuotta, ennen kuin ne levisivät yleiseen käyttöön. Taloudellisten tekijöiden tullessa mukaan alkoi käsite laajentua tuotanto-omaisuuden hallinnaksi. (Järviö & Lehtiö 2017, 14.)

Korjaamisen käsitys alkoi laajentua hajonneen tuotanto-omaisuuden korjaamisesta sen häiriöiden ja vikojen estämiseen. Ymmärrys perinteisestä kunnossapidosta laajentui samalla: vikoja ei aina pysty välttämään, mutta niiden vaikutuksia voidaan. Taloudellinen merkitys tällä kehityksellä oli suuri, sillä usein vikaantumisen aiheuttamat epäkäytettävyyuskustannukset, eli seisokit, ylittävät vian korjaamisen kustannukset. Reagoiva kunnossapito, jossa prosessin häiriötilanteisiin puututaan vasta konerikkojen kohdalla, onkin tehottomin ja kallein toimintamalli, eikä sitä pystytä johtamaan käytännössä lainkaan. (Järviö & Lehtiö 2017, 14-15.)

2.1 Tuotanto-omaisuuden hoitamisen osa-alueet

Teollisuuden näkökulmasta tuotanto-omaisuuden hallinnassa on neljä osatavoitetta: tuotantokapasiteetin kehittäminen ja käytön johtaminen, tuotanto-omaisuuden hoitaminen, ympäristö- ja työturvallisuus sekä logistiikka ja sen hallinta. Logistiikka ja sen hallinta näkyvät suoraan muissa toiminta-asteissa. Tarpeettomat viiveet tarvikkeiden tai osien toimituksessa kasvattavat seisokkiaikoja pudottaen tehokkuuslukemia. Tuotanto-omaisuuden hoitamiselle taasen pyritään estämään ajallista rajoittuvuutta. Oikeanlaisella hoitamisella saadaan tuotannon laitteisto kestävästi sovitun hyvänä, mahdollisesti jopa uuden veroisena. Tänä päivänä ympäristön sekä työturvallisuuden vaalimista arvostetaan paljon enemmän kuin ennen, ja se näkyykin konkreettisesti viranomais määräyksissä ja kuluttajan ostopäätöksissä. Tuotantokapasiteetin kehittämisellä ja käytön johtamisella tarkoitetaan kilpailukykyä volyymin ja laadulla. Pienenä pohjoismaana Suomi ei pysty kilpailemaan niin kutsuttuja BRICS-maita vastaan kapasiteetissa, mutta laadussa nämä maat eivät vielä ole kehittyneet meidän tasollemme. Monet yhdysvaltalaiset yritykset ovatkin tästä syystä tuomassa Meksikoon ja Kiinaan siirrettyä tuotantoa takaisin omalle maaperälleen. BRICS-ilmiö on samoista syistä vaimentumassa muissakin teollistuneissa valtioissa. (Järviö & Lehtiö 2017, 15-16.)



Kuva 1. Tuotanto-omaisuuden hoitamisen osa-alueet. (Järviö & Lehtiö 2017, 15.)

Kuvasta 1 ilmenee proaktiiviset kunnossapidon toimet sekä korjaava kunnossapito, joka ei niihin kuulu. Proaktiivisen kunnossapidon toimia voidaan aikatauluttaa ja suunnitella, kun taas reagoivan ei. Reagoivan kunnossapidon toimet on aloitettava heti vikaantumisen ilmeennyttyä. (Järviö & Lehtiö 2017, 15.)

3 Kunnossapidon lajit ja strategiat

SFS-EN 13306:2017 standardi määrittää kunnossapidon 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”.

PSK 6201:2011 standardissa se on selitetty näin:

”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.”

Lisäksi PSK 6201 (2011) standardissa mainitaan käytön, käynnissäpidon, logistiikan, parannuksen, muutoksen ja tehdaspalvelun olevan kunnossapidon keskeisiä käsitteitä.

Standardien mukaiset määritykset toimivat korjaavan eli reagoivan kunnossapidon ympärillä. Kunnossapito on tuotanto-omaisuuden tuottokyvyn ylläpitämistä, säätämistä, säilyttämistä ja kehittämistä. Yrityksien laitehankintojen ideana on saada laite tuottamaan haluttua tuotetta tai suorittamaan haluttua työtehtävää. Kunnossapidon ideana on varmistaa, että haluttua tuotetta saadaan valmistettua tai työtehtävää koneella tehtyä. Tämän pohjalta kunnossapidon tulisi estää laiterikkoja ennaltaehkäisevästi. Laitteen toimintakunto ei saisi ajan mukana huonontua eikä sen saisi antaa hajota, säilyttäen siltä vaaditun laatutason ja käyttöturvallisuuden. Laitteiston tai laitteen modernisointi, suunnitteluheikkouksien korjaaminen ja toimintakyvyn analysointi liittyvät vahvasti kunnossapitoon samalla kehittäen käyttö- ja kunnossapitotaitoja. (Järviö & Lehtiö 2017, 19.)

Kunnossapitoa tarvitaan kaikilla toimialoilla, joissa käytetään koneita. Vaikka sitä tarvitaankin jokaisella alalla, eivät käytännön toimet ole välttämättä lähelläkään toisiaan. Toimintaperiaatteet ja tavoitteet kunnossapidon suhteen kuitenkin ovat. Aineettomia palveluita, kuten IT-tukea, ei lasketa kunnossapidoksi, vaikka se muistuttaakin sitä. (Järviö & Lehtiö 2017, 20.)

3.1 Kunnossapidon menetelmät

Järviön ja Lehtiön (2017, 24-25) mukaan kunnossapidon eri sukupolvissa on tapahtunut kehitystä käytetyissä menetelmissä. Ensimmäinen sukupolvi hyödynsi kunnossapitoa lähinnä nopealla reagoinnilla ja korjaamisella. Toinen sukupolvi otti jo käyttöön jaksotettuja kunnossapitotoimia ja työn suunnittelua. Kolmannen sukupolven aikana alettiin kiinnittämään huomiota kunnonvalvontaan, luotettavuuden arviointiin konehankinnoissa, analyyseihin ja

asiantuntijoihin. Nykyinen, eli neljäs sukupolvi on lisännyt mekaanisen kunnossapidon rinnalle laitteiden toimintoja ohjailevien ohjelmien kunnossapidon, tarkempaa mittausta esimerkiksi sensorien avulla ja laadun mittaamisen. Laatu mitataan joko valmistusprosessin käyttäymisen tai varsinaisen lopputuotteen kautta. Yleisen laitekannan kehityttyä myös prosessiohjatut laitteistot, jotka talentavat vika- tai häiriötilanteessa muistiin tietoja tapahtuneesta, antaen tarkempaa tietoa ja mahdollistaen elinkaarianalyysien suorittamisen. Samalla tavoin teknologian avulla nykyään hyödynnetään etävalvontaa, kuten IOT, asiantuntijoiden käytön tehostamiseksi. Teknologiakehitys on vaikuttanut myös käyttökäytökuntaan, sillä käynninvalvonnan kautta saadaan välitöntä tietoa, jos jokin prosessin osa-alue ei toimi suunnitellulla tavalla. Kunnossapito onkin muuttunut enemmän kunnonvalvonnaksi, jota yleensä valvoo koneenkäyttäjä itse. (Järviö & Lehtiö 2017, 24-25.)

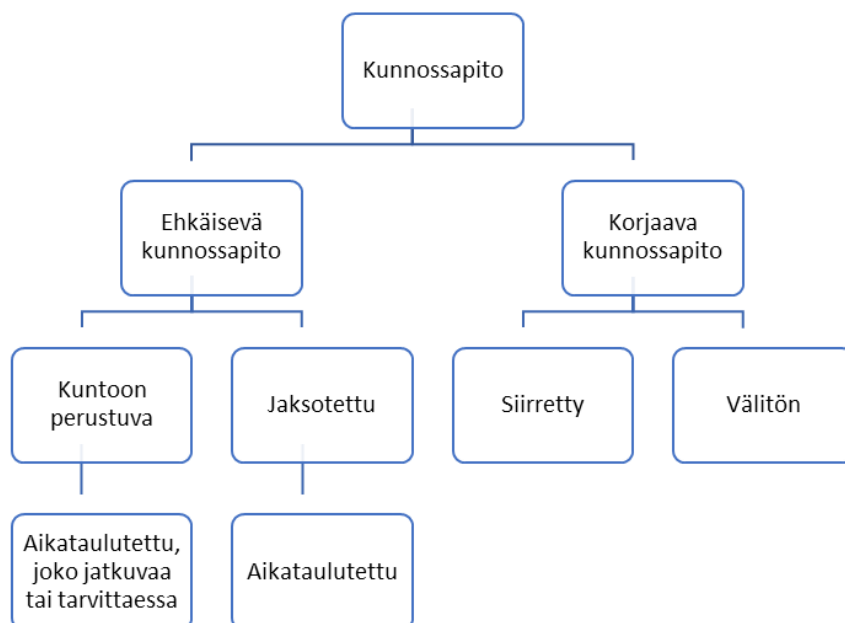
3.2 Kunnossapidon kustannukset

Kunnossapidon kustannuksiin vaikuttaa sekä toiminnan tehostuminen että uudet kunnossapitotekniikat. Koska kiinnostus kunnossapitoon on noussut, myös laitevalmistajat pyrkivät tuottamaan käyttäjä- ja kunnossapitoystävällisiä laitteita, sillä elinjaksokustannuksia suunniteltaessa edullisesti kunnossapidettävä kone nousee haluttavammaksi. Tuotantomäärien kasvu sekä prosessien monimutkaistuminen nostavat kunnossapitokustannuksia, minkä takia on arvioitu automaation yhä kasvaessa myös kunnossapitokustannusten nousevan tulevien vuosikymmenien tullessa. Lyhenevät elinkaaret laitteissa saattavatkin johtaa siihen, ettei tulevaisuudessa laitteisto ehdi vikaantua ennen niiden uusimista ja käytöstä poistoa. (Järviö & Lehtiö 2017, 25.)

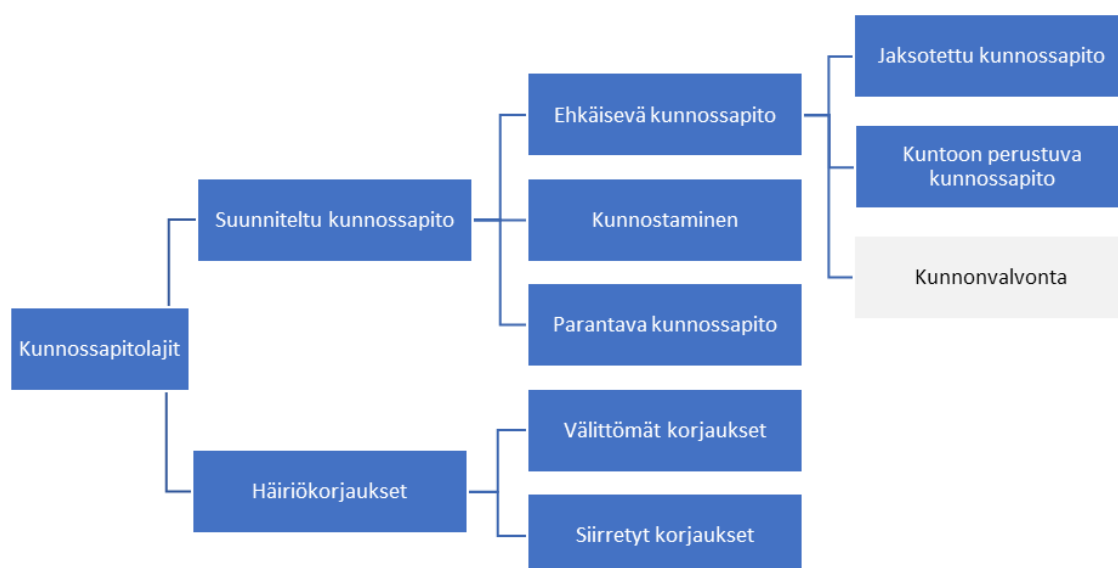
3.3 Kunnossapitolajit

Kunnossapito jaetaan eri lajeihin, sillä siten pystytään seuraamaan kunkin lajin tehokkuutta ja vertailemaan niiden keskeisiä kustannuksia sekä työtunteja. Kuvio 1 esittää SFS-EN 13306 -standardin mukaisen jaon kunnossapitolajeissa.

Tämän standardin perusteella jako tehdään ehkäisevän ja korjaavan kunnossapidon välillä. (Järviö & Lehtiö 2017, 46.)



Kuvio 1. SFS-EN 13306 standardin mukainen jako kunnossapitolajeissa. (Järviö & Lehtiö 2017, 47.)



Kuvio 2. PSK 6201:2011 standardin mukainen jako kunnossapitolajeista, sekä harmaassa muodossa PSK 7501:2010 standardin eriäväisyys siihen. (Järviö & Lehtiö 2017, 47.)

Kuviosta 2 nähdään, että PSK 6201 standardi jakaa kunnossapitolajit suunnitelun kunnossapidon ja häiriökorjauksien välillä. Ulkomailla käytössä oleva jako reagoivan ja proaktiivisen kunnossapidon kanssa on täysin sama. PSK 7501:2010 jakaa kunnossapitolajit muuten täysin samoin, mutta siihen on lisätty kunnonvalvonta ehkäisevän kunnossapidon alle. (Järviö & Lehtiö 2017, 47.)

3.4 Total Productive Maintenance, kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito

Total Productive Maintenance eli suomeksi kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito usein lyhennetään muotoon TPM. TPM:n perimmäinen idea on muodostaa yksilöistä joukkueita, jotka haluavat sekä pystyvät parantamaan tuotannon kustannustehokkuutta. TPM:n tehokkuus perustuu laadun ylläpitoon, tuottavaan kunnossapitoon, tuotantotekniikkaan, siisteyteen ja tekniikan taitaviin työntekijöihin. (Laine, 2010, 42-43.)

Jokaisen tehtaan TPM-ohjelma on poikkeaa toisistaan. Kaikilla ohjelmilla on kuitenkin samat raamit, joissa huomioidaan muun muassa laitteistoin tehokkuuden maksivoivat tavoitteet, tuottavan kunnossapidon järjestelmä sekä kaikkien osallistuminen (Laine, 2010, 43). TPM:n vahvuuksia onkin ylläpitää tuotannolle tärkeimpien koneiden toimintakuntoa sekä optimoida suorituskykyä. (Järviö & Lehtiö 2017, 148.)

TPM:n käyttöönottoon ei ole yhtä ainoaa mahdollista reittiä. Jos yrityksessä ei välttämättä ole täyttä ymmärrystä tuotantolinjan potentiaalista, on syystä tehdä käynnissäpidon analyysi. Käynnissäpidon analyysissä arvioidaan käynnissäpidon nykytila, arvioidaan mahdolliset TPM:n tuomat hyödyt, arvioidaan kehittämismahdollisuudet ja kirjataan kehittämissuosituksat. Suppeallakin analyysillä päästään jo pitkälle, jos tehtaassa ei ole ennen TPM:ää hyödynnetty. Jos tehtaassa on TPM jo käytössä joiltain osin, kannattaa aloittaa laaja selvitystyö toimivan jatko-ohjelman löytymiseksi. (Laine, 2010, 52.)

3.5 Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito

Reliability Centered Maintenance eli suomeksi luotettavuuskeskeinen kunnossapito yleensä lyhennetään RCM:ksi. Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu on ollut aina yksi kunnossapidon ongelmista. Kunnossapito-ohjelmia on suunniteltu omakohtaisten kokemusten sekä valmistajien ohjeiden mukaan, jolloin ehkäisevää kunnossapitoa on tehty käytännössä turhaan. John Moubray, joka tunnetaan RCM-metodin kehittäjänä, totesi aikanaan Suomessa pitämällään luennolla, että miltei puolet meidän tekemästämme kunnossapidosta on täysin turhaa. Tällaisen turhan kunnossapidon esimerkkejä löytyy muun muassa koneiden, kuten vaihdelaatikkojen, avaamisella niiden toimintakunnon selvittämiseksi. Pahimmassa tapauksessa tällaiset purkamiset altistavat koneita vikaantumiselle tehden enemmän haittaa kuin hyötyä. Kunnossapitoa myös viljellään tuottavimmille koneille ja prosesseille, vaikkeivat ne välttämättä sitä yhtään enempää tarvitsisi. Ehkäisevän kunnossapidon tärkeys on ymmärretty, mutta metodit saattavat olla aivan väärinä. Kunnossapito-ohjeitakaan ei aina päivitetä laitekannan ikääntyessä tai kokonaan uusiutuessa. (Järviö & Lehtiö 2017, 163.)

RCM on nimensämukaisesti luotettavuuskeskeistä siinä mielessä, että epäluotettavuutta ei anneta syntyä prosesseissa. RCM-toimintamallilla kehitetään joko yksittäiselle osalle tai kokonaiselle koneelle sen vaatima kunnossapito-ohjelma. Koneen kriittisille komponenteille yksittäiset kunnossapito-ohjelmat ovat tärkeitä, jos koko koneen toiminta on sen yhden komponentin varassa. RCM-menetelmässä selvitetään eniten kunnossapitoa vaativat prosessit ja asetetaan ne tärkeysjärjestykseen. Seuraavaksi selvitetään koneiden tyypit, niiden mahdolliset vikaantumiset sekä se, mitä niiden vikaantuminen aiheuttaa prosessille ja itse laitteelle. Näiden selvittyä tutkitaan mahdolliset kunnossapidolliset keinot ja selvitetään, onko niiden käyttö järkevää. (Järviö & Lehtiö 2017, 165.)

RCM:n keskeisimmät päämäärät ovat seuraavat:

- laitekannan kunnossapitotarpeen priorisoiminen.

- Laitteiden vikaantumismekanismit eli raja- ja turvalaitteet saatetaan kunnossapidon piiriin.
- Laaditaan selvät ohjeet vikaantumisen varalle sellaisiin laitteisiin, joihin ei tehokkaita ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä löydy.
- Käyttöhenkilökunta opastetaan kriittisten komponenttien toiminnan seurantaan.
- Kunnossapidon kustannuksien analysointia aletaan kehittämään. (Järviö & Lehtiö 2017, 167.)

Koska RCM on hyvin raskas toteuttaa sen vaatiessa kaikkien koneiden sekä prosessien tutkimisen, on se myös kallis. Tästä syystä nykyään löytyy myös kevennettyjä versioita, joita kutsutaan Streamlined RCM:ksi (SRCM). Näille tyypillisiä ominaisuuksia on jonkinasteinen olettaminen, jota ei normaalissa RCM:ssä ole ollenkaan. Tämä tarkoittaa sitä, että samantyylisten prosessien dataa ei tarvitse kerätä molemmista erikseen, vaan lähtötietoina voi käyttää edellisen prosessin tuloksia. (Järviö & Lehtiö 2017, 166.)

3.6 KNL-luvun määrittäminen

KNL laskenta, eli käyttötehokkuuden laskenta on suomennettu englanninkielisestä OEE:sta. OEE tulee sanoista Overall Equipment Efficiency. Laskentakaava KNL muodostuu sanoista käytettävyys, nopeus ja laatu. Näistä saadaan kaava 1:

$$\text{Laitteiston tehokkuus} = \text{Käytettävyys} * \text{Nopeus} * \text{Laatu} \quad (1)$$

Kaavassa käytettävyys koostuu suunnitellusta käyttämättömyydestä, suunnitelluista huoltoseisokeista ja laitevioista. Toyotan alkuperäisen mallin mukaisesti jokainen tunti, jolla konetta ei käytetä, alentaa sen KNL-arvoa. Tällä tyylillä keskeytyvän kaksivuoron koneisto ei koskaan ylitä mittaustuloksellaan neljääkymmentä prosenttia. Tuloksia analysoidessa huomataankin, että tehtaan heikkous ei ole työkierroissa tai laitteistossa, vaan vuorojärjestelmässä. Tästä syystä

nykyään usein jaetaan erikseen käyttöaste (kaava 2) ja käytettävyys (kaava 3), jotka lasketaan seuraavasti:

$$\text{Käyttöaste} = \frac{\text{Käyttöaika (h)}}{\text{Kalenteriaika (8760h)}} \quad (2)$$

$$\text{Käytettävyys} = \frac{\text{Käyntiaika}}{\text{Käyntiaika+seisokkiaika}} \quad (3)$$

(Laine, 2010, 21-22.)

Toiminta-asteen eli nopeuden laskennan tarkoituksena on selvittää, kuinka lähelle teoreettista huippunopeutta linjastolla tai prosessilla päästään.

Nopeuden laskenta tehdään kaavalla 4:

$$\text{Nopeus} = \frac{\text{tuotantomäärä (kpl)}}{\text{nimellistuotantokyky*käyttöaika}} \quad (4)$$

Jossa nopeus = toiminta-aste

Nopeuden mittaaminen ei kuitenkaan ole aivan yksioikoista. Mitatessa tulee ottaa huomioon, mitkä prosessin vaiheista ovat kriittisiä sen onnistumiselle ja tulisiko ne siten sisällyttää mittaukseen. Tyhjennyksen ja täytön vaativissa koneissa voidaan ajatella, että ihmisen tekemän työn mittauksella ei synny lisäarvoa, vaikka se todellisuudessa saattaisi olla puolet työkiertoon kuluva ajasta. Jokainen prosessi onkin kohdeltava yksittäisinä tapauksina. (Laine, 2010, 22-23.)

KNL-kaavan viimeinen osa, eli laatukerroin osoittaa tuotannon puutteellisen osuuden. Laadullisesti virheellistä tuotantoa verrataan koko tuotantoon kaavalla 5:

$$\text{Laatukerroin} = \frac{\text{Tuot.määrä-Viall.määrä}}{\text{Tuotettu määrä}} \quad (5)$$

Laatuun vaikuttaviin tekijöihin puuttuminen ei kuitenkaan onnistu pelkkää valmista tuotetta ihmetellen. Laatuviollisia tuotteita tulee siirtää sivuun prosessien välillä, jotta saadaan selvitettyä laatuviokojen alkuperäinen lähde. Laadun osalta KNL-kertoimia joudutaan useinkin korjailemaan jälkeempään, sillä reklamaatioiden aiheuttamat notkahdukset saattavat näkyä vasta kuukausien päästä tuotteen valmistumisesta. (Laine, 2010, 22-23.)

KNL-mallin yksi erityisiä hyötyjä on se, että kunnossapidon kokonaisvaikutuksia tuotantokykyyn pystytään laskemaan. Näin ollen kunnossapidon merkitys ja sen arvostus laitekantaa kohtaan saattaa nousta. Esimerkki tuotantolinjan KNL:stä:

$$Nykyinen = 85\% * 90\% * 95\% = 73\%$$

$$Tavoite = 93\% * 94\% * 97\% = 85\%$$

Esimerkin kuvitteellisen yrityksen nykyinen KNL-luku on 73 %, jonka se haluaisi nostaa 85 %:iin. 85 % on yleisesti hyväksytty hyvä taso. Muun muassa japanilaisen PM Excellent Plant -palkinnon saajan on täytynyt ylittää KNL-arvoltaan 85%. (Laine, 2010, 24.)

3.7 Toimintavarmuus

Kunnossapidon terminologia -standardissa SFS-EN 13306:2017 kuvataan keskimääräistä vikaantumisväliä termillä MTBF:

“keskimääräinen vikaantumisväli, (MTBF), vikaantumisien välisten aikojen keskiarvo.”

Suurella virhemäärällä (+10kpl) MTBF:n voi laskea kaavalla 6:

$$MTBF = \frac{T}{V} = \frac{Aika}{KokonaiShäiriömäärä} \quad (6)$$

(Liptak, 2002, 244.)

Toimintavarmuudella tarkoitetaan kohteen kykyä olla tilassa, jossa se pystyy suoriuttamaan siltä vaaditut toiminnot siltä vaaditun ajanjakson aikana. Kohteen on tällöin oltava tilassa, jossa toiminnoista suoriutuminen on mahdollista. (Järviö & Lehtiö 2017, 54.)

3.8 Lean six sigma

Six Sigma on puhtaasti prosessin ohjaamisen kehittämistä ja variaatioiden vähentämistä. Lean-ajattelulla pyritään standardoimaan työtä itsessään sen sujuvuuden parantamiseksi. Leaniin kuuluu myös vahvasti lisäarvoa tuottamattomien prosessien ja menettelytapojen ehkäisy, eli niin sanotusti hukkan välttäminen. Six Sigman ja Leanin välinen raja on nyky maailmassa sumentunut, sillä termejä käytetään todella paljon yhdessä. Ajattelumallit tukevat toisiaan niin tehokkaasti, että niistä on muodostunut ajan myötä yksi isompi kokonaisuus. (American Society for Quality, 2021.)

Lean six sigma kehittyi vuosien 1985 ja 1986 välillä. Six sigman tavoitteena on saavuttaa täydellinen asiakastyytyväisyys, mutta Basun ja Wrightin vuonna 2003 suorittaman tutkimuksen mukaan six sigman käyttöön ottaneita yrityksiä kiinnosti kulujen karsiminen enemmän. Tutkimukseen osallistui kymmenen Yhdistyneiden Kuningaskuntien johtavaa yritystä (Basu 2011, 5).

Sigma on kreikkalainen kirjain, jota matematiikassa käytetään ilmaisemaan keskihajontaa. Six sigma on suorituskyvyn parannusmenetelmä. Yksinkertaisin malli Six sigmasta on virheiden mittaaminen ja niiden systemaattinen estäminen, tavoitteena saavuttaa täysin häiriötön prosessi. Vaihtelun tarkkailulla ja sen pienentämisellä saadaan aikaan korkeampaa laatua ja säästöjä valmistushukkiin vähentyessä (Basu 2011, 6-7; Dinsmore 2014, 69).

Six sigma onkin täten teoreettista tilastotiedettä, joka mahdollistaa prosessien tai tuotteiden arvioinnin tilanteeseen, jossa organisaation sisällä ei tule lainkaan virheellisiä tuotteita tai prosesseja. Six sigman avaintekijöitä ovat painotus tilastotieteessä ja mittaamisessa. Lisäksi ajattelumalliin on olemassa eri tasoille

osaajille ohjeistetut koulutussuunnitelmat, kuten esimerkiksi Sigma green belt. Ongelmanratkaisukin toteutetaan projektiluontaisena suhtautumisena, esimerkiksi DMAIC:n avulla. Six sigman suurimpia etuja ja myyntivaltteja sen kilpailijoihin nähden, kuten TQM:ään (Total Quality Management eli kokonaisvaltainen laatujohtamisen malli), on se, että Six Sigman vaikutukset pystytään mitaamaan konkreettisina säästöinä. Laatuhävikkien, eli COPQ:n, osuus prosessin toimiessa kuuden sigman tasolla on noin 1% myyntikatteesta. Kolmen sigman tasolla, joka yleisesti on myönnetty riittäväksi tasoksi, COPQ olisi noin 25-30% myyntikatteesta (Basu 2011, 8).

4 Vika ja vikaantuminen

Vikaantumisella tarkoitetaan tapahtumaketjua, jonka lopputuloksena on vika. Kunnossapidon terminologia standardissa SFS-EN 13306:2017 vikaantuminen selitetään seuraavasti:

”Kohde menettää kyvyn suorittaa vaadittua toimintaa”. Standardissa on lisähuomio, jonka mukaan vikaantuminen on tapahtuma, mutta vika on kohteen tila.

Samaisessa standardissa (SFS-EN 13306:2017) vika itsessään selitetään seuraavasti:

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

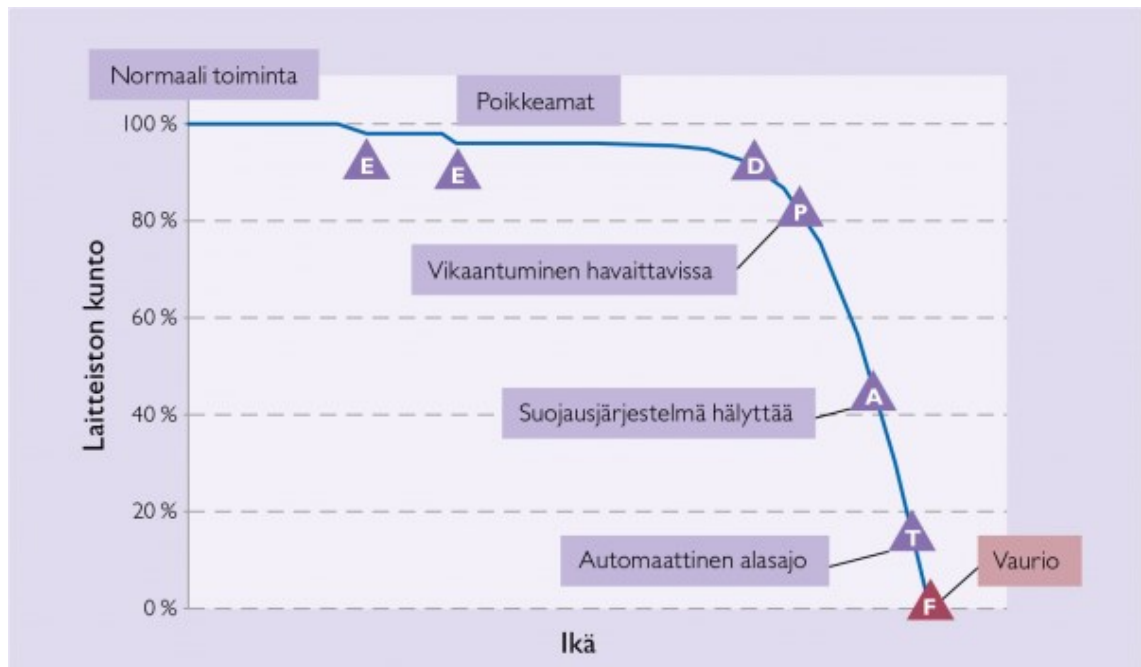
Vikaantumisen seurauksena on vika, joka voi esiintyä joko häiriönä tai vauriona. Häiriössä ei ole vielä tapahtunut rikkoutumista, mutta se silti aiheuttaa korjaustarpeen ja tuotannon menetyksiä. Häiriö voidaan poistaa yleensä puhdistamalla, säätämällä tai resetoinnilla eli uudelleenkäynnistämällä. Vauriotilanteessa kohde on rikki, mutta seuraamukset ovat samat. Vaurio joudutaan korjaamaan korjaavan kunnossapidon toimin, joten se yleensä vie häiriötä enemmän aikaa. Häiriöiden ilmaantumisen perusteella voidaan päätellä vikaantumisväli ja vaurioiden perusteella vikavälin lisäksi elinikä. (Järviö & Lehtiö 2017, 71.)

4.1 Vikaantumisen havainnointi

TPM ja RCM luokittelevat vikaantumiset eri tavoilla, joita ei ole standardeihin merkitty. TPM:n käsite krooninen vika tarkoittaa vikaa, joka haittaa koneen toimintaa mutta on piilevänä taustalla. Satunnaisvika, joka myös on selvästi havaittavissa esimerkiksi häiriön myötä, on vika, joka ilmenee yllättävänä. Satunnaisvika korjataan palauttamalla toimintaolosuhteet ennalleen, mutta krooninen vika vaatii toimintaolosuhteiden muuttamista eli parantamista. TPM:n keskeistä käsitettä toimintakyvyn heikkeneminen ei myöskään selitetä standardeissa. Sillä tarkoitetaan toimintakyvyn hidasta ja havaittavaa huononemista, joka voi johtua esimerkiksi ikääntymisestä. PSK 6201 standardissa käytetään tästä nimitystä vähittäisvikaantuminen. RCM puolestaan käyttää potentiaalista vikaantumista nimityksenä hitaalle vikaantumiselle, joskin siitä on myös käytetty nimitystä oikehtiva vika. (Järviö & Lehtiö 2017, 72.)

4.2 Käytön vaikutus vikaantumiseen

Koneet ja laitteet tulevat kulumaan käytön aikana niin tahallisesti kuin tahattomastikin. Jos laitteistoa käytetään vain suunnitellulla tavalla sille suunnitellussa toimintaympäristössä, tulisi koneen kestää sille mitoitettun eliniän. Siltikin ikääntyminen tulee aiheuttamaan rappeumaa. Rakenteen vikaantuminen muistuttaa hyvin paljon laitteiston vikaantumisprosessia. Rakenteen säröytyminen saattaa tapahtua kolarin tai jonkin muun vastaavan äkkinäisen suunnittelemtoman liikkeen seurauksena, ja sen kiihdyttäessä säröytymistä saattaa koneen eliniän odote jopa puoleentua. Jos mainittua äkillistä liikettä ei huomata, saattaa muutos jäädä myös huomaamatta, vaikka rakenteen muutos onkin jo tapahtunut. Ison osan vioista pystyy kuitenkin löytämään jo pelkän oireilun perusteella (Järviö & Lehtiö 2017, 78-79).



Kuva 2. Kunnossapidon ja tuotannon erikoislehti Promaintin esimerkki tyypillisestä PF-käyrästä. (Promaint, 11.12.2013).

Kuvassa 2 näkyvästä PF-käyrästä nähdään kohdassa P havaittavissa oleva vikaantuminen. Laitteiston kunto on siinä vaiheessa noin 80%:n kohdalla, mutta se hyvin nopeasti putoaa nolnaan vaurion eli F-pisteen saapuessa. Hyvin lyhyessä ajassa vikaantuminen johtaakin konerikkoon, jos sille ei tehdä mitään. PF-käyriä käytetään usein kuvaamaan koneiden tai laitteiden vikaantumista sekä sen kehitystä. (Promaint 11.12.2013.)

5 Investointi

Yrityksillä syntyy menoja, jotta ne voisivat tuottaa tuloja. Kaikkia yrityksen menoja voidaan pitää investointeina tulon saavuttamiseksi. Yleisimmin kuitenkin investoinneilla tarkoitetaan vain tiettyä osa-aluetta menoista, eli sellaista, jossa tulon odotusaika on pitkä sekä investoinnit itsessään ovat rahamäärällisesti suuria. Investointityyppinä on kahdenlaisia. Ensimmäistä kutsutaan rahoitusinvestoinniksi, jossa yritys hankkii esimerkiksi obligaatioita. Jälkimmäistä kutsutaan reaali-investoinniksi, jossa investoidaan tuotantoon voittojen saavuttamiseksi. Jälkimmäisen investointimallin investointeja voi olla esimerkiksi uusien koneiden

tai laitteiden hankinta tai toimitilojen hankkiminen. Investoinnin tulee olla tuottoisa ja kannattava molemmissa tapauksissa. Huonoilla investoinneilla voidaan lukita etukäteen yrityksen kohtalo, ja hyvillä investoinneilla se pystytään parhaimmassa tapauksessa pelastamaan. (Haverila, ym. 2005, 195.)

5.1 Investointien luokittelu

Investoinnit on mahdollista luokitella viiteen eri ryhmään niiden merkityksen perusteella:

- **Pakolliset investoinnit:** Lakeihin tai asetuksiin pohjautuvat, esimerkiksi ympäristön suojelun kannalta välttämättömät tai työsuojelulakiin perustuvat.
- **Välttämättömyysinvestoinnit:** Yleisimmin koneiden peruskorjaukseen tai muuten toimintavarmuuden ylläpitoon liittyvät investoinnit.
- **Strategiset investoinnit:** Pitkän aikavälin suunniteltuja investointeja, jotka perustuvat yrityksen strategiaan. Esimerkiksi tuotekehittely, markkinointiorganisaatio tai jakelujärjestelmät.
- **Tuottavuusinvestoinnit:** Niin sanotusti rationalisointi-investointi. Investoinneilla saadaan tuottoja lisättyä sekä kustannuksia pienennettyä. Näkyy useimmiten entisiä tehokkaampien tai luotettavampien laitteiden hankintoina.
- **Laajennusinvestoinnit:** Yrityksen laajentuminen, joka yleensä lasketaan myös strategiaan investointeihin. Yritysosot ja tätä kautta uusien markkinoiden valtaaminen.

(Haverila, ym. 2005, 197.)

5.2 Investointilaskennat

Yleisesti käytössä olevia investointilaskentamenetelmiä on yhteensä viisi. Niihin kuuluu nykyarvomenetelmä, annuiteettimenetelmä, sisäisen korkokannan menetelmä, yksinkertaistettu sisäisen korkokannan menetelmä sekä

takaisinmaksuajan menetelmä. Ensimmäistä kolmea kutsutaan peruslaskenta-menetelmiksi ja kahta jälkimmäistä yksinkertaistetuiksi (Haverila, ym. 2005, 199).

Jokaisessa menetelmässä otetaan huomioon samat mitattavissa olevat tekijät, jotka ovat:

- Perusinvestointi- eli perushankintakustannus, eli investointien kustannukset päätöksentekohetkellä (tai mahdollisimman lähellä sitä).
- Laskentakorkokanta, eli kärjistäen tuottovaatimus, jota investoinnilta odotetaan.
- Juoksevasti syntyvät tuotot. Investoinnista johtuvien tuottojen ja kustannuksien erotusta kutsutaan nettotuotoksi. Nettotuoton sijaan on mahdollista syntyä myös kustannussäästöä.
- Juoksevasti syntyvät kustannukset.
- Investointiajanjakso (pitoaika), eli investointihyödykkeen käyttöaika yrityksessä. Laskennallisesti käytetään yleensä taloudellista pitoaikaa, jolla tarkoitetaan käytännössä uuden sukupolven tuotteen markkinoilletuomis-aikaa. Tällöin uusi tuote tekisi entisestä investoinnista vanhentuneen.
- Investointikohteen jäännösarvo. Jäännösarvolla tarkoitetaan investoinnin elinkaaren lopussa olevaa arvoa, joka yleensä on joko puhdas nolla tai jopa negatiivinen. Negatiivinen jäännösarvo johtuu siitä, että joudutaan maksamaan koneen hävittämisestä.

(Haverila ym. 2005, 200–202.)

5.3 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuajan menetelmässä verrataan perushankintakuluja investoinnin nettotuottoihin. Jos laskennassa ei oteta laskentakorkoa mukaan, on takaisinmaksuajan laskeminen hyvin yksinkertainen. Siitä syystä se onkin yleisesti käytössä. Takaisinmaksuajan laskeminen on yksinkertaisimmillaan kaavan 7 mukainen.

$$\frac{\text{Perushankintameno}}{\text{nettotuotto vuodessa}} = \text{takaisinmaksuaika} \quad (7)$$

Takaisinmaksuajan menetelmä sopii erinomaisesti sellaisiin tilanteisiin, joissa tuottojen kertymistä ei pystytä arvioimaan pitkällä aikavälillä. Takaisinmaksuajan menetelmä ei ota juurikaan huomioon investoinnin kannattavuusvaikutuksia, vaan rahoitusvaikutuksia. Siitä ei myöskään ilmene investoinnin vaikutuksia takaisinmaksuajan jälkeen (Haverila, ym. 2005, 205–206).

5.3.1 Takaisinmaksuaika yritys X:n mukaan

Yritys X:n mukaan investointilaskelmat tehdään kolmen vuoden takaisinmaksuajan kautta. Takaisinmaksu lasketaan jakamalla investoinnin säästöt kolmen vuoden ajalta sen aiheuttamilla kuluilla:

$$\text{Kannattavuus} = \frac{\text{Säästöt}}{\text{Investointikulut}} \quad (8)$$

Säästöillä tarkoitetaan investoinnin avulla säästettyjä kunnossapitokustannuksia ja esimerkiksi henkilöstön vähenemisen kautta säästettyjä palkkakuluja. Investointikulut ovat investoinnin hankintaan ja käyttöönottoon kuluva rahamäärä (Hakkarainen, 23.11.2021).

6 Kokoonpanolinjan prosessikuvaus

Tässä kappaleessa on lueteltuna eri solujen työkierröt. Työkiertokuvaus on oikean työkierron mukainen järjestyksien osalta. Samanaikaiset liikkeet on mainittu erikseen.

Moduuli 1:n työkierto kulkee seuraavasti:

1. Robotti käy noutamassa kuljetushihnalla tunnistetun tyhjän rungon ja asettaa sen kokoonpanojigin ympärille. Jigi pursottaa itsensä tarttuen rungon sisäpintoihin. Runkoa käännetään sivulle 90 asteen kulmaan.
2. Robotti noutaa ensin toisen laakeripesän ja asettaa sen alamanipulaattorin päälle. Tämän jälkeen robotti noutaa sille reunimmiselta kuljetushihnalta aluslevyn.
3. Robotti noutaa viereiseltä kuljetushihnalta männän, joka asetetaan valmiiksi pukattavaksi rungon sisälle. Männän pukkauksen alkaessa alamanipulaattori siirtyy valmiiksi rungon alle. Männän saavutettua ala-asentonsa alkaa alamanipulaattori kiertämään laakeripesää löysästi kiinni.
4. Edellisen työvaiheen aikana akseliasema on siirtänyt hihnalta akselin, tulkannut sen hammasjaon ja kääntänyt sen pystyasentoon jaon ollessa oikea. Robotti käy noutamassa ensin aluslevyn, jonka se asettaa pystyasennossa olevan akselin päälle. Sama toistetaan laakeripesän kanssa, minkä jälkeen robotti nostaa koko paketin mukaansa vieden sen rungolle.
5. Akselikokoonpanon pudotettua loveensa pukkaa robotti akselia hieman sisälle, minkä jälkeen runkojigi kääntyy takaisin vaaka-asentoon 90 asteesta.
6. Paineilmakäyttöiset kokoonpanojigit painavat laakeripesiä hieman ja aloittavat niiden kiinnikiertämisen. Rajojen syttyessä kokoonpanojigit palaavat nolla-asentoonsa.
7. Robotti tarttuu rungon kyljistä, jolloin runkojigin pursotus irrotetaan ja tuote siirretään kuljetushihnalle liikkumaan moduuli 2:sta kohden.

Moduuli 2:

1. Kun uusi runko saapuu rajalle, kääntää robotti mallista riippuen joko yhden tai kaksi jouta niille tarkoitetuille urille, josta jouset lyödään rungon sisälle.
2. Robotti nostaa tuotteen jousineen kokoonpanojigille, joka tarttuu siihen akselista. Rungon kiinnipidon aktivoituessa käy voimansäätimen päädyn kokoonpanojigi pukkaamassa jouta (/jousia) varmistaen, että se (ne) ovat rungon sisällä kunnolla.
3. Samanaikaisesti päätykansimanipulaattori on nostanut robotille valmiiksi päätykannen, jonka se noutaa ja vie päätykannen kokoonpanojigille. Jigi kiristää päätykannen sulkimen päähän pulssimaisella kierteellä.
4. Kokoonpanojigin kiristäessä päätykantta vie robotti päätykansimanipulaattorille voimansäätimen, josta tarkistetaan voimansäätökanta. Sen jälkeen voimansäädin kääntyy erillisen aseman tarkkailuun, joka asettaa voimansäätimeen oikean voiman määrän.
5. Robotti kuljettaa voimansäätimen vastakkaisen päädyn kokoonpanojigille, joka kokoonpanee voimansäätimen samalla tavoin kuten päätykannen.
6. Robotti tarttuu rungon kyljistä, jolloin rungon kiinnipito aukeaa. Robotti siirtää tuotteen kuljetushihnalle, josta sen matka jatkuu öljyntäyttösoluun.

Öljyntäyttö:

1. Kappale ja sen orientaatio tunnistetaan kuljetushihnalla, josta robotti vie sen kuulaukseen. Kuulauksessa kuulataan runkoon mallista riippuen useampi kuula paineensäätelyä varten.

2. Kuulauksen jälkeen runkoon asennetaan yksi säätöruuvi (erikoismalleihin myös erillinen mallinimikeruuvi) ja siirrytään öljyntäyttöön.
3. Öljyntäytössä samanaikaisesti testataan voimansäädin, täytetään tuote öljyllä ja kierretään akselista tuotteen työkiertoa. Akselia kierretään öljyntäytön lopputuloksen parantamiseksi.
4. Öljyntäytön valmistuttua tuote viedään takaisin ruuvaukseen, jossa siihen asetetaan loput säätöruuvit.
5. Viimeinen työvaihe on testaus, jossa tuotteesta testataan mm. päätyruuvien pidot sekä hidastimien ja toimintajarrujen toiminta.
6. Testauksen jälkeen tuote siirtyy pesukoneelle, joka nappaa sen kyytiinsä automaattisesti.

Pesukone:

1. Pesukoneen toiminta on rytmitetty lukitussolun toiminnan perusteella. Pesukone liikuttaa tuotteita aina yhden sylinterin iskunpituuden verran, minkä jälkeen se laskee omat piikkinsä alas, palauttaa itsensä nolnaan ja toistaa saman.
2. Pesukoneeseen mahtuu yhteensä 52 tuotetta, eli sen tulee toistaa sama työkiertonsa 52 kertaa, ennen kuin alkupäästä saatettu tuote tulee ulos lukitussolun päädyssä.

Lukitussolu:

1. Pesukone työntää lukitussolun tunnistimelle tuotteen, joka lasketaan alaspäin ja erillisellä sylinterillä työnnetään reikien tulkkaukseen. Reikien

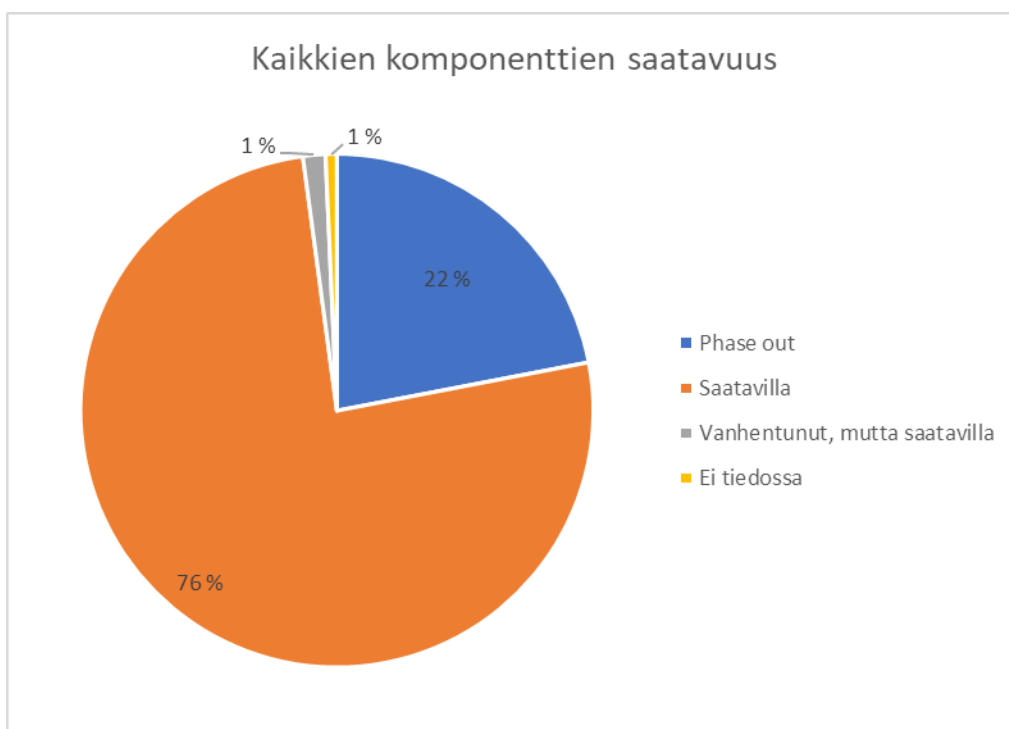
tulkkaamisella on tarkoitus antaa robotille tieto laakeripesien kiinnitysrei'istä, ettei poraus ja kuulaus osu niihin.

2. Seuraavaksi robotti vie tuotteen poraukseen, jossa se valitsee em. tulkkauksen perusteella yhden kolmesta mahdollisesta porauspaikoista. Poraus voi olla joko yhdenaikainen molemmille puolille tai erikseen, riippuen laakeripesien kiinnitysrei'istä.
3. Porauspisteiden perusteella tapahtuu myös kuulaus, joka hoidetaan porauksen jälkeen. Kuulaus toimii täysin samoilla parametreillä kuin poraus. Kuulauksessa syöttöputkesta syötetään teräskuulia kuulauskokoonpanolle, jossa rytmikuula päästää vain yhden kerrallaan läpi. Kuulausrungon sisällä "huilussa" kulkeva pistin painaa tuotteen runkoon lukituskuulan. Kuulauksen ideana on estää laakeripesien aukeaminen tuotteen oman työkiertonsa aikana.
4. Seuraavaksi mallista riippuen suljin viedään joko lukitukseen tai poistoon, jossa ne kasataan valmiiden tuotteiden pinoon. Pinosta tuotteet nostetaan käsin lavalle. Lukituksessa säätöruuvien kanta litistetään talttamaisella piikillä, estäen ruuvien aukeamisen tuotteen oman työkierron aikana.

7 Kokoonpanolinjan nykytila

Nykytilan selvitys alkoi komponenttien kartoituksella, jonka tarkoituksena oli selvittää nykyisen konfiguraation vaativien komponenttien saatavuus ja/ tai korvaavien komponenttien olemassaolo. Komponenttilistaus on tehty yksittäisinä tuotteina, vaikka samaa komponenttia olisi käytetty useita kappaleita linjaa kohden. Tämä on tehty siitä syystä, ettei yksittäisen komponentin saatavuus vaikuta koko linjan ikääntymisen tulkintaan. Esimerkiksi yksittäinen edelleen jälleenmyytävissä oleva anturi, joita linjassa käytetään kymmeniä, olisi saanut prosenttiarvon näyttämään todellisuutta paremmalta. Kokonaislistauksessa (Liite 1) on esitetty solukohtaisesti kaikki komponentit. Toimeksiantajalle on myös toimitettu

erillinen liite vanhentuneiden komponenttien korvaajista sekä niiden jälleenmyyjistä. Huomioitavaa on, että valmistajat eivät takaa, että eri sukupolvien väliset tuotteet ovat yhtäläisiä esimerkiksi kiinnityspisteiden osalta, vaikka niiden ominaisuudet muuten olisivat. Roboteille on pyydetty tarjous erikseen, mutta ne ovat silti sisällytettyinä komponenttiluetteloon vanhentuneina. Yksittäisten komponenttien kokonaismäärä tässä listauksessa on 141.

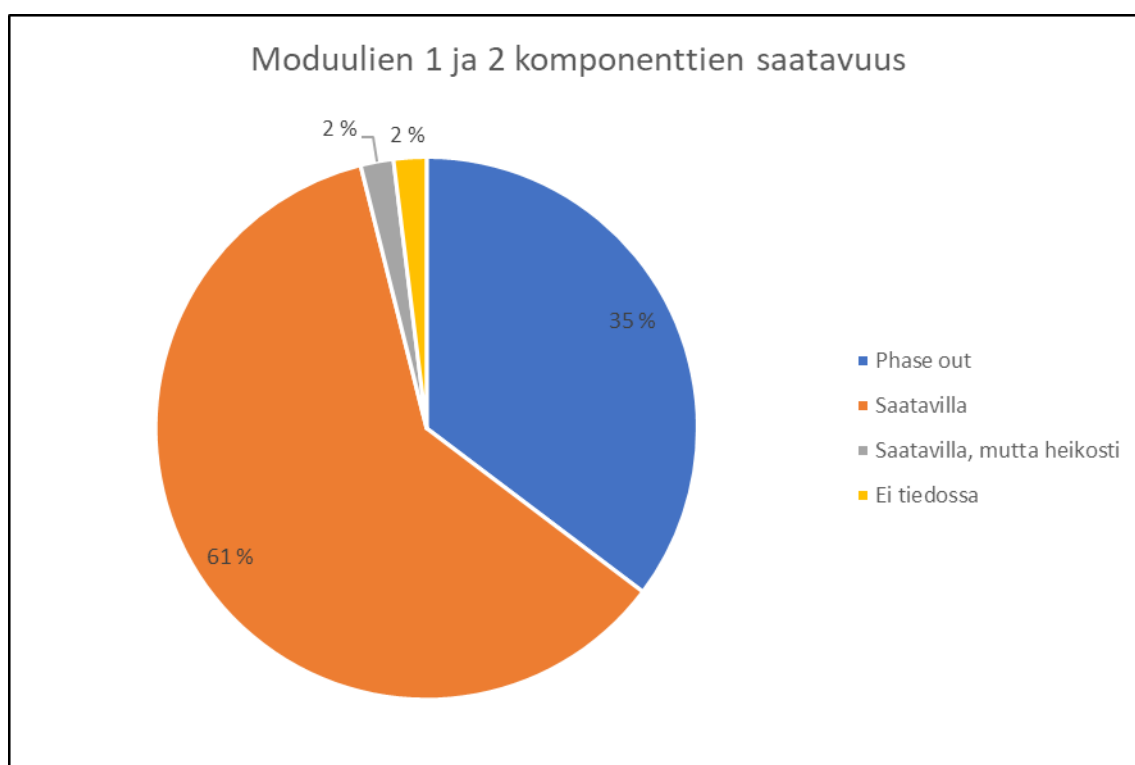


Kuvio 4. Kaikkien kokoonpanolinjan komponenttien saatavuus.

Kuviossa 4 esitetään kokoonpanolinjan kaikkien komponenttien ikääntyminen. Phase out -komponentteja eli vanhentuneita komponentteja koko linjastossa on 22 % sekä edelleen saatavissa olevia suurin osa 76 %. Vanhentuneita komponentteja, joita jälleenmyyjät edelleen tarjoavat oli 1 %. Tämä 1 % kattaa tuotteita, joista Phase out -aika on vasta saapumassa. Valmistajat usein suosittelivat kuitenkin näidenkin osalta seuraavaan sukupolveen siirtymistä, minkä vuoksi niillekin on esitetty korvaajat. Viimeisen prosentin osalta ei saatavuudesta tai suorista korvaajista ole varmuutta. Kuvion 4 tiedot on kerätty päivitetyn materiaaliluettelon tietokannasta (liite 1).

7.1.1 Komponenttien saatavuus eri soluissa

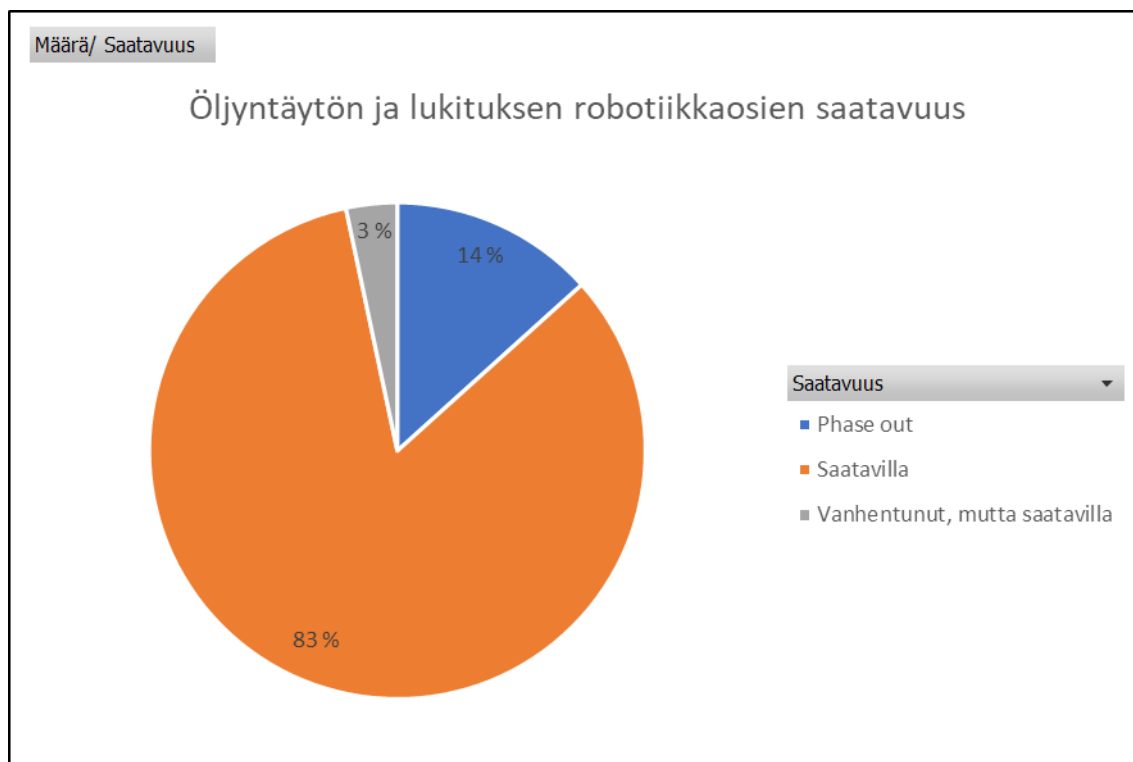
Komponenttilistaus on tehty olemassa olevien osalistojen avulla niiden solujen osalta, mistä sellaiset oli olemassa. Listaamattomien osien osalta tuotantosolu käytiin komponentti kerrallaan läpi, jos se oli mahdollista. Jotta mallimerkinnyt olisi voitu selvittää, osa komponenteista olisi pitänyt purkaa, mikä olisi mahdollisesti johtanut solujen vikaantumisen. Tästä syystä soluissa saattaa olla tämänkin listauksen ulkopuolelle jääneitä osia.



Kuvio 5. Moduulien 1 ja 2 komponenttien saatavuus.

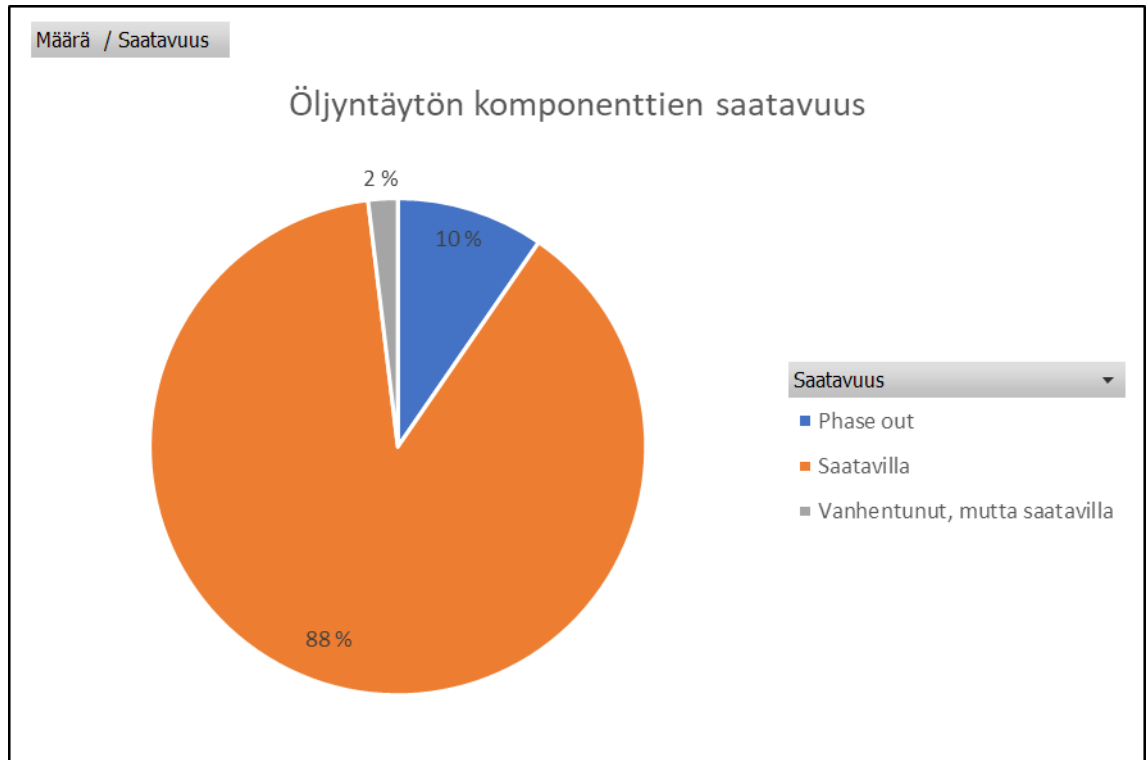
Kuvio 5 esittää moduulien 1 ja 2 komponenttien saatavuutta. Kaavioon on sisällytetty sekä logiikka että mekaaniset komponentit. Heikosti saatavilla olevia on vain 2 %, jatkuvasti saatavilla olevia 61 % ja myynnistä poistuneita 35 %. Linjan tuotteiden komponenteista ovat saatavuudellaan heikkoja oli 2 %. Pelkän logiikan osalta vanhentuneet osat kattavat kaksi kolmasosaa, mutta jäljellä oleva kolmasosa koostuu tuotteista, jotka on uusittava muun kokonaisuuden päivityksen ohella. Käytännössä siis molemmat solut ovat logiikkansa osalta täysin

vanhentuneita. Moduulien 1 ja 2 komponenttien kokonaismäärä on 51. Kuvion 5 tiedot on kerätty päivitetyn materiaaliluettelon tietokannasta (liite 1).



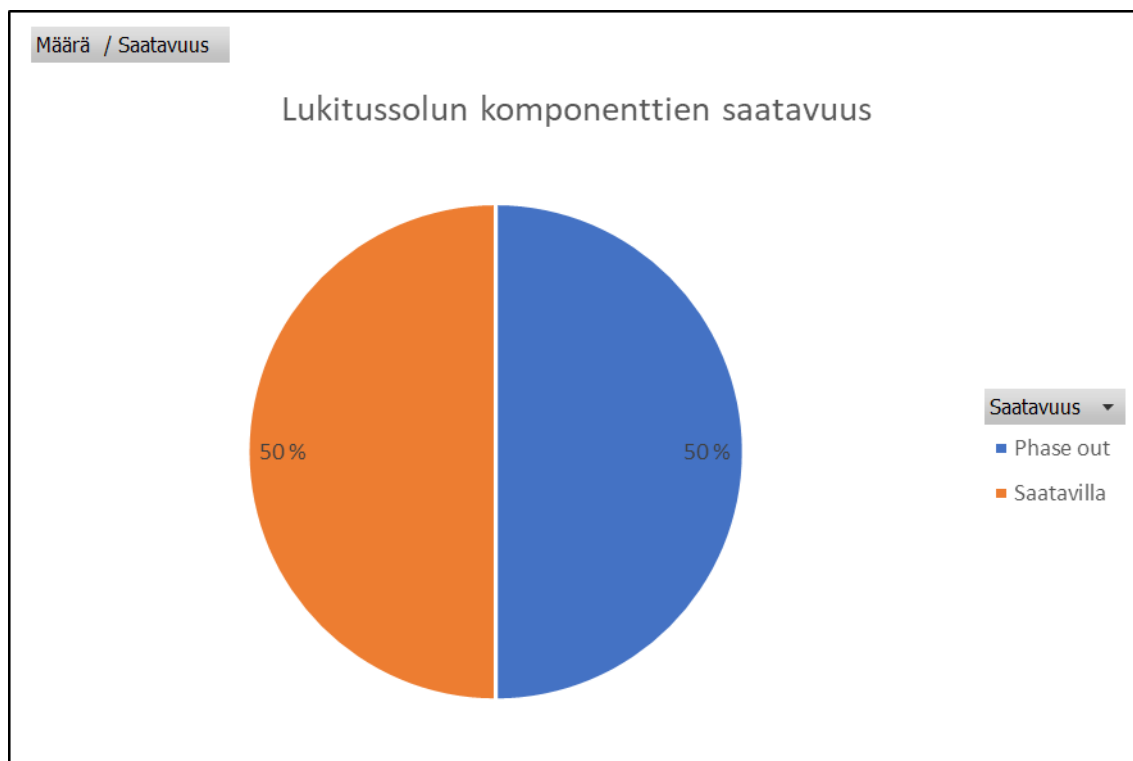
Kuvio 6. Robottisolujen osien saatavuus.

Kuvio 6 kattaa öljyntäytön- sekä lukitussolujen komponentit, jotka liittyvät tai mahdollistavat niissä toimivien robottien toimintaa. Näiden osalta 83 % komponenteista on saatavilla, 14 % vanhentuneita sekä 3 % vanhentuneita, mutta niitä on edelleen saatavilla jälleenmyyjiltä. Kuvion 6 kattavien komponenttien lukumäärä on 30. Kuvion 6 tiedot on kerätty päivitetyn materiaaliluettelon tietokannasta (liite 1).



Kuvio 7. Öljyntäytön komponenttien saatavuus.

Kuviossa 7 on öljyntäyttösolun komponentit, jotka eivät liity siinä toimivan robotin toimintaa. Kuviossa on alipaineöljyntäytön ohjauksen, öljyntäytön, kuljettimien, kuulauksen, testauksen sekä poiston osat. Öljyntäyttösolun komponenteista jopa 88 % on edelleen saatavilla, 2 % vanhentuneita, mutta edelleen saatavilla ja 10 % täysin vanhentuneita. Komponenttien kokonaismäärä öljyntäyttösolussa on 52. Kuvion 7 tiedot on kerätty päivitetyn materiaaliluettelon tietokannasta (liite 1).



Kuvio 8. Lukitusolun komponenttien saatavuus.

Kuvion 8 mukaisesti lukitusolun komponenteista puolet ovat vanhentuneita, ja puolet edelleen saatavilla. Kuviossa 6 esitettyjen tietojen vuoksi kuvioon 8 ei ole sisällytetty robottien toimintaan liittyviä komponentteja. Kuviota vääristää hieman se, että koska kyseinen solu on melko yksinkertainen ja hyödyntää samoja komponentteja lukuisissa paikoissa, jäi osalista melko lyhyeksi ja kattoi vain 8 komponenttia. Kuvion 8 tiedot on kerätty päivitetyn materiaaliluettelon tietokannasta (liite 1).

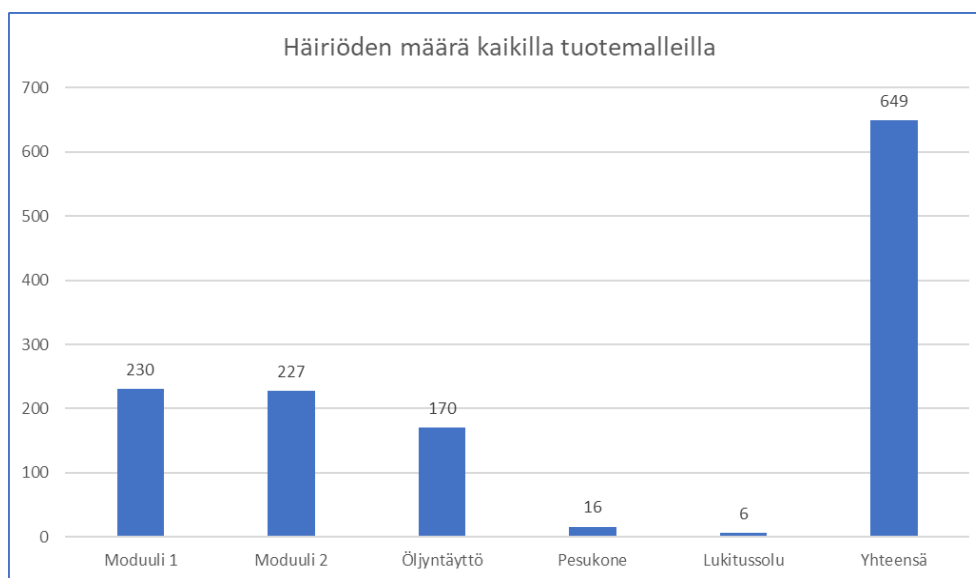
7.2 Linjaston häiriöseuranta

Linjastolle asetettiin seuranta, jonka tarkoituksena on selvittää häiriöaltteimmat tuotemallit sekä tuotantosolut. Seurannan suoritti käyttäjähenkilökunta. Jokaisessa vuorossa käyttäjähenkilökunta merkitsi liitteessä 2 esitettyyn seurantalomakkeeseen silloin ajossa olevan tuotteen nimen, häiriömäärät jokaisessa solussa ja keskimääräisen ajan, joka kului häiriöiden purkamiseen. Konerikot

merkittiin samaiseen lomakkeeseen niiden sattuessa. Lomakkeeseen täytettiin myös ajettu kokonaismäärä vuoron aikana, jota verrataan häiriömääriin KNL-luvun selvittämiseksi.

7.2.1 Häiriöseurannan tulokset

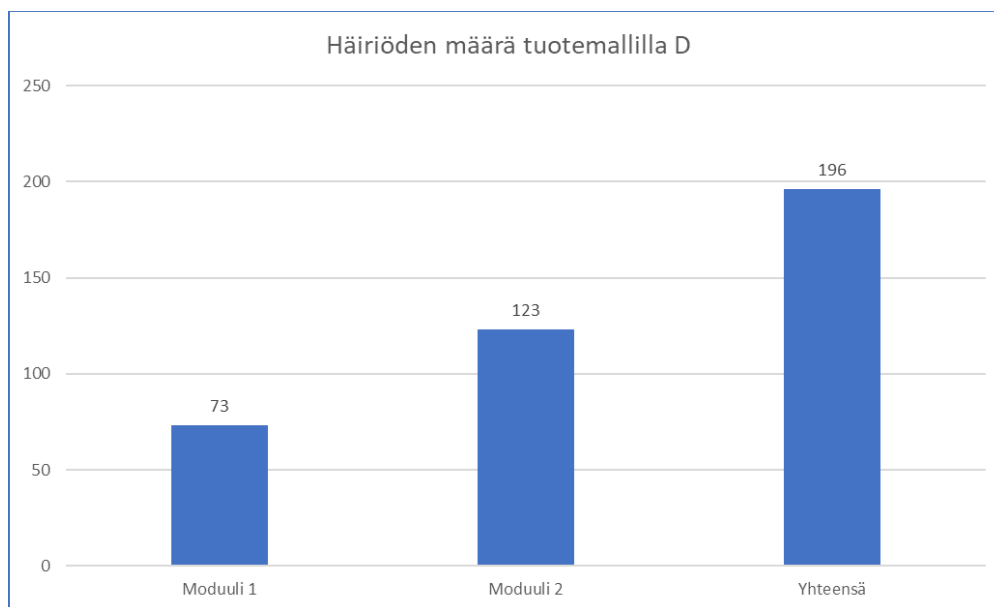
Seuranta-aikana linjalla ajettiin neljää eri tuotemallia. Tuotteista A ja B hyödynsivät koko linjastoa ja niiden kokoonpanossa käytetään pääosin samoja osia. Tuotemalli C on esikasattu muualla, jonka vuoksi sitä ajetaan vain öljyntäytön/testauksen, pesukoneen ja lukituksen läpi. Tuotemallissa C on A:han ja B:hen verrattuna samantyyllisiä osia, mutta täysin erilainen runko. Vastaavasti tuotemallia D ei täytetä kokoonpanolinjalla, josta syystä se ajetaan vain kokoonpanon, eli moduulien 1 ja 2 läpi. Tuotemalli D jakaa osittain samat osat B:n kanssa.



Kuvio 9. Häiriöiden määrä kaikilla tuotemalleilla.

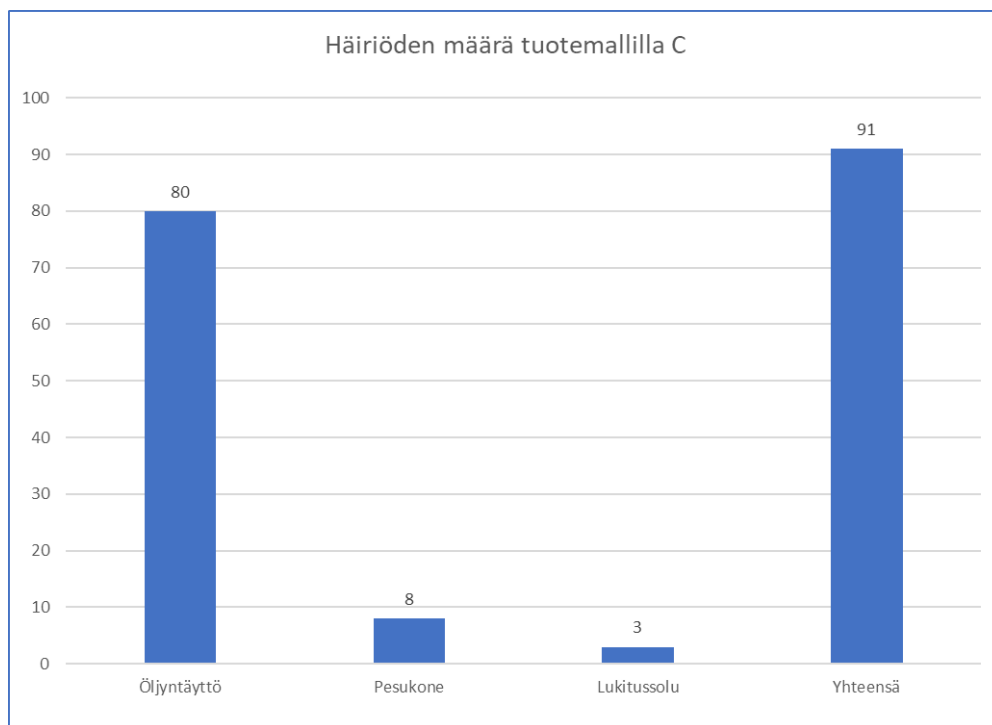
Kuviossa 9 esitetään kaikkien tuotemallien aiheuttamat häiriöt sekä solu, jossa häiriö on ilmennyt. Hyväksytyjen kappaleiden määrä ajanjaksolla oli 6426 oven-suljinta, joista 649:ssä ilmentyi häiriö. Tämä tarkoittaa siis, että noin jokaista kymmentä valmista tuotetta kohden syntyy linjassa yksi häiriö. Selvästi eniten

häiriötä syntyi moduuleissa 1 ja 2, niiden aiheuttaessa yhteensä 70,4 % kaikista häiriöstä. Yksittäisinä soluina moduuli 1 on vastuussa 35,4 %:sta ja moduuli 2 35 %:sta kaikista häiriöstä. Kuvion 9 tiedot on kerätty päivitetyn materiaaliluettelon tietokannasta (liite 1).



Kuvio 10. Häiriöiden määrä tuotemallilla D.

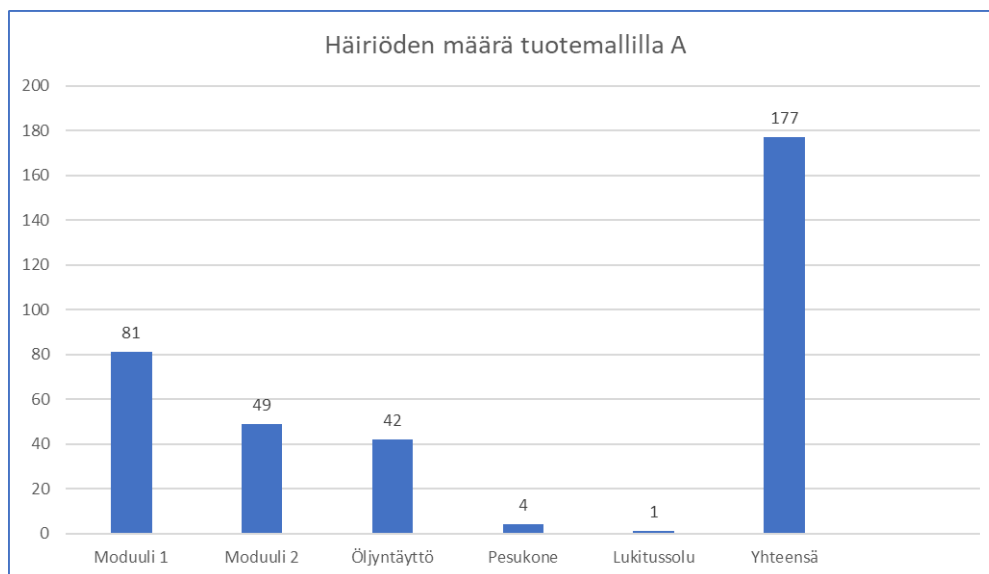
Seurannassa selvisi, että eri tuotemallien välillä on suuria eroja linjan toimintakunnon osalta. Pelkästään moduuleja 1 ja 2 hyödyntänyt tuotemalli D koki seuranta-aikanaan 196 häiriötä ja 621 hyväksyttyä kappaletta. Miltei kolmannes aiheuttaa häiriön tuotannon läpi kulkiessaan. Näistä 62 % on moduuli 2:n aiheuttamia. Kuvion 10 tiedot on kerätty päivitetyn materiaaliluettelon tietokannasta (liite 1).



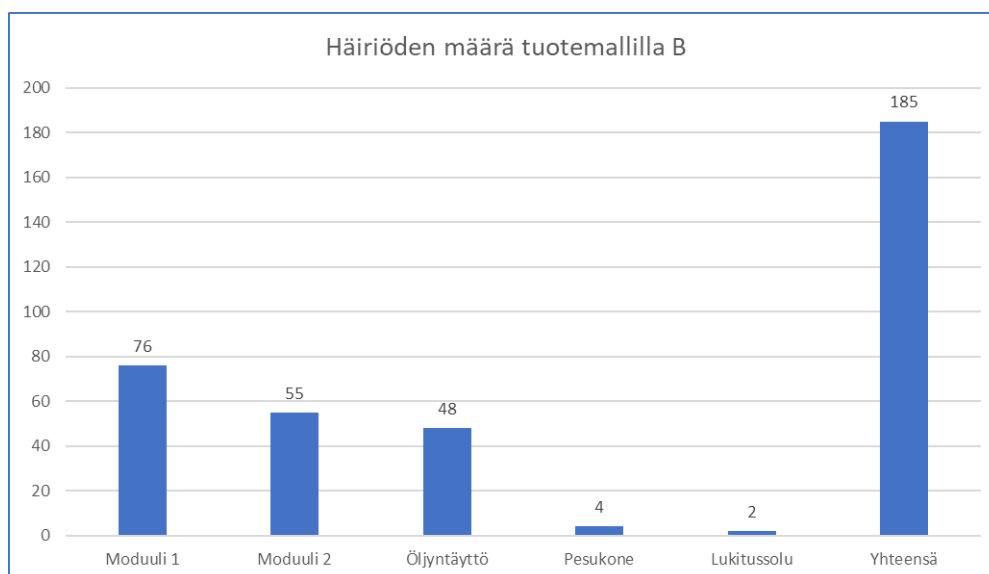
Kuvio 11. Häiriömäärä tuotemallilla C.

Kuvion 11 avulla nähdään vastaavasti, että vähiten häiriötä aiheutti tuotemalli C, jossa kyseisiä moduuleja ei käytetä lainkaan. Tuotemalli C:tä ajettiin seuranta-aikana 3125 hyväksyttyä kappaletta, joista vain 91 aiheutti häiriön. Tuotemalli C aiheuttaa siis vain 3 % häiriötä valmiisiin tuotteisiin nähden. Kuvion 11 tiedot on kerätty päivitetyn materiaaliluettelon tietokannasta (liite 1).

Tuotteet A ja B suoriutuivat miltei identtisesti. Tuotteella A häiriöprosentti on 14,2 % ja tuotteella B 12,8 %. Molemmilla tuotteilla moduulit 1 ja 2 aiheuttivat eniten häiriötä.



Kuvio 12. Häiriömäärä tuotteella A.



Kuvio 13. Häiriömäärä tuotteella B.

Kuvioiden 12 ja 13 tiedot on kerätty päivitetyn materiaaliluettelon tietokannasta (liite 1).

7.3 Häiriöajat eri soluissa

Edellisessä kappaleessa selvitettiin häiriöiden kokonaismääriä soluissa. Tässä kappaleessa käydään läpi häiriöaikoja, sillä suuremmalla häiriömäärällä

olevaan koneeseen saattaa silti kulua vähemmän aikaa kuin pienemmällä häiriömäärällä olevaan. Yksinkertaisia pieniä häiriötä kerkeää purkamaan lukuisia, ennen kuin esimerkiksi öljyntäytösoluun pääsee sisälle turvakehikon vuoksi. Häiriöaikojen tietokanta perustuu liitteeseen 3.

Häiriöaika valmista tuotetta kohden on laskettu seuraavalla kaavalla:

$$H = \frac{Hm * Km + (Kka * 60s)}{Htm} = _ s/kpl$$

jossa

H = häiriöaika yhtä valmista tuotetta kohden

Hm = häiriömäärä

Km = keskimääräinen häiriöaika (sekunteina)

Kka = konerikkoihin käytetty aika (minuutteina)

Htm = hyväksytyjen tuotteiden määrä.

Moduuli 1:ssä oli seuranta-aikana yhteensä 230 häiriötä, joiden purkamiseen meni keskimäärin 68,63 sekuntia. Konerikkoja se koki yhden, joka kesti 28 minuuttia. Tänä aikana moduulin 1 läpi kulki 3301 hyväksyttyä kappaletta. Näiden arvojen perusteella saadaan laskettua, kuinka monta sekuntia moduuli 1 vietti häiriössä jokaista valmista kappaletta kohden:

$$\text{moduuli 1} = \frac{230 \text{ häiriötä} * 68,63s + (28min * 60s)}{3301 \text{ tuotetta}} = 5,47 s/kpl$$

Moduuli 2:n vastaavat arvot ovat 227 häiriötä, 57,13 sekunnin keskiverto häiriöaika ja kolme konerikkoa, joihin kului yhteensä 168 minuuttia aikaa. Myös moduuli 2:n läpi kulki 3031 hyväksyttyä kappaletta.

$$\text{Moduuli 2} = \frac{227 \text{ häiriötä} * 57,13s + (168min * 60s)}{3031 \text{ tuotetta}} = 6,98 s/kpl$$

Öljyntäytössä koettiin yhteensä 170 häiriötä, joiden purkamiseen keskiarvollisesti kului 120,14 sekuntia. Konerikkoja öljyntäytössä ei tapahtunut. Öljyntäytösolun läpi kulki 5805 hyväksyttyä kappaletta.

$$\text{Öljyntäyttö} = \frac{170 \text{ häiriötä} * 120,14s}{5805 \text{ tuotetta}} = 3,49 \text{ s/kpl}$$

Pesukoneella häiriötä tuli 16 kappaletta, joiden purkamiseen keskiarvollisesti kului 300 sekuntia. Konerikkoja ei pesukoneen osalta tapahtunut. Pesukoneen läpi kulki 5805 hyväksyttyä kappaletta.

$$\text{Pesukone} = \frac{16 \text{ häiriötä} * 300s}{5805 \text{ tuotetta}} = 0,82 \text{ s/kpl}$$

Lukitussolussa tapahtui 6 häiriötä, joiden purkamiseen kului keskimäärin 180 sekuntia. Lukitussolussa tapahtui yksi konerikko, johon kului 16 minuuttia aikaa. Lukitussolun läpi kulki 5805 hyväksyttyä kappaletta.

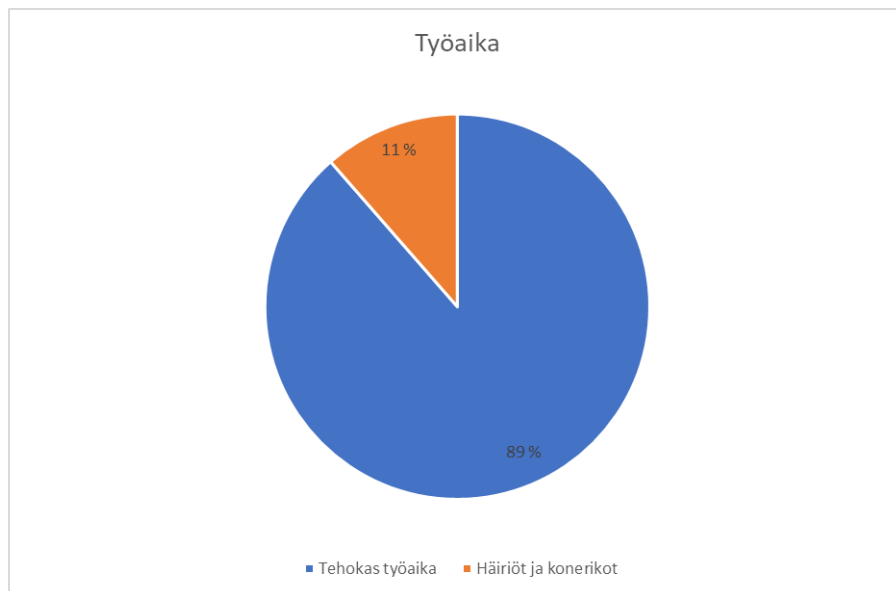
$$\text{Lukitussolu} = \frac{6 \text{ häiriötä} * 180s + (16 \text{ min} * 60s)}{5805 \text{ tuotetta}} = 0,66 \text{ s/kpl}$$

Häiriöaikojen perusteella moduuli 2 on eniten häiriössä koko linjastossa, ollen miltei 7 sekuntia häiriössä jokaista valmista tuotetta kohden. Kaikkien solujen yhteenlaskettu keskiarvo on 3,48 sekuntia, joten moduuli 2 on yli kaksi kertaa pidempään häiriössä linjan keskiarvoon nähden. Seuraavaksi eniten häiriössä on moduuli 1, joka on häiriössä 5,47 sekuntia jokaista valmista tuotetta kohden.

7.4 Kokoonpanolinjaston tehokkuus

Kokoonpanolinjan kokonaistehokkuuden laskemiseen käytän apunani häiriö seurannasta saamiani arvoja. Häiriöseurantaan käytetty aika oli 19 täyttä työvuoroa. Käyttötunneista vähennetään yhtä työvuoroa kohden 5 minuutin käynnistysaika ja vuoron loppuun sijoitettu 15 minuutin huoltoaika, jolloin linjastot täytetään valmiiksi seuraavaa vuoroa varten ja annetaan palautteet oman

vuoron aikana valmistetuista tuotteista. Ruoka- tai kahvitunteja ei laskennassa vähennetä, sillä tuotantolinjaa ei sammuteta taukojen ajaksi. Täten kahdeksan tunnin työvuorosta tehokasta työaika jää jäljelle 460 minuuttia. Koko seurannan aika kattaa tehokasta työaika siis 8740 minuuttia eli 146 tuntia. Huomioitavaa on, että laskenta ja tulos ovat täysin teoreettisia, sillä laskennassa ei oteta huomioon sairauslomia tai työnajantasaamisvapaita. Laskennassa oletetaan linjan olevan miehitettynä täyden vuoron verran viisi päivää viikosta.



Kuvio 14. Tehokas työaika verrattuna seisakkeihin.

Linjaston häiriöt aiheuttivat 917,6 minuutin seisakkiajan, ja konerikot 212 minuutin seisakin. Häiriöiden välisen ajan eli MTBF:n saa laskettua seuraavasti:

$$MTBF = \frac{\frac{8760min}{60}}{649} = 0,224 \quad (6)$$

Laskennallisesti kokoonpanolinjalla jokin solu joko vikaantuu tai kokee häiriön noin 13,5 minuutin välein. Kuvion 14 tietokanta on kerätty liitteestä 3.

7.4.1 KNL-laskenta

KNL-laskenta aloitetaan käytettävyydellä, joka saadaan häiriöseurannassa kerätyistä tiedoista:

$$\text{Käytettävyys} = \frac{8740\text{min}}{8740\text{min}+1129,59\text{min}} = 0.896 = 89,6 \% \quad (3)$$

Linjaston nopeuden arvo saatiin häiriöseurannassa kerätyistä tiedoista. Nimelistuotantokykyä käytetään vuorotavoitteena olevaa, 400:n kappaleen määrää:

$$\text{Nopeus} = \frac{6426\text{kpl}}{(0.833*8760\text{min})} = 0.880 = 88,0 \% \quad (4)$$

Linjaston laatukerroin saatiin häiriöseurannassa kerätyistä tiedoista:

$$\text{Laatukerroin} = \frac{6426-10}{6426} = 0.998 = 99.8 \% \quad (5)$$

Täten koko linjaston KLN-luvuksi saadaan:

$$\text{Laitteiston tehokkuus} = 0.896 * 0.88 * 0.998 = 0.787 = 78,7 \% \quad (1)$$

Kokoonpanolinjan kokonaistehokkuus on KNL-laskennan pohjalta 78,7 %.

Yleensä 85–90 %:n KNL-lukua pidetään hyvänä, joten vaikei tulos äärimmäisen huono olekaan on siinä silti parantamisen varaa.

8 Kokoonpanolinjan investointitarpeet

Koko tuotantolinjan komponenttien saatavuuden heikkous juontaa juurensa vahvasti moduuleihin 1 ja 2. Varsinkin robotit sekä logiikka tulisi uusia pikimmiten, sillä jommankumman tai mahdollisesti molempien kokoonpanorobottien viikaantuessa koko linja pysähtyy. Kyseisten moduulien robotteja ei enää valmisteta, joten varaosien löytämisessä saattaa kestää todella pitkiä aikoja. Samaisesti öljyntäyttö- ja lukitussolun tilanne on robottien osalta yhtä kriittinen.

Varsinkin lukitussolun robotti on aiheuttanut turhia kustannuksia ikääntymisensä vuoksi, joskin osalta voidaan syyttää myös huolehtimattomuutta kunnossapidon osalta. Vanhentuneet komponentit koko linjastossa aiheuttaa ongelmia myös niiden kunnossapitoa suunnitellessa.

Häiriöseurannan myötä on selvää, että moduulit 1 ja 2 aiheuttavat eniten häiriötä sekä kuluttavat eniten aikaa häiriöiden poistamisessa. Niiden komponentit ovat myös kriittisimmässä tilassa vanhentumisen osalta, joten näiden kahden tuotantosolun investoinnit ovat tällä hetkellä kaikkien tärkeimmät linjaston laadun ja toimintavarmuuden ylläpitämiseksi, sekä kehittämiseksi.

8.1 Kokoonpanolinjan kustannukset

Toimeksiantajan antamien tietojen mukaan kokoonpanolinjaan on kulunut kuluvan vuoden aikana 55 350 € kunnossapitokuluina. Lukema kattaa vikaantumisen vuoksi aiheutuneet komponenttien vaihdot tai muut vastaavat korjaustoimenpiteet töineen. Vuonna 1997 jolloin kokoonpanolinja on perustettu, on siihen käytetty noin 4,3 miljoonaa markkaa, joka nykypäivän euroihin (vuonna 2019) käännettynä on noin 1,01 miljoonaa euroa (Tilastokeskus 2021). Toki tulee ottaa huomioon, että komponenttikulut ovat nousseet huomattavan paljon tekniikan kehittyessä.

Työntekijäkustannuksia kokoonpanolinjalla syntyy yhteensä kuudesta työntekijästä, jotka jakautuvat kahden henkilön vuoroihin kolmivuoroperiaatteella. Teknolomiteollisuuden työehtosopimuksen mukaisesti työnvaatimusryhmä 7:n kuukausiansio on 2172 €. Lomakulut sekä muut työnantajan maksut huomioon ottaen yksi työntekijä aiheuttaa palkkakuluja vuodessa 32 753,07 € edestä. Kolmen työntekijän kulut kolmen vuoden aikana olisivat 294 777,63 €. Tähän lukemaan ei kuitenkaan ole otettu huomioon palkkiopalkkoja tai henkilökohtaista palkanosuutta. Palkkojen laskemiseen käytin Palkka.fi -sivuston palkkalaskuria (Palkka.fi 2021). Vuorolisät ovat työehtosopimuksen mukaisesti 1,19 €/h iltavuorossa ja 2,19 €/h yövuorossa (Teollisuusliiton TES, 2021). Laskennallisesti

työpäivä on vuodessa 258 päivää, jolloin vuorolisien määrä yhdellä työntekijällä yhden vuoden aikana on seuraava:

$$\left(\frac{258}{3} * 8h * 1.19\text{€}\right) + \left(\frac{258}{3} * 8h * 2.19\text{€}\right) = 2\,325,44 \text{ €}$$

Kolmen vuoden aikana kolmella työntekijällä vuorolisien määrä on 20 928,96 €.

Ylitöitä kokoonpanolinjalla on toimeksiantajan mukaan teetetty joka kuukausi. Toimeksiantajan mukaan yksi ylityöviikonloppu tuo noin viikon palkan verran ansioita, joten ylitöiden jakautuessa tasaisesti jokaisella työntekijällä on ylitöistä saatavia tuloja kuuden viikon edestä. Tällöin ylityökustannuksia tulee kaikilla kuudella työntekijällä seuraavasti:

$$2172\text{€} * 1.5kk * 6 = 19\,548 \text{ €}$$

Kolmen vuoden aikana ylityökuluja kertyisi 58 644 € edestä.

8.2 Komponenttien kustannukset

Vanhentuneiden pienkomponenttien kustannuksiin tulee lisätä niihin käytettävä suunnittelu-aika ja -työ, joka kuluu uuden komponentin asennukseen. Sukupolvien välisissä vaihdoksissa ei yksikään komponentteja tuottava yritys lupaa täydellistä yhteensopivuutta, joten varsinkin kiinnityspisteiden osalta asennus ei välttämättä mene yksiin. Toimeksiantajan kunnossapitotoimija arvioi jokaisen korvaavan komponentin maksavan noin kolminkertaisen määrän komponentin hintaan nähden, kun otetaan mukaan suunnittelu- ja asennustyö.

Omron Electronics Oy:n tuottamien komponenttien hinnaksi tulisi kunnossapitotoimijan mukaan noin 2 600 €, Festo Oy:n komponenttien hinnaksi 4050 € ja SMC Pneumatics Finland Oy:n komponenttien hinnaksi noin 600 €. Yksittäisten valmistajien pienkomponenttien hinnaksi jää noin 4 400 €. Kahden Scara-mallin robotin ja kahden kuusiakselisen nivelvarsirobotin hinnaksi tulisi ABB Oy:ltä

noin 110 000 €. Kahden scaran hankinta Fanuc LTD:itä ja kahden Motoman-merkkisen nivelvarsirobotin hankkiminen Yaskawa Electric Corporationilta maksaisi noin 82 000 €. Robottien hintoihin ei kuulu tarttujat tai jalustat. Toimeksiantajan kunnossapitotoimija arvioi tässä työssä arvioidun kokoonpanolinjan robottien uusimiseen vaaditun työn hinnaksi noin 20 000 €.

Kaikkien pienkomponenttien hinnat kerrottaessa kolmella saadaan niiden asennushinnaksi 35 070 €. Täten linjan modernisoiminen maksaisi ABB Oy:n tarjoamilla roboteilla 165 070 € ja Fanuc Ltd ja Motoman-merkkisten robottien yhdistelmällä 137 070 €.

9 Investointien suunnittelu

Toimeksiantajalla on totuttu perustelemaan investointitarpeita takaisinmaksulla, joten samaa mallia hyödynnetään myös tässä työssä. Takaisinmaksuajaksi on asetettu kolme vuotta, jonka kuluessa investoinnin tulisi maksaa itsensä takaisin säästöinä. Toimeksiantaja ei ole asettanut tuotteillensä välihintoja tai konehintoja kokoonpanoon, joten takaisinmaksu lasketaan täysin investoinnin aiheuttamien säästöjen kautta, ja sitä voidaan lisäksi perustella laadun nousemisen tai lisääntyneen kapasiteetin kautta.

Tällä hetkellä on tiedossa, että kokoonpanolinjan kunnossapito on kuluttanut 55 350 € edestä resursseja kuluvan vuoden aikana, ja että tehokkaasta työajasta kuluu 11 % pelkkään häiriökorjaukseen tai konerikkoihin. Investoinneilla voidaan pyrkiä nostamaan tehokkaan työajan aikaa 95 %:n, jolloin linjastolta voidaan vaatia suurempaa vuorokohtaista kapasiteettia. Tämänhetkisen 400 kappaleen tavoitemäärän pystyisi nostamaan esimerkiksi 450:n kappaleeseen. Käytännössä käyttöhenkilökunnan määrän voisi puolittaa, jos kokoonpanolinjasto toimisi sille tarkoitetulla tehokkuudella. Nämä parannukset tarkoittaisivat sitä, että laskennallinen vuotuinen kapasiteetti nousisi 273 600 kappaleesta 307 800 kappaleeseen, mikä tarkoittaisi 12 % kasvua.

Henkilöstön puolittuessa säästettäisiin kolmen vuoden aikana palkkakuluja 315 706,59 €, johon on sisällytetty myös vuorolisät. Ylityökuluja säästettäisiin 58 644 € olettaen, ettei linjalla tarvitse koko kolmen vuoden ajanjakson aikana teettää ylitöitä lainkaan. Kunnossapitokustannuksien suurin menoerä on robottien huollossa, joka vie 38 % kunnossapidon kuluista. Robotit eivät oikeassa toimintakunnossaan varsinkaan uutena vaadi kunnossapidon huomiota kuin yksinkertaisten huoltotoimenpiteiden osalta. Robottien kulut voidaankin investoinnin jälkeiseltä kolmelta vuodelta olettaa katoavan täysin, ja toimintavarmuuden puolesta moduulien kunnossapitokustannukset arvioidaan puolittuvan. Tällöin oletetut kunnossapitokustannukset seuraavan kolmen vuoden aikana olisivat noin 67 342 €, mikä tarkoittaa 98 410 € säästöjä kunnossapidossa investointijakson aikana.

9.1 Investoinnin kannattavuus

Verrataan investoinnin aiheuttamia säästöjä sen kuluihin. Alla olevassa kaavassa on kolmen työntekijän palkkakulut, kuuden henkilön ylityökulut sekä kunnossapitokustannukset kolmen vuoden ajalta jaettuna investoinnin hinnalla. Investointihintana on käytetty versiota, jossa on ABB Oy:n robotit.

$$\frac{\text{Säästöt}}{\text{Investointikulut}} = \frac{315\,706,59 + 58\,644 + 98\,410 \text{ €}}{165\,070 \text{ €}} \approx 2.86 \quad (8)$$

Tämä tarkoittaisi sitä, että kolmen vuoden aikana investoinnista aiheutuisi säästöjä miltei kolminkertaisesti sen aiheuttamiin kustannuksiin nähden. Tämä vaatisi kuitenkin käyttöhenkilökunnan irtisanomisia. Seuraavassa kaavassa on vain kuuden henkilön ylityökulut sekä kunnossapitokustannukset kolmen vuoden ajalta jaettuna investointikuluilla:

$$\frac{\text{Säästöt}}{\text{Investointikulut}} = \frac{58\,644 + 98\,410 \text{ €}}{165\,070 \text{ €}} \approx 0.95 \quad (8)$$

Kunnossapitokustannuksien sekä ylityökulujen varjolla investointi ei aivan maksa itseään takaisin. Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että linjaston

kunnossapitokustannuksien ja täten ylitöiden määrä on ollut noususuhtanteessa viime vuosien ajan. Todennäköisesti ylitöiden ja kunnossapitokustannuksien oletettu säästö olisi todellisuudessa suurempi.

Vaihtoehtona on myös valita Fanuc Ltd:n sekä Motoman-merkkiset robotit, jolloin henkilöstön puolittamisen yhteydessä tulos olisi seuraava:

$$\frac{\text{Säästöt}}{\text{Investointikulut}} = \frac{315\,706,59 + 58\,644 + 98\,410 \text{ €}}{137\,070 \text{ €}} \approx 3.45 \quad (8)$$

Ilman henkilöstömuutoksia olisi tulos seuraava:

$$\frac{\text{Säästöt}}{\text{Investointikulut}} = \frac{58\,644 + 98\,410 \text{ €}}{137\,070 \text{ €}} \approx 1.15 \quad (8)$$

Tällä yhdistelmällä investointi maksaisi itsensä takaisin vaikkei henkilöstöä vähennettäisi ollenkaan. Robottien ominaisuuksien ollessa melko samanlaiset, jää valinta investointia tehdessä lähinnä huollon ja kunnossapidon kustannuksien suunnittelun varaan. Neljä saman yrityksen robottia saattaa tulla halvemmaksi varsinkin, jos kunnossapitoyritykseltä löytyy valmiiksi osajia niille roboteille.

10 Kunnossapito- ja huoltosuunnitelma

Nykyisin käytössä oleva toimeksiantajan kunnossapitotoimijan laatima käyttäjäkunnossapitosuunnitelma on hyvinkin riittävä. Käyttäjäkunnossapidolle ei kuitenkaan ole erinäisesti määrättyä aikaa, eikä käyttäjäkunnossapito-ohjeita ole työpisteellä missään edes näkyvillä. Tämän vuoksi nykytilanteessa ehkäisevää käyttäjäkunnossapitoa ei käytännössä tehdä lainkaan. Käyttäjäkunnossapito rajoittuukin yksinkertaisiin korjaustehtäviin, kuten rajojen vaihtamiseen.

Käyttäjäkunnossapito tulisikin täten sisällyttää työaikaan, siten että valittuna päivänä viikosta tai kuukaudesta tietyssä vuorossa olisi selvä tarkistuslista, jota kautta työnjohto pystyisi monitoroimaan käyttäjäkunnossapidon toimia. Käyttöhenkilökunnan mukaan käyttäjäkunnossapitoa on tehty aikoinaan, mutta siitä on

käytännössä jokainen yksitellen luopunut huomattessaan, etteivät muutkaan kunnossapito-ohjelmaa noudata. Käyttäjäkunnossapitosuunnitelma ei vaadi muutostöimenpiteitä, mutta sen uudelleen käyttöönotto vaatii.

Oma ehdotukseni on määrätä yksittäinen vuoro suorittamaan viikoittaiset kunnossapitotoimet. Sama vuoro myös kirjaisi suorittamansa kunnossapitotoimet työnjohtajien säännöllisesti tarkistamaan taulukkoon. Tämä tarkoittaisi sitä, ettei yksittäinen vuoro joudu olemaan ainoa käyttäjäkunnossapidosta huolehtiva vuoro linjalla, vaan vastuu pyörisi jokaisen vuoron läpi kolmen viikon sykleissä. Loogisin vaihtoehto viikoittaiselle ”kunnossapitopäivälle” olisi tiistain aamuvuorolla, sillä se osuisi sopivasti pesukoneen vesien vaihdon kanssa samanaikaisesti. Pesukoneen vesiä vaihdettaessa ei linjalla pystytä tietenkään samanaikaisesti ajamaan. Vesien vaihtoon kuluvan ajan voisi hyödyntää kunnossapidon toimilla.

10.1 Määräaikaishuollot

Toimeksiantaja on ulkoistanut kunnossapitonsa monikansalliselle kunnossapito-yritykselle, jonka omaan järjestelmään merkataan vikaantumiset, huollot ja materiaalimuutokset. Järjestelmän mukaan kokoonpanolinjaan ei ole tehty vuosi-huoltoja vuosien 2014–2017 jälkeen riippuen kokoonpanosolusta. Pahimmassa tapauksessa vuosittaisiksi huolloiksi merkittyjä kunnossapitotoimia ei ole siis tehty seitsemään vuoteen. Kunnossapito-ohjeet ovat melko pinnallisia, eikä ehkäisevää kunnossapitoa ole suunniteltu käytössä olevan RCM-metodin vuoksi. Suurimpaan osaan Moduulien 1 ja 2 komponenteista ei niiden vanhentumisen vuoksi ole verkosta saatavilla valmistajien määrittämiä kunnossapito-ohjeita, tai erinäisten komponenttien ajallisia mitoituksia. On siis suhteellisen haasteellista noiden solujen osalta määrittää kunnossapitosuunnitelma, sillä ei ole tiedossa, millaisille aikaväleille komponentit on mitoitettu.

Tämänhetkinen kunnossapitosuunnitelman puute on hälyttävä varsinkin robottien osalta. Robottien kunnossapitoa tai niille tehtäviä huoltotoimenpiteitä ole merkattu mihinkään, eikä niiden tämänhetkistä tilaa voida tästä syystä arvioida

täysin. Aiemmin todettu vuosihuoltojen laiminlyönti aiheutti vastikään muutaman viikon seisokin lukitussolun robotin lyyhistyessä. Robotin servomoottorit oli ajettu reilusti yli kaksi kertaa sille mitoitettun määrän, akkupaketti oli vanhentunut jo yli kaksi vuotta sitten eikä ohjainkotelon tuulettimista ollut käytössä kuin kolmasosa, aiheuttaen ylikuumenemisiä. Robottien huolto tulee ehdottomasti sisällyttää kunnossapitosuunnitelmaan, sen lisäksi että kunnossapitosuunnitelman mukaisia huoltoja alettaisiin jälleen suorittamaan.

Lukitus- ja öljyntäyttösoluissa on identtiset robotit, eikä öljyntäytön robotti vielä ole vikaantumisen vuoksi saanut samaa huomiota kuin lukitussolun. Tämä tarkoittaa sitä, että aivan samat viat ja vieläpä samoista syistä ovat uusiutumassa öljyntäyttösolussa, jos ei huoltotoimenpiteitä aloiteta piakkoin. Vaihtoehtoina onkin siis joko kokonaisvaltainen huolto tai kaluston uusiminen.

Kunnossapitosuunnitelma kokoonpanolinjalle on suunniteltu yhdessä kunnossapitotoimijan työntekijöiden kanssa. Kunnossapitosuunnitelmaa laatiessa kiinnitettiin erityistä huomiota sen yksinkertaisena pitämiseen. Kunnossapito on jaettu mekaanisten ja sähköisten kunnossapitotoimien välillä, josta se on vielä uudelleen jaettu kokonaisten solujen väliltä yksittäisiin komponentteihin. Hyvin harvoin koko linjaa pystytään huoltamaan kerralla ajallisista syistä, joten tällaisella jaottelulla sähkömiestä ei tarvitse irrottaa muista työtehtävistään kuin sähkökomponenttien huollon ajaksi. Kunnossapitosuunnitelman rakenne on taulukkotyyppinen, jossa on kuvattu huoltoon kuuluvat komponentit, niille tehtävät toimenpiteet sekä ylimääräistä tietoa huollosta. Ylimääräinen tieto voi olla esimerkiksi tarvittavan öljyn mallimerkintä tai lyhyehkö ohje toimenpiteen toteuttamisesta. Kunnossapitosuunnitelman pohjana on käytetty liitettä 4. Laadittu kunnossapitosuunnitelma tulee kunnossapitoyrityksen omaan käyttöön kokoonpanolinjaa huollettaessa.

11 Tulokset

Korvaavien komponenttien valmistajat eivät lupaa täyttä yhteensopivuutta sukupolvien välillä, joten modernisoiminen saattaa olla suhteellisen pitkä prosessi. Linjat kuitenkin ovat uusittavissa ja modernisoitavissa. Tämänhetkisistä

komponenteista osa on jo niin kuluneita, ettei niitä enää pysty saamaan joko pysymään nolla-asennossaan tai luotettavasti palaamaan siihen työkierron päätyttyä. Näiden komponenttien osalta vaihto on välttämätön, sillä ne aiheuttavat käyttöhenkilökunnan osalta toistuvia häiriöitä, joihin he eivät itse pysty vaikuttamaan tai niitä korjaamaan. Tällaisia komponentteja löytyy pääasiassa moduuleista 1 ja 2 sekä öljyntäytön testausasemasta.

Tuotannon mittareiden perusteella kokoonpanolinjan nykytilanne puoltaa investointeja. KNL-arvo kokoonpanolinjalla seuranta-aikana oli 78,7 % ja mean time between failures eli keskimääräinen vikaantumisväli 13,5 minuuttia. Yksittäiset solut olivat yhtä valmista kappaletta kohden jopa 7 sekuntia häiriössä.

Investointiselvityksen perusteella henkilöstön puolittaessa investointi maksaisi itsensä miltei kolminkertaisesti takaisin kolmessa vuodessa, jos tilalle valitaan ABB Oy:n valmistamat robotit. Samalla henkilömäärällä päästään hyvin lähelle takaisinmaksua, mutta aivan siihen se ei kuitenkaan yllä. On kuitenkin melko selvää, että kunnossapito- ja ylityökustannukset eivät ole ainakaan vähentymässä, päinvastoin. Kokoonpanolinjaston toimintavarmuuden heikkous ja suuri häiriömäärä puoltavat investointien välttämättömyyttä omalta osaltaan. Fanuc Ltd:n ja Motoman-merkkisten robottien yhdistelmällä takaisinmaksuun päästään myös ilman henkilöstömuutoksia.

Toimeksiantajan kunnossapitotoimijan kanssa yhteistyössä määritetty kunnossapitosuunnitelma tulee kunnossapidon käyttöön kokoonpanolinjastoa huolittaessa. Kunnossapitosuunnitelma itsessään oli onnistunut jo pelkän dokumentin puolesta, sillä tulevaisuudessa kunnossapidolla on tarkka tieto suoritetuista huolloista.

12 Pohdinta

Tässä opinnäytetyössä esitetyistä tiedoista käy hyvin ilmi, ettei kokoonpanolinja enää toimi täydellä teholla tai tehokkuudella. Työntekijöillä kuluu työpäivästä turhaa aikaa häiriöiden purkamiseen ja/ tai istuskeluun konerikkojen

tapahtuessa. Linjastossa on paljon vanhentuneita komponentteja, jotka eivät ainakaan edesauta tilanteessa. Vanhojen koneiden osalta häiriökorjaaminen saattaa kestää yksinkertaisenkin häiriön sattuessa aivan liian pitkään. Kokoonpanoautomaatit ovat monimutkaisia sisällöltään, joten häiriöpurkamisen nopeus ja toimintakuntoon saattaminen on täysin riippuvainen kuskien muistista ja vuosien mittaan harjaantuneesta ammattitaidosta.

Komponenttien kartoituksessa oli omat ongelmansa niiden luetteloinnissa sekä tunnistamisessa. Aivan kaikki komponentit eivät varmasti päätyneet listaukseen, sillä solujen olemassa olevat osaluettelot ovat varsin vanhoja, eikä kaikkiin komponentteihin pääse käsiksi ilman koneiden purkamista. Osasta komponenteista oli tyyppikilvet joko hävitetty tai ajan mukana muutoin kadonneet, jolloin täyttä varmuutta ei käytössä olevasta komponentista saatu.

Käyttäjäkunnossapitoon tulisi linjastolla kiinnittää enemmän huomiota tulevaisuudessa. Toimivan kunnossapitosuunnitelman sekä valvotun käyttäjäkunnossapidon avulla kokoonpanolinjan toimintavarmuutta sekä yleisen kunnan tasoa saadaan nostettua roimasti. Ennaltaehkäisevää kunnossapitoa onkin suunniteltu vain käyttöhenkilökunnan toimesta, joten käyttäjäkunnossapidon tärkeys kasvaa siinäkin suhteessa.

Investointilaskelmien perusteella ABB:n valmistamat robotit eivät ole kustannustehokas vaihtoehto kokoonpanolinjalle. Tämä vaihtoehto on silti pitkällä tähtäimellä parempi, sillä toimeksiantajan kunnossapidolle ABB:n tuotteet ovat ennalta tutumpia muihin vaihtoehtoihin verrattuna. Tämä korreloi suoraan kunnossapitokustannuksiin, sillä häiriö-/ korjaustilanteissa tarvitsee olla maahantuojaan tai valtuutettuun huoltoon yhteydessä huomattavasti vähemmän. Lisäetuja tuo myös se, että tehtaalla on ennestään ABB:n valmistamia robotteja käytössään.

Lähteet

- American Society for Quality, 2021. What is Six Sigma? <https://asq.org/quality-resources/six-sigma> (luettu 6.12.2021)
- Basu, Ron 2011. Fit sigma: a lean approach to building sustainable quality beyond Six Sigma. Chichester: J. Wiley & Sons.
- Dinsmore, Paul 2014. The AMA handbook of project management. New York: AMACOM.
- Hakkarainen, Tuomas. Puhelinkeskustelu 23.11.2021.
- Haverila, Matti, Uusirauva, Heikki, Kouri, Ilkka & Miettinen, Asko 2005. Teollisuustalous. Tampere: Infacs OY.
- Järviö, Jorma & Lehtiö Taina 2017. Kunnossapito: tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: Promaint OY
- Laine, H.S. 2010. Tehokas Kunnossapito: tuottavuutta käynnissäpidolla. Helsinki: KP-Media OY.
- Liptak, Bela G. 2002. Instrument Engineer's Handbook, Volume Three: Process Software and Digital Networks. Florida: CRC Press.
- Palkka.fi, palkkalaskuri työnantajalle. <https://www.palkka.fi/palkkalaskuri/index.htm> (luettu 11.11.2021).
- Promaint 11.12.2013. "Kunnonvalvonta ja käyttövarmuus: Tehosta vikaantumisen seurantaa". (luettu 30.9.2021).
- Teollisuusliitto, 2021. Työehtosopimus <https://www.teollisuusliitto.fi/wp-content/uploads/2020/11/Teknologioteollisuuden-palkkaratkaisu-2021.pdf> (luettu 11.11.2021).
- Tilastokeskus 2021. Rahanarvonmuunnin. <https://www.stat.fi/tup/laskurit/rahanarvonmuunnin.html> (luettu 5.12.2021).

Viitattut standardit:

PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Helsinki: PSK standardoimisyhdistys.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. Helsinki: PSK standardoimisyhdistys.

SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

Moduulien 1 ja 2 logiikat		
Kuvaus	Nykyinen	Saatavuus
Virtalähde	OMRON	Phase out
CPU	OMRON	Saatavilla*
Tuloyksikkö	OMRON	Saatavilla*
Digitaalinen lähtöyksikkö	OMRON	Phase out
Digitaalinen lähtöyksikkö	OMRON	Phase out
CPU	OMRON	Phase out

Moduulien 1 ja 2 mekaaniset komponentit		
Kuvaus	Nykyinen	Saatavuus
Robotti	Sony	Phase out
Vaihdemoottori	Refimex	Ei tiedossa
Tarttuja	Festo	Saatavilla
Liukusylinteri	Festo	Saatavilla
Vastusvastaventtiili	SMC	Saatavilla
Kääntöyksikkö	Festo	Phase out
Kytkinvarsi	Festo	Saatavilla
Sylinteri	Festo	Saatavilla
Sylinteri	Festo	Saatavilla
Tarttuja	Festo	Saatavilla
Työntöyksikkö	Schunk FUS	Phase out
Sylinteri	Festo	Saatavilla
Pysty-yksikkö	Meto-fer	Saatavilla

Johdesylinteri	SMC	Saatavilla
Johdesylinteri	SMC	Saatavilla
Johdesylinteri	SMC	Saatavilla
Lineaariyksikkö	SMC	Saatavilla
Tarttuja	Festo	Saatavilla
Voimansiirto	Festo	Saatavilla
Tarttuja	SMC	Saatavilla
Sylinteri	Festo	Saatavilla
Sylinteri	SMC	Saatavilla
Voimansiirto	Festo	Phase out
Sylinteri	Festo	Saatavilla
1-vaihemoottori	SPG	Saatavilla
Tarttuja	SMC	Phase out
Vastusvastaventtiili	SMC	Saatavilla
Sylinteri	Festo	Phase out
Tarttuja	SMC	Phase out
Tarttuja	Festo	Phase out
Aktuaattori	Festo	Phase out
Aktuaattori	Festo	Phase out
Moottori	Deprag	Phase out
Sylinteri	Festo	Phase out
Jalkakiinnike	Festo	Phase out
Johde	THK	Saatavilla

Johde	THK	Saatavilla
Lähestymisanturi	Festo	Saatavilla
Anturin kiinnike	Festo	Saatavilla
Aktuaattori	Festo	Phase out
Lattamutteri	Festo	Saatavilla
Jalkakiinnike	Festo	Saatavilla
Vastusvastaventtiili	SMC	Saatavilla
Hammasrataspää	Japan servo	Saatavilla
Moottori	Japan servo	Saatavilla, mutta heikosti

Moduulien 1 ja 2 logiikat

Kuvaus	Nykyinen	Saatavuus
Virtalähde	OMRON	Phase out
CPU	OMRON	Saatavilla*
Tuloyksikkö	OMRON	Saatavilla*
Digitaalinen lähtöyksikkö	OMRON	Phase out
Digitaalinen lähtöyksikkö	OMRON	Phase out
CPU	OMRON	Phase out

Moduulien 1 ja 2 logiikat

Kuvaus	Nykyinen	Saatavuus
Virtalähde	OMRON	Phase out
CPU	OMRON	Saatavilla*
Tuloyksikkö	OMRON	Saatavilla*
Digitaalinen lähtöyksikkö	OMRON	Phase out
Digitaalinen lähtöyksikkö	OMRON	Phase out

CPU	OMRON	Phase out
-----	-------	-----------

Robottiikkaosat (öljyntäyttö- ja lukitussolut)		
Kuvaus	Nykyinen	Saatavuus
Robotti	Motoman	Phase out
Ohjainyksikkö	Motoman	Phase out
CPU	OMRON	Saatavilla
Virtalähde	OMRON	Saatavilla
DeviceNet	OMRON	Saatavilla
Suoja	OMRON	Saatavilla
Kosketusnäyttö	OMRON	Saatavilla
Kosketusnäyttö	OMRON	Saatavilla
DeviceNet väyläohjain	Beckhoff	Vanhentunut, mutta saatavilla
Input moduuli	Beckhoff	Saatavilla
Input moduuli	Beckhoff	Saatavilla
Output moduuli	Beckhoff	Saatavilla
Output moduuli	Beckhoff	Saatavilla
Output moduuli	Beckhoff	Saatavilla
Välisyöttö	Beckhoff	Saatavilla
Päätymoduuli	Beckhoff	Saatavilla
Hakkuriteholähde	QUINT	Saatavilla
Hakkuriteholähde	QUINT	Saatavilla
Ylijännitesuoja	Phoenix Contact	Saatavilla

Kuormakytkin	ABB	Saatavilla
Väännin, kuormankyt.	ABB	Phase out
Akseli, kuormankyt.	ABB	Phase out
Akselituki	ABB	Saatavilla
Liitinsuoja	ABB	Saatavilla
Anturi	SMC	Saatavilla
Anturi	SMC	Saatavilla
Anturi	SMC	Saatavilla
Anturi	SMC	Saatavilla
Anturi	Balluf	Saatavilla
Anturi	Festo	Saatavilla

Öljyntäytön komponentit		
Kuvaus	Nykyinen	Saatavuus
DeviceNet	OMRON	Saatavilla
Virtalähde	OMRON	Saatavilla
Lisämoduuli	OMRON	Saatavilla
CPU	OMRON	Saatavilla
DeviceNet väyläohjain	Beckhoff	Vanhentunut, mutta saatavilla
Input moduuli	Beckhoff	Saatavilla
Välisyöttö	Beckhoff	Saatavilla
Output moduuli	Beckhoff	Saatavilla
Output moduuli	Beckhoff	Saatavilla

Päätymoduuli	Beckhoff	Saatavilla
Input moduuli	Beckhoff	Saatavilla
Output moduuli	Beckhoff	Saatavilla
Hakkuriteholähde	QUINT	Saatavilla
Hakkuriteholähde	QUINT	Saatavilla
Ylijännitesuoja	Phoenix Contact	Saatavilla
Varokeliitin	Phoenix Contact	Saatavilla
Riviliitin	Phoenix Contact	Saatavilla
Riviliitin	Phoenix Contact	Saatavilla
Riviliitin	Phoenix Contact	Saatavilla
Riviliitin	Phoenix Contact	Saatavilla
Riviliitin	Phoenix Contact	Saatavilla
Riviliitin	Phoenix Contact	Saatavilla
Riviliitin	Phoenix Contact	Saatavilla
Riviliitin	Phoenix Contact	Saatavilla
Kontaktori	Telemecanique	Saatavilla
Kontaktori	Telemecanique	Phase out
Apukontaktori	Telemecanique	Saatavilla
Riviliitin	Weidmüller	Saatavilla
Anturi	SMC	Saatavilla
Anturi	SMC	Saatavilla
Anturi	SMC	Saatavilla
Sylinteri	SMC	Saatavilla
Sylinteri	SMC	Saatavilla

Sylinteri	SMC	Saatavilla
Kuljettimen moottori	Bonfiglioli	Saatavilla
Paineilmamoottori	Atlas Copco	Saatavilla
Voimasyylinteri	Pressotechnik	Phase out
Anturi	SMC	Saatavilla
Sylinteri	SMC	Saatavilla
Pyörytysylinteri	SMC	Saatavilla
Automaattinen kytkin	SMC	Saatavilla
Sylinteri	SMC	Saatavilla
Sylinteri	SMC	Saatavilla
Anturi	SMC	Saatavilla
Johdesylinteri	Festo	Saatavilla
Anturi	Festo	Saatavilla
Sylinteri	Festo	Saatavilla
Johdesylinteri	SMC	Saatavilla
Induktiivinen anturi	OMRON	Phase out
Absoluuttianturi	Stegmann	Saatavilla
Lähestymisanturi	OMRON	Saatavilla
Kuituvahvistin	OMRON	Phase out
Öljypumppu	Brook Compton	Phase out

Lukitussolun komponentit		
Kuvaus	Nykyinen	Saatavuus

Porausyksikkö	Suhner	Phase out
Voimasyylinteri	Pressotechnik	Phase out
Sylinteri	Festo	Saatavilla
Sylinteri	Festo	Phase out
Sylinteri	Festo	Saatavilla
Kuituvahvistin	OMRON	Phase out
Sensori	OMRON	Saatavilla
Moottori	Carpanelli	Saatavilla

Kokoonpanolinjan seurantalomake		Eetu Koponen					
Päivämäärä:		Ajettu malli:					
Solu	Häiriöiden määrä	Häiriöaika (s/kpl)	Häiriöstä johtuneet hylätyt kappaleet	Muut hylätyt kappaleet	Konerikot	Konerikkoon kulunut aika (min)	
Moduuli 1							
Moduuli 2							
Öljyntäyttö							
Pesukone							
Lukitussolu							
Yhteensä							
<p>Häiriöaika on keskimääräinen yhden (1) häiriön purkamiseen kulunut aika. Konerikot -sarakeeseen merkitään mahdolliset konerikot x:llä, ja viereiseen soluun siihen kulunut aika minuutteina. Häiriöiden määrällä tarkoitetaan koko vuoron aikana tapahtuvia häiriöitä kussakin solussa. Huom! Esimerkiksi päätykannen kierteiden porsimisesta johtuva alipainehäiriö merkataan moduuli 2:n häiriöksi, sillä häiriö johtuu sen työvaiheesta, vaikka se huomattaisiinkin öljyntäytön häiriönä. Mallia vaihdettaessa tai yhdenaikaisesti kahta mallia ajettaessa tulee täyttää kahta eri lomaketta.</p>							

Tuotemalli A							
Solu	Häiriöden määrä	Häiriö-aika (s/kpl)	Häiriöstä johtuneet hylätyt kappaleet	Muut hylätyt kappaleet	Konerikot	Konerikkoon kulunut aika (min)	Hyväksytyttyjen määrä
Moduuli 1	81	60s					
Moduuli 2	49	60s					
Öljyntäyttö	42	150s					
Pesukone	4	300s					
Lukitus-solu	1	120s					
Yhteensä	177						1240

Tuotemalli B							
Solu	Häiriöden määrä	Häiriöaika (s/kpl)	Häiriöstä johtuneet hylätyt kappaleet	Muut hylätyt kappaleet	Konerikot	Konerikkoon kulunut aika (min)	Hyväksytyttyjen määrä
Moduuli 1	76	53,25	7		1	28	
Moduuli 2	55	54,25			1	21	
Öljyntäyttö	48	150					
Pesukone	4	300					
Lukitus-solu	2	300					
Yhteensä	185		7		2	49	1440

Tuotemalli C							
Solu	Häiriöden määrä	Häiriöaika (s/kpl)	Häiriöstä johtuneet hylätyt kappaleet	Muut hylätyt kappaleet	Konerikot	Kone-rikkoon kulunut aika (min)	Hyväksytyttyjen määrä
Moduuli 1							
Moduuli 2							
Öljyntäyttö	80	90,28571429		2			
Pesukone	8	300					
Lukitus-solu	3	60			1	16	
Yhteensä	91		0	2	1	16	3125

Tuotemalli D							
Solu	Häiriöden määrä	Häiriöaika (s/kpl)	Häiriöstä johtuneet hylätyt kappaleet	Muut hylätyt kappaleet	Konerikot	Kone-rikkoon kulunut aika (min)	Hyväksytyttyjen määrä
Moduuli 1	73	84					
Moduuli 2	123	60	1		2	147	
Öljyntäyttö							
Pesukone							
Lukitus-solu							

Yhteensä	196		1	0	2	147	621
----------	-----	--	---	---	---	-----	-----

Kaikki tuotemallit							
Solu	Häiriöiden määrä	Häiriöaika (s/kpl)	Häiriöstä johtuneet hylätyt kappaleet	Muut hylätyt kappaleet	Konerikot	Konerikoon kulunut aika (min)	Hyväksytyttyjen määrä
Moduuli 1	230	68,625	7	0	1	28	0
Moduuli 2	227	57,125	1	0	3	168	0
Öljyntäyttö	170	120,1428571	0	2	0	0	0
Pesukone	16	300	0	0	0	0	0
Lukitus-solu	6	180	0	0	1	16	0
Yhteensä	649		8	2	5	212	6426

Suunniteltu työaika					
Solu	Häiriöiden määrä	Keskimääräinen häiriöaika	Kokonaishäiriöaika	Konerikot	Konerikoihin käytetty aika (min)
Moduuli 1	230	68,625	15783,75	1	28
Moduuli 2	227	57,125	12967,375	3	168
Öljyntäyttö	170	120,1428571	20424,28571	0	0
Pesukone	16	300	4800	0	0
Lukitus-solu	6	180	1080	1	16
Yhteensä	649	0	55055,41071	5	212

HUOLTORAPORTTI

Asiakas:	Konenumero:		Koneen nimi:
Huollon tyyppi:	6kk <input type="checkbox"/>	12kk <input type="checkbox"/>	Päivämäärä:

Komponenttityyppi	Puhd.	Tark.	Vaihd.	Void.	Huomautukset:
Komponentti 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Yleiset ohjeet huollon suorittamisen.
Komponentti 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Komponentti 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Komponenttityyppi	Puhd.	Tark.	Vaihd.	Void.	Huomautukset:
Komponentti 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Komponentti 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Komponentti 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Komponentti 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Komponentti 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Komponenttityyppi	Puhd.	Tark.	Vaihd.	Void.	Huomautukset:
Komponentti 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Komponentti 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Komponentti 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	