

Jere Laitinen

LAATIKKOJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN VAASAN OY:N KUUSANKOSKEN LEIPOMOLLE

Opinnäytetyö
Logistiikan koulutus

2017



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Jere Laitinen	Insinööri, Logistiikka	Joulukuu 2016
Opinnäytetyön nimi		57 sivua
Laatikkojärjestelmän kehittäminen Vaasan Oy:n Kuusankosken leipomolle		
Toimeksiantaja		
Vaasan Oy		
Ohjaaja		
Lehtori Olli Huuskonen, Elina Salospohja, Petri Oinonen		
Tiivistelmä		
<p>Tämän työn tarkoituksena oli selvittää automaattisen leipomolaatikoiden kuljetinjärjestelmän häiriöiden syyt ja kestoajat Vaasan Oy:n Kuusankosken leipomolla. Häiriöiden seurauksena laatikkovirta tuotantopisteille katkeaa ja se aiheuttaa ylimääräistä työtä henkilöstölle. Häiriön jatkuessa pahimmassa tapauksessa tuotanto keskeytyy.</p> <p>Laatikkojärjestelmä toimii tehtaalla kolmessa eri tilassa: laatikkovarastossa, pesuhuoneessa ja tuotannon tiloissa. Laatikkovarastossa kuljettajat lastaavat laatikot järjestelmään pinoissa, jossa ne automaattisesti varastoidaan ja ohjataan tuotantoon. Pesuhuoneessa pinot purkautuvat yksittäisiksi laatikoiksi kuljettimelle ja siirtyvät sitten pesu- ja kuivauskooneen kautta tuotannon tiloihin. Tuotannossa on kolme tuotantolinjaa, joihin laatikot siirtyvät kulutuksen mukaan.</p> <p>Työ aloitettiin tehtaalla suoritettulla havainnoinnilla. Tämän lisäksi tehtiin vierailut Kotkan sekä Vantaan leipomoille. Havainnoinnin aikana järjestelmästä tehtiin prosessikaavio, kysyttiin henkilöstön kokemuksia ja seurattiin tapahtumia erityisesti häiriöiden aikana. Havainnoinnin pohjalta laadittiin syy- ja seurauskaavio (kalanruotokaavio). Mitattavaa tietoa kerättiin laitoshuollon raporteista, yrityksen omasta toiminnanohjausjärjestelmästä sekä itse suoritusta videokuvauksesta.</p> <p>Tuloksista saatiin selville suurimmat häiriöiden aiheuttajat, joista laadittiin Pareto-kaavio. Häiriöiden lukumäärä ja kestot saatiin videomateriaalin ansiosta kerättyä tarkasti. Näiden tietojen pohjalta järjestelmälle laskettiin käyttöaste, saatiin tiedot häiriöistä aiheutuvista kustannuksista sekä määriteltäjä järjestelmän kehityskohteet. Lopuksi häiriön tapahtumiselle laskettiin todennäköisyys järjestelmän käynnistymisestä alkaen.</p>		
Asiasanat		
automaattiset käsittelyjärjestelmät, laatikot, häiriöt, six sigma		

Author (authors) Jere Laitinen	Degree Bachelor of Engineering, Logistics	Time December 2016
Thesis Title Crate System Development for Vaasan Oy bakery at Kuusankoski		57 pages
Commissioned by Vaasan Oy		
Supervisor Olli Huuskonen, Senior Lecturer, Elina Salospohja, Petri Oinonen		
Abstract <p>The purpose of this work was to solve failure of causes and times in automated material handling system for bakery crates at Vaasan Oy bakery in Kuusankoski. From failure en-sues breakdown at material flow and it causes extra work for personnel. In the worst-case scenario production will stop if failure continues.</p> <p>Material handling system for crates works at factory in three separate spaces: crate ware-house, shower room and production facilities. At the crate warehouse drivers load crate stacks to the system where the crates are stored or moved to production. In the shower room crate stacks are dismantled into individual crates to the conveyor and are moved by a washing and drying machine to production facilities. In production, there are three different production lines where crates are moved for consumption.</p> <p>The research was started by perception at the factory. In addition, visits were made to bak-eries in Kotka and Vantaa. The time of perception included making of the process map, asking experiences from employees and monitoring events especially at failure times. Cause and effect analysis (fishbone diagram) were made from perception. Measured data were gathered from maintenance reports, company’s own enterprise resource planning and self-made video recording.</p> <p>Biggest failure sources were found in results and a Pareto diagram were made from there. Because of video material, the number and lengths of failures were gathered precisely. From this data of material handling system’s utilization rate was calculated, costs from fail-ures were gathered and of define systems development parts. Finally, a probability was calculated for the possibility of a failure from start-up of the system.</p>		
Keywords automated material handling systems, crates, failures, six sigma		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TUTKIMUS	7
2.1	Tavoitteet.....	7
2.2	Rajaus	8
2.3	Menetelmät.....	8
2.4	Teoreettinen viitekehys.....	8
2.5	Työssä käytettävät termit.....	9
3	TUOTANTO.....	9
3.1	Tuotantosuunnitelma	10
3.2	Aikataulu.....	10
3.3	Tuotannonohjaus.....	11
3.4	Toiminnanohjausjärjestelmä	12
4	TULO, SISÄ-, JA LÄHTÖLOGISTIIKKA	12
4.1	Varastointi.....	13
4.1.1	Varastotyypit	13
4.1.2	Varastointi ja tuotanto	14
4.1.3	Sopimusvarastointi.....	14
4.2	Materiaalinkäsittely	15
4.2.1	Toimintaperiaatteet	15
4.2.2	Automaattinen käsittelyjärjestelmä.....	16
4.2.3	Ongelmat.....	16
4.2.4	Kustannukset	17
4.3	Kuljettimet.....	17
4.3.1	Rullakuljetin.....	17
4.3.2	Ketjukuljetin.....	18

4.3.3	Hihnakuuljetin.....	18
4.3.4	Lamellikuuljetin.....	19
4.3.5	Ruuvikuuljetin.....	19
4.3.6	Automatisoidut ajoneuvot.....	19
4.4	Pakkaukset.....	19
4.4.1	Pakkauksien ominaisuudet.....	20
4.4.2	Kuormalavat.....	20
5	SIX SIGMA.....	21
5.1	DMAIC.....	22
5.1.1	Määrittely (Define).....	23
5.1.2	Mittaus (Measurement).....	23
5.1.3	Analysointi (Analyze).....	24
5.1.4	Parannus (Improvement).....	24
5.1.5	Ohjaus (Control).....	24
5.2	Työkalut.....	25
5.2.1	Syy- ja seurauskaavio.....	25
5.2.2	Pareto-kaavio.....	26
5.2.3	MTBF, MTTR ja käyttöaste.....	27
5.2.4	Todennäköisyyslaskenta.....	29
6	VAASAN OY – KUUSANKOSKEN LEIPOMO.....	33
7	TUOTANTO.....	34
7.1	Aikataulu.....	35
7.2	Toiminnanohjaus.....	36
8	LEIPOMOLAATIKOIDEN KULJETINJÄRJESTELMÄ.....	37
8.1	Laatikkovarasto ja pesuhuone.....	37
8.2	Tuotannon tilat.....	38
8.3	Prosessi.....	39

8.4	Laatikko	40
8.5	Laatikoiden toimitukset ja kulutus	41
8.6	Varmuusvarasto ja seuranta	42
8.7	Laatikkojärjestelmän laitteisto	42
8.7.1	Rulla- ja ketjukuljettimet	43
8.7.2	Lamellikuljettimet ja kierreluisu	44
8.7.3	Pysäyttimet, valosilmät ja työntimet	44
9	TUTKIMUS	44
9.1	Määrittely	45
9.1.1	Häiriötilanteet	45
9.1.2	Kotkan ja Vantaan järjestelmät	46
9.1.3	Syy-seurauskaavio	46
9.2	Mittaus	47
9.3	Tulokset	48
9.3.1	Pareto-kaavio	48
9.3.2	Ajat, riskiarviointi ja käyttöaste	50
9.3.3	Todennäköisyys	51
10	JOHTOPÄÄTÖKSET	54
11	POHDINTA	55
	LÄHTEET	56
	KUVALUETTELO	
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Suomessa ja Baltiassa toimiva leipomoalan yritys Vaasan Oy. Työn kohteena on Kuusankosken leipomon tyhjiin laatikoiden automaattinen käsittelyjärjestelmä. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää järjestelmässä tapahtuvien häiriöiden syitä, kestoja ja vaikutuksia. Laatikkovirran keskeytyminen tuotannossa aiheuttaa ylimääräistä työtä ja voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa tuotantokatkoksen. Laatikkovirta lastauspaikalta tuotantolinjoille on kokonaan automatisoitu, joten pienikin häiriö tällä välillä aiheuttaa isoja ongelmia.

Keskeinen tutkimusongelma työssä on se, miten organisaatio voi tehdä laatikkojärjestelmästä toimintavarmun sekä minimoida järjestelmän häiriöistä aiheutuvaa turhaa työtä ja kustannuksia. Työ on aiheellinen, koska leipomolla ollaan lähitulevaisuudessa lisäämässä tuotantoa ja tästä syystä laatikkojärjestelmän toimintavarmuus tulee olemaan entistä tärkeämpää.

2 TUTKIMUS

Tässä osiossa käydään lyhyesti läpi tutkimuksen eri alueet. Teoriaosuudessa käydään tutkimusprosessia vielä läpi, koska tässä työssä tutkimukseen käytetään valmista prosessia. Viimeisenä esitetään termit, joita käytetään opinnäytetyössä.

2.1 Tavoitteet

Työn tavoitteena on selvittää suurimmat aiheuttajat laatikkojärjestelmässä tapahtuviin häiriöihin. Lisäksi häiriöistä mitataan määrät ja kestot. Näitä tuloksia voidaan käyttää eri mittareilla. Tiedoista saadaan myös laskettua häiriöistä aiheutuvat kustannukset. Tulosten pohjalta järjestelmästä löydetään heikoimmat lenkit ja niistä aiheutuvat kustannukset, joita voidaan peilata uusiin investointisuunnitelmiin. Tulokset työstä esitetään toimeksiantajalle helmikuussa 2017.

2.2 Rajaus

Työ on rajattu siten, että prosessi alkaa laatikoiden kuljetuslinjalle lastauksesta ja päättyy siihen, kun laatikot saapuvat tuotantolinjan alastulolle. Tutkittavana on itse järjestelmä sekä laatikko. Ulkopuolelle jää laatikon prosessi tehtaan ulkopuolella. Lisäksi ulkopuolelle jää kuljettajien toiminta laitoksessa ja pakkaajien työskentely tuotantopisteillä. Tutkimuksessa tulee rajauksen ulkopuolelta esiin eri elementtejä, mutta näiden on katsottu olevan tarpeellisia työn kannalta.

Työssä keskitytään etsimään laatikkojärjestelmän häiriöiden kohteet ja kestot. Järjestelmästä ei tutkita tarkempaa teknistä toimintaa, kuten kone-, ja sähkötekniikkaa tai logiikkaa. Työ on kuvattu varastoinnin ja tuotannon näkökulmasta, jotta se saadaan sopimaan parhaiten logistiikan opinnäytetyöksi.

2.3 Menetelmät

Työ toteutetaan case-tutkimuksena. Aineistoa kerätään havaintojen, kirjatun tiedon ja taltiointien perusteella. Havainnot kerätään seuraamalla prosessin ja työntekijöiden toimintaa. Erityisen tärkeää seuranta on häiriötilanteiden aikana. Havainnointia suoritetaan lisäksi Kotkan ja Vaasan leipomoiden vierailuilla. Laitoshuollon ja tehtaan omista raportoinneista etsitään tietoa ja tehtaalla suoritetaan järjestelmän toiminnasta omatoimista videokuvausta. Tutkimuksessa käytetään Six Sigma-strategian DMAIC-prosessia ja siihen liittyviä työkaluja.

2.4 Teoreettinen viitekehys

Teoriaosio koostuu kolmesta eri alueesta: logistiikka, tuotanto ja tutkimus. Logistiikan osioon kuuluvat varastointi ja materiaalinkäsittely. Materiaalinkäsittelyyn voidaan laskea sisältyväksi myös alaotsikko 4.3 – kuljettimet, joka oli laitettava omaksi alueekseen laajuuden vuoksi. Tuotantoa käsitellään teoriassa, koska työn aiheena oleva laatikkojärjestelmä toimii tuotannon kanssa yhdessä. Yleisen tuotannon teorian lisäksi käsitellään tuotannonohjausta ja toiminnanohjausjärjestelmiä. Tutkimuksen osassa käydään läpi Six Sigman ja DMAIC-prosessin vaiheet ja käytettävät työkalut, jotka tässä työssä ovat tilastomatematiikkaan painottuvia.

Pääasiallisesti lähdekirjallisuus on englanninkielistä, koska suomenkielinen kirjallisuustarjonta on vähäistä tai sitä ei ole tietyistä työn osioista.

2.5 Työssä käytettävät termit

Six Sigma on tilastotieteeseen pohjautuva laatutyökalu, jota käytetään erityisesti prosessien parantamiseen.

DMAIC (define, measure, analyze, improvement, control) on lyhenne sanoista: määrittely, mittaus, analysointi, parannus ja ohjaus. DMAIC on ongelmanratkaisuprosessi, joka on osa Six Sigmaa.

KNL on yrityksen käytössä oleva toiminnanohjausjärjestelmä, joka kirjaa tuotannon tapahtumat automaattisesti.

Laatikkopino on 17 kappaletta laatikoita päällekkäin pinottuna.

Laitoshuolto on tehtaalla 24 tuntia vuorokaudessa päivystävä kunnossapito.

Manipulaattori on laatikkovarastossa sijaitseva laatikkopinojen käsittelijä, joka vuoroin varastoi pinoja tai siirtää niitä tuotantoon.

Pinonpurkaja on pesuhuoneessa oleva laite, joka siirtää laatikkopinot yksittäisiksi laatikoiksi kuljetinradalle.

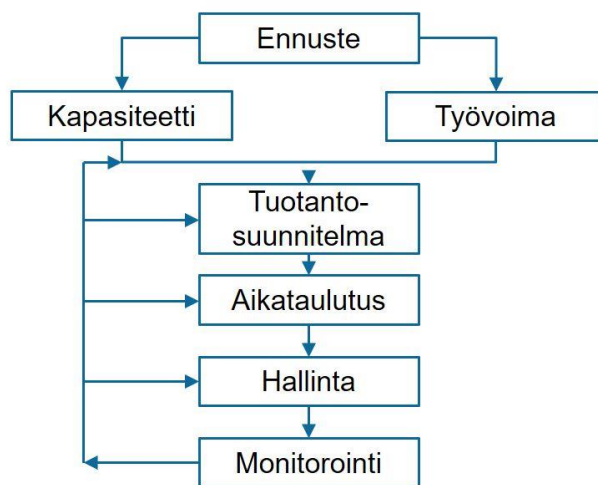
3 TUOTANTO

Tuotantomäärien tulisi vastata asiakkaan kysyntää. Asia vaikuttaa yksinkertaiselta, mutta tuotantomäärien noustessa muuttujat lisääntyvät. Kysyntä vaihtelee kausittain ja asiakkailla on erilaisia tarpeita tuotteiden suhteen. Kysyntä voi ylittää tuotannon kapasiteetin tai tuotantoaste voi olla kapasiteetin alapuolella, jolloin syntyy ylimääräisiä kustannuksia. Käytännössä toimivat ratkaisut ovat välttämättömiä. (Bloomberg ym. 2002, 36.) Päätökset, joita tuotannon suhteen tehdään,

koskevat sijainti, tuotannonohjaus, alihankinta, teknologia ja automaatio (Ritva-
nen ym. 2011, 46).

3.1 Tuotantosuunnitelma

Tuotannonsuunnittelu aloitetaan ennusteella, jossa päätetään kapasiteetti, jolla tuotteita tuodaan markkinoille. Nämä päätökset ovat strategisia ja niille varataan suuria rahasummia pitkälle aikavälille. (Bloomberg ym. 2002, 37.) Kuvassa 1 on prosessikaavio tuotantosuunnitelmasta.



Kuva 1. Tuotantosuunnitelman prosessi (Bloomberg ym. 2002, 38)

Työvoima- ja tuotantosuunnitelmassa pyritään sovittamaan kapasiteetti realistiseen kysyntään. Erityisiä haasteita asettavat juhlapyhät. Liian pieni kapasiteetti on menetettyä rahaa ja liian iso kapasiteetti lisäkustannus. (Bloomberg ym. 2002, 42.) Maksimikapasiteetti riippuu koneista, työvoimasta, taloudellisista resursseista ja materiaalien saatavuudesta. Sekä lyhyellä, että pitkällä aikavälillä valmistus tulee suunnitella tasapainottamaan kysyntä resurssien ja kapasiteetin kanssa. (Arnold ym. 2012, 16.)

3.2 Aikataulu

Aikataulussa on eri tavoitteita: toimitus oikeaan aikaan, keskeneräisen työn minimoiminen, lyhyet tilaus-toimitusajat ja tehtaan suuri käyttöaste. Nämä asiat ovat

yleensä toisiaan vastaan. Lyhyt toimitusaika on helppoa, kun käyttöaste on alhaalla ja päinvastoin. (Bloomberg ym. 2002, 43.) Tehokas MPS:n (Master production schedule) suunnitelu tarjoaa pohjan tehokkaalle tuotantomateriaalien käytölle, asiakastilausten toimitusajoille, tasapainottamaan myyntiä ja valmistusta sekä saavuttamaan yrityksen tavoitteet (Jacobs ym. 2011, 152). MPS muodostaa yhteyden tuotantosunnitelmaan ja valmistukseen. Lisäksi se antaa perustan laskelemille kapasiteetista ja tarvittavista resursseista. (Arnold ym. 2012, 41.)

3.3 Tuotannonohjaus

Varasto-ohjautuva tuotanto (make-to-stock, MTS) on käytössä yleensä hyvin säilyvillä tuotteilla, joilla on lyhyt toimitusaika. Jos tuotannossa tavoitteena on korkea käyttöaste, niin MTS on siihen sopiva tuotantomuoto. Onnistunut varasto-ohjautuva tuotanto vaatii mahdollisimman tarkan ennustuksen kysynnästä, koska se sitoo pääomaa. (Ritvanen ym. 2011, 48.) Varasto-ohjautuva tuotanto on sopiva standardituotteille, jotka valmistetaan suurella volyymilla ja joilla lyhyet toimitusajat asiakkaille ovat kriittisiä. Toimitusaikaa vähennetään pienentämällä prosessien läpimenoaikoja. (Jacobs ym. 2011, 453.)

Tilausohjautuva tuotanto (make-to-order, MTO) sopii käytettäväksi, kun eri tuotteita on paljon ja kaikilla on pieni kysyntä. Tästä syystä kappalehintaa on korkea ja toimitusaika pitkä. Kapasiteetti tuotannossa asetetaan kysynnän tasolle. (Ritvanen ym. 2011, 49.) Yrityksillä on yleensä keskeneräisiä tuotteita, jotka tehdään valmiiksi asiakastilauksien mukaan. Samalla tuotteella voi olla paljon erilaisia variaatioita, joten kysynnän ennustaminen näille on todella vaikeaa. Tällaisessa ympäristössä asiakkaat ovat valmiita pidempiin toimitusaikoihin. (Jacobs ym. 2011, 154.)

Asiakasohjautuva kokoonpano (assemble-to-order, ATO) huomioi asiakkaiden tarpeet tarkasti. Tuotteista tehdään erilaisia versioita asiakkaiden tarpeiden mukaan. Varastoon sitoutuu pääomaa tuotteiden eri versioiden takia. (Ritvanen ym. 2011, 49.) Lopputuotteella voi olla lähes loputon määrä erilaisia kokoonpanoja. Toimitusaikojen vaatimukset ovat usein lyhempiä, kuin kokonaisvalmistuksen tuotantoaika, joten tuotanto täytyy aloittaa ennakkoinnilla. Lopputuotteiden varastointi

on liian riskialtista, joten yritykset yrittävät säilyttää joustavuuden valmistamalla peruskomponentit, mutta pääosin ei aloita kokoamista ennen asiakastilauksia. (Jacobs ym. 2011, 154–155.)

Asiakasohjautuva tuotesuunnittelu (engineer-to-order, ETO) keskittyy asiakkaiden omakohtaisiin tuotteisiin. Niillä on kysyntä vaihtelevaa ja toimitusaika pitkä. Yleensä tämä on käytössä pilaantuvien tuotteiden kohdalla. Käyttöaste tässä tapauksessa ei ole tärkeä. (Ritvanen ym. 2011, 49.) Yritykset toimivat yhdessä asiakkaiden kanssa suunnitellessa tuotetta ja valmistavat ne hankituista materiaaleista, osista ja komponenteista (Jacobs ym. 2011, 35).

3.4 Toiminnanohjausjärjestelmä

Toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise Resource Planning, ERP) kerää ja välittää tietoa yrityksen toiminnoista. ERP koostuu eri moduuleista, kuten tuotannon suunnittelusta ja -ohjauksesta, hankinnasta, jakelusta ja myynnistä. Näiden ansiosta kaikkia ERP-ominaisuuksia ei tarvitse ottaa käyttöön. (Ritvanen ym. 2011, 56.)

Hyötyjä toiminnanohjausjärjestelmästä ovat näkyvyys koko organisaatiossa ja tuki prosessien parantamisessa. Lisäksi internet ja e-kauppa tekevät ERP-tiedon siirrosta sujuvaa. (Grant ym. 2006, 190.) Aikataulun avulla tuotteen tarve voidaan tietyllä tasolla ennustaa. Järjestelmästä näkee, mitä komponentteja tarvitaan tai hankinnan tarpeet. Haittapuolena on se, että ERP tarvitsee paljon dataa. Tiedon pitää olla tarkkaa ja jatkuvasti ajan tasalla. Jos prosessi on valmiiksi vakaa, niin ERP voi tulla kalliiksi muihin vaihtoehtoihin nähden. (Arnold ym. 2012, 359–360.)

4 TULO, SISÄ-, JA LÄHTÖLOGISTIIKKA

Tulo-, sisä-, ja lähtölogistiikasta puhutaan silloin, kun materiaalit ja tuotteet kulkevat organisaation läpi. Tulologistiikka alkaa hankintatoimesta. Siihen sisältyy lisäksi vastaanotto, tarkastus, purkaminen ja sijoittaminen varastoon. Sisälogistiikkaan kuuluu materiaalin ja tuotteiden käsittely yrityksen sisällä. Toimintoja ovat

esimerkiksi kokoonpano ja laitehuolto. Lähtölogistiikkaan sisältyvät keräily, pakkaaminen ja lastauksesta lähtevä kuljetus. (Ritvanen ym. 2011, 20.)

4.1 Varastointi

Varastolla voi olla useita eri käyttötarkoituksia. Tuotteiden säilytyksen lisäksi varastoa voidaan käyttää tuotannon tukena, eri tehtailta tulevien tuotteiden saamiseksi yhdelle asiakkaalle, isojen volyymien purkamiseen pienemmiksi yksiköiksi tai pienien yksiköiden kokoamista suuremmaksi lähetykseksi. (Grant ym. 2006, 231.) Tehtaassa säilytys toimii samoin, kuin normaalissa varastossa. Sisältönä on raakamateriaalia, keskeneräisten tavaroita, valmiita tuotteita, tarvikkeita ja varaosia. (Arnold ym. 2012, 262.)

4.1.1 Varastotyypit

Kierto- tai eräkokovarastossa (cycle stock, lot-size inventory) on yhteen ajankäyttöön sijoittuva kysyntä. Tämä osa varastoa elää kulutuksen ja täydennysmäärien mukaan. (Ritvanen ym. 2011, 80.) Tuotteiden määrät ovat suurempia, kuin akuutti kysyntä. Tarkoituksena on hyödyntää määrälennuksia, jotta voidaan pienentää kuljetusten kustannuksia. (Arnold ym. 2012, 199.)

Varmuusvarasto (safety stock) otetaan käyttöön, mikäli halutaan taata palvelutaso kulutuksen vaihdellessa. Varmuusvaraston tulisi olla varaston muuttumaton osa. (Ritvanen ym. 2011, 81.) Varmuusvarastolla yllättäviin tilanteisiin kysynnässä pystytään varautumaan. Jos kysyntä on suurempaa kuin ennuste, niin tapahtuu varaston tyhjeneminen. Varmuusvaraston tarkoitus on estää katkokset valmistuksessa ja asiakaskuljetuksissa. (Arnold ym. 2012, 198.)

Prosessivarasto (pipeline inventory) on yleisimmin käytössä tuotannossa, kuljetuksessa tai jakelussa. Teollisuuden prosessivarasto lasketaan kertomalla läpimenoaika kulutusnopeudella. (Ritvanen ym. 2011, 81.) Prosessivarastot johtuvat ajasta, joka tarvitaan tuotteiden siirtämisestä paikasta toiseen, kuten siirto tehtaalta varastolle tai asiakkaalle. Kuljetusmäärät eivät riipu lähetyksen koosta, vaan kuljetusajasta ja vuosittaisesta kysynnästä. Ainoa keino vähentää volyymia ja kustannuksia kuljetuksissa on pienentää kuljetusaikaa. (Arnold ym. 2012, 199.)

Kausivarastoa (seasonal stock) käytetään, jos kysynnällä on suuria kausittaisia vaihtelua. Tuotanto pyritään tällöin pitämään tasaisena, jotta lomautuksia ja ylitöitä ei tarvittaisi. (Ritvanen ym. 2011, 81.) Ennakoinnilla kasvatetaan varastoa kysyntäpiikkeihin. Näitä voivat olla juhlapyhät, myyntityöstämisen ohjelmat, lomaseisokit tai uhka lakosta. Kausivarastolla autetaan optimoimaan tuotantoa ja vähentämään kustannuksia vaihtelevista tuotantomääristä. (Arnold ym. 2012, 198.)

4.1.2 Varastointi ja tuotanto

Lyhyet tuotantoajat pienentävät eräkokoja logistisessa ketjussa, kun tuotantomäärät ovat lähellä kysyntää. Toisaalta tämä tuo lisäkustannuksia linjavaihtojen vuoksi. Jos laitos toimii täydellä kapasiteetilla, niin jatkuvat linjavaihdot voivat vaikeuttaa tilausten perässä pysymistä. Suurilla tuotantomäärillä vaaditaan suurempaa välivarastointia ja tästä seuraa suuremmat logistiikkakustannukset. (Grant ym. 2006, 233.)

Varastot voivat helpottaa tuotantoa vastaanottamalla lähes valmiin tuotteet, josta ne seuraavaksi siirtyvät lopullisen vaiheeseen, joka tehdään asiakkaan toiveiden mukaisesti. Varastojen avulla voidaan säilöä raakamateriaaleja, jotta tuotantolinjoilla ei pääse aiheutumaan pysähdyksiä. (Bloomberg ym. 2002, 174.)

4.1.3 Sopimusvarastointi

Sopimusvarastointi tarkoittaa järjestelyä käyttäjän ja palveluntarjoajan kesken, joka on yleisesti kolmannen osapuolen (3PL) logistiikkayritys. Tällainen toiminta määritellään olevan pitkänajan keskinäistä järjestelyä, joka tarjoaa ainutkertaista ja erikoisjärjestelyä varastointia ja logistiikkapalveluita yhdelle yritykselle. Sopimuksen osapuolet jakavat vastuun toiminnan sujuvuudesta. Päämäärä on tuottavuudessa, palvelussa ja tehokkuudessa, eikä maksumääristä itsessään. (Grant ym. 2006, 234.)

Syitä sopimusvarastoinnin tarpeeseen voivat olla sesonkituotteet, maantieteellinen kattavuus, joustavuus pyrittäessä uusille markkinoille tai asiantuntevuus erityismateriaaleissa. Yleensä sopimusvarasto korvaa oman varaston. (Bloomberg ym. 2002, 176.)

4.2 Materiaalinkäsittely

Materiaalinkäsittely on lyhyen matkan siirtymistä, joka tapahtuu tehtaan tai jakelukeskuksen sisä- tai ulkotiloissa (Arnold ym. 2012, 302). Tuotteiden liikkuvuus on elintärkeä toiminto, oli sitten kyse varastosta, terminaalista tai tehtaasta. Materiaalinkäsittelyn voidaan kuvata olevan eri aineiden liikuttamista, pakkaamista ja varastoimista. Oikein asennettu materiaalinkäsittelyjärjestelmä voi vähentää kustannuksia, työtä ja ylimääräistä jätettä. Se voi lisätä turvallisuutta, tuottavuutta ja kapasiteettia. Tämän johdosta myös palvelutaso kasvaa. Toisaalta materiaalinkäsittely on kallista. (Bloomberg ym. 2002, 186.)

Ensimmäinen tehtävä materiaalinkäsittelyllä on saada tuotteelle liikkuvuus varaston sisälle, varaston läpi ja ulos varastosta. Toisena on aika ja kolmantena määrä: materiaali tulee olla saatavilla tarvittaessa oikealla paikalla ja oikealla määrällä tuotantopisteillä, lastauslaitureilla tai terminaalissa. Neljäs tehtävä on tila: materiaalinkäsittelyllä tulisi olla tehokas tilankäyttö, koska enemmän tilaa tarkoittaa enemmän kustannuksia. Järjestelmiä on kolme eri tyyppiä: manuaalinen, koneellinen ja automaattinen. Laitosrakennus itsessään määrittää useimmiten järjestelmän tyyppin. Uutta rakennusta tehdessä laitos tulisi suunnitella järjestelmän ympärille. Järjestelmää varten tarvitsee tietää lisäksi mitä materiaalia kuljetetaan, minkälaista liikettä materiaali tarvitsee ja milloin sen pitää olla tietyssä paikassa. (Bloomberg ym. 2002, 187.)

4.2.1 Toimintaperiaatteet

On kehittynyt tiettyjä toimintaperiaatteita, jotta laitoksiin voidaan varmistaa tehokas materiaalinkäsittely. Suoria ja nopeita sääntöjä ei kuitenkaan ole, mutta useimpiin tapauksiin näistä saadaan toimivat ohjeet:

- Materiaalit liikkuvat suorina virtauksia minimoimalla turhaa edestakaisin- tai taaksepäin-liikettä.
- Yhteenkuuluvat tuotantoprosessit sovitetaan takaamaan suorat materiaalivirrat.
- Mekaaniset materiaalinkäsittelylaitteet suunnitellaan ja sijoitetaan siten, että ihmisen tarve on minimoitu.
- Raskaat ja irtonaiset materiaalit kulkevat lyhimmän matkan prosessissa
- Materiaalien käsittelykerrat minimoidaan.
- Järjestelmän tulisi kestää odottamattomat tilanteet, kuten häiriöt.
- Laitteiston tulisi jatkuvasti kantaa täysiä lasteja.

(Bhat 2008, 132.)

4.2.2 Automaattinen käsittelyjärjestelmä

Automaattinen järjestelmä käyttää erilaisia karuselleja, automaattisia varastointi- ja hakujärjestelmiä, tuotevalintalaitteita, optisia skannereita ja hissejä. Sillä voidaan käyttää kaikista parhaiten saatavilla olevan tila laitoksessa. Automatiikka on useimmiten paras saatavilla oleva vaihtoehto, mutta kallis investointi. On myös olemassa riski, että järjestelmästä tulee epävakaa ja aiheuttaa suuria ongelmia häiriön sattuessa. (Bloomberg ym. 2002, 189.)

4.2.3 Ongelmat

Oireet huonosta materiaalinkäsittelystä näkyvät jatkuvina pysäytyksinä tuotannossa, kun tarvittavan materiaalin siirtämisessä on viivästyksiä. Turhaa työtä tapahtuu silloin, kun osaava työvoima tekee materiaalinkäsittelyä, kuten lastausta, purkamista, liikuttamista ja hyllyttämistä. Lisäksi materiaaleille tulee vaurioita, jos niitä käsitellään välinpitämättömästi. (Bhat 2008, 136.)

Ongelmat täytyy ensin tunnistaa tarkasti, jotta voidaan löytää ratkaisu. Olemassa olevat toiminnot pitää tarkastella alkaen vastaanottoiminnoista jatkuen lopulliseen lähetykseen. Ongelmat voivat tulla esiin kriittisestä tapahtumasta tai organisaation johdon havaitsemasta parantamisen tarpeesta. (Farahini ym. 2011, 162.)

4.2.4 Kustannukset

Materiaalinkäsittelyn kustannukset nousevat kahdesta eri lähteestä: ylläpito- ja käyttökustannukset. Ylläpidon kustannukset ovat yleensä organisaatiolla tiedossa, mutta käyttökustannuksista tietoja ei yleensä kerätä. Materiaalinkäsittelyn suunnitteluun ja kustannusten pienentämiseen on erilaisia ohjeita. Minimoimalla kaikki mahdollinen materiaalinkäsittely kustannukset pienenevät, sillä käsittely ei tuo lisäarvoa ja pidentää käsittelyaikaa.

Toiminnot jaksotetaan loogisesti, jotta materiaalinkäsittely on yksisuuntaista ja tasaista. Painovoiman käyttö siellä, missä mahdollista pienentää energiakustannuksia. Luomalla ennaltaehkäisevä huolto-ohjelma käsittelylaitteistolle minimoidaan seisokkiaikoja. Käsittelylaitteisto sijoitetaan lähelle tuotantoaluetta, jotta käsittelyä vähennetään. Laitteistossa täytyy olla sisäänrakennetut turvallisuusominaisuudet ja niiden käyttö pitää olla turvallista. Lopuksi henkilöstö koulutetaan käyttämään laitteistoa oikein. (Bhat 2008, 133–134.)

4.3 Kuljettimet

Kuljettimet ovat laitteita, jotka liikuttavat materiaalia tai ihmisiä vaaka- ja pystysuunnassa kahden eri pisteen välillä. Ne ovat kalliita, luovat kiinteitä reittejä ja vievät tilaa jatkuvasti. Tämän johdosta niitä käytetään vain siellä, missä on riittävä volyyymi kahden pisteen välillä. (Arnold ym. 2012, 303.)

4.3.1 Rullakuljetin

Rullakuljettimissa on joukko vierekkäin pyöriviä rullia, jotka ovat tuettu kehykseen. Rullien päällä kuormia voidaan siirtää manuaalisesti, painovoimaisesti tai moottorilla. Liikutettavalla materiaalilla tulee olla jäykkä alusta ja sen täytyy olla

koko ajan vähintään kolmen rullan päällä, jotta säilytetään riittävää kontakti kuljettimeen. Rullakuljettimia käytetään sekä varastoissa että tehtaissa. Painovoimaiset rullakuljettimet eivät ole moottoroituja, vaan sen sijasta ne ovat vaihtelevassa kulmassa, jotta kuormat pääsevät liikkumaan korkeammalta tasolta alaspäin. Moottoroidut rullakuljettimet voivat olla hihna- tai ketjuohjautuvia. Tavallisen materiaalin siirtämisen sijaan tätä kuljetinta voidaan käyttää myös keräilyyn tai lajitteluun. (Holloway ym. 2012, 217.)

4.3.2 Ketjukuljetin

Ketjukuljettimet ovat yksi moottoroitujen kuljettimien muoto, jotka koostuvat yhdestä tai useammasta loputtomasta ketjusta, jonka päällä voidaan siirtää kuormia. Ketjukuljetin voi kuljettaa vaakasuorassa, kaltevassa kulmassa tai pystysuunnassa. Ketjukuljetinta käytetään yleensä siirtämään teollisuuden kontteja, laatikoita ja kuormalavoja. Materiaali voi olla suurta, märkää tai kuivaa. Raskaassa teollisuudessa ketjukuljettimet ovat yleisiä, koska ne voivat siirtää kaikin raskaimpiakin kuormia. (Holloway ym. 2012, 216.)

4.3.3 Hihnakuljetin

On olemassa kahdentyyppisiä teollisuuden hihnakuljettimia: materiaalinkäsittelyn kuljettimet liikuttavat materiaaleja laitoksen sisällä ja irtotavaran kuljettimet ulkotiiloissa. Yleisesti hihnakuljettimia käytetään siirtämään kevyitä ja keskipainoisia kuormia kerroksien, työvaiheiden tai muiden prosessien välillä. Ne voivat toimia vaakasuorassa tai loivassa kulmassa.

Kuljettimen hihna kiertää kahden tai useamman väkipyörän ympärillä. Toinen tai kumpikin väkipyörästä on moottoroitu, jotta materiaali voi kulkea eteenpäin. Moottori kierrättää ensimmäistä väkipyörää samalla, kun toinen seuraa. Hihnakuljettimet tarjoavat parhaan vaihtoehdon käsittelemään kuivaa materiaali suurilla nopeuksilla. Ne ovat lisäksi hyödyllisiä keräilyssä ja manuaalisessa lajittelutoiminnassa. (Holloway ym. 2012, 214–215.)

4.3.4 Lamellikuljetin

Lamellikuljettimet ovat tietyn tyyppisiä ketjukuljettimia, jotka voivat olla rullaus- tai liukumallisia. Niissä on erityisesti suunnitellut ketjuliittimet tai litteä levy kiinnitettyinä ketjuihin. Tällä saadaan jatkuva, tasainen ja suora liikkumapinta siirtämään pieniä tuotteita suurilla nopeuksilla. Lamellikuljettimia käytetään laajasti elintarviketeollisuudessa. Kuljettimissa käytetään erilaisia ratkaisuja: saranoilla liitetyjä tasapintaisia liittimiä tai erilaisia levypintoja. Erillisiä ketjuja ei välttämättä käytetä, vaan itse kuljetinalustalla on oma hammaspyörä. (Ray 2007, 83.)

4.3.5 Ruuvikuljetin

Ruuvikuljettimia käytetään yleisesti maatalous- ja kemianteollisuudessa. Materiaali on yleensä jauhetta, ruoantähteitä, puuainesta tai vastaavaa irtomateriaalia. Tämän mallisessa ruuvikuljettimessa materiaali lastataan putkeen, jossa kierre työntää sitä eteenpäin. Prosessiteollisuudessa ruuvikuljetin sopii tilanteisiin, jossa prosessiin täytyy syöttää tietty määrä materiaalia säännöllisesti. Kierteessä voi olla akseli, tai sitten kierre voi olla toisesta päästä vapaa vastapuolen ollessa ohjattu. Ruuvikuljettimista on erilaisia ruuvimalleja, joille on omat käyttötarkoituksensa, kuten putki-, kaira-, mela-, ja nauharuuvi. (Holloway ym. 2012, 218.)

4.3.6 Automatisoidut ajoneuvot

Automatisoidut ajoneuvot ovat sähkökäyttöisiä, ilman kuljettajaa toimivia ja tietokoneohjattuja. Niitä käytetään yleensä materiaalin liikuttamiseen tiettyjen pisteiden välillä yhteistyössä muiden käsittelylaitteiden, kuten kuljettimien kanssa. Ajoneuvot ovat ohjelmoitavia laitteita joiden ohjausta voidaan toteuttaa eri tavoilla, kuten lattialla olevilla johdoilla, optisella ohjauksella tai laserilla. (Farahini ym. 2011, 35.)

4.4 Pakkaukset

Markkinointi ja logistiikka ovat pakkauksien kaksi perustoimintoa. Markkinointi tarjoaa asiakkaalle tietoa tuotteesta ja toimii mainoksena. Logistiikan näkökulmasta

pakkauksen tarkoitus on organisoida, suojella ja tunnistaa tuotteita. Teollisuudessa pakkauksen hyödyt pyritään ottamaan käyttöön samalla, kun haittoja yrittään minimoida. Pakkauksen yleisin haitta on se, että pakkaus vie tilaa ja lisää painoa. (Grant ym. 2006, 277.)

4.4.1 Pakkauksien ominaisuudet

Pakkauksen kestävyysominaisuudet määritetään kuljetusketjun rasittavimman osan mukaan. Kaikilla kuljetustavoilla on erilaiset kuljetusrasitukset. Rasitukseen sisältyvät lisäksi kuljetuksen matka, sää ja lämpötila. Pakkauksen kestävyys on riippuvainen lämpötilasta ja kosteudesta. Suuret lämpötilamuutokset heikentävät yleensä pakkausta. Useat materiaalit tulevat hauraammiksi pakkasessa. (Järvi-Kääriäinen & Leppänen-Turkula 2002, 24.)

Pakkauksen tulee kestää normaalit kuljetusrasitukset. Normaaleihin rasitustyyppisiin kuuluvat mekaaniset, ilmastolliset ja biologiset rasitukset. Mekaaniseen rasitukseen kuuluvat pakkaukseen kohdistuvat iskut, puristukset, värähtelyt ja väännöt. Lisäksi nämä jaetaan tarvittaessa varaston ja käsittelyn rasitukseen, sekä kuljetusrasitukseen. (Järvi-Kääriäinen & Leppänen-Turkula 2002, 25.)

Pakkaukset ovat alttiina vahingoille lastauksessa, purkauksessa, siirroissa, kuljetuksissa ja varastoinnissa. Nämä kaikki vaiheet ovat niitä, jotka pakkauksen tulee kestää. Pakkaus on kustannus, jonka täytyy toimia vastineena lisääntyneestä kuljetustehokkuudesta. Kuljetusketjulla on yleensä vähintään kolmen tason pakkausta. Ensimmäisenä on pakkaus, jossa on yksittäinen tuote. Toisena on myymäläpakkaus ja kolmantena kuljetusyksikkö (Arnold ym. 2012, 301.)

4.4.2 Kuormalavat

Kuormalavojen avulla tavaramääriä voidaan käsitellä helposti ja nopeasti. Lavoilla on standardimitat ja näitä standardeja suositellaan päivittäistavaroiden yksittäiskuormiin. FIN- ja EUR-kuormalavoja voidaan nostaa trukilla tai vanuilla jokaiselta sivulta. Suomessa on käytössä yleisesti kaksi lavaryhmää:

- **FIN-** lava 1200 x 1000, SFS 3651
- **EUR-**lava 1200 x 800, SFS 3650

(Järvi-Kääriäinen & Leppänen-Turkula 2002, 96.)

Puisille pakkausmateriaaleille on laadittu ISPM 15 -standardi, jossa on määritelty käsittely- ja merkintävaatimukset kansainvälisen kaupan puisille pakkausmateriaaleille. Standardi vaatii, että puutavara on käsitelty ja merkitty vaatimusten mukaisesti. Suomessa on yleisimmin käytetty uunikuivattua puutavaraa valmistamiseen. Käsitellyssä pakkausmateriaalissa on IPPC-logo, maatunnus, valmistajan tunnusnumero ja käsittelymerkintä. (Evira 2016.)

5 SIX SIGMA

Six sigma on saanut alkunsa vuonna 1984, jolloin Motorolassa Tri Mike J. Harry ja Bill Smith kehittivät uutta järjestelmää. Vuonna 1987 Motorolan ohjelma ”Six Sigma Quality Program” julkaistiin. Suurempaan tietoisuuteen Six Sigma tuli, kun vuonna 1988 se voitti USA:ssa presidentin laatupalkinnon. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 9–10.)

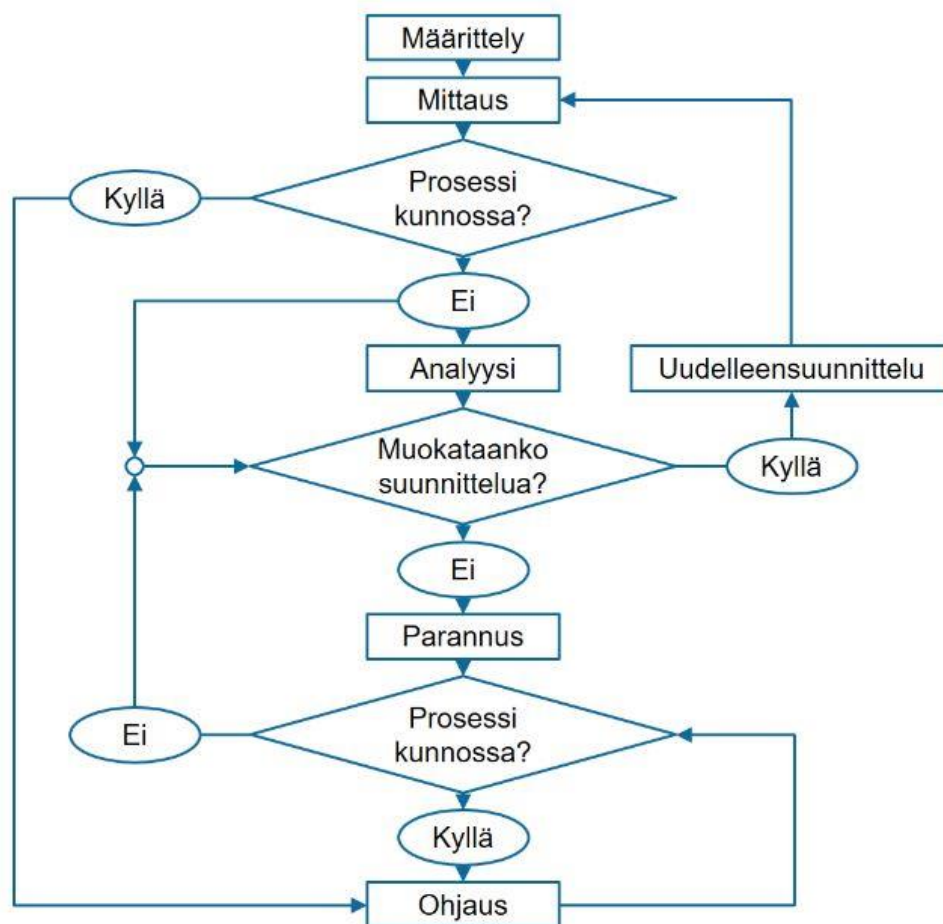
Six sigma on koko organisaatiota käsittävä strategia, jonka perimmäinen tarkoitus on päästä 0-virheeseen. Se on lisäksi perusta mittaamiselle. Tulokseen vaikuttavat asiat on jaettu neljään eri alueeseen: noussut asiakastyytyväisyys, lyhyempi läpimenoaika, vikojen vähentyminen ja turhan työn väheneminen.

Sigma-kirjainta käytetään kuvaamaan keskihajontaa tilastomatematiikassa. Keskihajonta on mitta, joka kertoo mittaustulosten etäisyydet keskiarvosta. 6 x sigma on tunnusluku ja se toimii myös vertailumittana, jolla mitataan miten paljon sallitulla vaihteluvälillä voi olla ei-sallittua vaihtelua. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 17–18.)

Prosessien ulostulon laatua parannetaan minimoimalla vaihtelua ja vikojen syitä. Tilastollisella soveltamisella on suuri osuus, kun tavoitteena on vähentää kustannuksia ja parantaa laatua. Six Sigma aloittaa oman infrastruktuurin organisaation sisällä, joka on erityisesti koulutettu tilastollisiin tapoihin ja ongelmanratkaisuun. (Voehl ym. 2014, 10.)

5.1 DMAIC

Tärkein metodi Six Sigman hallinnassa on kenties virallistettu parannusmenetelmä nimeltä DMAIC, joka toimii myös läpimurtostrategiana. Six Sigma -yritykset kaikkialla käyttävät tätä menetelmää koska se mahdollistaa todelliset parannukset ja tulokset. Menetelmä toimii yhtä hyvin vaihteluun, läpimenoaikaan, tuottoon tai suunnitteluun. (Park & Anthony 2008, 366.)



Kuva 2. DMAIC-prosessi. (Park & Anthony 2008, 368)

DMAIC on viisiosainen prosessi, joka tulee sanoista määrittely (define), mittaus (measurement), analysointi (analyze), parannus (improvement), ohjaus (control). Kuvassa 2 on kaavio prosessista. Prosessi aloitetaan ongelman kuvailusta, jossa määritellään ongelma ja etsitään syyt. Tämän jälkeen korjataan ongelma syytekijöiden muuttamisella. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 43.)

DMAIC-prosessia käytetään, kun päämäärään päästään parantamalla olemassa olevaa tuotetta, prosessia tai palvelua. DMAIC perustuu systemaattiseen kvantitatiiviseen lähestymistapaan prosessien parantamiseksi. (Voehl ym. 2014, 185.)

5.1.1 Määrittely (Define)

Määrittelyvaiheessa tehdään selvitys ongelmasta ja asiakasvaatimuksista, jonka pohjalle projektin tarkoitus ja laatu määritellään. Sen jälkeen prosessista ja asiakkaista kerätään saatavissa oleva informaatio. Yleiset tavoitteet määrittelyvaiheessa on saada tavoite parannuksesta, prosessikuvaus ja lista asiakkaille tärkeistä asioista. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 46.)

Organisaation eri tasoilla on erilaisia päämääriä. Johtoportaan päämääränä ovat strategiset tavoitteet, kuten suurempi asiakkaiden lojaalisuus, investoinnin korkeampi takaisinmaksu, kohonnut markkinaosuus tai kasvanut työntekijöiden tyytyväisyys. Operatiivisella tasolla tavoite voi olla kasvanut volyymi tuotannossa. Projektitasolla voidaan puhua vikojen pienentämisestä ja tietyn prosessin kasvattamisesta volyymista. Muita tavoitteita on suora yhteys asiakkaisiin, osakkeenomistajiin ja työntekijöihin. (Voehl ym. 2014, 186.)

5.1.2 Mittaus (Measurement)

Mittausvaiheessa kerätään ongelmasta ja sen mahdollisuudesta tietoa. Ongelman olemassaolo on tarkoitus saada todennettua. Tässä vaiheessa päästään aloittamaan juurisyiden etsiminen. Yksi tavoite on saada mittaukselle riittävä luotettavuus. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 47.)

Mittaus aloitetaan olemassa olevasta järjestelmästä. Käyttöön otetaan pätevät ja luotettavat mittarit auttamaan monitorointia tavoitteita kohti, joita määrittelyssä on kuvattu. Tämä aloitetaan todentamalla lähtötilanne. Mittausvaiheessa käytetään tutkivaa ja kuvailevaa tiedon analysointia, jotta tieto ymmärretään. (Voehl ym. 2014, 186.)

5.1.3 Analysointi (Analyze)

Analysoinnissa tarkoitus on saada käyttöön tarpeeksi tarkat mittaukset ja mittarit. Juurisyys täytyisi saada tässä vaiheessa paikallistettua. Mittausvaiheen tiedon avulla hypoteesit juurisyistä pyritään vahvistamaan tai kumoamaan. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 48–49.) Järjestelmän analysoinnissa tunnistetaan tapoja, joilla poistaa aukko nykyisen suorituskyvyn ja tavoitellun päämäärän väliltä. Tässä käytetään tilastollisia työkaluja ohjaamaan analyysia. (Voehl ym. 2014, 186.)

5.1.4 Parannus (Improvement)

Parannusvaiheen aikana kokeillaan ja sovelletaan eri ratkaisuja juurisyiden poistamiseksi. Näitä sovelletaan eri kokeiden avulla. Parannusvaiheesta tuloksena tulisi saada suunnitelmat ja toimenpiteet, jotka on testattu. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 51.) Tässä vaiheessa on hyvä olla luova, jotta voi löytää uusia tapoja tehdä asioita paremmin, pienemmillä kustannuksilla tai nopeammin. Käytetään projektinhallintaa tai muita suunnittelun ja hallinnan työkaluja toteuttamaan uusi lähestymistapa. Seuraavaksi vahvistetaan parannukset tilastollisilla tavoilla. (Voehl ym. 2014, 186.)

5.1.5 Ohjaus (Control)

Viimeiseksi suoritetaan ohjaus ja valvonta. Toimimaan saadulla prosessille aloitetaan ennaltaehkäisy ja proaktiivinen ohjaus. Tavoite on tehdä suunnitelma, millä toimiva prosessi saadaan ylläpidettyä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 52.) Parannettu järjestelmä laitostetaan muokkaamalla korvausta ja kannustavia järjestelmiä, käytäntöjä, menetelmiä, tuotannonohjausta, budjettia, operatiivisia ohjeita ja muita hallintajärjestelmiä. Mahdollisesti tässä käytetään tiettyä standardisointia

varmistamaan, että dokumentointi on tehty oikein. Ohjauksessa käytetään tilastollisia työkaluja monitoroimaan uuden järjestelmän pysyvyyttä. (Voehl ym. 2014, 186.)

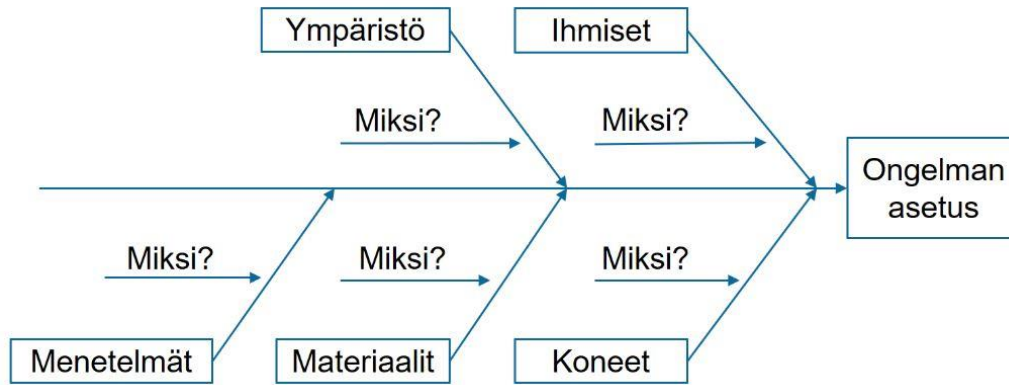
5.2 Työkalut

Asiantuntijat käyttävät kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia tekniikoita parantamaan prosessia. Työkalut eivät ole ainutlaatuisia, mutta niiden käyttö osana prosessia on. Siitä mitä työkalua käytetään milloinkin, ei ole olemassa yksimielisyyttä. (ASQ s.a.) Jokaisessa vaiheessa projektia tarvitaan eri sekoitus metodeista, työkaluista ja tekniikoista. Metodi on jonkin asian tekemistä systemaattisella tavalla. Työkalut antavat mekaanisen ja henkisen etulyöntiaseman tavoitetta saavuttaessa. Tekniikka on tietynlainen lähestymistapa tehtävän suorittamiseksi tehokkaasti. Tehtävissä tehokkain tekniikka ei välttämättä ole välittömästi selvä asia. (Discover 6 Sigma s.a.)

5.2.1 Syy- ja seurauskaavio

Syy- ja seurauskaaviolla, kuten kuvassa 3, on useita nimiä: Ishikawa-diagrammi, kalanruotokaavio (Fishbone Diagram) tai juurisyysanalyysi (Root Cause Analysis). Syy- ja seurauskaavio on diagrammi, jolla tunnistetaan syyt ja saadaan organisoitua ne graafiseen esitykseen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 130.)

Kaaviossa ongelma laitetaan oikeaan laitaan. Isoimmat syyt laitetaan "ruotoihin". Normaalisti käytetään viiden osion jaottelua: materiaalit, koneet, menetelmät, ihmiset ja ympäristö. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 131.)



Kuva 3. Syy- ja seurauskaavio (Karjalainen & Karjalainen 2002, 130)

Syy- ja seurauskaaviossa on tavallisesti viisi haaraa:

Menetelmä: kuvaillaan ne tekijät prosessissa, jotka vaikuttavat ulostuloon ja otetaan huomioon nykyiset toiminnot.

Kone: tunnistetaan tekijät, jotka liittyvät prosessin laitteistoon.

Materiaali: prosessissa käytettävät materiaalit.

Ihminen: ihmiset, jotka työskentelevät prosessissa.

Ympäristö: alue, jossa prosessi tapahtuu.

Syy- ja seurauskaaviolla määritellään niitä syitä ja seurauksia, jotka liittyvät ongelmaan. Tämä tekniikka on todistettu olevan hyödyllinen määritellessä ongelmien syitä. Kiinnostava huomio tässä on se, että minkä tahansa prosessin muutujan vaihtaminen aiheuttaa muutoksen lopputuloksessa riippumatta siitä, mikä on todellinen syy. (Mauch 2010, 57.)

5.2.2 Pareto-kaavio

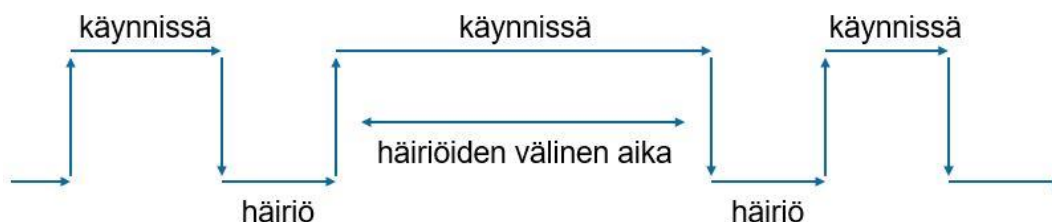
Paretoajattelua käytetään yleisesti liike-elämässä kuvaamaan 20/80-sääntöä. Tämän säännön mukaan 20 prosenttia asiakkaista tuo yritykselle 80 prosenttia koko

liikevaihdosta. (Logistiikan maailma s.a.) Analysointivaiheessa Paretoajattelua käytetään ongelmien lajitteluun: 20 prosenttia avainsyistä aiheuttaa 80 prosenttia ongelmista. Kaavioon luokitellaan kerätyt tiedot ja laaditaan niistä pylväsdiagrammi. Tietoihin ilmoitetaan luokkien määrät ja prosenttiosuudet. Diagrammiin lisätään viiva, joka näyttää luokkien kumulatiivisen prosenttiosuuden. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 157.)

Pareto-kaaviota voidaan käyttää valitsemaan ongelmat, joilla on suurimmat taloudelliset vaikutukset. Kaavion laatiminen aloitetaan määrittelemällä tapa, jolla tieto luokitellaan. Tapauksesta riippuen se tehdään ongelman, syyn, sopimattomuuden tai jonkun muun mukaisesti. Seuraavana valitaan, millä mitataan. Tiedot kerätään sopivalta aikaväliltä. Aika tulisi olla tarpeeksi pitkä, että kaikki olosuhteet saadaan mukaan. Tästä tehdään yhteenveto, jossa järjestetään osat laskevaan järjestykseen mitattavan tiedon mukaan. (Arnold ym. 2012, 324.)

5.2.3 MTBF, MTTR ja käyttöaste

MTBF (Mean time between failures) on keskimääräinen aika häiriöiden välissä ja MTTR (Mean time to repair) keskimääräinen korjausaika. MTBF ja MTTR otetaan käyttöön, kun tuotteen elinaikaa arvioidaan. Jotta näitä voidaan käyttää, täytyy osoittaa odotettava vika. Tämä voi olla kulumista käytön myötä, järjestelmän pysähtymistä tai näiden kahden yhdistelmä. (Voehl ym. 2014, 499.) Kuvassa 4 on MTBF-kuvaus.



Kuva 4. MTBF-kuvaus (Kannangieszer 2015)

MTBF:n avulla voidaan mitata lisäksi häiriötaajuus ja häiriöiden määrä tietyllä ajanjaksolla. Nämä tiedot ovat hyödyllisiä eri järjestelmistä, kuten ajoneuvoista,

koneista ja elektroniikasta. MTBF ilmoitetaan normaalisti ajallisesti, mutta se voidaan ilmaista myös matkan tai kierroksien avulla. MTTR:ää voidaan käyttää vain korjattaville järjestelmille. (Mauch 2010, 112.)

MTBF lasketaan kaavalla 1 (Olofsson s.a.).

$$MTBF = \frac{\textit{käyntiaika}}{\textit{häiriöiden määrä}} \quad (1)$$

MTTR lasketaan kaavalla 2 (Olofsson s.a.).

$$MTTR = \frac{\textit{pysähdysaika}}{\textit{häiriöiden määrä}} \quad (2)$$

Laitteiston saatavuus on mitta, joka saadaan laitteiston valmiudesta, kun yritys haluaa lisäarvoa laitteistolle. Yksinkertaistettuna tämä on aikataulutettu toiminta-aika, josta vähennetään seisokkien menetykset. Tuloksena analyysistä on todellinen aika, jona järjestelmä toimi. Tätä kutsutaan usein ajoajaksi, tai käytettävyydeksi. (Voehl ym. 2014, 125.)

Käyttöaste lasketaan kaavalla 3 (Olofsson s.a.).

$$KA = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \quad (3)$$

Käytettävissä oleva aika on maksimiaika, jota voidaan käyttää. Keskeytymätön toiminta on kuitenkin hyvin epätodennäköistä. Seisokkeja voi esiintyä monista erisyistä: konehäiriö, materiaalin puute tai joku muu syy. (Arnold ym. 2012, 103) Vastaus ilmoitetaan prosentteina ja se voi antaa asianmukaisen katsauksen yrityksen tilanteeseen. Käyttöaste auttaa lisäksi vahvistamaan tason, jossa kustannukset nousevat. (Ready Ratios s.a.)

5.2.4 Todennäköisyyslaskenta

Satunnaisvaihteluiden alaisena olevia kestoajoja tai tapahtumien välisiä aikoja tutkittaessa eksponenttijakauma on tärkein todennäköisyysjakauma. Eksponenttijakaumaa käytetään kuvaamaan asiakaskäyttäytymistä, käsittelyaikoja tai vikojen välistä aikaa. (Karjalainen 2010, 205.)

Eksponenttijakauman tiheysfunktio esitetään kaavassa 4 ja kertymäfunktio kaavassa 5.

$$f(t) = \frac{1}{\mu} e^{-t/\mu} \quad (4)$$

$$F(t) = 1 - e^{-t/\mu} \quad (5)$$

jossa	μ	keskimääräinen viipymisaika
	t	aika

Weibull-jakauma on eksponenttijakauman laajennus. Siinä eksponenttijakaumaan on lisätty parametri k , jonka avulla voidaan kontrolloida tiheysfunktioikäyrän muotoa, kuten kuvassa 6.

Weibullin jakauman tiheysfunktio esitetään kaavassa 6 ja kertymäfunktio kaavassa 7.

$$f(t, k) = \frac{k}{\mu} \left(\frac{t}{\mu}\right)^{k-1} e^{-(t/\mu)^k} \quad (6)$$

$$F(t, k) = 1 - e^{-(t/\mu)^k} \quad (7)$$

jossa	μ	keskimääräinen viipymisaika
	t	aika
	k	muotoparametri

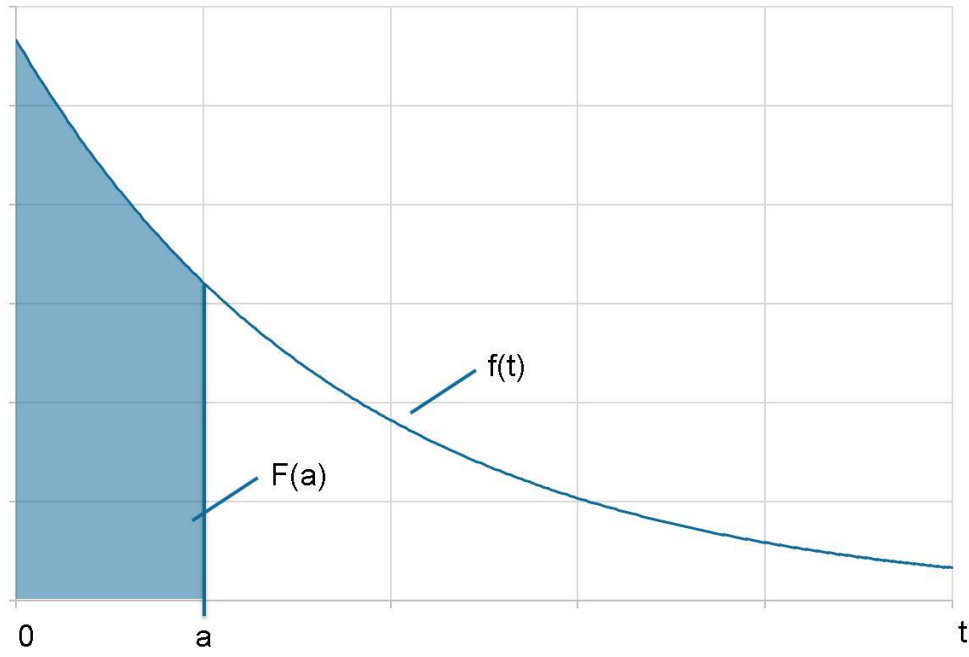
Kuvassa 5 on eksponenttijakauman pinta-ala. X-akseli on kulunut aika ja y-akseli tapahtumien lukumäärää. Eksponenttikäyrä saadaan käyttämällä tiheysfunktiota, joka on kaavassa 4. Vaikka tiheysfunktio ei saavuta arvoa 0, vaan lähestyy sitä loputtomasti, niin kokonaispinta-ala on 1. Todennäköisyyden yhteydessä pinta-ala 1 tarkoittaa 100 prosenttia.

Eräs selitys kokonaispinta-alaan:

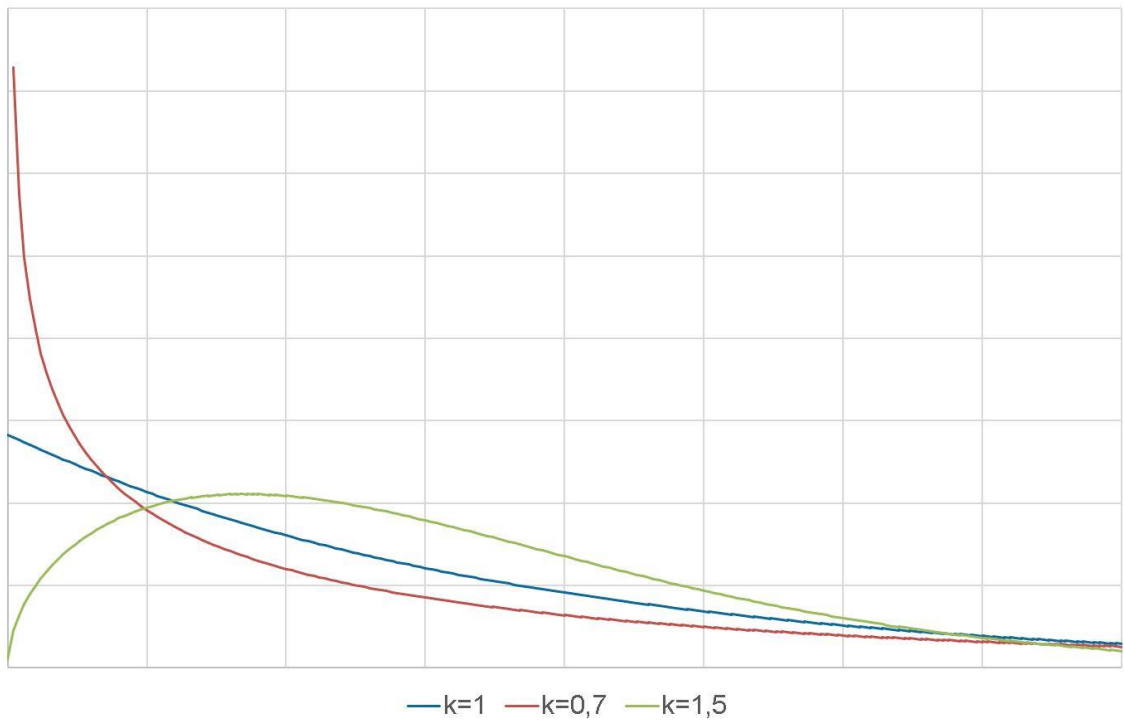
$$\begin{aligned}
 F(\infty) &= 1 - e^{-\infty/\mu} \\
 &= 1 - \frac{1}{e^{\infty/\mu}} \\
 &= 1 - \frac{1}{e^{\infty}} \\
 &= 1 - 0 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Muotoparametri k vaikuttaa selvästi jakauman tiheysfunktioon (häiriötaajuus). Kuvassa 6 on esitetty eri muotoparametrien vaikutus jakaumaan. Parametrin arvon ollessa 1 tai sitä pienempi häiriötaajuus laskee jatkuvasti ajan kuluessa. Jos arvo on yli yksi, niin häiriötaajuus kasvaa alkuvaiheessa. Arvon ollessa 1 funktio vastaa eksponenttijakaumaa.

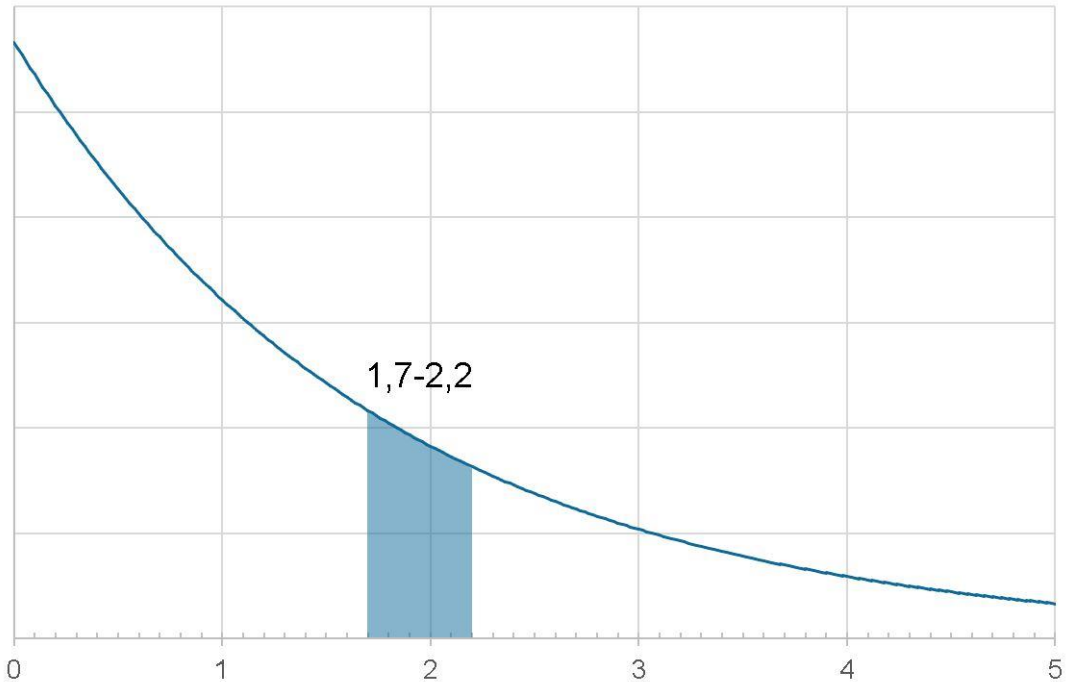
Kuvassa 7 on yksi aikaväli (1,7 - 2,2 h), jota käytetään tämän työn tulosten arvioinnissa täydellisemmin. Aikavälit on kuvattu taulukossa 9 sivulla 51. Alueen todennäköisyys saadaan, kun lasketaan aikavälillä eksponenttikäyrän alle jäävän alueen pinta-ala. Tässä käytetään kaavan 5 kertymäfunktiota ja integraalilaskentaa.



Kuva 5. Eksponenttijakauman pinta-ala



Kuva 6. K-parametrin vaikutus



Kuva 7. Yhden aikavälin häiriömäärä

Kuvan 7 pinta-ala on kaavassa 8.

$$A = \int_{1,7}^{2,2} \left(\frac{1}{\mu} e^{-x/\mu} \right) dt \quad (8)$$

Laskettaessa Weibull-arvoa lisätään kaavaan k-arvo. Kaavassa 9 on edelliseen aikaväliin liittyvä todennäköisyys k-arvolla 1,05.

$$A = \int_{1,7}^{2,2} \left(\frac{k}{\mu} \left(\frac{t}{\mu} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{t}{\mu} \right)^k} \right) dt \quad (9)$$

Käytännössä kyseiset pinta-alat lasketaan kertymäfunktion avulla:

$$\begin{aligned} & \int_{1,7}^{2,2} f(t) dt \\ &= F(2,2) - F(1,7) \end{aligned}$$

Eksponttijakaumaa käyttäen tulokseksi saadaan pyöristettynä 8,5 ja Weibull-jakauman 5,0. Vastaukset nähdään myös taulukossa 10. Opinnäytetyön laskenta hoidettiin Excelillä, josta löytyy erityisesti eksponentti- ja Weibull-jakaumien kertymäfunktiot:

EKSPONENTAALI.JAKAUMA(x; lambda; kumulatiivinen)

x - aika

lambda - keskiarvon käänteisluku ($\frac{1}{\mu}$)

kumulatiivinen - funktion laji (tässä työssä parametrin arvo on 1, eli käytetään kertomafunktiota)

WEIBULL.JAKAUMA(x; alfa; beeta; kumulatiivinen)

x - aika

alfa - k-parametri

beeta - keskiarvo (μ)

kumulatiivinen - funktion laji (tässä työssä parametrin arvo on 1, eli käytetään kertomafunktiota)

6 VAASAN OY – KUUSANKOSKEN LEIPOMO

Vaasan on toiminut Suomessa vuodesta 1849 ja tämä tekee siitä Suomen vanhimman valtakunnallisen yrityksen leipomoalalla. Tuotteet koostuvat leivistä ja leivonnaisista. Vaasan Oy valmistaa Vaasan Ruispaloja, joka on Suomen suosituinta leipää. Leipomoita sijaitsee Oulussa, Seinäjoella, Kuopiossa, Tampereella, Sastamalassa, Kuusankoskella, Kotkassa ja Vantaalla. Toimintaa on Suomen lisäksi Baltian maissa. Kesäkuussa 2015 yrityskaupan myötä Vaasan Oy tuli osaksi Lantmännen Unibake-leipomokonsernia. (Vaasan Oy s.a.)

Kuusankosken leipomo on rakennettu vuonna 2002. Tuotanto aloitettiin kahdella ruokaleipälinjalla sekä suolaisten ja makeiden kahvilleipien valmistuksella. Kotkan Meripakarin ja Kouvolan Kymen pakarin tuotanto keskitettiin Kuusankosken leipomoon. Vuonna 2004 leipomoon investoitiin kolmas ruokaleipälinja. Tuotantoa ja

lähettämötoimintoja on siirretty Kuusankoskelle Lahdesta vuonna 2004, Joutse-
nosta 2011 ja Jyväskylästä 2012. (Salospohja 2017.)

Taulukko 1. Vaasan Oy vuoden 2015 tuotanto (Salospohja 2017)

Tuote	Kilomäärä (milj. kg)
Tummat leivät	5,7
Vaaleat leivät	5,2
Kahvileivät	0,23
Ruokaisat tuotteet	0,18

Leipomon kokonaispinta-ala on 5 700 m². Henkilöstöä on asiakaspalvelukeskuk-
sessa ja tuotannosuunnittelussa 25 sekä tuotannossa 125 henkilöä. Taulukossa
1 on esitetty vuoden 2015 tuotantovolyymi. Toimituksia tehdään 500 asiakkaalle
Kaakkois-Suomen ja Jyväskylän alueelle 6 päivänä viikossa. (Salospohja 2017.)

7 TUOTANTO

Leipätuotanto on kolmella eri tuotantolinjalla. Taulukossa 2 on tuotteiden tuotan-
tovolyymeja eri linjoilta. Linjalla 3 on lisäksi omat pisteet munkilla ja kahvileivällä.
Lähettämöstä keräillään tuotteita asiakkaille keskimäärin 14 000 laatikkoa päi-
vässä. (Salospohja 2017.)

Taulukko 2. Tuotantolinjojen volyymeja (Salospohja 2017)

Linja	Tuote	kpl /tunti
1	Maalaisviipale	2400
1	Kauraleipä	1500
2	Ruispalat	16200
2	TaikaRuispalat	16200
3	TaikaRuissämpylät	10400
3	Tosi Rukiinen	2500

Linjalla 2 on automaattinen pakkauskone, jonka ansiosta tuotantomäärät ovat sillä suurempia. Toinen vaikuttava asia on tuotetyyppi. Maalaisviipale, Kauraleipä sekä Tosi Rukiinen ovat kooltaan suurempia, joten niiden volyymi jää tästä syystä huomattavasti pienemmäksi.

7.1 Aikataulu

Tässä luvussa ilmoitetut ajat koskevat vain pakkausta. Tuotteiden ylöslyönnistä aika pakkaukseen kestää noin 3 tuntia. Kellonajat on pyöristetty 10 min tarkkuudelle. Huomioitavaa on myös se, että tuotantoajat eivät ole vakioita. Lisäksi tuotantoaikoihin sisältyy vaihtovälejä, jolloin linja on pysähtynyt.

Viikoittainen tuotanto on sunnuntaista perjantaihin. Lauantaina tuotantoa ei tapahdu. Linjojen 1 ja 3 tuotanto loppuu perjantai-iltana ja jatkuu sunnuntaiaamuna. Linjan 2 tuotanto loppuu lauantiaamuna ja jatkuu samana iltana.

Taulukko 3. Yhden viikon tuotantoajat linjoilta 1 ja 3. (Salospohja 2017)

Päivä	L1	L3
Su	06.10 – 19.00	10.00 – 19.10
Ma	07.10 – 21.10	10.00 – 18.20
Ti	07:10 – 17.10	10.00 – 22.20
Ke	07.10 – 19.50	10.20 – 18.10
To	06.50 – 17.40	10.00 – 00.00
Pe	06.10 – 17.40	10.00 – 21.30
La	-	-

Taulukossa 3 on linjojen 1 ja 3 aikataulu yhdeltä viikolta. Viikon aikana linjalla 1 tuotanto on yhteensä 71 tuntia ja linjalla 3 yli 63 tuntia.

Taulukko 4. Linjan 2 tuotanto. (Salospohja 2017)

Jakso	Aloitus	Lopetus
1	La 23.10	Ma 07.00
2	Ma 09.00	Ti 07.00
3	Ti 08.00	Ke 02.40
4	Ke 04.40	To 04.50
5	To 06.50	Pe 08.20
6	Pe 09.20	La 05.30

Linja 2 on ympärivuorokautinen linja, jossa on automaattinen pakkauskone. Taulukossa 4 on yhden viikon tuotantoajat. Viikon tuotantoaika on yhteensä yli 142 tuntia. Tämä tarkoittaa, että viikon aikana linja on pysähdyksissä noin 26 tuntia.

7.2 Toiminnanohjaus

Käytössä oleva toiminnanohjausjärjestelmä mittaa automaattisesti tuotantolinjojen toimintaa. Ohjelmisto piirtää aikajanalle kalenterivuorokauden tapahtumista palkin, jossa tapahtumat näkyvät visuaalisessa muodossa. Tuotantosuunnitelmalla ja tapahtuneella tuotannolla on omat palkit. Jokaisella tapahtumatyyppillä on oma väri palkin sisällä. Ohjelman seurantanäytössä nähdään:

- seurattava linja
- päivämäärät ja kellonajat
- linjan tila
- ajossa oleva tuote
- lista yli minuutin mittaisista häiriöistä
- suunniteltu ja tapahtunut alkuaika, kesto ja tuotantomäärä.

Häiriöiden kohdalla järjestelmä kirjaa määrät ja kuluneet ajat. Häiriöiden syyt raportoidaan erikseen. (Salospohja 2017.)

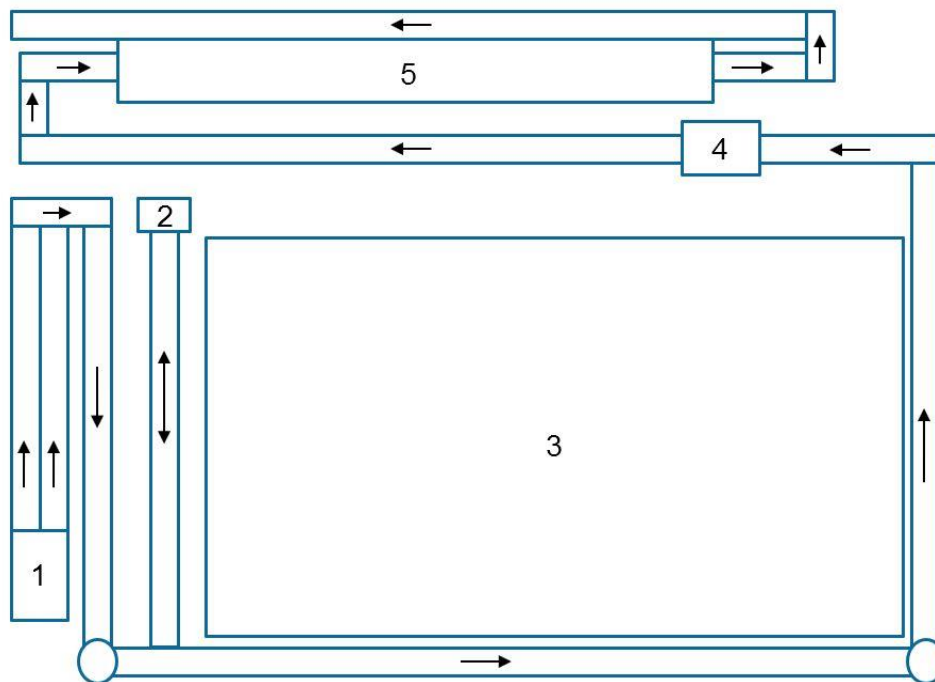
8 LEIPOMOLAATIKOIDEN KULJETINJÄRJESTELMÄ

Kuljetinjärjestelmän valmistaja on Nekomat-Belos Oy (nykyisin Nekos Oy). Järjestelmä on ollut käytössä tehtaalla alusta vuodelta 2002 asti. Yksittäisiä muutoksia on ajan myötä tehty tuotannon puolella, kun tuotantopisteiden paikat ovat siirtyneet.

8.1 Laatikkovarasto ja pesuhuone

Tähän tilaan laatikot saapuvat ensimmäisenä, kun autot puretaan lastauslaiturilla. Kyseessä on lämmittämätön varastotila, jonka mitat ovat 12 m x 30 m. Kapasiteetti varastolla 816 laatikkopinoa. Pinossa 17 laatikkoa, joten yhteensä varastoon mahtuu 13 872 laatikkoa.

Pesuhuone on mitoiltaan 4 m x 30 m. Aiemmin mainittujen ovien lisäksi pesuhuoneesta johtaa pariovi tuotantotiloihin. Kuljetinradan kohdalla takaseinällä on ovi-
aukko, josta laatikkopinot saapuvat huoneeseen. Kuvassa 6 on pohjakuva laatikko-
varaston ja pesuhuoneen laatikkovirrasta.



Kuva 6. Laatikkovaraston ja pesuhuoneen laatikkovirta.

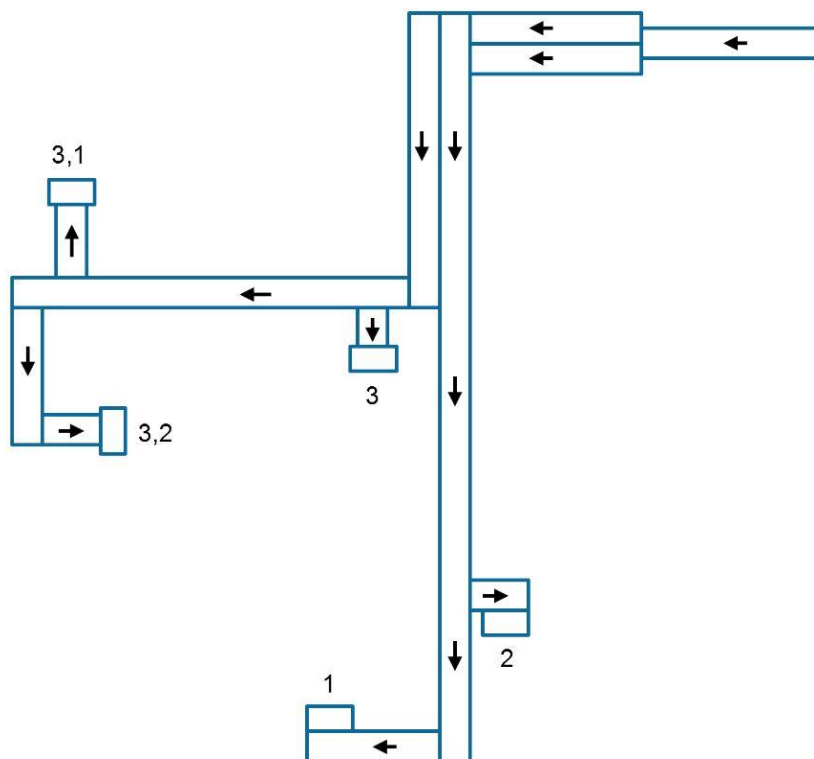
1. Lastausalue
2. Manipulaattori
3. Laatikoiden varastointialue
4. Pinonpurkaja
5. Pesukone

Laatikkovarastoon on kolme sisäänkäyntiä. Lastauslaiturilta ja pesuhuoneelta johtaa pariovet laatikkovaraston lastausalueelle. Pesuhuoneelta on lisäksi liukuovi huoltoa varten, josta pääsee laatikonkäsittelyalueelle. Tämän oven avaaminen keskeyttää laatikkojärjestelmän toiminnan. Laatikoiden käsittelyalue on eristetty verkkoaidalla. Aidassa on ovia huoltoa varten, joissa on turvareleet, mitkä toimivat hätäkatkaisijoina. Seinään on maalattu varaston täyttöasteen kohdat. Tilassa on kameravalvonta, josta näkee varaston tilanteen.

Kuvassa 6 on pohjakuva laatikkovaraston ja pesuhuoneen laatikkovirrasta. Kohdassa 1 on laatikkopinojen lastausalue. Numero 2 kohdalla on manipulaattori ja numero 3 on laatikoiden varastointialue. Pesuhuoneen puolella kohdassa 4 on pinonpurkaja ja kohdassa 5 pesukone.

8.2 Tuotannon tilat

Tuotanto on avointa tilaa. Ala, jolla laatikkojärjestelmä sijaitsee, on 40 m x 45 m. Kuvassa 7 on pohjakuvaus koko linjastosta. Pakkauspisteitä on 5 kappaletta, joilla kaikilla on oma laatikon alastulo. Laitoshuollon tilat ovat vastakkaisella puolella rakennusta laatikkovarastoon nähden.



Kuva 7. Tuotantotilojen kuljetinradat ja alastulot.

Tuotantotilojen kuljetinratojen pohjakuva on kuvassa 7. Linjojen alastulot on numeroitu. Alastulo 3,1 on munkkilinjan ja 3,2 kahvileivän alastulo. Laatikot saapuvat leveämpi sivu edellä ja lähtevät ensimmäisestä kulmasta pitkittäissuunnassa seuraavalle kuljetinradalle.

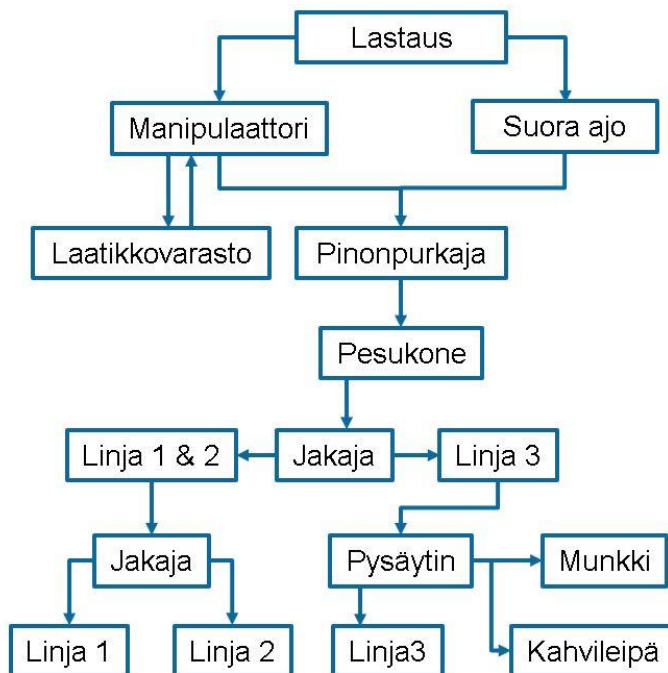
8.3 Prosessi

Laatikon kulku automaattisessa järjestelmässä alkaa siitä, kun kuljettaja lastaa laatikot kuljettimille laatikkovarastossa ja loppuu siihen, kun laatikko tulee spiraalikuljetinta pitkin alas tuotantopisteellä. Koko laatikkoprosessi on esitetty kuvassa 8.

Pinoille on kaksi syöttökuljetinta, joille laatikkopinoja syötetään yksitellen. Käyttäjä voi valita kumpaa linjaa käyttää. Pinojen korkeus tulee olla 17 laatikkoa. Syöttökuljettimien alussa on valvontapaikka, joka ei päästä pinoa eteenpäin, mikäli se on väärän korkuinen. Syötetyt pinot siirtyvät automaattisesti varastoon, jossa manipulaattori syöttää pinot suoraan tuotantoon tai varastoi ne. Laatikoiden

lastauksen välisenä aikana manipulaattori syöttää pinoja tuotantoon kulutuksen mukaan.

Pinot siirtyvät automaattisesti pesuhuoneen puolella, jossa ne siirtyvät ensin pinonpurkajalle kaksi pino kerrallaan. Purkaja ei aloita toimintaa, mikäli sillä on vain yksi pino. Tästä laatikot siirtyvät yksittäisinä roskaluisun c-mutkaan, jossa laatikossa olevat roskat tippuvat pois. Laatikot menevät pesukoneen kautta kuivattimeen ja sieltä siirtyvät 3 metrin korkeudelle kuljetinrataa pitkin tuotannon tiloihin.



Kuva 8. Laatikkojärjestelmän prosessi

Ensimmäisenä tuotannossa tulee y-jakaja, jossa laatikot menevät kahdelle eri radalle. Vasen rata vie seuraavalle y-jakajalle, mistä laatikot menevät linjoille 1 ja 2. Oikea rata vie linjalle 3, munkkilinjalle sekä kahvileivän pisteelle. Linja 3:n ja munkkilinjan kohdalle on risteys, jossa pysäytin ja työntäjä jakavat laatikoita kulutuksen mukaan.

8.4 Laatikko

Järjestelmässä käytetty laatikko on muovista valmistettu punainen leipomolaatikko, jossa on rutiläseinät ja -lattiat. Laatikot ovat päällekkäin pinoutuvia ja niiden

alla on liukujalakset. Kapeammilla sivuilla on kädensijat ja niiden alapuolella on yrityksen painatukset. Taulukossa 5 on esitetty laatikon ulko- ja sisämitat.

Taulukko 5. Laatikon mitat

	Ulkomitat (mm)	Sisämitat (mm)
Leveys	400	370
Pituus	600	565
Korkeus	135	120
Jalakset	15	-

Laatikot eivät ole täysin identtisiä, sillä niitä on tullut eri valmistajilta vuosien aikana. Uudemmissa laatikoissa on lisätty ohutta ristikkoritolaa seinämille ja jalaksien määrää sekä asettelua on muutettu.

Laatikkojärjestelmän ulkopuolella sekä tyhjt että täydet laatikot kuljetetaan kuormalavoilla. Käytössä on IPPC-merkinnällä varustettu FIN-lava, johon mahtuu 5 laatikkopinoa. Yhdessä pinossa on 17 laatikkoa, joten yhdellä lavalla on 85 laatikkoa. Lavoja kuljetetaan tehtaan tiloissa haarukkavaunuilla.

8.5 Laatikoiden toimitukset ja kulutus

Tyhjiä laatikoita saapuu leipomolle tasaisena virtana. Ensimmäiset kuljetukset saapuvat klo 10.00 aamupäivällä ja ne jatkuvat klo 19.00 asti. Seuraava erä saapuu klo 23.00, josta kuljetukset jatkuvat klo 5.00 asti aamulla. Viikonloppuisin laatikkotoimitukset loppuvat lauantaina klo 14.00 ja alkavat uudestaan sunnuntaina iltpäivällä.

Taulukko 6. Laatikkokulutus yhdeltä viikolta (kpl)

	L1	L2	L3	yht.
Ma	5 700	4 300	1 300	11 300
Ti	5 200	3 000	2 750	10 950
Ke	3 000	2 550	2 500	8 050
To	5 200	3 100	1 950	10 250
Pe	4 200	3 600	2 500	10 300
La	4 700	2 800	2 450	9 950
yht.	28 000	19 350	13 450	60 800
Ka /vrk				10 133

Taulukossa 6 on yhdeltä viikolta otettu laatikkokulutus. Määrät eivät ole vakioita, vaan ne vaihtelevat päivittäin. Kun kaikki tuotantolinjat ovat toiminnassa, niin laatikkokulutus on noin 1 000 laatikkoa tunnissa.

8.6 Varmuusvarasto ja seuranta

Laatikoiden varmuusvarastoa hoitaa ulkopuolinen kuljetusyritys, josta leipomon laatikkovarastoa täydennetään tarpeen mukaan. Varmuusvarastoa täydennetään laatikkoerillä, joita ei tarvita leipomossa. Keskimääräinen laatikkomäärä varmuusvarastossa on noin 300 laatikkolavaa (25 500 laatikkoa).

Leipomon laatikkovarastossa on valvontakamera, jonka avulla sekä leipomo, että varmuusvarastona toimiva kuljetusyritys voi seurata reaaliaikaisesti varaston tilaa. Laatikkovaraston seinälle on maalattu täyttöasteen merkit, jotta ne näkyvät valvontakameran kuvassa. Normaalisti täyttöaste liikkuu 30 - 70 prosentin välillä. (Liiri 2017.)

8.7 Laatikkojärjestelmän laitteisto

Yksittäinen laatikko kulkee järjestelmässä usean kuljettimen ja käsittelijän läpi. Kuljettimia ja koneita on tuotannossa runsaasti, mutta tässä kuvataan vain tutkimuksen kannalta tärkeät kohteet. Järjestelmässä on kolme oleellista laitetta: manipulaattori, pinonpurkaja ja pesukone.

Manipulaattori vastaa laatikkopinojen syötöstä ja varastoinnista. Laite koostuu neljästä eri osiosta: risteyskaide, hihnakuljetin, tarttuja sekä manipulaattorin keskusyksikkö. Manipulaattorin vierellä on pyöröhihnavetoinen rullakuljetin, mistä risteyskaide ohjaa laatikkopinot sisään manipulaattorin hihnakuljettimelle tai pois siltä. Risteyskaide voi lisäksi ohjata laatikkopinot manipulaattorin ohi suoraan tuotantoon. Manipulaattorissa on tarttuja, joka nostaa ja laskee pinoja. Tarttujan alaosaa menee alimman laatikon kädensijasta sisään ja toinen osa ylimmän laatikon yläpuolelle. Pino nousee hihnalta lattialla riviin tai päinvastoin. Yhteen riviin lastataan 16 pinoa. Viimeisenä varastoitu laatikkopino lähtee ensimmäisenä tuotantoon.

Pinonpurkaja purkaa laatikot yksittäiseksi virraksi kuljetinradalle. Pesukone hoitaa laatikoiden pesun ja kuivauksen ennen niiden menoa tuotantotiloihin. Automaattinen hälytysjärjestelmä ilmoittaa häiriöistä laatikkovarastossa ja pesuhuoneessa.

Kuljettimiin sisältyy erilaisia kuljetintyyppisiä, kuten rulla-, ketju-, hihna- ja lamellikuljettimia, sekä kierreluisuja. Kuljettimissa on lisäksi kääntäjiä, nostajia, työntimiä, valosilmiä ja pysäyttimiä.

8.7.1 Rulla- ja ketjukuljettimet

Laatikkopinot kulkevat laatikkovarastossa pääosin pyöröhihnavetoisilla rullakuljettimilla. Lastausalueelta lähtee kaksi vierekkäistä rullakuljetinta. Ensimmäisen käännöksen jälkeen siirtyminen jatkuu yksittäisellä radalla. Radat kulkevat metalliverkkoaitaa ja myöhemmin ulkoseinää pitkin pesuhuoneeseen. Pesuhuoneessa on vielä ennen pinonpurkajaa lyhyt pätkä rullakuljetinta.

Laatikkovarastossa on ensimmäisenä 180 asteen käännös, jossa sivuttaisliikkeen hoitaa ketjukuljetin. Kaksi 90 asteen kulmaa sijaitsee ennen manipulaattoria ja sen jälkeen. Nämä toimivat ketjukuljetinkääntöpöydillä.

8.7.2 Lamellikuljettimet ja kierreluisu

Laatikkopinot kulkevat lyhyen matkan pesuhuoneeseen tullessa ennen pinonpurkajaa. Pinonpurkajan jälkeen yksittäiset laatikot kulkevat vain lamellikuljettimien päällä. Laatikot menevät poikittaissuunnassa kuljettimilla tuotannon puolella asti. Tuotannon tiloissa on laatikkoradalla 90 asteen kulma, josta laatikot jatkavat pituussuunnassa. Ennen tuotantopisteiden alastuloa laatikot tulevat poikittaissuunnassa. Poikkeuksena on kahvileivän linja. Jokaisella tuotantopisteellä lisäksi on kierreluisu, jota pitkin laatikot tulevat alas.

8.7.3 Pysäyttimet, valosilmät ja työntimet

Laatikkopinoille käytetään rullaradalla alhaaltapäin nousevia pysäyttimiä ja yksittäisille laatikoille lamelliradalla ylhäältäpäin laskevia pysäyttimiä. Jokaista pysäyttintä ohjaa valosilmä. Pysäytin seisauttaa laatikkovirran, kun sitä ohjaavan valosilmän eteen tulee laatikko.

Järjestelmässä on paineilmalla toimivia työntimiä, jotka sijaitsevat pesuhuoneessa ja tuotannon tiloissa. Laatikkopinon tullessa pesuhuoneeseen se saapuu ensimmäiseksi 90 asteen kulmaan, jossa on L-mallinen työnnin pinoille. Tuotannon tiloissa ennen tuotantopisteitä on pienemmät T-malliset työntimet, jotka syöttävät laatikot kierreluisuille.

9 TUTKIMUS

Tutkimusosiossa käytetään DMAIC-ongelmanratkaisumallia. Koska työn tarkoituksena on selvittää ongelmien syyt, niin mallista tehdään vain luonnehdintaosio, mihin kuuluvat määrittely, mittaus ja analysointi. Analysointi tulee tässä työssä tuloksien alle.

9.1 Määrittely

Tuotannon ja laitoshuollon työntekijät tietävät järjestelmän ongelmakohdat. Lähtökohtaisesti laitoshuollon vastuulla on korjata tapahtuvat häiriöt, mutta käytännössä häiriötilanteet ovat niin akuutteja, että tuotannon työntekijät joutuvat puuttumaan häiriöiden korjaamiseen.

9.1.1 Häiriötilanteet

Tuotannon tiloissa häiriön aiheuttaa yksittäisen laatikon jumiutuminen kuljetinradalla. Ongelma korjataan työntämällä laatikko liikkeelle harjanvarrella. Yleensä laatikot eivät ole tiukasti kiinni ja niihin riittää kevyt työntö. Myös pesuhuoneessa häiriö voi tapahtua edellä kuvatulla tavalla.

Muussa tapauksessa pesuhuoneessa häiriö on pinonpurkajalla tai kulmassa ennen sitä. Tämä alue on aidattu ja sisäpuolelle pääsee vain sammuttamalla järjestelmän. Pinonpurkajallakin normaali häiriö on yksinkertainen ja korjaus tapahtuu pienellä laatikon siirtämisellä. Ennen pinonpurkajaa tavallisessa häiriötilanteessa laatikkopino kaatuu. Kaatumisen seurauksena valosilmät saattavat vääntyä. Yleensä korjaukseen riittää kaatuneen pinon kasaaminen ja valosilmien siirtäminen takaisin.

Laatikkovarastossa häiriöt lähes yksinomaan tapahtuvat manipulaattorissa. Häiriötilanteita on erilaisia. Laatikkopino saattaa kaatua liukuhihnalla tai pinoa nostettaessa. Manipulaattori voi lisäksi lopettaa toiminnan ilman varoitusta. Korjausajat vaihtelevat minuuteista tunteihin.

Laatikot loppuvat tuotantopisteiltä, kun häiriö kestää tarpeeksi kauan. Tässä vaiheessa työntekijät tuovat laatikoita haarukkavaunuilla tuotantopisteille. Jos laatikkojärjestelmää ei saada toimintaa ennen varalaatikoiden loppumista, niin tuotanto pysähtyy.

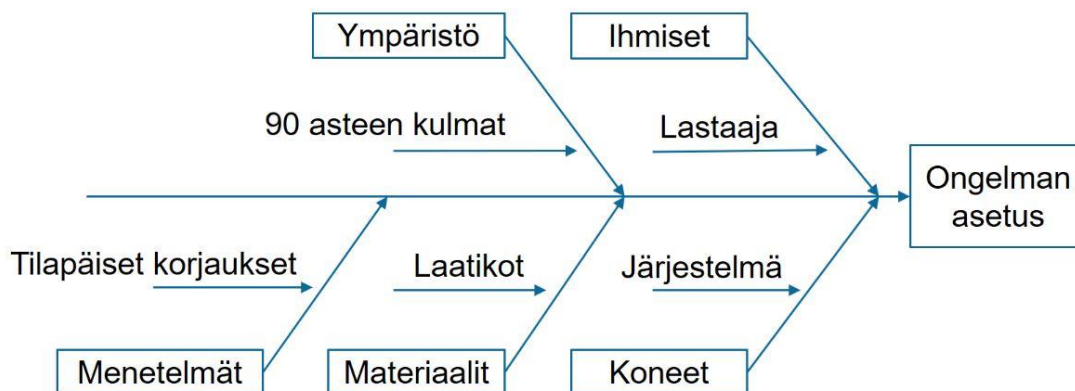
9.1.2 Kotkan ja Vantaan järjestelmät

Kotkan laatikkojärjestelmässä lastausalueella syötetään laatikot kuormalavoittain, joten se on huomattavasti nopeampi kuin Kuusankosken lastaustapa. Likaisten laatikoiden varasto toimii samantapaisella manipulaattorilla kuin Kuusankoskella. Ennen tuotannon tiloja sijaitsee automaattinen puhtaiden laatikoiden varasto, johon voidaan syöttää laatikkopinoja myös manuaalisesti. Tuotantotiloissa on käytössä yksi linja.

Vantaalla laatikoiden lastaus tapahtuu samoin kuin Kuusankoskella, mutta lastausratioja on enemmän. Myös tässä järjestelmässä on puhtailla laatikoilla oma automaattinen varasto.

9.1.3 Syy-seurauskaavio

Syy-seuraussuhteiden etsimiseen laadittiin kalanruotokaavio, joka on kuvassa 9. Jokaisen aiheen alle kirjattiin yksi syy.



Kuva 9. Kalanruotodiagrammi häiriöistä

Menetelmät: tilapäiset korjaukset. Isoimmissa ongelmakohdissa ei voida tehdä isoja muutoksia ilman investointeja ja tästä syystä mahdollisuutena on tehdä vain pieniä korjauksia. Nämä korjaukset eivät pidä laitteistoa pitkään toiminnassa, joten niitä tehdään usein.

Koneet: järjestelmä. Käsittää koko laatikkojärjestelmän sisältäen kaikki koneet ja kuljettimet. Tarkempi erottelu järjestelmästä esitetään seuraavassa osiossa.

Ihminen: lastaaja. Ainoa ihminen, joka vaikuttaa järjestelmän toimintaan on lastaaja. Lastauksen suorittaa autonkuljettaja. Teoriassa järjestelmä pitää huolen, että laatiko lastataan oikein. Kuljettajat tekevät lastauksen mahdollisimman hyvin ja tehokkaasti, koska se nopeuttaa lastausta ja lyhentää näin lastaukseen kuluvaa aikaa. Kuitenkin mahdollista, että lastauksessa tapahtuu jotain, mikä aiheuttaa myöhemmin häiriön. Joskus pinoja kasatessa voi jäädä yksi laatikko väärinpäin, mutta tässä vaiheessa se pitäisi huomata, koska laatikot eivät lukitu vastakkain.

Ympäristö: 90 asteen kulmat. Näissä kohdissa pino voi päästä heilahtamaan niin, että se kaatuu. Kuljetinradalla sijaitsevassa kulmassa yksittäinen laatikko pääsee helposti kääntymään vinottain, jolloin se juuttuu kiinni.

Materiaali: erikokoiset laatikot. Kaikki laatikot ole identtisiä keskenään ja niitä on tullut eri valmistajilta vuosien aikana. Tästä syystä laatikoissa voi olla hyvin pieniä mittaeroja. Yhden laatikkopinon korkeus on 17 laatikkoa, joten pienikin mitaero kertautuu pinossa ja tekee siitä epävakaan. Uudemmat laatikot ovat kevyempiä ja taipuisampia, mikä edesauttaa niiden juuttumista järjestelmässä. Sivuseinien ristikot voivat aiheuttaa pysähdyksen valosilmän kohdalla, jos säde pääsee läpi kummankin puolen ristikoista. Ajan myötä laatikot rikkoutuvat ja aiheuttavat ongelmia, jos ovat vielä tässä vaiheessa järjestelmässä.

9.2 Mittaus

Laitoshuollon raportit tehdään omalle raportointipohjalle, mihin työvuorossa oleva kirjaa tapahtuneet häiriöt. Raporteissa näkyvät päivämäärä, kellonaika, kuvaus, tilausaika ja valmistumisaika. Tähän tutkimukseen tietoja kerättiin 8.8.2016–9.2.2017 väliseltä ajalta.

Videokuvaus suoritettiin tuotannon tiloissa 17.1.2017–16.2.2017 välisenä aikana. Kuvaukset tapahtuivat yleensä 12 tunnin jaksoissa, eikä niitä tehty yhtäjaksoisesti. Kuvausten alkamisajat ovat myös sattumanvaraisia. Kaiken materiaalin yhteispituudeksi tuli hieman yli 200 tuntia.

KNL-järjestelmä kirjaa automaattisesti tuotantolinjoilla tapahtuvat virheet. Laatikonsyöttöön liittyvät ongelmat etsittiin lokakuu 2016 - tammikuu 2017 väliseltä ajalta.

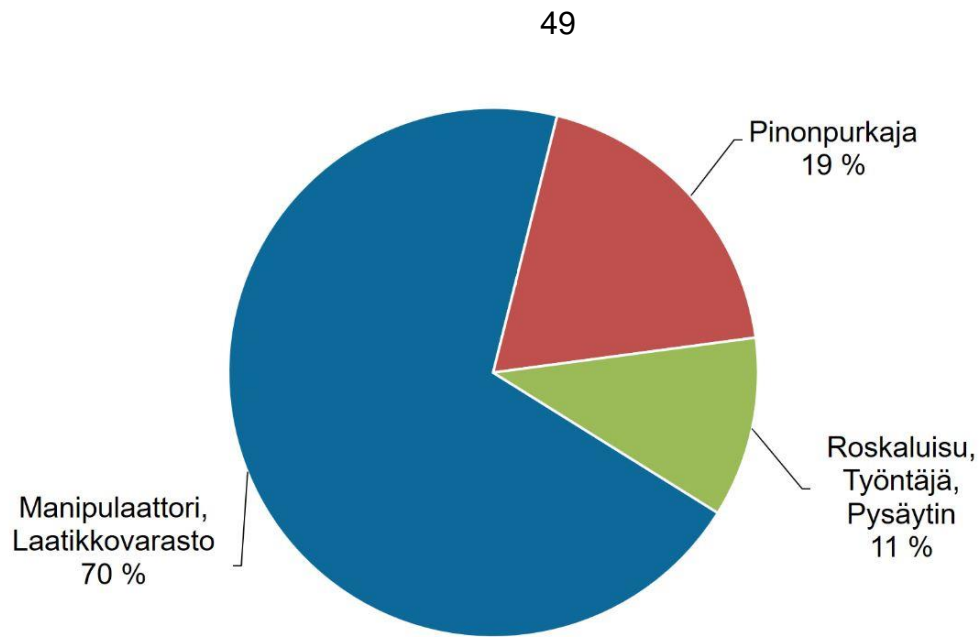
9.3 Tulokset

Mittauksista saadut tulokset jaettiin kolmelle eri osiolla: Pareto-kaavio, aikojen perusteella tehdyt tulokset sekä todennäköisyyslaskenta. Tuloksia esiteltiin toimeksiantajalle kolmella eri tapaamisella helmi-maaliskuussa 2017, joissa mukana oli kaksi ensimmäistä osiota.

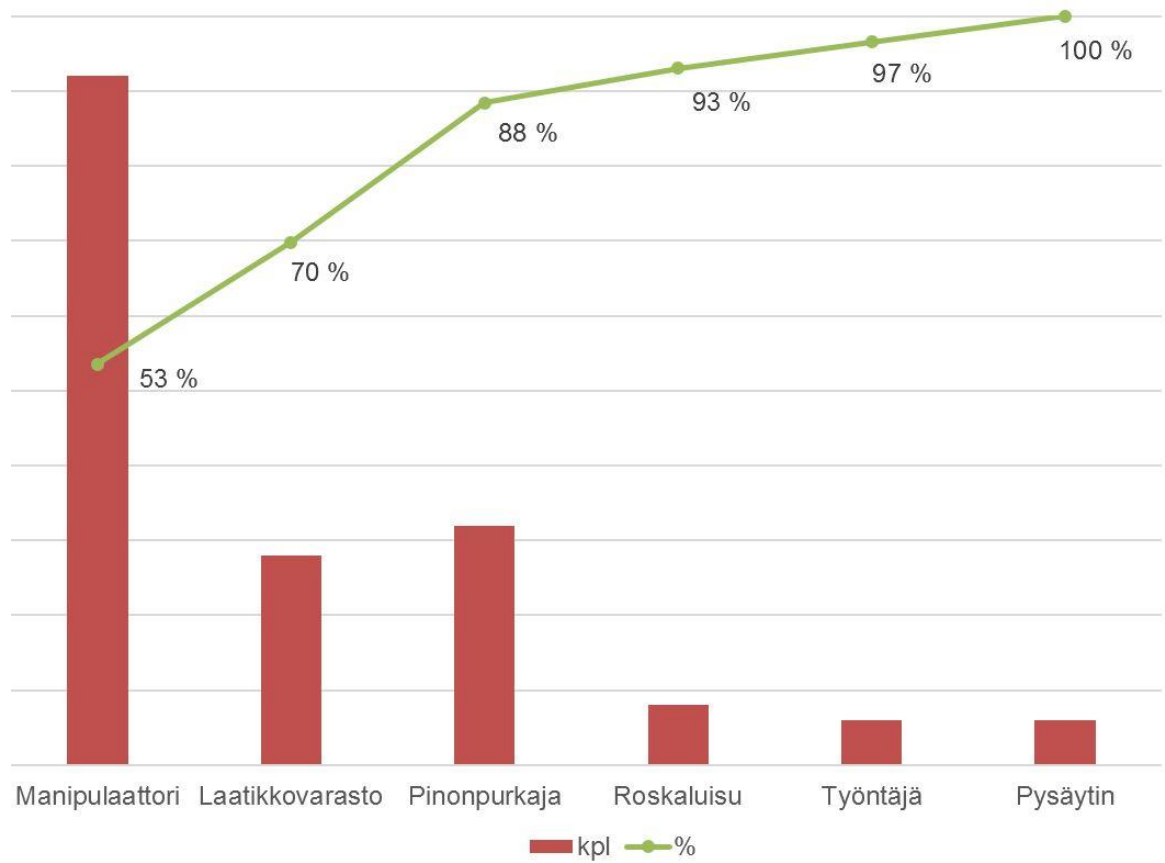
9.3.1 Pareto-kaavio

Aluksi häiriön aiheuttajat jaettiin kolmeen eri luokkaan, joista ensimmäinen käsitti 80 prosenttia kokonaismäärästä. Kaavio laadittiin laitoshuollon raporttien pohjalta. Häiriöiden aiheuttajat jaettiin eri osiin ja niiden lukumäärät laskettiin. Seuraavaksi osioille laskettiin kumulatiiviset prosenttiosuudet. Kaikkien tietojen pohjalta luotiin pylväskaavio, jossa kumulatiivinen prosenttiosuus näkyy omana viivana.

Kuvassa 10 häiriön aiheuttajat on jaettu kolmeen eri ryhmään prosenttiosuuksien mukaan. Ensimmäisessä ryhmässä on manipulaattori ja laatikkovarasto. Manipulaattori ja laatikkovarasto tarkoittavat käytännössä samaa asiaa, koska laatikkovarastossa manipulaattori on lähes ainoa häiriön aiheuttaja. Tämän perusteella voidaan olettaa, että ilmoitetuista häiriöistä 70 prosenttia johtuu pelkästään manipulaattorista. Toisessa ryhmässä on pinonpurkaja 19 prosentilla. Kolmanteen ryhmään on laitettu loput kolme aiheuttajaa. Laitoshuollon raporteissa pesukoneella oli kokonaismäärässä 13 prosentin osuus. Pesukoneen ongelmat oli saatu korjattua ennen tutkimusta, joten se jätettiin pois tuloksista.



Kuva 10. Häiriöiden osuudet



Kuva 11. Pareto-kaavio

Valmis Pareto-kaavio näkyy kuvassa 11. Pylväissä on nimikkeiden määrät eri osioiden lukumäärä ja vihreä viiva on kumulatiivinen prosenttiosuus. Kappalemääriä ei ole esillä.

9.3.2 Ajat, riskiarviointi ja käyttöaste

Videomateriaalista kirjattiin häiriöiden määrät ja ajat. Näistä tiedoista laskettiin keskimääräinen häiriöaika sekä yhden vuorokauden aikana tapahtuvat lukumäärä ja aika. Videon perusteella näkyi lisäksi aika, jonka kuluessa laatikot loppuvat tuotannon tiloista häiriön alkamisesta.

Taulukko 7. Häiriöaikoja

	Kpl /vrk	Aika /vrk	Keskiarvo
Hälytys	13	1 h 46 min	7 min 17 s
Laatikkokatkos	6	35 min	3 min 43 s
Laatikko jumissa 90 asteen kulmassa	6	50 min	7 min 36 s

Taulukossa 7 on tiedot häiriöajoista. Häiriöaikojen avulla laskettiin MTBF, MTTR sekä käyttöaste. Hälytys on laskettu ajasta, jolloin punainen hälytysvalo on päällä. 90 asteen kulma on tuotantotiloissa oleva ensimmäisen käynnöksen ulommainen rata. Laatikkokatkos alkaa ajasta, jolloin laatikot loppuvat 90 asteen kulmasta ja päättyy, kun ensimmäiset laatikot saapuvat sinne.

Taulukko 8. MTBF, MTTR ja käyttöaste

MTBF	MTTR	Käyttöaste
1 h 22 min 12 s	7 min 41 s	91 %

Taulukon 8 tuloksista saadaan selville ajat riskiarviosta. Keskimääräinen aika, jonka järjestelmä toimii yhtäjaksoisesti, on alle puolitoista tuntia. Häiriön korjaamisen kuluva aika on alle kahdeksan minuuttia. Käyttöasteen perusteella saadaan kokonaiskuva tilanteesta. Esimerkiksi yhden tunnin aikana järjestelmä on pysähtyneenä keskimäärin 5 minuuttia ja 24 sekuntia.

9.3.3 Todennäköisyys

Videoaineiston perusteella kahden eri häiriön välisistä ajoista laadittiin aineisto, josta laskettiin todennäköisyydet. Tapahtumat jaettiin ajallisesti 9 eri luokkaan, jolloin jokaiselle luokalle saatiin yhtenäinen määrä tapahtumia. Todennäköisyys laskettiin häiriövälien keskiarvon avulla.

Taulukko 9. Todelliset lukumäärät ja todennäköisyyksien arvot eri Weibullin k-arvoilla

Väli (h)	Lukumäärä	k=1	k=0,9	k=0,95	k=1,05
0 - 0,2	8	5,5	6,7	6,1	4,9
0,2 - 0,4	6	4,9	5,1	5,0	4,7
0,4 - 0,7	4	6,4	6,2	6,3	6,4
0,7 - 1,2	5	8,5	7,9	8,2	8,7
1,2 - 1,7	8	6,4	5,8	6,1	6,7
1,7 - 2,2	5	4,8	4,3	4,6	5,0
2,2 - 2,7	5	3,6	3,3	3,5	3,8
2,7 - 3,4	5	3,6	3,4	3,5	3,7
3,4 – 12	5	7,4	8,2	7,8	6,9

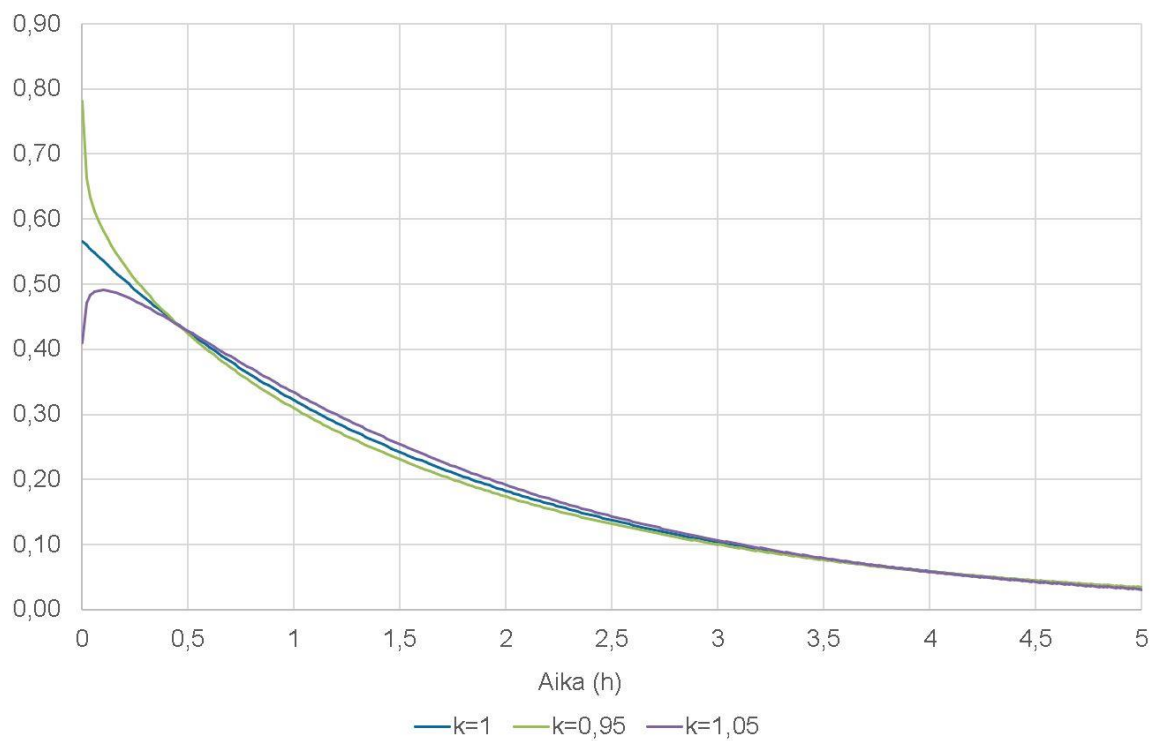
Taulukossa 9 on häiriöiden lukumäärät sekä todennäköisyydet. Väli-sarakkeessa on esitetty ajanjaksot ja lukumäärä-sarakkeessa todelliset häiriömäärät ajanjaksoilla. K-arvot ovat todennäköisyyden lukuja. Pienemmät k-arvot täsmäävät alkupäässä, mutta suurin k-arvo vastaa todellista lukumäärää paremmin loppupäässä. Erityisesti alussa häiriömäärä on selkeästi suurempi, kuin todennäköisyydet.

Taulukko 10. Weibullin k-arvojen neliösummat

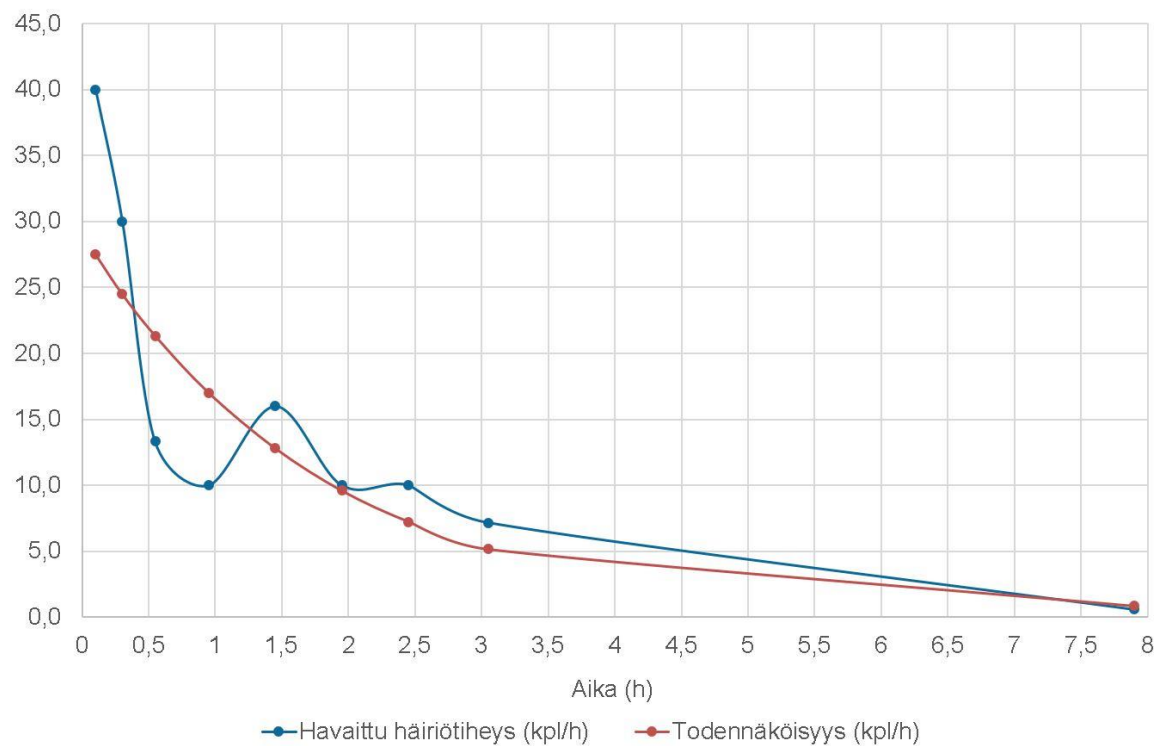
Väli (h)	k=1	k=0,9	k=0.95	k=1,05
0 - 0,2	6,25	1,69	3,61	9,61
0,2 - 0,4	9,61	8,41	9,0	10,89
0,4 - 0,7	2,56	3,24	2,89	2,56
0,7 - 1,2	0,25	0,01	0,04	0,49
1,2 - 1,7	2,56	4,84	3,61	1,69
1,7 - 2,2	10,24	13,69	11,56	9,0
2,2 - 2,7	19,36	22,09	20,25	17,64
2,7 - 3,4	19,36	21,16	20,25	18,49
3,4 – 12	0,36	0,04	0,04	1,21
yht.	70,55	75,17	71,25	71,58

Kaikille k-arvoille laskettiin neliölliset erot taulukon 10 tulosten pohjalta. Neliöllinen ero on todellisen lukumäärän ja k-arvon tuloksen erotus korotettuna toiseen potenssiin. Taulukon 10 tuloksissa pienin neliösumman arvo on lähimpänä todellista järjestelmän häiriökäyttäytymistä. Pienin neliösumma on k-arvolla 1, eli eksponenttijakaumalla. Weibull-jakauman käyttö ei tässä tapauksessa tuottanut eksponenttijakaumaa parempaa tulosta.

Kuvassa 12 on todennäköisyyskaavio kolmesta eri k-arvosta. K-arvo 1,05 näyttää pienintä todennäköisyyttä alussa ja 0,95 suurinta. K-arvo 1 alkaa näiden keskiväliltä. Kaikki arvot yhtyvät noin puolen tunnin kohdalla, jonka jälkeen todennäköisyydet jatkavat yhtenäistä linjaa.



Kuva 12. Todennäköisyydet eri k-arvoilla



Kuva 13. Häiriötiheys ja todennäköisyys

Kuvan 13 kaaviossa on vertailu aineiston perusteella lasketusta häiriötiheydestä ja todennäköisyydestä. Huomattavin ero on ensimmäisen puolen tunnin aikana, jossa todellinen häiriötiheys on selvästi todennäköisyyttä suurempi. Toisaalta sitä seuraavan tunnin aikana todellinen määrä on huomattavasti todennäköisyyttä pienempi. Loput ajasta viivat kulkevat yhtenäisempää linjaa.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Järjestelmän toiminnasta saatiin tutkimuksessa selkeitä tuloksia. Näiden tuloksien avulla voidaan laskea häiriöistä aiheutuvia kustannuksia. Laitoshuollon raporteista paikannettiin häiriöiden syyt. Kaikkia tapahtumia ei välttämättä ole kirjattu oikein tai ei lainkaan, mutta prosenttiosuus eri aiheuttajista kertoo olennaisen. Videokuvauksen ansiosta mitatut ajat ovat tarkkoja.

Tuloksissa nähdään, että havaitut häiriömäärät ovat ensimmäisen puolen tunnin aikana selvästi korkeammat. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, ettei järjestelmän toimintaa saada täysin palautettua ensimmäisellä korjauskerralla.

MTBF-osioon ja todennäköisyyslaskentaan keskiarvoksi tuli eri arvot. Tämä johtuu siitä, että MTBF laskettiin jakamalla häiriöt videomateriaalin kokonaisajalla ja todennäköisyyslaskennassa keskiarvo laskettiin toimivuusjaksojen mukaan. Lisäksi MTBF-osa esitettiin toimeksiantajalle helmikuussa sen aikaisen aineiston perusteella ja todennäköisyysosio tehtiin lopullisen materiaalin perusteella myöhemmin.

Ehdotuksena tulevaisuuden varalle olisi tehdä monitorointia järjestelmästä videokuvauksella sen jälkeen, kun järjestelmään tehdään parannuksia. Tämä olisi lisäksi tutkimuksessa käytetyn DMAIC-prosessin viimeinen osio: ohjaus (control). Tuloksia voidaan verrata täten analyysiin, josta nähdään muutos aiempaan tilanteeseen.

11 POHDINTA

Tutkimustyöllä oli tiukka aikataulu. Työn toimeksiannosta tuloksien esittämiseen toimeksiantajalle oli aikaa 2 kuukautta, joten työ oli aloitettava teorian sijasta empiriaosiolla. Pidemmällä aikataululla tutkimusmenetelmiin olisi ehtinyt tutustua paremmin. Lisäksi materiaali olisi saatu kerättyä johdonmukaisemmin. Tällaista tutkimusta varten mittausjakson tulisi olla pidempi. Toisaalta tässä tutkimuksessa tilanne olisi tuskin muuttunut pidemmällä tarkasteluajalla.

Leipomolla työntekijöillä oli hyvin tiedossa häiriöalueet, joten niitä ei ollut tarvetta etsiä. Vaikeuksia aiheutti aluksi tiedonhankinta. Tehtaan laitoshuolto raportoi häiriöistä, mutta tarkkoja määriä tai ajallisia kestoja ei niistä voinut käyttää luotettavasti. Tutkimusta varten tehtävät häiriölistat katsottiin myös olevan liian epätarkkoja inhimillisten virheiden vuoksi. Tutkijakaan ei voinut seurata tuotantoa jatkuvasti, joten mittauskäyttöön otettiin videokuvaukset. Ajat ja määrät saatiin näin sekunnin tarkkuudella kerättyä.

Tietojen analysointia varten on valmiiksi olemassa paljon eri työkaluja ja tähän työhön valittiin Six Sigma, koska se sopi parhaiten tutkimuskohteeseen ja on yleisesti käytössä teollisuudessa. Lisäksi tätä opinnäytetyötä voidaan käyttää, kun prosessia halutaan monitoroida.

LÄHTEET

Arnold, J. R. T., Chapman, S. N. & Clive, L. M. 2012. Introduction to Materials Management. Seventh Edition. NJ: Pearson Prentice Hall.

ASQ. s.a. Six Sigma Tools. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://asq.org/learn-about-quality/six-sigma/tools.html> [viitattu 20.3.2017].

Bloomberg, D. J., LeMay, S. & Hanna, J. B. 2002. Logistics. New Jersey: Prentice Hall.

Bhat, K. S. 2008. Materials Management. Global Media. E-kirja. Saatavissa: <http://www.proquest.com/libraries/academic/ebooks/> [viitattu 28.4.2017].

Discover 6 Sigma. s.a. Methods, tools & techniques. Saatavissa: <http://www.discover6sigma.org/cat/methods-tools-techniques/> [viitattu 22.3.2017].

Evira. 2016. Puisen pakkausmateriaalin ISPM 15 -standardi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.evira.fi/kasvit/tuonti-ja-vienti/puinen-pakkausmateriaali/ispm-15--standardi/> [viitattu 15.4.2017].

Farahini, R., Rezapour, S. & Kardar, L. 2011. Logistics Operations and Management. Concepts and Models. Elsevier Science. E-kirja. Saatavissa: <http://www.proquest.com/libraries/academic/ebooks/> [viitattu 29.4.2017].

Grant, D. B., Lamberg, D. M., Stock, J. R. & Ellram, L. M. 2006. Fundamentals of Logistics Management. European Edition. Berkshire: McGraw-Hill Education.

Holloway, M. D. Nwaoha, C. & Onyewuenyi, O. A. 2012. Process Plant Equipment. Operation, Control, and Reliability. Wiley. E-kirja. Saatavissa: <http://www.proquest.com/libraries/academic/ebooks/> [viitattu 26.4.2017].

Jacobs, F. R., Berry, W. L., Whybark, D. C. & Vollmann, T. E. 2011. Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management. Sixth Edition. International Edition. New York: McGraw-Hill Education.

Järvi-Kääriäinen, T. & Leppänen-Turkula, A. 2002. Pakkaaminen. Perustiedot pakkauksista ja pakkaamisesta. Helsinki: Pakkausteknologia-PTR 2002.

Kannangieszer S. 2015. Understanding Mean Time Between Failure (MTBF) for Process Instrumentation. Brooks Instrument. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.brooksinstrument.com/en/blog/understanding-mean-time-between-failure-mtbf-for-process-instrumentation> [viitattu 24.4.2017].

Karjalainen, L. 2010. Tilastotieteen perusteen. 1. painos. Ristiina: Pii-Kirjat.

Karjalainen, T. & Karjalainen, E. 2002. Six Sigma – Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä. 1. painos. Hollola: Quality Knowhow Karjalainen.

Liiri, H. 2017. Työnjohtaja. Haastattelu 27.5.2017. Vaasan Oy.

Logistiikan maailma. s.a. Paretoajattelu – ABC-luokittelu. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/osto-ja-myynti/hankintatoimi-ja-osto-toiminta/hankintastrategiat-ja-ostoportfolio/paretoajattelu-abc-luokittelu/> [viitattu 24.4.2017].

Mauch, P. D. 2010. Quality Management. Theory and Application. Boca Raton: CRC Press.

Olofsson, O. s.a. Mean Time Between Failures & Mean Time to Repair. World Class Manufacturing. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://world-class-manufacturing.com/KPI/mtbf.html> [viitattu 11.5.2017].

Park, S. H. & Antony, J. 2008. Robust Design for Quality Engineering and Six Sigma. Singapore: World Scientific.

Ray, S. 2007. Introduction to Materials Handling. New Age International. E-kirja. Saatavissa: <http://www.proquest.com/libraries/academic/ebooks/> [viitattu 26.4.2017].

Ready Ratios. s.a. Capacity Utilization Rate. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.readyratios.com/reference/asset/capacity_utilization_rate.html [viitattu 10.4.2017].

Ritvanen, V., Inkiläinen, A., von Bell, A. & Santala J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Helsinki: Suomen huolintaliikkeiden liitto: Suomen Osto- ja Logistiikkayhdistys LOGY 2011.

Salospohja E. 2017. Jatkuvan Parantamisen päällikkö. Sähköpostiviestit 3.4.2017 ja 22.5.2017. Vaasan Oy.

Vaasan Oy. s.a. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.vaasan.fi/tietoa/vaasan-oy/> [viitattu 30.3.2017].

Voehl, F., Harrington, H. J., Mignosa, C. & Charron, R. 2014. The Lean Six Sigma Black Belt Handbook. Tools and Methods for Process Acceleration. Boca Raton: CRC Press.