



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JESSE TURKKA  
TUOTANTOPROSESSIN MATERIAALINHALLINNAN KEHITTÄMI-  
NEN POSTIPAKETTIEN JA LEHTIKIMPPUJEN LAJITTELUSSA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Jussi Heikkilä  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
30. tammikuuta 2017.

## TIIVISTELMÄ

**JESSE TURKKA:** Tuotantoprosessin materiaalinhallinnan kehittäminen postipakettien ja lehtikimppujen lajittelussa

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 72 sivua, 6 liitesivua

Kesäkuu 2017

Tuotantotalouden diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Tuotannonohjaus ja logistiikka

Tarkastaja: professori Jussi Heikkilä

**Avainsanat:** lean, läpimenoaika, läpäisy, arvovirtakuvaus, materiaalinhallinta

Prosessien kehittäminen on tärkeä osa yrityksen toimintaa, minkä avulla ylläpidetään ja parannetaan yrityksen kilpailukykyä muuttuvassa liiketoimintaympäristössä. Tuotantoprosessin tehokkuuteen liittyvät olennaisesti prosessin läpimenoaika ja läpäisy. Läpimenoaika kuvaa prosessissa virtaavan yksikön aikaa kulkea prosessin läpi, ja läpäisy tietystä ajassa prosessin läpi virtaavien yksiköiden määrää. Yksi tuotantoprosessin kehittämisen malleista on Lean-filosofia, jonka ajatuksena on hukkien ja häiriöiden poistamisella parantaa prosessin virtausta ja optimoida kustannuksia. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan postipakettien ja lehtikimppujen lajitteluprosessia työn kohdeyrityksen, Posti Oy:n, Tampereen lajittelukeskuksessa. Työn tavoitteena on tunnistaa prosessissa hukkaa aiheuttavia tekijöitä ja luoda käyttöönotettavia materiaalinhallinnallisia toimenpiteitä prosessin tehokkuuden ja läpäisyn parantamiseksi.

Tutkimuksen alussa esitellään aiheeseen liittyvää teoriaa, jossa käsitellään Lean-filosofiaa ja tuotannon virtauksen liittyvää läpimenoaikaa ja kapeikkoajattelua, sekä näihin vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksen toteutukseen käytettiin aineistoa, jota kerättiin prosessivaiheita havainnoimalla ja mittaamalla sekä tietojärjestelmistä hakemalla. Aineiston avulla tunnistettiin prosessin eri vaiheissa hukkaa aiheuttavat tekijät, jotka heikentävät läpäisyä ja pidentävät prosessin läpimenoaikaa. Havaittiin, että turhaa liikkumista ja työn keskeytymistä aiheuttavat prosessin materiaalinhallinnan roolitus, varastopaikkojen sijainti ja käytetyt toimintamallit. Lisäksi prosessin kuljetusyksikkökierto aiheuttaa haasteita prosessin onnistumiselle.

Tutkimus esittää kuudesta toimenpiteestä koostuvaa kokonaisuutta prosessin tehokkuuden parantamiseksi. Lajittelun tukirooli kasvattaa lajittelijoiden lajittelutyöhön käytetyn ajan osuutta, mikä kasvattaa läpäisyä. Lajittelualueen visuaaliset kaistat tukevat yksikköhallintaa ja nopeuttavat sisälogistiikan toimintaa. Yksikkötarpeita työkalun avulla arvioimalla varmistetaan kuljetusyksiköiden riittävyys lajittelussa. Varastopaikkoja muuttamalla ja syöttötoiminnan keskitetyllä toimintamallilla kasvatetaan syötön läpäisyä ja tehokkuutta. Prosessin ohjaustyökalun avulla ohjataan resurssikäyttöä, ja varmistetaan prosessin onnistuminen. Toimenpiteiden toimivuuden tarkastelussa havaittiin, että prosessin läpäisy kasvoi yli kymmenen prosenttia. Toimenpiteiden käyttöä jatkamalla ja toimintatapoja edelleen kehittämällä, voidaan prosessin tehokkuuden olettaa paranevan vielä lisää.

## ABSTRACT

**JESSE TURKKA:** Material management development in the production process of post parcel and magazine bundle sorting

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 72 pages, 6 Appendix pages

June 2017

Master's Degree Programme in Industrial Engineering and Management

Major: Production Management and Logistics

Examiner: Professor Jussi Heikkilä

**Keywords:** lean, lead time, throughput, value stream map, material management

Process development is essential for a company when it aims to maintain and improve its competitiveness in a changing environment. Lead time and throughput are relevant factors related to the effectiveness of a production process. Lead time is the time that it takes for a unit to move through an examined process. Throughput is the quantity of units that is processed in a certain time in the process. One philosophy related to process development and effectiveness is Lean thinking. Idea of Lean is to improve the flow of a process and reduce costs by waste elimination. This thesis examines the production process of post parcel and magazine bundle sorting. The case company is Posti Oy and its sorting center in Tampere, Finland. The goal of this study is to identify the process wastes and to represent recommendations of how to improve the effectiveness of the process by the means of material management.

The literature review presents the theory of Lean philosophy, lead time and theory of constraints. To accomplish this study, data was gathered by observing and metering the process activities and from information systems. The process wastes in the production process were identified. The research findings indicate that the roles of material management, locations of stocks and used operating models caused unnecessary movement that stops the process flow. In addition, the rotation of transport units in the process causes challenges for the whole process to succeed.

The study gives six recommendations to improve the effectiveness of the process. The time that the employees use for sorting can be increased by the supporting role of the sorting process, which improves the total throughput. Visualized lanes in the sorting area support the material management and agile the in-house logistics. Transport unit estimation tool can be used to ensure the adequacy of the transport units. The process effectiveness can be improved and resources can be better controlled by relocating the stocks together with designed operating model and process management tool. The implementation of these actions was observed to increase the total throughput value by ten percent. It is expected that the effectiveness of the production process can be further improved by development of these actions.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö tarjosi minulle hienon mahdollisuuden päästä tarkastelemaan ja kehittämään jatkuvan tuotantoprosessin toimintaa konkreettisin keinoin. Haasteet ja onnistumiset tämän tutkimuksen aikana ovat opettaneet minulle paljon, minkä uskon vievän minua eteenpäin tulevaisuuden haasteissa.

Haluan kiittää kohdeyrityksen henkilökuntaa kaikesta tuesta, minkä avulla tutkimusta ja muutoksia on pystytty suorittamaan. Erityiskiitos tuotantopäällikkö Ville Kulmalalle sekä lajittelupäälliköille Jouni Salmiselle ja Jari Lantelalle, jotka ovat olleet aktiivisesti mukana työn ohjauksessa ja tarkastelussa. Haluan lisäksi kiittää professori Jussi Heikkilää, joka on ohjannut minua ja antanut ajatuksillaan minulle pohdittavaa työn aikana. Myös kiitos perheelle tuesta ja hienosta kasvatuksesta, mikä on mahdollistanut tämän tavoitteen saavuttamisessa.

Tampereella, 3.5.2017

Jesse Turkka

# SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Tutkimuksen taustaa .....	1
1.2	Työn tutkimusongelma, tavoitteet ja rajaukset .....	2
1.3	Työn rakenne .....	3
2.	KOHDEYRITYS JA TUOTANTOPROSESSIN ESITTELY .....	5
2.1	Yritys ja yksikkö.....	5
2.2	Tuotannon pohjapiirros.....	5
2.3	Käsiteltävät tuotteet .....	6
2.4	Tuotantoprosessi.....	6
3.	TEORIA .....	11
3.1	Lean-filosofia .....	11
3.1.1	Hukan käsite ja hukkalajit .....	14
3.1.2	Arvovirtakuvaus.....	16
3.2	Tuotannon virtaus.....	18
3.2.1	Läpimenoajan hallinta .....	19
3.2.2	Kapeikkoajattelu .....	21
4.	TUTKIMUSMENETELMÄT .....	24
4.1	Työn luonne.....	24
4.2	Menetelmät ja aineistot .....	25
4.2.1	Primääriaineiston kerääminen .....	26
4.2.2	Sekundääriaineiston kerääminen .....	29
4.3	Aineiston analyysi .....	29
5.	TULOKSET.....	30
5.1	Prosessin nykytilanne .....	30
5.1.1	Haastattelujen ja vapaan havainnoinnin tulokset.....	30
5.1.2	Syöttöprosessin havaintomittaukset.....	32
5.1.3	Lajitteluprosessin havaintomittaukset.....	35
5.1.4	Prosessin arvovirtakuvaus .....	36
5.1.5	Prosessin materiaalikierto.....	37
5.2	Kehityskokeiluiden mittaustulokset .....	40
5.2.1	Keskitetty syöttötoiminta .....	40
5.2.2	Lajittelun apurooli.....	41
6.	TULOSTEN ANALYSOINTI.....	43
6.1	Havainnot tulosten pohjalta.....	43
6.2	Nykyisen tuotantoprosessin haasteet .....	43
6.2.1	Syöttöprosessi.....	43
6.2.2	Lajitteluprosessi.....	45
6.3	Parannusehdotukset .....	48
6.3.1	Lajitteluprosessin avustava materiaalinhallinta .....	49
6.3.2	Keskitetty syöttöprosessi.....	52

7.	TOIMENPITEET .....	54
7.1	Toimenpiteiden analysointi.....	55
7.1.1	Lajitteluprosessin tukirooli.....	55
7.1.2	Lajittelualueen visuaaliset ohjaustekijät.....	56
7.1.3	Kuljetusyksikkötarpeen arviointi ja hallinta.....	58
7.1.4	Syötettävien yksiköiden varastopaikkamuutos.....	59
7.1.5	Syöttötoiminnan keskitys ja ohjaus .....	61
8.	PÄÄTELMÄT .....	64
8.1	Yhteenveto .....	64
8.2	Onnistumisen arviointi.....	66
8.3	Jatkotutkimustarpeet.....	68
	LÄHTEET.....	70

LIITE 1: TUOTANNON POHJAPIIRROS

LIITE 2: TUOTANTOPROSESSI ERI TUOTTEILLA

LIITE 3: TUTKIMUSHAASTATTELU / TYÖNTEKIJÄT

LIITE 4: KULJETUSYKSIKÖTARPEEN ARVIOINTITYÖKALU / TARVEMAT-  
RIISI JA VARASTON SEURANTA

LIITE 5: KULJETUSYKSIKÖIDEN HALLINTA JA VARASTOINTI TUOTAN-  
NOSSA

LIITE 6: SYÖTTÖPROSESSIN OHJAUSTYÖKALU

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

5S	5S on menetelmä, jonka avulla pyritään työn tuottavuuden kasvattamiseen siisteyttä ja järjestystä parantamalla. 5S viittaa viiteen toimenpiteeseen - järjestely, lajittelu, puhdistaminen, standardisointi ja seuranta – sekä näiden toimenpiteiden ylläpitämiseen ja jatkuvaan parantamiseen.
CT	<i>Cycle time</i> kuvaa yhden prosessivaiheen suoritusaikaa, jota kutsutaan myös jaksonajaksi.
DBR	<i>Drum, Buffer &amp; Rope</i> – menetelmä on malli tuotannonohjaukseen. Rumpu kuvaa prosessin pullonkaulaa, joka määrää prosessin tahdin. Puskuri toimii varastona, joka varmistaa pullonkaulan jatkuvan toiminnan. Köysi ohjaa prosessin aiempia vaiheita pullonkaulan tahdin mukaan.
JIT	<i>Just-In-Time</i> -filosofian tavoitteena on valmistaa ja toimittaa oikea määrä tuotteita juuri oikeaan aikaan.
Lean	Johtamisfilosofia, joka pyrkii prosessin virtauksen ja tuottavuuden parantamiseen toimenpiteillä, jotka lyhentävät prosessivaiheiden jaksonaikoja ja optimoivat resurssikäyttöä ja kustannuksia.
LT	<i>Lead time</i> kuvaa prosessin läpimenoaikaa, joka virtausyksiköllä kestää kulkea tarkasteltavan prosessin läpi.
NNVA	<i>Necessary-Non-Value-Adding</i> on arvoa lisäämätön toiminto mutta tarpeellinen vaihe nykyisessä toimintatavassa.
NVA	<i>Non-Value-Adding</i> on arvoa lisäämätön toiminto.
TOC	<i>Theory of Constraints</i> on teoria, jonka mukaan jokaisessa prosessissa on pullonkaula, joka estää prosessia saavuttamasta korkeinta mahdollista suorituskykyä. Tunnistamalla ja eliminoimalla prosessin pullonkaulat, pystytään prosessia kehittämään.
TPS	<i>Toyota Production System</i> on Toyotan kehittämä tuotantofilosofia, jota pidetään myös Leanin alkuna. TPS pyrkii hukkien ja virheiden eliminointiin.
VA	<i>Value Adding</i> on arvoa lisäävä toiminto.
VSM	<i>Value Stream Map</i> eli arvovirtakuvaus on työkalu prosessin materiaali- ja informaatiovirtojen visuaaliseen kuvaamiseen.
WIP	<i>Work in process</i> tarkoittaa keskeneräistä tuotantoa eli prosessin sisäisiä varastoja, joissa virtausyksiköt odottavat prosessivaiheiden välissä.

# 1. JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen taustaa

Markkinoiden ja liiketoiminnan muuttuessa ja kehittyessä on tärkeää, että myös tuotantoprosessit mukautuvat ja kehittyvät uudenvuolisiin tarpeisiin, jotta toiminta kykenee olemaan kannattavaa. Tuotantoprosessien tarkoitus on tuottaa tuotteita tai palveluita, joita asiakas arvostaa, ja joista se on valmis maksamaan (Gunasekaran et al. 2001). Yritykset pyrkivät tuottamaan arvoa erilaisilla kilpailustrategioilla, jotka liittyvät taloudellisiin, tuotteen ominaisuuksiin liittyviin sekä palvelullisiin tekijöihin. Taloudellisuuteen liittyvä strategia pyrkii kustannusten minimoinnilla tuottamaan asiakkaalle arvoa. Tuotteen erilaisilla ominaisuuksilla kuten laadulla tai erilaisuudella voidaan myös kilpailla. Palvelullisia kilpailutekijöitä ovat esimerkiksi joustavuus ja toimituksen nopeus. (Wook Kim 2006; Simchi-Levi 2010, s. 6) Nopeudesta voidaan puhua tuotantoprosessin läpimenoaikana (*engl. lead time*). Läpimenoaika tarkoittaa keskimääräistä aikaa, mikä prosessilla kestää tuotteen tai virtausyksikön prosessoimiseen tarkasteltavassa systeemissä. Se voi käsittää esimerkiksi kokonaisajan aina asiakkaan tilauksesta palvelun tai tuotteen toimitamiseen asiakkaalle. (Meerkov & Yan 2016)

Eräs liiketoimintaympäristöä muuttava trendi on digitalisaatio, joka muuttaa ihmisten tapaa toimia, työskennellä ja käyttäytyä. Viestinnän siirtyminen verkkoon ja sosiaalisen median palveluihin vähentää kirjepostin määrää vuosi vuodelta (Posti Oyj 2016). Kirjepostin määrän vähentyminen pakottaa lehti- ja kirjetuotteiden valmistajat mukautumaan globaaliin trendiin ja muokkaamaan liiketoimintaansa. Samalla muutos vaikuttaa logistiikka-alaan: tuotteiden käsittelyyn, lajitteluun ja kuljetukseen. Digitalisaatio on myös edesauttanut toisen trendin syntyä. Se on mahdollistanut tuotteiden hintojen vertailun ja ostosten tekemisen verkossa. Sen lisäksi, että tämä mahdollistaa ostosten tekemisen kotoa käsin kivijalkakaupassa vierailun sijaan, vaikuttaa se myös logistiikan virtoihin ja toimitusketjun eri osapuolien tehtäviin. Verkkokaupan trendi vaikuttaa positiivisesti logistiikka-alaan ja tuo uusia mahdollisuuksia palvella asiakkaita esimerkiksi kotiinkuljetusten muodossa. (Delfmann et al. 2002) Posti Oyj on eräs yrityksistä, jonka toimintaan digitalisaatio vaikuttaa: kirjepostin käsittely ja jakelu vähentyvät jatkuvasti, mutta samalla pakettien käsittelymäärät kasvavat, mikä on merkittävä muutostekijä toiminnan muutoksessa. Samalla digitalisaatio lisää mahdollisuuksia palvella asiakkaita uudella tavalla. (Posti Oyj 2016)

Diplomityön kohdeyrityksen, Posti Oy:n (osa Posti Group Oyj:tä), toiminta on palveluliiketoimintaa postin, logistiikan ja verkkokaupan erilaisissa palveluissa (Posti Oyj 2016).



Tutkimuksessa tarkastellaan Postin Tampereen lajittelukeskuksen pakettien ja lehtikimppujen lajitteluprosessitoimintaa. Tarkasteltavina ilmiöinä ovat tuotantoprosessin tehokkuus ja läpimenoaika erityisesti prosessia tukevan materiaalinhallinnan näkökannalta. Prosessin materiaalinhallinnan nykyinen toimintamalli ei kykene enää tukemaan ja palvelemaan nykyisen tuotantovolyymien vaatimaa lajitteluprosessia tehokkaasti, mikä on heikentänyt lajitteluprosessin tehokkuutta ja ajoittain pidentänyt prosessin läpimenoaikoja. Tämä on vaatinut lisäresursointia, mikä on lisännyt kustannuksia. Läpimenoajalla on tärkeä rooli toiminnassa, kun tarkastellaan yksikön roolia koko palveluntuotantoverkostossa sekä asiakaslupauksen pitämisessä.

Tampereen lajittelukeskuksen rooli osana laajempaa palveluntuotantoverkosta vaatii yksiköltä erilaisia ominaisuuksia, jotta yksikkö pystyy tuottamaan palveluprosessiin lisäarvoa ja siten edesauttamaan palvelulupauksen pitämisessä. Asiakkaat haluavat tilatut ja maksetut lähetykset sovituissa aikatauluissa. Tämä luo toimintaan nopeus- ja tehokkuusvaatimuksen. Lisäksi lähetykset halutaan oikeassa kunnossa ja oikeaan paikkaan, mikä vaatii lajitteluprosessilta laatua. Jotta nopeus, tehokkuus ja laatu saavutetaan lajitteluprosessissa, vaaditaan myös sitä tukevan materiaalinhallinnan prosessin onnistumista. Tehokas lajittelu- ja materiaalinhallintaprosessi yhdessä mahdollistavat yksikön tuotantoprosessin onnistumisen tietyssä läpimenoajassa, mikä mahdollistaa koko palveluntuotantoprosessin onnistumisen. Yksikön lajitteluprosessin läpimenoaikoja ohjaavat kuljetusverkon aikataulut. Tuotantoprosessin tehokkuudella ja hallitulla läpimenoajalla edesautetaan sitä, että tuotteet ehtivät oikeaan ajoneuvoon ennen ajoneuvon lähtöaikaa, eikä toimitus viivästy. Mikäli läpimenoaika pystytään hallitsemaan ja tarvittaessa lyhentämään, mahdollistaa se kustannustehokkaamman toiminnan vaihtelusta huolimatta, mikä voi luoda yritykselle kilpailuetua. (Simchi-Levi 2010, s. 44).

## 1.2 Työn tutkimusongelma, tavoitteet ja rajaukset

Työn tavoitteena on pakettien ja lehtikimppujen lajittelun tuotantoprosessin nykytilaa tarkastelemalla selvittää prosessin nykyiset haasteet materiaalinhallinnassa ja toimintatavoissa sekä tunnistaa keinoja tehostaa tuotantoprosessia materiaalinhallintaa ja toimintatapoja kehittämällä. Työn tavoitteena on lisäksi testata kehitysideoiden toimivuutta ja tarkastella niiden hyötyjä. Tavoitteet jakautuvat siis kolmeen osaan: ongelma-kohtien tunnistamiseen ja kuvaamiseen, kehitysideoiden tuottamiseen ja testaamiseen sekä kehitysideoiden toimivuuden osoittamiseen.

Yrityksen johdon havaitsemista haasteista tuotantoprosessin materiaalinhallinnassa, voidaan johtaa tutkimusongelman keskeisin tutkimuskysymys:

*Kuinka tuotantoprosessia voidaan parantaa materiaalinhallinnan keinoin?*

Tutkimuksen pääkysymyksen ratkaisemiseksi tarkastellaan muutamaa alakysymystä, jotka tukevat pääkysymyksen ratkaisemisessa. Tarkasteltavan kohteen vaikuttavat tekijät

ja ongelmat on ymmärrettävä ennen kuin voidaan analysoida keinoja parantaa toimintaa. Tutkimuksen alakysymyksiä ovat:

*Mitkä ovat keskeisimmät materiaalinhallintaan liittyvät materiaalit ja resurssit?*

*Mitä haasteita nykyiseen materiaalinhallintaan tuotantoprosessissa liittyy?*

*Mitä keinoja materiaalivirtojen hallinnan (sisälogistiikka) tehostamiseksi on?*

*Kuinka kehitystoimet voidaan toteuttaa?*

Tutkimus on rajattu tarkastelemaan vain pakettien ja lehtikimppujen lajitteluprosessia, sekä sitä tukevaa materiaalinhallinnan prosesseja. Tarkastelusta on rajattu pois samassa tilassa tapahtuva kevyen postin, kuten kirje- ja postikorttituotteen lajittelutoiminta, jotta työn laajuus ei kasvaisi liian suureksi. Tuotantoprosessi on tässä tutkimuksessa rajattu alkamaan siitä vaiheesta, kun kuljetusyksikkö on siirretty ajoneuvosta terminaaliin, ja päättymään, kun lajiteltu kuljetusyksikkö siirretään terminaaliin odottamaan ajoneuvoon lastausta. Tutkimuksessa ei siis huomioida saapuvaa ja lähtevää kuljetusverkostoa.

### 1.3 Työn rakenne

Tämä työ jakautuu kahdeksaan osioon. Johdannon jälkeen esitellään lyhyesti yritys ja tarkasteltavan yksikön tuotantoprosessi ja käsiteltävät tuotteet sekä tuotannon pohjapiirros. Tuotantoprosessi esitellään yksinkertaistettuna mutta riittävällä tarkkuudella, jotta tuotantoympäristöstä, prosessin toiminnoista ja materiaalivirroista saadaan todenmukainen kuva. Seuraavaksi esitellyssä kirjallisuuskatsauksessa perehdytään tutkimukseen liittyvään teoriaan. Teoriaosuus sisältää kirjallisuuskatsauksen Lean-filosofiasta ja tuotannon virtauksesta. Lean-filosofia sisältää tässä tutkimuksessa arvovirtakuvauksen ja hukan käsitteen. Tuotannon virtauksessa perehdytään tarkasteltavaan prosessiin läheisesti liittyvään läpimenoaikaan ja kapeikkoajatteluun. Teoriaosuuden jälkeen esitellään tutkimuksessa käytetyt menetelmät ja aineiston keruun menetelmät.

Luku 5 esittelee prosessin nykytilanteen tarkastelun tulokset. Nykytilannetta tarkastellaan haastattelujen, havaintojen ja arvovirtakuvauksen avulla. Lisäksi luvussa esitetään tutkimuksen aikana suoritettuja lyhyet kokeilut ja niiden tulokset. Seuraavassa luvussa analysoidaan esitettyjä tuloksia, havaittuja haasteita prosessin nykyisessä toiminnassa ja parannusehdotuksia prosessiin. Nykytilanteen tarkastelussa tunnistettuja haasteita nykyisessä toiminnassa kootaan yhteen ja tunnistetaan keskeisimmät, jotka materiaalinhallintaa kehittämällä voidaan ratkaista. Parannusehdotuksia analysoidaan tarkasteltujen haasteiden ja kehityskokeiluiden tulosten pohjalta.

Seuraavassa luvussa esitellään tarkemmin toimenpide-ehdotukset haasteiden ratkaisemiseksi. Toimenpide-ehdotuksina esitellään konkreettisia ja suhteellisen nopeasti käytönotettavia ratkaisuita. Toimenpiteitä myös arvioidaan etujen ja uhkien osalta. Lopuksi

kootaan yhteenveto tutkimuksesta. Tutkimuksen tärkeimmät löydöt esitetään sekä tutkimuksen onnistumista arvioidaan kriittisesti. Lisäksi tarkastellaan jatkotutkimustarpeita.

## 2. KOHDEYRITYS JA TUOTANTOPROSESSIN ESITTELY

### 2.1 Yritys ja yksikkö

Posti Group Oyj -konserniin kuuluvan Posti Oy:n tehtävänä on tuottaa posti-, paketti- ja logistiikkapalveluita Suomessa. Laaja ja kattava palveluverkosto sisältää lajittelukeskuksia eri puolella Suomea, minkä lisäksi verkostoon kuuluu useita postin toimipisteitä, kirjelaatikoita, postiautomaatteja, yrityspisteitä ja noutopisteitä. (Posti Oyj 2016)

Tarkasteltava yksikkö, Tampereen Lajittelukeskus, toimii lajitteluyksikkönä kirje-, lehti- ja pakettituotteille. Olemalla osa laajempaa palveluntuotantoverkosta, toimii tarkasteltava yksikkö palveluorganisaationa yritys- ja kuluttaja-asiakkaiden lisäksi myös palveluverkoston muille toimijoille, kuten kuljetus- ja jakelutoiminnalle, joiden toiminnat liittyvät läheisesti lajittelukeskuksen toimintaan.

Tampereen Postikeskuksen toiminta-alueeseen kuuluu Pirkanmaan alueen lisäksi osa Pohjanmaan, Länsi-Suomen (Pori, Rauma, Forssa) ja Keski-Suomen (Jyväskylä) alueesta. Yksikkö lajittelee toiminta-alueelle toimitettavia tuotteita, sekä toiminta-alueelta muualle Suomeen toimitettavia tuotteita. Yksikössä työskentelee noin 300 henkilöä, ja tuotanto tapahtuu kolmessa vuorossa vuorokauden ympäri. Tuotantoprosessin viikkorytmi käynnistyy sunnuntai-iltana kello 22.00 ja päättyy lauantai-aamuna kello 06.00. Yksikössä lajiteltiin vuonna 2016 lähes 300 miljoonaa lähetystä, joista pakettien ja lehtikimppujen osuus oli 12 miljoonaa.

### 2.2 Tuotannon pohjapiirros

Tarkasteltavan yksikön tuotantotila jakautuu kahteen osaan niin organisatorisesti kuin toiminnallisestikin. ”Raskas-tuotanto” sisältää koneellisen pakettien ja lehtikimppujen käsittelyn sekä erilliskäsittävien tuotteiden käsittelyn. ”Kevyt-tuotanto” sisältää koneellisen ja manuaalisen kirjelijittelyn sekä osittain lehtikimppujen käsittelyä. Tuotannon pohjapiirros esitetään liitteessä 1. Yksinkertaistetusta kuvasta on jätetty pois osa automaatiosta ja koneen osista.

Liitteen kuvassa tummemmalla harmaalla esitetään tarkasteltavan prosessin, pakettien ja lehtikimppujen lajitteluprosessin, keskeisimmät alueet: syöttö-, lajittelu- ja varastointialueet. Syöttöalue koostuu kaatolaitteista ja rullakkokaatolinjoista sekä kuljetusyksiköiden varastointialueesta. Syöttölinjojen erot esitetään luvussa 2.4. Lajittelualue sisältää au-

tomaattisia ja manuaalisia lajittelupisteitä, lajitteluluisuja ja varastoalueita kuljetusyksiköille. Vaikeasti käsiteltävien tuotteiden käsittelyalueella (VK-käsittely) suoritetaan erilliskäsiteltävien tuotteiden syöttö, koodaus ja lajittelu samassa paikassa.

### 2.3 Käsiteltävät tuotteet

Tuotteet ja tavarat, joita tarkasteltavassa prosessissa käsitellään, ovat erikokoisia, muotoisia ja painoisia paketteja, muita pakkauksia sekä tavaroita aina pahvilaatikoista autonrenkaisiin ja kanistereihin. Lisäksi käsitellään lehtikimppuja, joissa tietty määrä lehtiä on niputettu yhteen. Jaotellaan käsiteltävät tuotteet tässä tapauksessa kolmeen kategoriaan: paketteihin, lehtikimppuihin ja erilliskäsiteltäviin tavarihin (VK-tavarat).

Paketit ovat tuotteita, joita pystytään käsittelemään tuotantoprosessissa normaalisti manuaalisen käsittelyn lisäksi konekäsitelyssä. Lehtikimput käsitellään samoissa toiminnoissa, mutta vaativat lisäksi koodaustyöskentelyn ennen lajittelua. VK-tavarat sisältävät erilliskäsiteltävät tavarat kuten vaaralliset aineet, vaikeasti kokonsa tai muun ominaisuutensa puolesta käsiteltävät tavarat, helposti särkyvät ja erillispalvelumaksetut tavarat. Nämä tavarat käsitellään erikseen erillisellä alueella. Esitellään seuraavaksi eri tuotteiden tuotantoprosessit.

### 2.4 Tuotantoprosessi

Tarkasteltavassa tuotantoprosessissa käsitellään ja lajitellaan paketteja ja lehtikimppuja. Tuotteet saapuvat prosessiin erilaisissa kuljetusyksiköissä, joissa lajitellut tuotteet myös siirtyvät kuljetukseen. Tarkasteltavassa prosessissa käytetyt kuljetusyksiköt, rullakot, isot pakettihäkit, pienet lehtihäkit ja puulavat, ovat osa lajitteluprosessia tukevaa materiaalinhallintaa.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltava tuotantoprosessi on rajattu alkamaan siitä hetkestä, kun kuljetusyksikkö on purettu ajoneuvosta terminaaliin, ja päättymään sillä hetkellä, kun lajiteltu yksikkö on siirretty terminaaliin odottamaan ajoneuvon lastausta. Tuotantoprosessia kuvaava prosessivuokaavio esitetään liitteessä 2. Liitteessä esitetty prosessi voidaan jakaa yleisesti 7 päävaiheeseen, joita ovat:

- Siirto
- Syöttö
- Kääntö
- Koodaus
- Hihnakuljetus
- Lajittelu
- Siirto

Terminaali sijaitsee tuotantolaitoksessa erillisellä alueella, jolloin yksiköt vaativat siirron prosessin käsittelyalueelle. Ajoneuvon saapumisen jälkeen sisälogistiikan työntekijät

purkavat yksiköt ajoneuvosta, minkä jälkeen he joko siirtävät yksiköt syöttöalueelle odottamaan käsittelyä tai varastoivat yksiköt terminaaliin myöhempää siirtoa varten. Syöttöalueella alkaa syöttöprosessi, jossa tuotantoprosessin työntekijä syöttää yksiköitä joko kaatolaitteelle (kuva 1) tai kaatokouruun (kuva 2), joista lähetykset siirtyvät hihnaa pitkin kääntelijöille.



**Kuva 1:** Kuljetusyksikön syöttö lavansiirtovaunulla kaatolaitteeseen.



**Kuva 2:** Rullakon syöttö rullakkokaatolinjalle.

Kaatolaitelinjan syöttö sopii kaikille kuljetusyksiköille, mutta tarvitsee seisten ajettavan lavansiirtovaunun avustamaan muiden kuin rullakoiden siirrossa. Rullakkolinjan kaatokouruun taas pystytään syöttämään vain rullakoita. Kaatolaite toimii siten, että laite lukitsee kuljetusyksikön, jonka jälkeen laite kääntyy noin 130 astetta, jolloin yksikön tuotteet putoavat hihnalle, joka johtaa kääntelijöille. Kouruun syötettäessä syöttö tapahtuu manuaalisesti, mutta painovoima-avusteisesti, sillä kourun loiva kulma kääntää rullakon

pieneen kulmaan, jolloin yksikön tuotteet putoavat hihnalle, joka siirtää ne edelleen kääntelijöille. Yksikön vaihto on manuaalisesti nopeampaa kouruun syötettäessä kuin kaatolaitetta käytettäessä, sillä kaatolaitteen liikkeessa eri asentoihin ja toiminta yksikön tyhjennyksessä vaatii oman aikansa.

Syöttötoiminnan seurauksena käsiteltävät tuotteet liikkuvat hihnaa pitkin kääntelijöiden työpisteelle. Kääntelijöiden työn tarkoitus on asetella paketti niin, että koneluku tai mahdollinen koodaaja pystyy lukemaan lähetyksen viivakoodin ja siten ohjaamaan lähetyksen oikeaan paikkaan joko automaattilajitteluun (kuva 3) tai manuaalisen lajittelun luisuun (kuva 4).



**Kuva 3:** Automaattilajittelupisteen luisut ja kuljetusyksiköt.



**Kuva 4:** Manuaalisen lajittelun luisu.

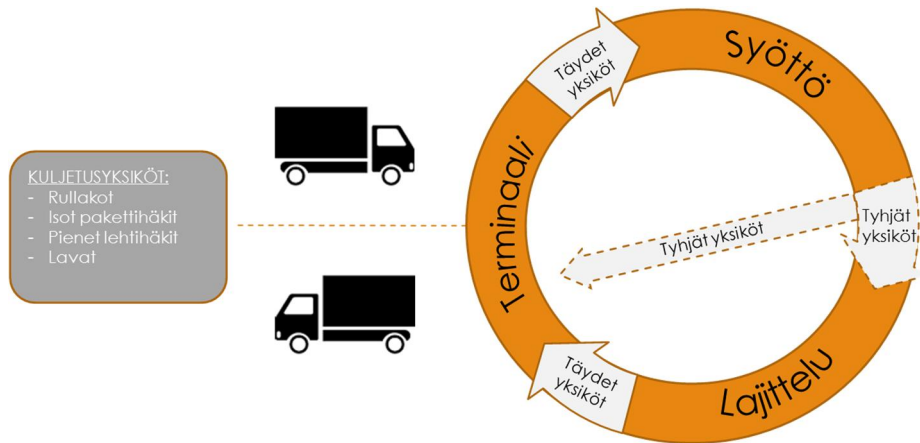
Koodausta tarvitaan useimpien lehtikimppujen, väärin ohjautuneiden ja tunnistamattomien tuotteiden osalta. Koodausta suoritetaan joko manuaalisesti, jolloin koodin luku ja kirjaus tehdään manuaalisesti, tai videokoodauksen avulla, jolloin postinumero tunnistetaan kuvasta. Koodauksen jälkeen hihna kuljettaa ja ohjaa tuotteet oikeaan lajitteluluisuun.

Kuvan 3 esittämässä automaattilajittelupaikassa tuote ohjautuu suoraan kuljetusyksikköön yksikköön johtavaa luisua pitkin. Tällöin lajittelutoiminta vaatii työntekijältä vain yksiköiden sijoittamisen ja lukitsemisen paikalleen sekä yksikön vaihdon yksikön täyttyessä. Kuvassa 4 esitettävä luisu toimii manuaalisen lajittelupaikan puskurivarastona. Manuaalisessa lajittelussa tuotteet siirtyvät hihnalta luisuun, mitä pitkin tuotteet siirtyvät työntekijöiden lajiteltaviksi postinumeron mukaiseen kuljetusyksikköön. Luisun päässä on valokenno, mikä estää tuotteiden ohjautumisen luisuun, mikäli luisu on täynnä tai tuote on jumiutunut valokennon eteen. Muutoin luisu toimii jonoalueena lajiteltaville tuotteille. Kuljetusyksikköön kiinnitetään ohjauslappu, joka kertoo kuljetusyksikön suunnan ja postinumerot, joiden tuotteita yksikköön lajitellaan. Kuljetusyksikön täyttyessä, siirretään kuljetusyksikkö lajittelupaikasta käytävälle odottamaan lopullista siirtoa terminaaliin. Viimeisen siirron terminaalialueelle tekevät jälleen sisälogistiikan työntekijät.

Myöhemmin tässä tutkimuksessa tuotantoprosessi jaetaan kahteen osaan: syöttö- ja lajitteluprosessiin. Syöttöprosessi sisältää kaikki toimenpiteet terminaalista lähtien kuljetusyksiköiden siirroista, varastoinnista ja syöttötoiminnoista aina tuotteiden kääntelyyn asti. Kääntelyn jälkeen tapahtuva mahdollinen koodaus, koneellinen hihnakuljetus, lajittelu ja materiaalinhallinta sekä lopulliset siirrot sisältyvät lajitteluprosessiin. Näin prosessi voidaan jakaa pienempiin osiin, jolloin tarkastelun kohdentaminen on selkeämpää.



Edellä esitelty tuotantoprosessi esittää prosessin etenemistä virtausyksikön, eli käsiteltävän tuotteen näkökulmasta. Prosessin eri vaiheisiin liittyy syöttö- ja lajittelutoiminnan lisäksi materiaalinhallinnan eri toimintoja. Toiminnot vaihtelevat siirtojen ja käsittelyn osalta niin osaprosessien välillä kuin myös eri kuljetusyksiköiden välillä. Materiaalinhallinta kuljetusyksiköiden siirtojen osalta esitetään yksinkertaistettuna kuvassa 5.



**Kuva 5:** Kuljetusyksiköiden siirrot materiaalinhallinnassa.

Kuvasta huomataan, että täysien kuljetusyksiköiden siirtojen lisäksi lajittelualueelle pitää siirtää tyhjiä yksiköitä syöttöalueelta, minne niitä kerääntyy, kun syöttölinjalle syötetään lähetyksiä kuljetusyksiköistä. Syöttöprosessissa tyhjentyneet yksiköt siirretään joko suoraan lajitteluprosessin käytettäväksi, välivarastoalueelle myöhempää käyttöä varten tai ne varastoidaan kuljetusta varten terminaaliin. Kuljetusyksiköistä lajitteluprosessin käytettäväksi siirretään rullakot, isot pakettihäkit ja osa pienistä lehtihäkeistä. Puulavoja ei yleensä hyödynnetä prosessissa, minkä lisäksi myös osa rullakoista ja pienistä lehtihäkeistä siirretään terminaaliin muihin keskuksiin ohjattaviksi. Lajitteluprossiin saapuu runsaasti lähetyksiä pienissä lehtihäkeissä, joita kaikkia ei tarvita prosessissa, jolloin osa taitetaan kokoon ja pinotaan sekä siirretään terminaaliin muualle ohjattavaksi. Siirtojen ja varastoinnin lisäksi materiaalinhallinta käsittää siis kuljetusyksiköiden käsittelyn.

## 3. TEORIA

### 3.1 Lean-filosofia

Nopeasti muuttuvassa ja kehittyvässä taloudessa sekä yhteiskunnassa, yritykset etsivät jatkuvasti uusia tapoja kehittää toimintatapojaan ja parantaa kilpailukykyään. Eräs toimintatavan malli on Lean-filosofia. Se on yleisesti joustava, resurssikäyttöä vähentävä tapa toimia. Sen tavoitteena on lisätä tuottavuutta, lyhentää tehtävien jaksonaikoja, parantaa laatua samalla kustannuksia vähentäen. (Stevenson 2014, s. 605) Leania ja sen etuja verrataan usein toiseen suosittuun, teollistumisen myötä syntyneeseen ja kasvaneeseen tuotantotapaan, massatuotantoon. Kun massatuotanto pyrkii valmistamaan suuren määrän standardoituja tuotteita kalliilla ja tiettyihin tehtäviin tarkoitetuilla koneilla, joita käyttävät vähemmän taitoa ja osaamista omaavat työntekijät, voidaan Lean-mallia kuvata enemmän käsityön ja massatuotannon yhdistelmänä, jossa osaavia ja taitavia työntekijöitä käytetään yhdessä yksinkertaisten ja joustavien työkalujen ja koneiden kanssa valmistamaan vain sitä mitä asiakas haluaa. Näin pyritään valmistamaan useita erilaisia tuotteita asiakastarpeiden mukaan, mutta kuitenkin sellaisella volyymiedulla, että kustannukset saadaan pidettyä alhaisina. (Womack et al. 1991, s. 12 - 13)

Lean-filosofian juuret ulottuvat 1900-luvun puolivälin Japaniin, jossa kärsittiin resurssipulasta, mikä ajoi japanilaiset yritykset kehittämään toimintojaan (Modig & Åhlström 2013, s. 69). Toyotalla toiminnan kehittämisen pioneereina toimivat Taiichi Ohno ja Shiego Shingo, jotka pyrkivät valmistamaan autoja nopeammin ja kustannustehokkaammin resursseja säästäen (Stevenson 2014, s. 605).

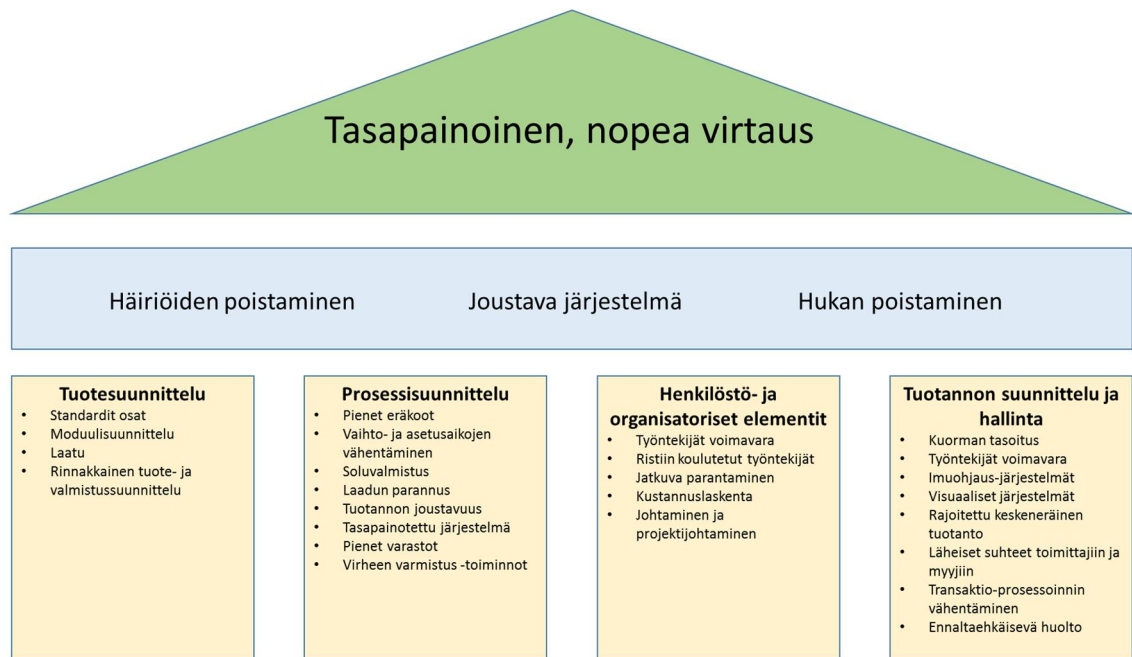
Ensimmäinen tekijä, johon Toyotalla keskityttiin, oli keskittyminen oikeiden asioiden tekemiseen ja valmistamaan vain sitä mitä asiakas halusi. Tämän seurauksena yritys valmisti autoja vain tilauksesta. Tilausohjautuvuus johti imuohjauksen ja ”sisäisen asiakas”-ajattelun syntymiseen, missä kaikki tarpeellinen informaatio virtaa vaihe vaiheelta asiakkaalta kohti raaka-aine- ja osatoimittajia. Komponentit, osat ja tuotteet taas virtaavat kohti asiakasta. Kun tieto virtaa vaihe vaiheelta, osia ja materiaaleja toimitetaan oikea määrä toimitusketjussa eteenpäin, eikä turhia välivarastoja pääse syntymään. (Modig & Åhlström 2013, s. 70 - 72)

Toiseksi, Toyotalla keskityttiin tekemään asiat oikein. Tekemällä asiat oikein Toyotalla keskityttiin ulkoisen asiakkaan tarpeisiin, minkä seurauksena koko prosessi kuvattiin läpi tarkasti ja keskityttiin vain arvoa tuottaviin toimintoihin. Kaikki arvoa tuottamaton toiminta kuvailtiin hukaksi prosessissa. (Modig & Åhlström 2013, s. 72 - 74)

Toyotan tapa toimia, valmistaa autoja ja hallita tuotantoprosessiaan sekä keskittyä virtaukseen, on toiminut mallina Lean-filosofialla ja Lean-toimintamallin käyttöönotolle.

Toyotan toimintamalli tunnetaan myös nimellä ”*Toyota Production System*” (TPS), ja sen termejä käytetään edelleen osana Lean-filosofiaa. (Stevenson 2014, s. 607)

Lean-filosofia voidaan nähdä kokonaisvaltaisena tapana toimia sekä hallita ja johtaa järjestelmää, jonka tavoitteena on saavuttaa tasapainoinen ja nopea virtaus läpi järjestelmän (Stevenson 2014, s. 609). Kuva 6 esittää rakennuspalikat, joilla tukevien välitavoitteiden kautta päätavoitteeseen päästään.



**Kuva 6:** Leanin tavoitteet ja rakennuspalikat (mukailten Stevenson 2014, s. 608)

Kokonaisvaltainen järjestelmän hallinta ja johtaminen, missä järjestelmä toimii häiriöistä ja vaihtelusta huolimatta mahdollisimman pienellä varastomäärällä, hukalla ja tilalla, vaatii järjestelmältä erilaisia ominaisuuksia (Womack et al. 1991, s. 14). Käyttämällä resursseja parhaalla mahdollisella tavalla pyritään prosessin kesto lyhentämään niin lyhyeksi kuin mahdollista ja luomaan virtauksesta tasainen. Tähän tavoitteeseen pääsemiseksi on järjestelmästä poistettava häiriöt ja hukat sekä luotava järjestelmästä joustava. Häiriöitä voi syntyä esimerkiksi laaturvirheistä, minkä seurauksena koko tuotantoprosessin virtaus voi pysähtyä (Vollman et al 1997, s. 70). Hukka on japaniksi ”*muda*”, ja sitä pidetäänkin yhtenä Lean-filosofian keskeisimmistä termeistä. Hukka voidaan kohdentaa aikaan, energiaan, materiaaliin ja virheisiin, ja hukaksi voidaan luokitella kaikki resurssikäyttö, joka ei tuota arvoa. (Vollmann et al. 1997, s. 70; Womack & Jones 2003, s. 15) Yleisimmin hukka jaetaan seitsemään lajiin, joita käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa. Joustavan järjestelmän tarkoitus on pystyä tuottamaan useita erilaisia tuotteita resurssien, kuten koneiden ja ihmisten yhteiskäytöllä. Näin pystytään nopeammin vastaamaan kysynnän muutoksiin, ja pienentämään varastoja. (Levy 1997)

Tavoitteet ja niiden saavuttaminen yhdistyvät kuvassa 7 esitettyihin prosessin rakennuspalikoihin, joita ovat tuotesuunnittelu, prosessisuunnittelu, henkilöstö- ja organisatoriset

elementit sekä tuotannon suunnittelu ja hallinta. Tuotesuunnittelun keskiössä ovat laadukkaiden tuotteiden lisäksi standardit osat ja tuotteiden modulaarisuus (Vollmann et al. 1997, s. 74). Standardoinnilla ja moduulisuunnittelulla pyritään esimerkiksi vähentämään eri osien määrää ja lisäämään tuotevaihtoehtoja (Gershenson et al. 2003). Tuote- ja valmistussuunnittelun rinnakkaisuus on myös tärkeä tekijä, sillä näin pystytään suunnittelemaan tuote, jonka valmistusprosessi voidaan suunnitella tukemaan Leanin tavoitteita.

Moduulisuunnittelulla on merkitystä myös tuotantoprosessin suunnitteluun, sillä se edistää vaihtoaikojen vähentämistä, kun eri tuotteille ei tarvitse tehdä eri prosessivaiheita. Tämä mahdollistaa myös pienemmät eräkoot sekä tuotannon joustavuuden, minkä johdosta vaihtelevaan kysyntään pystytään vastaamaan paremmin. Pienet eräkoot ja eri tuotevariaatiot on mahdollista suunnitella valmistettavaksi tuotantosolussa, joka on yksi prosessisuunnittelun tekijöistä. Tuotantosoluilla, jotka usein suunnitellaan U-muotoon, pyritään nopeaan tuotantovirtaan ja välivarastoiden minimointiin. (Vollmann et al. 1997, s. 75) U-muotoisessa tuotantosolussa pystytään lisäksi hyödyntämään työntekijöiden moniosaamista, jolloin henkilöt voivat tehdä eri töitä solun sisällä. (Simchi-Levi 2010, s. 151) Prosessisuunnittelun tavoitteena on lisäksi pyrkiä varmistamaan korkea laatu prosessissa ja pyrkiä parantamaan sitä. Laatuvirheet pyritään huomaamaan automaattisesti tai mekaanisesti tuotantoprosessin aikana, ja pysäyttämään tuotantoprosessi virheellisen tuotteen osalta välittömästi. Tätä kutsutaan *jidokaksi*. Virheitä pyritään myös minimoimaan estämällä niiden syntymistä virheen esto-toiminnoilla (*fail-safe*). Tällöin järjestelmä ilmoittaa automaattisesti, mikäli käsiteltävässä virtausyksikössä tai toiminnassa esiintyy puutteita. Tähän viitataan termillä *poka-yoke*. (Womack & Jones 2003, s. 60 - 61) Pienen eräkoon, tuotannon joustavuuden ja laadun varmistuksen lisäksi tuotannon tasapainotus ja pienet varastot ovat tärkeässä roolissa prosessisuunnittelua. Tasapainotettu prosessi mahdollistaa tasaisen virtauksen läpi järjestelmän, ehkäisee keskeneräisen tuotannon (*work-in-process, WIP*) varastojen syntymistä ja sitä kautta vähentää varastojen määrää systeemisissä. (Stevenson 2014, s. 613 - 616)

Kolmas rakennuspalikka koostuu inhimillisistä ja organisatorisista tekijöistä. Työntekijät nähdään yrityksen voimavarana toimia ja kehittyä sekä ratkaista ongelmia ilman työnjohdon apua. Työntekijöiden jatkuva kehittäminen ja kouluttaminen ovatkin tärkeässä roolissa tavoitteiden saavuttamisessa. (Vollmann et al. 1997, s. 76) Moniosaaminen ja -koulutus (*cross training*) mahdollistavat eri työtehtävien suorittamisen ja edesauttavat tuotannon joustavuutta sekä jopa mahdollistavat lyhyemmän prosessointiajan soluvalmistuksessa (Simchi-Levi 2010, s. 152).

Viimeinen rakennuspalikka koostuu tuotannon suunnitteluun ja ohjaukseen liittyvistä tekijöistä. Kuorman tasoituksella (*level loading*) pyritään tasaiseen tuotantoon ja varmistamaan tuote-erä kerrallaan tarpeiden mukaan. Tällainen järjestelmä toimii imuohjauksella (*pull system*), jossa prosessin seuraava vaihe imee virtausyksikön eteenpäin prosessissa tarpeen mukaan, eikä aikaisempi vaihe työnnä prosessin virtaa eteenpäin vaiheen valmis-

tuttua. Näin prosessi etenee kysyntäohjautuvasti ja oikeaan aikaan, josta käytetään nimitystä *Just-In-Time* (JIT). (Stevenson 2014, s. 619 - 621) Termiä JIT käytetäänkin usein kuvaamaan Leania tai osaksi sitä. JIT kuitenkin vaatii minimaaliset koneiden vaihtoajat ja eräkoot, sekä välittömät toimitukset, minkä johdosta täydellisellä JIT-systeemillä on omat heikkoutensa. Sen parhaat ominaisuudet ovat kuitenkin läsnä Lean-ajattelussa. (Womack & Jones 2003, s. 58 - 59) Imuohjaus ja prosessin ketterä virtaus vaativat signaalien prosessin aiempaan vaiheeseen. Termiä *kanban* käytetään kuvaamaan signaalia, kuten korttia, informoimaan prosessivaiheiden tarpeita vaiheelta toiselle. Prosessin seuraava vaihe ilmoittaa siis kanbanin avulla tarpeensa prosessin edeltävälle vaiheelle. Näin materiaalit liikkuvat prosessissa tarpeen mukaan imuohjauksen periaatteella eikä kesken-eräisen tuotannon (WIP) varasto kasva suureksi. Varastoja voidaan myös pyrkiä vähentämään läheisillä toimittajasuhteilla. Materiaalitoimittajat toimittavat pieniä eriä laadukkaita materiaaleja usein, jolloin välivarastoja ei pääse syntymään. Laadunvarmistus suoritetaan toimittajien puolesta, mikä vähentää prosessivaiheiden määrää tuotantoprosessissa. Lähellä sijaitsevien toimittajien käyttäminen lyhentää toimitusaikaa ja mahdollistaa joustavamman toiminnan ja nopeamman reagoinnin kysynnän muuttuessa. (Stevenson 2014, s. 619 - 624)

Prosessin kustannusten hallitsemiseksi on järjestelmän tarkasteltava kaikkea sitä työtä, jota tehdään erilaisten transaktioiden hoitamiseen. Transaktiot ovat usein turhaa työtä, jotka eivät tuota lisäarvoa prosessiin, vaan kuluttavat vain resursseja. Transaktioita ovat logistiset (*logistical*), tasapainottavat (*balancing*), laadulliset (*quality*) ja vaihtotransaktiot (*change*). Logistiset sisältävät materiaalien tilauksen, lähetyksen ja vastaanottamisen ja kaiken näihin liittyvän tiedon prosessoinnin. Tasapainottavat sisältävät tuotannon enustamiseen, suunnitteluun, hallintaan, aikatauluttamiseen ja toimintaan liittyvät erilaiset toiminnot. Laadun määrittäminen, tarkastus, seuranta ja raportointi ovat toimintaa, jotka vaativat resurssikäyttöä, ja ovat laadullisia transaktioita. Vaihtotransaktioita ovat toiminnassa tapahtuvien muutosten suorittaminen, kuten raaka-aineiden tai materiaalien vaihdot ja ostot. Viimeinen tuotannon suunnittelun ja hallinnan toiminto on ennaltaehkäisevä huolto. Huollolla pyritään estämään tuotannon virtauksen pysähdys häiriöiden ja konerikkojen vuoksi. (Stevenson 2014, s. 625 - 626) Häiriöt voivat pysäyttää prosessin pidemmäksi aikaa, kuin mitä huollon suorittaminen kestää. Häiriöitä ehkäistään huoltojen lisäksi siisteydellä ja järjestyksellä, jonka työkaluna voidaan käyttää *5S -menetelmää*. (Bayo-Moriones et al. 2010)

### 3.1.1 Hukan käsite ja hukkalajit

Lean keskittyy arvoa lisäämättömän työn (*non-value-adding activities*) eli hukan poistamiseen järjestelmästä. Hukka on sellaista resurssien käyttöä, joka ei tuota toimintaan tai prosessoitavaan tuotteeseen mitään lisäarvoa (Stevenson 2014, s. 609). Lähteestä ja näkökannasta riippuen, seitsemän tai kahdeksan hukkaa voidaan tunnistaa. Modig & Åhlström (2013, s. 73) ja Hines & Rich (1997) esittelevät seuraavat seitsemän hukkaa:

- Ylituotanto
- Varastointi
- Odottaminen
- Turha kuljettaminen
- Liikkuminen
- Tarpeeton käsittely
- Laaturvirheet

Ylituotanto vaatii ylimääräistä resurssikäyttöä ja se heikentää sujuvaa prosessin virtausta. Se johtaa muiden hukkien syntymiseen kuten ylimääräiseen varastointiin. (Hines & Rich 1997; Stevenson 2014, s. 609) Ylimääräinen varastointi sitoo pääomaa ja aiheuttaa muita ongelmia, kuten tilan ahtautta ja turhia siirtoja. Lisäksi prosessin läpimenoaika pidentyy, kun virtausyksiköt odottavat jatkokäsittelyä (Hines & Rich 1997). Tuotantoprosessin jokaisen vaiheen pitäisi tuottaa oikea määrä oikeaa tuotetta tai palvelua mitä asiakas haluaa ja tarvitsee. Prosessin pitäisi lisäksi olla suunniteltu siten, että koneiden, osien tai ihmisten ei tarvitse odottaa, jolloin resurssia ei käytetä odottamiseen vaan arvoa lisäävän työn tekemiseen. (Modig & Åhlström 2013, s. 73) Mikäli arvoa lisäävää työtä ei voida tällöin tehdä, voidaan suorittaa esimerkiksi koulutusta tai huoltotehtäviä, jolloin vaikutetaan onnistumiseen myöhemmin (Hines & Rich 1997).

Pitkät etäisyydet prosessin eri vaiheiden välillä aiheuttavat turhaa virtausyksiköiden ja materiaalien kuljettamista. Kaikki tämä kuljettaminen voidaan nähdä hukaksi, sillä harvoin kuljettamisella ja ylimääräisellä siirtelyllä tuotetaan lisäarvoa prosessiin (Hines & Rich 1997). Lisäksi tämä aiheuttaa työntekijöiden turhaa liikkumista, jolloin resurssin arvoa lisäävä työ keskeytyy. Tuotantotila ja työpisteet tulisi suunnitella siten, että työntekijöiden liikkuminen ja materiaalien turha kuljettaminen minimoidaan. (Modig & Åhlström 2013, s. 73)

Kaikki ylimääräinen ja turha käsittely, josta asiakas ei ole valmis maksamaan on tarpeetonta käsittelyä. Tämä lisää resurssikäyttöä ja arvoa lisäämättömään työhön käytettyä aikaa. Tarpeeton käsittely voi pahimmillaan myös johtaa laaturvirheisiin, joita prosessissa voi syntyä muistakin syistä (Hines & Rich 1997). Tuotantoprosessin pitäisi keskittyä tuottamaan virheettömiä tuotteita, jolloin vähennetään resurssikäyttöä ja kustannuksia. Laaturvirheet lisäksi lisäävät asiakaspalautuksia, mikä vähentää tuottoja ja voi aiheuttaa huo-noa mainetta. (Modig & Åhlström 2013, s. 73; Stevenson 2014, s. 609)

Näiden seitsemän hukan lisäksi Stevenson (2014, s. 609) esittelee kahdeksannen hukan – alikäytetyn henkilöstön. Henkilöstö pitää nähdä voimavarana, ja jos henkilöstön potentiaalia prosessin toiminnan parantamiseksi ja hukkien poistamiseksi ei käytetä kokonaisuudessaan, voidaan tämän nähdä olevan yksi hukista.

### 3.1.2 Arvovirtakuvaus

Perinteisen tuotantoketjun sijaan, voidaan systeemiä tarkastella arvovirta-ajattelun kautta. Sen tarkoitus on tarkastella systeemin kaikkia prosessivaiheita, ja keskittyä ymmärtämään ja tunnistamaan prosessivaiheet, jotka tuottavat arvoa. Prosessin vaiheet ja toiminnot voidaan luokitella seuraavasti (Hines & Rich 1997):

- Arvoa lisäämätön (*non-value adding, NVA*)
- Tarpeellista mutta arvoa lisäämätöntä (*necessary but non-value adding, NNVA*)
- Arvoa lisäävää (*value-adding, VA*)

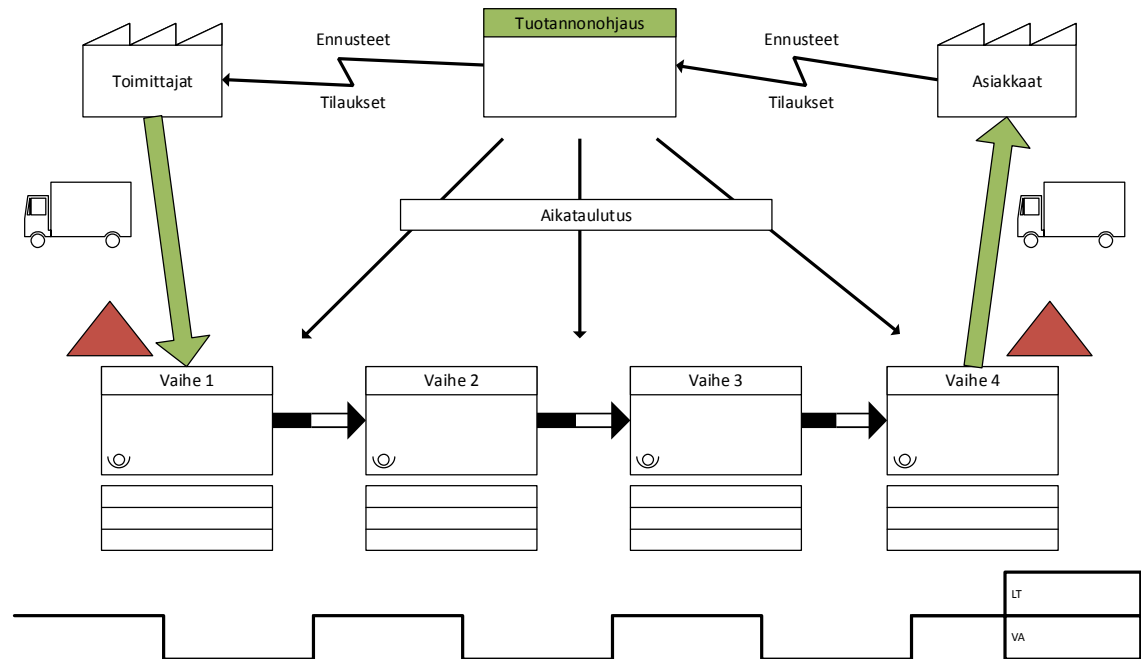
Arvoa lisäämätön työ on kaikkea hukkaa, jota käsiteltiin edellisessä luvussa. Hukkatyö käyttää resurssia turhaan, ja siten pidentää prosessin läpimenoaikaa. Tarpeellinen mutta arvoa lisäämätön työ on sellaista, jota joudutaan suorittamaan nykyisessä toimintamallissa prosessissa, mutta mikä ei välttämättä lisää arvoa yhtään. Tämän toiminnan eliminointi voi vaatia suuria ja kalliita muutoksia prosessin toimintaan ja systeemiin. Arvoa lisäävää työtä on kaikki se, jossa virtausyksikköä, osaa tai komponenttia käsitellään, prosessoidaan tai muuten jalostetaan arvoa lisäten. (Hines & Rich 1997)

Prosessin toimintoja sekä materiaali- ja informaatiovirtoja voidaan kuvata arvovirtakuvauksen (*value stream map, VSM*) avulla (Stevenson 2014, s. 627). Arvovirtakuvauksen ideana on tunnistaa toiminnot, jotka lisäävät arvoa, ja joista asiakas on valmis maksamaan. Visualisoimalla systeemin toiminnot ja vaiheet, saadaan arvovirtakuvauksesta työkalu systeemin toiminnan kuvaamiseen (kuva 7). Rother & Shook (2003) esittelevät arvovirtakuvauksen luomiseen käytettävät visuaaliset symbolit ja mallit. Kuvaus sisältää prosessitoimintojen lisäksi materiaali- ja informaatiovirrat systeemissä. Yhdistämällä materiaali- ja informaatiovirrat prosessitoimintoihin, pystytään paremmin ymmärtämään virtojen yhteyttä sekä toisiinsa että prosessin toimintoihin. (Shararah 2013; Stevenson 2014, s. 627)

Serrano et al. (2008) esittelevät viisi vaihetta arvovirtakuvauksen laatimisessa. Vaiheet ovat (1) tarkasteltavan tuoteperheen tai –kokonaisuuden valinta, (2) nykytilan kuvaaminen, (3) tulevaisuuden tilan kuvaaminen, (4) suunnitelman määrittäminen ja (5) suunnitelman toteuttaminen. On tärkeää tarkastella vain yhtä tuotetta tai tuoteperhettä kerralla, sillä usean erilaisen tuotteen tarkastelu yhdessä arvovirtakuvauksessa on liian hankalaa, mikä johtaa epäselvään ja epätarkkaan kuvaukseen (Rother & Shook 2003, s. 6).

Nykytilan kuvaus (2) alkaa prosessin kuvaamisella ja tiedon hankkimisella. Kuvausta varten kerätään tietoa prosessivaiheiden toiminnoista ja toimintojen kestoista. (Rother & Shook 2003, s. 6) Prosessivaiheesta voidaan mitata erilaista dataa kuten esimerkiksi jakson-, asetus-, vaihto- tai toimitusaikaa, jolloin saadaan aikanäkökulma vaiheesta. Osien, materiaalien tai ihmisten kulkemaa matkaa voidaan mitata, kun halutaan tarkastella väli-

matkoja ja niihin kulutettua aikaa. Lisäksi voidaan tarkastella toimintoja: työtapoja ja niiden tehottomuutta sekä odottamista. (Stevenson 2014, s. 627) Tiedon avulla kuvataan prosessivaiheita, niiden kestoa ja arvoa tuottavan työn osuutta, ja luodaan kuvaukseen aikajana, joka esitetään kuvan 7 alalaidassa. Jana kuvaa prosessin kokonaiskestoa eli läpimenoaikaa (LT), sekä arvoa tuottavan työn (VA) osuutta prosessin kokonaiskestosta. (Womack & Jones 2003, s. 316 – 318)



**Kuva 7:** Esimerkki arvovirtakuvauksesta. (Mukaiillen Womack & Jones 2003, s. 317)

Nykytilannekuvauksen laatimisen jälkeen aloitetaan prosessin kehittäminen ja tulevaisuuden tilan kuvaaminen. Datan ja visuaalisen esityksen avulla tunnistetaan tuottamattomien vaiheiden lisäksi prosessin pullonkaulat ja häiriöiden tapahtumapaikat ja syyt. Samalla tarkastellaan vaiheita, joissa vaihtelua tapahtuu eniten, ja pyritään tunnistamaan vaihtelun syyt. (Stevenson 2014, s. 627) Tiedon avulla voidaan kuvata tulevaisuuden tila (3), jota prosessi pyrkii tavoittelemaan (Womack & Jones 2003, s. 318). Serrano et al. (2008) esittelevät seuraavat ohjeet tulevaisuuden kuvauksen luomiseen:

- Tuotannon rytmi on asetettava kysynnän mukaan.
- Jatkuva virtaus on luotava sinne, minne se on mahdollista luoda.
- Imuohjaus-systeemiä on käytettävä siellä missä jatkuva virtaus ei ole mahdollinen.
- Yhden prosessivaiheen on johdettava koko prosessia ja määriteltävä tahti prosessille.
- Koko prosessin tehokkuutta on parannettava erilaisin projektein, kuten kehittämällä työtapoja.



Tulevaisuuden kuvauksen jälkeen kehitetään suunnitelma (4) tulevaisuuden tilan saavuttamiseksi. Suunnitelman jälkeen toimeenpannaan kehitysprosessi (5), jossa suunnitelman mukaan prosessista poistetaan arvoa tuottamattomat vaiheet, minkä johdosta prosessi saadaan virtaamaan tehokkaammin. Kehitystä jatketaan, kunnes hukat on poistettu prosessista, minkä johdosta arvovirtakuvauksen prosessi käydään läpi uudelleen. (Rother & Shook 2003, s. 9; Womack & Jones 2003, s. 316 - 319; Stevenson 2014, s. 627)

Arvovirtakuvauksen laatiminen ja tulevaisuuden tilan saavuttaminen vaativat aktiivista johtamista ja vastuuta. Kehittäminen voi loppua tulevaisuuden kuvaamiseen tai suunnitelman tekoon, eikä aktiivista kehitystä välttämättä suoriteta loppuun, ellei tätä tehtävää anneta tietyn henkilön vastuulle. Ongelma on seurausta prosessin jakamisesta pienempiin osiin tai funktioihin, joita hallitsevat eri henkilöt, jolloin kokonaisvaltainen johtaminen ja ymmärrys puuttuvat. Tästä syystä on tärkeää nimetä vastuuhenkilö arvovirtojen kuvaamiseen ja prosessin kehittämiseen. Näin arvovirtakuvausta voidaan hyödyntää työkaluna toiminnan kehittämiseen, eikä kuvaus ja sen käyttö jää vain yritykseksi ja ylimääräiseksi kustannukseksi. (Rother & Shook 2003, s. 7; Womack & Jones 2003, s. 320)

### 3.2 Tuotannon virtaus

Tuotannon virtaus syntyy eri prosessivaiheiden toiminnasta. Prosessit sisältävät erilaisia toimintoja, jolloin resursseja hyödyntämällä raaka-ainetta, osaa tai muuta virtausyksikköä (*flow unit*) käsitellään prosessissa. Resurssit voidaan jakaa tuotantoympäristössä seuraaviin luokkiin: energia, materiaali, ihmiset, koneet ja muu pääoma (Butzer et al. 2016). Prosessin toiminnot jaotellaan aiemmin esitellyn mukaan arvoa lisääviin ja arvoa lisäämättömiin toimintoihin. Virtausyksikön näkökulmasta toiminnot ovat arvoa lisääviä, kun virtausyksikkö vastaanottaa arvoa käsittelyssä. Arvoa lisäämättöntä toimintaa tapahtuu esimerkiksi, kun materiaalit tai tuotteet odottavat käsittelyä. (Modig & Åhlström 2013, s. 19, 23)

Tarkastelun kohteeksi valitun systeemin rajat ja tarkasteltavan systeemin prosessivaiheet ja niiden jaksonaikojen kestot (*cycle time, CT*) määrittelevät prosessin virtausyksikön läpimenoajan (*throughput time*). (Modig & Åhlström 2013, s. 22) Koko tilaus-toimitusprosessin läpimenoaika kuvataan usein sanalla ”*lead time*”, mikä kuvaa aikaa, joka kestää tuotteen tai palvelun toimittamisessa asiakkaalle asti. Valmistusprosessin läpimenoaika voidaan kuvata sanalla ”*throughput time*”, mikä kuvaa aikaa, joka systeemillä kestää valmistusprosessin suorittamiseen ja termi yhdistetäänkin usein tuotannon läpäisyyn (*throughput*), joka kuvaa montako virtausyksikköä prosessissa valmistuu tietyssä ajassa. (Trudell & Carreira 2006). Virtausyksikön näkökulmasta läpimenoaika koostuu siis kaikesta arvoa lisäävästä ja arvoa lisäämättömästä toiminnasta ja näiden toimintojen kestosta.

Prosessin eri toiminnot ja toimintojen kestot luovat kaksi eri näkökulmaa prosessin tehokkuuden tarkasteluun. Nämä ovat resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus. Resurssitehokkuudessa resurssin arvoa lisäävä toiminta-aika on mahdollisimman suuri prosessin kokonaiskestoon verrattuna. (Modig & Åhlström 2013, s. 20 - 21) Mast et al. (2011) esittelevät tutkimuksessaan resurssitehokkuuden virtausyksiköiden käsittelymäärän ja resurssien käytettävissä olevan ajan suhteena. Tämä kaava voidaan edelleen jakaa kolmeen tekijään: kapasiteetin tehokkaaseen hyödyntämiseen, onnistuneeseen ensimmäiseen käsittelyyn ja valmiuteen olla käytettävissä. Jokaisen tekijän tehottomuus heikentävät resurssitehokkuutta. Virtaustehokkuudessa taas virtausyksikön kokema arvoa lisäävän työn osuus on mahdollisimman suuri kokonaisaikaan nähden (Modig & Åhlström 2013, s. 20 - 21). Resurssitehokkuus tarkastelee siis tietyn resurssin käyttöä prosessissa, kun taas virtaustehokkuus virtausyksikön etenemistä prosessissa.

Tuotannon virtauksen tehokkuutta tarkasteltaessa, on siis huomioitava resurssien lisäksi virtausyksiköt ja niiden lukumäärä prosessissa, prosessivaiheiden jaksonajat ja arvoa lisäävien toimintojen osuus. Kaksi ensiksi mainittua tekijää luovat pohjan prosessin läpimenoajan määrittelylle. Tarkastelemalla arvoa lisääviä ja lisäämättömiä toimintoja, tunnistetaan prosessin virtauksessa hukkia ja pullonkauloja. Kolmas huomioitava tekijä on aina läsnä oleva vaihtelu. Tarkastellaan näitä tuotannon virtaukseen vaikuttavia tekijöitä seuraavaksi tarkemmin.

### 3.2.1 Läpimenoajan hallinta

Systeemin läpimenoaikaa voidaan tarkastella Littlen lain (*Little's law*) avulla, joka käsittelee jonoteoriaa systeemeissä. Littlen laki osoittaa, että virtausyksiköiden lukumäärä jonoissa on yhtä suuri kuin uuden yksikön saapumistahti jonoon kerrottuna keskimääräisellä jonotusajalla. (Little 2011) Modig & Åhlström (2013, s. 34 – 35) johtavat Littlen laista prosessin läpimenoajaksi prosessissa virtaavien virtausyksiköiden ja yhden virtausyksikön jaksonajan (*CT*) tulon alla esitetyn kaavan mukaisesti. Virtausyksiköiden lukumäärä kuvaa virtausyksiköiden kokonaismäärää prosessissa, ja virtausyksikön jaksonaika keskimääräistä aikaa, joka prosessissa kestää yhden virtausyksikön käsittelyyn.

$$\text{Läpimenoaika} = \text{virtausyksiköiden lukumäärä} \times \text{jaksonaika}$$

Jaksonajan voidaan nähdä koostuvan erilaisista osista. Aika, jolloin virtausyksikkö on käsiteltävänä, on prosessointiaikaa (*process time*). Asetusaika (*setup time*) on ajanjakso, jolloin resurssi valmistautuu käsittelemään yksikköä. Kun resurssi on kiireinen muun toiminnan tai muiden virtausyksiköiden käsittelyn kanssa, syntyy jonotusaikaa (*queue time*) virtausyksikölle. Odotusaikaa (*wait time*) on aika, jolloin virtausyksikkö joutuu odottamaan toista virtausyksikköä tai osaa, jotta virtausyksikköä voidaan prosessoida. Näiden lisäksi ylimääräinen, käyttämätön, aika on niin sanottua loppoaikaa (*idle time*), jolloin virtausyksikköön ei kohdistu mitään edellä mainituista ajanjaksoista. (Chase & Aquilano 1995)

Prosessin läpimenoajan yhtälö aiheuttaa eräänlaisen paradoksin resurssitehokkuuden ja virtaustehokkuuden välille. Korkea resurssitehokkuus merkitsee resurssin korkeaa käyttöastetta, jolloin virtausyksiköitä on oltava suuri määrä tai arvoa lisäävän työn osuus on muuten oltava suuri. Mikäli korkea käyttöaste ei riipu korkeasta arvoa lisäävän työn osuudesta, sisältää korkea resurssin käyttöaste paljon hukkaa. Usein resurssin kapasiteettia täytetäänkin ylimääräisellä työllä, mikä ei välttämättä luo yhtään lisäarvoa, mutta resurssin toiminta saadaan näyttämään kiireiseltä. Ylimääräinen turha työ voi lopulta jopa hidastaa prosessia, lisätä tehostomuutta ja siten pidentää läpimenoaikaa. Tämä merkitseekin usein virtaustehokkuuden heikentymistä, ellei pidentynyttä läpimenoaikaa käytetä arvoa lisäävän toiminnan suorittamiseen. Korkean resurssitehokkuuden ja virtaustehokkuuden yhdistäminen onkin hankala yhtälö: korkea resurssitehokkuus vaatii, että työtä on koko ajan tehtäväksi, mikä vaatii virtausyksiköitä jonoon, mikä taas lisää läpimenoaikaa ja heikentää virtaustehokkuutta. (Modig & Åhlström 2013, s. 36)

Useat samanaikaiset virtausyksiköt vaativat liian monen asian tekemistä samaan aikaan, mikä lisää kiirettä ja siten hidastaa prosessia ja luo tehostomuutta toimintaan. Kiire ja liian korkea resurssikäyttö luovat uusia ongelmia ja uusia tarpeita, joita joudutaan ratkaisemaan. Korkea resurssitehokkuus ja useat virtausyksiköt voivat johtavaa myös työn uudelleen aloitukseen. Uudelleen aloitukset lisäävät tehostomuutta, kun työt aloitetaan uudelleen joko saman työntekijän toimesta tai eri henkilön toimesta. Työn tekeminen eri henkilön toimesta vaatii mahdollisesti informaation jakoa, ja usein informaatio voi olla riittämätöntä mikä pidentää prosessointiaikaa. Samoin uudelleen aloitus saman henkilön toimesta vaatii henkilöltä uudelleen valmistautumisen työn tekemiseen mentaalisesti. (Modig & Åhlström 2013, s. 51 - 58)

Prosessin läpimenoaikaan vaikuttaa virtausyksiköiden lukumäärän ja prosessin jaksonaikojen lisäksi vaihtelu. Prosesseissa ja prosessin eri vaiheissa on aina vaihtelua, minkä syyt voidaan jakaa kolmeen eri tekijään: resurssisiin, virtausyksiköihin ja ulkoiisiin tekijöihin. Resurssista esimerkiksi koneet ja laitteet voivat hajota tai toimia eri nopeudella (Simchi-Levi 2010, s. 155). Myös ihmisten työtahti on erilainen riippuen esimerkiksi fyysisistä ja taidollisista ominaisuuksista. Virtausyksiköt voivat olla erilaisia ja vaatia erilaisia toimenpiteitä, mikä luo vaihtelua prosessin toimintoihin. Resurssitekijät voivat vaikuttaa virtausyksikön prosessointiaikaan. Ulkoisia tekijöitä ovat esimerkiksi kysynnän ennalta-arvaamattomuus tai kausivaihtelut. Myös esimerkiksi luonnonilmiöt ja sää voivat vaikuttaa prosesseihin. Ulkoiset tekijät voivat esimerkiksi myöhästyttää virtausyksikön saapumista prosessiin, mikä aiheuttaa odotusta ja siten pidentää koko prosessin läpimenoaikaa. Vaihtelua syntyy siis sekä organisaation sisäisistä tekijöistä kuten resurssista ja luoduista toimintatavoista, kuin myös ulkoisista tekijöistä kuten asiakkaan kysynnästä. Lisäksi prosesseissa on aina satunnaista vaihtelua. (Modig & Åhlström 2013, s. 40 – 44; Stevenson 2014, s. 13)

Modig & Åhlström (2013, s. 45) esittävät, että prosessin tehokkuuden lisäämiseksi on keskityttävä resurssitehokkuuden sijaan virtaustehokkuuteen. Päätökset, jotka lyhentävät

läpimenoaikaa, vähentävät virtausyksiköitä prosessissa sekä päätökset, jotka vähentävät uudelleenaloituksia, vähentävät turhaa tarpeetonta työtä. Siis toimet, jotka eivät keskity resurssikäytön kasvattamiseen, vapauttavat resursseja käyttöön. Tällainen prosessi etenee jatkuvana virtana jouhevasti ja ketterästi vaihe vaiheelta eteenpäin, eivätkä virtausyksiköt seiso paikallaan missään vaiheessa. Samalla myös läpimenoaika lyhenee. Modig & Åhlström (2013, s. 45) esittelevät seuraavat toimet virtaustehokkuuden parantamiseksi:

- Poistamalla jonoutumista aiheuttavat syyt vähennetään virtausyksiköiden määrää prosessin sisällä.
- Työskentelemällä nopeammin lyhennetään jaksonaikoja.
- Lisäämällä resursseja ja kapasiteettia lyhennetään jaksonaikoja.
- Poistamalla, vähentämällä ja hallitsemalla vaihtelun eri muotoja prosessissa.

Prosessin hitaimmat vaiheet, ”pullonkaulat”, jossa prosessin virtaus on hitainta, voidaan nähdä kapeikkona prosessissa. Näiden vaiheiden eteen jonoutuu virtausyksiköitä, mikä pidentää läpimenoaikaa. Poistamalla kapeikon syyt, vähennetään virtausyksiköiden määrää ja samalla prosessin läpimenoaikaa. Työskentelemällä nopeammin lyhennetään vaiheiden jaksonaikoja ja voidaan poistaa kapeikkoja. Myös resurssin lisääminen vaikuttaa jaksonaikojen lyhentämiseen. Tämä lisää myös kustannuksia, ellei resurssia voida järjestää prosessin sisältä. Neljäs keino liittyy vaihteluun. Tarkastellaan seuraavaksi kapeikkojen ja vaihtelun vaikutusta tuotannon virtaukseen.

### 3.2.2 Kapeikkoajattelu

Jokaisella luodulla prosessilla on tarkoitus ja päämäärä. Kun pohditaan prosessin ja toiminnan kehittämistä ja parantamista, syntyy mielikuva rajoittavista tekijöistä. Näitä rajoittavia tekijöitä kutsutaan esteiksi tai ”pullonkauloiksi”, jotka estävät prosessia saavuttamasta prosessin kuviteltua päämäärää tai jopa sitä korkeampaa tavoitetta. (Goldratt 1990) Chase & Aquilano (1995) määrittelevät pullonkaulaksi minkä tahansa resurssin, kuten koneen, työkalun tai työntekijän, jonka kapasiteetti on pienempi kuin sille asetettu kysyntä, mikä rajoittaa systeemin läpäisyä. Modig & Åhlström (2013, s. 37 - 40) esittävät, että pullonkaulat ovat sellaisia vaiheita prosessissa, joissa virtausyksiköt jonoutuvat vaiheen eteen ja siten rajoittavat prosessin virtausta. Pullonkauloilla on lisäksi prosessin pisin jaksonaika, minkä seurauksena prosessin seuraavat vaiheet joutuvat odottamaan pullonkaulan hitaampaa läpimenoaikaa ja pienempää läpäisymäärää. Näistä syistä johtuen pullonkauloilla on keskeinen merkitys prosessin läpimenoaikaan ja virtaustehokkuuteen.

Jokaisella prosessilla on ainakin yksi rajoittava tekijä, mikä estää prosessia saavuttamasta korkeinta mahdollista suorituskykyä. Rajoittava tekijä luo myös pohjan toiminnan parantamiselle. Tämä luo rajoittavasta ongelmasta positiivisen, kehitykseen ja parantamiseen pyrkivän ajattelutavan. Tätä ajattelutapaa kutsutaan kapeikkoajatteluksi (*theory of constraints, TOC*). (Goldratt 1990; Rahman 1998)

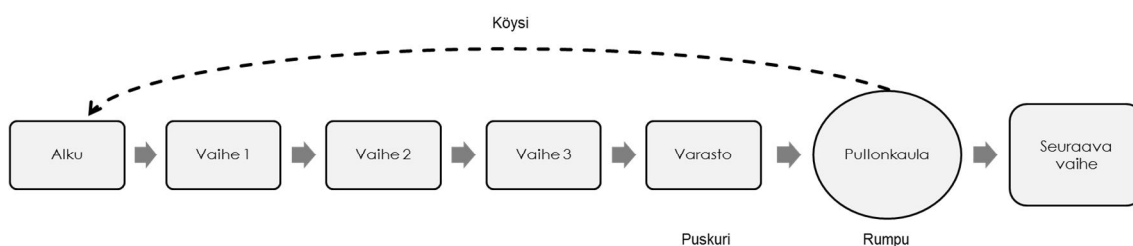
Kapeikkoajattelun pyrkimys on jatkuvaan parantamiseen ja pullonkaulojen poistamiseen prosessista. Näin systeemin tehokkuutta voidaan parantaa. Goldratt (1990) ja Rahman (1998) esittelevät seuraavat viisi vaihetta pullonkaulojen poistamiseksi ja prosessin virtauksen parantamiseksi.

1. Tunnistetaan systeemin pullonkaula. Tämä voi olla fyysinen tai hallinnollinen. Fyysiset tekijät ovat esimerkiksi resurssien kapasiteettiin liittyvät tekijät. Hallinnolliset tekijät ovat usein seurausta säännöistä tai toimintamalleista.
2. Selvitetään mahdollisuudet pullonkaulan parhaaseen hyödyntämiseen. Fyysisten tekijöiden toiminta on maksimoitava, esimerkiksi kapasiteetin käytön osalta. Hallinnolliset rajoitteet on poistettava, ja korvattava ketterämmillä käytännöillä.
3. Tuetaan muulla toiminnalla pullonkaulan suoriutumista. Prosessin muun toiminnan on tuettava pullonkaulan toimintaa, jotta se toimii parhaalla mahdollisella suorituskyvyllä.
4. Parannetaan pullonkaulan toimintaa, kunnes rajoittava tekijä poistuu. Lopulta pullonkaula siirtyy muualle prosessissa.
5. Palataan alkuun ja toistetaan vaiheet uudelle pullonkaulalle.

Kasvattamalla pullonkaulan kapasiteettia tai parantamalla pullonkaulan hyödyntämistä voidaan prosessin virtaustehokkuutta parantaa (Mast et al. 2011). Tämä onnistuu lisäämällä resurssia tai työskentelemällä nopeammin. Yhden pullonkaulan poistaminen johtaa siihen, että pullonkaula vaihtaa paikkaa toiseen vaiheeseen prosessissa. Olettaen, että pullonkauloja ei ehkäistä, prosessin läpimenoaika kasvaa, kun prosessiin lisätään virtausyksiköitä. Näin virtausyksiköt jonoutuvat, mikä aiheuttaa esimerkiksi odottamista ja siten lisää arvoa lisäämättömien toimintojen määrää. (Modig & Åhlström 2013) On siksi tärkeää keskittyä pullonkaulan tehostamiseen tai poistamiseen, sillä pullonkaulassa säästetty aika lisää tuotantosysteemin aikaa toimia, kun taas jonkin muun vaiheen tehostamisessa säästetty aika lisää vain systeemin loppoaikaa, eikä paranna läpäisyä. (Chase & Aquilano 1995)

Pullonkaulailmiö esiintyy eri prosesseissa kahdesta syystä. Ensimmäinen johtuu siitä, että prosessin täytyy edetä tietyssä järjestyksessä toimiakseen. Toiseksi prosessissa esiintyy vaihtelua. Ensimmäinen syy on luonnollinen osa tiettyjä prosesseja: jotkin asiat täytyy tehdä tietyssä järjestyksessä, jotta prosessi ja systeemi toimivat halutulla tavalla. Vaihtelua taas voi syntyä monesta eri syystä. (Modig & Åhlström 2013)

Kapeikkoajattelussa tuotantoa ohjataan ja tasapainotetaan rumpu-puskuri-köysi (*drum-buffer-robe, DBR*) –menetelmän (kuva 8) avulla (Stevenson 2014, s. 710). DBR-menetelmän tarkoitus on synkronoida systeemin resurssi- ja materiaalikäyttö siten, että käytöllä mahdollistetaan systeemin läpäisymäärä.



**Kuva 8:** Rumpu-puskuri-köysi –menetelmä (Mukaillen Betterton & Cox 2009).

*Rumpu* kuvaa prosessin pullonkaulaa, joka määrää systeemin tahdin ja aikataulun. *Köysi* toimii informaationa systeemin prosessin kriittisten pisteiden välillä varmistuen synkronoidun toiminnan ja tuotannon tasapainotuksen. Köyden tarkoitus on estää ylituotannon ja liian suuren varaston syntymistä pullonkaulan eteen. *Puskuri* toimii pienenä varastona juuri ennen pullonkaulaa, millä varmistetaan systeemin läpäisy, mikäli vaihtelun tai häiriöiden aiheuttamia ongelmia systeemissä esiintyy. (Rahman 1998) Pullonkaulan edessä toimivaa puskuria kutsutaan nimellä aika-puskuri (*time buffer*), sillä pullonkaulalla halutaan aina olevan työtä tehtäväksi, jolloin läpimenoaika ei pidenny (Chase & Aquilano 1995). Häiriöt ja vaihtelu heikentävät systeemin suorituskykyä ja mahdollisuutta saavuttaa saavutettavissa oleva läpäisy, mistä johtuen puskurilla on tärkeä tehtävä halutun läpäisymäärän mahdollistamisessa. (Ye & Han 2008) Rumpu-puskuri-köysi –mallin tavoitteena on aikatauluttaa prosessi siten, että prosessi saavuttaa maksimaalisen läpäisyn ja lyhyemmät läpimenoajat ilman ylimääräisiä varastoja, mikä johtaa aikatauluissa pysyviin toimituksiin ja vähentyneisiin varastomääriin. (Stevenson 2014, s. 711)

Pullonkaulojen tunnistaminen ja puskurivarastojen sijainnin määrittäminen ovat tärkeä osa rumpu-puskuri-köysi–menetelmää, mutta tutkimuksissa vähemmälle huomiolle on jäänyt puskurivarastojen oikean koon määrittäminen, jotta systeemi toimii tehokkaasti. (Ye & Han 2008) Eri tutkijoilla on erilaisia näkemyksiä puskurin koosta ja koon määrittämiseen käytettävästä menetelmästä. Schragenheim & Ronen (1990) esittävät, että pullonkaulan edessä sijaitsevan puskurivaraston koon olisi oltava kolme kertaa prosessin pullonkaulan läpimenoajan mittainen. Useat tutkijat esittävät erilaisia matemaattisia laskentamalleja puskurin koon määrittämiseksi, mutta Chase & Aquilano (1995) suosittelevat, että oikean puskurikoon tarkastelu aloitetaan arvioimalla kooksi neljännes koko systeemin läpimenoajasta. Kokemuksesta opitun tiedon pohjalta puskurin kokoa tarvittaessa muokataan vastaamaan pullonkaulan toimintaa. Päämääränä on, että pullonkaulalla riittää aina työtä tehtäväksi.

## 4. TUTKIMUSMENETELMÄT

### 4.1 Työn luonne

Tämä tutkimus perehtyy Postin Tampereen lajittelukeskuksessa tapahtuvaan pakettien ja lehtikimppujen lajitteluprosessiin tavoitteenaan lajitteluprosessin parantaminen materiaalinhallintaa kehittämällä. Pyrkimyksenä on tunnistaa haasteita ja hukkia prosessin nykyisessä toiminnassa, ja siten pyrkiä vähentämään hukkan määrää ja parantamaan prosessin virtausta. Nykytilanneanalyysi ja ongelma-kohtien määrittäminen pohjautuvat Lean-oppeihin ja analyysitapoihin, kuten hukkien tunnistamiseen ja arvovirtakuvaukseen. Arvoa tuottavan työn määrittäminen toimii lähtökohtana hukkien määrittämisessä eri prosessin vaiheissa. Tarkasteltava prosessi on jaettu kahteen eri vaiheeseen, syöttö- ja lajitteluprosessiin, joista kumpaakin käsitellään erikseen. Prosessi itsessään on hyvin suoraviivainen, linjatyyppinen prosessi, jossa seuraava vaihe on riippuvainen edellisestä vaiheesta. Prosessin alkupään toiminta heijastuu siis vahvasti loppupäähän, mutta samoin loppupään toiminta ja ongelmat vaikuttavat prosessin alkuvaiheisiin. Vaikka prosessia käsitellään osissa, huomioidaan koko prosessin toimintaketju kokonaisuutena. Tämän lisäksi tutkimuksessa huomioidaan koko vuorokauden ja viikon toiminta, sillä toiminta tapahtuu kolmessa vuorossa kellon ympäri, ja eri vuoroissa tapahtuva toiminta vaikuttaa muidenkin vuorojen toimintaan.

Nykytilan haasteiden analysoinnin lisäksi tutkimuksessa pyritään tunnistamaan konkreettisia toimia, joilla materiaalinhallintaa ja siten koko lajittelutoimintaa voidaan parantaa ja Lean-toimintatapaa tuoda toimintakulttuuriin mukaan. Teknisten ja visuaalisten muutosten lisäksi tehtävien roolituksia ja ohjeistuksia lajitteluprosessin ja materiaalinhallinnan välillä pyritään selventämään, jotta lajitteluprosessista ja sitä tukevasta materiaalinhallinnasta saadaan hallittava ja toimiva kokonaisuus. Yrityksessä ollaan samaan aikaan viemässä läpi muita kehitysprojekteja, kuten 5S-työkalua ja avustavaa työkalua lajittelutyöhön, mitkä huomioidaan myös kehitystoimien tarkastelussa. Laadun parantamiseen tähtäävät työkalut tukevat materiaalinhallinnan kehitystä, sillä toimintatapojen standardisointi, selkeys ja toiminnallisuus ovat toimia, joilla parannetaan niin laatua kuin tehokkuuttakin (Bayo-Moriones et al. 2010).

Tutkimuksen empiiristä vaihetta toteutettiin haastatteluilla, vapaasti havainnoimalla sekä keräämällä dataa havainnoimalla toimintaa järjestelmällisesti. Tämän lisäksi sähköistä dataa tuotantomääristä saatiin tietojärjestelmistä. Tutkimuksen luonteeseen kuului havainnointi tehdasympäristössä lattiatasolla prosessitoimintojen vieressä. Työntekijöiden ja työnjohdon henkilöiden kanssa keskusteltiin aktiivisesti sekä muutamaan työnjohdon ja ylemmän johdon välisiin kehityspalaveriin osallistuttiin. Näin tuotantoprosessista saatiin tarkka kuva, ja tuotantoprosessia pystyttiin analysoimaan ja kehitysehdotuksia luomaan riittäväällä tiedolla.

## 4.2 Menetelmät ja aineistot

Tutkimus toteutetaan konstruktiiivisena tapaustutkimuksena, missä yhden tarkasteltavan tapauksen toimintaa pyritään mallintamaan ja kehittämään (Kasanen et al. 1993). Tämän lisäksi tutkimuksessa esiintyy interventiotutkimuksen piirteitä, sillä kohdetapauksen toimintaa pyritään konkreettisesti muuttamaan. Tutkija myös osallistuu aktiivisesti toiminnan tarkkailuun ja kehitykseen, jolloin henkilöstö hyväksyy tutkijan paremmin osaksi ryhmää ja kommunikointi on luontevampaa ja luotettavampaa, mikä luo tutkimukseen interventionistisen piirteen. (Suomala et al. 2014) Tarve tutkimukselle syntyy yrityksen tarpeesta parantaa toimintaansa, jolloin ongelman tarkastelu ja toiminnan kehittäminen ovat konkreettisia, helposti ymmärrettäviä toimia. Kasanen et al. (1993) esittelevät seuraavat vaiheet, joita myös tämä tutkimus seuraa, konstruktiiivisen tutkimuksen suorittamiseen:

1. Määrittele tarkasteltava tutkimusongelma.
2. Hanki ymmärrystä aiheesta.
3. Rakenna ratkaisuehdotus.
4. Testaa ratkaisun toimimista.
5. Yhdistä ratkaisuun tutkimuksen tulokset ja teoreettinen näkökulma.
6. Tarkastele ratkaisun käyttöönoton mahdollisuuksia.

Tutkimus aloitetaan ongelman määrittämisen jälkeen nykytilanteen tarkastelulla eri menetelmillä, jonka jälkeen teoriaa ja tutkimuksen tuloksia analysoimalla pyritään löytämään ongelmaan ratkaisu ja luodaan konstruktio. Ratkaisuja testaamalla pyritään löytämään parhaat mahdolliset toteutettavissa olevat keinot ongelman ratkaisemiseksi ja toiminnan kehittämiseksi.

Tutkimusta varten kerättiin aineistoa eri menetelmillä primääri- ja sekundäärilähteistä. Eri menetelmien käyttö aineiston keräämiseen ja tarkasteluun parantaa datan luotettavuutta, mikä osaltaan parantaa tutkimuksen luotettavuutta. Tätä Saunders et al. (2009, s. 146) ja Yin (2003, s. 97) kutsuvat triangulaatioksi (*triangulation*). Aineiston keruu tapahtui pääosin kolmen kuukauden, lokakuun ja joulukuun välisenä aikana loppuvuonna 2016. Lisäksi aineistoa kerättiin pieni määrä lisää alkuvuonna 2017. Ymmärryksen luomiseksi ja nykytilanteen tarkastelua varten tutkimus aloitettiin vapaasti havainnoimalla tehdasympäristössä sekä keskustelemalla henkilöstön kanssa. Tämän jälkeen ymmärrystä lisätiin haastatteluiden avulla. Seuraavaksi suoritettiin strukturoitua havainnointia. Näin ongelmat voitiin esittää vapaiden havaintojen ja numeerisen datan pohjalta. Myöhemmin suoritettujen kokeiluiden aikana suoritettiin strukturoitua havainnointia uudelleen sekä aktiivista keskustelua henkilöstön kanssa.



### 4.2.1 Primääriaineiston kerääminen

Erilaisilla aineistonkeruutavoilla on eroavaisuuksia riippuen menetelmästä, aineiston ominaisuuksista ja aineiston lähteestä. Tiettyä tarvetta varten kerätty uusi data on primääriaineistoa (Saunders et al. 2009, s. 256). Tässä tutkimuksessa primääriaineistoa kerättiin havainnoimalla ja haastattelemalla. Haastatteluista ja vapaasta havainnoinnista kerätty ei-numeerinen data on kvalitatiivista eli laadullista aineistoa (Saunders et al. 2009, s. 151, 482). Strukturoidulla havainnoinnilla kerätty data on numeerista eli kvantitatiivista primääriaineistoa (Saunders et al. 2009, s. 288).

Ymmärryksen luominen prosessista ja aineiston kerääminen aloitettiin vapaasti havainnoiden ja keskustelemalla henkilöstön kanssa. Vapaata havainnointia tehtiin aluksi aktiivisemmin, ja myöhemmin ajoittain. Laadullista aineistoa kirjattiin ylös havaintopäiväkirjaan, jolloin niiden tarkastelu ja analysointi onnistuivat myöhemmin havaintojen jälkeen.

Esiymmärryksen hankkimisen jälkeen aloitettiin haastattelujen suunnittelu ja suorittaminen. Haastattelut toteutettiin teemahaastatteluna yksi kerrallaan. Haastatteluja varten luotiin runko (liite 3), jossa tarkasteltiin eri teemoja ja pohdittiin avoimia kysymyksiä teemojen ympärillä. Teemat liittyivät prosessin ongelmiin, valintoja ohjaaviin tekijöihin, työn ohjaukseen ja kehitysehdotuksiin. Runkoa seurattiin, mutta yksilöllinen haastattelu-tilanne muutti haastattelun kulkua ja kysymyksiä osittain. Kysymyksiä lisäksi muokattiin osittain esimiehille, jotta pystyttiin tarkastelemaan eri näkökulmia työn ohjauksessa. Tällaista avoimiin kysymyksiin perustuvaa ja teemojen ympärille rakennettua haastattelun tyyppiä voidaan pitää osittain strukturoituna (*semi-structured*), jonka aineisto on laadullista. (Saunders et al. 2009, s. 320)

Haastatteluja suoritettiin yhteensä yhdeksän kappaletta, joista jokaiseen saatiin lupa nauhoitukseen. Nauhoitus auttaa haastattelijaa keskittymään haastatteluun ja haastateltavan vastauksiin, mikä mahdollistaa haastattelun kulun muokkaamisen haastattelun aikana. Vastausten täydellinen kirjoittaminen haastattelun aikana kohdistaa haastattelijan keskittymisen kirjoitusprosessiin eikä haastattelun suorittamiseen. Nauhoitus voi myös vaikuttaa haastateltavan toimintaan ja vastauksiin, mikäli esimerkiksi pelkoa nauhoituksen väärinkäytöstä ilmenee. (Saunders et al. 2009, s. 339 - 341) Haastattelujen jälkeen nauhoituksen avulla haastattelut litteroitiin, mikä tarkoittaa nauhoitetun puheen kirjoittamista tekstimuotoon (Halcomb & Davidson 2006). Haastatteluun osallistuneet henkilöt olivat työntekijöitä ja esimiehiä niin tuotantoprosessista kuin myös sisälogistiikasta alla esitetyn taulukon 1 mukaisesti. Henkilöt valittiin laajan osaamisen ja objektiivisen ymmärryksen johdosta tarkoituksenmukaisesti (*purposive sampling*) esimiesten johdosta. Näin pyrittiin pienellä otannalla saamaan laaja ja luotettava tuotos (Saunders et al. 2009, s. 237).

**Taulukko 1:** Haastateltujen henkilöryhmät.

	Tuotantoprosessi	Sisälogistiikka
Työntekijä	2	2
Esimies	3	2

Taulukosta 1 huomataan, että otanta kattaa tasaisesti eri ryhmät prosessista. On tärkeää, että myös työntekijät tulevat kuulluksi, sillä ison organisaation ongelma on usein se, että hiljainen tieto jää työntekijöille eikä asioita esitetä välttämättä työnjohdolle niin kuin ne työssä itse koetaan. Otannan kattaessa lajitteluprosessin lisäksi sisälogistiikan, saatiin laajempi kuva eri toimintojen kokemista ongelmista prosessissa.

Yhdeksän kappaleen otanta koettiin riittäväksi tällä aikataululla vastausten alkaessa muodostua samanlaisiksi. Monella haastatteluun osallistuneista on kokemusta eri vuoroista, joten usean vuoron näkökulma saatiin esiin, mutta otantaa olisi voinut laajentaa ja kohdentaa vielä enemmän yövuoroon, sillä monet ongelmista kohdistettiin erityisesti aamu-  
vuoron prosesseihin.

Laadullisen aineiston keräämisen ja ymmärryksen luomisen jälkeen suoritettiin strukturoitua havainnointia kvantitatiivista aineistoa keräten. Strukturoitu havainnointi tapahtui eri prosessien tapahtumia järjestelmällisesti havainnoiden. Havainnointitapahtumaa varten luotiin havainnointitaulukko, jossa tapahtumat eroteltiin seuraaviin luokkiin (Kuva 9):

- Arvotyö
- Avustava työ
- Liikkuminen
- Odotus

Arvotyöksi luettiin prosessivaiheen keskeisin työ, jolla edesautetaan suoraan koko prosessin arvoa lisäävän työn, lajittelun, onnistumista. Avustavaa työtä oli kaikki muu toiminta, joka mahdollistaa arvotyön tekemisen. Tämän tapahtumajaottelun lisäksi syöttöprosessissa tarkasteltiin käsiteltyjen yksiköiden määrää, ja lajitteluprosessissa lajiteltujen yksiköiden määrää sekä ylituotannosta ilmoittavan valon palamisaikaa. Havainnointia suoritettiin minuutin jaksoissa, jolloin minuutin välein kirjattiin tapahtuma prosessissa sillä hetkellä. Kuvan 9 esimerkissä havainnoitiin yhden syöttäjän toimintaa. Tapahtuma minuutin kohdalla merkittiin luvulla 1, ja syötettyjen yksiköiden määrää minuutin aikana syötettyjen yksiköiden määrää vastaavalla luvulla. Havaintojen kokonaiskestot vaihtelivat aikataulujen ja eri käsittelyvälien mukaan siten, että jos esimerkiksi käsiteltävä tuote muuttui tai prosessi keskeytettiin, niin havainnointi keskeytettiin. Havainnon kohteena oli samaan aikaan yksi tai useampi työntekijä.

		1	2	3	4	5	6
<b>Arvotyö</b>	<i>Kaatolaitteen käyttö/Täyden syöttö</i>		1			1	
<b>Avustava työ</b>	<i>Täyden kuljetusyksikön siirto</i>				1		1
	<i>Tyhjän kuljetusyksikön siirto</i>						
	<i>Ohjauslapun poistaminen</i>						
	<i>Muovien poistaminen</i>	1					
	<i>Muut avustavat toimet</i>			1			
<b>Liikkuminen</b>	<i>Liikkuminen/Poissa työpisteeltä</i>						
<b>Odotus</b>	<i>Odottaminen</i>						
	<i>Kone seis</i>						
<b>Syötetyt yksiköt</b>	<i>Syötetty lehtihäkki</i>		1		1		
	<i>Syötetty pakettihäkki</i>						
	<i>Syötetty rullakko</i>						
	<i>Syötetty lava</i>	1				2	

**Kuva 9:** Ote käytetystä minuuttijaksaisesta syöttöprosessin tapahtumahavainnointilomakkeesta.

Syöttöprosessia tarkasteltaessa keskityttiin kahden keskeisen prosessivaiheen tapahtumiin: yksikön syöttöön ja tuotteiden kääntötoimintaan sekä kaatolaitelinjalla että rullakokaatolinjalla. Havainnot ajoittuivat kolmen viikon ajalle loka- ja marraskuulle. Havainnointitapahtumia oli yli kymmenen kappaletta, aamu ja iltavuorossa. Painotus havainnoinnilla oli aamussa, missä toimintamallin koettiin sisältävän eniten hukkaa. Koska tavaran virtaus yövuoron prosessiin muistuttaa iltavuoron toimintaa, ja kaatolaitteiden käyttö aamuvuoron toimintaa, ei yövuoron syöttöprosessia päätetty tässä tarkastella. Syöttöprosessia tarkasteltiin uudelleen testatun kokeilun jälkeen joulukuussa kahden viikon aikana.

Lajitteluprosessissa tarkasteltiin manuaalisen lajittelutyön tapahtumia aamu ja iltavuorossa marras- ja joulukuun aikana kolmen viikon ajan. Havainnointitapahtumia oli kahdeksan. Myös lajitteluprosessissa havainnointi painottui aamuun, missä ongelmia koettiin olevan enemmän. Lajitteluprosessia havainnoitiin uudestaan joulukuun lopuksi testatun kokeilun jälkeen, mutta luotettavien havaintojen määrä jäi vain kolmeen ulkoisten tekijöiden johdosta, eikä havainnointia päätetty jatkaa tammikuussa volyyymien laskiessa joulun jälkeen radikaalisti.

Havainnointitarkastelun tavoitteena oli pyrkiä selvittämään, kuinka paljon prosessissa käytetään aikaa arvoa tuottavan työn tekemiseen, ja kuinka paljon prosessi sisältää hukkatyötä ja mistä hukkatyö muodostuu. Lajitteluprosessissa lisäksi tarkasteltiin ylituotannon syntymistä ja sitä, kuinka ylituotannosta ilmoittavaan signaaliin reagoitiin. Yleisesti tarkastelun kohteena oli siis tuotantoprosessi ja sen ongelmat eikä suoraan sisälogistiikka, sillä sisälogistiikan tarkoitus on tukea tuotantoprosessia, jossa prosessin arvon tuotto syntyy ja jonka ongelmat voidaan osittain yhdistä sisälogistiikkaan. Toki sisälogistiikkaa tarkemmin tarkastelemalla olisi voitu tunnistaa erilaisia ongelmia ja kehityskohteita, mutta

silloin itse arvoa tuottavan prosessin rooli olisi jäänyt pienemmäksi. Siksi havainnoissa ja tutkimuksessa menttiin arvoa lisäävä prosessi edellä, eikä tarkasteltu vain prosessia tukevaa sisälogistiikkaa.

## 4.2.2 Sekundääriaineiston kerääminen

Tutkimuksessa tarkasteltiin primääriaineiston lisäksi sekundääriaineistoa. Sekundääriaineistoa on kaikki sellainen aineisto, jota on aiemmin kerätty muuhun tarkoitukseen. Niin julkaisut kuin myös raaka-data voidaan lukea sekundääriaineistoksi. (Saunders et al. 2009, s. 256). Sekundääriaineistoa kerättiin numeerisen datan muodossa tietojärjestelmistä itse sekä muiden henkilöiden toimesta sallittujen oikeuksien puuttuessa tutkijalta. Tietojärjestelmästä kerättiin tuotantodataa koskien syöttölinjan käsittelymääriä tai lajittelukourun tavaramääriä sekä kerättiin tietoa ylituotantomääristä. Lisäksi tarkasteltiin vanhempaa tietoa vuororaporteista, joiden tietoa jouduttiin käsittelemään tarkoitukseen sopivaksi.

Tietojärjestelmän toiminnallisuudet ja ominaisuudet sekä datan tulkinta mahdollisesti vääristivät tiedon oikeellisuutta. Tietoa ei välttämättä saatu tarkasti halutulta ajanhetkeltä, tai tieto on osittain väärää johtuen mittaushetken ja tiedon rekisteröintihetken viiveestä.

Tuotantodatan lisäksi sekundääriaineistoa kerättiin resurssimääristä. Joitain vertailuun tarvittavia resurssimääriä jouduttiin kysymään jälkikäteen. Nämä arviot voivat poiketa todellisesta arvosta. Luotettavuus kärsii, koska resurssimäärä elää ajoittain tarkasteltavassa tuotantoprosessissa, sillä kohdistettua resurssia voidaan lisätä resurssin yhteiskäytöllä eli ottamalla lisäresurssia esimerkiksi kevyen kirjelajittelun prosessista. Näin ei välttämättä saada totuudenmukaista tietoa resurssimäärästä.

## 4.3 Aineiston analyysi

Tutkimuksen tulokset-luku kokoa yhteen kerätyn primääri- ja sekundääriaineiston. Luvussa yhdistetään strukturoidun havainnoinnin tuloksia tuotantodatamääriin, jolloin voidaan eri lähteistä koottu tieto kohdistaa tutkittuun tapaukseen ja näin saada tutkimuksesta luotettavampi. Havainnoinnin tulokset yhdistetään lisäksi haastatteluista saatuun aineistoon. Tulokset esitetään yksinkertaisesti ja kootusti helpommin ymmärrettävässä muodossa.

Kerätyn aineiston on tarkoitus antaa ymmärrystä prosessin nykytilasta, prosessin ongelmista ja hukkalajeista. Aineiston koonnin ja ongelmien tunnistamisen jälkeen analysoidaan syitä prosessin tehottomuudelle. Hukkien poistamisessa ja tehokkuuden parantamisessa pyritään tässä tutkimuksessa keskittymään erityisesti sellaisiin ongelmiin, joihin materiaalinhallinnan keinoin voidaan vaikuttaa. Analyysin perusteella pyritään löytämään konkreettisia ratkaisuita, jotka voidaan ottaa käyttöön lyhyellä aikavälillä.

## 5. TULOKSET

Seuraavaksi esitetään tutkimuksen tuloksia. Luku 5.1 esittelee prosessin nykytilanteen, jota arvioitiin haastattelujen, vapaan havainnoinnin ja strukturoidun havainnoinnin kautta. Prosessi jaetaan alaprosesseihin, syöttö- ja lajitteluprosesseihin, jolloin prosessin nykytilanteen käsittely on selkeämpää. Lisäksi luku esittelee koko tuotantoprosessin arvovirtakuvauksen sekä prosessin materiaalikierron. Luvussa 5.2 esitellään tutkimuksen aikana kokeiltuja toimintamalleja ja kokeilujen tuloksia.

Tulokset pyritään esittämään yksinkertaisesti ja visuaalisesti havainnollistaen, jolloin niiden ymmärtäminen on helpommin mahdollista. Tarkemmin tuloksia analysoidaan ja käsitellään luvussa kuusi.

### 5.1 Prosessin nykytilanne

Tutkimuksen empiirinen vaihe sisälsi tarkasteltavan kohteen ja prosessin nykytilanteen analysoinnin. Esiymmärrys prosessista luotiin toimintaa seuraamalla ja esimiesten kanssa toiminnasta keskustelemalla. Tämän jälkeen suoritettiin vapaata havainnointia ja toteutettiin haastattelut. Laadullisen datan jälkeen oli numeerisen datan hankinta laadullisen datan tueksi. Tätä toteutettiin strukturoidulla havainnoinnilla eri alaprosesseista. Esitellään seuraavaksi tarkemmin prosessin nykytilanteen tulokset.

#### 5.1.1 Haastattelujen ja vapaan havainnoinnin tulokset

Haastatteluissa keskityttiin ensinnäkin tarkastelemaan syöttöprosessin, lajitteluprosessin ja sisälogistiikan ongelmia ja kehitysehdotuksia sekä haastateltavien kokemuksia prosessin pullonkaulasta. Toiseksi haluttiin tietää työntekijöiden työn suorittamiseen ohjaavia tekijöitä sekä prioriteetteja. Tämän lisäksi työntekijöiltä kysyttiin työnohjauksen onnistumisesta ja haasteista sekä työnjohdolta työnohjauksen tarpeesta ja haasteista.

Esitellään seuraavaksi taulukkomuodossa keskeisimmät haastattelujen tulokset. Ongelmien aiheuttamat hukkalajit sekä vapaan havainnoinnin tulokset on lisätty taulukkoon. Vapaata havainnointia toteutettiin pitkin tutkimusta niin ennen kuin jälkeenkin haastattelujen. Näin havainnoinnin tulokset voidaan yhdistää samaan taulukkoon vahvistamaan haastattelujen tuloksia. Taulukko 2 esittelee koetut ongelmat syöttöprosessissa.

**Taulukko 2:** Haastatteluissa ja vapaassa havainnoinnissa tunnistetut syöttöprosessin ongelmat.

Hukkalaji	Ongelma	Haastattelu	Havainnointi
Odottaminen	Kaatolaitteita seisotetaan tyhjänä ylhäällä	•	•
Odottaminen	Syöttäjän hidas/väärä toimintatapa	•	•
Odottaminen	Syöttäjän poistuminen häiriökuittaukseen/VK-alueelle	•	•
Odottaminen	Koneviat		•
Turha kuljettaminen	Väliavarastojen sijainti kaukana kaatolaitteista		•
Tarpeeton käsittely	Syötön avustava työ		•
Liikkuminen	Syöttäjän pitkät liikkumismatkat kuljetusyksiköiden siirroissa	•	•
Liikkuminen	Ohjauslappujen yksittäinen vienti laatikkoon		•
Varastointi	Syöttöalueella paljon roskaa ja turhaa tavaraa	•	•
Varastointi	Syöttöalue täyttyy ja menee sotkuiseksi	•	
Ylituotanto	Ylituotanto ohjauksen puuttuessa		•

Taulukosta huomataan, että syöttöprosessissa koetaan haastatteluiden perusteella monia ongelmia, jotka aiheuttavat erilaisia hukkia, kuten odottamista ja liikkumista, mitkä vaikuttavat negatiivisesti syöttöprosessin läpäisyyn. Prosessin materiaalinhallinnalliselta näkökannalta keskeisimmät ongelmat liittyvät varastoalueiden kaukaiseen sijaintiin ja yksittäisiin kuljetusyksikkösiirtoihin. Muita ongelmia aiheuttavat tehtäväjako ja toimintatavat. Puutteellisen työnohjauksen johdosta aiheutuu ylituotantoa, mikä on seurausta lajitte-  
 luprosessin ongelmista, jotka esitetään taulukossa 3.

**Taulukko 3:** Haastatteluissa ja vapaassa havainnoinnissa tunnistetut lajitte-  
 luprosessin ongelmat.

Hukkalaji	Ongelma	Haastattelu	Havainnointi
Odottaminen	Oma-aloitteisuuden puute	•	•
Turha kuljettaminen	Väärin ohjautuvien pakettien kuljetus yksittäin		•
Turha kuljettaminen	Ruuhkaisten lajitte- lupaikkojen sijoitus kauas taakse		•
Tarpeeton käsittely	Rullakoiden uudelleen rakennus ajoittain	•	•
Tarpeeton käsittely	Ohjaavien orsilappujen puuttuminen		•
Tarpeeton käsittely	Lajiteltujen kuljetusyksiköiden hankala kuljetukseen siirto	•	•
Liikkuminen	Tyhjien kuljetusyksiköiden puute tarvepaikalla	•	•
Liikkuminen	Viivakoodinlukijoita ei riittävästi	•	•
Liikkuminen	Ahtaat tilat kuljetusyksiköille, liikaa yksiköitä	•	
Liikkuminen	Ohjauslappujen tulostus yksittäin		•
Liikkuminen	Näköesteet lajitte- lutyöskentelyssä suoralta toiselle	•	
Varastointi	Lajiteltujen kuljetusyksiköiden heikko poisvirtaus	•	•
Ylituotanto	Tuotteen jumituminen ylituotantotunnistimen eteen	•	•
Ylituotanto	Resurssimäärä luisulla liian pieni	•	
Ylituotanto	Heikko reagointi ylivuoto -valoon		•
Ylituotanto	Luisujen kuorman epätasapaino		•
Ylituotanto	Tuotannon epätasapaino ja ohjauksen puuttuminen		•

Edellä esitetystä taulukosta huomataan, että lajittelutyössä tunnistetaan lukuisia ongelmia, jotka aiheuttavat hukkaa erityisesti turhan liikkumisen ja ylituotannon muodossa. Ylituotanto voidaan tässä tapauksessa käsittää myös tarpeettomana käsittelynä, sillä vaikka ylituotantoa ei suoranaisesti tuoteta, joudutaan ylisuuren tuotannon johdosta käsittelemään tuotteita uudestaan. Lajitteluprosessin materiaalinhallintaan keskeisesti liittyviä ongelmia ovat kuljetusyksiköiden puute tarvepaikalla ja valmiiksi lajiteltujen yksiköiden heikko poisvirtaus, jotka kuuluvat prosessissa tuotantoa palvelevan sisälogistiikkaosaston vastuulle. Kuljetusyksiköiden puute johtaa lajittelijoiden ylimääräiseen liikkumiseen ja lajittelutyön keskeytymiseen.

Edellä esiteltyjen syöttö- ja lajitteluprosessin ongelmien lisäksi sisälogistiikassa koettiin seuraavia ongelmia:

- tyhjiä kuljetusyksiköitä varastoidaan monessa eri paikassa ympäri rakennusta, jolloin niiden hallinnointi ja etsiminen vaativat *ylimääräistä liikkumista*
- lajiteltujen kuljetusyksiköiden kuljetukseen siirto vaatii *tarpeetonta käsittelyä* ja ylimääräistä siirtelyä tilan ahtauden ja epäsiisteyden johdosta
- useat tehtävät ovat yksiköiden siirtoa paikasta A paikkaan B, jolloin ei synny niin sanottua ”suljettua lenkkiä” (*engl. closed loop*), mikä aiheuttaa *ylimääräistä liikkumista* myöhemmin

Yleisesti vapaata havainnointia suorittaessa huomattiin, että syöttö- ja lajitteluprosessin vaiheet ovat kestoiltaan erimittaisia. Syöttöprosessin kääntelytoiminta on huomattavasti nopeampaa kuin lajittelutoiminta, mikä johtaa siihen, että väärin resurssit kohdentamalla, prosessi tuottaa jatkuvasti pienen tai suuren määrän ylituotantoa. Haastatteluissakin nousi vahvasti esiin, että prosessin pullonkaula sijaitseekin juuri prosessin lajitteluvaiheessa.

Haastattelujen ja vapaan havainnoinnin tuloksia analysoidaan tarkemmin seuraavassa, tulosten analysointi-luvussa. Analysointiin otetaan tueksi strukturoidun havainnoinnin tulokset nykytilanteen tarkastelusta, joita käsitellään seuraavaksi.

### 5.1.2 Syöttöprosessin havaintomittaukset

Strukturoitua minuuttijaksoista tapahtumahavainnointia suoritettiin ensimmäiseksi syöttöprosessin osalta. Havainnointia suoritettiin sijoittamalla tuotantotiloihin lähelle tarkasteltavaa prosessiympäristöä, tai muutoin alueelle, josta pystyttiin tarkasti havainnoimaan prosessin tapahtumia. Osallisia informoitiin havainnoinnista prosessivaiheessa, ja heille painotettiin, että havainnointi keskittyy tapahtumiin eikä yksittäisen työntekijän työskentelyyn. Tällä pyrittiin pitämään toiminta luonnollisena. Havainnoitaessa seurattiin sekuntikellolla aikaa, ja tapahtumat merkittiin luvussa 4.2.1 esitellyn jaottelun mukaan joko suoraan tietokoneelle tai paperille, mistä tulokset myöhemmin siirrettiin tiedostoon. Havainnointia suoritettiin kahden eri toiminnan osalta: syöttötoiminnan ja kääntelytoimin-

nan. Havainnointia suoritettiin erikseen sekä kaatolaitetoiminnalle että rullakoiden kaatolinjalle. Eri linjojen syöttötoiminnoissa on pieniä eroja, mutta monet toimet ja niiden vaikutukset esiintyivät myös osittain samoina.

Kaatolaitelinjan ja rullakkokaatolinjan syöttötoimintaa havainnoitaessa keskityttiin syöttöprosessin eri vaiheisiin, joita toimintaan sisältyy. Havainnoinnin avulla pyrittiin tunnistamaan toimintatapoja, jotka heikentävät syöttöprosessin tehokkuutta. Havainnoinnin tulokset esitetään taulukossa 4. Tulokset ovat otannan keskiarvoja.

**Taulukko 4:** Kaatolaitelinjan ja rullakkokaatolinjan syöttötoiminnan havainnoinnin tulokset.

	<b>Kaatolaitelinja</b>	<b>Rullakkokaatolinja</b>
<i>Aikaväli</i>	26.10 - 17.11.	25.10- 1.11.
<i>Otanta min</i>	305	120
<i>Otanta kpl</i>	4	2
<i>Tarkasteltavien linjojen määrä</i>	2	1
<b>Arvotyö</b>	18 %	32 %
<b>Avustava työ</b>	39 %	46 %
<b>Liikkuminen</b>	39 %	15 %
<b>Odotus</b>	5 %	7 %
<b>Yhdelle linjalle syötetyt kuljetusyksiköt (kpl) / tunti</b>	20	74
<b>Yhdelle linjalle syötetyt tuotteet (kpl) / tunti</b>	1122	1179
<b>Syötetyt tuotteet (kpl) / syöttöresurssi</b>	449	295
<b>Ylituotanto (kpl) / tunti</b>	43	113

Kaatolaitteen syöttötoimintaa havainnoitaessa toimintamallina oli käytäntö, jossa yksi henkilö syötti yksiköitä kahteen kaatolaitteeseen. Rullakkokaadon syöttötoimintaa havainnoitaessa taas yhdellä linjalla syöttäjiä oli kaksi, sillä kaksi kourua johtaa kahdelle kääntelijälle. Tarkastellaan kahden kourun kokonaisuutta yhtenä linjana, jolloin verrattavuus on parempi, sillä tässäkin kääntelijöitä on kaksi. Huomataan, että rullakkokaadossa yksiköitä syötetään määrällisesti reilusti enemmän. Tämä johtuu siitä syystä, että syöttäjiä on kaksi ja yksiköt ovat rullakoita, jotka ovat tilavuudeltaan pienempiä, jolloin myös tuotteita mahtuu yksikköön vähemmän. Myös kaatotoiminta on nopeampaa verrattuna koneelliseen laitekaatoon.

Toimintaluokkien prosentuaaliset tulokset kertovat kuinka suurta osaa yksikkösyötön eri toimet edustavat prosessin kokonaisajasta. Arvotyö sisältää vaiheet, jolloin syöttäjä siirtää yksikköä kaatolaitteeseen tai -kouruun, käynnistää kaatolaitteen tai muuten asettaa kaatolaitteen toimintakuntoon. Avustavaa työtä on kaikki arvotyötä tukeva avustava toiminta, kuten

- tyhjän yksikön siirto pois kaatolaitteesta syöttöalueelle
- täyden yksikön siirto kaatolaitteen läheisyyteen nopeuttamaan yksikön vaihtoa



- muovien ja ohjauslappujen poisto
- erilliskäsittävän tuotteen siirto pois syötettävästä yksiköstä sekä
- muut avustavat toimet.

Liikkuminen sisältää henkilön liikkumisen tyhjänä sekä poistumisen toimintapaikalta. Kaatolaitesyötössä liikkuminen sisälsi yksiköiden hakua kauempaa sekä koneen hihnan häiriökuittauksista seuranneita poistumisia toimintapaikalta. Rullakkosyötössä liikkuminen sisälsi poistumiset esimerkiksi erilliskäsittelyn alueelle, jonne siirrettiin erilliskäsitteliäviä tuotteita syöttäjien toimesta. Odotus sisältää ajan, jolloin henkilö odottaa eikä toimi millään tavoin prosessia edistääkseen.

Arvoista huomataan, että kaatolaitelinjan syöttötoiminnassa kolmannes syöttäjän toiminta-ajasta kuluu avustavaan työhön ja kolmannes turhaan liikkumiseen tai poistumiseen paikalta. Suuri osa avustavan työn osuudesta kului täysien yksiköiden kuljettamiseen kauempaa sekä tyhjien yksiköiden siirtoon syöttöalueen reunalle. Liikkumisen suuri osuus syntyy syöttäjän tyhjänä liikkumisesta hakemaan käsiteltävää kuljetusyksikköä kauempaa sekä hihnan häiriökuittauksesta.

Strukturoidun havainnoinnin tulosten lisäksi taulukossa esitetään sekä linjalle syötetyiden kuljetusyksiköiden kuin myös tuotteiden määrä tunnissa. Tämän lisäksi syötettyjen tuotteiden määrää verrataan syöttöprosessin kokonaisresurssiin tarkasteltavan kohteen osalta. Tämä sisältää linjaan vaikuttavien syöttäjien lisäksi kääntelijät. Lisäksi taulukko esittelee havaintojen keskimääräisen ylituotantomäärän kappaleina.

Syöttötoiminnan lisäksi tarkasteltiin tuotteiden kääntelytoimintaa, jotta syöttötoiminnan vaikutukset voidaan yhdistää tuotteiden kääntelytoimintaan. Kääntelyn havaintotulokset esitetään taulukossa 5.

**Taulukko 5:** Kaatolaitelinjan ja rullakkokaatolinjan kääntelytoiminnan havainnoinnin tulokset.

	<b>Kaatolaitelinja</b>	<b>Rullakkokaatolinja</b>
<i>Aikaväli</i>	27.10. - 3.11.	25.10. - 1.11.
<i>Otanta min</i>	395	135
<i>Otanta kpl</i>	6	2
<i>Tarkasteltavien linjojen määrä</i>	1	1
<b>Arvotyö</b>	56 %	66 %
<b>Avustava työ</b>	11 %	14 %
<b>Liikkuminen</b>	1 %	0 %
<b>Odotus</b>	31 %	20 %
<b>Yhdelle linjalle syötetyt kuljetusyksiköt (kpl) / tunti</b>	20	-
<b>Yhden linjan käsittelemät tuotteet (kpl) / tunti</b>	1090	1361
<b>Käsitellyt tuotteet (kpl) / syöttöresurssi</b>	414	340
<b>Ylituotanto (kpl) / tunti</b>	65	35

Kääntelytyössä arvotyötä oli tuotteiden kääntelytoiminta. Kaatolaitesyötön kääntelylinjalla avustavaa työtä oli kepin käyttö, jolla pudotettiin yksiköstä tuotteita, jotka olivat jääneet jumiin eivätkä pudonneet hihnalle. Lisäksi avustavaa työtä oli laitteen laskeminen alas, mikä vaati pienen liikkeen ja kääntelytyön keskeyttämisen. Hajonneiden tuotteiden korjaus esimerkiksi teipillä sekä erilliskäsiteltävien tuotteiden siirto sivuun kuului lisäksi molempien linjojen avustavaan työhön.

Taulukon 5 tuloksista huomataan, että kaatolaitelinjan kääntelijä käyttää tehokkaasta työajastaan vain vähän yli puolet kääntelytyön suorittamiseen. Rullakkokaatolinjalla tämä osuus on kaksi kolmannesta työajasta. Kolmannes kaatolaitelinjan kääntelijän työajasta kuluu odottamiseen. Tämäkin osuus on rullakkokaatolinjalla pienempi - viidennes työajasta.

Aikaisemmin esitellyt tuotantoprosessit ja prosessivaiheiden riippuvuudet huomioiden, voidaan syöttöprosessia ymmärtää paremmin, kun yhdistetään syöttötoiminta sitä seuraavaan kääntelytoimintaan. Syöttäjän ja syöttöprosessin toiminnalla sekä siihen liittyvällä materiaalinhallinnalla nähdään selkeä yhteys prosessin kokonaistoimintaan.

### 5.1.3 Lajitteluprosessin havaintomittaukset

Lajitteluprosessin havainnointia suoritettiin manuaalisesta pakettilajittelusta. Lajittelun tehtävät ovat samanlaiset riippumatta siitä, lajitellaanko tuotteita rullakoihin vai häkkeihin. Tosin häkinvaihto vaatii mekaanisen noston ja siirron verrattuna pyörillä liikkuvan rullakon liikuttamiseen. Lajitteluprosessin havaintojen tulokset esitetään taulukossa 6.

*Taulukko 6: Havaintojen tulokset lajitteluprosessin toiminnoista.*

<i>Aikaväli</i>	22.11. - 9.12.
<i>Otanta min</i>	405
<i>Otanta kpl</i>	8
<i>Tarkasteltavien luisujen määrä</i>	5 - 10
<b>Arvotyö</b>	66 %
<b>Avustava työ</b>	19 %
<b>Liikkuminen</b>	11 %
<b>Odotus</b>	4 %
<b>Ylituotantovalon palaminen (%)</b>	15 %
<b>Ylituotanto kpl / h</b>	133

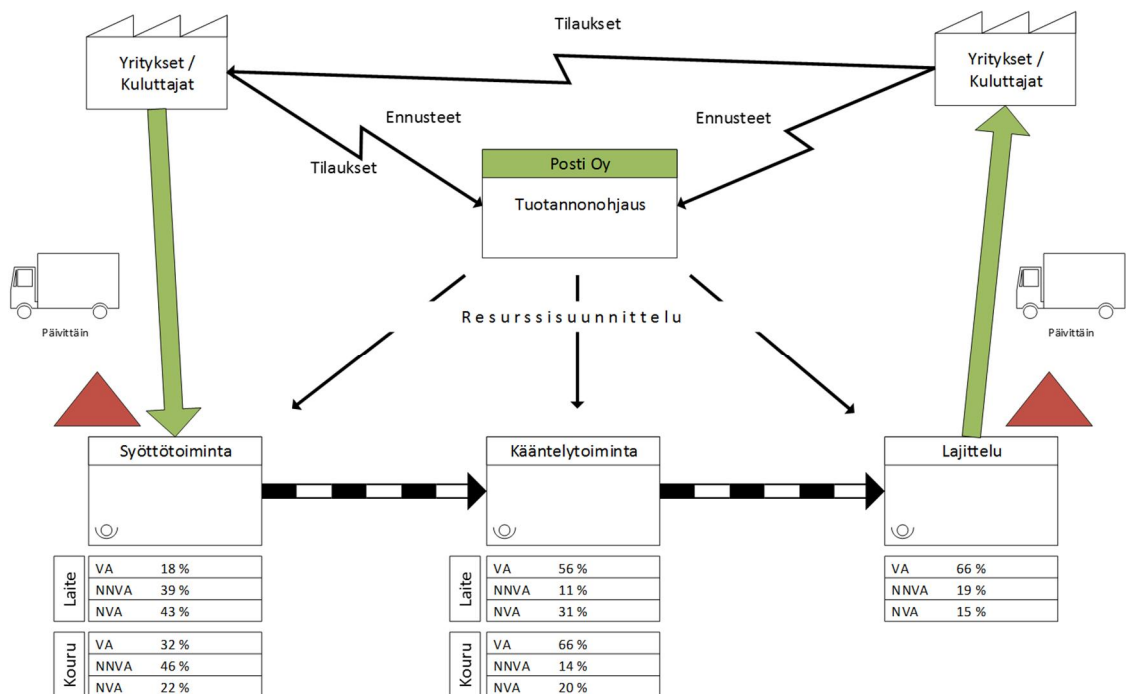
Lajitteluprosessin tapahtumat jaettiin samoihin luokkiin, joita käytettiin syöttöprosessinkin osalta. Arvotyö on lajittelutyötä. Avustava työ sisälsi täysien ja tyhjien yksiköiden siirtämisen, ohjauslapun tulostuksen ja kiinnittämisen, kepin käytön, jolla siirretään luisuun jumiutuneita tuotteita lajiteltavaksi sekä muun avustavan työn. Tämän lisäksi havainnoitiin ylituotannosta ilmoittavan valon palamista, minkä tarkoitus oli havaita,

kuinka hyvin valon palamiseen reagoitiin. Tietojärjestelmästä haettiin tieto ylivuodon suuruudesta.

Taulukosta huomataan, että koko prosessin todellista lisäarvoa tuottavan työn osuus on kaksi kolmannesta lajittelua suorittavan henkilön työajankäytöstä. Kolmannes ajasta käytetään avustavaan työhön ja liikkumiseen, kuten yksiköiden etsimiseen ja siirtelyyn, viivakoodinlukijoiden hakuun ja ohjauslappujen tulostukseen. Lisäksi keskimäärin 15 % havaintojen ajasta valo ilmoittaa ylituotannon vaarasta, osuuden ollessa korkeimmillaan jopa neljäkymmentä prosenttia.

### 5.1.4 Prosessin arvovirtakuvaus

Tutkimuksen empiirisen tutkimuksen ja siinä hankitun aineiston lisäksi nykytilanteesta voidaan luoda arvovirtakuvaus, joka esitetään kuvassa 10. Arvovirtakuvauksen pohjana on käytetty aikaisemmin kuvassa 7 esiteltyä mallia, mutta kuvausta on muokattu vastamaan paremmin yrityksen toimintaa. Lajitteluprosessi sisältää niin paljon vaihtelua eri tuotteiden ja vuorojen osalta, että prosessin eri vaiheiden kestoja ei tässä tutkimuksessa ole järkevää mitata tai esittää. Esimerkiksi osa tuotteista odottaa käsittelyä varastoalueelle, kun taas osa virtaa suoraan terminaaliin saapumisen jälkeen käsittelyyn. Vaihtelusta johtuen kuvauksessa esitetään tutkimuksen tuloksina syntyneet prosentuaaliset arviot arvoa lisäävän (VA), tarpeellisen arvoa lisäämättömän (NNVA) ja arvoa lisäämättömän työn (NVA) osuuksista prosessin eri vaiheissa



**Kuva 10:** Lajitteluprosessin arvovirtakuvaus. (Mukaillen Womack & Jones 2003, s. 317)

Tampereen lajittelukeskuksen toiminta kattaa kuvauksen prosessivaiheet, punaisilla kolmioilla esitetyt varastoinnit, jolloin lajitteluun saapuvia ja lajittelusta valmistuneita yksiköitä varastoidaan lajittelukeskuksessa sekä resurssisuunnittelun. Kuvan yläosassa esitetään informaatiovirtojen kulku yleisellä tasolla, mikä vaikuttaa toimintaan. Yrityksen asiakkaita ovat kuluttajat ja yritykset. Yksittäiset henkilöt tai yritykset voivat lähettää lähetystyksiä muille henkilöille tai yrityksille. Tästä on mahdollista saada tietoa tilauksista. Lisäksi tätä voidaan ennustaa esimerkiksi sesonkien mukaan. Lisäksi kuluttajat ja yritykset voivat tilata tuotteita yrityksiltä, joiden kuljetuksesta ja toimituksista Posti vastaa. Tätäkin käyttäytymistä voi olla mahdollista ennustaa. Erilaiset alennusmyynnit ja sesongit vaikuttavat myös tähän kulutuskäyttäytymiseen. Tilausten ja ennusteiden pohjalta Tampereen lajittelukeskus saa ennusteen volyymeistä eri vuoroihin. Tämä tieto ohjaa tuotannon resurssisuunnittelua. Ennustaminen luo oman haasteensa prosessin onnistumiselle, sillä väärin mitoitettu resurssi joko lisää kustannuksia tai luo haasteita prosessin onnistumiselle. Vaihtelu on siis suuresti läsnä prosessissa niin volyymin kuin resurssinkin osalta.

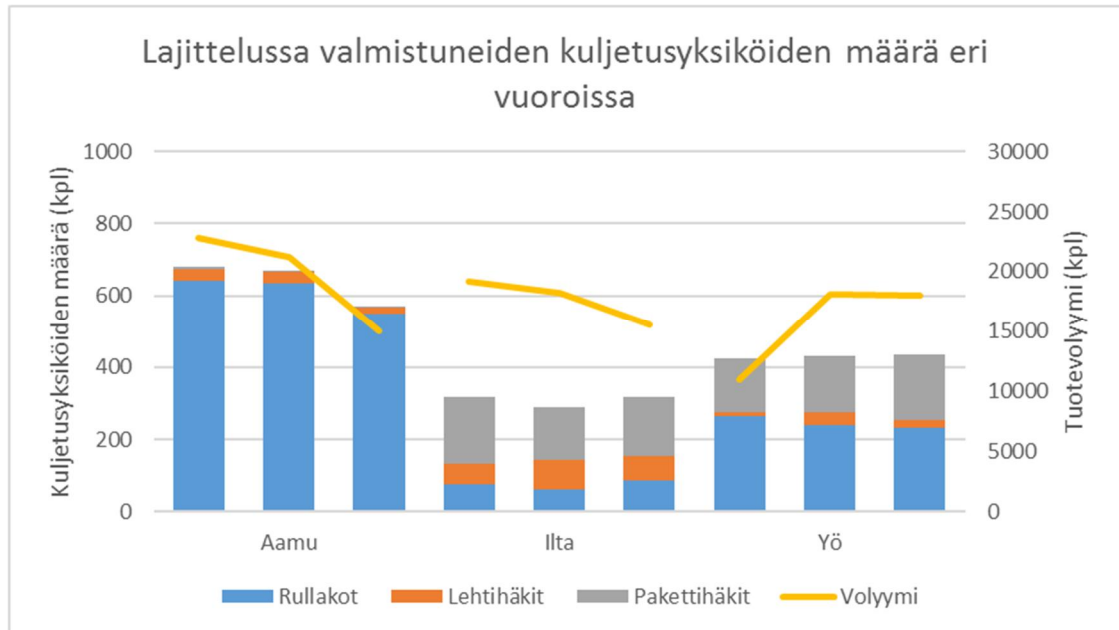
Tuotantoprosessin toiminnasta eri vaiheissa kuvaus antaa tietoa arvoa lisäävän työn määrästä. Kuvauksessa esitetään eri linjojen lukemat: ”kouru” viittaa rullakkokaatolinjaan ja ”laite” kaatolaitelinjaan. Syöttötoiminnan arvoa lisääväksi työksi aiemmin esitettiin kuljetusyksiköiden syöttäminen kaatolaitteeseen tai kaatokouruun. Kaatolaitelinjalla syöttötoimintaa suorittavan resurssin ajankäytöstä vain viidennes oli arvoa lisäävää työtä. Rullakkokaadossa arvoa lisäävän työn osuus oli kolmannes. Suurin osa kaatolaitesyöttötoiminnan ajasta kului liikkumiseen ja paikalta poistumiseen. Loppuaika oli materiaalinhallinnallisia avustavia töitä, jolla varmistettiin syöttötoiminta. Materiaalinhallinnalliset avustavat työt olivat lähes puolet rullakkokaataajan ajankäytöstä.

Kääntelytoiminnan arvoa lisäävän työn osuus oli yli puolet. Kolmannes resurssin ajankäytöstä meni odottamiseen. Rullakkokaatolinjalla odottamisen osuus on pienempi, sillä lajiteltavia tuotteita virtaa kääntelyyn nopeammin. Lajitteluprosessissa, joka on koko tuotantoprosessin keskeisin ja ainoa oikeasti lisäarvoa luova vaihe, sisälsi lajittelutyötä kaksi kolmannesta. Kolmasosa resurssin ajasta kului avustaviin töihin, yksiköiden hakuun ja odottamiseen.

### **5.1.5 Prosessin materiaali kierto**

Tuotantoprosessin vuorokausirytmiksi koostuu kolmesta vuorosta, joista jokainen on hyvin erilainen materiaalinhallinnan osalta, mikä vaikuttaa prosessin materiaali kiertoon. Materiaali kierron osalta on huomioitava prosessiin syötettävät yksiköt, lajitteluprosessissa käytettävät yksiköt sekä lajittelukeskukseen toimitetut tyhjät yksiköt. Vuorokauden materiaali kiertoa eli yksiköiden kiertoa prosessissa tarkasteltiin syöttöprosessin osalta strukturoidun havainnoinnin avulla ja lajitteluprosessiin osalta erikseen mittaamalla valmistuneiden kuljetusyksiköiden määrää eri vuoroissa.

Valmistuneiden yksiköiden määrää tarkasteltiin jokaisessa vuorossa kolmena eri viikonpäivänä, jolloin saatiin eri viikonpäivien vaihtelut volyymin osalta huomioitua. Samalla tunnistettiin eri vuoroissa lajittelussa käytettävät yksiköt, ja lajiteltujen yksiköiden jakaantuminen pakettien ja lehtikimppujen kesken. Tämän tarkastelun tulokset esitetään yksinkertaistetusti kuvassa 11.



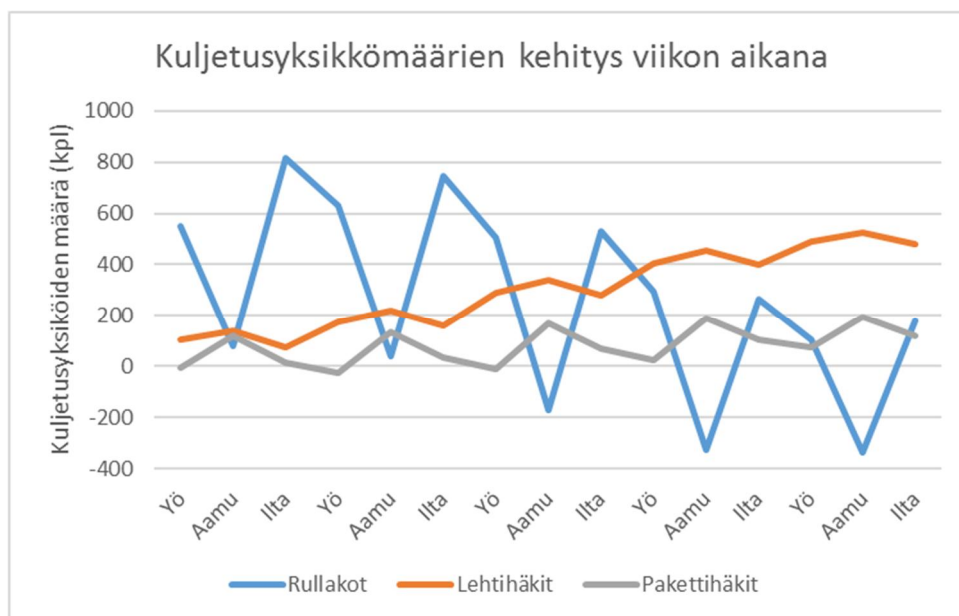
**Kuva 11:** Lajitteluprosessissa valmistuneiden kuljetusyksiköiden määrä eri vuoroissa.

Kuvassa sinisellä esitetään valmistuneiden rullakoiden, oranssilla lehtihäkkien ja harmaalla värillä pakettihäkkien määrä. Arvot sisältävät sekä pakettien että lehtikimppujen lajitteluun käytetyt yksiköt, mutta ei erottele niitä tässä tarkemmin. Lisäksi kuvassa esitetään kokonaisvolyymin määrä, jolloin nähdään volyymin vaikutus kuljetusyksikkömäärään. Vasemman asteikon arvot esittävät lajittelussa käytettyjen kuljetusyksiköiden määrän kappaleina, ja oikea asteikko tuotevolyymin määrän kappaleina. Vuorojen tuloksiin osittain vaikutti tarkasteltavaa vuoroa edeltävän vuoron prosessin onnistuminen aikataulussa. Lisäksi paketti- ja lehtihäkkien määrään vaikutti pakettihäkkien määrä, sillä pakettihäkkien puuttuessa joudutaan käyttämään puolta pienempää lehtiäkkiä lajittelussa.

Kuvasta huomataan, että aamuvuorossa lajittelussa käytettävä yksikkö on pääosin rullakko. Iltavuorossa taas lajittelu tapahtuu häkkeihin. Yövuorossa käytetään molempia. Lajittelun materiaalinkäytön eroavaisuuksien lisäksi vuorojen syöttöprosesseissa on suuria eroja.

Aamuvuorossa prosessiin syötetään pääosin häkkeitä, jotka ovat ilta- ja yövuoron ajan varastoituneena lajittelukeskuksessa aamuvuoron prosessia varten. Iltavuorossa syöttöprosessissa käsitellään häkkien lisäksi runsaasti rullakoita, joita saapuu aluekuljetusten kerääminä lajittelukeskukseen käsiteltäväksi. Tämän vuoksi iltavuorossa käytetään rul-

lakkokaatolinjoja syöttöprosessin nopeuttamiseksi. Käsiteltävät tuotteet saapuvat illan aikana kuljetuksilla lajittelukeskuksen terminaaliin, mistä ne siirretään illan aikana suoraan tuotantoon, jolloin pitkää varastointiaikaa tuotteille ei tule. Koska aluekuljetukset keräilevät toimipaikkoihin ja -pisteisiin toimitetut lähetykset vasta illalla, synnyttää tämä lajitte- lukuorman painotuksen iltavuorossa vuoron loppuun. Yövuoro muistuttaa iltavuoroa siten, että vaikka pieni määrä käsiteltävää tavaraa on saapunut jo illan aikana, virtaa suurin osa tavarasta käsittelyyn pitkin vuoroa. Käsiteltävät yksiköt tosin ovat pääosin häkeissä, ja usein vielä pienemmissä lehtihäkeissä. Yövuorossa myös käsitellään paketti- tuotteen lisäksi runsaasti lehtikimppuja, jolloin vuoro muistuttaa osittain aamuvuoroa. Rullakkokaatolinjoja ei myöskään käytetä. Kun tarkastellaan viikon materiaalikiertoa kokonaisuutena, jossa huomioidaan syöttö- ja lajitteluprosessi, saadaan luotua kuvaaja (kuva 12), joka esittää eri kuljetusyksiköiden määrää viikon aikana.



**Kuva 12:** Kuljetusyksikkömäärien kehitys viikon aikana.

Kuvassa 12 esitetään arvioitu kuljetusyksikkömäärän kehitys yhden viikon aikana, kun huomioidaan syöttöön saapuvien yksiköiden lisäksi lajittelussa käytettävät yksiköt volyymin mukaisesti. Sinisellä esitetään rullakoiden, oranssilla lehtihäkkien ja harmaalla värillä pakettihäkkien määrä. Laskelmissa ei huomioida keskuksen toimitettuja tyhjiä yksiköitä, mitä on toimitettu prosessin käyttöön satunnaisesti aluekuljetusten mukana. Tästä syystä kuvaajien arvot ovat osittain negatiivisia. Rullakkomäärän arvoon lisäksi negatiivisesti vaikuttaa päivittäin asiakkaille toimitettavat rullakot. Kuvasta huomataan, että rullakoiden tarve on suurempi kuin keskuksen lajiteltavaksi toimitettavien yksiköiden määrä. Satunnaiset ja tilatut kuljetusyksikkötoimitukset täydentävät kuljetusyksikköva- jausta. Lehtihäkkejä taas on käytettävissä yli tarpeen, jolloin niillä voidaan korvata pakettihäkkien vajautta tai niitä voidaan kuljettaa muualle käytettäväksi.

Vuorojen erilaisuus ja erilaiset tarpeet tuovat oman haasteensa materiaalinhallintaan ja toimintaan prosessissa. Koska eri vuorojen lajittelussa käyttämä kuljetusyksikkö eroaa osittain samaan aikaan prosessiin syötettävästä yksiköstä, vaatii toiminta yksiköiden varastointia. Lisäksi tuotteiden lajittelussa on suuria eroja: lehtikimppujen lajittelu tapahtuu pääosin automaattisesti rullakoihin (pois lukien yövuoron osittainen lehtikimppujen manuaalinen lajittelu), kun taas pakettituotteet lajitellaan manuaalisesti sekä häkkeihin että rullakoihin. Lajittelun erot vaikuttavat myös yksikkötarpeisiin, kun eri tuotteiden volyymit vaihtelevat.

## **5.2 Kehityskokeiluiden mittaustulokset**

Haastatteluissa ja havainnoinnissa tunnistettujen ongelmien pohjalta suunniteltiin kaksi erilaista toimintatapakokeilua. Näistä ensimmäinen liittyi syöttöprosessiin ja syöttöprosessin toimintatapaan kaatolaitteita käytettäessä. Toinen keskittyi lajitteluprosessin työnjakoon ja roolitukseen. Toimintamalleja havainnoitiin strukturoidusti samaan tapaan kuin nykytilannetta havainnoidessa. Tarkastellaan seuraavaksi kokeiluita tarkemmin ja esitetään kokeiluiden tulokset.

### **5.2.1 Keskitetty syöttötoiminta**

Syöttöprosessissa kokeiltiin aamuvuorossa toimintatapaa, jossa kolme kaatolaitetta käytettäessä, syöttöprosessi keskitetään yhteen päähän vierekkäisille kaatolaitteille. Nykytilannetta tarkasteltaessa toimintamallina oli kolmella kaatolaitteella toiminta eri päissä syöttöaluetta. Tämä johtui osittain käsittelyyn tulevien kuljetusyksiköiden varastopaikoista tai työnjohdon valinnoista. Kokeilussa kolmen kaatolaitteen syöttö keskitettiin vierekkäisiin kaatolaitteisiin, minkä tarkoituksena oli saada etuja kahden syöttäjän rinnakaistoiminnasta verrattuna nykytilanteeseen, jossa syöttäjät toimivat itsenäisesti eri päissä aluetta. Varastointialueita ei vielä kokeilun alkuvaiheessa vaihdettu, vaan toiminta vaati osittain yksiköiden siirtoa syöttöalueelle. Tämän toimintatavan strukturoidun havainnoinnin tulokset esitetään taulukossa 7. Havainnoinnissa keskityttiin suurelta osin syöttötoimintaan, ja vaikka myös kääntelytoimintaa tarkasteltiin, on tässä tutkimuksessa keskeistä esittää vain syöttötoiminnan havaintotulokset.

**Taulukko 7:** Kokeillon syöttömallin havainnoinnin tulokset.

	<b>Kaatolaitelinja</b>
<i>Aikaväli</i>	7.12. - 21.12.
<i>Otanta min</i>	215
<i>Otanta kpl</i>	8
<i>Tarkasteltavien kaatolaitteiden määrä</i>	3
<b>Arvotyö</b>	18 %
<b>Avustava työ</b>	51 %
<b>Liikkuminen</b>	23 %
<b>Odotus</b>	8 %
<b>Yhdelle linjalle syötetyt kulj.yksiköt / h</b>	23
<b>Yhdelle linjalle syötetyt tuotteet (kpl) / tunti</b>	1266
<b>Syötetyt tuotteet (kpl) / resurssi</b>	466
<b>Ylituotanto (kpl) / tunti</b>	337

Taulukosta huomataan, että taulukon 4 arvoihin verrattuna, turhaan liikkumiseen käytetty aika väheni, mikä muuttui avustavaksi työksi. Lisäksi syötön määrä kasvoi. Ylituotannon suuri lukema selittyy ensimmäisen kokeilun seurauksena syntyneestä suuresta ylituotannon määrästä. Syöttötoiminnan tehostuessa, ei lajittelutyöskentelyn kasvavaan resurssitarpeeseen osattu varautua, mikä johti ylituotannon suureen kertymisvauhtiin (1843 kappaletta tunnissa) tarkastelun ajanjaksolla. Kokeiluiden jatkuessa ja resurssien kohdentamisen jälkeen ylituotanto väheni lähelle nollaa tai jopa nollean, mitä ei koettu nykytilanteen syöttöprosessin tarkastelussa kertaakaan.

Kokeilun tavoitteena oli tarkastella hyötyjä, joita saadaan kahden syöttäjän rinnakkaisesta toiminnasta, jolloin tuotannon virta saadaan pidettyä tasaisena, vaikka toinen poistuu paikalta. Tämä onnistui mainiosti, mutta ongelmia aiheuttivat hihnahäiriöt, häkkien hajoamisen seurauksena pysähtynyt kääntötoiminta sekä luisujen tukkeutuminen.

## 5.2.2 Lajittelun apurooli

Aamuvuoron lajitteluprosessissa kokeiltiin uutta roolia, jonka tehtäviin kuului erilaisia avustavia töitä. Nykytilannehavainnoinnissa huomattiin, että jokainen lajittelija tekee kaikkia eri tehtäviä, mitä lajittelun onnistumiseen kuuluu. Kokeilulla pyrittiin keskittämään avustava työ yhdelle tai kahdelle henkilölle. Roolin tehtävä oli valmistella lajittelualue valmiiksi seuraavaa lajitteluprosessia varten. Tämä sisälsi kuljetusyksiköiden siirron lajittelupaikoilleen ja ohjauslappujen tulostuksen. Tämän lisäksi roolin tehtävä oli lajittelun aikana siirtää tyhjiä kuljetusyksiköitä lähialueelle lisää, järjestää valmiita yksiköitä lähtöalueittain, tulostaa lisää ohjauslappuja tarvittaessa sekä auttaa lajittelutyössä erityisesti lajittelupaikoilla, joissa oli ylituotannon riski. Kokeilun aikana havainnoitiin lajittelusuoralla samaan aikaan työskentelevien, lajittelutyötä suorittavien työntekijöiden,



ajankäyttöä sekä ylituotannosta ilmoittavan valon palamista. Tämän kokeilun havainnoinnin tulokset esitetään taulukossa 8.

**Taulukko 8:** Lajittelutyön havainnot lajitteluprosessin toimintamallikokeilussa.

<i>Aikaväli</i>	15.12. - 16.12.
<i>Otanta min</i>	95
<i>Otanta kpl</i>	3
<i>Tarkasteltavien luisujen määrä</i>	9 - 10
<b>Arvotyö</b>	93 %
<b>Avustava työ</b>	6 %
<b>Liikkuminen</b>	0 %
<b>Odotus</b>	1 %
<b>Ylituotantovalon palaminen (%)</b>	4 %
<b>Ylituotanto kpl / h</b>	4

Taulukosta 8 huomataan, että apuroolin suorittamien avustavien töiden jälkeen, lajittelija käytti keskimäärin yli yhdeksänkymmentä prosenttia käyttämästään toiminnallisesta työajasta lajittelutyöhön. Muu aika (6 %) käytettiin avustavaan työhön. Havainnoinnissa tarkasteltiin normaalin lajittelutyön toimintaa, jota suorittivat kolmesta kuuteen työntekijää, keskiarvon ollessa neljä työntekijää suoraa kohden. Samaan aikaan yhtä lajittelusuoraa (9 – 10 luisua) palveli yksi avustavia tehtäviä suorittava henkilö, joka ehti avustavien töiden lisäksi käyttää 30 – 50 % työajastaan lajittelutyöhön. On siis huomioitava, että siirtämällä yksi lajittelija lajittelutyöstä avustaviin töihin, nousi lajittelutyön osuus yli yhdeksänkymmeneen prosenttiin. Tässä on kuitenkin huomioitava yhden työntekijän siirto lajittelutyöstä avustavien töiden suorittamiseen. Arvioidaan kokonaisvaikutusta tarkemmin seuraavassa luvussa.

## 6. TULOSTEN ANALYSOINTI

### 6.1 Havainnot tulosten pohjalta

Edellisessä luvussa esiteltyjen tutkimustulosten pohjalta voidaan tehdä johtopäätöksiä tuotantoprosessin nykytilanteesta ja tehottomuutta aiheuttavista tekijöistä. Lisäksi kehityskokeiluiden tuloksista voidaan löytää mahdollisia keinoja ongelmien ratkaisemiseksi.

Tutkimuksen tulosten tarkoitus on luoda pohja tulosten analysoinnille, minkä avulla pystytään vastaamaan tutkimuskysymykseen, eli siihen kuinka tuotantoprosessia voidaan parantaa materiaalinhallintaa kehittämällä. Tarkasteltua prosessia ei tarkasteltu vain materiaalinhallinnan näkökulmasta vaan itse tuotantoprosessin näkökulmasta, jolloin prosessista pyritään löytämään ongelmia, joista tunnistetaan erityisesti materiaalinhallintaan liittyvät. Myös ongelmat, joiden seurauksena syntyy uusia ongelmia materiaalinhallintaan ja sitä kautta koko tuotantoprosessiin huomioidaan. Käsitellään seuraavaksi tunnistettuja ongelmia, ja pohditaan mahdollisia parannusehdotuksia prosessin toimintaan.

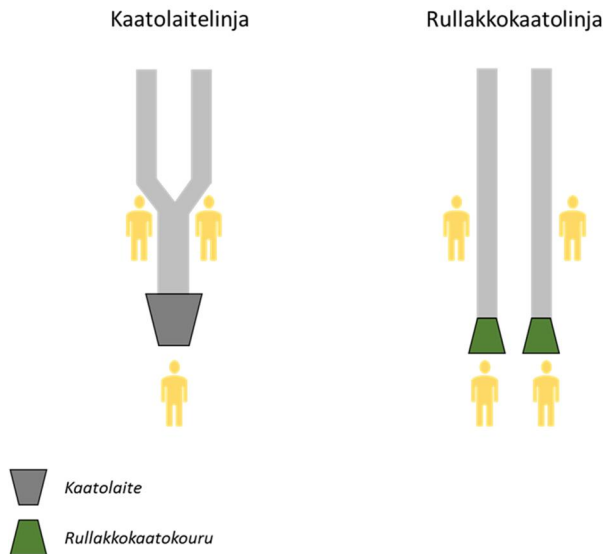
### 6.2 Nykyisen tuotantoprosessin haasteet

#### 6.2.1 Syöttöprosessi

Haastatteluista ja vapaasta havainnoinnista huomataan, että syöttöprosessin haasteet liittyvät suurelta osin henkilöiden toimintatapaan, tehtävien roolitukseen ja materiaalinhallinnallisiin valintoihin. Nämä yhdistettiin vahvasti nimenomaan kaatolaitelinjan toimintaan. Henkilöiden toimintatapaan liittyvät haasteet, kuten ohjeistuksen vastainen toimintatapa syöttötoiminnassa tai prosessia muutoin hidastava toiminta, kuten kaatolaitteen seisottaminen tyhjänä, voidaan nähdä työnjohdollisena haasteena: näihin voidaan vaikuttaa henkilövalinnoilla tai teknisillä työkaluilla. Postilla on kokeilussa laite, joka tunnistaa yksikön tyhjäksi ja siten laskee laitteen itse, mutta laitteessa on havaittu vielä ongelmia, eikä sitä ole vielä otettu tarkastelussa yksikössä käyttöön, vaan kaatolaitteen lasku suoritetaan kääntelijän toimesta kytkimestä.

Materiaalinhallinnalliset ja roolituksesta syntyvät ongelmat nykyisessä prosessissa sen sijaan ovat tämän tutkimuksen kannalta kiinnostavia. Käsitteeseen syötettävien kuljetusyksiköiden välivarastoalueen sijainti kaukana kaatolaitteesta ja siten syöttäjän pitkät liikkumismatkat tunnistettiin ongelmiksi haastatteluissa. Strukturoidun havainnoinnin tulokset myös osoittavat, että kaatolaitesyötössä syöttäjän työajasta yli kolmannes kului tyhjänä liikkumiseen ja paikalta poistumiseen. Turhaa liikkumista syntyi, kun yksiköitä haettiin yksitellen, eikä toiminnassa apuna ollut ”sisätrukki” ehtinyt siirtää kolmea yksikköä

kerrallaan lähemmäksi. Paikalta poistuminen tarkoitti tässä tapauksessa poistumista hihnan tai koneen häiriökuittaukseen. Tämäkin ongelma tunnistettiin haastatteluissa. On ymmärrettävää, että syöttäjä on ainut linkki prosessin seuraavaan vaiheeseen, mikä mahdollistaa tuotteiden käsittelyn ja lopulta lajittelun. Havainnollistetaan tätä kuvan 13 avulla.



**Kuva 13:** Kääntelytyön riippuvuus syöttötoiminnasta kaatolaite- ja rullakkokaatolinjoilla.

Kuvassa 13 esitetään vasemmalla puolella kaatolaitelinja ja oikealla puolella rullakko-kaatolinja, sekä näiden linjojen toimintaan liittyvät henkilöt. Molemmilla linjoilla kuvassa ylemmät henkilöt ovat kääntelijöitä. Alemmat henkilöt syöttävät kuljetusyksiköitä kaatolaitteeseen tai -kouruun. Kuvasta huomataan, että kääntelytyö ja prosessin eteneminen on suoraan riippuvainen prosessin aiemmasta vaiheesta, syöttötoiminnasta. Samaan aikaan, kun kaatolaitelinjan syöttäjä poistuu paikalta, odotetaan kääntelyssä ilman käsiteltävää yksikköä, jolloin prosessin virtaus siis pysähtyy. Tämä ongelma syntyy vain kaatolaitelinjalla, jossa syöttäjiä on usein yksi kahta kaatolaitelinjaa kohden, kun taas rullakko-kaatolinjalla syöttäjiä on usein kaksi yhtä linjaa kohden. Poistumisen ongelma voitaisiin luokitella mekaaniseksi koneesta tai häiriöstä johtuvaksi syyksi, jos yksi syöttäjä syöttäisi yhdelle kääntelijälle ja toisen olisi poistuttava paikalta joka tapauksessa. Mutta koska yksi kaatolaitesyöttäjä syöttää usein kahdelle kaatolaitteelle eli neljälle kääntelijälle ja heidän hihnoilleen, syntyy ongelmasta laajempi. Tällöin ongelma ei ole vain yhden hihnan tai linjan mekaaninen ongelma vaan ongelman syy on aiemman vaiheen toimimattomuus tai tehtävien roolitus. Samaan aikaan, kun yksi linkki poistuu, voi se siis aiheuttaa jopa neljän ihmisen odottamisen, sillä hihnan tai koneen häiriö ei välttämättä vaikuta kaikkien linjojen toimintaan samaan aikaan. Sen lisäksi, että neljä ihmistä odottaa työtä, vaikuttaa tämä myös prosessin myöhempään vaiheeseen eli lajitteluun, koska virtaus pysähtyy ja lajiteltavat tuotteet voivat loppua, jolloin vaikutus on vieläkin suurempi.

Syöttöhenkilöiden ylimääräinen liikkuminen ja paikalta poistuminen vaikuttaa negatiivisesti kääntelytyöhön ja siten prosessiin syötettävien tuotteiden määrään, mikä huomataan

taulukon 5 tuloksista. Syötön tehottoman toiminnan lisäksi osa kääntelyn odottamisesta voi olla kääntelijöiden oman toiminnan seurausta. Taulukon 5 tuloksista huomataan lisäksi, että odottamista syntyy enemmän kääntelystä kaatolaitelinjalla kuin rullakkokaatolinjalla. Tätä selittää juuri edellä mainitut tekijät: kaatolaite ja syöttäjän toiminta. Rullakkokaatolinjalla, jota käytetään vain illassa, yksiköt ovat suhteellisen lähellä koko ajan ja yksikön syöttö on nopeampaa ilman mekaanista kaatolaitetta. Ja mikäli syöttäjiä on kaksi, ei toisen poistuminen paikalta hidasta prosessia välttämättä merkittävästi, sillä silloin toinen henkilö voi suorittaa syöttöä.

Kääntelytyö on syöttöprosessin viimeinen vaihe, ja ainut vaihe millä lopulta on koko tuotantoprosessin seuraavan vaiheen, lajittelutyön, kannalta merkitystä. Syöttöprosessin toiminnan tarkoitus on vain mahdollistaa tuotteiden siirtyminen kääntelyn tuloksena koneelle ja edelleen lajiteltavaksi mahdollisimman tehokkaasti, jotta prosessi ehtii käsittelemään vaaditun volyymin määrän.

## 6.2.2 Lajitteluprosessi

Haastatteluissa ja vapaassa havainnoinnissa tunnistettiin runsaasti lajitteluprosessiin liittyviä ongelmia. Nämä liittyivät henkilöiden toimintatapaan, teknisiin tekijöihin, roolitukseen ja materiaalinhallintaan sekä logistiikkaan. Henkilöiden tekemättömyys, oma-aloitteisuuden puuttuminen ja reagoimattomuus ovat ongelmia, jotka liittyvät työnohjaukseen ja motivointiin, ei suoraan materiaalinhallintaan prosessissa. Tekniset tekijät ja roolitus sen sijaan vaikuttavat lajitteluprosessin materiaalinhallintaan suuresti.

Tekniset ongelmat liittyvät esimerkiksi tuotteiden ohjaukseen lajittelupaikoille. Lajittelupaikkojen kohdalla on havaittavissa selkeää epätasapainoa: toiset paikat ovat ruuhkaisia, kun samaan aikaan muutama lajittelupaikka suoralla on kokonaan tyhjänä. Ruuhkaisten luisujen sijoitus kauas kuljetusväylästä aiheuttaa ylimääräistä kuljettamista, sillä lajiteltuja yksiköitä syntyy enemmän ja siten ylimääräistä kuljettamista myös. Ruuhkaisten lajittelupisteiden sijoitus kauas taakse aiheuttaa myös toisenlaisen ongelman: henkilöt, varsinkin pitkään yrityksessä työskennelleet, karttavat näitä paikkoja. Ilman työnohjausta, on helppo jättää menemättä ruuhkaisten lajittelupisteiden luokse, jonka tavaramäärää ei kunnolla näe. Tämä aiheuttaa helposti ylituotantoa, mihin liittyy myös se, että ylituotannosta varoittavia valoja on vain yksi suoraa kohden. Suoralla saattaa olla kymmenen lajittelupaikkaa ja luisua, ja valo toisessa päässä suoraa. Valoon reagoidaan todella huonosti, jos ollenkaan. Syynä on varmasti heikko näkyvyys mutta myös henkilöiden haluttomuus reagoida.

Materiaalinhallinnallisia ja logistisia ongelmia syntyy ahtaiden tilojen lisäksi siitä, että samantapaisia postinumeroita sisältävät tuotteet lajitellaan eri lajittelupisteissä ympäri aluetta. Positiivinen tekijä tässä on se, että laatuvirheitä syntyy vähemmän, mutta tämä luo samalla materiaalinhallinnallisen ongelman: samalle portille meneviä kuljetusyksiköitä syntyy käytävän matkalla eri paikoilla, jolloin niiden kuljetukseen siirto hidastuu,

kun sisälogistiikan henkilöt joutuvat etsimään oikeita kuljetusyksiköitä pitkin käytävää. Tämä johtuu siitä, että kuljetusyksikön valmistuessa, yksikkö vain vaihdetaan ja valmis yksikkö jätetään käytävälle lajittelupaikan kohdalle. Tilannetta hankaloittaa se, että sisälogistiikka usein odottaa valmiiden yksiköiden siirtoa yksiköiden ajoneuvon lastaukseen asti, jolloin käytävät täyttyvät ja yksiköiden kuljetukseen siirto on vieläkin hankalampaa. Lajiteltuja yksiköitä ei siis virtaa lajittelualueelta terminaaliin tasaisesti vaan virtaus keskittyy käsittelyjen loppuun.

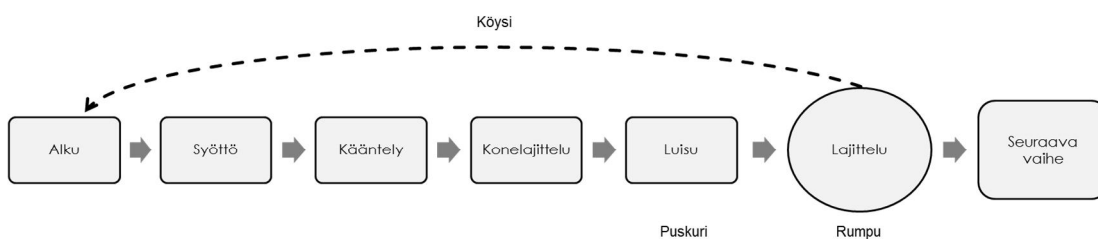
Konkreettisia lajitteluprosessin ongelmia koetaan myös usein haastavan kuljetusyksikkökierron osalta. Aiemmin esitetystä kuljetusyksikkömäärien kehityksen kuvaajasta nähdään, että ajanhetket jolloin kuljetusyksikkövarastot vähenevät ajoittuvat rullakoiden osalta aamuvuoron loppuun ja häkkien osalta ilta- ja yövuoroihin. Lisäksi iltavuoron loppun häkkipula vaikuttaa negatiivisesti yövuoron alkuun, jossa myös tarvitaan häkkeitä rullakoiden lisäksi. Aika ajoin kuljetusyksiköitä tilataan lisää muista lajittelukeskuksista tai niitä palautuu asiakkailta, mutta edelleen liian usein kuljetusyksikköpula aiheuttaa ongelmia lajitteluprosessiin. Tämä johtuu siitä, että tarpeisiin reagoidaan liian myöhään, jolloin ohjauskeskus ei pysty toimittamaan lajittelukeskukseen tyhjiä yksiköitä. Kuljetusyksikkövajaus johtaa lajittelutyön hidastumiseen ja jopa keskeytymiseen, kun lajittelutyöntekijät poistuvat erikseen etsimään kuljetusyksiköitä. Tämä on osittain myös tehtävien roolituksesta johtuva ongelma.

Lajittelutyö on suunniteltu niin, että jokainen tekee kaikkia lajitteluprosessiin kuuluvia tehtäviä. Jokainen lajittelija hakee yksittäin kuljetusyksikön läheltä tai kauempaa, jos niitä ei ole lähettyvillä. Lisäksi jokainen tulostaa yksitellen ohjauslappuja ja liikkuu täten ohjauslapun ja tulostimen väliä. Suoralla voi olla esimerkiksi vain yksi toimiva tulostin ja yksi viivakoodinlukija. Jos henkilö tarvitsee uuden ohjauslapun, hän kävelee ensiksi tulostimelta hakemaan viivakoodinlukija, ja mikäli hän ei muista ohjauslappua tarkasti eikä siten tulosta sitä tulostimen vieressä olevasta kansioista, kävelee henkilö takaisin ohjauslapulle ja lukee viivakoodin, jonka jälkeen kävelee takaisin tulostimelle hakemaan ohjauslapun ja kävelee sitten takaisin lajittelupaikalle. Tällöin henkilö voi kävellä jopa neljä kertaa suoran päästä päähän, jolloin arvoa tuottavaa lajittelu-aikaa menetetään. Sama ongelma tunnistettiin strukturoidun havainnoinnin tuloksista. Kolmannes lajittelijan työstä kuluu liikkumiseen ja avustavaan työhön, jota suurin osa oli kuljetusyksiköiden siirtoa ja ohjauslappujen tulostusta ja kiinnitystä.

Kun yksi lajittelutyötä suorittava henkilö käyttää kolmanneksen ajastaan avustavaan työhön ja liikkumiseen, joka ei tuota lisäarvoa asiakkaalle millään tapaa, on osuudella suuri merkitys kokonaisuuden kannalta. Lajittelutyötä tapahtuu koko vuorokauden ympäri ja kymmenien henkilöiden toimesta, joten kokonaisuudessaan tällä osuudella on suuri merkitys. Tämän painoarvoa lisää se, että lajittelutyö on tarkasteltavan tuotantoprosessin ainoa todellista lisäarvoa luova vaihe. Millään aikaisemmin käsitellyllä, syöttöprosessilla tai sisälogistiikan toiminnalla ei ole merkitystä, ellei lajittelutyötä tapahdu. Syöttöprosessi ja sisälogistiikka palvelevat vain lajittelua ja sen tehokasta onnistumista. Lajittelu on se

vaihe, mistä asiakas maksaa: jotta tuote löytää oikeaan paikkaan, oikeaan aikaan ja oikealla palvelutasolla. Lajittelun tehtävä on onnistua tässä omalta osaltaan, eli ohjata käsiteltävä tuote oikeaan yksikköön ja oikeaan ajoneuvoon kustannustehokkaasti.

Aiemmin esitetty lajittelutyön hitaampi tahti verrattuna syöttöprosessin kääntelytoimintaan vaatii, että lajittelutoimintaa suorittaa useampi resurssi kuin kääntelytoimintaa. Tällöin virtausyksiköt prosessissa virtaisivat tehokkaasti. Edellä esitetyt lajitteluprosessin ongelmat kuitenkin heikentävät lajittelutyön tehokkuutta, mikä johtaa pullonkaulan syntymiseen lajitteluprosessiin. Tämä johtaa siihen, että lajittelu tarvitsee enemmän resursseja, mikä vähentää resursseja syöttötoiminnasta, jolloin prosessi ei ehdi käsittelemään riittävän suurta volyymia. Prosessi voidaankin esittää rumpu-puskuri-köysi -metodin avulla seuraavasti (kuva 14).



**Kuva 14:** Tuotantoprosessin pullonkaulan tarkastelu rumpu-puskuri-köysi -menetelmän avulla.

Kuvassa esitetään, että prosessin pullonkaula sijaitsee prosessin vaiheessa, jossa suoritetaan manuaalista lajittelua. Tämä vaihe toimii rumpuna tuotannolle, joka määrittelee prosessin tahdin ja läpäisyn. Pullonkaulan edessä sijaitsee lajittelupaikan luisu, joka toimii puskurina lajitteluvaiheelle. Puskuri varmistaa, että prosessin pullonkaulalla ja hitaimmalla vaiheella on aina työtä tehtäväksi, jolloin pullonkaulaa voidaan hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti. Esimerkiksi konehäiriöiden vuoksi syöttötoiminta voi keskeytyä, mutta pullonkaula voi edelleen toimia puskurin johdosta.

Rummusta yhdistyy lisäksi köysi prosessin alkuvaiheeseen, minkä tarkoitus on informoida alkutuotantoa prosessin etenemisestä ja estää ylimääräisten varastojen synty. Tämä informaatiovirta voidaan nähdä tuotantoprosessin tasapainottamisena työnjohdon toimesta. Tarkasteltavassa tuotantoprosessissa ei ole järkeä jatkaa syöttötoimintaa, mikäli puskurivarasto täyttyy, sillä puskurivaraston täytyminen johtaa ylituotantoon, jolloin jo kertaalleen syötettyjä tuotteita joudutaan syöttämään uudestaan, jolloin syntyy uudelleenaloituksia ja turhaa työtä. Ja kuten jo aiemmin mainittiin, uudelleen aloitukset lisäävät tehostomuutta (Modig & Åhlström 2013, s. 51 - 58). Prosessi tuottaa jatkuvasti ylituotan-

toa, jolloin voidaan todeta, että köysi ei toimi tuotannon tasapainotuksessa. Puskurivara-  
 rasto kasvaa liian suureksi, jolloin prosessin alkuvaiheessa, syöttöprosessissa, tehdään  
 turhaa työtä, kun ylituotanto joudutaan syöttämään prosessiin lopulta uudestaan. Suuri  
 ylituotannon määrä johtaa siihen, että syöttötoiminta joudutaan osittain tai kokonaan kes-  
 keyttämään, ja syöttöprosessin henkilöt siirretään lajittelutyöhön, jolloin ongelma saa-  
 daan korjattua. Nopealla reagoinnilla ehkäistään ylituotannon määrän kasvua, mikä on  
 positiivinen asia, mutta työntekijöiden siirtely aiheuttaa myös ylimääräistä liikkumista ja  
 vaiheiden uudelleen aloituksia. Tämän pitäisi samalla toimia työnjohdolle signaalina tuo-  
 tannon ja resurssisuhteen epätasapainosta lajittelun ja syöttötoiminnan välillä, mikä vaatii  
 työnjohdolta reagointia resurssien kohdentamisessa, jotta virtaus saadaan tasapainotettua.

Lajitteluprosessien toiminnan parantaminen ja pullonkaulan poistaminen, on erityisen  
 tärkeää prosessin kehityksen kannalta. Mikäli pullonkaulavaihetta ei pystytä kehittämään,  
 eivät tehostustoimenpiteet muualla synnytä prosessiin lopulta hyötyä. Tarkastellaan seu-  
 raavaksi kehityskokeilun tulosten tarkastelun kautta parannusehdotuksia prosessin toi-  
 mintaan.

### 6.3 Parannusehdotukset

Nykytilanteen tarkastelusta huomataan, että tuotantoprosessin kehittämiseen on mahdol-  
 lisuuksia niin syöttö- kuin lajitteluprosessissakin. Kun tuotantoprosessin tehokkuutta tar-  
 kastellaan prosessin läpäisyllä (käsiteltyjen tuotteiden lukumäärä / henkilötyötunti), ha-  
 vaitaan kaavasta, että läpäisyn määrää voidaan parantaa kasvattamalla käsiteltyjen tuot-  
 teiden määrää tai vähentämällä resurssia. On siis tunnistettava toimenpiteitä, joilla toiseen  
 tai molempiin näistä tekijöistä voidaan vaikuttaa.

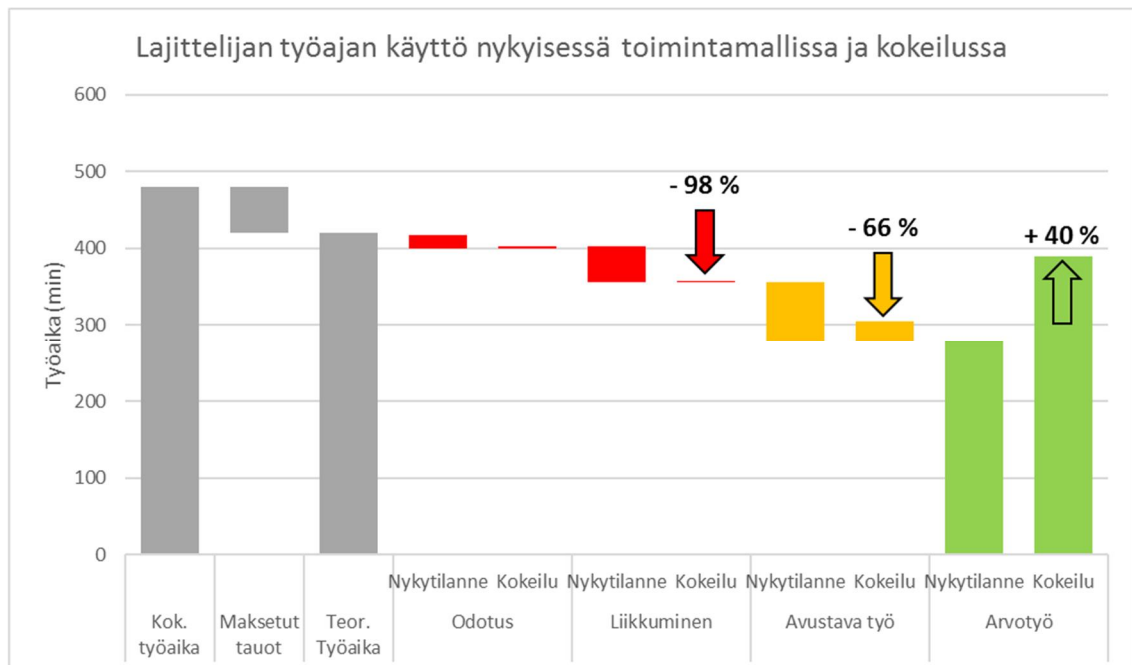
Aiemmin tutkimuksen teoria-osuudessa esitetty läpimenoajan kaava esittää läpimenoajan  
 koostuvan prosessissa virtaavista virtausyksiköistä ja yksittäisen virtausyksikön jakso-  
 najasta. Jos kaavan mukaan halutaan samassa läpimenoajassa käsitellä enemmän tuot-  
 teita, eli kasvattaa läpäisyä, on yksittäisen virtausyksikön eli tuotteen jaksonaikkaa lyhen-  
 nettävä. Jaksonaikkaa on mahdollista lyhentää työskentelemällä nopeammin, lisäämällä  
 resurssia tai kasvattamalla arvotyöhön käytetyn ajan osuutta (Modig & Åhlström 2013, s.  
 45). Resurssin lisääminen nostaa kustannuksia, mikäli resurssia ei voida vapauttaa muu-  
 alta, ja siten vaikuttaa positiivisesti tehokkuuteen. Arvotyöhön käytetyn ajan osuutta sen  
 sijaan on mahdollista kasvattaa erilaisin keinoin.

Tuloksista huomataan, että työntekijän arvoa lisäävään työhön käytettyä aikaa on mah-  
 dollista kasvattaa molemmissa prosessivaiheissa. Näin voidaan nostaa käsiteltyjen tuot-  
 teiden määrää. Koska lajittelu on prosessin hitain vaihe ja pullonkaula, on lajitteluproses-  
 sin kehittäminen ensisijaisen tärkeää, jotta tuotantoprosessin tehokkuutta voidaan paran-  
 taa. Sen lisäksi, että toimenpiteillä voidaan kasvattaa lajittelutyöhön käytettyä aikaa ja  
 parantaa läpäisyä, voidaan tehokkaammalla syöttöprosessilla vapauttaa resursseja, esi-  
 merkiksi lajittelutyöhön kohdistettavaksi. Tarkastellaan seuraavaksi kokeilun tulosten

pohjalta mahdollisuuksia lajitteluprosessin ja syöttöprosessin tehokkuuden kasvattamiseksi.

### 6.3.1 Lajitteluprosessin avustava materiaalinhallinta

Lajitteluprosessissa kokeiltiin toimintamallia, jossa avustavien töiden suorittaminen kohdistettiin yhdelle tai kahdelle henkilölle. Tavoitteena oli, että avustavan työn avulla lajittelutyöhön käytetyn ajan osuus kasvaisi, ja sitä myötä lajittelun läpäisy. Kokeilun tuloksista huomataan, että keskittämällä lajitteluprosessin avustavat materiaalinhallinnalliset toimet tietylle henkilölle ja valmistelemalla lajittelualue valmiiksi ennen lajittelun alkua, vähennetään lajittelijan turhaan liikkumiseen ja avustavaan työhön käytettyä aikaa, eli hukkan määrää. Samalla hukkatyöhön käytetty aika voidaan käyttää lajitteluun. Kokeilun tulosten vertailu nykyiseen toimintamalliin esitetään visuaalisesti kuvassa 15.



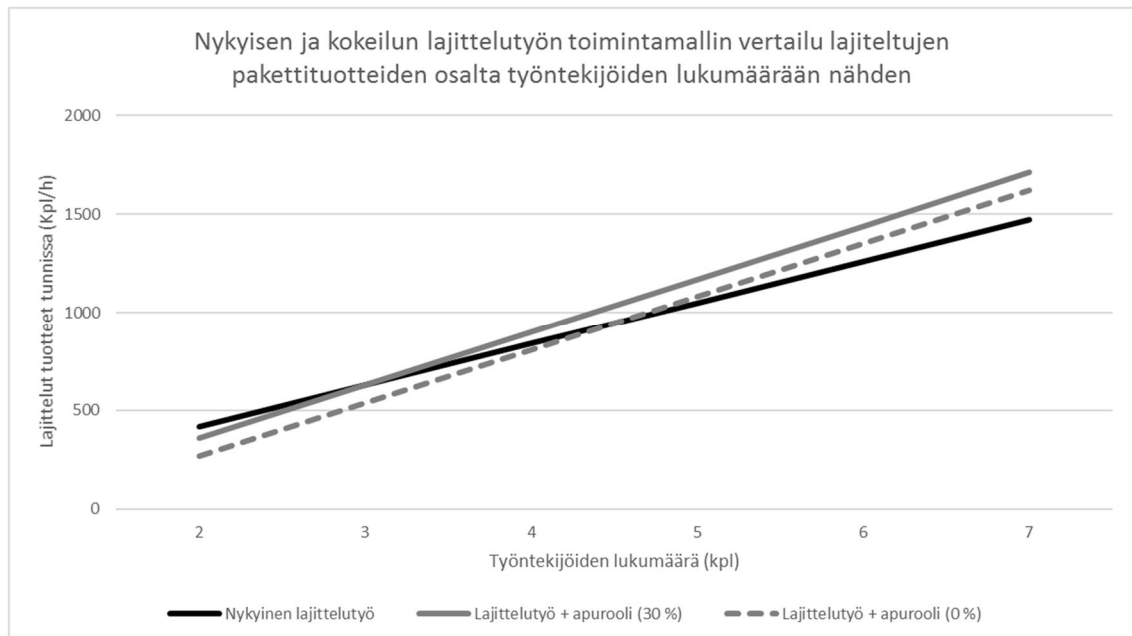
**Kuva 15:** Lajittelijan työajankäytön tarkastelu kokeilussa ja nykyisessä toimintamallissa.

Kuvassa vihreällä värillä esitettävä lajittelijan lajittelutyöhön käyttämä aika kasvoi peräti neljäkymmentä prosenttia nykyiseen verrattuna. Samalla liikkuminen (punainen väri) ja yksiköiden siirtely sekä muu avustava työ (oranssi väri) minimoitiin, kun yksiköt sijaitsivat lähellä. Lajittelualueen materiaalinhallinnalla, etenkin tyhjien yksiköiden osalta, oli suuri merkitys arvotyön lisääntymisessä. Tarkastelussa siirrettiin yksi lajittelija avustavan työn rooliin, mikä on tärkeää huomioida kokonaisvaikutuksia arvioidessa. Siksi on tärkeää tarkastella, että millä resurssimäärillä tällainen toimintatapa on kannattavaa.

Vertaillaan seuraavaksi nykyistä manuaalisen lajittelutyön toimintamallia malliin, jota kokeiltiin tutkimuksen aikana. Kuvassa 16 tarkastellaan niin kutsuttua kannattavuusrajaa (engl. *break-even point*) eli pistettä, missä kokeilun toimintamallin tuotokset kasvavat



suuremmiksi kuin nykyisen toimintamallin tuotokset. Tuotokset nähdään tässä lajiteltujen pakettien lukumääränä. Arviointi perustuu lajittelunopeuteen, jonka teoreettiseksi arvoksi arvioidaan 300 pakettituotetta tunnissa, sekä lajitteluun käytettyyn työaikaan kokonaisuutena nähden. Nykyisen toimintatavan arvioinnissa lajittelutyön osuudeksi on arvioitu 70 % tehokkaasta työajasta. Kokeilussa, jossa apuroolin tehtävänä on suorittaa avustavia töitä ja siten nostaa lajittelutyöhön käytettyä aikaa, lajittelua suorittavan työntekijän lajittelutyön osuudeksi laskelmissa arvioidaan 90 % tehokkaasta työajasta. Laskelmissa nykyisen toimintamallin lajittelutyön osuutta on kasvatettu ja kokeilun lajittelutyön osuutta laskettu. Arvojen eroa on siis kavennettu havaintotuloksiin nähden, jotta arviosta ei saada liian positiivista kuvaa. Kokeilun aikana suoritettussa havainnoinnissa huomattiin lisäksi, että avustava rooli käytti puolet työajastaan lajittelutyöhön. Kuvan 16 vertailussa käytetään 30 % arvoa avustavalle roolille, minkä lisäksi esitetään vertailu, jossa avustava rooli ei käytä yhtään tehokasta työaikaansa lajitteluun.



**Kuva 16:** Kokeilun lajittelutoimintamallin kannattavuusrajat nykyiseen toimintamalliin verrattuna.

Kuvassa 16 mustalla esitetään nykyisen lajittelun toimintamallin tuotokset eli lajitellut pakettituotteet tunnissa lajittelutyöntekijöiden lukumäärän suhteen. Harmaa suora esittää tuotokset kokeilussa toimintamallissa, jolloin työntekijöiden lukumäärä sisältää yhden avustavan työntekijän, joka suorittaa 30 % työajastaan lajittelutyöhön. Harmaa katkoviiva esittää myös kokeiltua toimintamallia, jolloin työntekijöiden lukumäärä sisältää myös yhden avustavan työntekijän, joka ei kuitenkaan suorita lajittelutyötä vaan toimii täysin avustavissa tehtävissä. Kuvasta huomataan, että mikäli avustava rooli pystyy palvelemaan lajittelutyötä siten, että lajittelutyön osuus kasvaa yhdeksäänkymmeneen prosenttiin, ja samalla avustava henkilö ehtii lajitella kolmasosan ajastaan, jo kolmen työntekijän määrällä voidaan yksi työntekijöistä siirtää tekemään avustavaa työtä, jolloin lajittelutyön tuotokset ovat yhtä suuret. Tätä suuremmilla resurssimäärillä saavutetaan jo positiivista

hyötyä. Mikäli avustava rooli ei ehdi suorittaa lajittelutyötä, siirtyy kannattavuusraja viiteen resurssiin, jolloin yksi viidestä työntekijästä on kannattavaa siirtää avustavien töiden suorittamiseen. Laskelmat myös osoittavat, että avustavan roolin toimintamallilla saavutetaan jo seitsemällä työntekijällä, joista yksi on avustavia tehtäviä ja 30 % lajittelutyötä suorittava henkilö, korkeampi tuotos kuin kahdeksan työntekijän lajittelutoiminnalla saavutetaan nykyisellä toimintamallilla. Mikäli avustavia töitä suorittava henkilö ei suorita lajittelua, saavutetaan avustavan roolin toimintamallilla kahdeksalla työntekijällä sama tuotos kuin nykyisellä toimintamallilla yhdeksällä työntekijällä.

Nykytilannetta tarkasteltaessa suurin osa havainnoista keskittyi pitkille lajittelusuorille, joissa lajittelupisteitä/luisuja oli yhdeksän tai kymmenen, ja lajittelijoita työskenteli neljästä kuuteen. Tällaisella suoralla olisi kannattavaa keskittää avustavat työt ja materiaalinhallinta yhdelle henkilölle, jolloin lajittelutyön tuotos olisi samaisella resurssimäärällä suurempi kuin aiemmassa toimintamallissa. Mikäli avustava henkilö kykenee palvelemaan laajempaa aluetta ja useampaa lajittelijaa, saavutetaan edellä esiteltyjä hyötyjä läpäisyn lisäksi resurssimäärässä. Resursseja voidaan vapauttaa, kun tehokkaammalla toimintatavalla päästään pienemmällä resurssimäärällä yhtä suureen tai parempaan tehokkuuteen, kuin nykyisellä toimintatavalla.

Apuroolilla on lisäksi positiivisia vaikutuksia ylituotannon määrään, sillä avustaminen lajittelussa voidaan kohdentaa erityisesti lajittelupaikoille, jossa on hetkellisesti ylituotannon riski. Taulukon 8 tuloksista huomataan lisäksi ylituotannon varoitusaajan lyhentäminen ja ylituotannon määrän vähentyminen tarkastelun ajanjaksoilla. Kokonaisuuden kannalta tämä on merkittävä vaikutus vuorokauden lajittelutyössä.

Tämä tarkastelu keskittyi lajittelutoimintaan ja sen kehittämiseen, mutta ei vielä ratkaise ongelmaa valmiiden yksiköiden heikosta virtauksesta terminaaliin. Sisälogistiikan työntekijöiden haastatteluista selvisi, että yksiköiden valmistumisesta puuttuu signaali, jolloin turhia käyntejä lajittelualueelle tapahtuu. Kun sisälogistiikan työntekijät keskittyvät yksiköiden kuljettamiseen terminaalista syöttöalueelle, on näkyvyys lajittelualueelle heikko. Tämä johtaa lopulta käyntimäärien vähentymiseen ja siten valmiiksi lajiteltujen kuljetusyksiköiden virtaus terminaaliin heikentyy. Lajiteltujen yksiköiden valmistumisesta tarvitaan joko signaali tai materiaalinhallinta pitää kohdistaa tietyille henkilöille tai henkilöille, mikäli virtauksesta halutaan tehokas, ja siten ylläpitää alueen siisteyttä ja luoda tilaa tyhjille yksiköille.

Havaintojen ja pohdintojen kautta voidaan havaita, että avustavien töiden keskitys yhdessä materiaalinhallinnan kanssa parantaa lajittelutyön eli arvotyön osuutta prosessin toiminnassa ja siten parantaa lajittelun tehokkuutta. Tehokkuuden kasvu näkyy yksittäisen tuotteen läpimenoajan lyhentymisenä prosessissa, mikä tarkoittaa läpäisymäärän kasvua. Tuotteita siis lajitellaan tunnissa suurempi määrä henkilöä kohden. Lajitteluprosessin kehittämisen lisäksi, voidaan syöttöprosessia kehittämällä parantaa syötettävien tuotteiden määrää ja vapauttaa resursseja.

### 6.3.2 Keskitetty syöttöprosessi

Syöttötoiminnan tarkastelusta voidaan havaita tuotantoprosessin ongelmien liittyvän syöttöprosessissa toimintamalleihin ja roolitukseen. Syöttöprosessin virtausta hidastaa erityisesti syöttöhenkilön poistuminen toiminta-alueelta ja toimintavalmiudesta. Ylimääräinen resurssi kumoaisi tämän ongelman, mutta ylimääräinen resurssi lisää kustannuksia, jolloin toiminta on suunniteltava mahdollisuuksien mukaan siten, että syöttötoimintaa voidaan suorittaa nykyisillä resursseilla paremmin toimien. Yhtä oikeaa, kaikille vuoroille sopivaa ratkaisua ja mallia on haastavaa luoda, sillä resurssimäärät kuten myös käsiteltävien tuotteiden määrä ja laatu vaihtelevat päivittäin vuoroissa, minkä vuoksi eri vuoroissa käytetään eri toimintamalleja käytettävien linjojen suhteen.

Nykytilannetta havainnoidessa syötön toimintamallina oli aamuvuorossa usein kolmen kaatolaitteen käyttäminen siten, että yksi laite oli hajautettuna toiseen päähän syöttöaluetta. Tutkimuksen aikana päätettiin kokeilla kolmen kaatolaitesyötön keskitystä yhteen päähän kolmelle vierekkäiselle kaatolaitteelle, jolloin syöttötoiminta ja sitä tukeva materiaalinhallinta saadaan keskitettyä rajatulle alueelle. Luvussa 5.2 esitettyjen tulosten pohjalta huomataan, että syöttäjän liikkuminen kokeilussa väheni neljäkymmentä prosenttia nykytilanteeseen nähden. Samaan aikaan avustavan työn ja odotuksen osuus lisääntyi. Jos ajatellaan, että häiriökuittauksia toteutettiin sama määrä eli poistumisten määrään tämä kokeilu ei vaikuttanut, niin turha tyhjänä liikkumisen osuus käytettiin tämän kokeilun aikana avustaviin töihin, kuten yksiköiden siirtoon lähialueelle ja tyhjien yksiköiden poissiirtoon ja siten syöttöalueen ylläpitoon. Alueen siisteyden ylläpito on tärkeä tehtävä, koska sillä vaikutetaan toiminnan nopeuteen alueella, kun ylimääräisiä liikkeitä tai toimia ei tarvitse epäsiisteyden vuoksi tehdä.

Kokeilun tavoitteena oli myös nostaa arvotyön määrää, eli kaatolaitteen käytön määrää, mutta keskimääräinen arvo pysyi kokeilussa samana. Tosin otannan hajonta oli myös suurempi, sillä tulokset arvotyön osuudesta vaihtelivat kymmenen ja kahdenkymmenenviiden prosentin välillä. Otannan hajonnan kasvuun mahdollisesti vaikutti tuotantoprosessin ja laitteiden häiriöt kokeilujen aikana.

Koska tulokset osoittavat liikkumisen määrän vähentymisen ja avustavien töiden osuuden kasvun, tarkastellaan kokeilun vaikutuksia prosessiin syötettyjen tuotteiden lukumäärään. Taulukossa 9 esitetään syöttöprosessiin syötettyjen kuljetusyksiköiden lukumäärän lisäksi prosessissa käsiteltyjen tuotteiden lukumäärän, ja tätä verrataan tarkastelun kohteen resurssi- ja kaatolaitemäärään. Taulukon arvoihin on yhdistetty syöttö- ja kääntelytoiminnan arvot, sillä nämä ovat verrattavissa toisiinsa samanlaisen toimintavan johdosta.

**Taulukko 9:** Syöttöprosessin kokeilun tulosten vertailu kaatolaitesyötössä.

	<b>Nykytilanne</b>	<b>Kokeilu</b>	<b>Muutos</b>
<b><i>Yhdelle linjalle syötetyt kuljetusyksiköt / h</i></b>	20	23	+ 17 %
<b><i>Yhden linjan käsittelemät tuotteet (kpl) / tunti</i></b>	1101	1266	+15 %
<b><i>Käsitellyt tuotteet (kpl) / syöttöresurssi</i></b>	426	466	+ 10 %
<b><i>Ylituotanto (kpl) / tunti</i></b>	58	337	+ 485 %

Taulukon arvoista huomataan, että syöttöprosessin keskityksellä yhteen päähän saadaan positiivisia vaikutuksia syöttöprosessin käsittelymääriin. Kaksi vierekkäistä syöttäjää pystyvät tukemaan toisiaan, jolloin yksikön vaihto kaatolaitteeseen sujuu nopeammin. Myöskään toisen syöttäjän poistuminen paikalta ei välttämättä hidasta tuotantoa. Tuotannon virtaus saadaan näin ollen pysymään tasaisempaan. Taulukosta huomataan myös ylituotannon suuri lukema, mikä selittyi jo aiemmin mainituista ongelmista kokeilun ensimmäisenä päivänä.

On kuitenkin hyvä muistaa, että syöttöprosessin tehostaminen ei välttämättä tuota prosessin kokonaisuuteen positiivisia hyötyjä, ellei prosessin pullonkaulaa saada kehitettyä ja pullonkaulan kapasiteettia kasvatettua. Tässäkin tapauksessa tuotannon virtauksen parantaminen syöttöprosessissa lisäsi aluksi ylituotannon määrää, joka tarkoittaa sitä, että tuotteet palautuvat uudelleen käsittelyyn. Hukan vähennys siirsikin vain hukan uuteen paikkaan – syöttöprosessin loppuun uudelleen käsittelyn johdosta. Koska kasvanut ylituotanto selittyy lajitteluprosessin kapasiteetin riittämättömyytenä tarkastelun ajanjaksolla, on ymmärrettävä, että lajitteluprosessin kehittäminen, ja sen kapasiteetin kasvattaminen on ensisijaisesti tärkeää. Aiemmin esitetyn lajittelutehokkuuden kasvattamisen lisäksi voidaan lajittelun kapasiteettia lisätä vapauttamalla syöttöprosessista resursseja lajittelun käytettäväksi. Syöttämällä tehokkaammin, saadaan suurempi volyyymi syötettyä prosessiin, jolloin syötöstä voidaan vapauttaa resurssia lajittelutyöhön, minkä johdosta saavutetaan suurempi läpäisy samassa läpimenoajassa.

## 7. TOIMENPITEET

Tuotantoprosessin materiaalinhallinnan ja siten koko tuotantoprosessin tehostamiseksi ja läpäisyn parantamiseksi, voidaan tulosten analysoinnin pohjalta esittää toimenpiteitä, jotka esitetään taulukossa 10. Taulukossa esitetään lisäksi lyhyesti näiden toimenpiteiden ja muutosten edut ja uhat. Toimenpiteet jakautuvat tehtävien roolitukseen, toiminnallisiin toimenpiteisiin ja työkalujen hyödyntämiseen. Lajitteluprosessin tukirooli on uusi materiaalinhallinnan rooli, jolla tuetaan ja parannetaan lajitteluprosessia. Lajittelualueen visuaaliset ohjaustekijät, syötettävien yksiköiden varastopaikkamuutokset ja syöttötoiminnan keskitetty toimintamalli ovat toiminnallisia toimenpiteitä, joilla tuetaan tehokkaampia toimintatapoja. Työkaluja ovat kuljetusyksikkötarpeen arviointityökalu ja syöttötoiminnan ohjaustyökalu, joita voidaan hyödyntää toimintamallin valinnassa, resurssien kohdentamisessa ja kuljetusyksikkökierron hallinnassa. Nämä yhdessä muodostavat kokonaisuuden, jolla vaikutetaan sekä lajittelu- että syöttöprosessin tehokkuuteen, ja siten koko tuotantoprosessin tehokkuuteen.

**Taulukko 10:** Toimenpiteet sekä niiden edut ja uhat.

Toimenpiteet	Edut	Uhat
Lajitteluprosessin tukirooli	Parantaa materiaalinhallintaa lajitteluprosessissa ja siten lyhentää lajitteluprosessin läpimenoaika.	Pienellä volyymillä ja resurssilla hyödyt mahdollisesti minimaaliset.
Lajittelualueen visuaaliset ohjaustekijät	Standardisoi materiaalinhallinnan toimintatapoja ja tehostaa kuljetusyksikkösiirtojen suorittamista.	Tilan ahtauden lisääntyminen ”varaamalla” alueita toiminnoille.
Kuljetusyksikkötarpeen arviointityökalu	Antaa tietoa kuljetusyksikkötarpeista, jolloin varmistetaan oman tuotantoprosessin onnistuminen. Ohjaa tyhjien kuljetusyksiköiden siirron tarpeita keskuksesta ulos ja sisään.	Vaatii tarkastelua ennen kriittistä tarvetta, jolloin tarkastelu tehdään aiemman tai aiempien vuorojen toimesta, mikä voi johtaa käyttämättömyyteen.
Syötettävien yksiköiden varastopaikkamuutos	Vähentää siirtovaiheiden määrää. Ohjaa yhtenäiseen toimintatapaan.	Tilan ahtauden riski suurilla volyyymeillä. Siirtomatkan neutraalius minimoi merkittävän positiivisen vaikutuksen.
Syöttötoiminnan keskitys	Tasaa tuotannon virtausta ja tehostaa syöttöprosessia.	Volyymivaihtelut hankaloittavat toimintamallin käyttöä ja positiivisten hyötyjen saantia.
Syöttötoiminnan ohjaustyökalu	Tukee päätöksentekoa syöttötoiminnan toimintamallin valinnassa ja resurssin kohdentamisessa.	Käyttämättömyys ja luotto omaan ”intuitioon”. Ei huomioi vaihtelua.

Edellä esitetyistä toimenpiteistä kolme ensimmäistä liittyvät lajitteluprosessin tehokkuuden parantamiseen, ja seuraavat kolme syöttöprosessin tehokkuuden parantamiseen. Toimenpiteet ovat konkreettisia, ja helposti käyttöön otettavia toimenpiteitä, joilla tuotantoprosessia voidaan parantaa materiaalinhallinnan keinoin. Jokainen toimenpide voidaan ottaa käyttöön yksinään, mutta ne voidaan ottaa käyttöön myös kokonaisuutena. Näiden lisäksi tutkimuksen aikana tunnistettiin pienempiä teknisiä toimia tuotantoprosessin parantamiseksi. Nämä liittyivät informaation jakamiseen. Käsitellään seuraavaksi tarkemmin edellä esiteltyjä toimenpiteitä.

## 7.1 Toimenpiteiden analysointi

### 7.1.1 Lajitteluprosessin tukirooli

Lajitteluprosessin materiaalinhallintaa ja siten lajitteluprosessia voidaan parantaa keskitämällä materiaalinhallinnan ja lajittelun avustavat tehtävät avustavalle henkilölle. Lajitteluprosessin tukiroolin, ”luisutrukin”, vastuulle voidaan antaa materiaalinhallinnan tehtävät, kuten tyhjien kuljetusyksiköiden siirto tarvepaikalle ja varastoalueille sekä valmiiden kuljetusyksiköiden siirto terminaaliin. Lisäksi lajittelun avustavia tehtäviä voidaan liittää tämän roolin toimenkuvaan. Näitä tehtäviä voi olla esimerkiksi ohjauslappujen tuostus valmiiksi ennen ajoa ja mahdollisesti myös ajon aikana sekä avustaminen lajittelutyössä.

Tukirooli on mahdollista ottaa käyttöön jokaisessa vuorossa. Eri vuorojen erilaisuus lajittelutoiminnassa vaatii vähän erilaista toimenkuvaa lajitteluprosessin tukiroolilta, mutta keskeinen merkitys lajitteluprosessin materiaalinhallintaa suorittavana tekijänä säilyy. Aamuvuorossa, jossa käsittelyprosessi ja lajitteluun käytettävä alue vaihtuvat useampaan kertaan, on roolin päätehtävänä lajittelualueiden teko valmiiksi ennen käsittelyprosessia. Käsittelyn aikana tehtävänä on hoitaa materiaalinhallintaa. Lisäksi mikäli aikaa jää, ehtii henkilö avustamaan lajittelutyössä tai muussa terminaalitoiminnassa. Iltavuorossa roolin tehtäviin kuuluu materiaalinhallinnan tehtävät osassa lajittelualueesta ja kuljetusyksikön (häkki) vaihto yhdellä lajittelusuoralla. Iltavuoron kuorman kohdistuessa vahvasti kahdelle lajittelusuoralle, on järkevää ottaa käyttöön kaksi tukiroolia, jotka molemmat hoitavat omaa suoraansa. Yövuorossa, jossa lajittelua tapahtuu koko lajittelualueen alueella tasaisesti, on roolin tehtävänä tukea materiaalinhallintaa koko alueelle, sekä tarkastella automaattilajittelun pisteitä ja ylituotannon riskiä koko alueella. Tehtävä on mahdollista kohdentaa laajalle alueelle, sillä vaikka alue on samanaikaisesti laaja, myös kuorma jakautuu tasaisesti, jolloin materiaalikierto ei ole niin nopeaa.

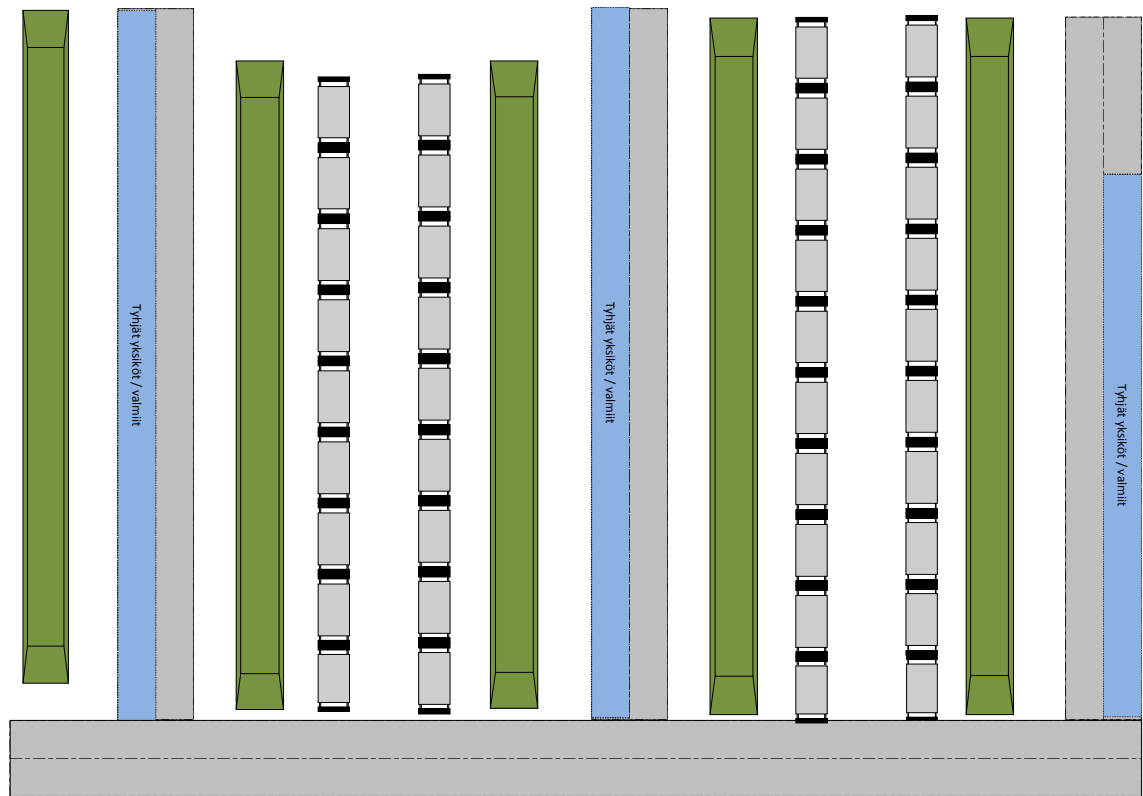
Avustavaa tukiroolia on mahdollista hyödyntää jo hyvin pienellä volyymillä, mutta hyödyt korostuvat volyymin kasvaessa. Mikäli käsiteltävä volyyymi kasvaa suureksi, on roolin tueksi hyvinkin mahdollista ottaa muita henkilöitä tekemään esimerkiksi lajitteluprosessin avustavia töitä, mikäli materiaalinhallinta vaatii jatkuvaa henkilön työpanosta.

Roolin käyttöönoton lisäksi on tärkeää parantaa kommunikaatiota lajittelun, materiaalinhallinnan tukiroolin ja sitä palvelevan sisälogistiikan välillä. Aiemmin lajitteluprosessin materiaalinhallintaa on hoidettu sisälogistiikan puolesta mentaliteetilla, jossa valmiit lajitellut yksiköt siirretään lajittelualueelta terminaalin epäsäännöllisesti, vasta ennen lastausta tai erikseen kutsusta esimerkiksi työnjohdon puolelta. Samoin tyhjien virtaus lajittelualueelle on tapahtunut epäsäännöllisesti. Materiaalinhallinta on jätetty liiaksi lajittelutyöntekijöiden vastuulle lajittelun aikana, jolloin myös lajittelutoiminta on kärsinyt. Tukiroolin avulla pystytään parantamaan materiaalinhallintaa lajittelualueella, mutta sen lisäksi tarvitaan vielä aktiivisia kommunikaatioverkostoja tukiroolin ja sisälogistiikan välille, jotta kuljetusyksiköt saadaan virtaamaan tehokkaasti: tyhjät tarvepaikalle, ja valmiit lajittelualueelta terminaaliin.

Aamuvuorossa, jossa tuotteita lajitellaan pääosin rullakoihin, voi tukirooli olla radiopuhelimen avulla yhteydessä yhteen tai useampaan sisälogistiikan henkilöön, ja kutsua valmiiden yksiköiden noutoja tarpeen mukaan. Iltavuorossa voidaan luoda samanlainen yhteys tukiroolin henkilöiden ja häkkejä siirtävien trukkihenkilöiden välille, jolloin henkilöt voivat kommunikoida sekä tyhjien että täysien kuljetusyksiköiden siirtojen tarpeista. Samalla vältytään tukiroolin henkilöiden ylimääräiseltä liikkumiselta. Yövuorossa, jossa lajittelua tapahtuu sekä rullakoihin että häkkeihin, vaaditaan kommunikaatioyhteyttä niin rullakoita kuin myös häkkejä siirtäviin trukkihenkilöihin. Aktiivinen kommunikointi vähentää yleisesti turhaa liikkumista niin tukiroolin kuin myös sisälogistiikan henkilöiden osalta, mikä vapauttaa resurssia muuhun käyttöön. Kommunikointi lisäksi vähentää tilan-ahtautta lajittelualueella sekä tehostaa materiaalinhallintaa ja siten lajitteluprosessia.

### **7.1.2 Lajittelualueen visuaaliset ohjaustekijät**

Visuaaliset tekijät standardisoivat työtä ja ylläpitävät siisteyttä ja järjestystä. Lisäksi ne ohjaavat työntekoa ja toimivat signaaleina tehtäville valinnoille. Nykyisin lajittelualueen visuaaliset tekijät rajoittuvat lajittelupisteiden yksikköpaikkojen yläpuolella roikkuviin ohjauslappuihin, joita myös puuttuu lajittelupaikoilta. Lajittelualueella visuaalisuutta voidaan lisätä lattiamaalauksin kuvan 17 osoittamalla tavalla. Tilankäyttöä voidaan järjestellä siten, että siirretään kulkuväylä keskeltä väylän toiseen laitaan ja varataan toiseen laitaan kaista, johon voidaan varastoida tyhjiä kuljetusyksiköitä lähelle lajittelupaikkoja ja samalla kaistaa voidaan täyttää valmiiksi lajitelluilla yksiköillä.



**Kuva 17:** Lajittelualan kaistat.

Kuvassa vaalean sinisellä värillä esitetään kaistat, vihreällä lajittelupisteiden paikat käytetyille yksiköille ja harmaalla kulkuväylät. Varaamalla selkeät alueet kuljetusyksiköille, varmistetaan kulkuväylän pysyminen avoinna koko suoran matkalta ja valmiiden yksiköiden ketterämpi noutaminen ja siirtäminen. Tyhjiä yksiköiden siirtäminen lajittelu- paikkojen lisäksi kaistalle ennen ajoa varmistaa myös tyhjiä vaihtoyksiköiden sijaitsemisen lähellä lajittelu- paikkoja.

Visuaalinen kaista toimii myös pohjana materiaalin hallinnan jatkokehitykselle lajittelu- prosessissa. Koska lajittelu- paikat yhdellä suoralla lajittelevat yksiköitä useaan eri suuntaan ja ajoneuvoon, mahdollistaa kaistan visuaalisuuden laajentaminen lajiteltujen yksiköiden järjestämisen jo valmiiksi suuntakohtaisesti. Tämä vaatii informaation jakoa ja esittämistä visuaalisesti.

Visuaaliset tekijät yhdessä lajittelu- prosessin tukiroolin kanssa varmistavat materiaalin hallinnan onnistumisen lajittelu- työn palvelemisessa ja siten koko lajittelu- prosessin paremman onnistumisen. Materiaalin hallinnan onnistumisella vähennetään lajittelijan muuhun kuin lajittelu- työhön kuluva aika, ja siten lyhennetään lajittelu- prosessin läpimeno- aikaa ja mahdollistetaan suorituksen onnistuminen.



### 7.1.3 Kuljetusyksikkötarpeen arviointi ja hallinta

Kuljetusyksikkökierron haasteet vaativat työkalua tarpeiden ennakoimiseen, jotta kuljetusyksiköiden riittämättömyys ei heikennä prosessin tehokkuutta tai pysäytä lajitteluprosessia. Paremmalla ennakoinnilla ja reagoinnilla mahdollistetaan kuljetusyksiköiden riittävyys ja prosessin onnistuminen.

Lajitteluprosessin kuljetusyksikkötarvetta on mahdollista arvioida matriisityökalun avulla, joka esitetään aamuvuoron osalta liitteessä 4. Myös ilta ja yövuorosta luotiin samanlainen matriisi. Matriisi esittää rullakoiden ja häkkien tarpeen eri tuotevolyyymeillä. Matriisin arvot perustuvat tutkimuksessa tunnistettuihin arvioihin yksikkötarpeista tuhatta tuotetta kohden eri tuotteilla. Matriisi huomioi siis erikseen pakettien ja lehtikimppujen volyymin, jolloin arviosta on mahdollista saada tarkempi. Työkalussa on lisäksi huomioitu lajittelukattausten suuruus, sillä pienelläkin volyymillä ja yksiköiden pienellä täyttöasteella yksiköitä tarvitaan silti kattauksen verran.

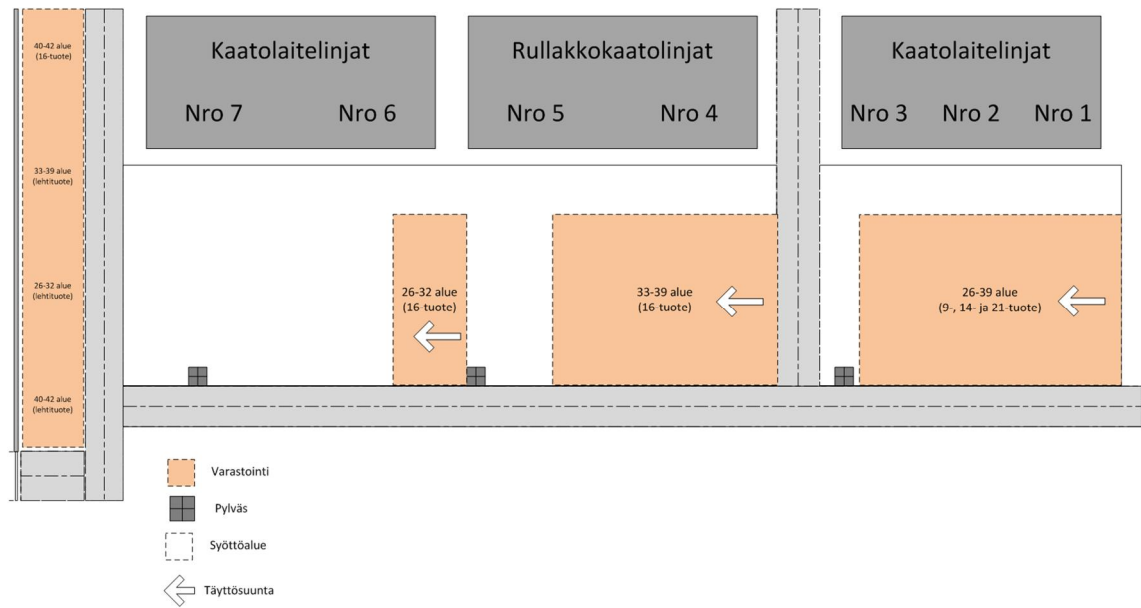
Matriisityökalu ja sen antamat tiedot toimivat pohjana laajemmalle tarkastelulle. Koska matriisi antaa tiedon vain lajittelun tarpeista eikä se huomioi prosessiin syötettävien yksiköiden määrää, ei matriisi anna todellista kuvaa tarpeista yleisellä tasolla. Kun lajittelutarpeiden lisäksi huomioidaan prosessiin syötettävät yksiköt volyymien mukaan, saadaan tietoa kuljetusyksikkömäärän todellisesta kehityksestä, jota esitettiin yleisesti jo kuvassa 12. Koska tämä tarkastelu ei huomioi keskukseen satunnaisesti toimitettavia tai tilauksesta toimitettavia yksiköitä, eikä kevyen tuotantoprosessin käyttämiä yksiköitä, on tarpeellista tarkastella varaston arvoa päivittäin, jolloin kuljetusyksikkömääriä pystytään seuraamaan tarkemmin. Aamuvuoron lopuksi suoritettava kuljetusyksiköiden laskenta antaa tiedon varaston sen hetkisestä suuruudesta, ja kun volyymiennusteen pohjalta voidaan arvioida kuljetusyksikkömäärän kehitystä seuraavien vuorojen aikana, tunnistetaan riittävätkö yksiköt seuraavan vuorokauden toimintaan. Seurannasta voidaan luoda visuaalinen kuvaaja, jonka malli esitetään myös liitteessä 4.

Liitteen 4 kuvaajassa esitetään esimerkki rullakoiden ja häkkien varastomäärän seurannasta yhden viikon aikana. Seurannassa huomioidaan pakettien ja lehtikimppujen syöttö- ja lajitteluprosessin lisäksi VK-käsittely, asiakastarpeet ja ylimääräiset tyhjien yksiköiden toimitukset lajittelukeskukseen. Volyymiennusteen pohjalta luodaan kuvaaja, joka kuvaa varastomäärän muutoksia. Kuvaajassa esitetään lisäksi luodut hälytysrajat eri kuljetusyksiköille. Hälytysraja määriteltiin lähtevän lajittelun kattauksen suuruudeksi (300 rullakkoa, 150 häkkiä), jolloin aamuvuoron lopuksi yksiköitä on riittävästi lajittelupaikkojen valmisteluun iltavuoroon varten. Työkalussa ennuste korjaantuu itsestään, kun päivittäin suoritetaan yksikkölaskenta, jonka tulokset syötetään työkaluun. Päivittäistä laskentaa suorittamalla ja arviointityökalua päivittäin tarkastelemalla, voi esimies arvioida yksikkömäärien riittävyyttä ja lisätilaustarpeita. Näin pystytään ajoissa reagoimaan ja mahdollistetaan seuraavien vuorojen onnistuminen.

Jotta tyhjiä kuljetusyksiköitä voidaan paremmin hallita ja yksikkölaskentaa nopeuttaa, määriteltiin tuotantoon selkeät varastopaikat tyhjille yksiköille. Nämä esitetään liitteessä 5. Tuotantotiloihin määriteltiin tyhjien rullakoiden varastoalueet kolmelle sadalle rullakolle (vihreä väri liitteessä). Lisäksi terminaaliin varattiin alue neljälle sadalle rullakolle, josta palvellaan pääosin asiakaskuljetuksia sekä tuetaan tuotantoa tarpeen mukaan. Tuotannon häkkivarastointialueilla (sininen väri liitteessä) voidaan varastoida 150 häkkiä. Lisäksi luotiin ohjeistus, joka määrittelee tarkemmin tyhjien yksiköiden hallinnan ja siirrot. Tällä pyritään siirtämään yksiköt yhdellä kertaa tarvealueelle, eikä välivarastoinnin kautta, jolloin tarvitaan ylimääräisiä välisiirtoja.

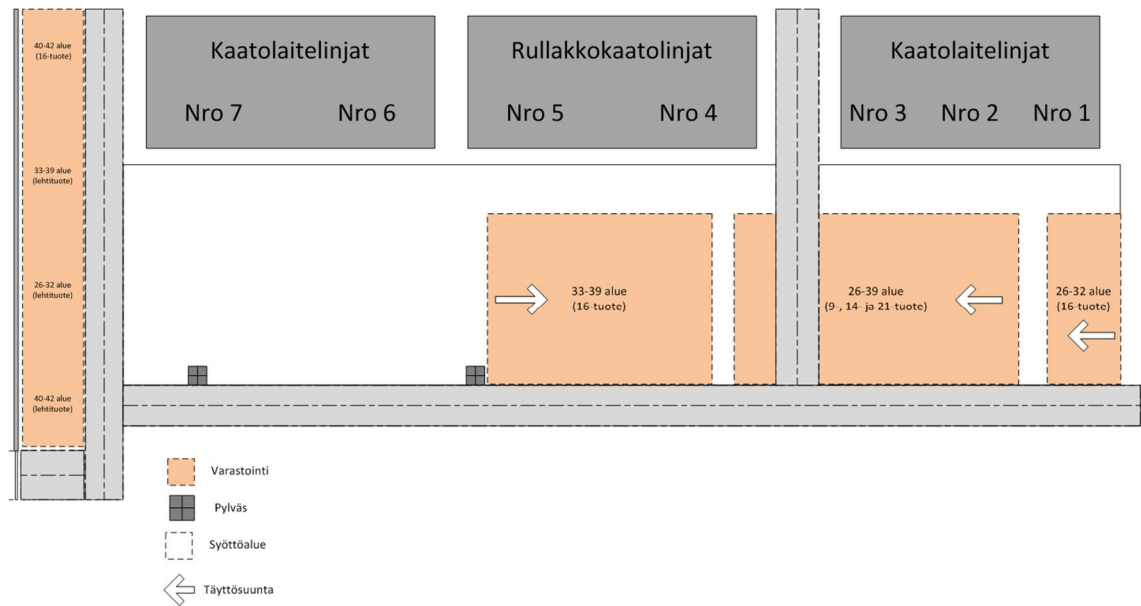
#### **7.1.4 Syötettävien yksiköiden varastopaikkamuutos**

Syöttöprosessin tehokkuutta on mahdollista parantaa hukkatyön vähentämisen keinoin. Ylimääräinen liikkuminen ja kuljetusyksiköiden yksittäinen siirtely heikensivät syöttötoiminnan tehokkuutta. Liikkumista ja ylimääräisiä välisiirtoja on mahdollista vähentää prosessiin saapuvien yksiköiden varastopaikkoja muuttamalla. Kuvassa 18 esitetään nykyiset varastopaikat ja kuvassa 19 varastopaikat muutosten jälkeen. Muutoksessa aamun tuotantoprosessissa käsiteltävän tuotteen (26-32 postinumeroalueen 16-tuote) varastopaikka siirretään syöttöalueen oikeaan laitaan lähemmäksi kaatolaitelinjoja 1, 2 ja 3. Samalla toisen aamussa käsiteltävän tuotteen (33-39 alueen 16-tuote) varastopaikka siirtyy alkamaan keskialueen toisesta päästä. Tämä siirto puolestaan tekee tilaa yövuorossa käsiteltävän tuotteen (26-39 alueen 9-, 14 ja 21-tuote) varastoalueelle, joka voi edelleen sijaita syöttöalueen oikeassa laidassa jatkumona sinne siirretylle uudelle varastoalueelle (26-32-alueen 16-tuote). 26-32 alueen 16-tuotteen osalta kuljetusmatka pysyy yhtä pitkänä, sillä aiemmin yksiköt on siirretty aamuvuorossa tänne päähän syöttöaluetta eli siirrot on suoritettu kokonaisuudessaan kahdessa osassa. Tässä vaihtoehdossa yksiköt siirretään yhden siirtovaiheen aikana. Yhden siirtovaiheen koetaan olevan parempi kahteen siirtovaiheeseen nähden, jos kahden siirron toimintamallilla ei muutoin ole positiivisia vaikutuksia prosessin kokonaisuuteen.



**Kuva 18:** Nykyiset syöttöalueen varastopaikat.

Aiemmin rullakkokaatolinjan numero viisi kohdalla sijaitsevan pylvään oikealla puolella on varastoitu yövuoroa varten pieni määrä erilliskäsiteltäviä yksiköitä. Varastopaikka-muutoksessa tämä alue siirtyy pylvään vasemmalle puolelle. Näin muutokset olisivat yksinkertaiset ja helposti toteutettavissa. Muutoksessa on kuitenkin vielä huomioitava yksi muuttuja. Perjantain ja lauantain välisenä yönä yövuoro käsittelee normaalin käsittelyn (26-39 alueen 9-, 14- ja 21-tuote) sijaan ainoastaan 33-alueen 16-tuotteita. Tästä syystä perjantaina nämä on eroteltava. Siksi perjantaisin 33-alueen 16-tuotteet erotellaan pylvään vasemmalle puolelle, ja varastoitaville erilliskäsiteltäville tuotteille etsitään väliaikaisesti toinen alue. Yövuoron erillinen tuotantoprosessi vaikuttaa myös siten, että tällöin 26-39 alueen 9-, 14- ja 21-tuotteiden varastoitava yksikkömäärä on paljon suurempi arkiyöhön nähden, jolloin tämä varastoalue laajenee. Muutoksen myötä varastoalueella on tilaa laajeta vasemmalle aina 33-39 alueen 16-tuotteen luokse. Tämän vuoron jälkeen prosessi jatkuu normaalisti sunnuntain ja maanantain vastaisena yönä, jolloin yövuoro käsittelee jälleen normaalin tuotantoprosessin mukaisesti.



**Kuva 19:** Uudet syöttöalueen varastopaikat.

Varastopaikkamuutos lisää myös varastoalueiden joustavuutta volyyymien vaihdellessa. Kun aiemmin jokaista varastoaluetta täytettiin samasta suunnasta alkaen, johti se aika ajoin siihen, että toinen varastoalue tuli vastaan ja yksiköille jouduttiin etsimään uusia alueita. Muutoksessa 33-39 alueen 16-tuotteen varastoaluetta täytetään eri suunnasta, jolloin tämä varastoalue kohtaa vastaan tulevan 26-39 alueen 9-, 14- ja 21-tuotteen varastoalueen. Tällainen tilanne voi syntyä vain perjantain ja lauantain välisenä yönä. Tilaa alueiden välissä on runsaasti, mutta mikäli toista tuotetta onkin yllättäen runsaasti, mahtuu varastoalue laajenemaan, jos toisen tuotteen varastointi mahtuu pienemmälle alueelle. Toki riskinä on, että molempia tuotteita joudutaan lopulta siirtämään toiseen paikkaan varastoitavaksi, jos varastoalueet kohtaavat. Muina aikoina kuin perjantain ja lauantain välisenä yönä tällaista ongelmaa ei synny, koska yövuoro käsittelee nämä 9-, 14- ja 21-tuotteet. Täten muulloin kuin perjantain ja lauantain välisenä yönä, yleensä eniten tilaa tarvitseva 33-39 alueen 16-tuotteen varastoalue mahtuu laajenemaan kulkuväylän yli kohti kaatolaitelinjoja, mikäli varastointi ei häiritse yövuoron toimintaa.

### 7.1.5 Syöttötoiminnan keskitys ja ohjaus

Yhdessä varastopaikkojen muutosten kanssa, keskittämällä syöttötoiminta mahdollisuuksien mukaan yhteen päähän kolmelle kaatolaitelinjalle, saadaan materiaalinhallinta keskitettyä rajatulle alueelle ja välisiirtojen määrää vähennettyä sisälogistiikan osalta. Samalla saadaan synergiaetuja, jos kaksi syöttöhenkilöä toimii erillisten alueiden sijaan yhdellä alueella. Tuotannon virtaus syöttöprosessia säilyy tasaisempana ja jopa tehokkaampana ketterämmän yksikkövaihdon johdosta. Näin lyhennetään syöttöprosessin läpimenoaika ja parannetaan läpäisyä, ja siten mahdollistetaan koko tuotantoprosessin suurempi läpäisy.

Syöttötoiminnan keskitys korostuu erityisesti pakettituotteen käsittelyssä, missä yksikömäärät ovat suuremmat ja yksikkövaihto on nopeampaa verrattuna lehtikimppujen käsittelyyn. Aamuvuorossa pakettituotteiden varastoalueiden sijoittuessa syöttöalueen oikeaan laitaan ja lehtikimppujen varastoalueiden vasempaan laitaan, on järkevää syöttää pakettituotteita kaatolaitelinjoilta numero 1, 2 ja 3, ja lehtikimppuja ensisijaisesti kaatolaitelinjoilla numero 6 ja 7 sekä tarvittaessa kaatolaitelinjoilla numero 2 ja 3. Kun volyyymi ja resurssi riittävät kolmen kaatolaitelinjan käyttöön, on materiaalinhallinnallisesti järkevää keskittyä käsittelemään yksi tuote kerrallaan käsittelyprosessi ja kuljetusten lähtöajat huomioiden. Tällöin saadaan syöttötoiminta keskitettyä, eikä pitkiä materiaalsiirtoja tarvita. Samalla lajitteluvaiheen resurssi kohdennetaan pienemmälle alueelle, jolloin liikkuminen vähentyy ja lajittelu tehostuu.

Volyymin vaatiessa tai resurssin salliessa neljän tai viiden kaatolaitelinjan käytön, on syöttötoiminta hajautettava eri tuotteiden käsittelyyn samanaikaisesti. Jos tällöin ajetaan tuote kerrallaan, joudutaan aamuvuorossa tekemään turhia materiaalsiirtoja. Käsittelemällä tällöin molempia tuotteita samaan aikaan eri päistä syöttöaluetta, vältetään ylimääräisiltä materiaalsiirroilta. Volyyymistä riippuen ja volyymin suhteellisesta jakautumisesta pakettien ja lehtikimppujen välille, voi olla kannattavampaa jakaa käytettävissä olevat linjat tasan molempien tuotteiden käsittelylle tai painottaa toisen tuotteen käsittelyä. Toimintamallin valinnan ja resurssin kohdentamispäätöksen tukena voidaan käyttää tämän tutkimuksen tuloksena luotua syöttötoiminnan ohjaustyökalua, joka esitetään osittain liitteessä 6.

Matriisityökalu antaa tiedon resurssilla käytettävissä olevista syöttölinjojen määrästä ja resurssien kohdentamisesta sekä arvion ajasta, joka tietyn volyymin syöttämiseen tällä toimintamallilla kuluu. Volyyymiä voidaan arvioida volyyymiennusteen lisäksi yksittäisten kuljetusyksiköiden lukumäärän avulla, kuten liitteen esimerkissä. Mikäli volyyymiennustetta ei ole jaettu pakettien ja lehtikimppujen kesken, voi yksikköarvio antaa tarkemman arvion volyymin vaatimasta ajasta. Matriisia voidaan hyödyntää myös resurssitarpeen arvioimiseen, kun käytettävä aika ja volyyymi ovat ohjaavina tekijöinä. Näin voidaan parantaa resurssisuunnittelua. Matriisi toimii testien perusteella kohtuullisen hyvin, mutta koska se ei kykene huomioimaan erilaista vaihtelua, kuten tuotteiden eri kokoja, kuljetusyksiköiden täyttöastetta tai eri työtahtia, toimii sen tuottama tieto vain suuntaa antavana. Syöttötoiminnan ohjauksen edut matriisityökalun avulla korostuvat erityisesti aamuvuoron työskentelyssä, jossa käsiteltävät yksiköt ovat pääosin pelkästään häkkeitä, ja joiden määrä nähdään heti vuoron aluksi. Näin myös toimintaa voidaan hallita ja tarpeen niin vaatiessa toimintatapaa mukauttaa prosessin onnistumisen varmistamiseksi.

Syöttöprosessia on ensisijaisesti ohjattava siten, että prosessi onnistuu suunnitellussa aikataulussa. Tämä voi vaatia syöttötoiminnan keskityksen unohtamista ja toiminnan hajauttamisen, niin kuin aiemmin mainittiin. Syöttötoiminnan hajautus mahdollisesti neutralisoi keskitetyn syöttötoiminnan edut, mikäli syöttäjät toimivat eri päissä syöttöaluetta. Hajautus on kuitenkin mahdollista aamuvuorossa tehdä siten, että kaksi pakettituotteen

syöttäjää pidetään kolmen vierekkäisen kaatolaitteen syötössä, ja esimerkiksi toinen kääntelijä syöttää lehtikimppuja kaatolaitelinjalle 6. Tällöin keskitetyn syöttötoiminnan hyödyt saavutetaan edelleen, koska lehtikimppujen syöttötoiminta on hitaampaa, joten mikäli syötettävät yksiköt sijaitsevat lähellä, on syöttötoiminta tällöin vielä suhteellisen tehokasta.

Syöttötoiminnan hajautus luo kuitenkin haasteita syöttöprosessin materiaalinhallinnalle. Tällöin syöttötoimintaa avustava ja materiaalinhallintaa tukeva sisälogistiikan trukkihenkilö, ”sisätrukki”, joutuu palvelemaan ja hallitsemaan kahta erillistä aluetta. Varastoalueiden muutokset vähentävät siirtojen määrää, jolloin kahden alueen palvelu onnistuu paremmin kuin nykyisessä toimintamallissa, joka johti ruuhka-aikana lopulta siihen, että alueiden hallinta ja siisteyden ylläpito kärsivät ja tuotanto muuttui tehottomammaksi. Lisäksi jouduttiin ylitöillä työllistämään toinen henkilö syöttöalueen materiaalinhallintaan, mikä lisäsi kustannuksia.

Ilt- ja yövuorossa haasteena on syöttöön saapuvien yksiköiden virtaus vuoron aikana kuljetusaikataulujen mukaan, jolloin prosessia voi olla haastavampaa ohjata ja toimintatapaan tehdä muutoksia. Iltavuorossa on mahdollista keskittää syöttötoiminta kolmelle vierekkäiselle kaatolaitelinjalle volyymiennusteen mukaan, mikäli kahden rullakkokaatolinjan lisäksi kahden kaatolaitelinjan kapasiteetti ei riitä yksiköiden syöttöön. Ohjausmatriisin hyödyntämisen haasteena iltavuorossa ohjauksen kannalta on myös volyymin jakaantuminen rullakoihin ja häkkeihin, sillä eri linjojen tehokkuudessa on myös eroja. Yövuorossa syöttötoiminnan keskitys on haasteellista, ellei volyymi laske merkittävästi. Tämä johtuu varastoalueiden täyttymisestä ja kahden eri tuotteen käsittelystä, jolloin käytössä on yli kolme kaatolaitelinjaa ja käsittely tapahtuu eri päistä syöttöaluetta. Suuri pakettivolyyymi yövuorossa taas ohjaa syöttötoiminnan keskitykseen pakettituotteen osalta kolmelle kaatolaitteelle nykyisellä toimintamallilla.

## 8. PÄÄTELMÄT

### 8.1 Yhteenveto

Tuotantoprosessien eroavaisuudet tekevät prosesseista ainutlaatuisia ja erilaisia. Tässä tutkimuksessa perehdyttiin postipakettien ja lehtikimppujen lajitteluprosessiin, jossa suuri määrä virtausyksiköitä virtaa prosessissa linjatyypillisesti eteenpäin. Prosessissa ei valmisteta mitään tuotteita raaka-aineista tai komponenteista, vaan prosessi on palveluprosessi, jossa virtausyksikköä käsitellään palvelun tuottamiseksi. Tutkimuksen tavoitteena oli tunnistaa ongelmia tuotantoprosessin nykyisessä materiaalinhallinnassa ja toiminnassa sekä tarkastella konkreettisia ja helposti käyttöönotettavia kehitystoimia materiaalinhallinnan kehittämiseksi ja siten koko tuotantoprosessin virtauksen ja tehokkuuden parantamiseksi. Lean-filosofia antaa teoreettisen pohjan toiminnan parantamiselle hukkien eliminoinnin ja arvotarkastelun kautta. Lean-filosofia tunnistaa hukkatyön, kuten odottamisen, ylituotannon, turhan liikkumisen ja kuljettamisen arvoa tuottamattomaksi työksi (Hines & Rich 1997). Näitä hukkia tunnistettiin myös tämän tutkimuksen aikana.

Tutkimuksen tavoitteesta johdettiin ylin tutkimuskysymys, mikä etsi vastausta tuotantoprosessin parantamisen mahdollisuuksiin materiaalinhallinnan keinoin. Kysymykseen vastaamiseksi tarkasteltiin alakysymyksiä, kuten materiaalinhallintaan liittyviä resursseja ja materiaaleja sekä nykyisiä ongelmia. Näiden pohjalta tarkasteltiin mahdollisuuksia parantaa materiaalinhallintaa, ja pohdittiin keinoja mahdollisuuksien hyödyntämiselle. Tutkimuksen ja nykytilanteen tarkastelu suoritettiin keräämällä tietoa haastatteluiden ja havainnoinnin avulla. Tietoa kerättiin tehdasympäristössä vapaasti havainnoiden sekä strukturoituja havaintomittauksia suorittaen. Lisäksi hyödynnettiin tietojärjestelmien tarjoamaa dataa. Tiedon pohjalta analysoitiin nykytilannetta ja luotiin kehitysideoita prosessin materiaalinhallinnan parantamiseksi.

Prosessin syöttövaiheessa havaitut materiaalinhallinnalliset ongelmat, jotka estivät prosessin tehokasta virtausta, aiheutuvat kuljetusyksiköiden yksittäisistä siirroista, pitkistä välimatkoista ja työntekijän poistumisesta toimintapaikalta. Huomattiin, että pitkistä välimatkoista johtuva liikkuminen ja paikalta poistuminen mahdollisesti pysäyttivät prosessin virtauksen. Linjatyypillisesti etenevässä prosessissa, virtauksen pysähtyminen yhdessä vaiheessa aiheuttaa suoraan odottamista seuraavaan vaiheeseen, minkä lisäksi pysähtymisen vaikutukset heijastuvat vielä prosessin viimeisissä vaiheissa. Lajitteluvaiheessa tyhjen kuljetusyksiköiden sijainti kaukana tarvepaikasta aiheutti henkilöiden turhaa liikkumista ja lajittelutyön keskeytymistä, mikä hidasti prosessin virtausta ja pidensi prosessin läpimenoaikaa. Lisäksi alueen epäjärjestys aiheutti ylikäsittelyä ja hidasti yksiköiden siirtoa, mikä osaltaan pidensi prosessin läpimenoaikaa. Lajitteluvaihetta tarkasteltaessa huomattiin myös, että lajittelutyö on hitaampi työvaihe verrattuna syöttötoimintaan. Tämä aiheutti virtausyksiköiden jonoutumista luisuun, mikä johtui resurssien väärästä

kohdentamisesta. Havaintojen pohjalta voidaan todeta prosessin pullonkaulan sijaitsevan prosessin lajitteluvaiheessa. Virtausyksiköiden jonoutuminen pullonkaulan eteen aiheuttaa lisäksi negatiivisia vaikutuksia prosessiin ylituotannon muodossa. Tämä ongelma on seurausta tuotannon väärästä tasapainottamisesta. Ylituotannon seurauksena jo kertaalleen prosessiin syötetyt tuotteet joudutaan syöttämään uudestaan mikä aiheuttaa turhaa työtä siirtojen ja käsittelyn muodossa.

Ongelmien tunnistamisen ja analysoinnin pohjalta luotiin toimenpide-ehdotuksia prosessin tehokkuuden parantamiseksi. Koska lajitteluprosessi tunnistettiin prosessin pullonkaulaksi, on tärkeää pyrkiä ensiksi parantamaan lajittelun tehokkuutta tai kapasiteettia. Prosessiin luotiin lajittelun materiaalinhallinnan tukirooli, jonka tehtävänä on suorittaa materiaalinhallinnan tehtäviä, kuten kuljetusyksiköiden siirtämistä, ohjauslappujen tulos- tusta ja valmiiden kuljetusyksiköiden hallintaa. Tämä vähentää lajittelijoiden turhaa liikkumista ja kasvattaa lajittelutyöhön käytetyn ajan osuutta, mikä kasvattaa läpäisyä eli lajiteltujen tuotteiden määrää henkilötyötuntia kohden. Tehokkuuden kasvu mahdollistaa yhden resurssiyksikön vapauttamisen, kun lajittelua suorittaa kahdeksan tai yhdeksän henkilöä. Aktiivisella kommunikoinnilla muun sisälogistiikan henkilöiden kanssa, voidaan lisäksi vähentää sisälogistiikan henkilöiden turhaa liikkumista, mikä vapauttaa resursseja muuhun käyttöön. Lajittelualueelle on lisäksi mahdollista lisätä visuaalisuutta, jolla voidaan parantaa lajittelualueen siisteyttä ja tehostaa valmiiden kuljetusyksiköiden siirtoa terminaaliin.

Lajittelun lisäksi syöttöprosessia tehostamalla saadaan tuotantoprosessia tehostettua ja resursseja vapautettua lajittelun käyttöön. Varastopaikkoja muuttamalla vähennetään yksi välisiirtovaihe kuljetusyksiköiden siirroissa. Samalla muutos lisää joustavuutta varastointialueen käyttöön kahden suurimman varastoitavan tuotteen volyymien muutoksille. Lisäksi muutos tukee syöttöprosessin uutta toimintamallia, jossa syöttö on mahdollisuuksien mukaan keskitetty yhdelle alueelle. Syöttötoiminnan keskityksellä vähennetään materiaalin siirtelyä kahteen eri paikkaan ja kahden eri alueen ylläpitoa. Samalla syöttöprosessiin saadaan tasaisempi ja tehokkaampi virtaus, kun kaksi työntekijää hallitsevat syöttötoimintaa, jolloin toisen poistuminen paikalta ei pysäytä virtausta ja aiheuta odotusta nykyisen toimintamallin tapaan.

Prosessin tehokkuutta kasvattavien toimintojen lisäksi, voidaan prosessin materiaalinhallinnassa ja ohjauksessa hyödyntää matriisi- ja laskentatyökaluja. Syöttötoimintaa voidaan ohjata ja resurssitarpeita arvioida syöttötoiminnan ohjaustyökalun avulla. Työkalu tukee työnohjausta tehtäessä valintoja käytettävästä toimintamallista ja resurssista, jotta prosessi onnistuu käsittelemään ennustetun volyymin suunnitellussa ajassa. Lajitteluprosessin onnistumisen varmistamiseksi voidaan hyödyntää kuljetusyksikkötarpeen arviointityökalua, jolla voidaan arvioida kuljetusyksikkömäärien kehitystä ennustetun volyymin mukaan. Yhdistämällä ennustevolyymitieto, yksikkölaskennan arvot ja prosessin yksikkökierron tiedot, saadaan tietoa, että milloin prosessiin saapuvien kuljetusyksiköiden määrä ei riitä kattamaan lajittelun tarpeita.



Tutkimuksen lopuksi on toimenpiteistä otettu käyttöön lajittelun tukirooli aamu-, ilta- ja yövuoroissa. Lisäksi lajittelun visuaaliset ohjaustekijät maalattiin lattiaan. Syöttöprosessissa varastopaikkamuutos on otettu käyttöön, ja syöttötoiminta on keskitetty aamuvuorossa mahdollisuuksien mukaan. Ohjaus- ja arviointityökalujen kokeiltiin tutkimuksen aikana lyhyesti, mutta käytön jatkaminen jää yrityksen työntekijöiden vastuulle.

Arvioitaessa muutostoimenpiteiden vaikutuksia prosessin tehokkuuteen, on tarkasteltava toimenpiteiden vaikutusta läpäisyn arvoon. Verrattaessa aamuvuoron yhden viikon läpäisyn keskiarvoa kolmen aiemman viikon läpäisyiden keskiarvoon, huomataan, että viikolla, jolloin toimenpiteet olivat käytössä, saavutettiin keskimäärin 10 % korkeampi läpäisy kuin aiemmin. Iltavuorossa läpäisy kasvoi vertailussa 5 prosenttiyksikköä. Vaihtelu, kuten volyymin määrän vaihtelu luo tuloksiin pientä hajontaa, mutta tuloksia voidaan pitää positiivisina, sillä vaikka toimenpiteiden vaikutusta ei huomioitu resursoinnissa, kasvoi läpäisyn arvo. Erityisesti aamuvuoron positiivisen tuloksen voidaan nähdä tukevan toimenpiteiden implementointia kaikkiin vuoroihin mahdollisuuksien mukaan.

Toimenpiteiden positiivisten vaikutusten johdosta yrityksen on kannattavaa lyhyellä aikavälillä jatkaa lajittelun tukiroolin ja syöttöprosessin toimenpiteiden käyttöä, ja tarkastella toimenpiteiden vaikutuksia myöhemmin, kun toiminta kehittyy ja henkilöt oppivat uudet toimintatavat. Pidemmällä aikavälillä on myös tarkasteltava ohjaus- ja arviointityökalujen käyttöä ja sen tarjoaman informaation oikeellisuutta ja hyödyllisyyttä, sekä työkalujen kehittämistä edelleen.

## 8.2 Onnistumisen arviointi

Tutkimuksessa pyrittiin tunnistamaan materiaalinhallinnan ongelmia, jotka vaikuttavat negatiivisesti tuotantoprosessin toimintaan, pidentäen prosessin läpimenoaikaa ja heikentäen läpäisyä, sekä löytämään ratkaisuita ongelmien ratkaisemiseksi. Tuotantoprosessin ominaisuudet loivat oman haasteensa tutkimuksen onnistumiselle. Vuorojen erilaisuuden lisäksi jatkuva vaihtelu volyymin ja resurssin määrässä tuovat oman haasteensa prosessin tarkasteluun. Volyymien vaihtelua aiheuttavat niin kausivaihtelut, kuin myös vaihtelu asiakkaiden ja kuluttajien ostokäyttäytymisessä.

Vuorojen erilaisuus ja ympärivuorokautinen toiminta luovat prosessin kehittämiseen haasteen, sillä toiminnan parantaminen yhdessä vuorossa voi vaikuttaa negatiivisesti muiden vuorojen toimintaan. Tähän esimerkiksi törmättiin varastopaikkakokeilun osalta aluksi, vaikka muutoksista keskusteltiin kaikkien vuorojen esimiesten kanssa. Kehittäminen ja toiminnan jatkuva parantaminen ovat kuitenkin prosessi, missä on mukauduttava muutosten vaikutuksiin. Tässä mukautumisessa onnistuttiin hyvin jatkuvien keskustelujen avulla.

Vaihtelun negatiiviset vaikutukset tutkimuksen suorittamiselle koettiin selvästi. Tutkimuksen aloituksesta lähtien volyymit kasvoivat viikko viikolta kohti joulua. Marras-kuusta ja joulukuun loppuun suoritettiin paljon havaintomittauksia ja kehityskokeiluita, jolloin volyymit olivat suurimmillaan. Volyymin kasvaessa myös ongelmat nousevat selkeästi esiin ja kertaantuvat. Joulukuun jälkeen tammikuussa tuotantoprosessi näyttäytyi aivan erilaisena. Volyymit laskivat runsaasti joulukuun toimintaan nähden. Tämä aiheutti myös osittaisen ongelmien ja kehitysideoiden uudelleen tarkastelun. Ratkaisuita jouduttiin käsittelemään uudelleen ja muokkaamaan, jotta ne pystyivät vastaamaan myös pienen volyymin määrän toimintaan. Ratkaisuvaihtoehtojen muokkaukset onnistuivat kuitenkin hyvin, ja vaihtoehtoista pystyttiin muokkaamaan myös sellaisia, jotka ovat joustavia toiminnan vaihtelulle.

Korkean volyymin jälkeen, aiemmin tunnistetut ongelmat eivät esiintyneet niin selkeästi verrattuna aikaan jolloin niitä tarkasteltiin. Ongelmien tarkastelu painottui vahvasti aamuvuoroon, mikä johtui osittain haastatteluissa mainituista ongelmista, joista monet kohdennettiin nimenomaan aamuvuoron toimintaan. Vaikka sekä ilta- että yövuoroa tarkasteltiin myös, painottui tarkastelu liiaksi yhteen vuoroon. Havaintomittauksia olisi voinut tehdä enemmän myös ilta- ja yövuoroissa, mutta tämän ei lopulta nähty tuovan uutta näkökulmaa ongelmien tarkasteluun. Myös aikataulut toivat tähän oman haasteensa: koska havaintomittauksia ja kokeiluita haluttiin tehdä jo korkean volyymin aikaan ennen joulua, ei aika riittänyt jokaisen vuoron laajaan tarkasteluun. Siksi tarkastelu kohdennettiin suurelta osin aamuvuoron toimintaan. Ongelmien tarkastelu painottui myös enemmän pakettituotteen käsittelyyn lehtikimppujen sijaan, sillä pakettisyötössä materiaalikierto ja resurssikäyttö ovat vilkkaampia. Lehtikimppujen osalta tarkastelu jäi siksi pienemmäksi. Laajemmin prosessia tarkastellen, ongelmia kuitenkin löydettiin paljon ja sitä myöten prosessin kehityskohteita.

Ongelmantarkastelun jälkeen suunniteltiin nopeasti syöttö- ja lajitteluprosessin kehityskokeilut, jotta kokeilut voitiin suorittaa vielä korkean volyymin aikaan. Kokeilut alkoivat prosessin kannalta väärästä päästä, sillä syöttöprosessin tehostunut toiminta johti siihen, että lajitteluprosessin toimintakyky heikkeni ennestään syöttöprosessiin nähden. Tämä näkyikin syöttöprosessin ensimmäisinä päivinä suurina ylituotantolukemina. Kokeiluiden aikataulutuksessa ja valinnoissa epäonnistuttiin siis tältä osin. Muutokseen vastattiin nopeasti resurssia lisäämällä, mutta koska tämä ei olisi pitkän aikavälin ratkaisu, olisi lajitteluprosessia kehitettävä ensin.

Lajitteluprosessin positiivisen kokeiluiden jälkeen tapahtui pudotus volyymin määrässä, mikä johti myös toimintamallien muutokseen. Kokeiltuja toimintamalleja ei siksi otettu sellaisenaan käyttöön, sillä muutoksia toimintamalleihin oli tehtävä. Huono informaatio ja epävarmuus toimintatavoista myös aiheuttivat työntekijöiden keskuudessa tyytymättömyyttä. Tämä johtui heikosta informaation jaosta työnjohdon, työntekijöiden ja tutkijan välillä. Muokatut toimintamallit esitettiin ja niitä kokeiltiin, mutta lopulliset päätökset

uusien toimintamallien käyttöönotosta jäivät puuttumaan. Oman haasteensa toimintamallien käyttöönottoon toivat myös yrityksen muut samanaikaiset kehitystoimet. Esimerkiksi työkierron lisääminen lisäsi kriittisten työnjohdon henkilöiden vaihtuvuutta, jolloin toimintamallit jouduttiin esittämään useampaan kertaan. Kun henkilöillä ei samaan aikaan ollut varmuutta käyttöönotetuista toimintamalleista eri vuoroissa, syntyi toimintaan epävarmuutta ja eroavaisuuksia eri henkilöiden kesken, jolloin selkeitä valintoja käyttöönotettavista toimintamalleista ei esitetty.

Tutkimuksen suorittamisen haasteista huolimatta, onnistui tutkimus kokonaisuudessaan kohtalaisen hyvin. Mikäli havainnointimittauksia olisi suoritettu laajempi määrä, olisi tulosten luotettavuudesta saatu parempi. Mutta pienelläkin otannalla pystyttiin prosessin ongelmia ja haasteita tunnistamaan suuri määrä, ja sitä kautta luomaan konkreettisia kehitystoimenpiteitä. Toimenpiteistä ja muutoksista saatiin luotua sellaisia, joissa kokonaisvaikutus säilyi positiivisena, eivätkä muutokset vaikuttaneet negatiivisesti minkään vuoron toimintaan. Lisäksi positiivisena asiana voidaan nähdä jatkuva oppiminen ja ajatusten kehittyminen tutkimuksen aikana: muuttuviin tilanteisiin ja ajatuksiin mukauduttiin, jolloin kehitysprosessi jatkui niin ongelman kuin tutkijankin kohdalla. Vielä aktiivisemmalla kommunikoinnilla, informoinnilla ja vuorovaikutuksella tutkimuksen loppupuolella, olisi parannettu päätöksentekoa ja valintoja käyttöönotettavista kehitystoimista.

### 8.3 Jatkotutkimustarpeet

Tämä tutkimus antoi vastauksia tuotantoprosessin ja prosessin materiaalinhallinnan haasteista sekä tarkasteli toimenpiteitä tuotantoprosessin kehittämiseksi. Tutkimus herätti kuitenkin myös uusia kysymyksiä, joita tarkastelemalla tuotantoprosessia voidaan edelleen kehittää. Tuotantoprosessin muutokset voivat myös vaatia uudelleentarkastelua. Seuraavia jatkotutkimusaiheita tunnistettiin:

- Informaatio jakaminen yksiköiden valmistumisesta: Tutkimuksessa havaittiin, että yksiköiden valmistumisesta ei ole signaalia sisälogistiikalle, mikä heikentää valmiiden kuljetusyksiköiden virtausta terminaaliin. Tästä voidaan saada tietoa, kun valmiit kuljetusyksiköt kuitataan uuden lajittelutyökalun avulla. Informaation jaon vaikutusta sisälogistiikan liikkumisen määrään voidaan tutkia.
- Informaation jakaminen lajittelun tilanteesta: Tutkimuksen aikana havaittiin, että yövuorossa haluttiin syöttötoimintaa suorittaa siten, että näköyhteys syötettävän tuotteen lajittelualueelle säilytettiin. Näköyhteys on mahdollista luoda näytöin, jolloin syöttötoiminta voidaan sijoittaa muutoin. Tällä voidaan saada hyötyjä, mikäli syöttötoiminta voidaan keskittää. Tutkimalla tätä aihetta, voidaan tarkastella lajitteluinformaation jaon vaikutusta syöttöprosessin tehokkuuteen ja työntekijöiden itseohjautuvuuteen.

- Sisälogistiikan resursointi volyyymiennusteen mukaan: Sisälogistiikan eri roolit sisältävät erilaisia tehtäviä eri vuoroissa. Moni rooli sisältää paljon yksiköiden siirtämistä ja liikkumista. Yksi vaihtoehtoinen lähestymistapa resursoinnin tarkasteluun olisi tarkastella siirtoja suorittavan henkilön liikkumista volyymin mukaan niissä vuoroissa, joissa tehtävä sisältää paljon siirtoja terminaalien ja tuotannon välillä. Näin pystyttäisiin tunnistamaan hukkaa ja parantamaan resurssisuunnittelua.
- Luisukohtainen ylituotannon hälytysvalo: Työntekijöiden havaittiin heikosti reagoivan suorakohtaiseen ylituotannosta varoitettavaan valoon. Tutkimalla luisukohdaisen hälytysvalon vaikutusta reagointiin ja ylituotannon määrään, voidaan tunnistaa investoinnin kannattavuutta tehokkuuden näkökulmasta.
- Kaatolaitesyötön suorittaminen sisälogistiikan toimesta: Tutkimuksena aikana heräsi keskustelua kaatolaitesyötön suorittamisesta sisälogistiikan henkilöiden toimesta. Tällöin sisälogistiikan toimesta suoritettava kuljetusyksiköiden käsittelyketju ei katkeaisi syöttötoimintaan, vaan sisältäisi kaikki kuljetusyksiköiden käsittelyn tehtävät. Tällä voi olla positiivisia hyötyjä, mutta myös negatiivisia vaikutuksia työkierron osalta, joita olisi tarkasteltava ennen päätösten suorittamista.

Näiden lisäksi diplomityön aikana heräsi ajatuksia syöttöprosessin erilaisesta toimintamallista, missä syöttötoiminta keskittämällä saavutettaisiin mahdollisia hyötyjä. Uudet tarpeet ja toiminnan muuttuminen vaativat jatkuvaa kehittämistä ja toiminnan uudelleen tarkastelua. Tämä tutkimus keskittyi toiminnan parantamiseen Leanin keinoin, ja yksi Leanin pääajatuksista on toiminnan jatkuva parantaminen. Tästä syystä yrityksen on kannattavaa jatkaa toiminnan jatkuvaa parantamista ja kehittymistä, sekä arvioida tässä tutkimuksessa toteutettujen toimenpiteiden hyötyjä tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

- Bayo-Moriones, A., Bello-Pintado, A. & Merino-Díaz de Cerio, J. 2010. 5S use in manufacturing plants: contextual factors and impact on operating performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*. Vol. 27, no. 2, ss. 217-230.
- Betterton, C.E. & Cox, J.F. 2009. Espoused drum-buffer-rope flow control in serial lines: A comparative study of simulation models. *International Journal of Production Economics*. Vol. 117, no. 1, ss. 66-79.
- Butzer, S., Schotz, S., Hauck, K. & Steinhilper, R. 2016. Maturity model for evaluation of resource efficiency in manufacturing SMEs. *Proceedings in Manufacturing Systems*. Vol. 11, no. 3, ss. 137-137.
- Chase, R.B. & Aquilano, N.J. 1995. *Production and operations management: manufacturing and services*. 7th ed, Irwin, Boston (MA); Homewood (IL); 853 s.
- Delfmann, W., Albers, S. & Gehring, M. 2002. The impact of electronic commerce on logistics service providers. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. Vol. 32, no. 3, ss. 203-222.
- Gershenson, J.K., Prasad, G.J. & Zhang, Y. 2003. Product modularity: Definitions and benefits. *Journal of Engineering Design*. Vol. 14, no. 3, ss. 295-313.
- Goldratt, E.M. 1990. *What is this thing called theory of constraints and how should it be implemented?* North River Press, Great Barrington (MA). 160 s.
- Gunasekaran, A., Patel, C. & Tirtiroglu, E. 2001. Performance measures and metrics in a supply chain environment. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 21, Iss 1/2, ss. 71 - 87
- Halcomb, E.J. & Davidson, P.M. 2006. Is verbatim transcription of interview data always necessary? *Applied Nursing Research*. Vol. 19, no. 1, ss. 38-42.
- Hines, P. & Rich, N. 1997. The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 17, Iss 1, ss. 46 - 64
- Kasanen, E., Lukka, K. & Siitonen, A. 1993. The constructive approach in management accounting research. *Journal of Management Accounting Research*. Vol. 5, ss. 243.
- Levy, DM. 1997. Lean Production in an International Supply Chain. *Sloan Management Review*. Vol 38, no. 2, ss. 94-102
- Little, J.D.C. 2011. Little's law as viewed on its 50th anniversary. *Operations Research*. Vol. 59, no. 3, ss. 536-549.

Mast, d., J, Kemper, B., Does, R.J.M.M., Mandjes, M. & Bijl, v.d., Y. 2011. Process improvement in healthcare: Overall resource efficienc. *Quality and Reliability Engineering International*. Vol. 27, no. 8, ss. 1095-1106.

Meerkov, S.M. & Yan, C. 2016. Production Lead Time in Serial Lines: Evaluation, Analysis, and Control. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. Vol. 13, no. 2, ss. 663-675.

Modig, N. & Åhlström, P. 2013. *This is lean: Resolving the efficiency paradox*. Stockholm: Rheologica Publishing. 172 s.

Posti Oyj. 2016. Postin vuosikertomus 2015. WWW. Saatavissa: <http://annualreport2015.posti.com>. Viitattu: 21.2.2017.

Rahman, S. 1998. Theory of constraints: A review of the philosophy and its applications. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 18, no. 4, ss. 336-355.

Rother, M., & Shook, J. 2003. *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.

Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. 2009. *Research methods for business students*. 5th edition, Prentice Hall, Harlow. 614 s.

Schragenheim, E. & Ronen, B. 1990. Drum-Buffer-Rope Shop Floor Control. *Production and Inventory Management Journal*. Vol. 31, no. 3, ss. 18-22.

Serrano, I., Ochoa, C. & Castro, R.D. 2008. Evaluation of value stream mapping in manufacturing system redesign. *International Journal of Production Research*. Vol. 46, no. 16, ss. 4409-4430.

Shararah, M.A. 2013. A value stream map in motion. *Industrial Engineer*. Vol. 45 No. 5, ss. 46-50

Simchi-Levi, D. 2010. *Operations rules: delivering customer value through flexible operations*. MIT Press, Cambridge, MA. 252 s.

Stevenson, W. J. 2014. *Operations management*. 12th, global ed. New York, NY: McGraw Hill/Irwin. 911 s.

Suomala, P., Lyly-Yrjanainen, J. & Lukka, K. 2014. Battlefield around interventions: A reflective analysis of conducting interventionist research in management accounting. *Management accounting research*. Vol. 25, no. 4, ss. 304-314.

Trudell, B. & Carreira, B. 2006. 6. Velocity, Throughput, and Lead Time. in *AMA-COM – Book Division of American Management Association*, 263 s.

Vollmann, T.E., Berry, W.L. & Whybark, D.C. 1997. Manufacturing planning and control systems. 4th edition, McGraw-Hill, New York (NY). 896 s.

Womack, J.P., Jones, D.T. & Roos, D. 1991. The machine that changed the world. Harper Perennial, New York. 323 s.

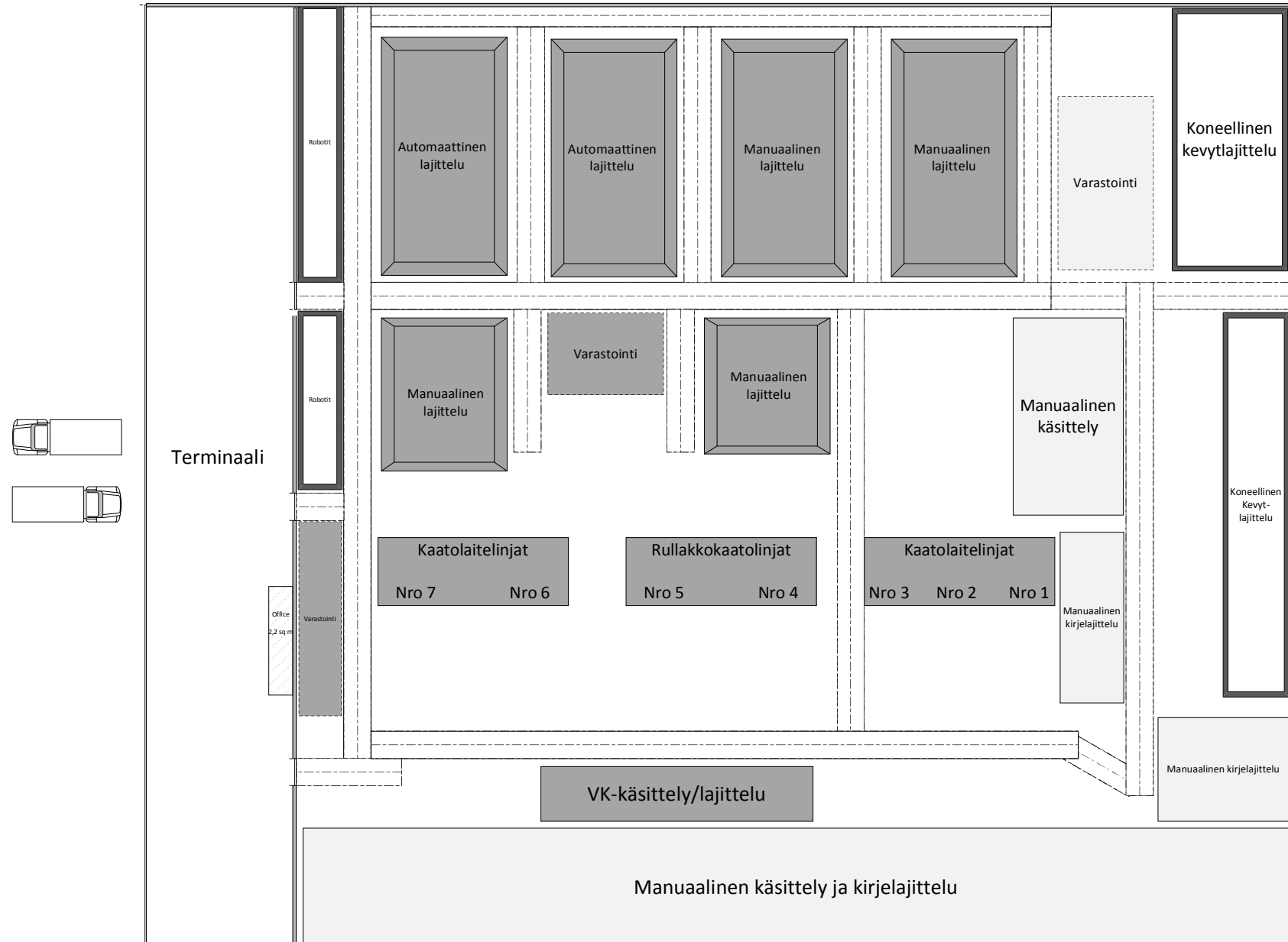
Womack, J.P. & Jones, D.T. 2003. Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. Rev. and updat edn, Free Press, New York. 396 s.

Wook Kim, S. 2006. Effects of supply chain management practices, integration and competition capability on performance. Supply Chain Management: An International Journal. Vol. 11, Iss 3, ss. 241 – 248

Ye, T. & Han, W. 2008. Determination of buffer sizes for drum-buffer-rope (DBR)-controlled production systems. International Journal of Production Research. Vol. 46, no. 10, ss. 2827-2844.

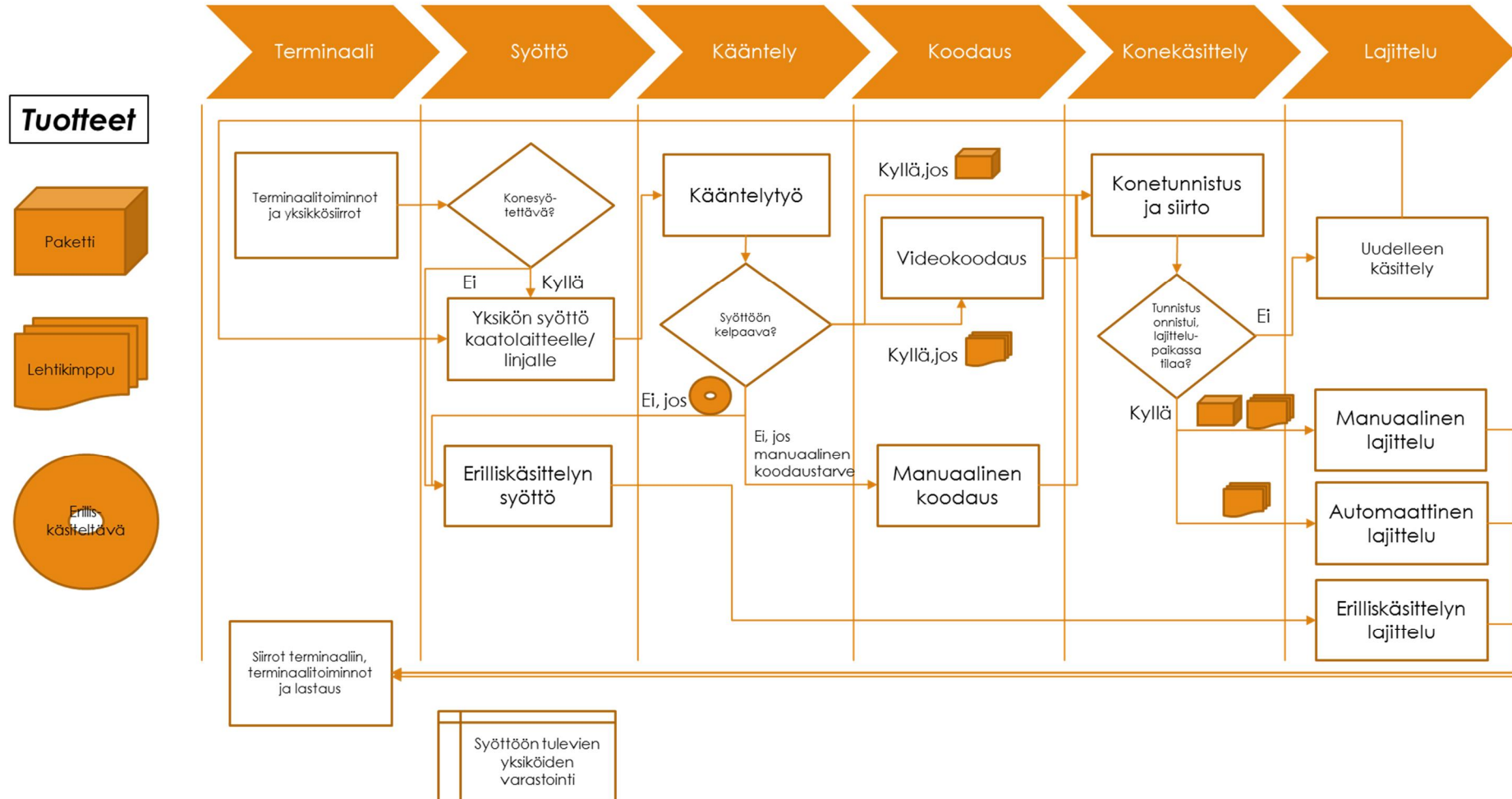
Yin, R.K. 2003. Case study research: design and methods. 3rd edn, Sage Publications, Thousand Oaks (CA). 181 s.

# LIITE 1: TUOTANNON POHJAPIIRROS





## LIITE 2: TUOTANTOPROSESSI ERI TUOTTEILLA



## LIITE 3: TUTKIMUSHAASTATTELU / TYÖNTEKIJÄT

Tämä haastattelu toteutetaan osana Tampereen Teknilliselle Yliopistolle suoritettavaa diplomi-työtä. Haastattelussa perehdytään tuotantoprosesseihin, niiden ongelmiin ja mahdollisiin kehitysideoihin tuotantoprosessin virtauksen näkökulmasta. Tuotantoprosessi alkaa, kun yksikkö/tuote (tässä virtausyksikkö) puretaan ajoneuvosta terminaaliin, ja päättyy kun virtausyksikkö on päättynyt yksikössä terminaalialueella siirrettäväksi ajoneuvoon. Haastattelun materiaali ja vastaukset ovat ainoastaan tutkimuskäyttöön. Haastattelun yksilöityjä vastauksia, äänitteitä tai muuta materiaalia ei tulla jakamaan muille osapuolille eikä yhdistämään haastateltavaan henkilöön millään lailla.

### Tausta:

- 1) Mikä työkuvaranne on? Missä tehtävässä toimit useimmiten?
- 2) Kuinka pitkään olette toimineet tässä tehtävässä ja missä toimit aiemmin?

### Työtehtävät:

- 3) Kuvaile työtehtäviäsi vaihe vaiheelta?
- 4) Ovatko edellä mainitut työvaiheet yleisesti ohjeistettuja vai oletko itse kokenut tämän tavan parhaaksi?
- 5) Koetko, että joitakin työtehtäviä voisi tehdä toisin, paremmin tai jonkun muun henkilön/roolin toimesta, jotta tuotannon virtaus paranisi?
- 6) Mikä tai mitkä asiat, jotka vaikuttavat tuotantotoimintaan, ovat mielestäsi tärkeimpiä tekijöitä huomioida työtä tehdessäsi?

### Työn ohjaus:

- 7) Kuinka toimivaa työn suunnittelu (vuorot/tehtävät) mielestäsi on?
- 8) Kuinka toimivaa päivittäinen työnjohto ja -ohjaus mielestäsi on? Onko esimies helposti tavoitettavissa tarvittaessa?

### Ongelmien tarkastelu:

- 9) Mitä ongelmia, jotka ovat vaikuttaneet työsi tekemiseen, olet nähnyt/kokenut/tunnistanut tarkasteltavan prosessin eri vaiheissa?
- 10) Milloin nämä ongelmat yleensä ilmenevät?
- 11) Mistä ongelmat mielestäsi johtuvat?
- 12) Mitä yleisiä ongelmia/haasteita olet havainnut työvuoron aikana tuotantoprosessin kanalta?
- 13) Mihin tuotantoprosessissa syntyy mielestäsi pullonkauloja, jotka pidentävät virtausyksikön läpimenoaikaa?
- 14) Mikä muu hidastaa prosessin virtausta? Kuten huono ohjeistus tai heikko visualisointi, ahtaat tilat tai muu vastaava?

### Kehitysideat:

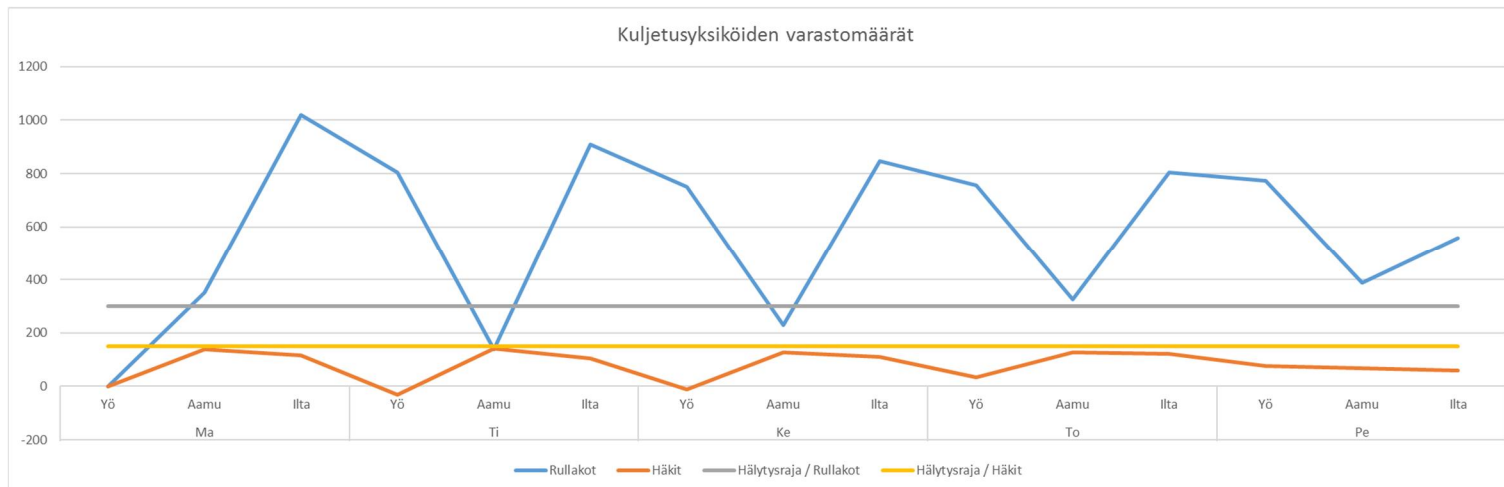
- 15) Kuinka tuotantoprosessin tehokkuutta ja toimivuutta voitaisiin mielestänne parantaa tarkasteltavan prosessin osalta?
- 16) Kuinka tuotantoprosessin tehokkuutta ja toimivuutta voitaisiin mielestänne parantaa materiaalinhallinnan keinoin sekä yleisesti

## LIITE 4: KULJETUSYKSIKÖTARPEEN ARVIOINTITYÖKALU / TARVEMATRIISI JA VARASTON SEURANTA

AAMU	
<b>Volyymiennuste yht</b>	22000
<i>Volyymi paketit</i>	8000
<i>Volyymi kimput</i>	14000
<b>Rullakotarve</b>	640
<b>Häkkitarve</b>	50

		Kimppuvolyymi									
		2000	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000	18000	20000
Pakettivolyymi	2000	400	400	448	496	544	592	640	688	736	784
		20	20	26	32	38	44	50	56	62	68
	4000	400	400	448	496	544	592	640	688	736	784
		20	20	26	32	38	44	50	56	62	68
	6000	400	400	448	496	544	592	640	688	736	784
		20	20	26	32	38	44	50	56	62	68
	8000	400	400	448	496	544	592	640	688	736	784
		20	20	26	32	38	44	50	56	62	68
	10000	472	472	520	568	616	664	712	760	808	856
		22	22	28	34	40	46	52	58	64	70
	12000	544	544	592	640	688	736	784	832	880	928
		24	24	30	36	42	48	54	60	66	72
	14000	616	616	664	712	760	808	856	904	952	1000
		26	26	32	38	44	50	56	62	68	74
	16000	688	688	736	784	832	880	928	976	1024	1072
		28	28	34	40	46	52	58	64	70	76
	18000	760	760	808	856	904	952	1000	1048	1096	1144
		30	30	36	42	48	54	60	66	72	78
	20000	832	832	880	928	976	1024	1072	1120	1168	1216
		32	32	38	44	50	56	62	68	74	80

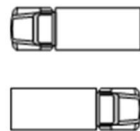
	Rullakot
	Häkit



## LIITE 5: KULJETUSYKSIKÖIDEN HALLINTA JA VARASTOINTI TUOTANNOSSA

Tyhjien kuljetusyksiköiden siirtojärjestys:

1. Lajittelupaikat
2. Yksiköiden vaihtoalueet lajitteluosorilla (kaistat)
3. Yksiköiden varastoalueet
4. Terminaalin varastoalue



- Häkkivarastointi
- Rullakkovarastointi



# LIITE 6: SYÖTTÖPROSESSIN OHJAUSTYÖKALU

		RESURSSIT																										
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Yksiköt / Paketti	5	0:25	0:23	0:21	0:19	0:16	0:14	0:12	0:11	0:09	0:07	0:05	0:09	0:07	0:08	0:06	0:04	0:06	0:04	0:05	0:03	0:01	0:07	0:05	0:03	0:04	0:02	0:00
	10	0:40	0:38	0:36	0:34	0:26	0:24	0:22	0:19	0:17	0:15	0:13	0:14	0:12	0:13	0:11	0:09	0:10	0:08	0:09	0:07	0:05	0:10	0:08	0:06	0:07	0:05	0:03
	15	0:55	0:53	0:51	0:49	0:36	0:34	0:32	0:26	0:24	0:22	0:20	0:20	0:18	0:17	0:15	0:13	0:14	0:12	0:13	0:11	0:09	0:13	0:11	0:09	0:10	0:08	0:06
	20	1:10	1:08	1:06	1:04	0:46	0:44	0:42	0:34	0:32	0:30	0:28	0:25	0:23	0:22	0:20	0:18	0:19	0:17	0:17	0:15	0:13	0:16	0:14	0:12	0:13	0:11	0:09
	25	1:25	1:23	1:21	1:19	0:56	0:54	0:52	0:41	0:39	0:37	0:35	0:31	0:29	0:27	0:25	0:23	0:23	0:21	0:20	0:18	0:16	0:19	0:17	0:15	0:16	0:14	0:12
	30	1:40	1:38	1:36	1:34	1:06	1:04	1:02	0:49	0:47	0:45	0:43	0:36	0:34	0:31	0:29	0:27	0:27	0:25	0:24	0:22	0:20	0:22	0:20	0:18	0:19	0:17	0:15
	35	1:55	1:53	1:51	1:49	1:16	1:14	1:12	0:56	0:54	0:52	0:50	0:42	0:40	0:36	0:34	0:32	0:32	0:30	0:28	0:26	0:24	0:26	0:24	0:22	0:22	0:20	0:18
	40	2:10	2:08	2:06	2:04	1:26	1:24	1:22	1:04	1:02	1:00	0:58	0:47	0:45	0:40	0:38	0:36	0:36	0:34	0:32	0:30	0:28	0:29	0:27	0:25	0:24	0:22	0:20
	45	2:25	2:23	2:21	2:19	1:36	1:34	1:32	1:11	1:09	1:07	1:05	0:53	0:51	0:45	0:43	0:41	0:40	0:38	0:35	0:33	0:31	0:32	0:30	0:28	0:27	0:25	0:23
	50	2:40	2:38	2:36	2:34	1:46	1:44	1:42	1:19	1:17	1:15	1:13	0:58	0:56	0:50	0:48	0:46	0:44	0:42	0:39	0:37	0:35	0:35	0:33	0:31	0:30	0:28	0:26
	55	2:55	2:53	2:51	2:49	1:56	1:54	1:52	1:26	1:24	1:22	1:20	1:04	1:02	0:54	0:52	0:50	0:49	0:47	0:43	0:41	0:39	0:38	0:36	0:34	0:33	0:31	0:29
	60	3:10	3:08	3:06	3:04	2:06	2:04	2:02	1:34	1:32	1:30	1:28	1:09	1:07	0:59	0:57	0:55	0:53	0:51	0:47	0:45	0:43	0:41	0:39	0:37	0:36	0:34	0:32
	65	3:25	3:23	3:21	3:19	2:16	2:14	2:12	1:41	1:39	1:37	1:35	1:14	1:12	1:04	1:02	1:00	0:57	0:55	0:50	0:48	0:46	0:45	0:43	0:41	0:39	0:37	0:35
	70	3:40	3:38	3:36	3:34	2:26	2:24	2:22	1:49	1:47	1:45	1:43	1:20	1:18	1:08	1:06	1:04	1:02	1:00	0:54	0:52	0:50	0:48	0:46	0:44	0:42	0:40	0:38
	75	3:55	3:53	3:51	3:49	2:36	2:34	2:32	1:56	1:54	1:52	1:50	1:25	1:23	1:13	1:11	1:09	1:06	1:04	0:58	0:56	0:54	0:51	0:49	0:47	0:44	0:42	0:40
80	4:10	4:08	4:06	4:04	2:46	2:44	2:42	2:04	2:02	2:00	1:58	1:31	1:29	1:17	1:15	1:13	1:10	1:08	1:02	1:00	0:58	0:54	0:52	0:50	0:47	0:45	0:43	
85	4:25	4:23	4:21	4:19	2:56	2:54	2:52	2:11	2:09	2:07	2:05	1:36	1:34	1:22	1:20	1:18	1:14	1:12	1:05	1:03	1:01	0:57	0:55	0:53	0:50	0:48	0:46	
90	4:40	4:38	4:36	4:34	3:06	3:04	3:02	2:19	2:17	2:15	2:13	1:42	1:40	1:27	1:25	1:23	1:19	1:17	1:09	1:07	1:05	1:00	0:58	0:56	0:53	0:51	0:49	
95	4:55	4:53	4:51	4:49	3:16	3:14	3:12	2:26	2:24	2:22	2:20	1:47	1:45	1:31	1:29	1:27	1:23	1:21	1:13	1:11	1:09	1:04	1:02	1:00	0:56	0:54	0:52	
100	5:10	5:08	5:06	5:04	3:26	3:24	3:22	2:34	2:32	2:30	2:28	1:53	1:51	1:36	1:34	1:32	1:27	1:25	1:17	1:15	1:13	1:07	1:05	1:03	0:59	0:57	0:55	
105	5:25	5:23	5:21	5:19	3:36	3:34	3:32	2:41	2:39	2:37	2:35	1:58	1:56	1:40	1:38	1:36	1:32	1:30	1:20	1:18	1:16	1:10	1:08	1:06	1:02	1:00	0:58	
110	5:40	5:38	5:36	5:34	3:46	3:44	3:42	2:49	2:47	2:45	2:43	2:04	2:02	1:45	1:43	1:41	1:36	1:34	1:24	1:22	1:20	1:13	1:11	1:09	1:04	1:02	1:00	
115	5:55	5:53	5:51	5:49	3:56	3:54	3:52	2:56	2:54	2:52	2:50	2:09	2:07	1:50	1:48	1:46	1:40	1:38	1:28	1:26	1:24	1:16	1:14	1:12	1:07	1:05	1:03	
120	6:10	6:08	6:06	6:04	4:06	4:04	4:02	3:04	3:02	3:00	2:58	2:14	2:12	1:54	1:52	1:50	1:44	1:42	1:32	1:30	1:28	1:19	1:17	1:15	1:10	1:08	1:06	
125	6:25	6:23	6:21	6:19	4:16	4:14	4:12	3:11	3:09	3:07	3:05	2:20	2:18	1:59	1:57	1:55	1:49	1:47	1:35	1:33	1:31	1:22	1:20	1:18	1:13	1:11	1:09	
130	6:40	6:38	6:36	6:34	4:26	4:24	4:22	3:19	3:17	3:15	3:13	2:25	2:23	2:04	2:02	2:00	1:53	1:51	1:39	1:37	1:35	1:26	1:24	1:22	1:16	1:14	1:12	
135	6:55	6:53	6:51	6:49	4:36	4:34	4:32	3:26	3:24	3:22	3:20	2:31	2:29	2:08	2:06	2:04	1:57	1:55	1:43	1:41	1:39	1:29	1:27	1:25	1:19	1:17	1:15	
140	7:10	7:08	7:06	7:04	4:46	4:44	4:42	3:34	3:32	3:30	3:28	2:36	2:34	2:13	2:11	2:09	2:02	2:00	1:47	1:45	1:43	1:32	1:30	1:28	1:22	1:20	1:18	
145	7:25	7:23	7:21	7:19	4:56	4:54	4:52	3:41	3:39	3:37	3:35	2:42	2:40	2:17	2:15	2:13	2:06	2:04	1:50	1:48	1:46	1:35	1:33	1:31	1:24	1:22	1:20	
150	7:40	7:38	7:36	7:34	5:06	5:04	5:02	3:49	3:47	3:45	3:43	2:47	2:45	2:22	2:20	2:18	2:10	2:08	1:54	1:52	1:50	1:38	1:36	1:34	1:27	1:25	1:23	
Linjojen lkm	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2	2,5	2,5	3	3	3	3,5	3,5	4	4	4	4,5	4,5	4,5	5	5	5	
Syöttölinjat	3	3	3	3	32	32	32	32	32	32	32	321	321	321	321	321	7632	7632	7632	7632	7632	76321	76321	76321	76321	76321	76321	
Syöttäjät	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	
Kääntelijät	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	
Hukkis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Manulajittelu	2	3	4	5	5	6	7	7	8	9	10	9	10	10	11	12	12	13	13	14	15	14	15	16	16	17	18	