

VAASAN YLIOPISTO
TEKNILLINEN TIEDEKUNTA
INDUSTRIAL MANAGEMENT

Olli Lähteenmäki

LOGISTIIKKAKETJUN OPTIMOINTI
-case Sandvik Mining & Construction Oy

Industrial Management
pro gradu -tutkielma

VAASA 2019

VAASAN YLIOPISTO**Teknillinen tiedekunta**

Tekijä:	Olli Lähteenmäki	
Tutkielman nimi:	Logistiikkaketjun optimointi -case Sandvik Mining & Construction Oy	
Ohjaajan nimi:	Professori Jussi Kantola	
Tutkinto:	Kauppätieteiden maisteri	
Pääaine:	Industrial Management	
Aloitusvuosi:	2014	
Valmistumisvuosi:	2019	Sivumäärä: 121

TIIVISTELMÄ

Tässä työssä perehdytään logistiikkaan, erityisesti varastointiin, ja sen optimoimiseen. Tutkielma tehdään Sandvik Mining & Construction Oy:lle Tampereella. Tutkielman tavoitteena on selvittää kohdeyrityksen logistinen prosessi ja tutkia, kuinka yrityksen logistisia kustannuksia voidaan vähentää.

Työn teoriassa esiteltiin varastoinnin tarkoitus ja perusteet. Varastointi esitettiin myös prosessina, jota tarkasteltiin esimerkiksi Just-in-Time -filosofian näkökulmasta. Lisäksi teorialuvuissa käsiteltiin varaston kustannuksia sekä varastonhallintajärjestelmiä, joilla vaikutetaan varaston tehokkuuteen ja kustannuksiin. Viimeisenä teoriassa käsiteltiin logistiikan ulkoistamista ja sen lainalaisuuksia.

Työn empiirisessä tutkimuksessa selvitettiin ja mallinnettiin yrityksen logistinen prosessi, josta tunnistettiin eri varastoja, joille tehtiin kustannusanalyysi varastojen toimintokohtaisista kustannuksista. Tulosten perusteella laskettiin optimaalinen kustannus logistiikalle. Tämän pohjalta luotiin muutama realistinen malli, joilla logistisia kustannuksia on mahdollista vähentää. Mallien kustannuksia vertailtiin keskenään ja niille tehtiin SWOT-analyysit, joiden perusteella pystyttiin löytämään malli, joka sopi parhaiten yrityksen toimintaan.

Työn tuloksena yritykselle saatiin selvitettyä logistisesti kannattava malli, jossa kustannukset pienenevät ja osien toimitusvarmuus paranee suhteessa nykytilaan. Tämän lisäksi yrityksen sisäisen rahtiverkoston kuljetuksille löydettiin kaava, jota noudattamalla kustannukset pysyvät optimaalisina. Viimeisenä löydöksenä työssä nousi yllättäen esiin yrityksen nykyisen raportointityökalun luotettavuuden ongelmat ja työkalun kehittämisen tarve.

AVAINSANAT: Varastointi, varastonhallinta, logistiikan optimointi

UNIVERSITY OF VAASA
Faculty of Technology

Author:	Olli Lähteenmäki	
Topic of the Master's Thesis:	Logistics Chain Optimization -case Sandvik Mining & Construction Oy	
Instructor:	Professor Jussi Kantola	
Degree:	Master of Science in Economics	
Major:	Industrial Management	
Year of Entering the University:	2014	
Year of Completing Master's Thesis:	2019	Page count: 121

ABSTRACT

This Master's thesis deals with logistics, especially warehousing and logistics optimization. This thesis was made for request of Sandvik Mining & Construction Oy in Tampere. The ultimate target of the thesis was to investigate the company's logistical process and solve how to reduce overall logistical costs.

In the literature review the thesis introduced the purpose and basics of warehousing. Warehousing is also presented as a process that is viewed from the perspective of Just-in-Time philosophy. In addition, the theory chapters discussed about warehousing costs and warehouse management systems which is utilized to influence on warehouse performance, efficiency and costs. Last part of theory chapter considered the framework of logistics outsourcing.

The empirical study clarified and modeled the logistical process of the company. The study recognized different warehouses that were separated in the cost analysis where the costs of warehousing functions were calculated. Based on the results the optimal cost of logistics was founded. Towards this optimum, five models to reduce costs were presented. The costs of models were compared and the SWOT analysis finally pointed the model that suited for the company.

As a result, in this study the cost-reduced and on-time-delivery-increased model for the company was founded. Besides, the study succeeded to present a formula for optimal transportation costs for company's internal logistics and freight network. The last finding of this study was the surprising fact that the tool that reports and follows logistics' key performance indicators is not complete and the tool has to be defined again for reaching more accurate results in the future.

KEY WORDS: Warehousing, warehouse management, logistics optimization

ALKUSANAT

Tämä pro gradu -tutkielma logistiikan optimoinnista tehtiin Sandvik Mining & Construction Oy:lle Tampereen Myllypurossa. Tutkimuksen aihe oli mielenkiintoinen, laaja sekä haastava, mutta ennen kaikkea tutkimuksen edetessä ajatuksia herättävä. Tutkielman saattaminen loppuun tuntui palkitsevalta varsinkin, kun työn tuloksista saatiin yritykselle konkreettista hyötyä päätöksentekoon välittömästi.

Pro gradu -tutkielman aiheen takana oli yrityksen nykyinen maanpäällisten poralaitteiden valmistuspäällikkö Joonas Saarikko, jota haluan erityisesti kiittää paitsi mielenkiintoisesta tutkimusaiheesta myös eteenpäin työntämisestä tutkimusprosessin aikana. Erityiskiitokset ilmaisen myös nykyiselle logistiikkapäällikölle, Lasse Raitaselle, valaisevista keskusteluista ja korvaamattomasta avusta työtä tehdessä, sekä myös professori Jussi Kantolalle pro gradun ohjaamisesta ja työn kommentoinnista. Lisäksi haluan vielä kiittää työni ohjausryhmään Joonaksen ja Lassen lisäksi kuuluneita Eerikki Virtasta, Anne Kuosmasta, Antti Länsimiestä, Henri Aarnilaaksoa sekä kesken tutkimusprosessin mukaan hypännyttä, työtä kohti johtopäätöksiä ja tulevaisuuden näkökulmaa ajanutta Matti Seppää mielenkiintoisten kysymysten esittämisestä, eri näkökulmilla haastamisesta ja asiantuntevasta ohjauksesta työni edetessä.

Tampereella 02.02.2019

Olli Lähteenmäki

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELOT	7
MERKINNÄT JA SELITTEET	9
1 JOHDANTO	10
1.1 Työn tausta	10
1.2 Tutkimuksen rakenne	11
1.2.1 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus	11
1.2.2 Tutkimuskysymykset	12
1.2.3 Tutkimuksen tyyppi	12
1.3 Pro gradun rakenne	13
1.3.1 Teoreettinen viitekehys	13
1.3.2 Empiirinen tutkimus	14
2 KOHDEYRITYS	15
2.1 Yleisesittely	15
2.2 Paikallinen tehdas	16
2.2.1 Toiminnan kuvaus	16
2.2.2 Keskeiset tunnusluvut	18
TEOREETTINEN VIITEKEHYS	
3 VARASTOINTI	19
3.1 Varastoinnin tarkoitus	20
3.2 Varastointi ja inventaario	20
3.3 Just-in-Time (JIT)	24
3.3.1 Imuohjaus	24
3.3.2 Work-in-Process (WIP)	26
3.3.3 Kanban ja Constant Work-in-Process (CONWIP)	27
3.3.4 One-piece-flow	29
3.4 Varaston toiminnot	30
3.4.1 Vastaanotto	32
3.4.2 Laatutarkastus	34
3.4.3 Varastointi	34

3.4.4	Keräily	35
3.4.5	Toimittaminen	36
3.5	Varaston kustannukset	36
3.6	Varaston suunnittelu ja layout	39
3.7	Varastonhallinta, tehokkuus ja kustannukset	41
3.7.1	Varastonhallintajärjestelmä	43
3.7.2	Varastonhallinnan ajurit	45
3.7.3	Tehokkuus	47
3.7.4	Varaston täydennysjärjestelmät	48
3.7.5	Taloudellinen eräkkö EOQ	50
3.7.6	Varmuusvarasto	55
3.8	Logistiikan ulkoistaminen	56
3.8.1	Logistiikan ulkoistamisen kehitys	58
3.8.2	Palveluntarjoajat	60
3.8.3	Ulkoistamisen vaikutukset	64
EMPIIRINEN TUTKIMUS		
4	TUTKIMUS JA METODOLOGIA	67
4.1	Tutkimuskysymykset	67
4.2	Tutkimuksen toteutus ja metodologia	67
4.3	Tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti	68
5	LOGISTISEN PROSESSIN RAKENNE	
5.1	Osto	
5.2	Logistiikka	
5.3	Kuljetusjärjestelyt	
6	LOGISTIIKAN KUSTANNUSANALYYSI	
6.1	Varastotoimintojen kustannukset	
6.2	Toimivien varastojen kokonaiskustannukset	
6.3	Olemassa olevat kuljetussopimukset	
6.4	Eräkkö ja rahti	

7 LOGISTIIKAN OPTIMOINTI

7.1 Kustannusanalyysin tulokset

7.1.1 Kustannusoptimaalinen logistiikka ja varastointi

7.1.2 Olemassa olevien kuljetussopimusten vaikutus

7.1.3 Toimitusvarmuuden käyttäytyminen

7.1.4 SWOT-analyysit

7.2 Toimenpiteet

7.2.1 Varastoinnin järjestelyt

7.2.2 Kuljetusjärjestelyt

TULOKSET

8 SAAVUTETUT HYÖDYT JA ARVIOINTI

8.1 Työn tulokset

8.2 Tulosten arviointi

8.3 Jatkotoimenpiteet

9 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

70

LÄHTEET

73

LIITTEET

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELOT

<i>Kuva 1. Sandvik Mining and Construction Oy (Sandvik MediaBase 2010)</i>	17
<i>Kuva 2. Imuohjauksen ohjaussignaalin syntyminen (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009)</i>	25
<i>Kuva 3. Työntöohjauksen ohjaussignaalin syntyminen (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009)</i>	26
<i>Kuva 4. WIP:n määrän optimointi (mukaillen Pound, Bell & Spearman 2014)</i>	27
<i>Kuva 5. Kanban-ohjausmekanismin periaate (mukaillen Sproull 2009)</i>	28
<i>Kuva 6. CONWIP-ohjausmekanismin signaalin toimintaperiaate (mukaillen Sproull 2009)</i>	28
<i>Kuva 7. "Japanilainen järvi" (mukaillen Liker 2004)</i>	29
<i>Kuva 8. Varaston toiminnot (perustuen Lambert, Stock & Ellram 1998)</i>	30
<i>Kuva 9. Tyypillisen varaston toiminnot ja tavaravirtaus (mukaillen Le-Duc & de Koster 2005)</i>	32
<i>Kuva 10. Keräilyyn ajankäytön jakauma (mukaillen Tompkins, White, Bozer & Tanchoco 2003)</i>	35
<i>Kuva 11. Varaston tilankäyttö (mukaillen Rushton, Croucher & Baker 2010)</i>	41
<i>Kuva 12. Varaston tietojärjestelmien hierarkia (mukaillen Van den Berg 2012)</i>	45
<i>Kuva 13. Jatkuva (R,Q) -täydennysjärjestelmä (mukaillen Axsäter 1996)</i>	50
<i>Kuva 14. Jaksollinen (s,S) -täydennysjärjestelmä (mukaillen Axsäter 1996)</i>	50
<i>Kuva 15. Varastotason vaihtelu yli ajan EOQ:n ehtojen mukaisesti (mukaillen Silver, Pyke & Peterson 1998)</i>	51
<i>Kuva 16. Kustannusten käyttäytyminen (mukaillen Silver, Pyke & Peterson 1998)</i>	52
<i>Kuva 17. Eräkoon ja jaksoajan käyttäytyminen (mukaillen Hopp & Spearman 2011)</i>	54
<i>Kuva 18. Asetusajan kustannuksen vaikutus prosessin kokonaiskustannukseen (mukaillen Hopp & Spearman 2011)</i>	55
<i>Kuva 19. (R,Q) -järjestelmän vaikutus varmuusvaraston ja tilauspisteen linkittämiseen (mukaillen Axsäter 1996)</i>	56
<i>Kuva 20. Logistiikan ulkoistamisen kehittyminen (mukaillen Jonsson & Gunnarsson 2005)</i>	60
<i>Kuva 21. Neljänsien osapuolten rooli toimitusketjun integraattorina (mukaillen Bajec 2009)</i>	63
<i>Kuva 22. Sandvikin logistisen prosessin rakenne</i>	
<i>Kuva 23. Sandvikin logistiikan rakenne</i>	
<i>Kuva 24. Sandvik Mining and Construction Oy:n Tampereen tehtaan liikevaihto ja liikevoitto</i>	
<i>Kuva 25. Sandvikin logistiikan rakenne</i>	
<i>Kuva 26. ***** kotimaan kuljetushinnasto</i>	

<i>Taulukko 1. ABC/Pareto -laskennan mukainen nimikejakauma</i>	24
<i>Taulukko 2. Varaston kustannusrakenne (mukaillen Rushton, Croucher & Baker 2010)</i>	39
<i>Taulukko 3. Krauthin, Moonenin & Popovan (2005) ehdottamia KPI:ta varaston tehokkuuden mittaamiseen</i>	48
<i>Taulukko 4. 3PL-toimijoiden tarjoamia logistisia palveluita (mukaillen Rushton & Walker 2007)</i>	61
<i>Taulukko 5. ***** kustannukset logistiikan toiminnoille</i>	
<i>Taulukko 6. ***** kokonaiskustannukset</i>	
<i>Taulukko 7. Varastotilan kustannukset *****</i>	
<i>Taulukko 8. Kuljetuskustannusten vertailutaulukko</i>	
<i>Taulukko 9. SWOT-analyysi *****</i>	
<i>Taulukko 10. SWOT-analyysi *****</i>	
<i>Taulukko 11. SWOT-analyysi *****</i>	
<i>Taulukko 12. SWOT-analyysi *****</i>	
<i>Taulukko 13. SWOT-analyysi *****</i>	

MERKINNÄT JA SELITTEET

CONWIP	<i>Constant Work-in-Process;</i> vakioitu keskeneräinen tuotanto
EOQ	<i>Economic Order Quantity;</i> Wilsonin kaava, taloudellinen eräkkö
ERP	<i>Enterprise Resource Planning;</i> toiminnanohjausjärjestelmä
JIT	<i>Just-In-Time;</i> johtamisfilosofia, tuotantostrategia
KPI	<i>Key Performance Indicator;</i> yrityksen suorituskyvyn avainmittarit
LSP	<i>Logistics Service Provider;</i> ulkopuolinen logistiikkapalveluja tarjoava yritys
MHCS	<i>Material Handling Control System;</i> materiaalinkäsittelyn hallintajärjestelmä
PLC	<i>Programmable Logic Controller;</i> ohjelmoitavat logiikat
SKU	<i>Stock Keeping Unit;</i> varastonimike
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats;</i> strategisen suunnittelun tekniikka
WIP	<i>Work-in-Process;</i> keskeneräinen tuotanto
WMS	<i>Warehouse Management System;</i> varastohallintajärjestelmä

1 JOHDANTO

Logistiikka on elintärkeä tukitoiminto yritysten tuotantoprosesseille. Yrityksen logistiikkaan kuuluvia toimintoja ovat rahtiliikenne, varastointi ja varastonhallinta, materiaalinkäsittely sekä kaikkia näitä toimintoja koskeva tietojenkäsittely (Farahani, Rezapour & Kardar 2011). Näitä toimintoja kehittämällä voidaan parantaa yrityksen logistiikan tehokkuutta eli optimoida logistiikkaa.

1.1 Työn tausta

Tämä pro gradu tehdään Tampereen Myllypurossa sijaitsevalle Sandvik-konsernin omistamalle Sandvik Mining & Construction Oy:lle. Alkujaan ruotsalainen, sittemmin kansainvälistynyt teollisuuskonserni Sandvik AB on yksi maailman johtavista kaivos- ja metalliteollisuuden yrityksistä. Tampereella toimiva Sandvik Mining & Construction Oy:n toimipiste valmistaa maanpäällisiä ja maanalaisia porauslaitteita pääasiassa kaivosteollisuuteen.

Pro gradu -tutkielma koskee Sandvik Mining & Construction Oy:n Tampereen toimipisteen logistiikkaketjun optimointia. Yrityksen logistiikka on ollut jo ennestään monimutkainen ja tehtaan suuren volyymin nousun myötä myös logistiikka on monimutkaistunut entisestään. Tarkoituksena työssä on käsitellä ja vertailla logistiikan eri osa-alueiden nykyisiä kustannuksia kustannusanalyysin avulla.

1.2 Tutkimuksen rakenne

Työn empiriaosion tarkoituksena on optimoida yrityksen logistisia ratkaisuja tulevaisuudessa. Osio koostuu yrityksen logistiikan nykytilan selvityksestä, datan keruusta ja selvitystyöstä sekä kustannusten laskemisesta ja vertailusta. Lopuksi kustannusanalyysistä saatuja tuloksia arvioidaan ja niiden perusteella annetaan suositus jatkotoimenpiteistä.

1.2.1 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksen prioriteettina on logistiikan kustannusten optimointi. Kustannusanalyysissä halutaan tietää eri toimipaikkojen yksikkökustannukset vastaanotolle, varastoinnille ja keräilylle. Varastoivien toimipaikkojen yksikkökustannuksia vertaillaan ottaen huomioon yksikkökustannuksiin mahdollisesti vaikuttavat oston optimaalinen erä koko ja kuljetuksesta aiheutuvat kustannukset. Reunaehdot optimoinnille asettaa logistiikan toimitusvarmuus ja vasteajan pituus.

Tutkimus rajataan suurelta osin koskemaan logistiikan osalta varastoinnin toimenpiteitä ja toimipisteiden välisiä kuljetuskustannuksia. Varastointiin liittyvät yksikkökustannukset tavarantoimittajalle, varastoinnille ja keräilylle lasketaan varastoittain. Kuten yllä on mainittu, saatujen tulosten ja mahdollisten optimointiehdotusten tulee kuitenkin noudattaa reunaehtoja toimitusvarmuuden ja keräilyn vasteajan suhteen. Lisäksi tutkimuksen tuloksiin lasketaan mukaan oston eräkoon optimaaliseksi muuttamisen lisäkustannus varastointikustannuksiin, jonka perusteella lopulliset tulokset saadaan aikaiseksi.

1.2.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena on löytää kustannuksiltaan optimaalinen logistinen malli. Tutkimuksen tuloksena annetaan ehdotus logistiikan optimoinnin jatkotoimenpiteistä. Huomioitavana on kuitenkin käytännön reunaehdot toimitusvarmuus ja vasteaika, joihin ehdotettavat jatkotoimenpiteet eivät saa vaikuttaa negatiivisesti. Tutkimuksen tavoitteen ja reunaehtojen perusteella on muodostettu kaksi toisiinsa nivoutuvaa tutkimuskysymystä, jotka ovat:

Q1: Missä kannattaa varastoida, jotta saavutetaan optimaalinen logistinen kokonaiskustannus, jossa huomioidaan varastoinnin kustannukset, keräilykustannukset, kuljetuskustannukset ja optimaalisen eräkoon vaikutus kustannuksiin?

Q2: Voidaanko optimaalinen varastointimalli tai sen johdannainen toteuttaa nykyisellä tai parantuneella osien toimitusvarmuudella ja toimitusten vasteajalla?

1.2.3 Tutkimuksen tyyppi

Tutkimus yhdistelee kahta tutkimustyyppiä, teoreettista ja empiiristä tutkimusta. Tutkielman alku keskittyy teoreettiseen viitekehykseen, jonka ymmärtäminen antaa valmiudet empiirisen tutkimuksen tekemiselle. Empiirinen osuus on luonteeltaan ryhmäeroja selittävää vertailevaa tutkimusta. Ryhmäeroja vertailevassa tutkimuksessa valittuja muuttujia ja niiden ominaisuuksia vertaillaan mittaamalla niitä eri ympäristöissä. Muuttujista saatujen mittaustulosten perusteella tiedetään tutkimusympäristöjen samankaltaisuuksista tai poikkeamista. Tämän tyyppisessä tutkimuksessa pyritään ymmärtämään havaittuihin poikkeamiin vaikuttavien muuttujien takana olevia tekijöitä ja ilmiöitä.

1.3 Pro gradun rakenne

Tutkielma jakautuu neljään eri osaan. Ensimmäisenä osiona työssä on yleinen johdatus aiheeseen, yritykseen ja tutkimuksen rakenteeseen. Tämän jälkeen työssä on käsitelty tutkimusaihetta teoreettisen viitekehysten pohjalta. Tutkimuksen teoria antaa lukijalle valmiuden ymmärtää seuraavassa osassa tehty ja esitetty empiirinen tutkimus. Työn viimeisessä osassa empiirisen tutkimuksen aineisto käsitellään ja arvioidaan, minkä perusteella saadut tulokset esitetään johtopäätöksinä, ja niihin pohjautuen annetaan suositukset jatkotoimenpiteistä.

1.3.1 Teoreettinen viitekehys

Tutkimusaiheen teoria koostuu pääasiassa kahdesta osakokonaisuudesta, jotka on pyritty esittämään mahdollisimman jäsennellysti. Ensimmäinen osa teoriasta koskee varastoinnin tarkoitusta ja perusteita sekä periaatetta varastojen pienentämisestä imuohjauksen avulla. Toinen teoriaosa käsittelee varaston kustannusten muodostumista ja varastonhallintaa sekä logistiikan ulkoistamista.

Teoreettisessa viitekehyksessä on pyritty käymään läpi tutkimusaiheen ja empiirisen tutkimuksen kannalta olennaisimpia asioita. Tutkimuksen päätavoitteita on nykyisen kustannusrakenteen kartoitus ja vertailu sekä kustannustehokkaampi varastotoiminta. Näiden päätavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan syvällisempää ymmärrystä aiheesta, mihin varastoinnin ja varastonhallinnan teorian käsittelyllä on pyritty.

1.3.2 Empiirinen tutkimus

Tutkimuksen empiirinen osuus koostuu kolmesta osasta. Ensimmäisessä osassa selvitetään yrityksen nykyisen prosessin rakenne. Seuraavassa osassa tehdään kustannusanalyysi prosessista kaikissa toimipisteissä, joissa Sandvik Mining & Construction Oy:n Tampereen tehtaalla on varastointitoimintaa. Viimeisessä osassa empiiristä osiota kustannusanalyysistä saatuja tuloksia vertaillaan keskenään ja vertailusta saadun datan avulla yritetään löytää logistiikan kustannusoptimi. Empiirisen tutkimuksen materiaali ja data koostuvat asiantuntijoiden haastatteluista sekä yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä saadusta datasta.

2 KOHDEYRITYS

Pro gradu -tutkielma on tehty Sandvik Mining and Construction Oy:n tilauksesta ja työ on toteutettu yhteistyönä yrityksen kanssa. Sandvik Mining and Construction Oy kuuluu ruotsalaiseen teollisuuskonserni Sandvikiin. Sandvik-konserni on levittänyt toimintonsa ympäri maailman usealle metalli- ja kaivosteollisuuden osa-alueelle. Työn yritysesitys on kirjoitettu yrityksen intranetin ”About Us” -osion ja yrityksen ”*Tamrock: through the rock*” -historiikin perusteella.

2.1 Yleisesittely

Göran Fredrik Göransson perusti Sandvik AB:n Sandvikenin paikkakunnalla Ruotsissa vuonna 1862. Yritystoiminta käynnistyi vuonna 1855, jolloin Göransson osti Högbo Bruk -rautaruukin teräksen tuotantoa varten. Göransson onnistui ensimmäisenä maailmassa luomaan valmistuksen teolliseksi prosessiksi hyödyntäen bessemer-tekniikkaa. Tämän myötä yrityksen toiminta laajeni teräksen tuotannosta jalostetumpiin tuotteisiin ja lopputuotteisiin, jolloin liiketoiminta alkoi kasvaa. Tuotannon laajentamisen pohjalta syntyi yritys nimeltä Sandvik.

Yrityksen juuret ovat siis yli 150 vuotta vanhat ja pitkän historian salaisuus on jatkuvasti laajentunut ja kehittynyt toiminta. Vuonna 1901 Sandvik AB listautui Tukholman pörssiin metalliteollisuuden yrityksenä. Tämän jälkeen yritys alkoi porateräksen tuotannon kehittämisen ja lopulta vuonna 1945 Sandvik AB toi markkinoille ensimmäiset metalliterät kallioporaukseen. Yrityksen laajeneminen ulkoisesti on tapahtunut yritysostoilla, joilla Sandvik AB on liittänyt itseensä pienempiä kaivosalan yrityksiä.

Tänä päivänä Sandvik AB on maailmanlaajuisesti yli 150 maassa toimiva korkean teknologian konserni, jonka tuotteet pyrkivät parantamaan asiakkaiden tuottavuutta, turvallisuutta sekä kannattavuutta. Sandvik on markkinajohtaja erinäisillä erikoisaloilla, joihin kuuluvat metallintyöstön työkalut, kaivos- ja maanrakennusteollisuuden laitteet ja työkalut, erikoismetalliseokset, erilaiset kestmateriaalit sekä prosessijärjestelmät. Vuonna 2018 konsernin palveluksessa oli yli 42 000 työntekijää ja konsernin liikevaihtoa kertyi noin 100 miljardia Ruotsin kruunua.

2.2 Paikallinen tehdas

Sandvik osti vuonna 1997 Tamrock Oy:n, joka yhdistettiin Sandvik Rock Tools AB:n kanssa Sandvik Mining & Construction -liiketoiminta-alueeksi. Myöhemmin vuonna 2011 liiketoiminta-alueiden uudelleenjaossa kolmesta alueesta syntyi viisi uutta erillistä aluetta, joita olivat Sandvik Mining, Sandvik Machining Solutions, Sandvik Materials Technology, Sandvik Construction sekä Sandvik Venture. Vuonna 2016 Sandvik Mining ja Sandvik Construction yhdistyivät uudeksi Sandvik Mining & Rock Technology liiketoiminta-alueeksi. Suomessa Sandvik Mining & Construction Oy toimii neljällä eri paikkakunnalla, Tampereella, Turussa, Lahdessa ja Vantaalla, joiden toimipisteistä suurin sijaitsee Tampereella Myllypurossa.

2.2.1 Toiminnan kuvaus

Tampereen toimipisteessä toimii kolme Sandvik Mining & Rock Technologyn alaista divisioonaa, jotka ovat Rock Drills & Technologies, Surface Drilling &

Exploration ja Underground Drilling. Tampereen tehtaan tiloista löytyy erillään jokaisen divisioonan toiminnot, kuten suunnittelu, tuotekehitys, loppu-kokoonpano, testaus, markkinointi ja talous. Tampereen toimipiste jakautuu kolmeen eri rakennukseen toimintojen mukaisesti. Alta löytyy kuva 1, joka on ilmakuva Tampereen toimipisteestä.



Kuva 1. Sandvik Mining and Construction Oy (Sandvik MediaBase 2010)

Tampereen tehtaalla tehdään maanpäällisten ja maanalaisten poralaitteiden loppukokoonpanoa. Maanpäällisiä pintaporalaitteita valmistetaan louhos-, maanrakennus- ja tarvekiviasiakkaille. Tuotevalikoimaan kuuluu lähes kymmenen eri pintaporalaitetta eri käyttötarkoituksiin ja kokoluokkiin. Maanalaiset laitteet jaetaan tunneliporauslaitteisiin, pitkäreikäporauslaitteisiin ja pultituslaitteisiin, joita kaikkia käytetään maanalaisilla kaivoksilla sekä tunneleiden louhinnassa.

Maanalaisten ja maanpäällisten poralaitteiden sarjatuotannon lisäksi Tampereella valmistetaan laitteiden prototyyppjä. Samassa toimipisteessä tapahtuva

tuotekehitys ja prototyypin valmistus ovat edellytyksiä nopealle sarjatuotannon käynnistämiseksi. Tuotekehityksen lisäksi koeporausalueensa ja uniikin testikavoksensa ansiosta Tampereen tehdas on Sandvikin tärkein tutkimus- ja tuotekehityskeskus uusien porauslaitteiden valmistuksessa.

2.2.2 Keskeiset tunnusluvut

Vuoden 2018 keväällä Sandvik Mining and Construction Oy:n Tampereen tehdas työllisti noin 1200 henkilöä. Tampereen tehtaan liikevaihto muodostaa merkittävän osan Sandvik Mining & Construction Oy:n kokonaisliikevaihdosta ja liikevoitosta. Tampereen tehtaan taloudellinen kehitys vuosina 2012–2017 on seurannut hyvin syklisen alan yleistä kehitystä. Liitteen 1 kuviossa nähdään Tampereen tehtaan liikevaihto ja liikevoittoprosentti (EBIT) graafisessa muodossa.

3 VARASTOINTI

Tässä teorialuvussa käsitellään varastoja, varastointia sekä varastohallintaa. Co-lylen ja Bardin (1980) mukaan varastointi voidaan määritellä käytettävän tavaran varastoksi ennen tavaroiden käyttöä. Varasto jakaantuu raaka-aineisiin, valmiisiin tuotteisiin ja keskeneräisiin tuotteisiin (Muller 2011). Varasto on yksi tärkeä osa koko toimitusketjun logistiikassa. Logistiikan merkittävyyttä korostaa Council of Supply Chain Management Professionals -verkoston esittämä (2013) määritelmä logistiikan johtamisesta, jota on siteerattu alla:

”Logistiikan hallinta on osa koko toimitusketjun hallintaa. Logistiikka suunnittelee, toteuttaa ja kontrolloi tehokasta tavaroiden virtausta ja varastoa. Lisäksi logistiikka palvelee seuraavaa ketjun osaa sen tiedon perusteella, mitä se saa koko toimitusketjusta, jotta asiakkaan vaatimukseen pystytään vastaamaan.”

Lambert, Stock ja Ellram (1998) väittävät, että varastoinnista on kehittynyt yksi yrityksen logistiikkajärjestelmän tärkeimmistä palasista. Kuluneiden vuosikymmenten aikana Lean-ajattelun kaltaiset johtamisfilosofiat ovat luoneet uusia mahdollisuuksia varaston toimintojen järjestämiseen. Teknologian kehittyminen on mahdollistanut kehittyneemmät varastohallintajärjestelmät, mikä helpottaa toimintojen kehittämistä jatkuvasti. Järjestelmien kehitys on saanut varaston toiminnot ja informaation liikkumisen reaaliaikaan, mikä on helpottanut kommunikointia ja tiedon jakamista muun toimitusketjun kanssa (Gu, Goetschalckx & McGinnis 2007).

3.1 Varastoinnin tarkoitus

Varaston tehtävä on toimia puskurina tarjonnan ja kysynnän välillä. Varastot mahdollistavat prosessien ongelmattoman kulun ilman häiriöitä. Waters (1996) listasi syitä, jotka puhuvat varastojen pitämisen puolesta:

- Suojaa kasvaneelta tai vaihtelevalta kysynnältä
- Suojaa toimitusviiveiltä
- Mahdollistaa yksikköhintojen pienenemisen suurissa tilauserissä
- Mahdollistaa yksikkökohtaisen kuljetuskustannuksen pienenemisen

Tostarin ja Karlssonin (2013) mukaan varaston toiminnoilla on kuitenkin lisäksi yksiselitteiset päämäärät tehokkuuden saavuttamiseksi:

- Maksimoida varastotilan käyttöaste
- Maksimoida varastointitarvikkeiden käyttöaste
- Maksimoida varaston henkilökunnan käyttöaste

3.2 Varastointi ja inventaario

Varastot ovat elintärkeä osa toimitusketjua. Niiden päätarkoitus on helpottaa tavaran liikkumista toimitusketjussa. Huolimatta varastojen vähentämiseen pyrkivästä Lean-filosofiasta ja Just-in-Time-periaatteesta, varastoja yhä tarvitaan monissa tapauksissa ja ympäristöissä. (Rushton, Croucher & Baker 2010.)

Lean-ajattelussa varaston koko on määritelty hävikin yhdeksi tyypiksi. Pohjimmiltaan varasto onkin arvoa lisäämätön osa prosessia ja siksi Lean-ajattelun tavoitteisiin kuuluu sen eliminointi. Tästä huolimatta, esimerkiksi Garcia (2004)

toteaa, että Lean-ajattelu ja varastointi eivät olen toisiaan poissulkevia toimintoja. Myös Bartholomewin (2008) mukaan Lean-ajattelun periaatteita voidaan soveltaa myös logistiikkaan ja varastointiin. Varasto on mahdollista saada toimimaan tehokkaammin hyödyntämällä varastotoimintaan samoja Lean-ajattelun lainalaisuuksia, jotka pätevät myös valmistuksessa.

Lean-ajattelun yhtenä tärkeänä tavoitteena on aikahävikin minimointi. Reichart ja Holweg määrittelevät kolme eri skenaariota tuotannon läpimenoajan (P) ja toimitusajan (D) välille, jonka asiakas on valmis odottamaan. Näissä alla löytyvissä kolmessa tapauksessa Reichart ja Holweg tutkivat asiakkaan halukkuutta odottaa, riippuen tuotannon ja kuljetuksen läpimenoajasta. Lisäksi näille tapauksille esitetään erilaista varastointimallia kussakin näistä tapauksista. (Reichart & Holweg 2007.)

1. $D = 0$
2. $D > 0$ ja $P > D$
3. $D > 0$ ja $P \leq 0$

Ensimmäinen tapaus koskee nopeasti liikkuvia hyödykkeitä, esimerkiksi elintarvikkeita. Tällaisissa tapauksissa asiakas ei ole valmis odottamaan yhtään, jolloin halu tai tarve vaatii välitöntä tyydytystä. Tällöin hyväksyttävä toimitusaika (D) on nolla. Asiakas haluaa tyydyttää tarpeensa haluamassaan sijainnissa, jolloin toimitusajalla ei ole käytännössä merkitystä; tuotetta on löydyttävä hyllystä välittömästi. Tämän tarpeen tyydyttäminen vaatii hajautettua varastointimallia, jossa tavaraa on löydyttävä varastosta useassa eri paikassa. (Reichart & Holweg 2007.)

Toinen tapaus pätee hyvin esimerkiksi huonekaluissa ja erilaisissa varaosissa. Tällaisia tavaroita asiakas on valmis odottamaan, jolloin toimitusaika voi olla suurempi kuin nolla eli voimassa on $D > 0$. Tavarantoimitusaika on kuitenkin pidempi kuin toimitusaika, jolloin asiakas ei ole valmis odottamaan koko aikaa, mikäli tavaraa aletaan valmistamaan vasta tilauksesta (engl. *Build-to-Order*). Näin ollen tämän luokan tuotteissa on tavaraa on oltava valmiina toimitukseen, esimerkiksi keskusvarastossa. (Reichart & Holweg 2007.)

Kolmannessa tapauksessa asiakas on valmis odottamaan sekä toimitusajan että tuotannon läpimenoajan. Tällaisessa tapauksessa tuote valmistetaan tilauksesta ja toimitetaan asiakkaalle, kun tuote saadaan valmiiksi. Tämän ryhmän tapauksissa varastoja ei tarvita, koska asiakas on valmis odottamaan koko tuotteen vaatiman toimitusketjun ajan. (Reichart & Holweg 2007.)

Kun yllä mainitut skenaariot vedetään yhteen, voidaan todeta, että jossain tapauksissa varastoja on oltava ja niissä on oltava tavaraa. Monissa tutkimuksissa, kuten Muller (2011) sekä Coyle ja Bardi (1980), on nostettu esille tärkeitä seikkoja, miksi ja mitä varten varastoja ylläpidetään. Seuraavassa kappaleessa on esitetty syitä varastojen pitämiseksi, jotka tukevat aiemmin mainittuja Watersin (1996) näkemyksiä varastojen hyödyistä.

Kysynnän vaihtelu on suurin juurisyy kasvaneelle varaston koolle (Davis 1993). Varasto toimii puskurina prosessissa tarvittavan tavarantoimituksen ja jo prosessoitavan tavarantoimituksen välillä. Puskuri helpottaa kapasiteetin suunnittelua ja tuotannon vuoron-
nusta eli skedulointia. Varasto on myös suoja ennakoimattomia tapauksia, kuten toimittajien epäluotettavuutta ja virheitä tai viiveitä vastaan. Varastopuskurilla on myös positiivisia vaikutuksia ostohintoihin suurempien eräkokojen kautta.

Lisäksi suurempien eräkokojen kasvattama varastopuskuri voi olla suoja markkinoilla tapahtuvia hinnannousuja vastaan. (Rushton ym. 2010.)

Varaston inventaario on osa varastotoimintaa, jotta tiedetään pitääkö varaston kirjanpito tavaroista ja niiden lukumääristä paikkansa. Jotta varastoa ei tarvitse sulkea inventoinnin ajaksi ja varaston toiminta ei häiriinny, inventoinnin on oltava syklisesti tapahtuvaa jatkuvaa toimintaa. Ennalta määrätyllä syklillä tapahtuva jatkuva inventointi parantaa varaston tarkkuutta. (Muller 2011.)

Syklisen inventoinnin voi toteuttaa kahdella tavalla, joko satunnaisesti valittavien varastonimikkeiden (*SKU*) laskemisella tai ABC-laskennalla. *SKU*-laskennassa lasketaan satunnainen määrä satunnaisia varastonimikkeitä. *SKU*-laskenta jakautuu kahteen eri toimintatapaan, jatkuvaan laskemiseen ja vähenevään laskemiseen. Jatkuvassa laskennassa lasketaan aina sama määrä varastonimikkeitä satunnaisvalinnalla, jolloin jotkut varastonimikkeet saatetaan laskea moneenkin kertaan. Vähenevässä laskussa jo aikaisemmin lasketut varastonimikkeet jätetään pois satunnaisvalinnasta ja valitaan uusi joukko laskettavia jäljellä olevista laskemattomista nimikkeistä. (Muller 2011; Farrington & Lysons 2006.)

ABC-laskenta eli Pareto-laskenta on toinen metodi jatkuvalle inventoinnille. Laskenta perustuu Pareto-periaatteeseen, jossa varastonimikkeet jaetaan kolmen luokkaan A, B ja C. Luokkajako tapahtuu nimikkeiden arvon ja varastonkierron mukaan, jolloin arvokkaat ja ripeästi kiertävät nimikkeet lasketaan tiheämmin kuin halvat ja huonosti kiertävät. Seuraavalla sivulla esimerkkinä olevassa taulukossa 1 on esitetty varaston yleinen nimikejakauma ainoastaan nimikkeiden rahallisen arvon perusteella. (Farrington & Lysons 2006.)

Taulukko 1. ABC/Pareto -laskennan mukainen nimikejakauma

Luokka	Arvo	% / Nimikemäärä	% / Varaston arvo
A	Kallis	10	80
B	Keskihintainen	30	15
C	Halpa	60	5

3.3 Just-in-Time (JIT)

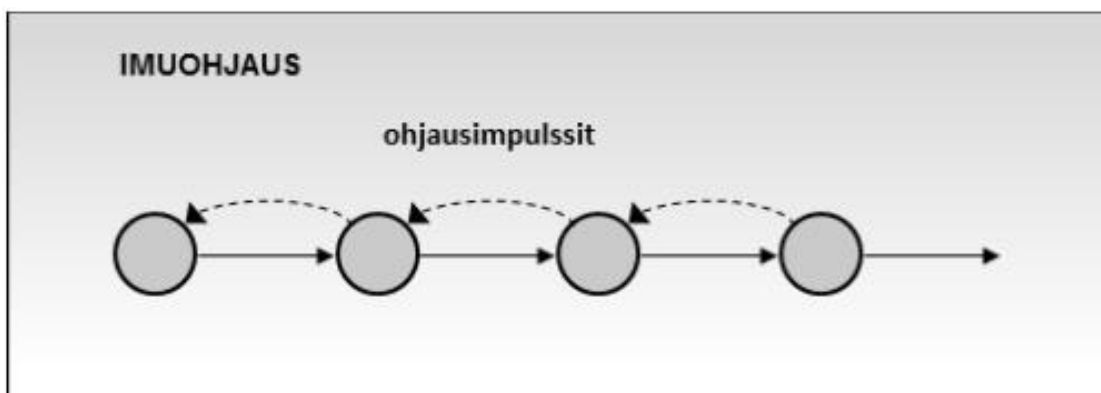
Just-in-Time on konsepti, jonka mukaan kaikkea tuotetaan vain tarvittu määrä. Lean-guru Taiichi Ohnon mukaan *JIT*:n tavoite on saada oikea määrä tarvittavaa materiaalia oikeaan aikaan työasemalle niin, että varaston koko olisi mahdollisimman pieni tai varastoja ei syntyisi lainkaan. Varastoinnin kannalta merkitsevä ajatus *JIT*:ssa on varastotason minimointi. Tähän tähdätään yleisimmin imuohjatulla tuotannolla. *JIT*:n implementointi tuotantoon koostuu pienistä askeleista kohti täydellistä imuohjausta, jossa varastoja ei ole ja yksittäinen tuote kulkee läpi prosessiketjun. Tätä optimipisteen mallia one-piece-flow'ta käsitellään jäljempänä. Imuohjausta on mahdollista luoda esimerkiksi kanban-järjestelmällä. Imuohjauksen periaatetta, kanban-järjestelmää sekä keskeneräisen tuotannon määrää käydään läpi seuraavissa kappaleissa. (Hopp & Spearman 2011.)

3.3.1 Imuohjaus

Tuotantotoimintaa voidaan ohjata kahdella eri ohjausmenetelmällä. Työntöohjaus (engl. *push system*) perustuu materiaalitovelaskentaan ja imuohjaus (engl. *pull system*) tietyn hetken tarpeeseen (Sakki 2014). Imuohjaksella tarkoitetaan toimintatapaa, jossa tietty työ tai työvaihe päästetään työlle järjestelmän tilan signaalista. Käytännössä imuohjaus toiminnallaan luo itsestään rajan sille, kuinka suuri on keskeneräisten töiden varasto (*WIP*). Työntöohjauksessa kyse on

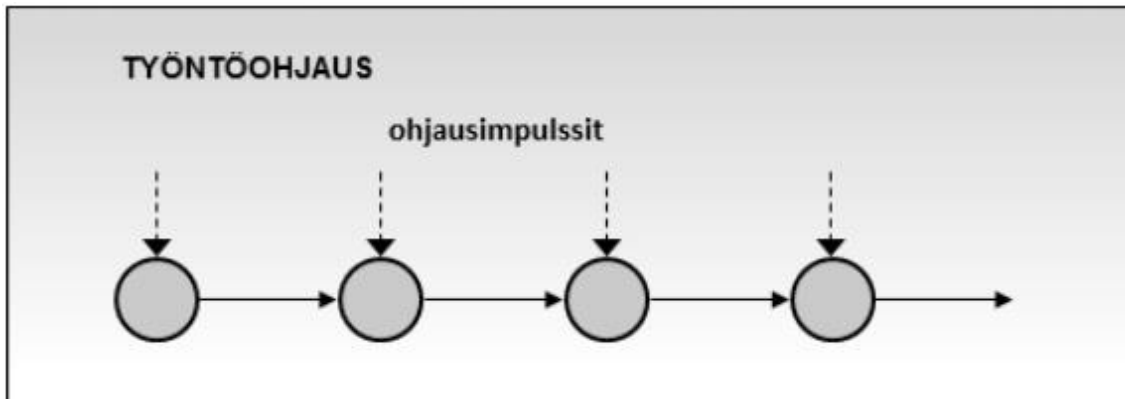
vastakkaisesta periaatteesta. Siinä työ päästetään työlle ilman tuotannon signaalia eli materiaalikutsua tarpeeseen ei tule, jolloin keskeneräisten töiden määrä saattaa kasvaa ja vaihdella holtittomasti (Hopp 2008).

Imuohjauksessa tieto kulkee tuotantoketjussa alhaalta ylöspäin. Ketjusta alemmaa saatavan informaation perusteella ylempänä tiedetään, mitä, missä ja kuinka paljon kussakin työprosessin osassa tarvitaan mitäkin minäkin ajankohtana. Imuohjaus on *JIT*:n keskeinen periaate, jossa tuotanto perustuu kysyntään toisin kuin työntöohjauksessa, missä tuotanto perustuu ennusteeseen ja ennakkointiin. (Trent 2007.) Alla imuohjauksen toimintaperiaate kuvassa 2.



Kuva 2. Imuohjauksen ohjaussignaalin syntyminen (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009)

Työntöohjaus nojaa valmistussuunnitelmaan, jonka mukaan tuotantoa tehdään ja työnnetään prosessin läpi eteenpäin. Työntöohjauksen ongelmana usein nähdään reaaliajan tilanteen ja ennalta tehdyn suunnitelman eroavaisuudet valmistusprosesseissa, mikä johtaa kasvaneeseen keskeneräisen tuotannon varastoon. Työntöohjauksessa muodostuvien välivarastojen takia imuohjaus nähdään yhtenä Lean-ajattelun kulmakivistä. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009.) Seuraavalla sivulla kuvassa 3 esitettynä työntöohjauksen peruseriaate.



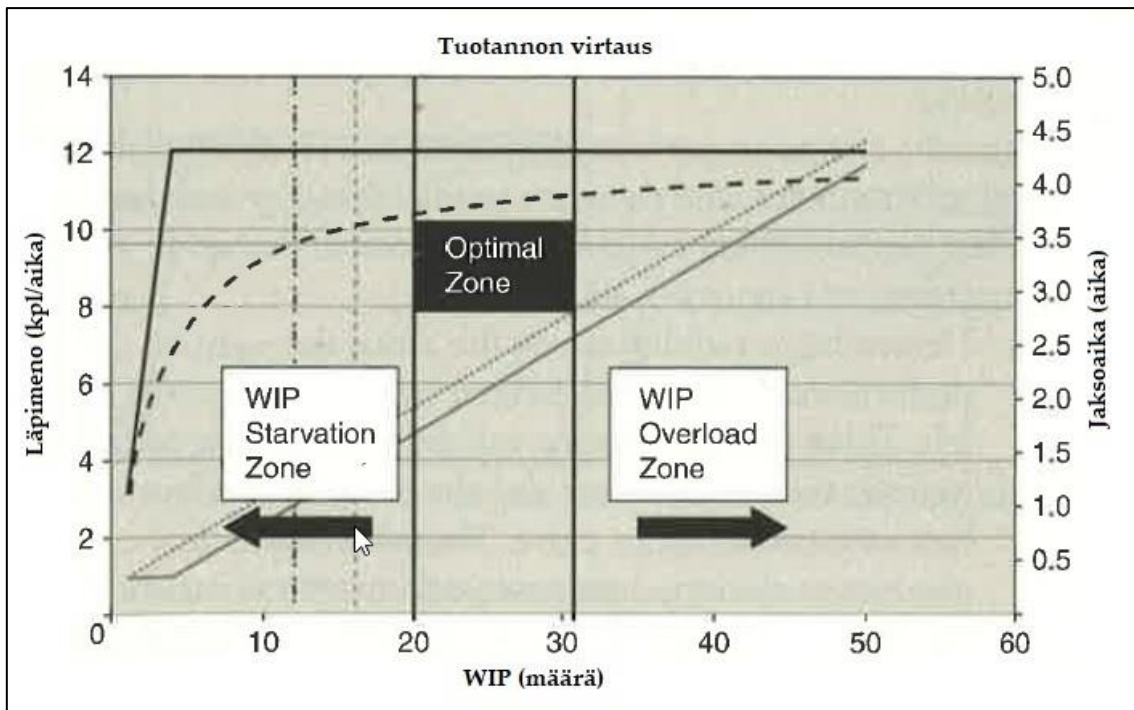
Kuva 3. Työntöohjauksen ohjaussignaalin syntyminen (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009)

Imuohjauksen näkyviä ja *JIT*-ajattelulle merkittäviä vaikutuksia on monia. Materiaaliohjaus kevenee, koska signaali tarpeelle tulee, kun tarve syntyy. Tätä kautta varaston koko pienenee ja tuotannon läpimenoaika laskee, jolloin syntyy myös lisää joustavuutta (Kouri 2010). Imuohjauksen hyödyntäminen yrityksissä on vaihtelevaa ja varsinkin toimitusketjujen eri osat luovat selkeitä toisistaan erottuvia kokonaisuuksia, jossa käytetään joko imuohjausta tai työntöohjausta. Usein esimerkiksi sisäinen toiminta ja tuotanto järjestetään noudattamaan imuohjausta, mutta ostotoiminta perustuu silti ennusteeseen ja sitä kautta työntöohjaukseen. (Trent 2007.)

3.3.2 Work-in-Process (WIP)

Imuohjauksella on suuri vaikutus keskeneräisen tuotannon määrään (*WIP*). Imuohjaus rajoittaa tuotannon kysynnän vain tarpeeseen, jolloin *WIP* ei nouse toisin kuin esimerkiksi työntöohjatussa tuotannossa. *WIP*:a on kaikki varastosta tuotantoon lähtenyt materiaali, joten jos työohjauksen tavoin materiaalia pusketaan tuotantoon, *WIP* kasvaa (Hopp 2008). Hopp ja Spearman (2011) esittivät tehdasfyysiikan kirjassaan mallin *WIP* vyöhykkeiden rajoista, jossa todetaan, että liian suuri tai pieni *WIP*:n määrä aiheuttaa ongelmia tuotannossa. Hoppin ja

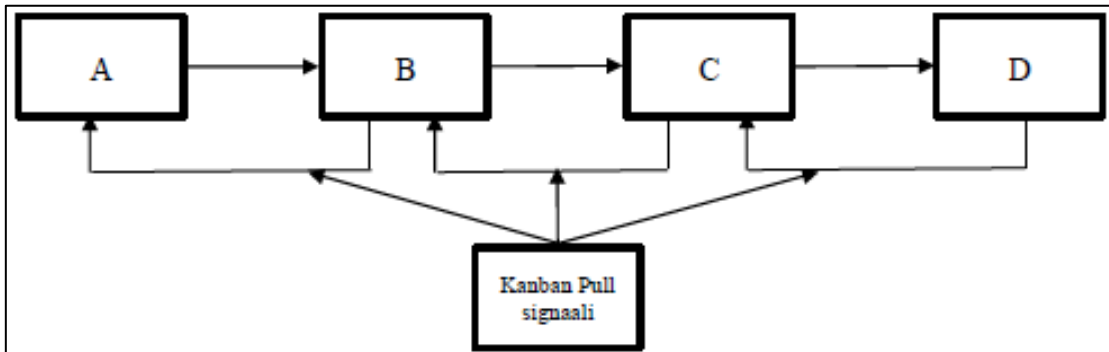
Spearmanin tuotannonvirtauksen kuvauksen *WIP:n* tasoista esitti myös Pound, Bell ja Spearman (2014) alla olevan kuvan 4 mukaisesti.



Kuva 4. *WIP:n* määrän optimointi (mukaillen Pound, Bell & Spearman 2014). Optimal Zone: optimi; *WIP Starvation Zone*: *WIP* liian pieni; *WIP Overload Zone*: *WIP* liian suuri

3.3.3 Kanban ja Constant Work-in-Process (CONWIP)

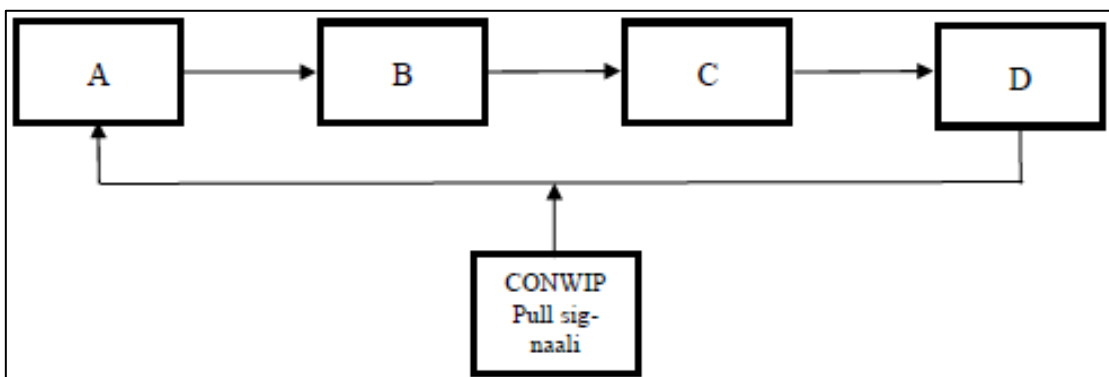
Kanban on Lean-työkalu, jolla luodaan imuohjausta ja eliminoidaan työntöohjausta sekä ylituotantoa ja kasvavaa varastoa. Imuohjauksessa osia halutaan koonpanoon vain välittömään tarpeeseen. Toteutuksen ratkaisuna tähän käytetään yleensä pieniä, nopeasti kiertäviä välivarastoja, kuten esimerkiksi 2-laatikkonimikkeitä. Järjestelmässä on kaksi laatikkoa kutakin nopeasti kiertävää välivarastotavaraa, kuten muttereita ja pultteja. Kun toinen laatikko tyhjenee, lähtee signaali laatikon täyttämiseksi. Signaali voidaan luoda hälyttämään seuraavasta työn vaiheesta. (Haverila ym 2009.) Kanban-ohjausmekanismin toimintaperiaate on esitetty seuraavan sivun kuvassa 5.



Kuva 5. Kanban-ohjausmekanismin periaate (mukaiillen Sproull 2009)

Kanban-järjestelmä toimii yleisesti niin kutsutuilla kanban-korteilla, jotka indikoivat mitä materiaalia tuotanto tarvitsee, kuinka paljon materiaalia tarvitaan ja milloin materiaali tarvitaan. Järjestelmä käytännössä kontrolloi jokaisen järjestelmän piirissä olevan tavaran vapautumista tuotantoon. Kun ilmoitus materiaalin tarpeesta tulee tuotannosta kanban-kortilla eikä materiaalia vain pusketa tuotantoon työntämällä, ollaan onnistuttu imuohjauksen luomisessa. (Charles, Puthraya & Kavitha 2007.)

CONWIP (*constant work-in-process*) on toinen hallintamekanismi, jota käytetään imuohjauksen luomiseen. *CONWIP* -mekanismi kontrolloi keskeneräisten töiden määrää tietyssä prosessin vaiheessa tai tietyllä työpisteellä (Khojasteh & Sato 2014). *CONWIP*-ohjausmekanismin toimintaperiaate kuvattuna alla kuvassa 6.

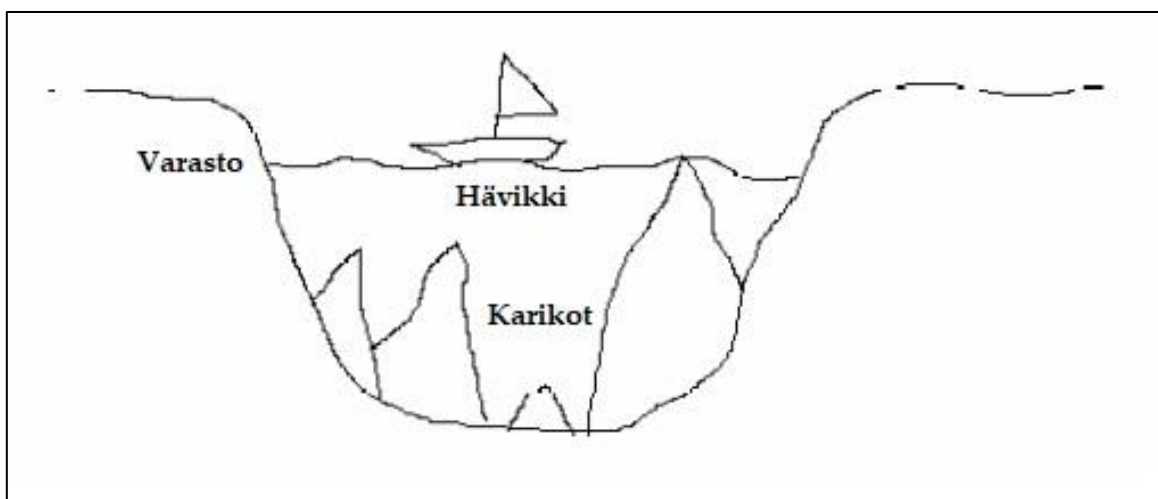


Kuva 6. CONWIP-ohjausmekanismin signaalin toimintaperiaate (mukaiillen Sproull 2009)

Molemmat esitetyt mekanismit säätelevät tuotantoon tulevan materiaalin määrää ulkoisen kysynnän perusteella. Molemmilla on myös rajoittava vaikutus varaston kokoon ja *WIP*:n määrään, joita työntöohjattu tuotanto kasvattaa. Kanbanin ja *CONWIP*:n näkyvimpiä vaikutuksia on vaaditun tuotannon tehokkuuden saavuttaminen pienemmällä keskeneräisten töiden ja varaston määrällä. (Sproull 2009.)

3.3.4 One-piece-flow

Toyotan mukaan erätuotannon ongelmana on kysynnän epätasaisuus. Epätasaisuutta vastaan yritykset suojaautuvat suurentamalla varaston puskuria, jotta koneiden käyttöaste säilyisi korkeana. Ongelmaksi muodostuu näin ollen tehokkuuden lasku, joka pystytään häivyttämään nostamalla varastotasoa. Tätä kuvailtua ilmiötä havainnollistetaan alta löytyvällä kuvalla 7, *"Japanilainen järvi"*.

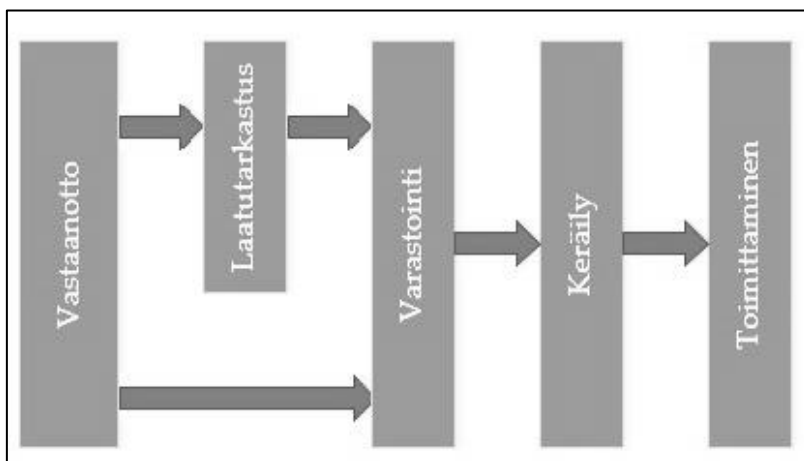


Kuva 7. *"Japanilainen järvi"* (mukaillen Liker 2004)

Yllä olevassa kuvassa vedenpinta symboloi varaston tasoa ja karikot tuotannon ongelmia. Tullakseen tietoiseksi ongelmista, kuten ylituotannosta, odottamisesta, vioista sekä liian suuresta varastosta, ja kohdatakseen ne, yrityksen on

pienennettävä varastoja pienentämällä eräkokoja. One-piece-flow'n saavuttaminen on eräkokojen pienentämisen huipennus. Silloin yksittäinen tuote kulkee läpi tuotantoprosessin, jonka erä koko on yksi. Käytännössä one-piece-flow'n saavuttaminen on haastavaa, joissain valmistusprosesseissa jopa mahdotonta, mutta tähtäämällä siihen pienentämällä eräkokoja, yritys kohtaa tuotannon ongelmansa, joihin se voi vaikuttaa. (Gornicki 2014.)

3.4 Varaston toiminnot

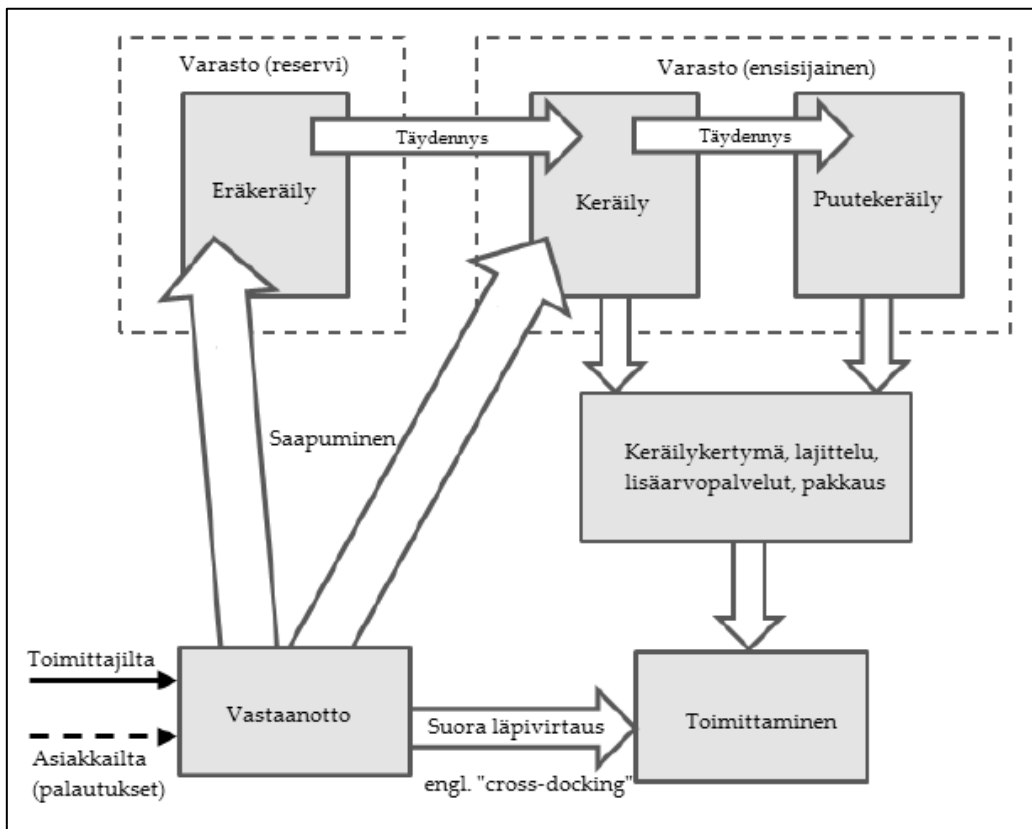


Kuva 8. Varaston toiminnot (perustuen Lambert, Stock & Ellram 1998)

Varastointi voidaan jakaa kolmeen perustoimintoon, joita ovat liike, varasto ja tiedonsiirto (Lambert ym. 1998). Liike voidaan jakaa vielä alemmas, jolloin saadaan varaston toiminnot vastaanotto, laatu tarkastus, varastointi, keräily ja lähettäminen, jotka on kuvattu yllä olevassa kuvassa 8. Laatu tarkastus voidaan ohittaa tapauksissa, joissa se ei ole tarpeellinen. Sivun 32 kuvassa 9 esitetään Le-Ducin ja de Kosterin (2005) sekä Tompkinsin, Whiten, Bozerin & Tanchoccon (2003) tyypilliset varaston toiminnot ja virtaukset, jotka pureutuvat hieman syvemmälle asiaan. Kuvassa ei ole huomioitu laatu tarkastuksen vaihetta.

Le-Ducin ja de Kosterin (2005) kuvassa vastaanoton jälkeen tavara voi jatkaa matkaansa varaston lisäksi myös läpivirtauksena suoraan asiakkaalle toimittamiseen. Varastointi on esitetty kuvassa päällekkäisenä toimintona keräilyn kanssa ja molemmat toiminnot on jaettu osiin. Varasto jakautuu kahteen osaan, reserviin ja kiertävään ensisijaiseen varastoon. Vastaanotettua tavaraa varastoidaan molempiin varastoihin riippuen kunkin tavaran kierrosta ja saatavuudesta. Mikäli ensisijaisesta varastosta tavara loppuu, sitä pyritään täydentämään reservistä, jos sieltä tavaraa löytyy.

Keräily on jaettu kolmeen osaan, josta ensimmäinen voidaan ajatella ”bulkkikeräilyinä” (engl. *pallet picking*), jota keräillään reservivarastosta isoina erinä. Muut keräilyt keräillään ensisijaisesta varastosta. Toinen keräilyn osa on massakeräily (engl. *case picking*), jossa keräillään useita kappaleita tai keräilyrivejä, mutta ei kuitenkaan niin suuria määriä kuin ”bulkkikeräilyssä”. Viimeisenä osana on puutekeräily tai pienkeräily (engl. *broken case picking*), jossa keräillään ainoastaan yksittäisiä rivejä, esimerkiksi jälkitoimituksia tai puutteita. Keräilystä tavara siirtyy mahdollisen lisäarvon tuottamisen ja pakkausvaiheen jälkeen odottamaan toimitusta asiakkaalle. (Le-Duc & de Koster 2005.)



Kuva 9. Tyypillisen varaston toiminnot ja tavaravirtaus (mukailten Le-Duc & de Koster 2005)

3.4.1 Vastaanotto

Vastaanotto on ensimmäinen toiminto varastossa, kun tavaraa saapuu esimerkiksi ulkopuoliselta toimittajalta. Vastaanoton prosessi alkaa tavaran purkamisella ja puretun tavaran tarkastamisella. Tämän jälkeen tarkastetut tavarat rekisteröidään saapuneeksi eli otetaan vastaan varastonhallinta- (WMS) tai toiminnanohjausjärjestelmässä (ERP). Tavaran vastaanotto luo pohjan muille varaston prosesseille, minkä takia se on äärimmäisen tärkeä toiminto. Virhe tavaraa vastaanotettaessa voi ulottua koko toimitusketjun alueelle ja aiheuttaa esimerkiksi toimitusviiveitä lopputuotteissa. (Lambert ym. 1998.)

Vastaanotossa tavaroiden tarkastamisella ei tarkoiteta laatutarkastusta, jota käsitellään jäljempänä, vaan saapuneen tavaran ja sen määrän varmistamista, esimerkiksi vertaamalla niitä lähetyksen mukana tulleeseen ostotilauksen lähetteen tietoihin. Tavaran tarkastamisen tasot voidaan jakaa kolmeen ryhmään. Toimitushistoria ja historiallinen suorituskyky jakavat toimittajat luotettaviin ja epäluotettaviin. Luotettaviin toimittajiin sovelletaan usein 100% hyväksyntä -menetelmää, joka tarkoittaa, että kaikki toimittajan toimitukset otetaan vastaan lähetteen tietojen mukaan. Epäluotettavien toimittajien toimitukset tarkastetaan 100% varmistus -menetelmällä, jossa luonnollisesti kaikki saapuva tavara tarkistetaan ennen vastaanottoa. Näiden kahden ryhmän väliin jää laajan skaalan satunnaisotosmenetelmä, jossa haluttu osa saapuvasta tavarasta tarkistetaan. (Lambert ym. 1998.)

Kun tavara on tarkistettu ja vastaanotettu, se tulee näkyviin *ERP*-järjestelmässä ja se voidaan allokoida tehtäväjonoon tai tuotantoon. *ERP*-järjestelmän vastaanottojen perusteella on mahdollista esimerkiksi monitoroida toimittajien suorituskykyä, joka voidaan laskea, kun tiedetään, onko toimitus tullut ajallaan vai myöhässä (Lambert ym. 1998). *ERP*-järjestelmästä saatavan toimittajien suorituskykyhistorian raporttien perusteella yritys pystyy jakamaan toimittajia eri tason riskiryhmiin. Yhdistämällä nämä ryhmät yrityksen omiin kriittisiin tarpeisiin, esimerkiksi tuotannossa, on mahdollista määrittää yritykselle korkean riskiprofiilin toimittajat, joiden toimintaa on seurattava tarkasti, jotta yrityksen tuotanto ei keskeydy toimitusviivästysten vuoksi.

Yksi suurimmista vastaanottoprosessin haasteista on toimitusten skedulointi. Usein ainoa tieto saapuvista toimituksista on toimittajan antama arvioitu toimituspäivä tietylle tilaukselle, mutta toimitukset saattavat olla ajoissa tai myöhässä.

Teknologian kehityksen myötä kehittyneet informaatiokanavat avaavat kuitenkin mahdollisuuksia, sillä esimerkiksi tavaran vastaanottajan varastohallintajärjestelmän (*WMS*) ja toimittajan *ERP*-järjestelmän välinen yhteys mahdollistaisi huomattavasti paremmin liikkuvan informaation kulun ja tätä kautta tehokkaamman toimitusten skeduloinnin. (Gu ym. 2007.)

3.4.2 Laatutarkastus

Laatutarkastus varmistaa, että saapuva tavara täyttää vaaditut laatukriteerit ja on spesifikaation mukainen. Laatutarkastus voidaan myös ohittaa, kuten kuvassa 8 on esitetty. Joissain tapauksissa laatutarkastus on saatettu teettää toimittajalla tai kolmansilla osapuolilla. Myös laatutarkastusta koskee samat tarkastamisen tasot kuin vastaanotettavan tavaran tarkistusta. Historiassa paljon laatuvirheitä toimittaneiden toimittajien toimituksia tarkastetaan useammin kuin satunnaisvalinta niihin muuten osuisi. Laatutarkastus on hyvä erottaa vastaanottoprosessista, jotta on helpompi ymmärtää varaston arvovirtaa ja virtausta. (Lambert ym. 1998.)

3.4.3 Varastointi

Kuten aikaisemmin todettu, Lean-ajattelun mukaan varasto on yksi hävikin tyypeistä. Teoreettisesti *JIT*:in mukainen nollavarasto on mahdollinen, mutta yleisesti teollisessa tuotannossa nollavaraston toteuttaminen ei ole realistista. Asiaa käsiteltiin one-piece-flow'n yhteydessä eikä tähän puututa enempää.

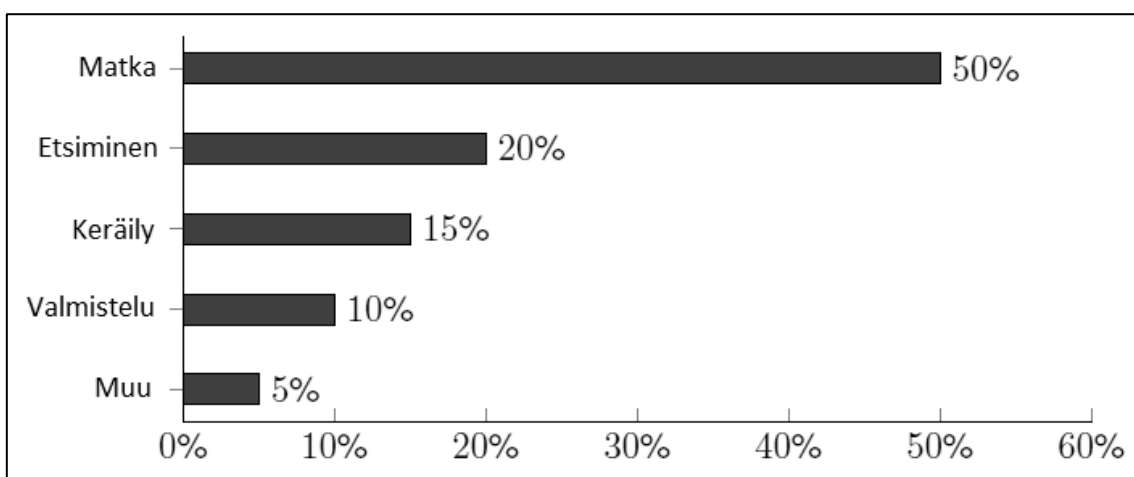
Varastointi tapahtuu yleensä välittömästi, kun tavara on vastaanotettu, pois lukien laatutarkastettavat tavarat. Varastoinnilla tarkoitetaan tässä yhteydessä

tavaran kuljetusta varastopaikkaansa (Lambert ym. 1998.) Yksi tärkeimmistä päätöksistä tehdään siitä, mihin mikäkin tavara on järkevää varastoida. Varaston layoutia ja tavaran sijoittelua varastossa käsitellään jäljempänä luvussa 3.6.

3.4.4 Keräily

Keräily on toiminto, jossa tavara keräillään varastosta haluttuun paikkaan haluttuna aikana. Keräily on yksi varaston merkittävimmistä toiminnoista, sillä jos keräily on myöhässä, esimerkiksi tuotanto seisoo. Lisäksi yleisesti noin puolet varaston kustannuksista on henkilöstökustannuksia, jotka tulevat epäsuorasti keräilystä. (de Koster, Le-Duc & Roodbergen 2007.)

Keräily on pitkälti manuaalinen toiminto, jossa tavara haetaan ja kuljetetaan tarvepaikkaan. Keräilytapahtuma sisältää liikutun matkan, etsimisen, tavaran keräilyyn sekä keräilyyn valmistelun. Näiden vaiheiden viemä aika keräilytapahtuman kokonaisajasta näkyy jaoteltuna alla olevassa Tompkinsin ym. (2003) esittämässä kuvassa 10 alla.



Kuva 10. Keräilyyn ajankäytön jakauma (mukaillen Tompkins, White, Bozer & Tanchoco 2003)

Manuaaliselle keräilylle on teknologian myötä kehitetty myös automatisoituja vaihtoehtoja, kuten esimerkiksi pientavaran keräilyhissit. Automatisoidut keräilyjärjestelmät pystyvät varastoimaan enemmän tavaraa samalle pinta-alalle kuin manuaalisen keräilyn varasto, sillä on mahdollista pitää hyllyvälit kapeampana ja varastoida tavaraa korkeammalle. Myös työvoiman kustannus pienenee automatisoidun järjestelmän myötä, mutta järjestelmiin tehtävät alkuinvestoinnit ovat kokoluokaltaan todella suuria. Yleisesti automatisoidun keräilyjärjestelmän kannattavuudelle nyrkkisääntönä on pidetty ympäri vuorokauden tapahtuvaa toimintaa. (de Koster ym. 2007.)

3.4.5 Toimittaminen

Tavaran toimittaminen on käytännössä vastakkainen toimenpide vastaanottamiselle. Kun toimitettavat nimikkeet on valmiiksi keräilty, niiden määrät varmistetaan ja toimitus voidaan lähettää sisäiselle tai ulkoiselle asiakkaalle. Yrityksen sisäisesti toimitukset liikkuvat yleensä suoraan tarvepaikkaan, esimerkiksi kokoonpanopisteeseen. Ulkoiselle asiakkaalle lähtevä toimitus saatetaan viedä lähötarkistusta ja lähetystä varten erilliseen lähettämöön. (Rushton ym. 2010.)

3.5 Varaston kustannukset

Varastointi aiheuttaa yritykselle kustannuksia. Syntyvät kustannukset jaotellaan kahteen ryhmään, jotka ovat pääomakustannukset ja toimintakustannukset. Pääomakustannuksilla tarkoitetaan varastoon, kuten raaka-aineisiin ja *WIP*:n sitoutuvaa pääomaa ja toimintakustannuksilla varaston toimintojen aiheuttamia kuluja (Sakki 1994). Tässä luvussa keskitytään varaston toimintakustannusten

jaotteluun. Toimintakustannukset muodostuvat kolmesta kustannuslajista, jotka ovat varastointikustannukset, täydennyskustannukset ja puutekustannukset. Näiden kustannustekijöiden käyttäytymisellä on selvä riippuvuussuhde toisiinsa (Russell & Taylor 2009).

Varastointikustannukset ovat kustannuksia, joita syntyy, kun tavaraa pidetään varastossa. Kustannusten taso vaihtelee varastotason ja yksittäisen nimikkeen varastointiajan mukaan. Pitkällä aikavälillä suurempi varasto luo suuremmat kustannukset ja kustannusten nousu on lähes lineaarinen suhteessa varastotason nousuun. Russell ja Taylor (2009) näkevät, että varastointikustannukset koostuvat ainakin seuraavista tekijöistä:

- Varastotilan ylläpito (esimerkiksi vuokra, sähkö, lämmitys, vartiointipalvelut, verot ja vakuutukset)
- Materiaalinkäsittelyn apuvälineet ja työkalut
- Varaston henkilöstö
- Lakisääteiset toiminnot (esimerkiksi kirjanpito)
- Varastotavaran viallisuus ja hävikki

Täydennyskustannukset syntyvät tilauksista eli varaston täydentämisestä. Täydennyskustannusten taso riippuu siitä, kuinka usein täydennystilaus joudutaan tekemään. Mitä useammin ja pienemmissä erissä tilaus joudutaan tekemään, sitä korkeammat ovat varaston täydennyskustannukset. Täydennyskustannusten vähentäminen eli suuremmissa erissä tilaaminen vaikuttaa edellä mainittuihin varastointikustannuksiin negatiivisesti varastotason noustessa. Täydennyskustannukset koostuvat Russellin ja Taylorin (2009) mukaan monista eri toiminnoista, joita ovat:

- Ostotilaus
- Lähetys ja kuljetus
- Vastaanotto ja tarkastus
- Käsittely
- Kirjanpito ja tiliöinti

Puutekustannus tulee tilanteessa, jossa varasto ei pysty tyydyttämään asiakkaan kysyntää (engl. *stockout*). Puutteet aiheuttavat usein ongelmia myös asiakkaille, jotka ovat tyytymättömiä yrityksen palvelutason laskuun. Tyytymättömyys voi johtaa tulevaisuudessa kauppojen menettämiseen, jolloin puutekustannuksiin voidaan laskea epäsuorasti myynnin kautta saatavan myyntivoiton menetys. Puutekustannukset ovat usein vaikeampia määritellä kuin muut kustannuslajit, jolloin ne ovat usein estimaatteja. Puutekustannusten nousu pienentää varastointikustannuksia, koska asiakkaan haluamaa tavaraa ei varastosta löydy. Päinvastaisessa tapauksessa puutekustannusten lasku tarkoittaa usein kasvaneita varastotasoa, joka johtaa varastointikustannusten nousuun. (Russell & Taylor 2009.)

Rushton ym. (2010) pyrkivät myös yleistämään varaston kustannusrakenteen, joka näkyy seuraavalla sivulla olevassa taulukossa 2. Taulukko osoittaa, että suurin osa kustannuksista tulee henkilöstöstä ja lähes yhtä suuri osa kustannuksista koostuu itse varastorakennukseen liittyvistä tekijöistä. Lisäksi myös varastossa tarvittavat apuvälineet ja tietotekniikka lisäävät varaston kustannuksia.

Taulukko 2. Varaston kustannusrakenne (mukailien Rushton, Croucher & Baker 2010)

Kategoria	Osuus	
Henkilökunta	45-50 %	
Rakennus	25 %	
Rakennuksen palvelut	15 %	
Tarvikkeet	10-15%	
Tietotekniikka	5-10%	

Varaston kustannuksiin pyritään vaikuttamaan varastohallinnalla. Varastohallinnan tavoitteena on varaston toiminnan ja kustannusten optimointi (Russell & Taylor 2009). Varastohallintaa käsitellään tarkemmin luvussa 3.7.

3.6 Varaston suunnittelu ja layout

Varastot voidaan jakaa kahteen luokkaan sen perusteella, mitä asiakasta ne pääasiassa palvelevat. Jakelukeskus on varasto, jonne useamman toimittajan toimitukset kerätään, mistä johtuen varaston nimikemäärä saattaa olla hyvinkin suuri. Asiakkaiden tilaukset sisältävät usein useita tilausrivejä, joiden määrät ovat pieniä. Varaston suuri nimikemäärä ja pienkeräilyrivit aiheuttavat moniportaisen ja kalliin keräilyprosessin, minkä takia jakelukeskusvarastoissa keskitytään yleensä keräilyyn optimoimiseen. Toinen varastotyyppi on tuotantovarasto, jossa on raaka-aineita, keskeneräisiä tuotteita ja valmiita tuotteita. Raaka-aineet ja keskeneräiset tuotteet lähtevät tuotantovarastosta tuotantoon ja valmiit tuotteet tulevat tuotannosta varastoon, josta ne lähtevät erilaisia reittejä pitkin asiakkaalle. Tuotantovarastoissa kuluja aiheuttaa varastossa pitkään seisova, kiertämätön tavara. Jos tavaraa jää kiertämättömänä varastoon, oston eräkoot ovat suurempia kuin tuotannon eräkoot tai tuotannon eräkoot suurempia kuin asiakkaiden haluamat eräkoot. (Ghiani, Laporte & Musmanno 2004; Van den Berg 2012.)

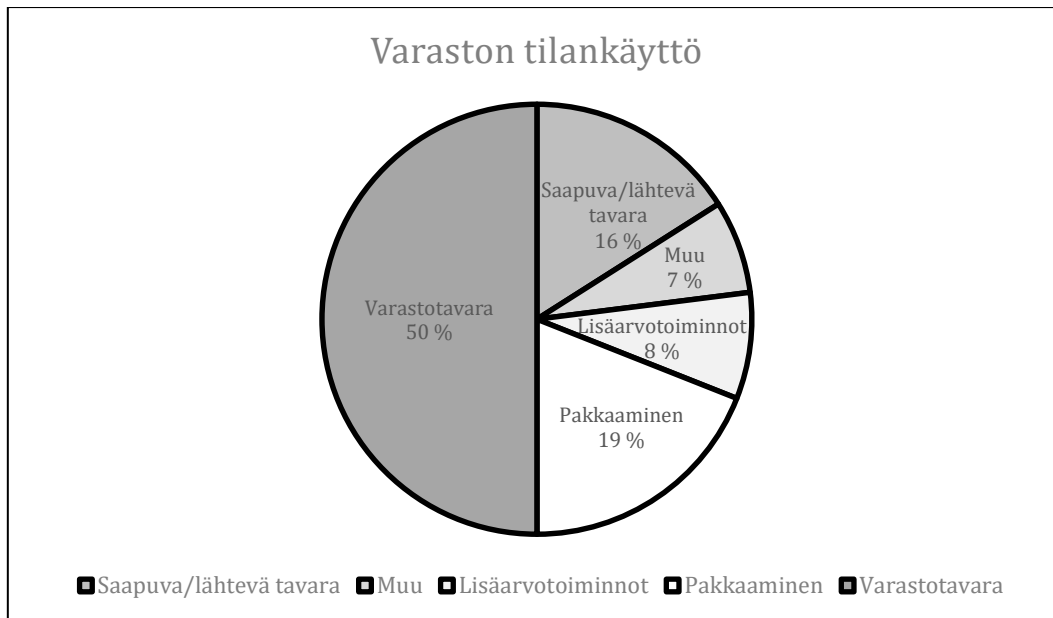
Nykyaikaiset ja monimutkaiset varastot ovat hankalia suunnitella mahdollisimman tehokkaiksi. Yksi suurimmista suunnitteluun liittyvistä haasteista on nykypäivän nopeasti muuttuvat markkinatilanteet. Varaston pitää olla joustava, jotta se toimisi mahdollisimman tehokkaasti jatkuvasti muuttuvassa ympäristössä. Varaston suunnittelu vaatii kaikkien vaikuttavien tekijöiden huomioon ottamista. Tällaisia tekijöitä on lukuisia, esimerkkinä mainiten varaston sijainti, koko, kiertoaika ja tilausfrekvenssit. (Richards 2014.)

Varaston layout on pieni osa varaston suunnittelua, joka koskee varaston sisäistä asettelua. Layout-suunnittelun päämäärä on työhön kuluvan ajan vähentäminen. Layout-suunnittelu on kompromissien tekemistä eri tekijöiden, kuten välimatkojen, tilan hyötykäytön, käsittelyn, helpon saatavuuden, turvallisuuden, riskien ja kustannusten optimien välillä. (Berg & Zijm 1999; Richards 2014.)

Varaston tehokkuuden parantamiseen on alettu käyttää viime aikoina enemmän huomiota ja käytännössä tehokkuutta yritetään nostaa kehittämällä keräilyprosessin tehokkuutta (Richards 2014). Keräilyprosessin kehittäminen on usein lähtökohta varaston parantamiselle, koska se muodostaa suurimmat kustannukset varaston toiminnassa, kuten aiemmin luvussa 3.5 todettiin. Lyhyenä yhteenvevtona varaston ja layoutin suunnittelusta voidaan sanoa, että optimaalisesti suunniteltu varasto maksimoi läpivirtauksen tehokkuuden pienimmillä mahdollisilla resursseilla pitäen samalla yllä riittävää joustavuutta tulevaa varten.

Tyypillinen varasto, joka on kuvattu seuraavalla sivulla kuvassa 11, noudattelee karkeasti jakaumaa, jossa varastotavara vie suurimman osan varaston tilasta. Lisäksi saapuvan ja lähtevän tavarahan alueet sekä pakkausalueen koko on merkittävä (Rushton ym. 2010). Optimaalisesti suunniteltu varasto ottaa

tilankäytössään huomioon kaikkien toimintojen tarpeet, jolloin virheetön läpivirtaus varastossa on mahdollinen.



Kuva 11. Varaston tilankäyttö (mukaiillen Rushton, Croucher & Baker 2010)

3.7 Varastonhallinta, tehokkuus ja kustannukset

Varastonhallintaa määritettäessä varastointia koskevat päätökset pitää jakaa pitkän aikavälin strategisiin päätöksiin ja lyhyen aikavälin taktisiin sekä toiminnallisiin päätöksiin (Grant, Lambert, Stock & Ellram 2006). Strategisella tasolla linjataan ylitason päätöksiä, kuten varaston sijainti, koko ja käytettävä teknologia. Kaikki strategisella tasolla tehtävät päätökset tähtäävät siihen, että varastointi tukee yrityksen toimitusketjua ja tavoitteita (Baker & Canessa 2009). Kun pitkän aikavälin strategiset päätökset ovat lyöty lukkoon, keskitytään strategisia päätöksiä ja linjoja tukeviin lyhyemmän tähtäimen taktisiin ja toiminnallisiin päätöksiin. Varastonhallinta määritellään usein lyhyemmän aikavälin

päätöksiksi, joita tehdään strategisten linjojen antamassa viitekehyksessä (Ghiani ym. 2004).

Varasto on yleensä osa suurempaa toimitus- tai logistiikkaketjua, jolloin varastohallinnalla ei pystytä vaikuttamaan ketjussa oleviin ulkoisiin tekijöihin. Toimitusketjua johtavat tahot kontrolloivat sitä, kuinka monta lähetystä varastosta pitää lähteä tai kuinka monta täydennystä varastoon saapuu. Varastohallinnalla koordinoidaan toimitusketjun ohjaamaa tavaravirtaa varaston sisällä sekä varaston sisäisten resurssien käyttöä, jotta toimitusketjusta tulevat vaatimukset varaston toiminnalle saadaan täytettyä. (Ghiani ym. 2004.)

Varastohallinta voidaan edelleen jakaa taktisen tason ja toiminnallisen tason päätöksiin. Taktisia päätöksiä siitä, kuinka materiaaleja ja resursseja käytetään tehokkaasti, tehdään viikoista kuukausiksi eteenpäin. Taktisen suunnittelun tasolla tehdään suunnitelmia ja varmistetaan, että varasto kykenee vastaamaan kysyntään. Tämä tarkoittaa resurssien mitoitusta suhteessa tilausmääriin (Slack, Chambers & Johnston 2010). Strackin ja Pochetin (2010) mukaan taktinen suunnittelu sisältää varaston täydentämisen, työkuorman suunnittelun ja kuljetusten järjestämisen.

Toiminnallisella tasolla mietitään usein päiväkohtaisia päätöksiä koskien tilankäyttöä, työkalujen ja apuvälineiden käyttöä sekä henkilöstöresurssien kohdentamista. Näin lyhyellä aikavälillä ei pystytä tekemään isoja muutoksia, mutta toiminnallisen tason tavoitteena on optimoida päivittäiset toiminnot. Tämä tarkoittaa tehottomuuksien poistamista tavara- ja informaatiovirrasta, jolloin kysyntään pystytään vastaamaan mahdollisimman tehokkaasti ajallaan. (Alpan, Ladier, Larbi & Penz 2011; Rubrico, Higaski, Tamura & Ota 2008.)

Varastohallinnan päätökset muodostuvat suunnittelusta, kontrollista ja päivittäisen toiminnan optimoinnista, jotta asiakkaiden kysyntään pystytään vastaamaan. Suunnittelulla tarkoitetaan eri ratkaisujen evaluointia ja niistä parhaiden implementointia ja kontrollilla päivittäisen toiminnan tulosten mittaamista. Päivittäisen toiminnan optimoinnilla ohjaillaan resurssien käytön suunnittelua sekä töiden skedulointia ja jaksottamista. (Van den Berg 1999.)

3.7.1 Varastohallintajärjestelmä

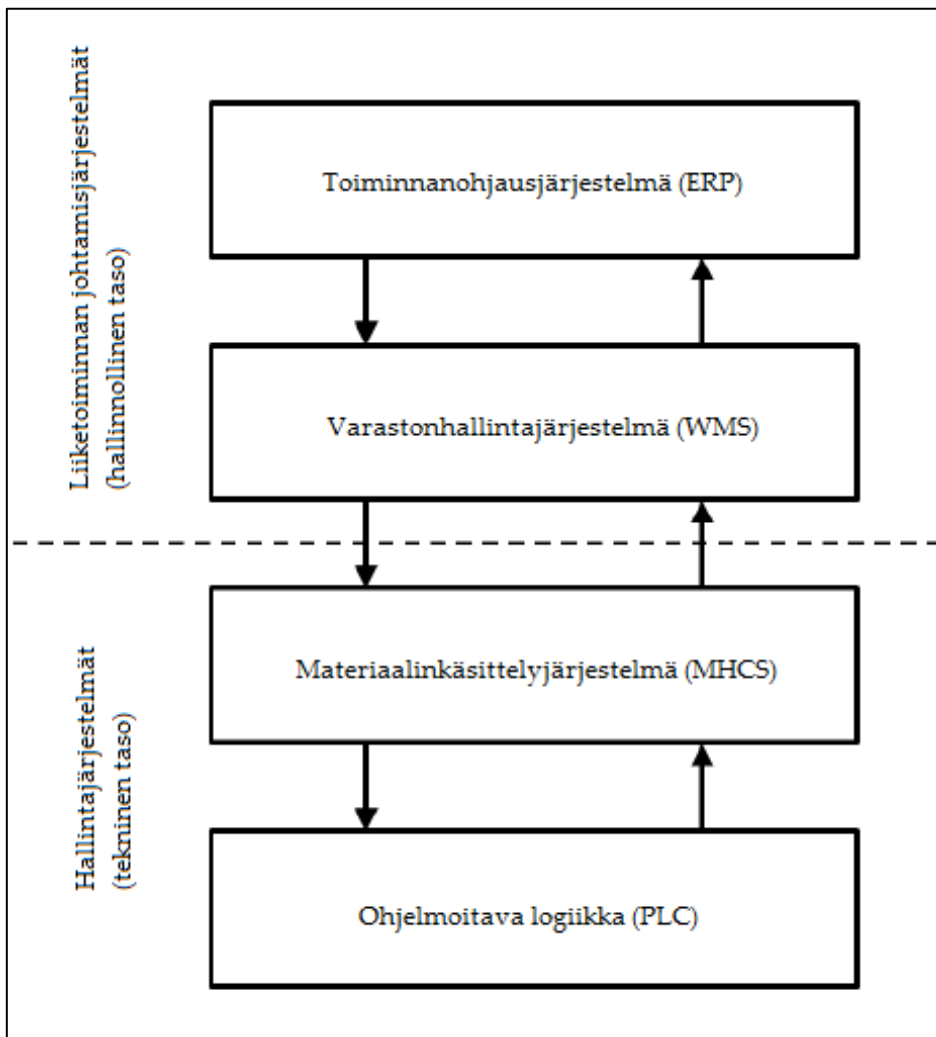
Tarkan ja oikea-aikaisen informaation saatavuus on nykypäivänä avain monimutkaisten varastointijärjestelmien hallitsemiseen. Viimeisten vuosien aikana varastohallinnan tueksi on noussut tietojenkäsittelyjärjestelmiä ja -ohjelmistoja, joita kutsutaan varastohallintajärjestelmiksi (WMS). WMS on ohjelmisto, joka auttaa työntekijöitä hallitsemaan varastoa. Ohjelmiston tuoman informaation avulla esimerkiksi keräily, pakkaus ja toimitus oikeaan osoitteeseen voidaan suorittaa nopeammin kuin aiemmin (Bartholdi III & Hackman 2014). WMS keskittyy koordinoimaan ja tukemaan kaikkia varaston sisäisiä prosesseja (Verwijmeren 2004).

WMS:n päämäärä on saavuttaa varastohallinnan tavoitteet eli tyydyttää asiakkaan kysyntä riittävällä nopeudella optimaalisella apuvälineiden, henkilöstön ja tilankäytöllä. WMS hallitsee tilausten ja prosessien virtausta lisäämällä kontrollia ja ohjailemalla henkilökunnan toimintaa (Mentzer 2002). Järjestelmä tietää, mitä varastossa pitäisi tapahtua millekin prosessille. Tämän pohjalta se ohjailee sekä henkilöstön että automatisoitujen järjestelmien toimintoja. Lisäksi järjestelmä saa tietoa kaikesta varastoon liittyvästä, kuten tilauksista, lähetyksistä,

varastotavarasta, layoutista, henkilöstöstä, asiakkaista, toimittajista ja varaston toiminnoista, jonka avulla se pyrkii varmistamaan toimintojen laadun (Van den Berg 2012).

Varastohallintajärjestelmiä on kahdenlaisia. Toinen ryhmä on räätälöidyt järjestelmät, jotka on kehitetty suoraan yrityksen toimintaan, yleensä yrityksen valvonnan alla. Suurempi ryhmä on kuitenkin standardisoidut järjestelmät, joita kehittävät ohjelmistoyhtiöt. Näitä järjestelmiä on mahdollista konfiguroida järjestelmän ostavan yrityksen tarpeisiin sopivaksi (Vand den Berg 2012). Standardisoidut järjestelmät voivat olla joko monen toiminnon integroivia järjestelmiä, kuten esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmä (*ERP*) tai yhteen toimintoon keskittyviä järjestelmiä, kuten varastohallintajärjestelmä (*WMS*) (Gartner 2013).

Varaston tietojärjestelmät voidaan kuvata myös hierarkkisesti, kuten seuraavan sivun kuvassa 12. Alimmalla tasolla on ohjelmoitava logiikka (*PLC*), joka ohjaa automaattisia materiaalinkäsittelyjärjestelmiä, kuten kuljettimia tai lajittelulaitteita. *PLC* lukee saamansa signaalin, jonka se saa sensorilta, kuten viivakoodinlukijalta, tai seuraavalta tasolta materiaalinkäsittelyjärjestelmästä (*MHCS*), ajaa sen logiikan läpi ja kirjoittaa lähtösignaalin laitteelle, jota se ohjaa. Toisella tasolla on *MHCS*, joka johtaa useamman *PLC*:n toimintaa, kommunikoi niiden kanssa ja järjestele ne toimimaan yhteistyössä. Kolmannella tasolla *WMS* suunnittelee, kontrolloi ja optimoi varaston toimintaa ja toimii välikätenä *MHCS*:n ja johtotason *ERP*-järjestelmän välillä. Korkeimmalla tasolla toiminnanohjausjärjestelmä on vastuussa sekä sisäisestä varastohallinnasta että varaston ulkoisista toiminnoista, kuten osto- ja myyntitilauksista. Hierarkian kaikkien tasojen yhteistyö tähtää varaston optimaaliseen suorituskykyyn. (Van den Berg 2012.)



Kuva 12. Varaston tietojärjestelmien hierarkia (mukaillen Van den Berg 2012)

3.7.2 Varastohallinnan ajurit

Yrityksen toimintaympäristön vaikutukset suorituskykyyn ovat merkittävät, mutta ympäristöä hallitsee epävarmuuden käsite. Thompson (1967) totesi, että toimintaympäristössä vallitsee jatkuva epävarmuus. Organisaatioteorian tutkijat Duncan (1972) ja Hatch (1997) jakavat epävarmuuden kahteen osaan, monimutkaisuuteen ja dynaamisuuteen.

Monimutkaisuudella tarkoitetaan ympäristön elementtien lukumäärää ja vaihtelevuutta. Varastojärjestelmää voidaan kuvailla varastonimikkeiden (*SKU*) varastointi- ja keräilyprosessina. Jos *SKU*:n, tilausrivien ja prosessien määrä nousee, myös monimutkaisuuden taso kasvaa. *SKU*:n määrän noustessa varastotilan tarve kasvaa ja enemmän nimikkeitä täytyy ylläpitää varastohallintajärjestelmässä (Hatch 1997). Tilausrivien määrän kasvu tarkoittaa lisääntynyttä keräilyä ja kuten aiemmin on osoitettu, keräily on varaston suurin kustannus, kuten myös Drury (1988) toteaa. Näihin tekijöihin perustuen toimintaympäristön monimutkaisuus voidaan määritellä seuraavin ehdoin:

- eri varastonimikkeiden (*SKU*) lukumäärä varastossa
- eri prosessien lukumäärä ja vaihtelu varastossa
- käsiteltyjen tilausrivien määrä varastossa

Toimintaympäristön dynaamisuudella voidaan käsittää tarkoitettavan muutosta ja mahdollisia innovaatioita, mutta myös kilpailijoiden ja asiakkaiden odottamatonta toimintaa (Lawrence & Lorsch 1967). Toiminnallisella tasolla varastohallinnan merkittävin vuorovaikutussuhde on asiakkaat, jolloin toimintaympäristön dynaamisuutta voidaan käsitellä asiakasmarkkinoilla. Asiakasmarkkinoiden dynaamisuudella on seuraavat ehdot:

- markkinat ovat ennustamattomat
- asiakkaan preferenssit markkinoilla muuttuvat

Hatchin (1997) mukaan toimintaympäristön monimutkaisuus ja dynaamisuus ovat suurimmat ajurit varastohallinnalle. Näiden ajurien pitäisi vaikuttaa suuresti siihen, kuinka varastohallinta on järjestetty ja kuinka sitä ohjataan. Kun

varastonhallinta on organisoitu ja toteutettu määritettyjen ajurien perusteella, varaston suorituskykyä ja tehokkuutta voidaan mitata.

3.7.3 Tehokkuus

Varaston suorituskykyä ja tehokkuutta pitää seurata ja mitata samalla tavalla kuin muitakin organisaation osa-alueita. Mittaaminen on työkalu, jolla voidaan seurata historiallista suorituskykyä ja prosessien kehitystä. Suorituskyvyn mittaamisella voidaan implementoida strategisia ylitason päätöksiä asettamalla suorituskyvyn mittareita, *KPI*:ta (*Key Performance Indicators*). Asettamalla mitattaville faktoreille tavoitteet ja pyrkimällä niitä kohti myös suorituskyky paranee pitkällä aikavälillä. (Andersen & Fagerhaug 2001.)

Mangan, Lalwani ja Gardner (2004) pitävät varaston ensimmäistä toimintoa, vastaanottoa, yhtenä tärkeimmistä *KPI*:sta. Esimerkiksi vastaanottoaika voidaan mitata ja siitä saadaan arvokasta informaatiota vastaanoton tehokkuudesta. Vastaanottoaika on aika, joka kuluu tavaran saapumisesta varastoon siihen, kun tavara on vastaanotettu *WMS*:ssä ja se on valmiina vietäväksi varastopaikkaansa.

Krauth, Moonen ja Popova (2005) listasivat tärkeitä mitattavia tekijöitä, *KPI*:ta, joilla mitata suorituskykyä. Krauthin ym. (2005) listaus suorituskykyä mittaavista tekijöistä esitettyinä mukailtuna taulukossa 3 seuraavalla sivulla. Kuvassa ylöspäin ja alaspäin olevilla nuolilla kuvataan toiminnon käyttäytymistä eli nousua tai laskua.

Taulukko 3. Krauthin, Moonenin & Popovan (2005) ehdottamia KPI:ta varaston tehokkuuden mittaamiseen

Vaikuttavuus (engl. <i>effectiveness</i>)		Tehokkuus (engl. <i>efficiency</i>)	
Kapasiteetin käyttö	↑	Kokonaiskuljetuskustannukset	↓
Toimitusten lukumäärä	↑	Kuljetusten yksikkökustannus	↓
Toimitusvarmuus	↑	Varaston tiheys	↑
Varastovolyymi	↑		

Yleisesti tehokkuutta mitataan kapasiteetin käyttöasteella ja kapasiteetin tehokkuudella, jotka Mangan, Lalwani ja Butcher (2008) totesivat seuraavasti:

$$\text{Kapasiteetin käyttöaste} = \frac{\text{todellinen tuotanto}}{\text{suunniteltu kapasiteetti}}$$

$$\text{Kapasiteetin tehokkuus} = \frac{\text{todellinen tuotanto}}{\text{tehokas kapasiteetti}}$$

Kapasiteetin käyttöaste perustuu prosessin suunniteltuun kapasiteettiin. Käytännössä täyden suunnitellun kapasiteetin saavuttaminen on mahdotonta, koska prosessissa sattuu virheitä ja erilaisia viiveitä, kuten esimerkiksi laatuvirheet, huoltotyöt tai vuoronvaihdot. Kapasiteetin tehokkuus ottaa nämä väistämättömät tekijät huomioon, jolloin suunnitellusta kapasiteetista vähennetään väistämättömät tekijät ja saadaan tehokas kapasiteetti. (Mangan ym. 2008.)

3.7.4 Varaston täydennysjärjestelmät

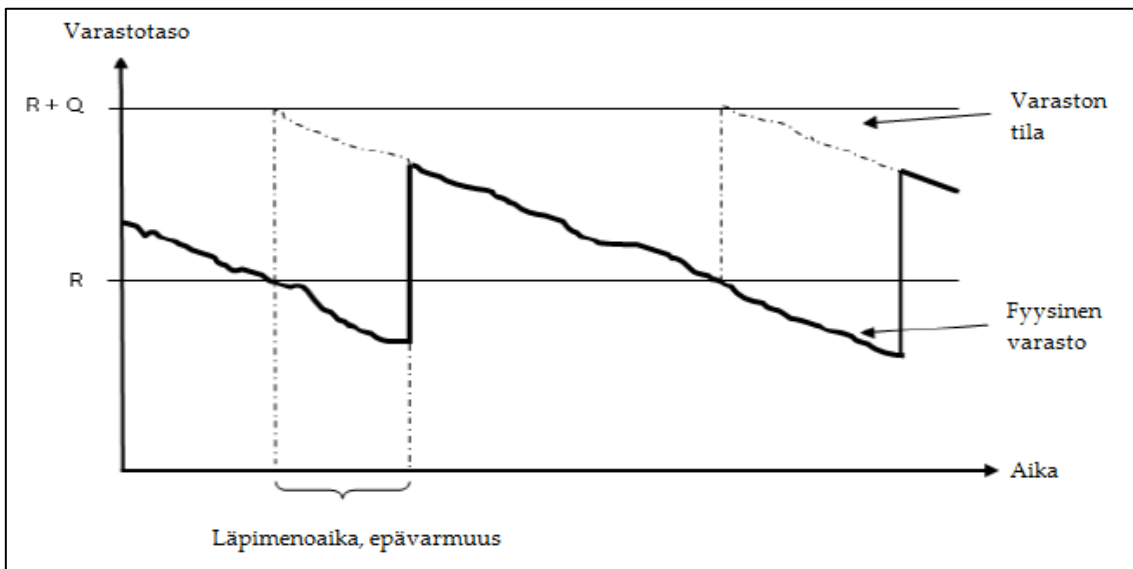
Valtaosalla yrityksistä on olemassa varaston täydennysjärjestelmä, jolla mahdollistetaan tavaran oleminen oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Täydennysjärjestelmä myös optimoi yritykselle koituvia kustannuksia materiaalinkäsittelystä, tilaamisesta ja kuljetuksista. Järjestelmän tarkoituksena on siis uusien tavaroiden

tilaaminen varastoon oikeaan aikaan oikeassa eräkoossa, jolloin varaston muuttuvat kustannukset pienenevät. (Axsäter 1996.)

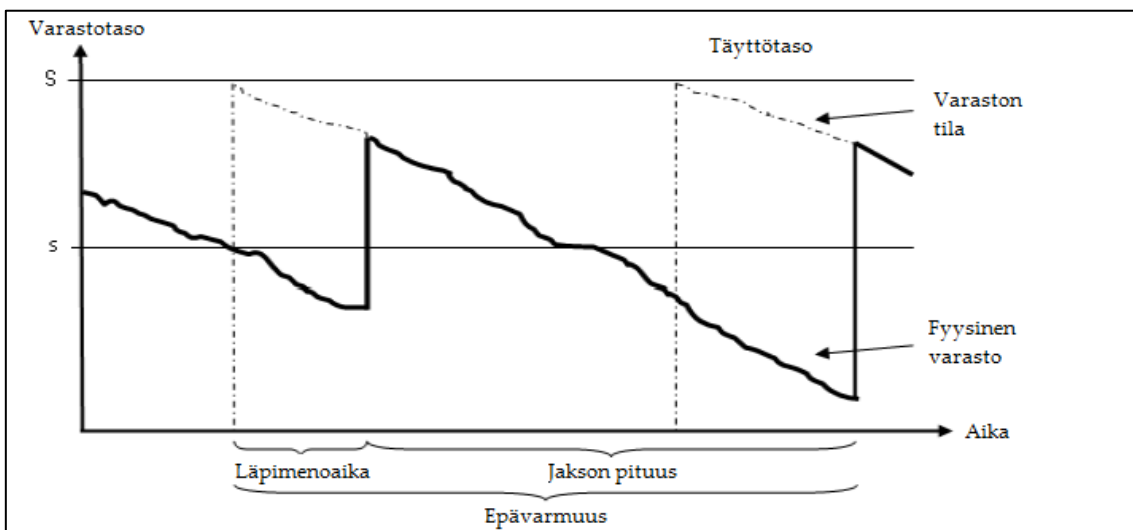
Täydennysjärjestelmät jakautuvat kahteen luokkaan, jatkuviin ja jaksollisiin järjestelmiin. Jatkuvassa järjestelmässä tilauksen eräkooko on aina sama ja tilauspiste on ennalta määritellyssä varaston hälytysrajassa. Jaksollisessa järjestelmässä tilaukset tehdään ennalta määrättyinä ajankohtana, jolloin eräkooko vaihtelee sen mukaan, kuinka paljon tavaraa on tilaushetkellä varastossa. Näin ollen jaksollisen järjestelmän periaate vaatii suurempaa puskuria eli varmuusvarastoa kuin jatkuva täydennysjärjestelmä. (Axsäter 1996.) Tavallisimmat täydennysjärjestelmät ovat jatkuva (R,Q)-järjestelmä ja jaksollinen (s,S)-järjestelmä, joille pätee seuraava määritelmä varaston tasosta:

$$\textit{Varaston taso} = \textit{fyysinen varasto} + \textit{aktiiviset tilaukset} - \textit{kaikki muut tilaukset}$$

(R,Q)-järjestelmä on jatkuvan täydennyksen järjestelmä, jossa tavaraa tilataan tietty eräkooko Q, kun varaston taso R laskee hälytysrajalle. (s,S)-järjestelmä on jaksottaisen täydennyksen järjestelmä. Tässä järjestelmässä eräkooko vaihtelee tilausajankohdan varastotason mukaan. Seuraavalla sivulla on esitetty kuvat 13 ja 14 varaston jatkuvasta ja jaksottaisesta täydennysjärjestelmästä ja niiden toimintaperiaatteista.



Kuva 13. Jatkuva (R,Q) -täydennysjärjestelmä (mukaillen Axsäter 1996)



Kuva 14. Jaksollinen (s,S) -täydennysjärjestelmä (mukaillen Axsäter 1996)

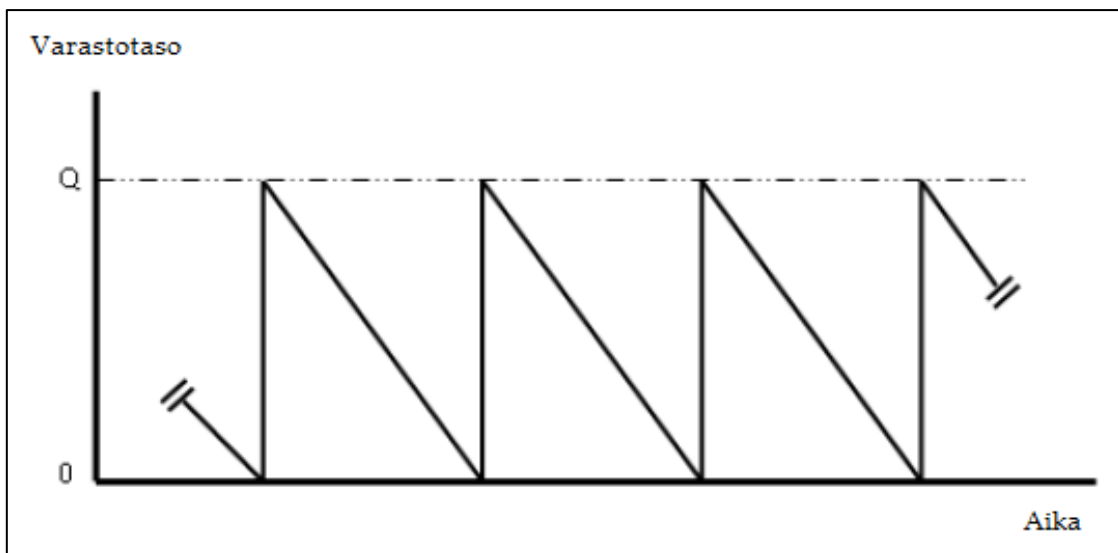
3.7.5 Taloudellinen eräkkö EOQ

Taloudellinen eräkkö *EOQ* (*Economic Order Quantity*), jota kutsutaan myös Wilsonin kaavaksi, on yleisin tapa määrittää kustannuksiltaan optimaalisen tilauserän koko. Kaava perustuu kahteen parametriin, jotka ovat täydennystilauksen kiinteät kustannukset (A) ja vuotuiset varastointikustannukset (r).

Parametrien lisäksi Wilsonin kaavassa on annettu arvot täydennyserän koolle (Q), nimikkeen yksikkökustannukselle (v), kysynnälle (D) ja täydennyksen yksikkökustannuksille (TRC/Q). (Silver, Pyke & Peterson 1998.) Axsäterin (1996) mukaan Wilsonin kaava pohjautuu seuraaviin oletuksiin:

- Kysynnä määrä on vakio ja se on jatkuva
- Täydennystilauksen kiinteät kustannukset ja vuotuiset varastointikustannukset ovat vakiot
- Koko tilaus toimitetaan yhdellä toimituksella
- Puutteet ei ole mahdollisia

Yllä mainittujen Wilsonin kaavan ehtojen mukainen varastotason vaihtelu on esitetty alla olevassa kuvassa 15 mukailleen Silveriä ym. (1998).



Kuva 15. Varastotason vaihtelu yli ajan EOQ:n ehtojen mukaisesti (mukaiillen Silver, Pyke & Peterson 1998)

Sivulla 52 on esitettyä Silverin ym. (1998) mukainen määritelmä eräkoon optimoinnille. Kokonaiskustannus TRC (*total relevant cost*) koostuu kahdesta eri kustannuksesta, jotka ovat täydennyserän yksikkökustannus (C_r) ja varastoinnin yksikkökustannus yli ajan (C_c). Nämä kustannukset voidaan esittää seuraavasti:

$$C_r = \frac{AD}{Q} + Dv$$

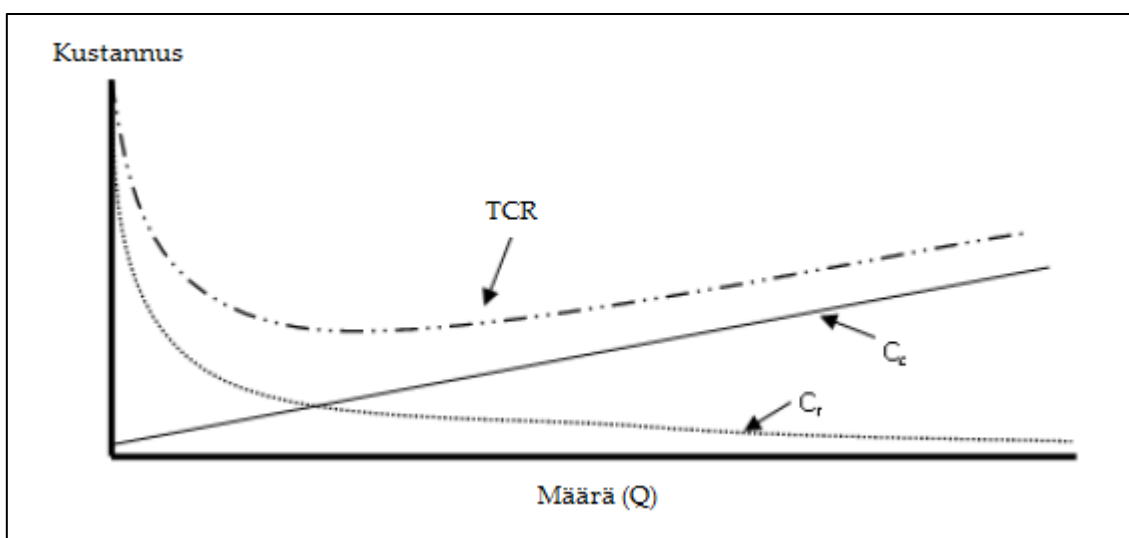
ja

$$C_c = \frac{Qvr}{2}$$

Missä $Q / 2$ on keskimääräinen varastotaso. Yhdistämällä kustannusten C_r ja C_c kaavat saadaan täydennyksen yksikkökustannukset:

$$TRC(Q) = \frac{AD}{Q} + \frac{Qvr}{2}$$

Tätä saatua täydennyksen yksikkökustannusta ja sen osakustannuksia sekä niiden käyttäytymistä havainnollistetaan alapuolella kuvassa 16.



Kuva 16. Kustannusten käyttäytyminen (mukaiillen Silver, Pyke & Peterson 1998)

Kuten kuvasta 16 nähdään, täydennyserän yksikkökustannus (C_r) laskee ja varastoinnin yksikkökustannus yli ajan nousee (C_c) eräkoon noustessa. Tämä tarkoittaa sitä, että optimaalinen erä koko täydennyserälle voidaan määrittää

derivoimalla funktio ja asettamalla se yhtä suureksi kuin nolla, jolloin kyse on optimoinnista. Funktio saa näin ollen muodon:

$$\frac{dTRC}{dQ} = 0$$

joka saadaan aiemmin esitetyllä TRC(Q)-funktion avulla muotoon:

$$\frac{vr}{2} - \frac{AD}{Q^2} = 0$$

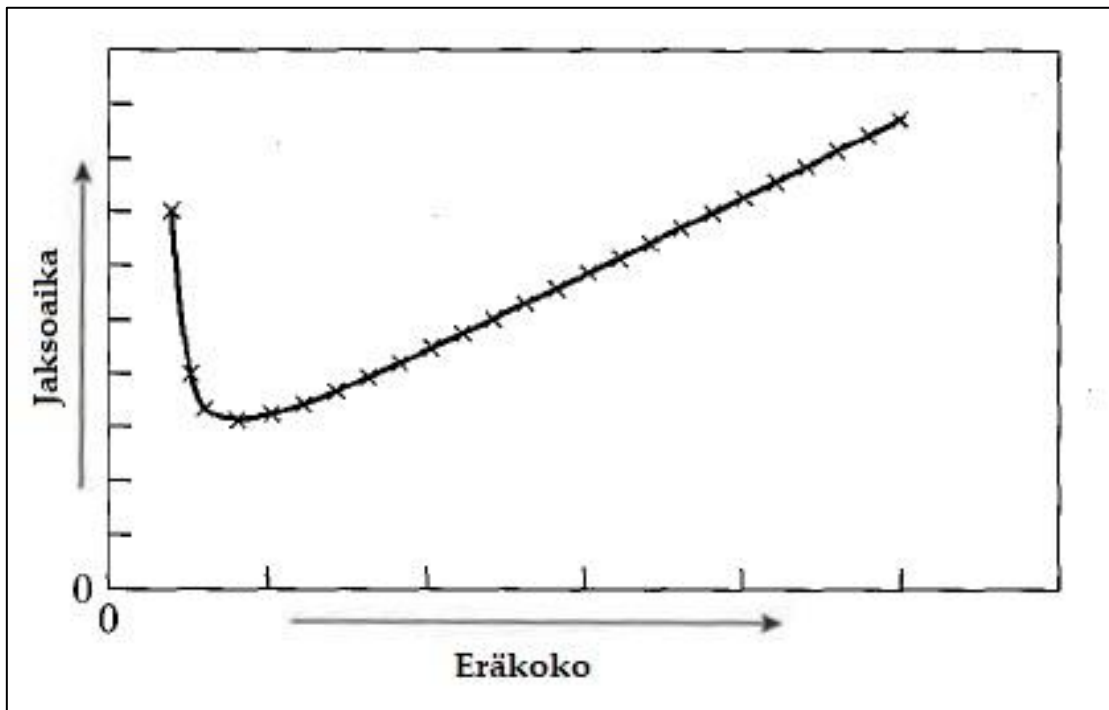
josta saadaan sieventämällä taloudellinen eräkkö eli Wilsonin kaava:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AD}{vr}}$$

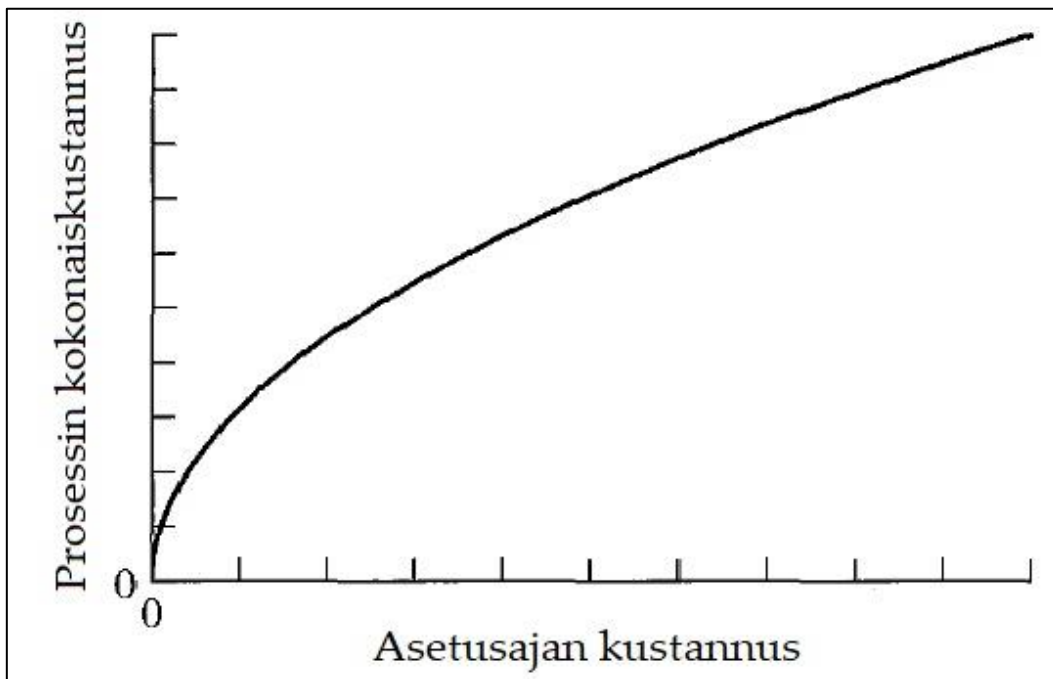
Riski taloudellisen eräköön käytössä on tilauskustannusten ja läpimenoaikojen oletaminen pysyvästi vakiona. Esimerkiksi Lean-ajattelun pääperiaatteisiin kuuluu läpimenoajan lyhentäminen eri metodein, jolloin läpimenon aikamuutuja ei ole vakio. Optimaalista eräkökoa voidaan kuitenkin päivittää jatkuvasti uusien "vakioiden" mukaiseksi. (Terwiesch & Cachon 2012.)

Optimaalista eräkökoa on myös mahdollista verrata tuotannon jaksoaikaan, kuten Pound, Bell ja Spearman (2014) kirjassaan esittävät. Optimaalisen eräköön laskemiseen vaikuttavia tekijöitä on neljä, joista ensimmäinen on käyttöaste. Käyttöasteen ollessa suuri, myös eräköön tulee olla suurempi, jolloin aikaa ei hukata asetusajaksi. Vastaavasti käyttöasteen ollessa pieni eräkökoa tulee pienentää, jotta varastonarvo ja -kierto ei heikkene. Toinen tekijä on varastotaso, jota tilauserien koko heiluttaa. Suurempi eräköko kasvattaa varastotasoa, pienempi

eräkoko kasvattaa asetusaikojen tai ostotilausten määrää. Kolmas tekijä on kustannus, joka vaihtelee eräkoon mukaan. Suuremman erän yksikköhinta on pienempi kuin pienen erän, sillä toimittajan asetusaika on pienissä erissä suurempi. Viimeisenä vaikuttavana tekijänä on palvelutaso, jossa suuret tilauserät ja niiden frekvenssi kasvattavat asiakastilausten viivästymistä, mikäli tavaraa ei tilaushetkellä ole varastossa. (Pound ym. 2014.) Ohessa on esitetty kuva 17 jaksoajan ja eräkoon välisestä riippuvuussuhteesta alla sekä kuva 18 sivulla 55 asetusaajan kustannuksen vaikutuksesta prosessin kokonaiskustannukseen.



Kuva 17. Eräkoon ja jaksoajan käyttäytyminen (mukaiillen Hopp & Spearman 2011)



Kuva 18. Asetusajan kustannuksen vaikutus prosessin kokonaiskustannukseen (mukaillen Hopp & Spearman 2011)

Kuten aiemmin tässä luvussa esitettiin, optimaalisen eräkoon laskeminen on monimutkaista. Edellisellä sivulla esitetty kuva 17 kuitenkin osoittaa selkeästi, kuinka eräkkö käyttäytyy:

1. Eräkköölle on olemassa optimipiste, joka korreloi lyhyimmän jaksoajan pisteen kanssa
2. Kuvan käyrällä optimipisteestä oikealle käyrä kasvaa maltillisesti, koska eräkkö ja jaksoaika suurenee
3. Kuvan käyrällä optimipisteestä vasemmalle käyrä räjähtää ylöspäin, koska tuotannon virtaus katkeaa

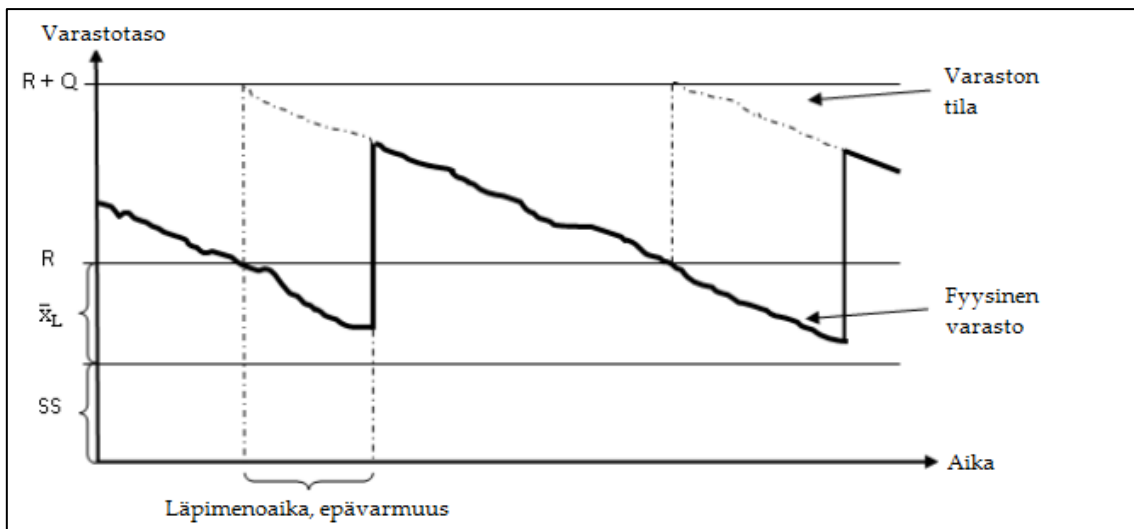
3.7.6 Varmuusvarasto

Kun tilattava eräkkö tiedetään, pitää päättää tilauspiste, jossa ostotilaus lähtee toimittajalle. Luvussa 3.7.4 on esitelty (R,Q)-järjestelmä, jossa on tilauspiste (R) ja tilattava määrä (Q), mutta varmuusvaraston luomiseksi tilauspisteelle R

tarvitaan tarkasti määritelty hälytysraja, jolloin ostotilaus tehdään. Tavoitteena on löytää hälytysrajalle sellainen taso, joka pystyy vastaamaan kysyntään ostotilauksen läpimenoajan (L) aikana. Varmuusvaraston koko riippuu haluttavasta palvelutasosta. (Axsäter 1996.)

Tilauspiste, jonka alle jää vielä keskimääräinen kysyntä läpimenoaikana (L) ja varmuusvarasto (SS), voidaan määrittää seuraavasti, kuten alla oleva kaava ja kuva 19 osoittaa:

$$R = \bar{x}_L + SS$$



Kuva 19. (R,Q) -järjestelmän vaikutus varmuusvaraston ja tilauspisteen linkittämiseen (mukaillen Axsäter 1996)

3.8 Logistiikan ulkoistaminen

Cooper (1993) totesi kasvavien kansainvälisten markkinoiden vaikuttaneen logistiikkatoimintojen kysynnän kasvuun. Kasvaneiden markkinoiden logistiikan kysyntä on lisäksi tehnyt toimitusketjuista entistä monimutkaisempia (Bradley

1994) ja tämä on luonut logistiikkatoimintojen ulkoistamisesta kasvavan trendin teollisuudessa (Kersten & Blecker 2006). Langley havaitsi vuonna 2016, että globaalisti yli kolmasosa yritysten logistisista kustannuksista koostuu ulkoistetusta logistiikasta. Ulkoistetun logistiikan kustannukset jakautuvat pääosin kuljetusjärjestelyiden kustannuksiin ja varastoinnin kustannuksiin (Langley 2016). Logistiikan ulkoistaminen on vaihtoehto, kun yritys tietää, mitä se haluaa logistiikaltaan, ja mitä se voi saavuttaa talon sisäisillä ydintoiminnoillaan (Buxbaum 1995).

Ulkoistaminen lisää erikoistumista, mikä johtaa jäljelle jääneiden ydintoimintojen tehokkaampaan hyödyntämiseen ja kilpailuetuun (Quinn & Hilmer 1994; Kakabadse & Kakabadse 2005). Myös logistiikka tehostuu, kun sitä suorittaa siihen erikoistunut toimija (Aas & Wallace 2008). Määritellessä logistiikan ulkoistamisen käsitettä, on hyvä ymmärtää logistiikan järjestämisen eri vaihtoehdot. Razaque ja Sheng (1998) tarjoavat yrityksille kolme vaihtoehtoa logistiikan järjestämiselle:

1. Yritys tuottaa ja hoitaa logistiikkatoiminnon itse
2. Yritys perustaa tytäryhtiön tai ostaa logistiikkaan erikoistuneen yrityksen hoitamaan logistiikan
3. Yritys tekee päätöksen logistiikan ulkoistamisesta ja ostaa logistiikkapalvelun ulkopuoliselta yritykseltä

Lambert, Emmelhainz ja Gardner (1999) määrittelivät logistiikan ulkoistamisen kolmansien osapuolten käyttämiseksi yrityksen logistiikkatoimintojen suorittamiseksi. Yleinen käsitys siitä, että toiminnon ulkoistamisella ja kolmansien osapuolten käytöllä on mahdollista vähentää logistisia kustannuksia ja parantaa prosessin laatua, on näkynyt viimeisten vuosien aikana yritysten

päätöksenteossa (Lambert, Emmelhainz & Gardner 1996; Kersten 2006). Logistiikan näkeminen tukitoimintona yrityksen ydinkyvykkyydelle on johtanut siihen, että logistiikka nähdään toimintona, joka on mahdollista ulkoistaa. Wallenburg (2004) kuitenkin muistuttaa, että ennen ulkoistamispäätöksen tekemistä yrityksen on tiedettävä, mikä osa logistiikasta ulkoistetaan ja kuka tuottaa palvelun.

3.8.1 Logistiikan ulkoistamisen kehitys

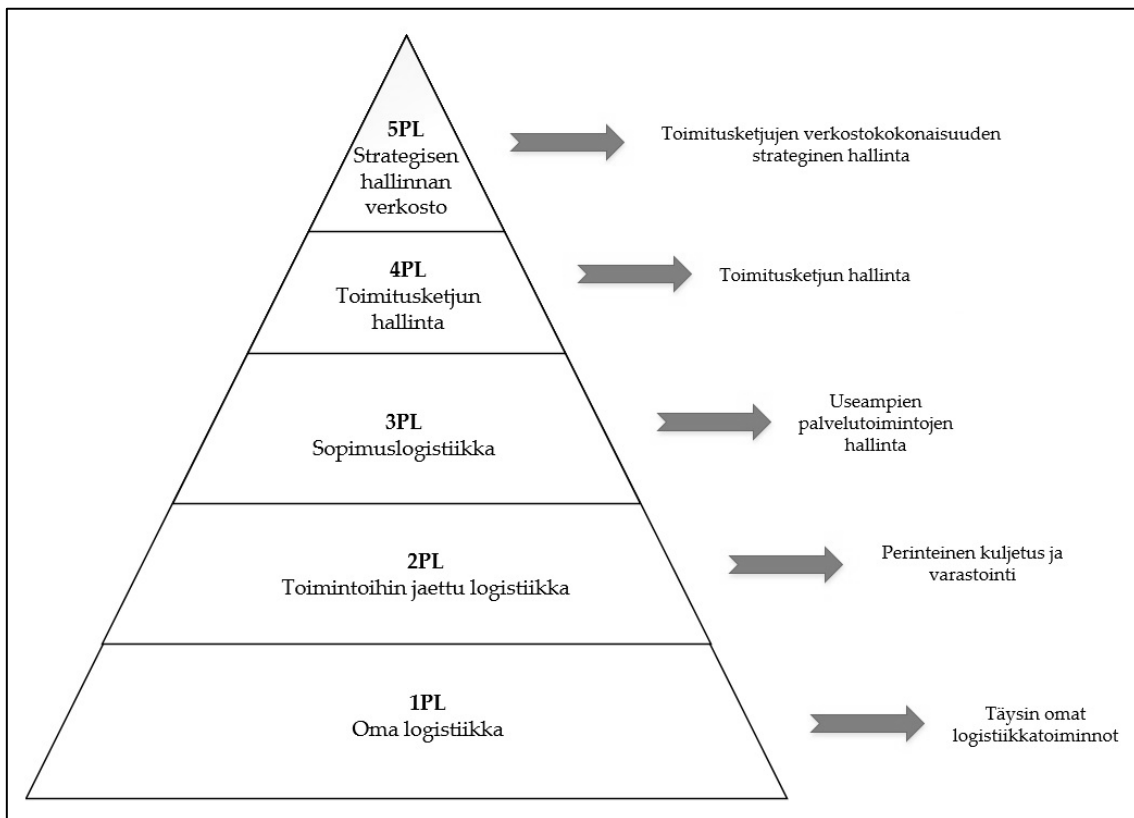
Bhatnagar, Sohal ja Millen (1999) jaottelivat logistiikan ulkoistamisen tasot toimijoiden määrän mukaan. Yhden osapuolen logistiikka -käsitettä (*1PL / first party logistics*) käytetään, kun yritys hoitaa logistiikkansa itse. *1PL*-yritys omistaa kaikki logistiikkansa resurssit ja hallitsee jokaista ketjun logistiikkatoimintoa. Yritysten sekä markkinoiden kasvaessa ja toimitusketjujen monimutkaistuessa jokaisen logistiikkatoiminnon hallitseminen on vaikeaa. Kahden osapuolen logistiikka -käsitteellä (*2PL / second party logistics*) tarkoitetaan yhden toiminnon, esimerkiksi kuljetuksen, jakamista toisen osapuolen hoidettavaksi. (Bhatnagar ym. 1999.)

Kolmannet osapuolet (*3PL / third party logistics*) valloittivat logistiikan, kun yritykset alkoivat ulkoistaa logistiikastaan muitakin osia kuin yksittäisiä toimintoja. Kolmannet osapuolet tarjoavat yrityksille mahdollisuuden parantaa varaston palvelutasoa ja suorituskykyä. Ulkoistetun logistiikan edut perustuvat usein ulkopuolisen toimijan kyvykkyyteen tarjota logistiikkaa kustannustehokkaampana mittakaavaedun vuoksi kuin mihin yritys itse pystyisi. (Bhatnagar ym. 1999.)

Myöhemmin logistiikan ulkoistamisen evoluutio on viime vuosina tuonut prosessiin neljännet osapuolet (*4PL / fourth party logistics*), jotka syntyivät puhtaasti kolmansien osapuolten pohjalta (Bajec 2009). Neljännet osapuolet ovat palveluntarjoajia laajalla kentällä, jossa logistiikkatoiminnon ulkoistamisen lisäksi ulkoisella toimijalla on rooli hallita ja integroida toimitusketjua ja sen osia, kuten resursseja, kyvykkyyksiä ja käytössä olevaa teknologiaa. *4PL*-roolin tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa joustava ja erittäin tehokas toimitusketju, joka on osana toimitusketjun strategista hallintaa (Chu, Leung, Hui & Cheung 2004).

Viidennet osapuolet (*5PL / fifth party logistics*) ilmestyivät logistiikkaan sen jälkeen, kun neljänsien osapuolten toiminta osoittautui menestykseksi. Viidensien osapuolten roolina on pidetty globaaliin mittakaavaan laajennettua neljänsien osapuolten työtä. *5PL*-käsitteen päämääränä on pidetty logistista kokonaisratkaisua, jossa yksittäiset optimoidut toimitusketjut yhdistyvät yhdeksi strategisen hallinnan verkostoksi. Tämän evoluution kärjen perustana ja menestystekijänä on informaatioteknologian ja tietojärjestelmien integraatio. (Buabeng 2016.)

Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa 20 on kuvattuna logistiikan eri tasot *1PL*:stä ylimmälle tasolle *5PL*:n asti. Seuraavassa luvussa keskitytään *3PL* ja *4PL* tasoille, missä logistiikan ulkoistamisen tärkeimmät kehitysviivat ovat nähtävissä.



Kuva 20. Logistiikan ulkoistamisen kehittyminen (mukailen Jonsson & Gunnarsson 2005)

3.8.2 Palveluntarjoajat

Yrityksiä, jotka hoitavat toisten yritysten logistisia toimintoja kutsutaan logistiseksi palveluntarjoajiksi (*LSP*, engl. *logistic service provider*). Logistisen palveluntarjoaja voidaan määritellä kansainvälisen kaupan specialistiksi, jonka erikoisosaamisiin kuuluu muun muassa kuljetus, varastointi, pakkaus, laskutus ja tilauksen seuranta (de Koster & Delfmann 2007). Cahillin (2007) mukaan *LSP*:n merkittävimmät ryhmät ovat edellisessä luvussa esitetyt *3PL*- ja *4PL*-toimijat.

Liebin (2004) mukaan ulkoistaminen, *3PL*-toimijat ja sopimuslogistiikka tarkoittavat samaa. Kaikessa on takana ulkoinen yritys, joka hoitaa sopimuskumppanin logistiikkaa. Sopimuksesta riippuen kyseessä voi olla sovittuja toimintoja ja osia logistiikasta tai jopa koko logistinen prosessi (Sahay & Mohan 2006).

Tärkeimpänä syynä ulkoistamiselle pidetään kilpailukyvyn nostamista keskittämällä resursseja ydinprosesseihin, jolloin resurssien uudelleen allokoinnissa ulkoistettavat funktiot, tukiprosessit, kuten logistiikka, hoitaa niihin erikoistunut toimija (Bhatnagar ym. 1999). *3PL*-toimija on ulkoinen yritys, joka hoitaa logistiikkaa ja hallinnoi monia logistisia palveluita sopimuskumppaninsa lukuun. *3PL*-toimija tarjoaa yritykselle integroituja ja räätälöityjä ratkaisuja sekä toimii yhteistyössä yrityksen kanssa (Ojala & Jämsä 2006).

3PL-toimija tarjoaa monia palveluita, kuten jaettua ja yksityistä varastointia sekä jakelua, logistiikkaa ulkoistavalle yritykselle (Adebambo, Omolola & Victor 2016). Palveluiden tarjonta on laaja ja jotkut *3PL*-toimijat, varsinkin pienemmät yritykset, erikoistuvat mieluummin ainoastaan tiettyihin toimintoihin enemmän kuin kaikkien palveluiden tarjontaan. Alla on taulukoituna *3PL*-toimijoiden tarjoamia tyypillisiä palveluita taulukossa 4.

Taulukko 4. *3PL*-toimijoiden tarjoamia logistisia palveluita (mukaillen Rushton & Walker 2007)

Päätoiminto	Alatoiminto	Palvelun idea
Varastointi	Jakeluvaraston toiminta	Vastaanotto, puskurit, keräily, pakkaus, lähetys
	Lisävarastotila	Lisävarastopaikat tilan puutteen vuoksi
	Läpivirtaus (cross-dock.)	Valmistuneiden tuotteiden välitön toimitus
	Lajittelu	Valmiiksi keräilyjen keräilyjen lajittelu
Varasto	Varastonhallinta	Varaston kierto, täydennys
	Valvonta ja vastuu	Valmiiden tuotteiden valvonta
Kuljetus	Ensisijainen kuljetus	Minimaalisen kustannuksen kuljetus
	Toissijainen kuljetus	Toimitus suoraan asiakkaalle

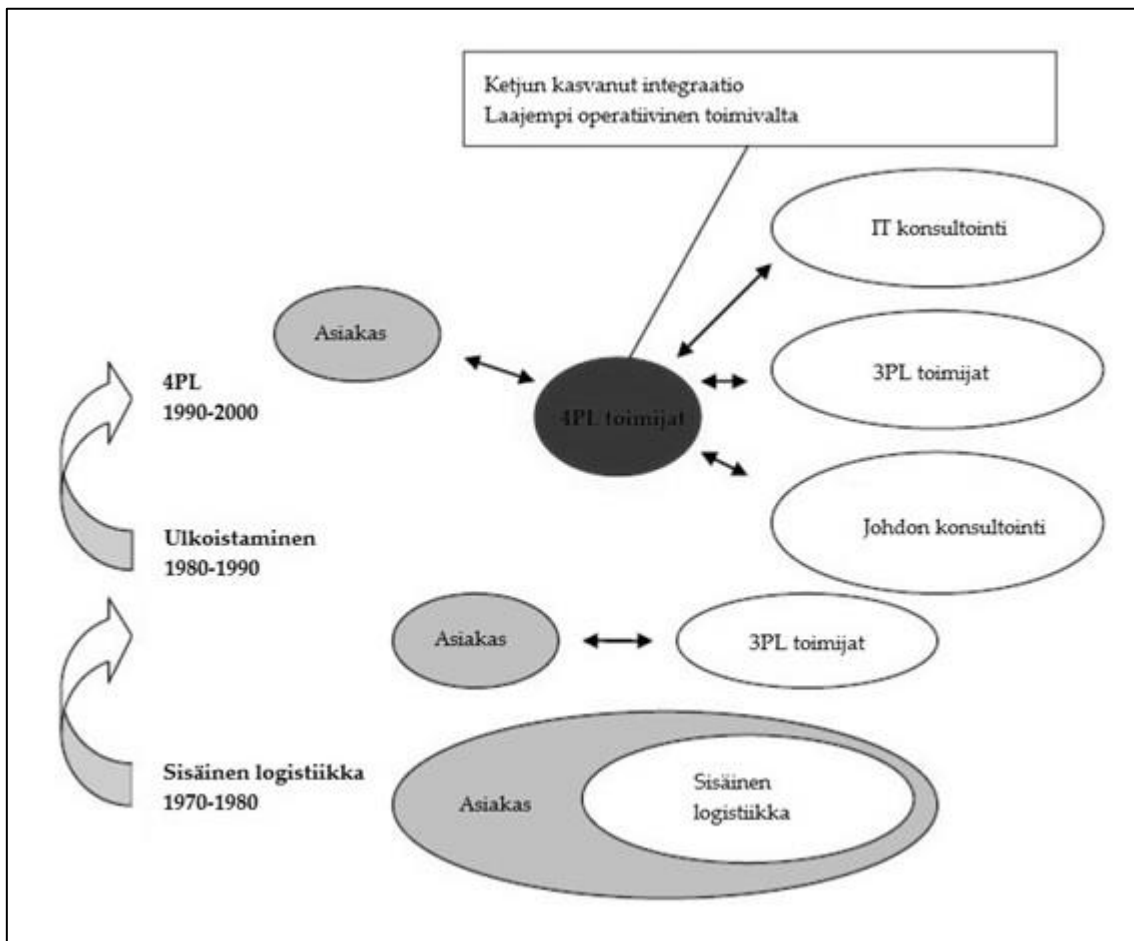
Adebambon ym. (2016) mukaan *3PL*-toimijat auttavat yrityksiä nykypäivän vaihtuvassa ympäristössä vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin tarjoamalla kustomoituja logistisia ratkaisuja. Asiakkaiden kysynnän vaatimukset tuotteen laadusta, hyvästä palvelusta, oikea-aikaisesta toimituksesta ja ylipäättään

paremmasta vastineesta rahalle on luonut kolmansille osapuolille muun muassa seuraavassa listattavia tavoitteita:

- Kustannussäästöt ulkoistettujen toimintojen tehostuessa
- Tuotteen kysynnän heilahtelun hallinta
- Vähentyneet varastokustannukset
- Parantunut toimitusvarmuus ja vasteaika
- Pienentyneet henkilöstökustannukset
- Mahdollisuus keskittyä arvoa tuottaviin ydinprosesseihin

Logistiikkayhtiö *Accenture* lanseerasi vuonna 1996 käsitteen *4PL*-toimija ja määritteli termin integraattoriksi, joka hallinnoi ja suunnittelee asiakasyrityksensä toimitusketjua (Bajec 2009). Ulkoistamisen trendin nousu ja nopea kehitys on johtanut myös *4PL*-toimijoiden nousuun. Bauknight ja Miller (2009) totesivat, että kolmannet osapuolet nähdään nykyään ulkoistettujen operatiivisten prosessien toteuttajina, jolloin prosessitehokkuus nousee, ja neljännet osapuolet koko toimitusketjun hallinnoijina, millä tavoitellaan toimitusketjun maksimaalista suorituskykyä. Myös Hübner ja Elmhorst (2007) ilmaisivat näkemyksensä, jossa neljännet osapuolet osallistuvat toimitusketjun koordinointiin operatiivisen logistiikan sijaan, jota perinteisesti kolmannet osapuolet hoitavat.

Kuten Bajec (2009) totesi, neljännet osapuolet suunnittelevat asiakasyrityksensä toimitusketjun hallintastrategian ja ovat vuorovaikutuksessa asiakasrajapintaan. Asiakkaiden koordinoinnin lisäksi neljännet osapuolet tekevät sopimuksia kolmansien osapuolten kanssa operatiivisen logistiikan prosesseista (Hübner & Elmhorst 2007). Seuraavalla sivulla kuvassa 21 Bajec (2009) esittää Hübnerin ja Elmhorstin näkemystä noudattelevan kuvan siitä, millaiseksi neljänsien osapuolten rooli toimitusketjun integraattorina on syntynyt.



Kuva 21. Neljänsien osapuolten rooli toimitusketjun integraattorina (mukailen Bajec 2009)

Yritykset kohtelevat neljänsiä osapuolia strategisena kumppanina. Strategisen kumppanin rooli toimitusketjun hallitsijana antaa yritykselle mahdollisuuden keskittyä omaan ydinkyvykkyyteensä ja sen tehostamiseen (Mukhopadhyay & Setaputra 2006). Neljäs osapuoli strategisena kumppanina tuo yritykselle muun muassa apuja rahtisopimusten neuvotteluun ja hallintaan, IT-ratkaisuihin sekä riskien ja kassavirran hallintaan (Bajec 2009).

Neljännet osapuolet tuovat yhteen asiakkaan tarpeet ja käytettävissä olevat resurssit hyödyntäen kolmansien osapuolten ja muiden sidosryhmien tehokkuuksia (Coyle, Bardi & Langley Jr. 2003). Neljänsien osapuolten sitoutuminen asiakasyritystensä toimitusketjuun ja sen tehokkuuteen sekä koko yritysstrategiaan

luo monia hyötyjä, joita ovat esimerkiksi asiakkaalle tuotettu lisäarvo ja asiakassuhteiden vahvistuminen (Hübner & Elmhorst 2007). Lisäksi Win (2008) listasi etuja, joita toimitusketjun hallinnan ulkoistamisella neljännelle osapuolelle voidaan saavuttaa. Nämä edut ovat esitettynä alla:

- Kyky hallita useampien kolmansien osapuolten sopimuksia, toimintoja ja kustannuksia
- Kokemus ja tietotaito toimitusketjun integraatiosta ja sen toteutuksesta
- Kokonaiskustannusten hallinta ja väheneminen integraation myötä
- Kyvykkyys koordinoida ja edistää eri toimijoiden yhteyksiä arvoketjussa
- Kokemus kansainvälisten toimitusketjujen hallinnasta

3.8.3 Ulkoistamisen vaikutukset

Ulkoistamispäätös pohjautuu päätöstä seuraaviin ennustettaviin hyötyihin ja riskeihin. Useimmiten ulkoistamisen merkittävimpanä hyötynä on pidetty yrityksen logististen kustannusten vähenemistä (Browne & Allen 2001). Sekä Bradley (1994) ja Wallenburg (2004) toteavat, että iso tekijä kustannusten vähenemisen takana on logistiikan tehokkuuden kasvu, kun toiminto ulkoistetaan siihen erikoistuneelle palveluntarjoajalle. Lisäksi logistiikkaan erikoistunut palveluntarjoaja pystyy volyymillaan yleensä tarjoamaan yritykselle mittakaavaedun logistiikan toimintojen kustannuksissa (Quèlin & Duhamel 2003).

Logistiikan ulkoistaminen myös vähentää yrityksen investointipaineita. Richardson (1990) havaitsi, että ulkoistamalla logistisia toimintoja voidaan logistiikkaan kohdistuvia investointeja vähentää, mikä näkyy positiivisesti yrityksen tuloksessa. Investointeihin luetaan sekä fasiliteetteja, työvoimaa ja teknologiaa koskevat lisäpanostukset ja huoltotyöt (Richardson 1990; Sheffi 1990). Esimerkiksi

Lynch (2000) toteaa työvoiman olevan nykyään niin järjestäytyntä, että ammattiliittojen työehtosopimusten mukaisten vaatimusten täyttäminen on kallista, jolloin ulkoistamisella voidaan siirtää työvoimakustannuksia ja vastuuta oman organisaation ulkopuolelle.

Kustannusten vähenemisen lisäksi logistiikan ulkoistamisella voidaan saavuttaa vieläkin merkittävämpi etu, parempi suorituskyky. Brownen ja Allenin (2001) mukaan ulkoistamispäätöksellä luodaan tehokkuutta, kun saadaan käyttöön logistiikan palveluntarjoajan erikoistuminen, teknologia ja infrastruktuuri. Ulkoistamista tutkineet LaLonde ja Maltz (1992) nostivat esiin paremman palvelutason ja kasvaneen joustavuuden, mikäli logistiikka toteutetaan yhdessä siihen erikoistuneen toimijan kanssa. Lisäksi tehostunut ulkoistettu logistiikka lyhentää siirtoaikoja ja -vaurioita sekä parantaa toimitusvarmuutta (Richardson 1990).

Tukiprosessin, kuten logistiikan, ulkoistaminen vapauttaa yrityksen resursseja ydinprosessin tekemiseen (Sislian & Satir 2000). Keskeisimpien ydinprosessien resurssien lisääminen luo yritykselle kilpailuetua. Lisäksi tukiprosessien ulkoistaminen myös nostaa laatustandardia, kun ulkoistettava toiminto kilpailutetaan eri palveluntarjoajien välillä (Assaf, Hassamain, Al-Hammad & Al-Nehmi 2011). Logistiikan ulkoistamispäätöksellä voidaan siis saavuttaa prosessin parantunut laatu ja redusoitunut kustannus (Quinn 1999).

Logistiikan ulkoistamisella ulkopuolisen toimijan haltuun on myös riskinsä (Wentworth 2003). Lonsdale (1999) myöntää riskit, mutta on sitä mieltä, että ulkoistamisen ongelmat johtuvat yleensä yritysjohdon epäonnistuneesta päätöksenteosta. Ulkoistamisen epäonnistumista tutkinut Barthèlemy (2003) toteaa, että vaikka ulkoistuspäätöksellä saavutetaan kustannushyötyjä, yleensä asetettuihin

tavoitteisiin ei päästä. Tutkimuksessaan Barthèlemy (2003) havaitsi yleisimmin ulkoistamisen epäonnistumiseen johtaneet tekijät, jotka tukevat täysin Lonsdalen (1999) näkemystä epäonnistuneesta päätöksenteosta. Tutkimuksessa havaitut tekijät olivat:

- Väärin toimintojen ulkoistaminen
- Palveluntarjoajan valinnan epäonnistuminen
- Heikot sopimusehdot
- Henkilöstövaikutusten ja piilokustannusten aliarviointi
- Kontrollin menettäminen

Riskeistä huolimatta ulkoistamisella saatavat hyödyt ovat kiistattomat. Yrityksen ulkoistamispäätöksen takana on sen oma riskinhallinta ja sietokyky sekä ulkoistamalla saatavien hyötyjen puntarointi. Jos päätöksellä aikaansaatu hyöty on suurempi kuin ennustettavat ja ilmaantuvat riskit, kannattaa päätös tehdä. (Wallenburg 2004.)

4 TUTKIMUS JA METODOLOGIA

Tässä luvussa käsitellään työn empiiriseen tutkimukseen liittyviä asioita. Seuraavassa kappaleessa esitetään työlle asetetut tutkimuskysymykset, jonka jälkeen kerrotaan työn tutkimuksen toteutuksesta ja siitä, kuinka tutkimuskysymyksiin pyritään vastaamaan. Luvun lopussa arvioidaan tutkimuksen validiteettiä ja reliabiliteettiä.

4.1 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymykset on määritelty työn alussa johdannon luvussa 1.2.2. Työssä pyritään löytämään vastauksia asetettuihin tutkimuskysymyksiin, jotka löytyvät alta. Kysymyksiin haetaan vastauksia työn empiirisessä osiossa luvuissa 6, 7 ja 8. Seuraavassa kappaleessa on selvitetty tutkimuksen toteutusta ja metodologiaa, jonka avulla on pyritty löytämään vastaukset tutkimuskysymyksiin:

Q1: *Missä kannattaa varastoida, jotta saavutetaan optimaalinen logistinen kokonais kustannus, jossa huomioidaan varastoinnin kustannukset, keräilykustannukset, kuljetuskustannukset ja optimaalisen eräkoon vaikutus kustannuksiin?*

Q2: *Voidaanko optimaalinen varastointimalli tai sen johdannainen toteuttaa nykyisellä tai parantuneella osien toimitusvarmuudella ja toimitusten vasteajalla?*

4.2 Tutkimuksen toteutus ja metodologia

Tutkimus toteutetaan yhteistyössä Sandvik Mining & Construction Oy:n kanssa. Työ jakautuu teoreettiseen viitekehykseen ja empiiriseen tutkimukseen.

Teoriaosuus käsittelee varastointia, minkä teoria luo kokonaiskäsityksen varastoinnista ja sen kustannuksista, mikä tukee työn empiirisen osion tutkimusta. Empiirinen tutkimus sisältää yrityksen nykyisen logistiikkamallin selvityksen ja kuvauksen sekä mallille tehtävän kustannusanalyysin, jonka perusteella mallia pyritään optimoimaan.

Empiirinen tutkimus on luonteeltaan sekä kvantitatiivinen että kvalitatiivinen. Kvalitatiivista metodia edustaa neljän eri asiantuntijan luottamukselliset haastattelut, joilla on pyritty keräämään kvalitatiivista dataa eri varastojen nykyisistä tiloista ja kustannuksista. Kvantitatiivista dataa on kerätty ja seurattu yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä Lean Systemistä sekä yrityksen *KPI*:en datasta ja kehityksestä. Molemmilla menetelmillä kerättiin dataa, jotta saatiin selville halutut logistiikkakustannukset, ja jotta työssä pystytään vastaamaan tutkimuskysymykseen Q1. Tutkimuskysymys Q2:en pyritään antamaan vastaus kvantitatiivisen datan perusteella.

4.3 Tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti

Tutkimuksen validiteetilla ja reliabiliteetilla mitataan tutkimuksen laadukkuutta ja luotettavuutta. Reliabiliteetin mittari on luotettavuus ja toistettavuus tutkitun ilmiön kohdalla. Tutkimuksen reliabiliteetti on riittävä ja tutkimus hyväksytään luotettavaksi, jos tutkimuksen toistamalla saadaan samat tulokset (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007). Tässä työssä käytetty kvalitatiivinen data purettiin osiksi ja käsiteltiin huolella. Lisäksi kerätty kvantitatiivinen data tarkastettiin useaan otteeseen ja kustannusanalyysi sekä kustannusten optimointi suoritettiin useasti. Näin ollen tutkimuksen tuloksia voidaan pitää luotettavina.

Validiteetin mittari on se, kuinka hyvin tutkimus vastaa siihen, mitä tutkimuksella on haettu. Tutkimus todetaan validiksi, mikäli tutkimusmenetelmä on mitannut tutkittavaa ominaisuutta oikein (Hirsjärvi ym. 2007). Tässä työssä valituilla tutkimusmenetelmillä on mitattu juuri haluttuja ominaisuuksia ja päästy lopputulokseen, joka vastaa työn tutkimuskysymyksiin hyvin. Tutkimuksen validiteetti on hyvä, jolloin tutkimus on validi.

9 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuten Council of Supply Chain Management Professionals (2013) määritteli, *”logistiikan hallinta on osa koko toimitusketjun hallintaa”*. Logistiikan toimintoja voidaan tehostaa ja tällaisen logistiikan optimoinnin tarkoituksena on etsiä yritykselle logistisesti tehokkain malli toteuttaa logistiikkaa. Kun logistiikkaa saadaan optimoitua, myös koko toimitusketju tehostuu. Näin ollen tämän työn aiheena ollutta logistiikan optimointia voidaan pitää merkittävänä asiana yritykselle.

Työ käsitteli logistiikkaa pääosin varastoinnin näkökulmasta. Teoriakappaleissa esiteltiin ensiksi varastoinnin perusteita ja tarkoitusta. Just-in-Time (JIT) -filosofian tarkoituksena oli luoda näkökulma varaston ja keskeneräisen tuotannon määrän pienentämisestä ja siihen liittyvistä lainalaisuuksista. Työn empiirisen osion kannalta merkittäviksi varaston toiminnoiksi teorialuvussa tunnistettiin vastaanotto, laatutarkastus, varastointi, keräily ja toimittaminen. Näitä varaston toimintoja pyritään kontrolloimaan varastohallinnalla, jonka tueksi on suunniteltu varastohallintajärjestelmiä (WMS), joilla pyritään optimoimaan varaston toimintaa eri toimenpitein.

Teorialuvun viimeisessä osiossa käsiteltiin logistiikan ja varastoinnin ulkoistamista. Luvun tarkoituksena oli esitellä ulkoistamisessa tapahtunut kehityskäyrä, mikä on luonut prosessien ulkoistamiselle mahdollisuuden kukoistaa. Tämän kehityskäyrän myötä on helpompi arvioida ulkoistamisen vaikutuksia, joita pohditaan työn teoriaosuuden lopussa.

Teoriaosuuden jälkeen työ keskittyi empiiriseen tutkimukseen, joka käsitteli yrityksen logistista prosessia ja sen kustannusoptimointia. Tutkimuksen luonne ja

metodologia, samoin kuin tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti käsiteltiin empiirisen osion alussa. Tutkimukselle suunnan kuitenkin näytti tutkimuskysymykset, joihin työllä pyrittiin saamaan vastaukset, ja joita asetettiin kaksi:

Q1: *Missä kannattaa varastoida, jotta saavutetaan optimaalinen logistinen kokonaiskustannus, jossa huomioidaan varastoinnin kustannukset, keräilykustannukset, kuljetuskustannukset ja optimaalisen eräkoon vaikutus kustannuksiin?*

Q2: *Voidaanko optimaalinen varastointimalli tai sen johdannainen toteuttaa nykyisellä tai parantuneella osien toimitusvarmuudella ja toimitusten vasteajalla?*

Jotta tutkimuskysymyksiin oli mahdollista saada vastaukset, piti ymmärtää ja selvittää yrityksen logistisen prosessin rakenne ja sitä tukevat kuljetusjärjestelyt. Kun prosessin rakenne oli tiedossa, pystyttiin prosessista rakentamaan kustannusanalyysi. Kustannusanalyysissä laskettiin prosessin varastointitoiminnan kustannukset ja selvitettiin sovittuja kuljetuskustannuksia. Näistä kustannuksista oli mahdollista optimoida malli, jonka mukaan yrityksen kannattaa logistiikkansa järjestää.

Tutkielman empiirisen osion viimeisessä luvussa esitettiin kustannusanalyysin tulokset, joiden pohjalta pystyttiin rakentamaan vaihtoehtoisia, realistisesti toteutettavia logistisia toimintamalleja. Viidestä mallista pystyttiin rajaamaan kolme ulos tarkastelun piiristä raskaan kustannusrakenteen vuoksi. Kahta jäljelle jäänyttä mallia vertailtiin SWOT-analyysien avulla ja näitä riskianalyysejä tutkimalla pystyttiin ymmärtämään, miten mallien käyttöönotto vaikuttaisi yrityksen logistiikan kustannuksiin ja toimintaan.

Vertailtavat mallit kykenivät molemmat vastaamaan tutkimuksen alussa asetettuihin tutkimuskysymyksiin Q1 ja Q2, jolloin molemmat mallit voitiin hyväksyä.

Työn loppuvaiheessa osaa työn tiedoista otettiin käyttöön ja logistiikkaa järjesteltiin osittain uusiksi työn tuloksiin perustuen. Työn pohjalta yritykseen jäi toiseikkoihin nojaava tieto ja keskustelu siitä, mihin suuntaan yrityksen logistiikka halutaan tulevaisuudessa suunnata.

Lisäksi työssä käsitellyistä kuljetuskustannuksista ja niistä saaduista tuloksista pystyttiin tekemään ehdotus kuljetusten ja sisäisten rahtien järjestelemisestä kustannusten optimoimiseksi. Työn tuloksena ja jatkotoimenpide-ehdotuksena saatiin selvitettyä ja laskettua logistinen malli, jonka kustannussäästöt nykyiseen logistiseen järjestelyyn verrattuna ovat merkittävät. Koska tämä pystyttiin toteuttamaan parantuneella toimitusvarmuudella, voidaan todeta, että työn tuloksena yrityksen logistiikka saatiin optimoitua.

LÄHTEET

- Aas, B. & S. Wallace (2008). *Management of Logistics Planning*. Molde University College, Molde.
- Adebambo, S., O. Omolola & D. Victor (2016). *Analysis of Outsourcing Logistics Service and Customer Satisfaction in Manufacturing Companies in South Western Nigeria*. *European Journal of Logistics, Purchasing and Supply Chain Management* (4:1), s. 1-10.
- Alpan, G., A. Ladier, R. Larbi & B. Penz (2011). *Heuristic Solutions for Transshipment Problems in a Multi Door Cross-docking Warehouse*. *Computers & Industrial Engineering* (61:2), s. 402-408.
- Andersen, B. & T. Fagerhaug (2001). *Performance Measurement Explained*. Amer Society for Quality, Milwaukee, WI.
- Assaf, S., M. Hassanain, A. Al-Hammad & A. Al-Nehmi (2011). *Factors Affecting Outsourcing Decisions of Maintenance Services in Saudi Arabian Universities*. *Property Management* (29:2), s. 195-212.
- Axsäter, S. (1996). *Inventory control*. Studentlitteratur. Lund, Sweden.
- Bajec, P. (2009). *Logistics Outsourcing in View of Globalization Processes*. University of Ljubljana, Slovenia.

- Baker, P. & M. Canessa (2009). *Warehouse Design: a structured approach*. European Journal of Operational Research (193:2), s. 425-436.
- Barthèlemy, J. (2003). *The Seven Deadly Sins of Outsourcing*. Academy of Management Executive (17:2), s. 87-98.
- Bartholdi III, J. & S. Hackman (2014). *Warehouse & Distribution Science*. The Supply Chain and Logistics Institute, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA.
- Bartholomew, D. (2008). *Putting Lean Principles in the Warehouse*. Lean Enterprise Institute.
- Bauknight, D. & J. Miller (1999). *Fourth Party Logistics: the evolution of supply chain out-sourcing*. CALM Supply Chain & Logistics Journal.
- Berg, J. & W. Zijm (1999). *Models for Warehouse Management: classification and examples*. International Journal of Production Economics (59), s. 519-528.
- Bhatnagar, R., S. Sohal & R. Millen (1999). *Third Party Logistics Services: a Singapore perspective*. Journal of Physical Distribution & Logistics Management (29:9), s. 569-587.
- Bradley, P. (1994). *Contract Logistic: it's all about costs*. Purchasing (117:6), s. 56 A3-A14.

- Browne, M. & J. Allen (2001). *Logistics Outsourcing, in Handbook of Logistics and Supply Chain Management*, A. Brewer, K. Button & D. Hensher, s.253-268. Emerald Group Publishing Limited.
- Buabeng, J. (2016). *Assesing the Challenges of Procurement Outsourcing: a study of Owere Gold Mines Limited*. Dama International Journal of Researchers (1:11), s. 11-24.
- Buxbaum, P. (1995). *Leveraging Expertise: third parties will likely plan an increasing role in future logistics employment*. Transportation & Distribution (36:12), s. 80-2.
- Cahill, D. (2007). *Customer Loyalty in Third Party Logistics Relationships*. 2. painos. Physica-Verlag, Heidelberg.
- Charles, V., R. Puthraya & I. Kavitha (2007). *Simple Kanban Technique for Better Inventory Management*. ICFAI Journal of Operations (6), s. 60-73.
- Chu, A., L. Leung, Y. Hui & W. Cheung (2004). *4th Party Cyber Logistic for Air Cargo*. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.
- Cooper, J. (1993). *Logistics Strategies for Global Businesses*. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management (23:4), s. 12-23.
- Council of Supply Chain Management Professionals (2013). *Supply Chain Management: Terms and Glossary*.

- Coyle, J. & E. Bardi (1980). *The Management of Business Logistics*. 2. painos. West Publishing Company.
- Coyle, J., E. Bardi & C. Langley Jr. (2003). *The Management of Business Logistics: a supply chain perspective*. 7. painos. South-Western Publishing, Mason, OH.
- Davis, T. (1993). *Effective Supply Chain Management*. Sloan Management Review (34), s. 35-46.
- De Koster, R., T. Le-Duc & K. Roodbergen (2007). *Design and Control of Warehouse Order Picking: a literature review*. European Journal of Operational Research (182), s. 481-501.
- Drury, J. (1988). *Towards More Efficient Order Picking*. IMM Monograph 1. The Institute of Materials Management, Cranfield.
- Duncan, R. (1972). *Characteristics of Organizational Environments and Perceived Environmental Uncertainty*. Administrative Science Quarterly (17:3), s. 313-327.
- Farahani, R., S. Rezapour & L. Kardar (2011). *Logistics Operations and Management*. 1. painos. Elsevier Inc., London, UK.
- Farrington, B. & K. Lysons (2006). *Purchasing and Supply Chain Management*. 7. painos. Pearson Education Canada.

- Garcia, F. (2004). *Applying Lean Concepts in a Warehouse Operation*. IIE Annual Conference and Exhibition 2014.
- Gartner (2013). *Magic Quadrant for Warehouse Management Systems*. Gartner Inc., Stamford.
- Ghiani, G., G. Laporte & R. Musmanno (2004). *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*. John Wiley & Sons.
- Gornicki, B. (2014). *A Better Way of Production: small-batch and one-piece-flow*. Industrial Heating (June).
- Grant, D., D. Lambert, J. Stock & L. Ellram (2006). *Fundamentals of Logistics Management*. McGraw Hill, Berkshire, UK.
- Gu, J., M. Goetschalckx & L. McGinnis (2007). *Research on Warehouse Operation: a comprehensive review*. European Journal of Operational Research (177), s. 1-21.
- Harri, H. (2008). *Tamrock: through the rock*. Sandvik Mining & Construction Oy, Kirjapaino Hermes Oy, Tampere.
- Hatch, M. (1997). *Organization Theory: modern symbolic and postmodern perspectives*. Oxford University Press, New York, NY.
- Haverila, M., E. Uusi-Rauva, I. Kouri & A. Miettinen (2009). *Teollisuustalous*. 6. painos. Tampere, Infacs Oy.

- Hirsjärvi, S., P. Remes & P. Sajavaara (2007). *Tutki ja Kirjoita*. 13. painos. Otavan Kirjapaino, Keuruu.
- Hopp, J. & L. Spearman (2011). *Factory Physics*. 3. painos. Long Grove, Wave-land Press Inc.
- Hopp, W. (2008). *Supply Chain Science*. McGraw-Hill/Irwin, New York.
- Hübner, U. & M. Elmhurst (2007). *E-business in Healthcare: from E-procurement to supply chain management*. Springer-Verlag, London.
- Jonsson, S. & C. Gunnarsson (2005). *Internet Technology to Achieve Supply Chain Performance*. Business Process Management Journal (11:4), s. 403-417.
- Kakabadse, A. & N. Kakabadse (2005). *Outsourcing: current and future trends*. Thunderbird International Business Review (March-April), s. 183-204.
- Kersten, W. & T. Blecker (2006). *Managing Risks in Supply Chains: how to build reliable collaboration in logistics*. 1. painos. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin.
- Khojasteh, Y. & R. Sato (2014). *Selection of Pull Production Control System in Multi-stage Production Process*. International Journal of Production Research (53: 14), s. 4363-4379.
- Koster, R., & W. Delfmann (2007). *Managing Supply Chains: challenges and opportunities*. Copenhagen Business School Press, Denmark.

- Kouri, I. (2010). *Lean taskukirja*. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.
- Krauth, E., H. Moonen & V. Popova (2005). *Performance Indicators in Logistics Service Provision and Warehouse Management: a literature review and framework*. Rotterdam, Amsterdam, The Netherlands.
- LaLonde, B. & A. Maltz (1992). *Some Propositions about Outsourcing the Logistics Function*. *The International Journal of Logistics Management* (3:1), s. 1-11.
- Lambert, D., J. Stock & L. Ellram (1998). *Fundamentals of Logistics Management*. Irwin/McGraw-Hill, Boston, MA.
- Lambert, D., M. Emmelhainz & J. Gardner (1996). *Developing and Implementing Supply Chain Partnerships*. *International Journal of Logistics Management* (7:2), s. 1-17.
- Lambert, D., M. Emmelhainz & J. Gardner (1999). *Building Successful Logistics Partnerships*. *Journal of Business Logistics* (20:1), s. 165-181.
- Langley, C. (2016). *2016 Third-party Logistics Study: the state of logistics outsourcing*. [Verkkodokumentti]. Capgemini [Viitattu 19.09.2018]. Saatavilla: https://www.kornferry.com/media/sidebar_downloads/2016_3PL_Study.pdf
- Lawrence, P. & J. Lorsch (1967). *Organization and Environment*. Harvard Business Graduate School Press, Boston, MA.

- Le-Duc, T. & R. de Koster (2005). *Layout Optimization for Class-based Storage Strategy Warehouses*. *Supply Chain Management - European Perspective*, s. 191-214.
- Lieb, R. (2004). *The North American Third-Party Logistics Industry in 2004: the provider CEO perspective*. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* (35:8), s. 595-611.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way*. McGraw-Hill, New York.
- Lonsdale, C. (1999). *Effectively Managing Vertical Supply Relationships: a risk management model for outsourcing*. *Supply Chain Management: an International Journal* (4:4), s. 176-183.
- Lynch, C. (2000). *Managing the Outsourcing Relationship*. *Supply Chain Management Review* (4:4), s. 90-96.
- Mangan, J., C. Lalwani & B. Gardner (2004). *Combining Quantitative and Qualitative Methodologies in Logistics Research*. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management* (34:7), s. 565-578.
- Mangan, J., C. Lalwani & T. Butcher (2008). *Global Logistics and Supply Chain Management*. John Wiley & Sons.
- Mentzer, J. (2002). *Supply Chain Management*. Thousand Oaks, Sage, CA.

- Mukhopadhyay, S. & R. Setaputra (2006). *The Role as the Reverse Logistic Integrator*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management (36:9), s. 716-729.
- Muller, M. (2011). *Essentials of Inventory Management*. 2. painos. AMACOM.
- Ojala, L. & P. Jämsä (2006). *Third Party Logistics: Finnish and Swedish Experiences*. The Turku School of Economics, Turku.
- Pound, E., J. Bell & M. Spearman (2014). *Factory Physics for Managers: how leaders improve performance in a post-Lean Six Sigma world*. McGraw-Hill, New York.
- Quélin, B. & F. Duhamel (2003). *Bringing Together Strategic Outsourcing and Corporate Strategy: outsourcing motives and risks*. European Management Journal (21:5), s. 647-661.
- Quinn, J. & F. Hilmer (1994). *Strategic Outsourcing*. Sloan Management Review (35:4), s. 43-55.
- Quinn, J. (1999). *Strategic Outsourcing: leveraging knowledge capabilities*. Sloan Management Review (40:4), s. 9-21.
- Razzaque, M. & C. Sheng (1998). *Outsourcing of Logistics Functions: a literature survey*. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management (28:2), s. 89-107.

- Reichhart, A. & M. Holweg (2007). *Lean Distribution: concepts, contributions, conflicts*. International Journal of Production Research (45:16), s. 3699-3722.
- Richards, G. (2014). *Warehouse Management*. 2. painos. Kogan Page.
- Richardson, H. (1990). *Explore outsourcing*. Transportation & Distribution (July), s. 17-20.
- Rubrico, J., T. Higaski, H. Tamura & J. Ota (2011). *Online Rescheduling of Multiple Picking Agents for Warehouse Management*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing (27:1), s. 62-71.
- Rushton A., & S. Walker (2007). *International Logistic and Supply Chain Outsourcing: from local to global*. Kogan Page Publisher.
- Rushton, A., P. Croucher & P. Baker (2010). *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. 4. painos. Kogan Page.
- Russell, R. & B. Taylor (2007). *Operations Management: creating value along the supply chain*. 6. painos. John Wiley Sons.
- Sahay, B. & R. Mohan (2006). *3PL Practices: an Indian perspective*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management (36:9), s. 666-689.
- Sakki, J. (1994). *Logistinen materiaalin ohjaus*. MH-Konsultit Oy, Espoo.

Sakki, J. (2014). *Tilaus-toimitusketjun hallinta: digitalisoitumisen haasteet*. 8. painos. Vantaa, Jouni Sakki Oy.

Sandvik Intranet (2018). [Verkkotietokanta]. Sandvik. [Viitattu 11.07.2018]. Saatavilla: <https://intranet.sandvik.com/aboutus/Pages/default.aspx>

Sandvik Mediabase (2010). [Verkkotietokanta]. Sandvik. [Viitattu 06.07.2018]. Saatavilla: <http://mediabase.sandvik.com/>

Sheffi, Y. (1990). *Third Party Logistics: present and future prospects*. Journal of Business Logistics (11:2), s. 27-39.

Silver, E., D. Pyke & R. Peterson (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. 3. painos. John Wiley Sons, New York.

Sislian, E. & A. Satir (2000). *Strategic Sourcing: a framework and a case study*. Journal of Supply Chain Management (36:2), s. 4-11.

Slack, N., S. Chambers & R. Johnston (2010). *Operations Management*. 6. painos. Harlow, Prentice Hall.

Sproull, B. (2009). *The Ultimate Improvement Cycle: maximizing profits through the integration of Lean, Six Sigma, and the theory of constraints*. Boca Raton, CRC Press.

Strack, G. & Y. Pochet (2010). *An Integrated Model for Warehouse and Inventory Planning*. European Journal of Operations Research (204:1), s. 35-50.

- Terwiesch, C. & G. Cachon (2012). *Matching Supply with Demand: an introduction to operations management*. McGraw-Hill Education, Europe.
- Thompson, J. (1967). *Organization in Action*. McGraw-Hill, New York, NY.
- Tompkins, J., J. White, Y. Bozer & J. Tanchoco (2003). *Facilities Planning*. 3. painos. John Wiley & Sons.
- Tostar, M. & P. Karlsson (2013). *Lean Warehousing: gaining from lean thinking in warehousing*. Lund, Lunds Universitet.
- Trent, R. (2007). *End-To-End Lean Management*. J.Ross Publishing Inc.
- Wallenburg, C. (2004). *Kundenbindung in der Logistik - eine empirische untersuchung zu ihren einflussfaktoren*. Bern, Stuttgart, Wien.
- Van den Berg, J. & W. Zijm (1999). *Models for Warehouse Management: classification and examples*. International Journal of Production Economics (59), s. 519-528.
- Van den Berg, J. (1999). *A Literature Survey on Planning and Control of Warehousing Systems*. IIE Transactions (31:8), s. 751-762.
- Van den Berg, J. (2012). *Highly Competitive Warehouse Management*. Management Outlook Publications. Buren, The Netherlands.

Waters, D. (1996). *Operations Management: producing goods & services*. Addison Wesley Publishing Company.

Wentworth, F. (2003). *Outsourcing Services: the case against*. Journal of the Institute of Logistics & Transport (5:2), s. 57-59.

Verwijmeren, M. (2004). *Software Component Architecture in Supply Chain Management*. Computers in Industry (53), s. 165-178.

Win, A. (2008). *The Value a 4PL Provider Can Contribute to an Organization*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management (38:9), s. 674-684.