

**Lappeenrannan teknillinen yliopisto**  
**School of Engineering Science**  
**Tuotantotalouden koulutusohjelma**

Diplomityö

**Henry Joas**

**RAKENNUSTYÖMAIDEN LOGISTIIKAN NYKYTILA TOI-  
MITILARAKENTAMISESSA JA YHTENÄISTEN LOGISTI-  
KAN TOIMINTAMALLIEN KEHITTÄMINEN**

Työn tarkastaja:  
Professori Timo Pirttilä

## TIIVISTELMÄ

<b>Tekijä:</b> Henry Joas	
<b>Työn nimi:</b> Rakennustyömaiden logistiikan nykytila toimitilarakentamisessa ja yhtenäisten logistiikan toimintamallien kehittäminen	
<b>Vuosi:</b> 2019	<b>Paikka:</b> Lappeenranta
Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, School of Engineering Science, Tuotantotalous. 101 sivua, 25 kuvaa, 19 taulukkoa ja 2 liitettä	
<b>Tarkastaja:</b> Professori Timo Pirttilä	
<b>Hakusanat:</b> logistiikka, rakennusala, toimitusketjun hallinta, tuottavuus	
<p>Rakennusalan tuottavuuden kehitys on ollut huono niin kansainvälisesti kuin Suomessa-kin ja yhtenä keinona sen parantamiseksi kohdeyrityksessä pidetään logistiikan hallinnan kehittämistä. Työn keskeisenä tavoitteena on selvittää kohdeyrityksen toimitilarakentamisen rakennustyömaiden logistiikan hallinnan nykytila sekä laatia yhtenäisiä toimintamalleja logistiikan hallinnan vaiheittaiseen kehittämiseen kohdeyrityksen rakennustyömailla. Lisäksi tavoitteena on selvittää logistiikan hallinnan vaikutus rakennustyömaiden tuottavuuteen ja parantaa sitä tulevaisuudessa yhtenäisten toimintamallien avulla.</p> <p>Työssä käytetään tutkimusmenetelminä sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista menetelmää, joita yhdistellään menetelmätriangulaation avulla. Haastattelu- ja kyselytutkimuksen avulla selvitetään rakennustyömaiden logistiikan hallinnan ratkaisuja. Tietoa työmaiden logistiikasta hankitaan myös kohdeyrityksen sisäisistä logistiikkaan liittyvistä materiaaleista sekä työmaavierailujen avulla. Saatuja tuloksia peilataan teoriaosuudessa laadittuun analyysikehikkoon. Tämän perusteella kootaan nykytila-analyysi rakennustyömaiden logistiikasta kohdeyrityksessä, jonka avulla laaditaan yhtenäiset portaittaiset logistiikan toimintamallit.</p> <p>Työn tuloksena havaittiin toimitilarakentamisen logistiikan hallinnan nykytilan kohdeyrityksessä olevan hyvin hajanaista ja eikä sitä ollut tunnistettu omaksi osa-alueekseen. Työssä laadittujen yhtenäisten portaittaisten toimintamallien avulla logistiikan hallintaa voidaan kuitenkin kehittää tuottavammaksi ja yhtenäisemmäksi. Niiden avulla on mahdollista tunnistaa yksittäisen rakennustyömaan nykytila ja määrittää portaittaiset toimenpiteet logistiikan hallinnan parantamiseksi. Lisäksi portaittaisten toimintamallien tueksi laadittiin erikoistumismalleja, joita voidaan käyttää hyödyksi tiettyjä erityispiirteitä sisältävien kohteiden logistiikan hallintaa parannettaessa.</p>	

## ABSTRACT

<b>Author:</b> Henry Joas	
<b>Subject:</b> Present state of the construction site logistics in construction of business premises and development of the unified operating models	
<b>Year:</b> 2019	<b>Place:</b> Lappeenranta
Master's thesis, Lappeenranta University of Technology, School of Engineering Science, Industrial Engineering and Management. 101 pages, 25 Figures, 19 tables, 2 appendices	
<b>Examiner:</b> Professor Timo Pirttilä	
<b>Key words:</b> logistics, construction industry, supply chain management, productivity	
<p>Development of the productivity rate in the construction industry has been slow in Finland as well as internationally. In the future, better logistics management could be the answer to this challenge. This study investigates the present state of the construction site logistics management and development of the unified operating models for the construction site logistics management in a pre-defined case company. In addition, the aim is to analyze the impact of the construction site logistics management to the productivity and via this analysis improve the productivity rate in the future with the unified operating models within the construction site logistics.</p> <p>In this research qualitative and quantitative research methods are used. The methods are connected with methodological triangulation. Interviews and questionnaire surveys are used to detect different kind of logistics management methods in the construction site logistics. The information about the logistics management is also gathered from the case company logistics data and construction site visits. Obtained results are compared in an analytical framework which is developed on the theoretical chapter of the research. As a result, the present state analysis is constructed concerning the logistics management in the case company and the unified operating models are created.</p> <p>Based on the research can be said that the present state of the construction site logistics in the case company is scattered and the logistics is not an independent part of the construction site management. With the unified operating models, logistics management could be developed into a more productive way. The models also give opportunity to analyze the present state of the construction site logistics and develop the methods for better logistics management. In addition, the special models for construction logistics management are created for the special features including construction sites.</p>	

## **ALKUSANAT**

Haluan kiittää työn ohjaajaani Tuukka Kankkusta sekä professori Timo Pirttilää erinomaisista neuvoista ja tuesta työn laatimisen aikana. Tämän lisäksi kiitän kaikkia muita työssä ja sen valmistumisessa tukeneita henkilöitä. Kokonaisuudessaan diplomityö oli mielenkiintoinen työtehtävä, jonka laatiminen koostui monista pienistä vaiheista.

Lappeenrannassa 14.6.2019

Henry Joas

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>KÄSITTEET .....</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>8</b>
1.1 TYÖN TAUSTA .....	8
1.2 TYÖN TAVOITTEET JA RAJAUS .....	8
1.3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS .....	10
1.4 RAPORTIN RAKENNE .....	11
<b>2 LOGISTIikka RAKENNUSALALLA .....</b>	<b>13</b>
2.1 LOGISTIikka JA TOIMITUSKETJUN HALLINTA .....	13
2.2 TUOTTAVUUS RAKENNUSALALLA .....	16
2.2.1 Tuottavuuden perusteet .....	16
2.2.2 Lean-ajatteluun perustuva logistiikka rakennusalalla .....	17
2.3 DIGITALISAATIO RAKENNUSTYÖMAAN LOGISTIIKASSA .....	20
2.3.1 Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan digitalisaatio .....	20
2.4 HANKINTA RAKENNUSTYÖMAAN LOGISTIIKAN TUKENA .....	21
2.4.1 Hankinnan vaikutus rakennustyömaan logistiikkaan .....	21
2.4.2 Logistiikan ulkoistaminen rakennusalalla .....	22
2.5 LOGISTIIKAN SUUNNITTELU .....	23
2.5.1 Strateginen, operatiivinen ja taktinen taso rakentamisen logistiikassa .....	23
2.5.2 Käytännön menetelmiä rakennustyömaiden logistiikan suunnitteluun .....	24
2.5.3 Varastointiratkaisut rakennusalan logistiikassa .....	26
2.6 LOGISTIIKAN KUSTANNUSTEN HALLINTA JA SUORITUSKYVYN MITTAAMINEN .....	29
2.7 YHTEENVETO ANALYYSIKEHIKOSTA .....	33
<b>3 RAKENNUSTYÖMAIDEN LOGISTIIKAN HALLINTA KOHDEYRITYKSESSÄ .....</b>	<b>36</b>
3.1 YRITYSESITTELY .....	36
3.2 RAKENNUSTYÖMAIDEN LOGISTIIKAN NYKYTILAN KARTOITTAMINEN .....	36
3.2.1 Lean-ajatteluun pohjautuva logistiikan hallinta kohdeyrityksen rakennustyömailla .....	39
3.2.2 Digitalisaatio kohdeyrityksen rakennustyömaiden logistiikan hallinnassa .....	43
3.2.3 Hankinta kohdeyrityksen rakennustyömaiden logistiikassa .....	44
3.2.4 Logistiikan suunnittelu kohdeyrityksen rakennustyömailla .....	47
3.2.5 Logistiikan varastointiratkaisut kohdeyrityksen rakennustyömailla .....	52
3.2.6 Logistiikan suorituskyvyn mittaaminen ja kustannusten hallinta kohdeyrityksen rakennustyömailla .....	57
3.3 HAVAINNOT LOGISTIIKAN HALLINNASTA TYÖMAAKÄYNTIEN JA LOGISTIIKKATILASTOJEN PERUSTEELLA .....	60
3.4 YHTEENVETO LOGISTIIKAN NYKYTILASTA KOHDEYRITYKSEN RAKENNUSTYÖMAILLA .....	62

<b>4</b>	<b>RAKENNUSTYÖMAIDEN LOGISTIIKAN TOIMINTAMALLIEN KEHITTÄMINEN KOHDEYRITYKSESSÄ.....</b>	<b>65</b>
4.1	LOGISTIIKAN TOIMINTAMALLIEN TASOJEN LAATIMINEN KOHDEYRITYKSESSÄ.....	65
4.1.1	<i>Taso 0 - Perinteinen toimintamalli.....</i>	68
4.1.2	<i>Taso 1 - Perustoimintamalli.....</i>	70
4.1.3	<i>Taso 2 - Kehittyneempi toimintamalli.....</i>	73
4.1.4	<i>Taso 3 - Kehittynein toimintamalli.....</i>	76
4.1.5	<i>Logistiikan toimintamallien tasojen riskit.....</i>	79
4.1.6	<i>Logistiikan toimintamallien tasojen kustannus- ja tuottavuusvaikutukset.....</i>	81
4.2	LOGISTIIKAN ERIKOISTUMISMALLIEN LAATIMINEN KOHDEYRITYKSESSÄ.....	81
4.2.1	<i>Erikoistumismalli 1.....</i>	82
4.2.2	<i>Erikoistumismalli 2.....</i>	86
4.3	LAADITTUJEN LOGISTIIKAN TOIMINTAMALLIEN ARVIOINTI KOHDEYRITYKSESSÄ...	89
<b>5</b>	<b>YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>91</b>
5.1	YHTEENVETO .....	91
5.2	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	92
5.2.1	<i>Logistiikan nykytila kohdeyrityksessä .....</i>	92
5.2.2	<i>Toimintamallien vaikutus rakennustyömaiden logistiikan hallintaan.....</i>	94
5.3	JATKOTUTKIMUS .....	96
	<b>LÄHDELUETTELO .....</b>	<b>97</b>
	<b>LIITTEET .....</b>	<b>102</b>

## KÄSITTEET

3PL	<i>Third Party Logistics</i> Kolmannelle osapuolelle ulkoistettu logistiikan hallinta
BIM	<i>Building Information Modeling</i> Rakennusalalla käytetty sähköinen tietomalli, jossa suunnitelmat esitetään kolmiulotteisena
ETO	<i>Engineer-To-Order</i> Asiakkaan tilauksen pohjalta valmistettuja tuotteita
ICT	<i>Information and Communication Technology</i> Lyhenne tieto- ja viestintäteknikasta
JIT	<i>Just-In-Time</i> Toimintamalli ja ajattelutapa materiaalitoimituksien järjestämisestä juuri oikeaan aikaan käyttökohteeseen
Logistiikkapäällikkö	<i>Construction Logistics Manager</i> Rakennusalalla logistiikan ja toimitusketjun hallinnasta vastaava henkilö
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> Radiotaajuuksiin perustuva tuotteiden etätunnistus menetelmä
Toimintolaskenta	<i>Activity Based Costing, ABC</i> Kustannusten laskentamenetelmä yrityksen eri toiminnoista
TPS	<i>Toyota Production System</i> Toyotan autotehtaiden alun perin kehittämä ja käyttöönottama tuotannonohjausjärjestelmä
VMI-varastointi	<i>Vendor Managed inventory</i> Toimittajan hallinnoima asiakkaan varasto
Välivarasto	<i>Construction Consolidation Center</i> Rakennusalalla käytetty varastointitila, jossa voidaan muun muassa yhdistellä materiaalkuormia ja tehdä osien esivalmistusta
Toimitusketjun hallinta	<i>Supply Chain Management</i> Koko toimitusketjun kattavaa strategisen tason päätöksenteko, joka käsittelee esimerkiksi toimittajasuhteita.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Tämän diplomityön taustalla on rakennusalan huono tuottavuuden kehitys. Rakennusala on yksi maailman suurimpia toimialoja ja se muodostaa 13 prosenttia koko maailman bruttokansantuotteesta. Alan tuottavuuden kasvu on kuitenkin ollut heikkoa. Viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana vuosittainen tuottavuuden kehitys on ollut vain yhden prosentin luokkaa maailmanlaajuisesti. (Barbosa et al., 2017a, s.1-3)

Tuottavuuden kehityksen hitaalle kasvulle on monia syitä, joista yhtenä pidetään huonoa toimitusketjun hallintaa. Parantamalla koko toimitusketjun hallintaa, voidaan nostaa myös koko rakennusalan tuottavuutta. Toimitusketjun hallinta kytkeytyy osaksi työmaiden parempaa logistiikkaa. Sen avulla mahdollistetaan hallitummat toimitukset ja parempi tuottavuus. (Barbosa et al, 2017a, s.7-10) Lisäksi hankinnan tehostaminen digitalisaation avulla ja pidempi aikaisten kumppanuussuhteiden kehittäminen parantaa logistiikan hallintaa. (Barbosa et al, 2017b)

Myös Suomessa ja kohdeyrityksessä on tunnistettu rakennusalan huono tuottavuuden kehitys. Kohdeyrityksen strategisena tavoitteena on kehittää työmaidensa tuottavuutta kaikilla rakentamisen osa-alueilla. Yhtenä syynä heikkoon tuottavuuden kehitykseen on yrityksessä pidetty rakennustyömaiden logistiikkaa. Näin ollen logistiikan ja toimitusketjun hallinnan tutkiminen sekä kehittäminen on tärkeää yrityksen strategisten tavoitteiden saavuttamiseksi tulevaisuudessa.

## 1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksen keskeisenä tavoitteena on selvittää logistiikan nykytila kohdeyrityksen toimintarakentamisessa ja laatia portaittaisia toimintamalleja logistiikan hallinnan vaiheittaiseen kehittämiseen rakennustyömailla. Työssä laadittavissa toimintamalleissa huomioidaan myös niiden vaikutus tuottavuuteen sekä tunnistetaan rakennuskohteiden eroavaisuuksia ja kehitetään vaihtoehtoisia ratkaisuja erilaisiin kokoluokkiin sekä toimintaympäristöihin.

Tavoitteiden pohjalta työn tutkimuskysymyksiä ovat:

1. Millaisia keinoja kirjallisuudessa on havaittu tuottavuuden parantamiseen rakennus-alalla logistiikan hallinnan avulla?



2. Mikä on logistiikan nykytila kohdeyrityksen toimitilarakentamisen rakennustyömailla?
3. Miten kohdeyrityksessä pystyttäisiin vaiheittaisesti kehittämään logistiikan hallintaa yhtenäisten portaittaisten toimintamallien avulla?

Työ rajataan käsittelemään ainoastaan rakennustyömaiden logistiikkaa ja toimitusketjun hallintaa kohdeyrityksen toimitilarakentamisessa pääurakoitsijan näkökulmasta. Rakennustyömaan logistiikka rajataan työmaan tulo-, sisä-, ja lähtölogistiikkaan. Tulologistiikassa käsitellään erilaisia kuljetusratkaisuiden, seurantajärjestelmien sekä mahdollisten välivarastojen hyödyntämistä työmaakuljetuksiin. Sisälogistiikassa käsitellään erilaisia varastointivaihtoehtoja työmaan alueella. Siinä perehdytään myös keinoihin vähentää työmaalla tehtyjä tuotteiden sisäisiä siirtoja ja tutkitaan mahdollisuuksia materiaalien paikkaseurantaan. Työssä käsitellään lähtölogistiikan osana esimerkiksi tuotteiden paluulogistiikkaa ja jätehuoltoa. Lisäksi perehdytään mahdolliseen logistiikan ulkoistamiseen sekä logistiikka-aliurakoitsijan käyttöön rakennustyömailla ja siitä saataviin hyötyihin rakennustyömaan logistiikan hallinnan kokonaisuudessa. Logistiikkaan vaikuttaviin asioihin huomioidaan yleisellä tasolla myös strategisen ja taktisen tason päätökset, kuten aluekehityshankkeiden vaikutukset rakennustyömaan logistiikan suunnitteluun. Työssä käsitellään myös Lean-ajattelun hyödyntämistä logistiikan hallinnan kehittämisen taustalla sekä logistiikan suorituskyvyn mittausta kehittämisen tukena.

Hankintatoimen aiheuttamat vaikutukset logistiikkaan tunnistetaan työssä, mutta niiden käsittelyssä keskitytään ainoastaan yksittäisten rakennustyömaiden hankintatoiminnan vaikutuksiin. Niihin huomioidaan muun muassa yksittäisen rakennustyömaan hankintaorganisaation vaikutukset tuotteiden materiaalivirtojen hallintaan. Kohdeyrityksen konsernitason vaikutuksia logistiikkaan ei huomioida, joten esimerkiksi vuosisopimuksiin ja niiden toimittajavalintoihin ei työssä oteta kantaa.

Tutkimuksen ulkopuolelle rajataan myös kohdeyrityksen aliurakoitsijoiden ja tavarantoimittajien välinen logistiikan hallinta. Kyseisen asian käsittely ei ole oleellista, koska kohdeyrityksellä ei ole mahdollisuutta suoraan vaikuttaa urakoitsijoidensa tai tavarantoimittajien materiaalilogistiikkaan kuin rakennustyömaan kuljetusten osalta. Työssä ei myöskään käsitellä logistiikan vaikutuksia ympäristön ja kiertotalouden näkökulmista rakennusalaalla, kuin pääpiirteissään.

### 1.3 Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksessa tutkimusmenetelmäksi voidaan valita kvalitatiivinen tai kvantitatiivinen lähestymistapa. Menetelmien valintaan vaikuttaa tutkittavan ilmiön luonne. (Uusitalo et al. 1991, s.79) Kvalitatiivisen eli laadullisen tutkimuksen tavoitteena on tuottaa tietoa, jonka perusteella ilmiö tai tutkittava asia voidaan ymmärtää. Määrällisen eli kvantitatiivisen tutkimuksen avulla tavoitellaan numeraalista tietoa. (Vilkkä et al., 2005, s.49; Uusitalo et al., 1991, s.79-80). Lisäksi on mahdollista käyttää triangulaatiomenetelmää, jolla yhdistetään esimerkiksi menetelmätriangulaation avulla kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen tutkimustapa. (Eskola et al., 1998, s. 69-71)

Tässä työssä käytetään kvalitatiivista sekä kvantitatiivista tutkimustapaa, joita yhdistellään menetelmätriangulaation avulla. Pääpainona työssä ovat kvalitatiiviset menetelmät. Aineistoa hankitaan luomalla analyysikehikko aiheesta saatavan teoriatiedon avulla. Analyysikehikon muodostamiseen käytetään aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, tieteellisiä artikkeleita sekä tarkkaan valittuja internetlähteitä.

Nykytila-analyysi muodostetaan haastattelemalla yrityksen uudis- ja korjausrakentamisen toimitilakohteiden toimihenkilöitä logistiikkaan liittyen. Lisäksi toteutetaan kyselytutkimus yrityksen toimitilarakentamisen työmaatoimihenkilöille. Kyselytutkimuksen avulla hankitaan yleiskuva logistiikan hallinnasta kohdeyrityksen toimitilarakentamisessa ja haastattelu-tutkimuksen avulla tarkennetaan tietoja logistiikan hallinnasta yksittäisillä rakennustyömailla. Tietoa työmaiden logistiikasta hankitaan myös kohdeyrityksen sisäisistä logistiikkaan liittyvistä materiaaleista sekä työmaavierailujen avulla. Haastatteluista, kyselytutkimuksesta ja kohdeyrityksen sisäisistä materiaalista saatuja tietoja peilataan työssä laadittuun analyysikehikkoon.

Nykytila-analyysin perusteella tunnistetaan logistiikan toiminnan tasoja, joiden avulla laaditaan portaittaiset toimintamallit rakennustyömaiden hyödynnettäväksi logistiikan vaiheittaista kehittämistä varten. Tämän lisäksi kehitetään myös erikoistumismalleja tiettyjä erityispiirteitä omaaviin kohteisiin, jotka ovat suunniteltu tukemaan rakennustyömaiden logistiikkaa erikoistilanteissa. Laadittuja toimintamalleja ei diplomityöprojektin aikana ehditä pilitoimaan, koska sopivaa rakennuskohdetta ei aloiteta kohdeyrityksessä diplomityöprosessin aikana. Laadittujen toimintamallien käytettävyyttä kuitenkin validoidaan arvioittamalla uusia toimintamalleja erikseen valituilla kohdeyrityksen toimihenkilöillä.

## 1.4 Raportin rakenne

Diplomityö jakautuu viiteen päälukuun. Ensimmäinen luku on johdanto, jossa esitellään työn tavoitteet, rakenne, rajaukset ja käytettävät tutkimusmenetelmät. Luvun yksi avulla hahmotellaan työn kokonaistoteutus keräämällä taustatietoja aiheen ajankohtaisuudesta kansainvälisesti ja kohdeyrityksessä.

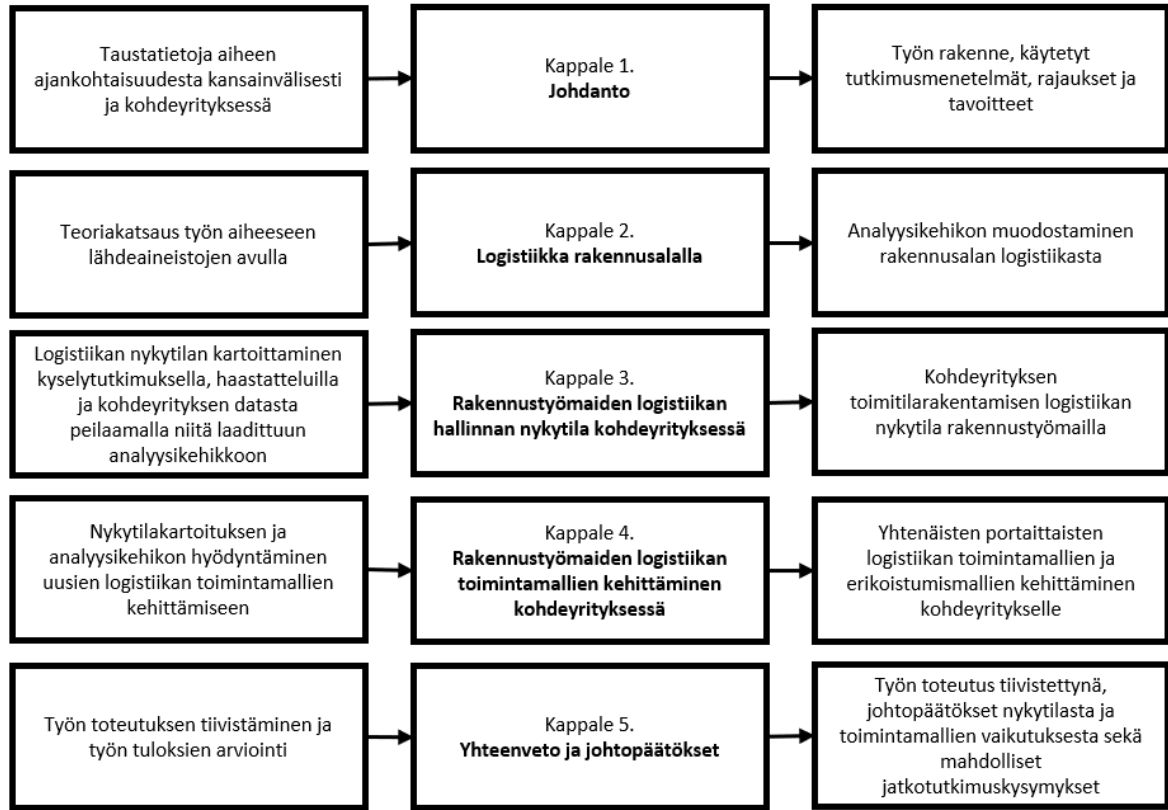
Työ jakaantuu teoreettiseen- ja empiiriseen osuuteen. Luku kaksi muodostaa työn teoriaosuuden. Siinä käsitellään logistiikkaa ja toimitusketjun hallintaa rakennusosalalla sekä logistiikan käsitteitä yleisesti. Luvun kaksi tarkoituksena on esitellä laajemmin käytössä olevia teoreettisia perusteita logistiikan hallinnalle sekä huomioida sen yleisiä periaatteita rakennusalan logistiikan tukena. Lisäksi luvussa perehdytään logistiikan käytäntöihin rakennustyömaille. Siinä esitellään erilaisia käytännön sovellutuksia työmaille esimerkiksi varastonhallintaan sekä suorituskyvyn mittaamiseen. Tavoitteena on vastata ensimmäiseen tutkimuskysymykseen ja tuottaa seuraavien lukujen tueksi analyysikehikko rakennustyömaiden logistiikan kehittämistä ja tuottavuuden parantamista varten. Tämän avulla mahdollistetaan osittain myös nykytilan kartoittaminen seuraavassa luvussa.

Luvut kolme ja neljä sisältävät työn empiirisen eli käytännön osuuden. Luvussa kolme perehdytään saatuihin haastattelu- ja kyselytutkimuksen tuloksiin, joita peilataan laadittuun analyysikehikkoon. Lisäksi tarkastellaan kohdeyrityksen logistiikan nykytilaa yksittäiseltä rakennustyömaalta saadun logistiikkadatan ja logistiikkakustannusten muodossa sekä työmaakäyntien havaintojen avulla. Tarkasteluiden avulla muodostetaan analyysi kohdeyrityksen logistiikan nykytilasta. Tavoitteena on luvun avulla vastata toiseen tutkimuskysymykseen.

Luvussa neljä kehitetään portaittaisia toimintamalleja kohdeyrityksen toimitilarakentamisen rakennustyömaiden logistiikan hallinnan vaiheittaiseen kehittämiseen. Lisäksi luodaan erikoistumismalleja tiettyjä erityispiirteitä omaavien rakennustyömaiden logistiikan hallintaan. Toimintamallit muodostetaan aikaisemmissa luvuissa laaditun analyysikehikon ja kohdeyrityksen toimitilarakentamisen rakennustyömaiden nykytila-analyysin pohjalta. Uudet yhteinäiset portaittaiset toimintamallit muodostavat vastauksen kolmanteen tutkimuskysymykseen. Lisäksi ne luovat osittain edellytykset työn yhteenvedon ja johtopäätöksien kokonaisuuden tiivistämisen luvussa viisi.

Luvussa viisi tehdään yhteenvedo ja johtopäätökset työn tuloksista. Tässä luvussa tiivistetään työn toteutus ja esitellään työn avulla laaditut johtopäätökset. Lisäksi käsitellään ehdotukset

mahdollisista tulevaisuuden jatkotutkimuskysymyksistä. Kokonaisuudessaan työn toteutus on tiivistetty kuvassa 1 esitettyyn input-output-kaavioon. Se esittelee yksinkertaistetusti kuhunkin lukuun tarvittavat perusteet sekä sen tuottamat aineistot seuraavan luvun tueksi.



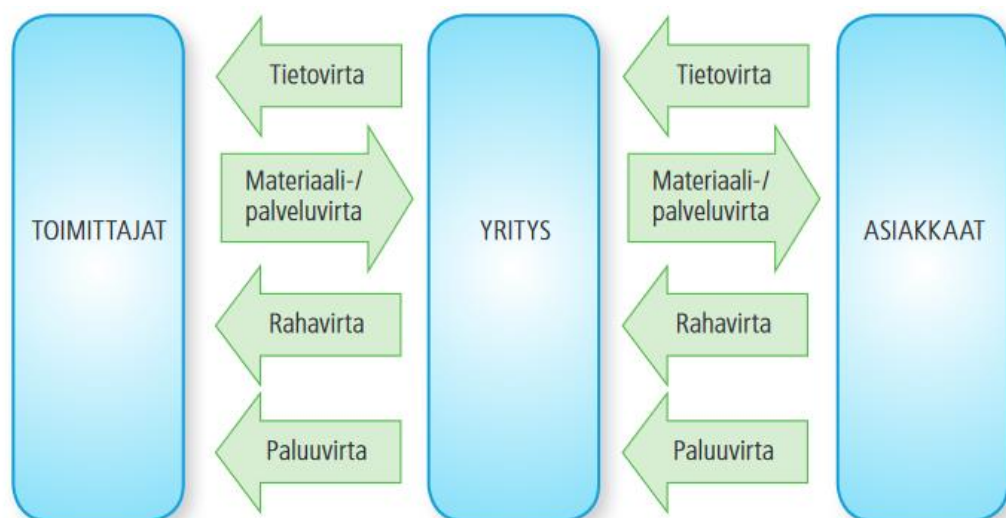
Kuva 1. Input-Output kaavio työn rakenteesta

## 2 LOGISTIIKKA RAKENNUSALALLA

Rakennustyömaiden logistiikka on haastava kokonaisuus, jonka hallintaan vaikuttaa rakentamisen projektiluontoisuus. Projektitoiminnassa yksittäinen projekti on usein uniikki ja sille muodostetaan omat toimintamallit. Rakentamisen aikana työmaa muuttuu nopeasti ja toimintaperiaatteita kehitetään usein vain yhtä kohdetta varten. Lisäksi rakennusalalla käytetään paljon aliurakoitsijoita. Täten toimitusketju jakautuu pieniin paloihin, jossa tiettyyn työvaiheeseen erikoistunut urakoitsija suorittaa työn. Tämä vaikeuttaa toimitusketjun hallintaa. Rakennustyömaiden logistiikassa haasteena on usein myös kohteiden sijainti. Useimmiten rakennuskohteet sijaitsevat tiiviisti rakennetussa ympäristössä ja vaativat aina kohdekohtaisia erityistoimenpiteitä. (Lundesjö, G., 2015, s.1-3)

### 2.1 Logistiikka ja toimitusketjun hallinta

Logistiikalla tarkoitetaan yleisesti toimintoja, jotka ovat vastuussa materiaalien kuljetuksesta ja varastoinnista. Näiden toimintojen avulla tuetaan yrityksen asiakaslähtöistä toimintaa. (Waters, D., 2009, s.4-5). Lisäksi logistiikkaan mielletään myös palveluun tai tuotteen liittyvät rahan ja tiedon hallinta. Tavoitteena on tyydyttää asiakkaiden tarpeet. Kuvassa 2 on havainnollistettu materiaalien, rahan ja tiedon hallintaa logistiikassa. Lopulta määritelmä logistiikasta ei ole täysin yksiselitteinen, vaan siitä on olemassa monia hieman toisistaan poikkeavia näkemyksiä. (Ritvanen et al., 2011, s. 20-24).



Kuva 2. logistiikan materiaali- tieto- raha- ja paluuvirtoja (Ritvanen et al., 2011, s.22)

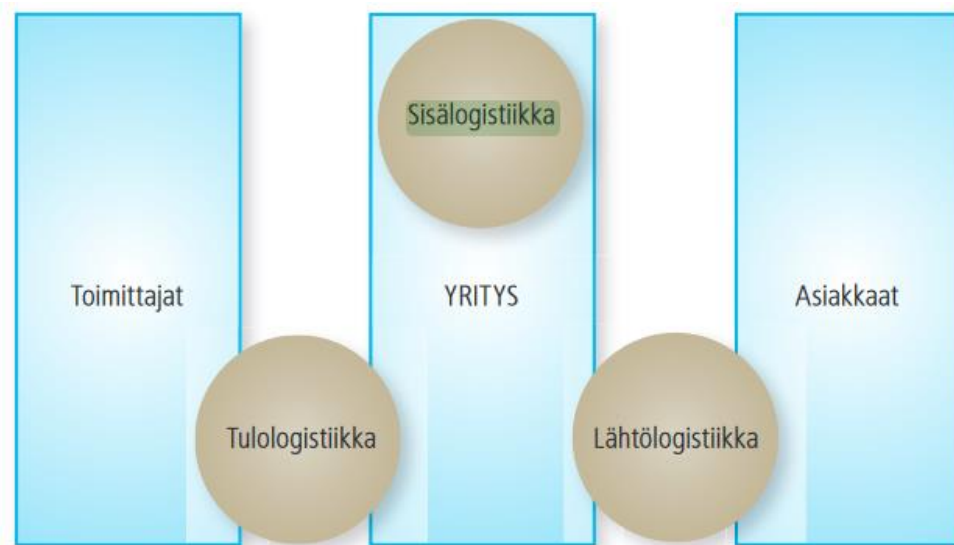
Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan termejä verrataan usein toisiinsa. Logistiikka kuitenkin voidaan mieltää lähtökohtana toimitusketjun hallinnalle. Toimitusketjun hallinnalla

tarkoitetaan koko toimitusketjun kattavaa strategisen tason päätöksentekoa, joka käsittelee esimerkiksi toimittajasuhteita. (Ritvanen et al., 2011, s. 20-22) Siinä yritykset toimivat verkostoissa, jotka muodostavat toimitusketjuja. Nämä sisältävät useita eri yrityksiä ja logistiikkatoimintoja. Niiden avulla valmistetaan haluttu lopputuote mahdollisimman tehokkaasti hallinnoidusta toimitusketjusta. (Waters, D., 2009, s.8-9)

Yleisesti teollisuudenaloilla logistiikassa korostetaan materiaalien kuljettamista oikeaan aikaan ja paikkaan, ehjänä sekä mahdollisimman pienin kustannuksin. Rakennustyömaiden logistiikkaan mielletään kuitenkin lähes kaikki toimenpiteet, jotka tukevat varsinaista rakentamista, kuten esimerkiksi työturvallisuus, siivous ja sosiaalityöjen ylläpito. (Lundesjö. G., 2015, s.2-4)

Rakennusalan hieman poikkeava näkemys aiheuttaa usein epäselvää työnjakoa eri toimijoiden välillä. Toimialalla ei pystytä selkeästi määrittelemään kenen vastuulla on varsinainen logistiikka ja toimitusketjun hallinta. Tästä seuraa toiminnan pirstoutumista, joka johtaa esimerkiksi työntekijöiden huonoon tuottavuuteen. Tarvittavia resursseja ei ole saatavilla oikeaan aikaan, eikä oikeassa paikassa, jonka lisäksi kustannukset nousevat. Laadukkaalla logistiikan hallinnalla voidaan vaikuttaa rakennusprojektin onnistuneeseen toteutukseen. (Lundesjö. G., 2015, s.1-4; 65-66)

Logistiikka yrityksen sisällä on eroteltuna tulo-, sisä- ja lähtölogistiikan. Nämä on havainnollistettu kuvassa 3. Tulologistiikan vaiheita ovat tavaroiden vastaanotto, tarkastukset, purkaminen sekä sijoittelu varastoon. (Ritvanen et al., 2011, s. 20-21) Rakennusosalalla tulologistiikkaan mielletään toimittajien tuotteiden käsittelyt sekä toimitukset työmaalle (Wegelius et al., 1996, s.7)



Kuva 3. Tulo-, sisä- ja lähtölogistiikka yrityksessä (Ritvanen et al., 2011, s.21)

Sisälogistiikka käsittää materiaalien hallinnan oman organisaation sisällä. Siihen kuuluu esimerkiksi tuotteiden valmistus ja materiaalien siirrot. (Ritvanen et al., 2011, s. 20-21) Rakennusosalalla sisälogistiikkaan määritellään kuorman purkaminen työmaalla, varsinaiset asennustyöt sekä jätteiden lajittelu jäteastioihin. (Wegelius et al., 1996, s.7)

Lähtölogistiikkaan kuuluvat yleisesti muun muassa tuotteiden pakkaaminen, siirrot sekä mahdolliset tuotteiden lähetykset eteenpäin tai palautettavaksi. (Ritvanen et al., 2011, s. 20-21) Rakennusosalalla lähtölogistiikka on kuitenkin hieman poikkeava, koska varsinaista tuotetta ei lähetetä valmistamisen jälkeen mihinkään. Rakennus jää paikalleen ja luovutetaan asiakkaalle, joka mielletään tuotteen toimittamiseksi. Lähtölogistiikan yhteydessä jätteet ja hukkamateriaalit ovat ainoita rakennustyömaalta poistuvia materiaaleja. (Wegelius et al., 1996, s.7)

Aina materiaalien ja tarvikkeiden käyttö toimintaympäristössä ei ole sellaista kuin oletetaan. Näin ollen myös palautuksien hallintaan logistiikassa on syytä kiinnittää huomioita. Ne voivat sisältää esimerkiksi materiaalien palautuksia tuotteiden laatuongelmien takia tai lähettämistä kierrätykseen (Scott et al., 2011, s.4; Waters, D. 2009. s. 20-21). Palautuksien hallintaan on olemassa erilaisia toimintamalleja. Suljetun kierron mallissa materiaalien toimituksen ja palautuksen prosessista huolehtii sama toimittaja. Tällainen malli mahdollistaa asiakkaalle kattavan palvelun ja toimittaja saa pidettyä tuotteet omassa hallinnassaan. (Scott et al., 2011, s.101-102)

Avoimen kierron mallissa palautukset on ulkoistettu kolmannen osapuolen hallintaan. Siinä toimittajat eivät itse huolehdi tuotteiden palautuksesta. Logistiikkapalvelun tuottajat huolehtivat palautukset toimittajayrityksien kustannuksella. (Scott et al., 2011, s. 102)

Yksi palautusmalleista perustuu itsenäisiin logistiikkatoimijoihin, jotka ovat yleensä jätehuoltoyrityksiä. Ne vastaanottavat palautettavan materiaalin ja hoitavat materiaalien palautuksen omien periaatteidensa mukaisesti. Pääsääntöisesti nämä toimijat kierrättävät materiaalin ja myyvät sen jätteenä. (Scott et al., 2011, s. 102)

Jätehuollon onnistumisen lähtökohtana on hyvin hoidettu ja suunniteltu logistiikka. Hyvällä logistiikan suunnittelulla ja toteutuksella saadaan kustannustehokkuutta jätehuollon ylimääräisten vaiheiden vähentyessä. Suomessa rakennustyömaan pääurakoitsijalla on velvollisuus pitää kirjaa rakennusjätteiden määrästä. (RT 69-11183, 2015, s.3-4) Lisäksi toimivalla jätehuollolla vaikutetaan rakennustyömaiden ympäristöasioista huolehtimisesta syntyvään yleiseen mielikuvaan parantamalla jätteiden kierrätyksen prosessia työmailla. (Li, R., 2015, s.2-4)

Tuotteiden palautuksien hallinta aiheuttaa ongelmia kaikilla toimialoilla, koska se on monimutkaista. Lisäksi toiminnasta saadut tuotot ovat yleensä huonokatteisia. Kuitenkin kasvava ympäristöasioiden huomiointi on nostanut palautuksien merkitystä ja tuotteiden uusiokäyttöön on alettu panostamaan. Lisäksi erilaiset lait ja asetukset ohjaavat palautuksien hallintaa merkityksellisemmäksi. Usein toimittajille palautettavat tuotteet ovat arvoltaan suuria ja helposti kuljetettavia. Rakennusalalla tällaisia ovat esimerkiksi ylimääräiseksi jääneet puut tai muut raskaat rakennusmateriaalit, jotka ovat helposti kuljetettavissa. (Scott et al., 2011, s. 104)

## **2.2 Tuottavuus rakennusalalla**

### **2.2.1 Tuottavuuden perusteet**

Tuottavuus on käsitteenä monimutkainen ja sille on olemassa useita toisistaan poikkeavia määritelmiä. Tämä aiheuttaa monesti ongelmia aiheen käsittelyyn. Tuottavuus voidaan kuitenkin luokitella makro- ja mikrotasolle. Makrotaso sisältää kansainvälisen, kansallisen ja teollisuuden tasot. Mikrotasolla tuottavuuteen kuuluu kaikki yritystason asiat. Makrotasolla tuottavuudesta on kiinnostunut erityisesti taloustieteilijät, mutta mikrotasolla tuotantotalouden asiantuntijat. Yritystasolla yhtiöiden johtajat ovat kiinnostuneita tuottavuuden kehityksestä, koska se vaikuttaa varsinkin yritysten suorituskykyyn. (Hannula, M., 1998, s. 9, 26-27)



Makro- ja mikrotasolla tuottavuuden määrittelyyn käytetään erilaisia keinoja. Mittarit, jotka soveltuvat makro tason mittaamiseen eivät välttämättä toimi mikro tasolla. Esimerkiksi mikro tasolla työtunnissa aikaan saatu fyysinen tuotos on toimiva mittari tuotannonhallintaan. Se ei kuitenkaan toimi pidemmän tähtäimen strategisessa suunnittelussa. Makrotasolla mittari työntekijöiden määrän suhteesta arvontuottoon olisi huomattavasti toimivampi ratkaisu tuottavuuden analysointiin. (Hannula, M., 1998, s. 26-29)

Tuottavuutta voidaan lähestyä tuottavuussuureena. Tuottavuudella tarkoitetaan tässä tapauksessa tuotosten ja panosten välistä suhdetta. Tuotoksella kuvataan palveluiden ja tuotteiden määrää sekä laatua. Panoksella kuvataan asetettujen panosten laatua ja määrää. Laskenta-kaava on esitetty kaavassa 1. (Koskenvesa, 2011, s. 138-139)

$$Tuottavuus = \frac{Tuotos}{Panos} \quad (1)$$

Tuottavuutta voidaan mitata osatuottavuuden mittareilla. Esimerkiksi työn tuottavuutta voidaan mitata selvittämällä, kuinka paljon tuotteita työntekijä tuottaa määrättyssä ajassa. Tuottavuutta tarkasteltaessa on muistettava, ettei se ole sama asia kuin kannattavuus. Kannattavuus liittyy läheisesti tuottavuuteen, mutta se kuvaa tuotteesta saatavaa taloudellista hyötyä. Se huomioi tuotteiden myynti ja ostohinnat kertoen tuotannosta saadun voiton. Rakennustyömailla mitataan usein enemmän toiminnan kannattavuutta kuin tuottavuutta. Yritysten ja niiden työmaiden tuotannon kilpailukykyyn vaikuttaa kuitenkin merkittävästi tuottavuus, joka nostaa huomattavasti yrityksen kilpailuetua suhteessa muihin saman alan yrityksiin. (Koskenvesa, 2011, s. 138-139) Tuottavuutta voidaan rakennusalan logistiikassa nostaa muun muassa parantamalla työmaiden logistiikan hallintaa kokonaisuudessaan. (Sundquist et al., 2017, s.51)

### **2.2.2 Lean-ajatteluun perustuva logistiikka rakennusalalla**

Lean-ajattelu on tuotannonjohtamisfilosofia, joka muodostuu kaikkien tuotannon osa-alueiden kehittämisen ympärille. (Womack et al. 1991) Alun perin Lean-ajattelu on lähtöisin TPS-järjestelmästä eli Toyotan omasta autoteollisuuden tuotantojärjestelmästä. Leanin avulla pystytään kehittämään tuotannon laatua, alentamaan kustannuksia, vähentämään läpimenoaikoja ja parantamaan turvallisuutta. (Shang et al., 2014, s 27 – 30)

Rakennusalalla Lean-ajattelua voidaan hyödyntää alan toiminnan kehittämiseksi. Tuotannon periaatteet ovat rakennusalalla hieman erilaisia kuin perinteisessä valmistavassa teollisuudessa ja menetelmät vaativat soveltamista. Eroa aiheuttaa esimerkiksi rakennustyömaan

aikana jatkuvasti muuttuva työmaaympäristö. Parhaiten Lean-tuotanto soveltuu perinteiseen asuntorakentamiseen, mutta sitä voidaan hyödyntää myös muissa rakentamisen osa-alueissa, kuten toimitilarakentamisessa. (Shang et al., 2014, s 37 – 39)

Lean-tuotannossa on viisi tärkeää osa-aluetta, jotka ovat tuotannon virtausperiaate, organisaation hallinta, prosessien valvonta, mittaus ja logistiikka. Tuotannon virtausperiaatteiden toteuttamisen tukena voidaan käyttää esimerkiksi tahtiaikataulua. Organisaation hallinnan avulla tavoitellaan selkeitä tehtäväkuvauksia ja ihmisten välistä kanssakäymistä. Niiden kehittämiseen voidaan hyödyntää erilaisia koulutuksia sekä suunnitelmia yrityksen henkilöstön välisien suhteiden ylläpidosta. Prosessien valvonnassa tavoitellaan toiminnan parantamista keräämällä tietoa tuotannosta ja kehittämällä entistä parempia prosesseja. Keinona on esimerkiksi prosessin visuaalinen tarkastelu tuotannossa. (Feld. W., 2001, s.4-6)

Mittauksen avulla saadaan tuotettua prosesseista dataa, joiden avulla niitä voidaan parantaa. Toimivampiin prosesseihin liittyy oleellisesti tuotteiden toimittaminen ajallaan. Tämän mahdollistaa esimerkiksi toiminta JIT-periaatteella. Menetelmässä tuotteet toimitetaan paikalle juuri oikeaan aikaan, joka vähentää prosessista turhia työvaiheita. (Feld. W., 2001, s.4-6; Lai et al., 2009, s.12-13) Menetelmän noudattaminen vaatii paljon logistiikan suunnittelulta ja tuotannon aikataulutamiselta. Tarkka tuotannosuunnittelu mahdollistaa JIT-perusteella tehdyt toimitukset perinteisiä toimintamalleja paremmin. Esimerkiksi tahtiaikataulun periaatteet lisäävät mahdollisuutta logistiikan toimitusten onnistumiseen. (Shang et al., 2014, s 27 – 30; Haapasalo et al., 2018, s.37)

Logistiikka mahdollistaa Lean-ajattelun virtausperiaatteen käytön ja materiaalien paremman hallinnan. (Feld. W., 2001, s.4-6) Tahtiaikataulu tuotantoa toimii tukena logistiikan hallinnalle. Rakentamisessa tahtiaikataulun periaatetta voidaan soveltaa jakamalla rakennustyömaa tietyn kokoiisiin lohkoihin, joiden avulla tahtiaikataulu voidaan suunnitella. Tämän perusteella kaikki työvaiheet tasataan samaan tahtiaikaan ja saadaan ennustettava tuotanto. Näin ollen myös kaikki logistiikan materiaalitoimitukset on helpompi ajoittaa, koska tuotannon tahti on tasainen. (Frandsen et al., 2013, s. 528-531)

Lean-ajattelun pääperiaatteita ylläpitämällä voidaan tehdä laadukasta ja tehokasta tuotantoa. Prosessissa syntynyt hukka on mahdollisimman vähäinen ja työntekijöiden yhteistyö toimii (Shang et al., 2014, s 27 – 30). Lisäksi on muistettava, että Lean-ajattelun hyödyt muodostuvat kaikkien osa-alueiden tehokkaasta yhteistoiminnasta. Näin ollen esimerkiksi

logistiikkaa ei voida tarkastella yksittäisenä osa-alueena Lean-tuotannossa, mutta se kuitenkin on tärkeä vaikuttaja kokonaisuuteen. (Feld. W, 2001, s.4-5)

Lean-ajattelulla ja esimerkiksi tahtiaikataulut tuotannolla on todettu olevan vaikutusta myös tuottavuuteen muillakin toimialoilla. Laivanrakennuksessa hyttien korjauksen tuottavuutta on nostettu 380 prosenttia lähtötilanteesta, suomalaisessa laivanrakennusyhtiössä. Tuottavuuden kehityksessä myös logistiikalla on ollut merkittävä osa. JIT-periaatteella tehdyt toimitukset ja materiaalien pakkaaminen kokonaisuuksiksi on tehostanut toimintaa. (Heinonen et al., 2016, s. 23-26)

Rakentamisen teollistuminen edellyttää toimivampia prosesseja ja tarkempia määritelmiä kuin rakentamisessa on totuttu. Tämä johtaa rakentamisessa standardointiin ja esivalmistukseen, jolla pystytään tuottamaan valmiita rakennusosia. Standardoitujen prosessien käyttö on mahdollista, kun esivalmistetut osat selkeyttävät tuotantoa ja tekevät siitä teollisempaa kuin perinteinen rakentaminen. (Aapaoja et al., 2015, s.110)

Standardointi ja esivalmistus liittyy läheisesti myös Lean-ajatteluun. Tällä hetkellä kyseiset menetelmät nähdään rakennusalalla lupaavana keinona kehittää tuottavuutta ja vähentää hukkaa. (Aapaoja et al., 2015, s.110-111) Lisäksi sillä on vaikutusta myös logistiikkaan, kun logistiikkaketjut tehostuvat esimerkiksi paremman etukäteissuunnittelun avulla. (Peltokorpi et al., 2018, s.2)

Last Planner- menetelmä on yksi tuotannosuunnittelun Lean-pohjaisista menetelmistä rakennusalalla. Mallissa tavoitellaan viikkosuunnittelua, jossa taataan aloitusedellytykset jokaiselle tehtävälle. Pienimmätkin tehtävät huomioidaan, jotta tuotanto saadaan etenemään tehokkaasti. (Koskenvesa et al., 2017, s. 105-106) Käytännössä rakentamisen perinteisessä mallissa jokaista tehtävää tarkastellaan yleisaikataulun osana. Aikataulun suunnittelussa ei huomioida yksittäiseen tehtävään viikkotasolla vaikuttavia muita osa-alueita. Last Planner-menetelmän avulla tehtävästä vastaavan henkilön tulee kuitenkin tarkastaa, että kaikki aloitusedellytykset työlle on täyttymässä. Esimerkiksi materiaalin ja kaluston saatavuus on varmistettu. Lisäksi on tarkastettu työn toteutukseen liittyvien muiden tehtävien valmistuminen työmaalla. Näin ollen myös logistiikasta saadaan tuottavampaa, koska materiaaleja ei kuljeteta työkohteisiin ennen kuin aloitusedellytykset ovat kunnossa. (Koskela et al., 2003, s.17-22)

## 2.3 Digitalisaatio rakennustyömaan logistiikassa

### 2.3.1 Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan digitalisaatio

Digitalisaatio logistiikassa ja toimitusketjun hallinnassa on tällä hetkellä nopeaa. Se voi ratkaista tulevaisuudessa paljon ongelmia toimitusketjun osapuolien välillä. Digitalisaation avulla pystytään esimerkiksi kehittämään reaaliaikainen tiedonsiirto kaikkien toimijoiden välillä. (Schrauf, S., 2016, s.5-6) Tietoa pystytään keräämään muun muassa erilaisten tuotteiden ja kuljetuksien paikkaseurantalaitteiden avulla. Lisäksi muiden toimituksiin vaikuttavien asioiden, kuten sää- ja liikenne-ennusteiden perusteella voidaan tekoälyn avulla analysoida tulevia muutoksia toimitusketjun ja logistiikan tilaan. Niiden avulla voidaan pitää logistiikkatiedot ajantasaisena koko toimitusketjussa ja mahdollisiin muutoksiin pystytään vastaamaan ennakoivasti. (Schrauf, S., 2016, s.16-19)

Rakennusalalla rakentamisen tietomalli eli BIM sisältää kokonaisuudessaan projektin suunnitelmat sähköisessä muodossa kolmiulotteisesti esitettynä. Sisältö voi vaihdella, mutta yleisesti esitetään tiedot rakennusosien materiaaleista ja niiden suhteesta toisiinsa rakenteisiin. Tietomallia voidaan hyödyntää esimerkiksi rakennuksensuunnitteluun, tuotantoon ja kunnossapitoon. Tietomalli voidaan esittää myös 4D-muodossa, jolloin siinä on mukana myös aika-akseli. Silloin pystytään havainnollistamaan esimerkiksi työmaa-aikataulu, joka tarjoaa paremmat mahdollisuudet muun muassa logistiikan suunnitteluun tietomallissa. (Borrmann et al., 2018, s. 4-5, 322-325)

Rakentamisen tietomallista saadaan monenlaisia etuja. Se esimerkiksi parantaa rakennustyömaan toimihenkilöiden ymmärrystä työmaan logistiikasta, kun 3D-mallilla esitetty tieto on helpommin havainnollistettavissa. Eniten hyötyä se tuo varsinkin niille, joilla ei ole taustaa logistiikan hallinnasta tai rakennustyömaan arjesta. Tietomallin avulla pystytään myös suunnittelemaan työmaan logistiikkaa tehokkaammin. 3D-suunnitelmista on selkeämmin havaittavissa eri vaiheiden mahdollisia yhteentörmäyksiä ja hahmotettavissa materiaalireittejä paremmin. Lisäksi tietomalli mahdollistaa tuotannosta vastaavien osapuolien yhteistarkastelun logistiikan hallinnasta. Esimerkiksi yhteisessä palaverissa kaikki näkevät selkeästi tulevan vaiheen haasteet ja rakennustyömaan toiminta pystytään sovittamaan kaikkia osapuolia palvelevaksi. (Whitlock et al., 2018, s. 51-54)

Rakennustyömaiden kokoluokan kasvaessa ja teknisten ratkaisujen vaikeutuessa myös erilaiset ICT-perusteiset materiaalivirtojen paikannusjärjestelmät ovat yleistyneet. Niillä voidaan seurata materiaalien liikkeitä ja parantaa tuottavuutta. (Olusanjo et al., 2015, s.261)

Yksi niistä on älykkäiden työmaiden tutkimushankkeessa luotu paikkaseurantajärjestelmä. Siinä materiaalien ja henkilöstön liikkeitä seurataan useiden teknisten laitteiden yhdistelmänä. Laitteiston vastaanottimet asennetaan rakennukseen ja lähettimet liitetään henkilöstöön ja materiaaleihin. Materiaaleihin asennetut seurantalaitteet perustuvat yleensä RFID-tekniikkaan. Saadut tiedot ohjataan pilvipalveluun, josta ne ovat käytettävissä esimerkiksi älypuhelimien asennettavan sovelluksen avulla. (Olivieri et al., 2017, s.674-675)

Tietojen avulla pystytään muodostamaan tarkka tilannekuva työmaan henkilöstön ja materiaalien liikkeistä sekä kehittämään toimintaa. Logistiikassa materiaalien liikkeitä voidaan seurata työmaalla ja sen ulkopuolella. Tämä mahdollistaa tarkan tilannetiedon materiaalien määristä ja toimituksien tarpeesta sekä toimituspaikoista. Lisäksi tuotannon tilasta sekä tuotavuudesta saadaan tietoa tuotteiden käytön mittauksen perusteella. (Olivieri et al., 2017, s.674-676)

## **2.4 Hankinta rakennustyömaan logistiikan tukena**

### **2.4.1 Hankinnan vaikutus rakennustyömaan logistiikkaan**

Hankinta on yksi logistiikan ja toimitusketjun hallinnan osa-alue, jonka laatimien sopimusten avulla luodaan teoreettiset perusteet toimituksien onnistumiselle. Sopimusten avulla luodaan perusteet materiaalien toimituksille halutussa laadussa sekä määrässä, hinnaltaan oikeanlaisena ja oikeaan aikaan. (Waters, D., 2009, s. 18-19; Ritvanen et al., 2011, s. 20-21) Lisäksi hankinta on tulologistiikan ensimmäinen vaihe, koska se aloittaa yrityksen yhteistoiminnan uusien toimittajien kanssa. (Ritvanen et al., 2011, s. 20-21)

Perinteisessä hankintaprosessissa pelkästään kilpailutetulla hinnalla koetaan olevan merkitystä ostopäätökseen. Siinä heikkoutena on kuitenkin, että tietoa ei välitetä ostajan ja myyjän välillä, joten toimittajasuhteen kehittäminen jää heikoksi. Hankintatoimi pystyy kuitenkin vastaamaan ongelmaan luomalla toimittajien kanssa yhteistyö- ja kumppanuussuhteita. Yhteistyösuhteiden avulla pystytään luomaan strategisesti tärkeiden toimijoiden kanssa molempia osapuolia hyödyttävää liiketoimintaa, joka edesauttaa logistiikkaa ja toimitusketjun hallintaa. (Iloranta et al., 2008, s 327-333) Yhteistyö- ja kumppanuussuhteet ovat kuitenkin rakennusalan harvinaisia ja päätöksenteko perustuu useimmiten lyhyen aikavälin päätöksiin. Esimerkiksi autoteollisuudessa kumppanuussuhteet ovat kuitenkin jo elintärkeitä kilpailuedun säilyttämiseen. (Bygballe et al., 2010, s,241-242)

Hankintatoimella on suuri merkitys myös taloudellisesti. Esimerkiksi yhdessä suomalaisessa rakennusalan yhtiössä hankinnat ovat jopa 70 prosenttia rakennusprojektin kustannuksista.

Hankinnan tekemät päätökset vaikuttavat koko työmaatoimituksen toimitusketjuun, jossa tehdyt virheet voivat vaikuttaa paljon logistiikan ja tuotannon toimintaan rakennustyömaalla. (Ritvanen et al., 2011, s. 32-34)

#### **2.4.2 Logistiikan ulkoistaminen rakennusalalla**

Ulkoistamisella tavoitellaan yleensä kustannussäästöjä ja joustavuutta toimintaan. Yritys saavuttaa ulkoistetulla logistiikkatoimijalla säästöjä, koska palveluntuottaja on alan erikoisosaaja, joka on keskittynyt vain omaan erikoisalueeseensa. Ulkoistamisessa on kuitenkin aina myös riskejä. Ne ovat logistiikkatoimijan valinnassa otettava huomioon arvioimalla hankinnassa toimittajien osaamista ennen valintaa ja toiminnan aikana. Tärkeitä asioita ovat ainakin toimijan yhteistyökyky, luotettavuus, tiedonvälitys ja maine. (Rolstadås et al., 2012.s.95-97; Ritvanen et al., 2011, s.143-145)

Ulkoistetun logistiikkapalvelun avulla pystytään vaikuttamaan kustannuksiin ja tuotannon hallintaan monin keinoin. Yritys pystyy ulkopuolista logistiikkatoimijaa käyttämällä esimerkiksi keskittymään paremmin omaan osaamisalueeseensa ja tehostamaan toimintaansa. Kustannukset laskevat, koska henkilöstökustannukset ovat alhaisemmat ja kalustoon sitoutunut pääoma on pienempi. Tuotannossa varastotasojä saadaan pienemmäksi ja toiminta tehokkaammaksi selkeillä logistiikkajärjestelyillä. Ulkoistamisessa on kuitenkin myös aina riskinsä. Riskinä on esimerkiksi yrityksen oman hallinnan menettäminen logistiikkatoiminnasta. (Ekeskär et al., 2016, s. 178-179)

Rakennusalan ulkopuolella ulkoistetut logistiikkatoimijat eli 3PL-toimijat ovat tunnistettu logistiikan kehityksessä osittain jo 1970- luvulla (Lundesjö. G., 2015, s.187-189). Logistiikkaurakoitsijat kuuluvat ulkopuolisiin logistiikkapalvelun tuottajiin. Logistiikkaurakoitsijoita käytetään rakennusalalla vielä kuitenkin suhteellisen vähän. Niiden käyttö on kuitenkin yhä suosituempaa ja ne voivat tuottaa rakennustyömaille huomattavia kustannussäästöjä. (Sullivan et al., 2010, 61-63)

Ulkopuoliset logistiikkatoimijat ovat parhaimmillaan rakennusalan suurissa projekteissa. Tämä on todettu esimerkiksi Britanniassa Heathrown lentoaseman rakentamisessa. Pienissä projekteissa logistiikkatoimijoiden haasteena on saada toiminnasta kannattavaa, koska työmaiden aikavälit ovat lyhyitä. Investoinnit erilaisiin koneisiin, laitteisiin sekä mahdollisiin välivarastointipalveluihin eivät useinkaan rakennusalalla ole hyödynnettävissä suoraan seuraavassa projektissa. (Lundesjö. G., 2015, s.187-189)

Logistiikkatoimijoiden roolia voidaan kasvattaa pelkästään työmaalla tapahtuvasta toiminnasta kohti kokonaisvaltaisempaa toimitusketjun hallintaa. Logistiikkatoimija voi laajentaa rooliaan esimerkiksi tarjoamalla palveluita toimitusten seurantaan sekä toimitusketjun tehostamiseen. Näiden avulla pystytään optimoimaan työmaalle saapuvat kuljetukset ja pienentämään varastointia sekä materiaalien ylimääräistä siirtelyä työmaalla. (Lundesjö. G., 2015, s.188-189)

## **2.5 Logistiikan suunnittelu**

### **2.5.1 Strateginen, operatiivinen ja taktinen taso rakentamisen logistiikassa**

Rakentamisen logistiikan laadukas hallinta työmaalla vaatii muutoksia myös koko rakennusalan päätöksenteossa. Rakentamisen logistiikan taustalla vaikuttaa myös valtion ja kuntien päätöksenteko. Päätöksenteko jakaantuu strategiselle, taktiselle ja operatiiviselle tasolle. (CIVIC-project., 2018, s. 23-25)

Strategisella tasolla määritellään niin sanotusti rakennuslogistiikan isot linjat. Päätöksenteko tällä tasolla antaa suuntaviivoja tulevaisuuteen ja on yleensä pitkäaikaista. Päätökset tehdään valtion, kaupunkien ja kuntien tasolla, esimerkiksi maankäytönsuunnittelulla ja liikenne-ratkaisuilla, jotka tukevat parempaa rakentamisenlogistiikkaa. Tavoitteena saavuttaa tehokkaampi ja ympäristöystävällisempi logistiikka rakennettaessa kaupunkiympäristössä. (CIVIC-project., 2018, s. 25)

Taktisella tasolla päätöksenteko on lyhytaikaisempaa. Se käsittää esimerkiksi pidempiaikaisten hankkeiden koko projektin elinkaaren. Päätökset tehdään yhdessä julkisen ja yksityisensektorin välillä. Tavoitteena on saada projektin logistiikka mahdollisimman toimivaksi. Päätöksiä tehdään esimerkiksi käytettävistä kuljetusmuodoista ja muista logistiikkaratkaisuista. Keskustelu muiden alueella toimivien yhtiöiden kanssa on tässä vaiheessa erittäin tärkeää, koska päätökset vaikuttavat myös niiden toimintaan. (CIVIC-project., 2018, s. 25) Tällä tasolla päätöksenteossa voidaan käsitellä myös kokonaisen aluerakentamisen hankkeen logistiikkaa. Sitä voidaan hallita tekemällä yhteistyötä alueella vaikuttavien viranomaisten ja muiden sidosryhmien kanssa. Aluerakentamisen vaikutukset arvioidaan etukäteen alustavien suunnitelmien perusteella. Näiden pohjalta pystytään laatimaan esimerkiksi arvio kuljetuksista ja optimoimaan parhaat kuljetusreitit. (Ketju-hanke., 2009, s.7-10)

Operatiivisella tasolla päätökset tehdään lyhyellä tähtämellä, ja ne ovat tyypillisesti päivittäisten logistiikkaongelmien ratkaisua. Päätöksenteko sisältää kuljetuksien järjestelyä rakennustyömaalle oikeaan aikaan ja erilaisten nostolaitteiden sekä koneiden käytön

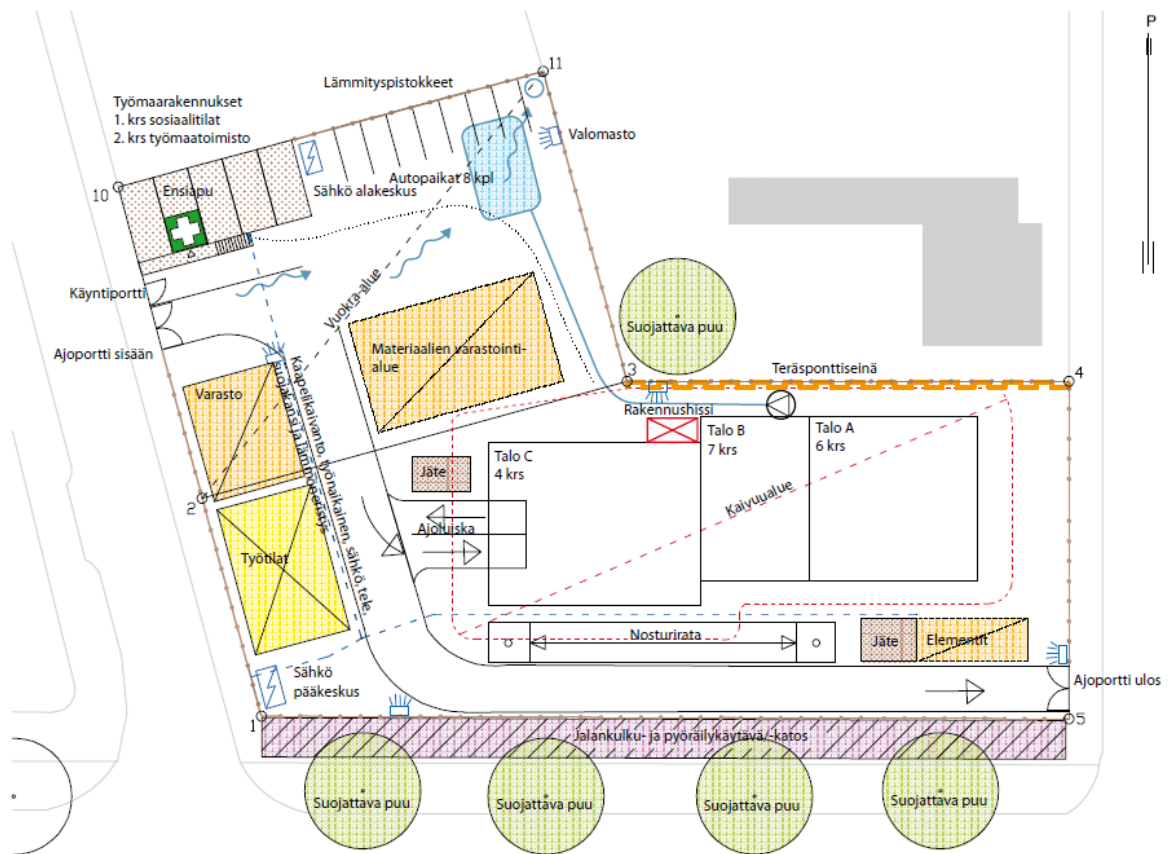
aikatauluttamista. Myös tässä toimintavaiheessa on tärkeää huomioida kaikki toimijat, joihin rakennustyömaa vaikuttaa. Yhteydenpito sidosryhmiin on tärkeää toimivan logistiikan varmistamiseksi. (CIVIC-project., 2018, s. 25) Rakennustyömaalla logistiikansuunnitteluun voidaan käyttää tukena taktisella tasolla laadittuja suunnitelmia. (Ketju-hanke., 2009, s. 7-10)

### **2.5.2 Käytännön menetelmiä rakennustyömaiden logistiikan suunnitteluun**

Yksi vaihtoehto logistiikan suunnittelun tueksi työmaalla on käyttää erillistä logistiikkapäällikköä. Tehtävä on rakennusosalalla suhteellisen uusi käsite. Logistiikkapäällikkö on rakennustyömaalla henkilö, joka vastaa muun muassa logistiikasta, toimitusketjusta ja sen kehittämisestä projektissa. Tärkeimpiin tehtäviin lukeutuu aluesuunnitelman ja tarvittaessa tarkemman logistiikkasuunnitelman laatiminen yhteistyössä koko organisaation kanssa. Tämä menetelmän avulla voidaan parantaa logistiikan hallintaa. Lisäksi työnkuvaan liittyy toimitusketjun johtaminen, johon sisältyy sekä päivittäisen että pidempiaikaisen materiaalien ja kaluston hallinnan suunnittelu. Lisäksi logistiikkapäällikkö voi vaikuttaa logistiikkaurakoitsijoiden valintaan ja toimia läheisessä yhteistyössä myös hankinnan kanssa. (Lundesjö, G., 2015, s. 161; 169-172)

Aluesuunnitelma on yhdelle työmaalle laadittu suunnitelma, jonka yksi versio on esitetty kuvassa 4. Aluesuunnitelma sisältää tietoa logistiikkajärjestelyiden lisäksi myös työmaan muista yleisjärjestelyistä. Suunnitelmaa päivitetään jatkuvasti rakennustyömaan edetessä ja sen sisältämä tieto on kaikkien projektiin osallistuvien saatavilla. Dokumentin laatiminen ja tarkkuustaso vaihtelevat työmaan koon mukaan. Pienillä työmailla dokumenttia ei välttämättä päivitetä useasti, mutta suurilla työmailla päivittäminen täytyy tapahtua vähintään viikoittain. (RATU C2-0299, 2007, s.1-5) Logistiikan kannalta oleellisimpia aluesuunnitelmassa esitettäviä asioita on useita. Näitä ovat esimerkiksi liikenneväylät ja kulkutiet työmaa-alueella sekä sen läheisyydessä. Työmaan jätehuoltojärjestelyt, jossa esitetään jätteiden kuljetusreitit sekä jätteidenkeräilypisteet. Lisäksi suunnitelmassa esitetään nosto- ja siirtojärjestelyt, joiden avulla havainnollistetaan muun muassa käytettävissä olevat nostolaitteet sekä mahdolliset vaikutusalueet. Näiden tietojen avulla pystytään suunnittelemaan saapuvien ja lähtevien kuormien purku mahdollisimman tehokkaaksi työmaalla. Lisäksi esitetään materiaalien purku-, lastaus- ja varastointialueet. (RATU C2-0299, 2007, s.5-8)





Kuva 4. Havainnekuva yleisestä aluesuunnitelmasta (RATU C2-0299, 2007, s.4)

Rakennustyömaan kuljetuksien hallinta on yksi käytännön suunnittelun osa-alueista. Menetelmien pitää tarjota kuljetusten suunnittelijalle mahdollisuus saada tietoa saapuvista kuormista ja hallita niiden aikataulua. Lisäksi on pystyttävä hallitsemaan kuljetuksien purkupaikkoja ja jätehuoltoa. Yksinkertaisin malli työmaan kuljetuksien logistiikan hallinnassa on työmaalla sijaitseva taulu, joka toimii varausjärjestelmänä kuljetuksille. Logistiikasta huolehtiva henkilö kirjaa saapuvat toimitukset tauluun. Tämä malli on erittäin yksinkertainen ja toimii käytännössä, kun käsiteltäviä materiaaleja on vähän. (Lundesjö. G., 2015, s. 244-245)

Hieman edistyneempi malli on käyttää tietokoneella taulukkolaskentaohjelmistoa. Sen avulla kirjanpito selkeytyy ja tiedot on mahdollista jakaa myös muille osapuolille. Tiedon siirto on kuitenkin hidasta ja epävarmaa. Täysin sähköinen varausjärjestelmä on tehokkain malli logistiikan hallintaan työmailla, jotka ovat suuria tai muuten logistisilta järjestelyiltään monimutkaisia. Sen avulla pystytään hallitsemaan isoja kokonaisuuksia ja tiedot pystytään välittämään reaaliajassa kaikille rakennustyömaan osapuolille. Urakoitsijat ja muut tavaran-toimittajat voivat varata kuljetuksille toimitusajan esimerkiksi älylaitteen avulla internetistä. Tämä tehostaa toimintaa, kun logistiikasta huolehtivan henkilön ei tarvitse hoitaa kirjauksia itse ja vältetään myös turhilta puheluilta toimijoiden välillä. Sähköinen kuljetuksien

hallintajärjestelmä voi olla myös työmaan kannalta tarpeeton varsinkin pienillä työmailla, jossa sen kustannukset nousevat todennäköisesti saatua hyötyä suuremmaksi. (Lundesjö, G., 2015, s. 245-251)

### **2.5.3 Varastointiratkaisut rakennusalan logistiikassa**

Perinteisen rakentamisen työmaalogistiikan on usein todettu olevan hallitsematonta. Materiaaleja rakennustyömaalle kuljettaa useat eri toimijat. Tämä aiheuttaa jatkuvasti myöhästymisiä aikataulusta ja sekoittaa työmaiden logistiikkajärjestelyjä. Useat autot liikkuvat työmaiden läheisyydessä ja alueella yhtä aikaa. Työmaalla materiaalien vastaanoton ja niiden kuljetuksen hoitaa usein rakennusammattimies, joka on tehtävään ylikoulutettu. Aikaa hukkaantuu arvoa tuottamattomaan työhön. (Sullivan et al., 2010, s.24-25)

Lisäksi varastointi toteutetaan työmaalla sopimattomissa tiloissa aiheuttaen paljon tuotteiden vaurioitumista ja materiaalihukkaa. Jätehuolto on perinteisellä rakennustyömaalla usein järjestetty huonosti ja materiaalia ei lajitella. Tästä muodostuu myös tarpeetonta rasiitusta ympäristölle. (Sullivan et al., 2010, s.24-25) Logistiikan huonon suunnittelun ja hallinnan on myös todettu laskevan työmaan tuottavuutta. Kuljetusten myöhästymisen, materiaalihukka ja tuotteiden tarpeettoman pitkät ajat toimittajalta työkohteeseen heikentävät tuottavuutta. Lisäksi kuljetusten käsittely rakennusalueella sisältää paljon ylimääräisiä vaiheita. (Agapiou et al., 1998, s. 133-132)

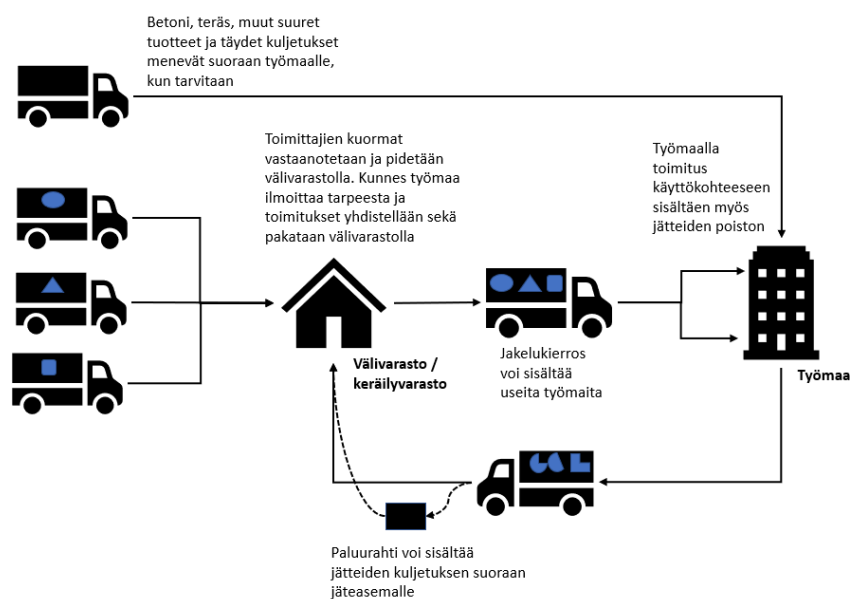
Välivarastot ovat tunnistettu logistiikan kehityksessä jo 1970-luvulta alkaen. Ne ovat kehittyneet, kun ajoneuvojen kuljetuskapasiteettia on todettu käytettävän huonosti ja ahtailla kaupunkialueilla liikkuminen on hidastanut toimintaa. Lisäksi on haluttu vähentää aiheutuvia ympäristörasituksia. Käyttämällä kuljetuskapasiteettia tehokkaasti välivarastojen avulla voidaan saada taloudellista hyötyä toimintaan, helpottaa kaikkien alueen tienkäyttäjien liikkumista sekä vaikuttaa ympäristöasioihin. Kustannussäästöjä saadaan muun muassa laskevista yksikkökustannuksista, kun kuormat ovat lastattu mahdollisimman täyteen. Muille tienkäyttäjille raskaiden ajoneuvojen määrä alueella vähenee. Ympäristön kannalta vähennetään saasteiden määrää ilmassa sekä raskaan liikenteen meluhaittoja. (Allen et al., 2012, s.474-476)

Rakennusalueelle välivarastot voivat tuoda huomattavia hyötyjä. Niiden avulla voidaan esimerkiksi alentaa logistiikan kokonaiskustannuksia ja vähentää kuljetuksien epävarmuutta. Välivarastot pystyvät tuottamaan monia palveluita rakentamisen logistiikan tueksi. Ne mahdollistavat suuremmat toimituserät, tuotteiden yhdistelyn sekä kehittyneempien

teknologisten järjestelmien käytön. Niiden avulla voidaan varastoida tuotteita työmaan ulkopuolella, hoitaa kuljetukset tehokkaammin työmaalle, keskittää tuotteita usealta toimittajalta kokonaisuuksiksi ja tehdä osien esivalmistelua. Kuljetuksien osalta tuotteiden jakeluun työmaalle voidaan valita erilaisia kuljetuksia. Tuotteet voidaan toimittaa juuri oikeaan aikaan, koska ne ovat mahdollisimman lähellä työmaata jo valmiiksi. Lisäksi välivarastointitilassa on mahdollista lisätä tuotteisiin ja ajoneuvoihin paikannusjärjestelmiä. (Hamzeh et al., 2007, s. 183-185)

Välivarastointi antaa mahdollisuuden myös tuotteiden kokoonpanoon tuoteosapaketeiksi välivarastolla rakennustyömaan läheisyydessä. Välivarastolla voidaan tehdä lisäksi ETO-tuotteiden kokoonpanoa sekä toteuttaa mahdollisia suunnitelmamuutoksista aiheutuneita korjauksia. (Hamzeh et al., 2007, s. 183-184)

Välivarastointi työmaan ulkopuolella on tehokas keino vähentää työmaalle saapuvaa ylimääräistä materiaalia. Välivarastoinnin avulla pystytään saavuttamaan hallitumpi logistiikka, jossa toimitukset tuodaan työmaalle täsmällisesti. Tämän avulla työntekijät tietävät tarkalleen, milloin tuotteet ovat tulossa välivarastolta. Näin ollen saadaan järjestettyä myös työmaalla kalusto tuotteiden vastaanottoon ja materiaalit hallitusti työskentelyalueelle sekä vällytään ylimääräisiltä materiaalien siirroilta työmaalla. (Lundesjö. G., 2015, 233-234) Välivarastointi voi perustua kuvan 5 mukaiseen malliin, jossa materiaalit pakataan yhteen kuormaan ja yhdistellään eri toimituksia. (Lundesjö. G., 2015, s.225-226)



Kuva 5. Välivarastoinnin periaatteet rakennustyömaiden logistiikassa (Lundesjö, G., 2015, s.226 kuvaa mukailten)

Välivarastoinnin tarve on tavanomaisesti pienempi projektin alkuvaiheessa, jossa käsitellään yleensä suuria kappaleita ja massamääriä. Varaston merkitys korostuu projektin loppua kohden, kun yksittäisten pienempien materiaalien kuljetukset lisääntyvät huomattavasti esimerkiksi sisätyövaiheessa. (Lundesjö, G. et al., 2015, s.226)

Välivarastoinnin toimintamalleja on erilaisia. Ne perustuvat projektin kokoon ja valittuun periaatteeseen. Yksinkertaisimmillaan varastointi voi tapahtua varastotilassa, jossa yksittäisille urakoitsijoille on varattu lattioihin piirrettyjen rajojen avulla oma alueensa. Monimutkaisessa projektissa varastointi voi olla toteutettu suureen varastorakennukseen, joka sisältää erilaisia hyllyratkaisuja ja tehokkaan varastonohjausjärjestelmän. Taulukossa 1 on esitetty esimerkkiratkaisuja välivarastoinnin kokoluokasta sekä kalusto- ja henkilöstö kapasiteetista erilaisissa projekteissa. (Lundesjö, G., 2015, s.228-229)

Taulukko 1. Välivarastointiratkaisuiden kokoluokka (Lundesjö, G., 2015, s.229 kuvaa muokailen)

	Suuria rakennustyömaita, useita-asiakkaita välivarastossa	Yksittäisen pienen rakennustyömaan välivarasto
<b>Varaston koko</b>	10 000 m <sup>2</sup> varasto, joka sisältää myös suuren varastoalueen pihalla	650 m <sup>2</sup> varastotila;
<b>Käsittely määrä lavoissa (PEU=pallet equivalent unit)</b>	50 000 kpl vuodessa	6 000 kpl vuodessa
<b>Ajoneuvot</b>	1 x 26 tonnininen kuorma-auto nostimella 2x 18 tonnininen kuorma-auto nostimella 1x pakettiauto 4x trukkeja Tarve muuttuu jatkuvasti kysynnän mukaan	1 x 18 tonnininen kuorma-auto 1 x iso pakettiauto 1x trukki
<b>Henkilökunta</b>	Varastopäällikkö, logistiikkajärjestelijä, varastohenkilöitä ja kuljettajia – maksimissaan 8 työntekijää	Varastopäällikkö, logistiikkajärjestelijä, yksi varastohenkilö ja kaksi kuljettajaa
<b>Rakennusprojektit, joihin voidaan soveltaa</b>	Esimerkiksi 6 kaupungin sisäistä projektia yhtä aikaa sisältäen sairaalaprojektin, ison toimitilaprojektin sekä asuntotyömaita	Esimerkiksi tukemassa yksittäistä korkeatasoista rakennustyömaata

Tehokas välivarastointi mahdollistaa myös ylimääräisten tuotteiden ja jätehuollon yhdistämisen kuljetuksiin. Tällä poistetaan työmaalta ylimääräistä liikennettä ja parannetaan ajoneuvojen tehokasta käyttöä. Välivarastointi helpottaa tuotteiden palauttamista ja hallittua käsittelyä. Työmaalla ylimääräisten materiaalien käsittely on haastavaa jatkuvasti

muuttuvassa ympäristössä ja ajoneuvojen pidempiaikainen työmaalla operointi aiheuttaa ruuhkaa ja vaikeuttaa työmaan toimintaa. (Lundesjö. G., 2015, s.233)

Välivarastoinnista aiheutuvat kustannukset ovat korkeat ja tämän takia se valitaan vaihtoehtoksi yleensä vain logistisesti todella haastavissa projekteissa. Rakennusalalla välivarastoinnin käyttöä estää usein varastoinnista aiheutuvat kustannukset. Välivarastoinnista on todettu olevan huomattavia etuja, mutta ne jakautuvat hyvin epätasaisesti osapuolien välille. Asian ratkaisemiseksi tarvittaisiin strategisen tason päätöksentekoa, jotta käyttöä saadaan rakennusalalla ohjattua myös taloudellisesti kannattavaksi. (Lundesjö. G., 2015, s.240-241)

VMI-varastoilla tarkoitetaan toimittajien hallinnoimaa asiakkaan varastoa. Siinä toimittaja ylläpitää asiakkaan varastotasoa seuraamalla asiakkaan tuotteiden kulutusta. Seuranta voi tapahtua paikan päällä tai sähköisen järjestelmän avulla. Saadun datan avulla toimittaja tekee päätökset asiakkaan varaston täydennyksestä. Toimittaja voi kantaa myös taloudellisen vastuun varastoinnista, riippuen tehdystä sopimuksesta. (Waller et al., 1999, s. 1-3)

Rakennusalalla VMI-varastointia voidaan hyödyntää pientarvikkeissa, kuten esimerkiksi pulttien ja muttereiden toimituksissa. Yksi esimerkki työmaalla käytettävästä varastosta on pääurakoitsijan järjestämä varastotila, johon toimittaja voi perustaa myymälän. Toimittajat täydentävät varastoa menekin mukaan ja työmaalla toimivat aliurakoitsijat voivat ostaa sieltä pientarvikkeita, jotka laskutetaan sopimuksen mukaisesti. Tilassa ei välttämättä tarvita erillistä myyjää vaan ostaminen voi perustua tuotteiden kirjaamiseen sähköiseen järjestelmään (Tanskanen et al., 2008, s.29-38)

Esimerkiksi vuonna 2008 tehdyssä pilottihankkeessa todettiin VMI-varastoinnin laskevan kustannuksia tuotteiden kiiretilauksien osalta, koska niitä ei enää tarvita yhtä paljon. Kiiretilaukset aiheuttavat huomattavia ylimääräisiä toimituskustannuksia, koska niiden rahtikustannukset ovat normaalia korkeampia. Lisäksi VMI-varastot vähentävät työmaahenkilöiden rautakauppakäyntejä, jotka aiheuttavat kustannuksia ja heikentävät tuottavuutta, koska rautakauppakäynnissä henkilöiden työaika hukkaantuu tarpeettomaan työhön. (Tanskanen et al., 2008, s.36-37)

## **2.6 Logistiikan kustannusten hallinta ja suorituskyvyn mittaaminen**

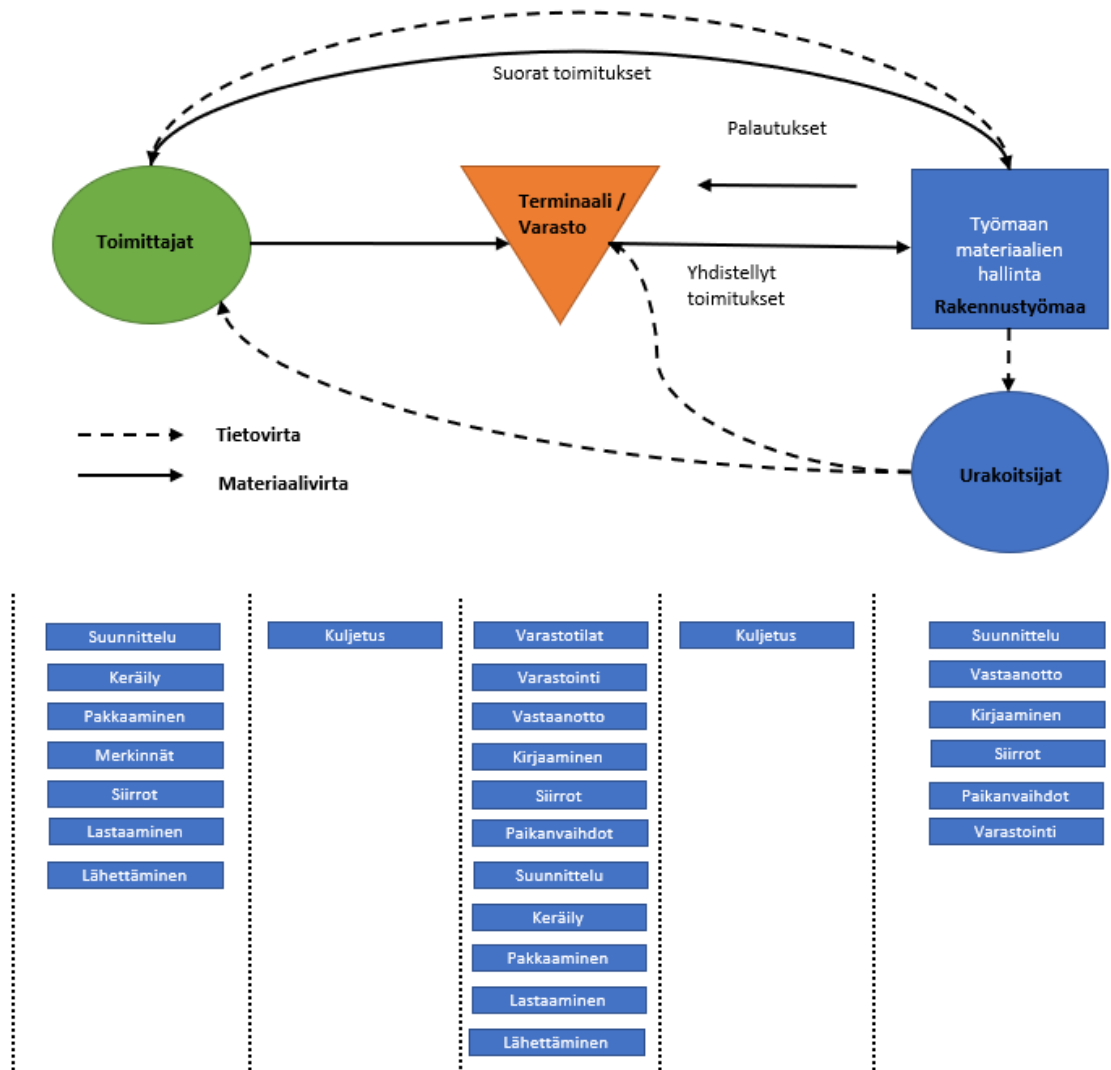
Logistiikkakustannukset olivat vuonna 2009 keskimäärin 11,9 prosenttia suomalaisten yritysten liikevaihdosta. Kustannukset muodostuivat liikenne- ja viestintäministeriön tekemässä tutkimuksessa kuvan 6 mukaisista asioista. (Ritvanen et al., 2011, s. 94-95)

	Suorat logistiikkakustannukset	Epäsuorat logistiikkakustannukset
Vaihtoehto- tai yleiskustannukset	Varaston pito	Menetetyn myynnin kustannukset
	Ajan arvo	Asiakaspalvelutason kustannukset
	IT-käyttökulut	Epäkuranttius IT-ylläpito ja hankinnat
Toimintoihin liittyvät	Kuljetus (rahti)	Pakkausmateriaalit
	Tavarankäsittely	Pakkaaminen
	Tuotevarastokustannus	Logistiikkalaston ja -tilojen pääomakulut
	Väylä-, tie- ym. muut maksut	Hallinto
	Dokumentointikustannukset	
	Suorat tietoliikennekulut	

Kuva 6. Logistiikkakustannuksia suomalaisissa yrityksissä (Ritvanen. 2011. s. 95)

Logistiikan kustannukset ovat kuitenkin todellisuudessa haastavat määrittää, koska laskentaperiaatteet ovat hyvin erilaisia, jopa saman toimialan sisällä. Kustannuksien määrittelyyn käytetään monia menetelmiä. Esimerkiksi varastojen arvon määrittelyssä kustannuksia jaetaan eri tavoilla eri yrityksissä. Lisäksi aineettoman omaisuuden, kuten logistiikkapalveluiden kustannusten määrittely on vaikeaa, koska laskentamallit ovat alun perin luotu aineelliselle omaisuudelle. (Gudehus et al., 2012, s.129-130)

Kustannusvaikutuksien määrittelyä voidaan selkeyttää esimerkiksi toimintolaskennan avulla (Gudehus et al., 2012, s.129-130). Toimintolaskenta perustuu lyhyesti sanottuna kustannuksien seuraamiseen yrityksen eri toiminnoista. Tavoitteena on selvittää miten paljon erilaiset toiminnot, kuten ihmiset ja koneet aiheuttavat kustannuksia. Nämä kustannukset kohdistetaan eri toiminnoille ja niistä syntyville tuotteille. Näin saadaan tietoon tarkempi kustannusrakenne, kuin perinteisillä laskentamalleilla. (Alhola, K., 2016, s.33-34) Kuvassa 7 on esitetty malli kustannusten määrittelyyn käytettäessä toimintolaskentaa rakentamisen logistikkassa. (CIVIC-project, 2018, s.35)



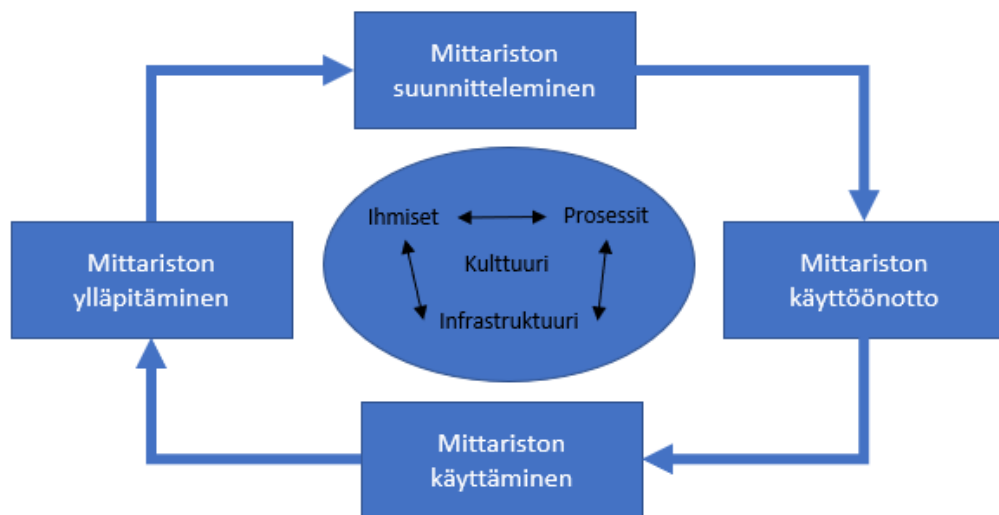
Kuva 7. Toimintolaskenta rakentamisen logistiikassa (CIVIC-project, 2018, s.35 kuvaa mukailleen)

Rakennusala poikkeaa myös varastointikustannusten laskemisen osalta perinteisestä teollisuudesta. Logistisen prosessin nähdään yleensä päättyvän, kun tuotteet on saatu varastoon. Rakennustyömaalla on kuitenkin huomioitava, että kun tuotteet on saatu työmaan varasto-alueelle se ei vielä riitä. Lisäksi laskentaan on otettava mukaan logistiset kustannukset, jotka syntyvät tuotteen kuljettamisesta oikealle paikalleen rakennustyömaan sisällä. (Fang et al., 2011, s.265)

Suorituskyvyn mittaamisen tavoitteena on tuottaa luotettavia arvoja yrityksen päätöksenteon tueksi. Mittarit ovat luonteeltaan taloudellisia tai ei-taloudellisia eli fyysisiä mittareita. Taloudellisilla mittareilla mitataan kustannuksia ja niiden vaikutuksia. Fyysiset mittarit toimivat yleensä taloudellisten mittareiden tukena. (Rantanen et al., 1999, s.17-25)

Logistiikan ja toimitusketjun hallinnassa mittareita voidaan hyödyntää esimerkiksi luotettavuuden ja kustannusten mittaamiseen. Luotettavuusmittarilla kuvaillaan, kuinka suuri osa toimituksista on tullut oikeanlaisena ja oikeaan aikaan. Kustannusmittareilla taas tarkoitetaan kokonaiskustannuksia, jotka ovat aiheutuneet toimitusketjusta. Näihin lukeutuu esimerkiksi tietyille toiminnolle osoitetut kuljetuskustannukset. (Ritvanen et al., 2011, s. 101-102)

Suorituskyvyn mittaamisen vaiheet muodostuvat kuvan 8 mukaisesti. Ensimmäinen vaihe on mittareiden suunnittelu. Tässä vaiheessa valitaan mittaamisen kohde ja käytettävät mittarit. Toinen vaihe on mittariston käyttöönotto, jossa vaikutukset käydään läpi koko henkilöstölle ja niitä päivitetään tarpeen mukaan. Mittariston käyttövaiheessa aikaisempien vaiheiden tuloksena syntyneitä mittareita hyödynnetään organisaation toiminnassa. Ylläpitovaiheessa tärkeimpänä tehtävänä on mittareiden päivittäminen toimintaympäristössä tapahtuneiden mahdollisten muutosten mukaisesti. (Lönnqvist et al., 2003, s.13)



Kuva 8. Suorituskyvyn mittaamisen vaiheita (Neely et al., 2000, s.1143 kuvaa mukailen)

Rakennusalalla suorituskyvyn mittaus on ollut vähäistä ja työmaalogistiikasta on saatavilla huonosti numeerista materiaalia. Logistiikasta saatava numerodata on ensiarvoisen tärkeää nykytilan kartoittamisen ja tulevaisuuden kehittämisen kannalta. (Ketju-hanke., 2009, s. 16)

Suorituskyvyn mittaamista voidaan logistiikassa tehdä monelta eri osa-alueelta. Yksi tärkeimmistä mittareista on tuotteiden toimitusvarmuus. Sen avulla pystytään tutkimaan toimitusten saapumista ajoissa ja arvioimaan toimittajien luotettavuutta. Toimitusvarmuuden alentuessa on tärkeää reklamoida toimittajia. Rakennusalalla toimituksien myöhästymisestä reklamoidaan harvoin, mutta sillä voitaisiin kehittää toimintaa. Mittaamalla reklamaatioiden



määrää, voidaan suoraan arvioida toimittajan tai aliurakoitsijan kykyä hallittuun toimitusketjuun. (Ketju-hanke., 2009, s.17-18; Wegelius-Lehtonen et al., 2001, s.110-111)

Yksi mittareista on saapuvien kuljetuksien ajoneuvo määrien ja saapumisajan tarkastelu. Mittaustuloksien perusteella nähdään mihin aikaan työmaalla on kuinkakin paljon ajoneuvoja. Käyttämällä tietoja toiminnan arviointiin ja jakamalla työmaalla kuljetuksia hallitummin koko vuorokauden ajalle, voidaan logistiikan hallintaa parantaa vähentämällä työmaan ruuhkautumista. (Ying et al., 2017, s.872-874)

Lisäksi työmaan sisäisessä logistiikassa voidaan mitata esimerkiksi yksittäisten kuormien siirtojen määrää työmaalla, jonka perusteella voidaan arvioida tuotteiden tarpeettomia siirtoja. Työmaan tuotteiden keskimääräisten varastointiaikojen mittaamisen avulla on mahdollista saada tietoa varastonkierrosta. (CIVIC-project, 2018, s.37)

Rakennusalalla suorituskyvyn mittaamista voidaan tukea myös sähköisen kuljetusten varausjärjestelmän avulla. Se mahdollistaa datan keräämisen logistiikasta, joka auttaa toiminnan kehittämisessä eteenpäin. Kerätyn datan avulla pystytään seuraamaan esimerkiksi aliurakoitsijoiden ja toimittajien kykyä toimittaa materiaalit sovitusti. Järjestelmä mahdollistaa myös työmaalla käytettävien koneiden ja laitteiden seuraamisen. Esimerkiksi torninostureiden käyttöä urakoitsijoiden kesken voidaan seurata varausdatan avulla. Tämän perusteella voidaan havaita vaikutuksia tuottavuuteen ja kehittää toimintaa. Kehitystoiminta datan avulla ei rajoitu pelkästään yhteen projektiin, vaan se tarjoaa mahdollisuuden jatkuvalla parantamiselle. Sähköisestä varausjärjestelmästä saatu data toimii tukena koko organisaation kehitykselle. (Lundesjö. G. 2015. s. 245-246)

## **2.7 Yhteenvedo analyysikehikosta**

Rakennusalalla logistiikan hallinta on vielä pitkälti tunnistamatta omaksi osa-alueekseen. Tämän takia logistiikan hallinnan parantaminen tarjoaa rakennusalalla huomattavan mahdollisuuden tuottavuuden parantamiseen nostamalla varsinaisen rakennustyön tuottavuutta. Tuottavuuden parantamisen mahdollisuuksia on esimerkiksi materiaalivirtojen hallinnassa ja logistiikan suunnittelussa. Materiaalivirtojen hallintaa parantamalla voidaan vähentää materiaalikuljetuksia työmaalle sekä niiden sisäisten siirtojen määrä rakennustyömaalla. Logistiikan suunnittelulla saadaan parannettua rakennustyöntekijöiden mahdollisuuksia varsinaiseen rakennustyöhön, kun esimerkiksi materiaalit ovat käytettävissä työkohteessa juuri oikeaan aikaan.

Laaditun analyysikehikon avulla muodostettiin taulukon 2 kuvaus rakennusalan logistiikan mahdollisuuksista ja haasteista. Analyysikehikon pohjana on Lean-ajattelu, joka muodostaa toimintaan vaikuttavan johtamisfilosofian. Lean-ajattelun avulla kehitetään toimintaa jatkuvasti ja muodostetaan logistiikan hallinnasta yksi väline kannattavuuden ja tuottavuuden parantamiseksi yhdistämällä se työkaluksi koko rakennustyömaan tuotannon kehittämiseen.

Taulukko 2. Analyysikehikon haasteita ja mahdollisuuksia rakennusalan logistiikassa

<b>Tiivistelmä analyysikehikosta</b>		
<b>Rakennusalan logistiikka</b>	<b>Mahdollisuudet</b>	<b>Haasteet</b>
<b>Digitalisaatio rakennustyömaiden logistiikan hallinnassa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Digitalisaatio mahdollistaa reaaliaikaisen tiedonsiirron</li> <li>-Tietomallin hyödyntäminen myös logistiikan aikataulusuunnittelussa</li> <li>-Logistiikan hallinnan tulevaisuuden enustaminen työmaalla mahdollista tekoälyn avulla</li> </ul>	-Vaatii digitaalisten järjestelmien kehittämistä rakennustyömaille
<b>Hankinta logistiikan tukena</b>	-Hankinnan laatimien sopimusten avulla saadaan luotua perusteet materiaalien toimituksille halutussa laadussa sekä määrässä, hinnaltaan oikeanlaisena ja oikeaan aikaan	-Logistiikkaa ei huomioida ja hankinnassa keskitytään ainoastaan halvimpaan hintaan. Tämä saattaa johtaa ammattitaidottomien toimijoiden valintaan ja epäselvyyksiin logistiikan hallinnassa
<b>Logistiikan ulkoistaminen</b>	-Logistiikkaurakoitsijat hoitavat logistiikan kokonaisuutta, joka mahdollistaa rakennustyöntekijöiden keskittymisen varsinaiseen rakennustyöhön ja parantaa tuottavuutta	-Logistiikkaurakoitsijalla ei ole kyvykkyyttä hoitaa tehtävää ja logistiikan hallinta epäonnistuu
<b>Strateginen, operatiivinen ja taktinen taso logistiikan hallinnassa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Strateginen taso määrittelee logistiikan linjat pidempiaikaisesti ja valtakunnallisella tasolla, johon kohdeyrityksen on osallistuttava aktiivisesti, jotta logistiikka on tehokasta</li> <li>-Taktinen taso määrittelee logistiikan linjat suurien rakennusprojektien osalta kehittämällä hankkeiden tuottavuutta</li> <li>-Operatiivinen taso määrittelee logistiikan linjat päivittäisen rakennustyömaan logistiikan osalta ja parantaa tuottavuutta</li> </ul>	-Päätöksenteon tasoja ei hyödynnetä rakennustyömaiden logistiikan hallinnassa, vaan keskitytään ainoastaan päivittäiseen ja yksittäisen rakennustyömaan logistiikkaan. Menetetään etu tuottavuuden ja kannattavuuden kehittämiseen logistiikan hallinnan kokonaisuudessa
<b>Logistiikan käytännön menetelmät</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Logistiikkapäällikkö tai muu kohdeyrityksen logistiikan vastuhenkilö hoitaa logistiikan käytännön järjestelyiden suunnittelun</li> <li>-Laadukas aluesuunnitelma logistiikan suunnittelun pohjana</li> <li>-Erilaiset toimitusten ja kuljetusten sekä kaluston sähköiset varausjärjestelmät parantavat logistiikan hallinnan selkeyttä</li> <li>-Paluulogistiikan tunnistaminen osaksi materiaalivirtojen hallintaa vähentää työmaalla olevia ylimääräisiä materiaaleja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aluesuunnitelman heikko päivittäminen erityisesti suurilla rakennustyömailla aiheuttaa epäselvyyksiä logistiikan hallintaan</li> <li>-Kaluston ja kuljetusten varausjärjestelmä tuottaa vain kustannuksia pienellä työmaalla, eikä tarvittavaa lisäarvoa saada</li> </ul>

<b>Varastointiratkaisut logistiikassa</b>	<p>-Väliavarastointiratkaisut tarjoavat mahdollisuuden täsmällisiin kuljetuksiin ja vähentävät tai poistavat rakennustyömaalla varastoinnin</p> <p>-Väliavarastointi mahdollistaa tuoteosapakettien esivalmistuksen väliavarastolla ja vähentää kuljetuksien määrää työmaalle sekä parantaa tuottavuutta</p>	<p>-Pitäytyminen perinteisessä mallissa, jossa materiaaleja varastoidaan rakennustyömaalla</p> <p>-Väliavarastoinnista liian suuret ja epätasavarvoiset kustannukset toimijoiden välillä</p>
<b>Logistiikan suorituskyvyn mittaaminen ja kustannusten hallinta rakennustyömailla</b>	<p>-Logistiikan hallintaa saadaan kehitettyä ottamalla käyttöön laaja suorituskyvyn mittaus koko logistiikasta. Mittaukset esimerkiksi kuljetuksien määrästä ja toimituksien saapumisesta ajallaan mahdollistavat myös tuottavuuden kehityksen seurannan</p> <p>-Logistiikan kustannusten esille tuominen työmaan kustannusten hallinnassa</p> <p>-Toimintolaskennan käyttäminen, jotta voidaan luoda tarkempi kuva logistiikan kustannusrakenteesta</p>	<p>-Suorituskyvyn mittaus rakennusalalla perinteisesti heikko, joten pysyminen vanhassa periaatteessa jarruttaa kehitystä</p> <p>-Mittaustulosten hyödyntämättä jättäminen logistiikan kehittämisessä, joten mittaaminen aiheuttaa vain turhaa työtä</p> <p>- Kustannusten seurannan haasteena perinteinen malli, jossa logistiikka kustannuksia työmaan tuotannossa tai hankinnan sopimuksissa</p>

### **3 RAKENNUSTYÖMAIDEN LOGISTIIKAN HALLINTA KOHDEYRITYKSESSÄ**

#### **3.1 Yritysesittely**

Kohdeyritys on yksi Suomen suurimmista rakennusliikkeistä ja merkittävä pohjoismainen rakennusliike. Yrityksellä on toimintaa 11 maassa ja sillä on noin 10 000 työntekijää. Sen liikevaihto oli vuonna 2018 noin 3.8 miljardia euroa. Yritys jakautuu kuuteen segmenttiin, jotka ovat asuminen Suomi ja CEE, asuminen Venäjä, kiinteistöt, toimitilat, infraprojektit sekä päällystys. Toimitilarakentamisen-segmentti keskittyy tuotanto-, liike- ja logistiikkatilojen uudis- sekä korjausrakentamiseen. Lisäksi se tekee julkisten rakennusten hankkeita sekä elinkaarihankkeita ja kiinteistökehitystä. Toimitilat-segmentti muodostaa noin yhden miljardin yhtiön koko liikevaihdosta. (Kohdeyritys, 2019)

#### **3.2 Rakennustyömaiden logistiikan nykytilan kartoittaminen**

Kohdeyrityksen toimitilarakentamisen logistiikan nykytila on kartoitettu haastattelu- ja kyselytutkimuksen avulla. Kyselytutkimuksen avulla selvitettiin logistiikan hallintaa koko kohdeyrityksen toimitilarakentamisessa. Haastattelututkimuksen avulla tarkennettiin logistiikan hallinnan menetelmien hyödyntämistä yksittäisillä rakennustyömailla, jotka olivat kokoluokaltaan ja toteutukseltaan erilaisia. Lisäksi nykytilan selvittämiseen on käytetty yksittäisiltä hankkeilta saatua logistiikkaan ja sen kustannuksiin liittyvää materiaalia sekä työmaakäyntien havaintoja kahdelta eri rakennustyömaalta. Saatuja vastauksia ja materiaaleja on peilattu toisiinsa sekä työssä laadittuun analyysikehikkoon.

Haastattelututkimus toteutettiin puolistrukturoituna haastatteluna eli teemahaastatteluna. Siinä kysymykset muodostetaan aihealueen pohjalta kaikille haastatelluille samalla tavalla, mutta vastaukset voidaan antaa haastattelijoittain eri kysymyksistä vapaammin. (Vilka et al., 2005, s.101-102). Haastateltaville esitettiin kysymyksiä liittyen työmaalogistiikan hallintaan, minkä tavoitteena oli selvittää analyysikehikossa käsiteltyjen asioiden käyttöä rakennustyömailla ja tarkentaa kyselytutkimuksen vastauksien syitä. Haastattelukysymykset ovat esitetty liitteessä 1. Haastattelut kestivät keskimäärin noin yhden tunnin.

Haastateltavat valittiin yrityksen rakennustyömaiden tuotannosta ja he kaikki olivat perehtyneet rakennustyömaan logistiikkaan. Haastateltavia valittiin uudis- ja korjausrakentamisesta, jotta voidaan vertailla mahdollisia eroja toimintatavoissa sekä toimintaympäristössä. Haastateltavien perustiedot ovat esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Haastateltavien tehtävä, työmaa ja toimiala

Haastateltava	Tehtävä	Työmaa	Toimiala
Haastateltava 1	Työmaapäällikkö	Työmaa 1	Korjausrakentaminen
Haastateltava 2	Projekti-insinööri	Työmaa 2	Uudisrakentaminen
Haastateltava 3	Työnjohtaja	Työmaa 3	Uudisrakentaminen

Kyseiset rakennustyömaat valittiin haastattelun kohteeksi, koska ne ovat kokoluokaltaan ja sijainneiltaan toisistaan poikkeavia. Työmaa 1 sijaitsee pääkaupunkiseudulla alueella, jossa rakentamisen logistiikan haasteena on erityisesti vähäinen varastointitila sekä vilkas liikenne. Hankkeen kustannukset ovat noin kuusi miljoonaa euroa.

Työmaa 2 sijaitsee pääkaupunkiseudulla erittäin vilkkaan liikenneverkon alueella. Hankkeen läheisyydessä on junarata sekä Helsingin keskustaan kulkevia pääväyliä. Erityispiirteenä on, että kyseinen hanke sisältää useampia rakennustyömaita, mikä vaikeuttaa logistiikan hallintaa. Kokonaiskustannuksiltaan hanke on noin miljardi euroa.

Työmaa 3 on pääkaupunkiseudulla. Logistiikan kannalta työmaasta erittäin vaikean tekee lentotoiminnan aiheuttamat haasteet. Kuljetukset työmaalle vaativat erikoisjärjestelyitä viranomaisten kanssa ja käytössä olevat varastointimahdollisuudet ovat hyvin vähäiset. Yhteensä työmaan kustannukset ovat noin 80 miljoonaa euroa.

Kyselytutkimuksella kartoitettiin yrityksen logistiikassa yleisesti käytössä olevia periaatteita sekä logististen toimintojen nykytilaa yrityksessä. Lisäksi tutkittiin myös erilaisia käytössä olevia logistiikkajärjestelmiä, esivalmistusta logistiikan tukena ja digitalisaation vaikutusta logistiikkaan. Kyselytutkimus lähetettiin toimitilarakentamisen yksiköiden työmaatoimihenkilöille lukuun ottamatta Pohjois-Suomea. Yhteensä kysely lähetettiin 475 vastaanottajalle, joista kyselyyn vastasi 84 toimihenkilöä. Kyselytutkimuksen vastausprosentti oli 17,7 prosenttia.

Kyselytutkimuksessa käytettiin logistiikkaratkaisuiden ja niiden vaikutuksien selvittämiseen viisiportaista vastausvaihtoehto menetelmää sekä kirjallisia vastauksia. Kirjallisten vastauksen avulla annettuja vastauksia pystyi perustelemaan, mikä tarjosi diplomityöntekijälle mahdollisuuden analysoida tarkemmin syitä vastauksille. Lisäksi osassa kysymyksistä oli mahdollista valita annettujen vastausvaihtoehtojen pohjalta useita kohtia vastaajan omien

mielipiteiden mukaisesti. Kysymykset laadittiin luvussa kaksi muodostetun analyysikehikon avulla. Kyselytutkimuksen vastauspohja on esitetty liitteessä 2.

Kysely toteutettiin käyttämällä yrityksen käytössä olevaa Questback-kyselytutkimusohjelmistoa. Linkki laadittuun kyselyyn lähetettiin vastaanottajien sähköpostiin, mutta kyselyn vastaukset olivat täysin anonyymejä.

Kyselytutkimuksessa vastauksia tuli yhteensä 25 eri työmaalta. 84 vastaajasta 76,2 prosenttia työskenteli uudisrakentamisessa ja 23,8 prosenttia korjausrakentamisessa. Vastaajien työtehtävät jakautuivat taulukon 4 mukaisesti. Vastaajista ”muu, mikä” – kohdan valinneista kuusi henkilöä ilmoitti tehtäväkseen hankintainsinöörin ja viisi henkilöä aluevastaavan tehtävät. Kyselyyn saatiin erilaisia näkökantoja liittyen logistiikan hallintaan, koska vastanneiden henkilöiden tehtävät poikkeavat toisistaan. On kuitenkin huomioitava, että työmaatehtävien eroavaisuudet voivat vaikuttaa myös vastaajien näkökulmaan työmaalogistiikasta.

Taulukko 4. Kyselyyn vastanneiden työtehtävät

Tehtävä	Prosenttia	n-luku
Työmaapäällikkö	7,1%	84
Työnjohtaja	51,2%	
Työmaainsinööri	21,4%	
Projekti-insinööri	7,1%	
Muu, mikä?	13,1%	

Kyselyyn vastanneiden työmaiden tietoja selvittävässä kysymyksissä vastaukset jakautuivat taulukon 5 mukaisesti. Yli puolet työmaista olivat kokoluokaltaan yli 20 000 neliometriä. Lisäksi kustannukset olivat lähes puolella vastaajien rakennustyömaista vähintään 40 miljoonaa euroa. Tämän perusteella voidaan havaita, että toimitilarakentamisen kohteet ovat yleensä suuria pinta-alaltaan ja kustannuksiltaan.

Logistiikan kannalta on kuitenkin oleellista huomata, että yli puolessa kohteista varastointitilaa työmaan ympärillä on alle 1000 neliometriä tai pienimmillään alle 50 neliometriä, kuten taulukosta 5 havaitaan. Avoimien vastauksien perusteella logistiikan kannalta kaikista ahtaimmat kohteet sijaitsevat yleensä ydinkeskustassa ja ovat korjausrakentamisen hankkeita. Pienet varastointialueet haastavat koko työmaan logistiikan ja vaativat tarkempaa suunnittelua sekä uusien menetelmien käyttöönottoa.

Taulukko 5. Kyselyyn vastanneiden rakennustyömaiden tietoja

<b>Työmaan kokoluokka</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
0-1000 m <sup>2</sup>	2,4%	84
1000-5000 m <sup>2</sup>	9,5%	
5000-10 000 m <sup>2</sup>	20,2%	
10 000 - 20 000 m <sup>2</sup>	15,5%	
20 000 - 30 000 m <sup>2</sup>	15,5%	
Yli 30 000 m <sup>2</sup>	36,9%	
<b>Työmaalla käytettävissä oleva varastointialue rakennuksen ympärillä</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
0 - 50 m <sup>2</sup>	7,2%	83
50 - 250 m <sup>2</sup>	15,7%	
250 - 1000 m <sup>2</sup>	32,5%	
Yli 1000 m <sup>2</sup>	44,6%	
<b>Työmaan kustannukset</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Alle 1 miljoonaa euroa	2,4%	83
1-5 miljoonaa euroa	2,4%	
5-10 miljoonaa euroa	7,2%	
10-20 miljoonaa euroa	22,9%	
20-40 miljoonaa euroa	18,1%	
Yli 40 miljoonaa euroa	47,0%	

### 3.2.1 Lean-ajatteluun pohjautuva logistiikan hallinta kohdeyrityksen rakennustyömailla

#### Tahtiaikataulu rakennustyömailla

Haastatteluiden perusteella tahtiaikataulu oli käytössä ainoastaan haastateltavan 1 työmaalla, jossa sen käyttöä kokeiltiin ensimmäistä kertaa yrityksen toimitilarakentamisen korjaushankkeessa. Työmaalla tahtiaikataulun oli todettu kokonaisuudessaan selkeyttävän toimintaa työmaan logistiikassa. Sen avulla saatiin toistuvuutta ja selkeät aloitukset sekä lopetukset työvaiheille. Logistiikan osalta työmaan täytyi muuttaa perinteisiä toimintamenetelmiä ja luoda erillinen logistiikan toimitusaikataulu. Tämä oli kuitenkin haastateltavan mielestä aiheuttanut pelkästään positiivisia muutoksia. Tuotannossa ei myöskään ollut vastustettu uuden menetelmän käyttöönottoa. Hieman haasteita oli kuitenkin aiheuttanut osa urakoitsijoista, jotka eivät sisäistäneet uudesta menetelmästä logistiikkaan saatavaa kokonaisyötyä.

Muut haastateltavat suhtautuivat hyvin varauksella tahtiaikataulun käyttöön ja siitä logistiikkaan saataviin hyötyihin. He kokivat menetelmän toteuttamisen isoilla työmailla todella haastavaksi, koska se vaatisi paljon enemmän ennakkosuunnittelua kuin nykyinen malli.

Kyselytutkimuksen tahtiaikatauluosuuden tulokset ovat esitetty taulukossa 6. Kyselyn mukaan vain noin 15 prosentilla rakennustyömaista on käytössä tahtiaikataulu. Tämä osoittaa,

että Lean-ajatteluun pohjautuvaa tuotannonohjausta ei ole vielä otettu käyttöön juuri ollenkaan kohdeyrityksen toimitilarakentamisen työmailla.

Taulukko 6. Tahtiaikataulun käyttö rakennustyömailla

<b>Työmaalla on käytössä tahtiaikataulu</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Kyllä	14,5%	83
Ei	85,5%	
<b>Tahtiaikataulun avulla on saatu parannettua kuljetuksien täsmällisyyttä</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Ei ollenkaan	8,3%	12
Vähän	8,3%	
En osaa sanoa	83,3%	
Melko paljon	0,0%	
Paljon	0,0%	

Tahtiaikataulun vaikutuksia arvioitaessa yli 83 prosenttia vastaajista, joiden työmaalla tahtiaikataulu on käytössä, ei ole osannut sanoa tahtiaikataulun vaikutuksista kuljetuksien täsmällisyyteen. Loput vastaajista ovat kokeneet saaneensa vähän hyötyä tai ei ollenkaan, kuten havaitaan taulukosta 6.

Vastauksien perusteella Lean-ajattelu ja tahtiaikataulun käyttö nykyisellään ei ole logistiikan kannalta optimaalisesti käytössä. Analyysikehikon perusteella tahtiaikataulun oikeaoppinen käyttö voi tehostaa logistiikan toimintaa. Osalla kohdeyrityksen rakennustyömaista on kuitenkin saatu myös hyviä tuloksia. Haastattelun perusteella tahtiaikataulun käyttö oli auttanut työmaan logistiikassa paljon, kun järjestelmä oli toteutettu yksinkertaisesti. Tästä havaitaan, että kehitystä on kuitenkin tapahtumassa kohti uusia Lean-ajatteluun pohjautuvia toimintamenetelmiä.

### **JIT-perusteet rakennustyömaiden logistiikassa**

Kaikilla haastatelluilla rakennustyömailla oli yritetty hyödyntää JIT-perusteita. Haastateltavan 1 työmaalla JIT-perusteet oli hoidettu yksittäisenä viikonpäivänä suoritettavilla materiaalikuljetuksilla. Haastateltavan 2 työmaalla JIT-periaatteita on hyödynnetty käyttämällä kaikille toimittajille pakollista sähköistä kuljetusjärjestelmää, jolla toimitukset on saatu täsmällisemmäksi. Haastateltava 3 totesi, että JIT-periaatteita on yritetty hyödyntää työmaalla. Ongelmana on kuitenkin ollut, että kaikkia urakoitsijoita ei ole saatu sitoutumaan toimitusperiaatteisiin. Kehitysehdotuksena haastateltava totesi, että jokaisella urakoitsijalla ja heidän toimittajillaan pitäisi olla selkeästi määritellyt toimitusajat. Tämä oli kuitenkin jo toteutettu haastateltavan 1 työmaalla, joka oli tarjonnut selkeitä etuja materiaalivirran hallintaan.



Analyysikehikkoon peilattuna JIT-perusteet vaativat huomattavasti enemmän tuotannon ja logistiikan suunnittelulta. Haastateltavien vastuksista voidaan päätellä, että menetelmien hyödyntämiseen ei ole panostettu. Logistiikan vaiheiden suunnittelua parantamalla on kuitenkin saavutettu parempia tuloksia esimerkiksi haastateltavan 1 rakennustyömaalla.

### **Esivalmisteiden käyttö työmaan logistiikan tukena**

Esivalmistettuja tuotepaketteja, jotka valmistetaan työmaan väliavarastolla, oli käytetty haastateltajien perusteella vähän. Haastateltavan 1 työmaalla ei ollut käytetty juurikaan esivalmisteita rakentamisen tukena. Osa rakennusmateriaaleista oli valittu niin, että rakenteisiin syntyy vähemmän työvaiheita.

Esivalmistettujen tuoteosatoimitusten saatavuutta ei ollut selvitetty urakoitsijoilta, mutta ne nähtiin haastateltavan 1 mukaan turhina kohteessa. Kaikki materiaalit saatiin hallitusti kohteeseen ja tarvittavan suuruisina kokonaisuuksina. Haastateltavan 1 mielestä pienemmällä rakennustyömaalla esivalmistettujen rakennusosien ei koettu tuovan juurikaan lisää hyötyä tehtävään.

Haastateltavan 2 mukaan työmaalla oli käytetty kylpyhuoneiden rakentamiseen tehdasvalmisteisia tilaelementtejä, joissa kaikki osat olivat valmiina. Tästä oli saatu huomattavia hyötyjä logistiikkaan, koska rakennusosat tulivat valmiina kokonaisuuksina. Tämä vähensi liikenteen ja materiaalin määrä työmaalla. Lisäksi rungon rakentamisessa oli käytetty valmiselementtejä. Haastateltava 2 totesi, että väliavarastoilla kasattuja esivalmisteita ei ollut vielä käytetty työmaalla. Niitä oli kuitenkin suunniteltu käytettäväksi työmaalla, kun yksi rakennusvaiheista päättyy ja logistiikan on oltava mahdollisimman tarkkaan suunniteltua jokaisen toimituksen osalta. Käytössä oleva rakennuksen alaosa ei saa häiriintyä rakentamisesta, vaikka yläpuolisia osia rakennetaan. Tämä erikoispiirre pakottaa käyttämään esivalmisteita, jotka kasataan väliavarastolla ja toimitetaan JIT-periaatteella.

Haastateltavan 3 mukaan työmailla oli käytetty esivalmisteita erityisesti rungon asennuksessa. Valmiit runkoelementit olivat helpottaneet huomattavasti logistiikkaa, koska kappaleet tulivat isoina kokonaisuuksina. Ne kuitenkin vaativat logistiikan suunnittelulta ja aikataulutukselta paljon. Logistiikan kulkureitit on pidettävä vapaina myös työmaalla, eikä vain suunnitelmissa. Tämä oli aiheuttanut haasteita kuljetuksien onnistumiseen.

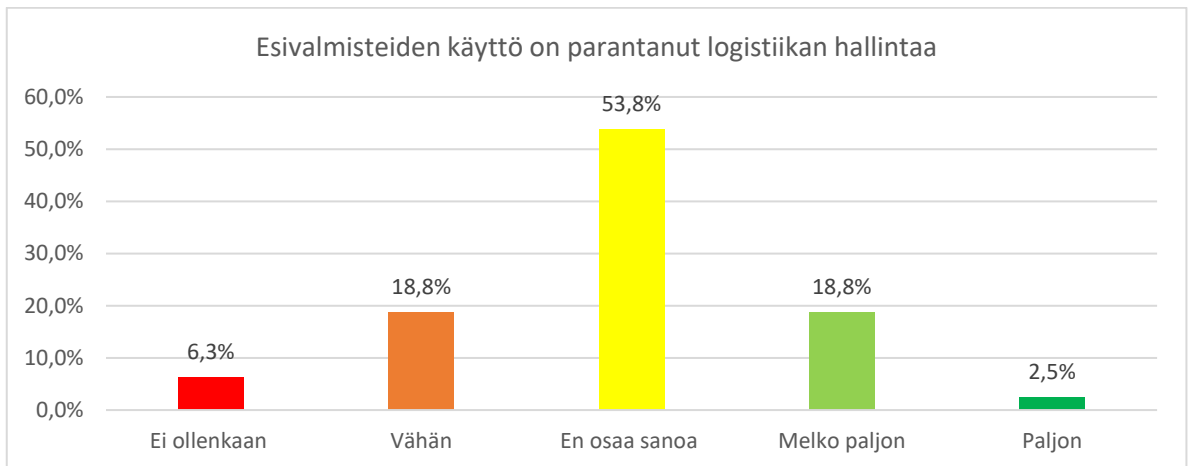
Kyselytutkimuksessa saadut vastaukset esivalmisteiden käytöstä rakennustyömailla ja niiden vaikutuksesta logistiikkaan on esitetty taulukossa 7. 69,9 prosenttia vastaajista ilmoitti,

että työmaalla käytetään esivalmisteita. 30,1 prosenttia vastanneista ilmoitti, ettei työmaalla käytetty esivalmisteita. Esivalmistuksen koettiin hyödyttävän nykytilassa logistiikkaa erityisesti runko- ja sisätyövaiheessa. Myös talotekniikan koki tärkeäksi osa-alueeksi logistiikan kannalta lähes 49 prosenttia vastaajista. Maarakennusvaiheessa vain noin 11 prosenttia vastaajista koki esivalmistuksen hyödyttävän logistiikkaa. Tästä voidaan havaita, että kyselytutkimuksessa saadut suosituimmat esivalmistuskohteet toistuivat myös haastatteluissa. Haastelluilla työmailla esivalmisteita ei käytetty ollenkaan maarakennusvaiheessa.

Taulukko 7. Esivalmisteiden käyttö työmaalla ja eniten hyödyttävät työvaiheet

<b>Työmaalla käytetään esivalmisteita</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Kyllä	69,9%	83
Ei	30,1%	
<b>Missä rakennusvaiheissa koet esivalmistuksen hyödyttävän logistiikkaa?</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Maarakennusvaihe	11,4%	70
Runkotyövaihe	77,1%	
Sisätyövaihe	65,7%	
Talotekniikka	48,6%	

53,8 prosenttia vastaajista ei osannut sanoa oliko esivalmisteiden käyttö parantanut logistiikan hallintaa niitä hyödyntäneillä rakennustyömailla, kuten havaitaan kuvasta 9. Tästä voidaan päätellä, ettei logistiikan ja esivalmisteiden suhdetta ole rakennustyömailla täysin tiedostettu. Analyysikehikon perusteella esivalmisteita käyttämällä pystytään vähentämään työmaalla syntyvän hukan määrää ja mahdollistamaan tarkempi logistiikka. 21,3 prosenttia vastaajista koki esivalmisteiden parantaneen logistiikan hallintaa melko paljon tai paljon. Kuitenkin vastaajista 25,3 prosenttia oli sitä mieltä, että esivalmisteet eivät parantaneet logistiikan hallintaa. Avoimissa vastauksissa kritisoitiin esimerkiksi rungon esivalmisteiden osia, joissa virheelliset kuormat ja toimitusajat olivat aiheuttaneet häiriöitä logistiikkaan. Tästä on kuitenkin havaittavissa, että ongelma logistiikan hallinnassa on ollut siis koko logistiikan tasolla sekä esivalmisteiden kuormien suunnittelussa. Paremmalla logistiikan suunnittelulla ja toteutuksella olisi voitu parantaa logistiikan tuloksia.



Kuva 9. Esivalmisteiden käytön hyödyt rakennustyömailla

### 3.2.2 Digitalisaatio kohdeyrityksen rakennustyömaiden logistiikan hallinnassa

#### Materiaalien paikkaseuranta logistiikan tukena

Paikkatietojärjestelmiä ei hyödynnetty työmaiden logistiikan hallinnassa haastatteluiden perusteella. Haastateltava 2 kuitenkin totesi, että käytännössä käytössä olevan sähköisen logistiikan varausjärjestelmän avulla voitaisiin selvittää esimerkiksi päivittäin saapuvien kuormien määrä ja materiaalit. Ongelmana tässä ovat kuitenkin ilmoittamattomat kuormat, jotka eivät näy järjestelmässä sekä puutteelliset paikkaseurantajärjestelmät.

Rakennustuotteiden paikkaseuranta on toimitilarakentamisen työmailla harvinaista myös kyselytutkimuksen perusteella, kuten havaitaan taulukosta 8. Rakennustuotteille ei ole käytössä paikkaseuranta 97,6 prosentissa työmaista. Vain 2,4 prosentilla työmaista on käytössä paikkaseuranta, mikä tarkoittaa tässä kyselyssä ainoastaan kahta vastaajaa. Avoimien vastauksien perusteella voidaan jopa epäillä, että seurantamenetelmiä ei ole käytetty, koska avoimia vastauksia ei annettu kysymyksen osalta ollenkaan. Analyysikehikon perusteella paikkaseurannan puute on kuitenkin ongelma työmaiden logistiikassa, koska materiaalien paikkoja tai materiaalmääriä ei tiedetä. Ilman materiaalien seuranta ei myöskään pystytä määrittelemään esimerkiksi varastotasoja työmaalla tai seuraamaan materiaalien ylimääräisiä siirtoja, mikä heikentää tuottavuutta analyysikehikon perusteella.

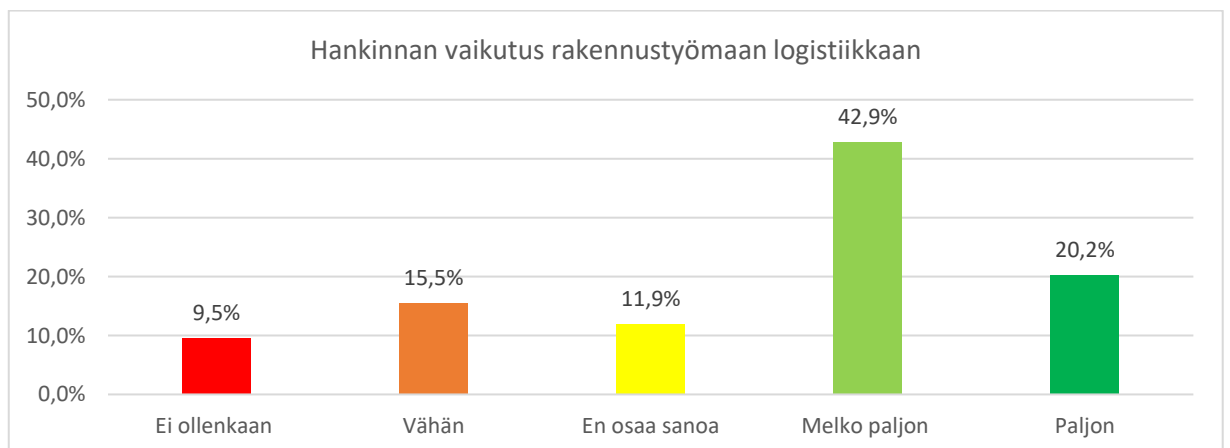
Taulukko 8. Rakennustuotteiden paikkaseuranta

Työmaalla on käytössä rakennustuotteille paikkaseuranta?	Prosenttia	n-luku
Kyllä	2,4%	84
Ei	97,6%	
Paikkaseuranta on helpottanut työmaan logistiikkaa?	Prosenttia	n-luku
Ei ollenkaan	0,0%	2
Vähän	0,0%	
En osaa sanoa	50,0%	
Melko paljon	50,0%	
Paljon	0,0%	

### 3.2.3 Hankinta kohdeyrityksen rakennustyömaiden logistiikassa

#### Hankinnan vaikutus rakennustyömaiden logistiikkaan

Hankinnan merkitys logistiikkaan - kysymykseen vastanneiden 84 henkilön vastaukset on esitetty kuvassa 10. Vastauksista voidaan havaita, että 63,1 prosenttia vastanneista pitää hankintaa logistiikkaan melko paljon tai paljon vaikuttavana tekijänä. Avoimissa vastauksissa korostetaan hankinnan laatimien sopimusten merkitystä tuotteiden oikea-aikaiseen kuljetukseen. Hankinnan todetaan myös mahdollistavan koko logistiikan toimintamallien selkeyttämisen. Yllättävää on, että 9,5 prosenttia pitää hankinnan merkitystä logistiikkaan olemattomana. Analyysikehikon perusteella hankinta on kuitenkin tiukasti sidoksissa logistiikkaan ja määrittelee lopulta, miten rakennustyömaan logistiikka toteutetaan hankintasopimuksien avulla. Tämän perusteella yrityksessä hankinnan ja logistiikan merkitystä olisi korostettava työmaatuotannon osana. Nykyinen joidenkin henkilöiden poikkeava näkökanta voi aiheuttaa haasteita tulevaisuudessa, kun työmaan eri osa-alueet eivät tunnista toistensa vaikutusta omaan toimintaansa.



Kuva 10. Hankinnan vaikutukset rakennustyömaan logistiikan hallintaan

## **Logistiikan ulkoistaminen rakennustyömailla**

Kaikilla haastateltavien työmailla oli käytössä logistiikkaurakoitsija. Korjausrakentamisen puolella työmaa oli kuitenkin haastateltavan 1 ensimmäinen, jossa käytettiin logistiikkaurakoitsijaa. Sen käytön todettiin kaikissa haastatteluissa tuoneen hyötyä logistiikan hallintaan. Haastatteluissa kävi ilmi, että logistiikkaurakoitsijan käytössä on myös haasteita. Tämän toiminta on liian paljon sidoksissa pelkästään palvelun tuottavan yrityksen henkilöstön ammattitaitoon logistiikan hallinnassa, joka on linjassa myös analyysikehikon tuloksiin.

Haastateltavan 1 mukaan logistiikkaurakoitsija oli helpottanut työmaan toimintaa. Logistiikkaurakoitsijan toiminta selkeytti koko työmaan logistiikan hallintaa. Lisäksi kohdeyrityksen toimihenkilöresursseja saatiin hyödynnettyä muualla. Kohteen logistiikkaurakoitsija oli halukas kehittämään toimintaa ja haastateltava oli käynyt keskusteluja palveluja tuottavan yrityksen kanssa mahdollisista kehitystoimenpiteistä tulevaisuudessa. Logistiikkaurakoitsijan toimintaa ohjasi työmaainsinööri, joka huolehti logistiikkaurakoitsijan ja kohdeyrityksen välisen sopimuksen noudattamisesta. Tehtävä hoidettiin oman toiminnan ohella.

Haastateltava 2 totesi, että logistiikkaurakoitsijan toiminnasta oli saatu paljon hyötyä. Heidän vastuullaan oli esimerkiksi työmaankulkuporttien vartiointi, jonka avulla kuormien toimituksiin saatiin selkeyttä. Haasteita oli kuitenkin suurella työmaalla kohdattu tarvittavan ammattitaidon puuttumisella. Logistiikkaurakoitsijan konsepti oli aliurakoitsijalle vielä suhteellisen uusi ja he käyttivät omia aliurakoitsijoita, joiden osaaminen ei ollut vakuuttanut työmaan toimihenkilöitä. Myöskään kohdeyrityksen oma toiminta logistiikan osalta ei aina ollut onnistunut. Logistiikkaurakoitsija kuitenkin oli jatkuvasti halukas kehittämään toimintaa työmaalla ja omassa yrityksessään. Tämä oli haastateltavan mukaan näkynyt suorituksissa positiivisesti. Kohdeyrityksellä oli työmaalla käytössä logistiikkapäällikkö, jonka vastuulla oli kokonaisuudessaan logistiikkaurakoitsijan sekä kolmen yrityksen oman logistiikkatyönjohtajan ohjaaminen.

Haastateltava 3 totesi logistiikkaurakoitsijan hyödyksi erityisesti kohdeyrityksen työnjohtajien työkuorman vähenemisen. Logistiikkaurakoitsija saa hoidettua haastateltavan mukaan logistiikkatehtävät huomattavasti paremmin kuin kohdeyrityksen työnjohtaja muiden töiden ohella. Kohteessa logistiikkaurakoitsijalta ei oltu tiedusteltu palveluiden kehittämisestä, eikä asiaa ollut aktiivisesti otettu esille. Logistiikkaurakoitsijan toimintaa kohteessa ohjasi yrityksen rakennustyönjohtaja oman toiminnan ohella. Haastateltava kuitenkin totesi tämän olleen erittäin haastavaa, koska logistiikan hallinta on suuri kokonaisuus. Näin ollen

työnjohtajan pitäisi keskittyä pelkästään logistiikan hallintaan, jos lopputuloksesta halutaan onnistunut, kuten myös analyysikehikossa havaittiin.

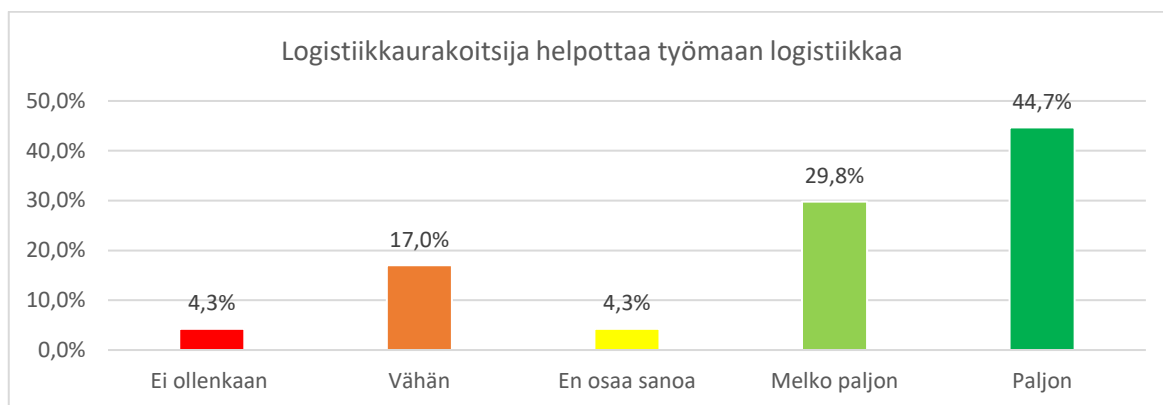
Logistiikan vastuun jakautumista yrityksessä ja mahdollisen logistiikkaurakoitsijan käytöstä esitettyjen kyselytutkimuksen kysymysten vastaukset ovat taulukossa 9. 51,8 prosenttia vastaajista ilmoitti, että työmaalla on nimetty yrityksen oma logistiikan vastuuhenkilö. Lukua voidaan pitää suhteellisen alhaisena, koska selkeä vastuuhenkilö rakennustyömaan logistiikassa parantaa analyysikehikon ja haastatteluiden perusteella kohteen logistiikkaa. Vastan- neista 8,4 prosenttia ei tiennyt onko logistiikalle nimetty omaa vastuuhenkilöä. Tämän pe- rusteella logistiikkaa ei korosteta työmaiden arjessa, koska kaikki työmaantoihimenkilöt ei- vät tiedä kenen vastuulla kohdeyrityksen rakennustyömaan logistiikka on.

Taulukko 9. Logistiikan rakennustyömaan vastuuhenkilöt ja logistiikkaurakoitsijat

<b>Logistiikkaan on nimetty yrityksen oma vastuuhenkilö</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Kyllä	51,8%	83
Ei	39,8%	
En tiedä	8,4%	
<b>Työmaalla on käytössä logistiikkaurakoitsija</b>	<b>Prosentti</b>	<b>n-luku</b>
Kyllä	56,6%	83
Ei	43,4%	

Logistiikkaurakoitsija oli käytössä 56,6 prosentilla työmaista, mikä on esitetty taulukossa 9. Käyttöasteen perusteella logistiikkaurakoitsijoiden käyttö ei ole kohdeyrityksessä vielä ko- vinkaan yleistä. Analyysikehikon ja haastatteluiden perusteella toimintaan kuitenkin kannat- taa panostaa ja sen avulla logistiikkaa voidaan selkeyttää.

Logistiikkaurakoitsijoita hyödyntävien työmaiden vastaajista 44,7 prosenttia ilmoitti siitä saatavan hyötyä paljon ja 29,8 prosenttia melko paljon, kuten havaitaan kuvasta 11. Avoi- missa vastauksissa logistiikkaurakoitsijaa oli pidetty erittäin hyvänä ratkaisuna, koska ky- seisiltä urakoitsijoilta löytyy tarvittava erityisosaaminen ja se vähentää yrityksen oman työn- johdon työmäärää. Kuitenkin vastaajista 4,3 prosenttia on kokenut, ettei logistiikkaan saa- vuteta sen avulla hyötyjä ja 17 prosenttia vain vähäisesti. Avoimien vastauksien perusteella ongelmat ovat johtuneet usein valitun urakoitsijan osaamattomuudesta hoitaa tehtävänsä. Valinta on näin ollen mahdollisesti epäonnistunut hankintavaiheessa, koska urakoitsijan ky- vykkyyttä suoriutua tehtävästä ei ole pystytty selvittämään.



Kuva 11. Logistiikkaurakoitsijan vaikutus työmaan logistiikkaan

### 3.2.4 Logistiikan suunnittelu kohdeyrityksen rakennustyömailla

#### Logistiikkasuunnitelman laatiminen rakennustyömailla

Kaikilla haastateltavien työmailla logistiikasta oli laadittu erillinen logistiikkasuunnitelma, joka oli tehty työmaan aluesuunnitelman perusteella. Logistiikkasuunnitelmassa oli huomioitu aluesuunnitelman mukaiset perusasiat ja korostettu työmaan erityispiirteitä kaikissa kohteissa.

Haastateltava 1 kertoi, että työmaalle laadittiin erillinen logistiikkasuunnitelma aluesuunnitelman avulla. Siinä oli panostettu erityisesti jätehuollon sijoitteluun ahtaalla varastointialueella sekä ajoneuvojen kulkureitteihin. Erikoispiirteenä oli, että logistiikkasuunnitelma oli tehty myös rakennuksen sisäpuoliselle alueelle kerroksittain. Korjausrakentamisen kohteessa tämä on haastateltavan mukaan tarpeellista, koska käytössä oli tahtiaikataulututuotanto. Suunnitelma oli toteutettu sähköisenä versiona, mutta siitä oli laadittu myös fyysisiä dokumentteja työmaalle. Logistiikkasuunnitelma työmaalla laadittiin käytännössä vain omin resurssein. Sen päivittämiseen kuitenkin käytettiin logistiikkaurakoitsijaa, jonka kanssa suunniteltiin käytännön työn toteutusta.

Haastateltavan 2 työmaalla logistiikkasuunnitelma oli laadittu aluesuunnitelman pohjalta sähköisenä versiona. Suunnitelma oli toteutettu tietomalliin, jossa se pystytään esittämään 3D-muodossa ja tarvittaessa siitä saatiin myös 2D-esityksiä. Suunnitelma on keskittynyt työmaan ulkopuolisten alueiden suunnitteluun, eikä kohteen sisäpuolen logistiikkaa ole erikseen suunniteltu. Sisäpuolelta logistiikan osalta suunnitelmissa esitetään ainoastaan kulkureitit. Haastateltava totesi vastuun rakennuksen sisäpuolisesta logistiikasta olevan yksittäisten työnjohtajien hallussa omilla alueillaan.

Logistiikkasuunnitelmassa oli huomioitu kaikkien työmaan 2 hankkeella olevien rakennustyömaiden logistiikka. Siinä oli esitetty eri rakennustyömaille varattuja varastointialueita. Lisäksi oli otettu käyttöön varastointialueita mahdollisille kiiretoimituksille, jossa materiaaleja voidaan varastoida maksimissaan 24 tuntia. Niiden avulla on mahdollista hyödyntää myös Lean-ajattelua, kun materiaalien virtaus saadaan paremmaksi.

Työmaalla 2 logistiikan suunnittelua ei ollut toteutettu kokonaan yrityksen omin resurssein, vaan aluesuunnitelman ja sen sisältämän tarkennetun logistiikkasuunnitelman laatimisesta vastasi logistiikkaurakoitsija. Logistiikkaurakoitsija teki yhteistyötä työmaan tuotantotoimihenkilöiden ja tietomallikoordinaattorin kanssa. Logistiikkaurakoitsijan laatiman suunnitelman oli todettu helpottavan toimintaa. Suunnitelman laatu oli parempi, kun suunnitteluun keskityttiin joka viikko, eikä sitä tehty vain oman toiminnan ohessa.

Haastateltava 3 totesi, että suunnitelmassa oli kyseisellä työmaalla keskitytty lentoaseman aiheuttamiin erityispiirteisiin. Ajoneuvojen kulkureitit ja materiaalien varastointipaikat olivat suunniteltu tarkasti, koska tilaa oli vähän ja liikenne työmaalle kulki vartioitujen alueiden läpi. Logistiikkasuunnitelma käytiin läpi myös kaikkien työmaalla aloittavien aliurakoitsijoiden työnjohdon kanssa sopimusvaiheen aikana. Logistiikan suunnittelu oli tehty kohteessa vain kohdeyrityksen omin henkilöstöresurssein. Haastateltava totesin sen vieneen huomattavasti aikaa työmaatoimihenkilöiden muilta tehtäviltä. Lisäksi tämän seurauksena suunnitelma oli usein vanhentunut, eikä päivityksiä tehty tarpeeksi usein.

Logistiikkasuunnittelun kyselytuloksen vastaukset näkyvät taulukossa 10. Vastauksista havaitaan, että 78,3 prosentissa kohteista on laadittu erillinen logistiikkasuunnitelma tai siihen on panostettu tavanomaista enemmän. Mainittavaa kuitenkin on, ettei 21,7 prosentissa rakennustyömaista ole panostettu erikseen logistiikan suunnitteluun. Tämä aiheuttaa logistiikan hallintaan epäselvyyttä. Kyselyn avoimista vastauksista käy ilmi, että osa työmaista sijaitsee logistiikan kannalta todella avoimissa olosuhteissa melko kaukana muusta rakennetusta ympäristöstä, joten suunnittelua ei ole nähty tarpeelliseksi. Tämän ei kuitenkaan pitäisi olla syy jättää logistiikan suunnittelua tekemättä, koska sen vaikutukset koko työmaan toimivuuteen ovat analyysikehikon perusteella huomattavat ja siitä on saatu hyötyjä myös haastateltujen rakennustyömailla.

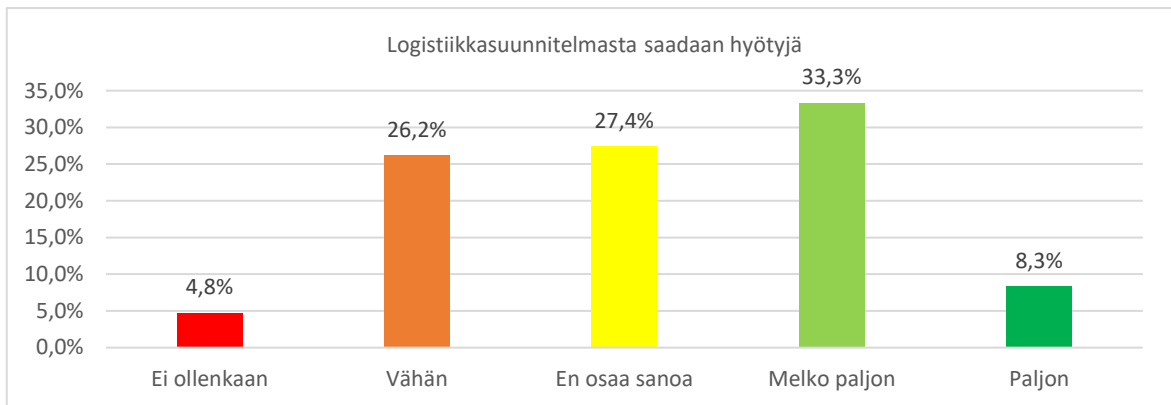


Taulukko 10. Logistiikan suunnittelu kyselyyn vastanneiden rakennustyömailla

Logistiikasta on laadittu työmaalla erillinen logistiikkasuunnitelma	Prosenttia	n-luku
Kyllä	78,3%	83
Ei	21,7%	
Logistiikkasuunnitelma on laadittu:	Prosenttia	n-luku
Fyysisenä dokumenttina	53,1%	64
Tietomallipohjaisena (BIM)	6,3%	
Sähköisenä dokumenttina	70,3%	
Muu, mikä	6,3%	

Logistiikkasuunnitelmia tehdään kohdeyrityksessä eniten fyysisenä ja sähköisenä dokumenttina. Hyvin usein ne ovat toistensa yhdistelmiä, ja sähköisen dokumentin pohjalta tuostetaan fyysinen dokumentti esitettäväksi esimerkiksi työmaan sosiaalitulojen seinällä. Tietomalliin perustuvat dokumentit eivät kuitenkaan vielä ole työmailla yleistyneet, vaikka ne selkeyttävät logistiikan suunnittelua analyysikehikon perusteella. Kysymykseen logistiikkasuunnitelman laadintaperiaatteesta on voinut vastata valitsemalla useamman vaihtoehdon. Tämän takia kokonaisvastausprosentti kohoaa yli 100 prosenttiin, taulukossa 10.

Tarkemmasta logistiikan suunnittelusta koettu hyöty on ollut vaihtelevaa, kuten havaitaan kuvasta 12. 41,6 prosenttia vastaajista on kokenut logistiikan suunnittelun hyödyttävän paljon tai melko paljon työmaan logistiikkaa. 31,0 prosenttia vastaajista on kuitenkin todennut hyödyn olevan vähäistä tai eivät ole osanneet sanoa saatuja hyötyjä. Kirjallisten vastauksien perusteluista kuitenkin käy ilmi, että suunnitelmat nähdään usein olevan turhia, koska heti ensimmäiset muutokset rakennustyömaan ympäristöön heikentävät niiden arvoa. Toisaalta tämä on kohdeyrityksen logistiikan tulevaisuuden kannalta huono asia, koska suunnitelmat antavat kuitenkin lähtökohdat onnistumiselle. Täysin suunnittelemattomissa olosuhteissa ei työmaalla ole edes suuntaviivoja siitä, miten toimintaa pitäisi hallita tai kehittää.



Kuva 12. Logistiikkasuunnitelman hyödyt logistiikan hallintaan

### Kuljetuksien hallinnointiratkaisut rakennustyömailla

Kuljetuksien hallinnointiratkaisut vaihtelivat haastateltavien työmailla. Haastateltava 1 ilmoitti, että käytössä ei ollut kuljetuksien varaamiselle erillistä järjestelmää. Kuljetuksille oli varattu ainoastaan yksi virallinen päivä viikossa, joka oli perjantai. Lisäksi oli mahdollisuus varapäivään maanantaina. Menetelmä oli haastateltavan mukaan toimiva, koska se selkeytti työmaalle tulevien kuormien ajankohtaa ja toimi hyvin suhteellisen pienellä työmaalla.

Haastateltavan 2 työmaalla käytössä oli logistiikkaurakoitsijan tuottama sähköinen kuljetuksien hallintajärjestelmä. Siinä aliurakoitsija teki varauksen omalle kuljetukselleen kalenteriin ja ilmoitti sille halutun purkupaikan, jonka logistiikkaurakoitsija varmisti. Tämän menetelmän avulla logistiikkaurakoitsija pystyi myös vähentämään työmaata ruuhkauttavia kuljetuksia jakamalla kuormat tasaisesti eri aikoihin. Tarvittaessa työmaalla kuljettiin materiaaleja myös normaalityöajan ulkopuolella, jotta vältetään ruuhkilta. Logistiikkakalenteri oli kaikkien projektiin osallistuvien nähtävillä internetissä, joka mahdollistaa myös muille osapuolille logistiikan seurannan. Lisäksi kaikki osapuolet olivat velvoitettu käyttämään järjestelmää kuormien varaamiseen.

Haastateltavan 3 työmaalla oli ollut käytössä yksinkertainen sähköinen logistiikkakalenteri, josta huolehti logistiikkaurakoitsijan työnjohtaja. Kalenteri oli kaikkien työmaalla toimivien nähtävissä erillisessä sähköisessä työmaan ilmoitustaulussa ja internetissä. Siitä oli saatu hyötyjä vaihtelevasti, koska merkinnät kalenteriin teki logistiikkaurakoitsija toimittajien puhelinsitoilla ilmoittamien aikataulujen perusteella.

Työmaan logistiikan toimitusten hallintaa selvitettiin kyselytutkimuksessa erillisen kuljetusten varausjärjestelmän käyttöönoton avulla. Taulukossa 11 on esitetty varausjärjestelmien käyttöönotto rakennustyömailla ja sen tyyppi. Kyselyn mukaan 58,3 prosentissa työmaista

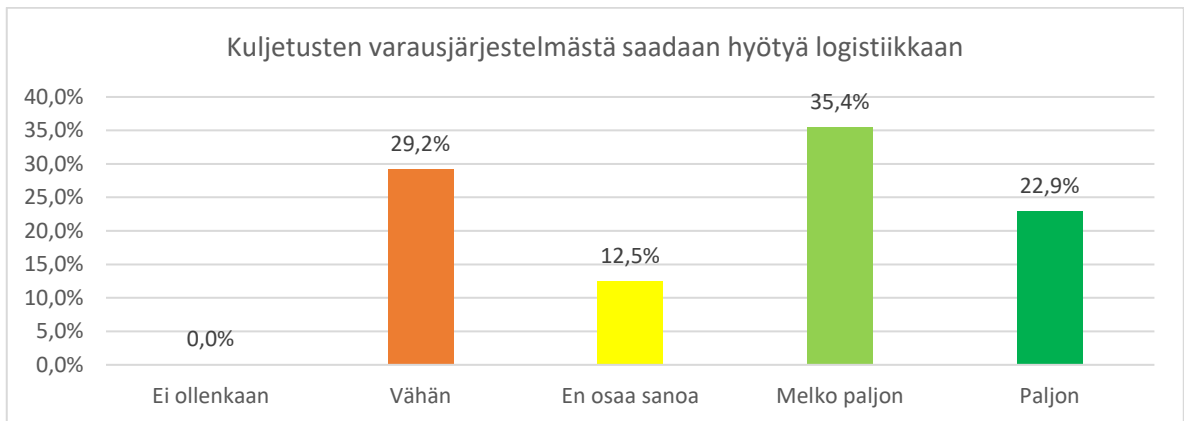
käytetään kuljetusten varausjärjestelmää. 41,7 prosenttia vastaajista ilmoitti, ettei työmaalla käytetä minkäänlaista varausjärjestelmää, joten kuormien saapuminen työmailla voi olla hyvin hallitsematonta. Käytännössä ilman erillistä varausjärjestelmää jokainen työnjohtaja tai muu vastuuhenkilö sopii toimittajien kanssa itse, milloin kuljetukset saapuvat työmaalle. Tämä aiheuttaa hallitsematonta tavaroiden varastointia työmaalle ja ylimääräisiä materiaali-siirtoja, kuten on todettu analyysikehikossa.

Taulukko 11. Rakennustyömaiden kuljetusten varausjärjestelmän käyttö

<b>Työmaalla on käytössä varausjärjestelmä kuljetuksille</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Kyllä	58,3%	84
Ei	41,7%	
<b>Varausjärjestelmäntyyppi:</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Paperi tai muu fyysinen järjestelmä	25,0%	48
Sähköinen järjestelmä	60,4%	
Edellisten vaihtoehtojen yhdistelmä	10,4%	
Muu, mikä?	4,2%	

Varausjärjestelmien tyyppi vaihtelee rakennustyömailla, kuten havaitaan taulukosta 11. Yli 60,4 prosenttia vastaajista ilmoittaa järjestelmän olevan sähköinen. Paperidokumentti tai muu fyysinen järjestelmä löytyy 25,0 prosentilta rakennustyömaista. Lisäksi sähköisen ja fyysisen järjestelmän yhdistelmiä käyttää 10,4 prosenttia. ”Muu, mikä” - kohdassa oli korostettu ulkoistettua varausjärjestelmää, jossa erillinen logistiikkaurakoitsija käyttää omaa varausjärjestelmäänsä.

Kuljetuksien varausjärjestelmästä vastaajat ovat kokeneet saavansa hyötyä kuvan 13 mukaisesti. Kukaan vastaajista ei ole kokenut, että varausjärjestelmä olisi täysin hyödytön. Tämän perusteella varausjärjestelmän käyttöönottoa ja hallintaa kannattaa kehittää kaikilla kohdeyrityksen rakennustyömailla, koska se on myös analyysikehikon perusteella hyödyllinen. Avoimien vastauksien perusteella ahtaassa ympäristössä varausjärjestelmä on vastaajien mielestä erityisen tärkeä. Eniten ongelmia järjestelmän käyttöön aiheuttaa se, etteivät toimittajat ilmoita kaikkia kuormia, vaan ne tulevat yllätyksenä rakennustyömaalle.



Kuva 13. Kuljetusten varausjärjestelmästä saatava hyöty logistiikan hallintaan

### 3.2.5 Logistiikan varastointiratkaisut kohdeyrityksen rakennustyömailla

#### Varastointimenetelmiä rakennustyömailla

Haastateltavien työmailla varastointiratkaisut poikkesivat huomattavasti uudis- ja korjausrakentamisen työmaiden välillä. Haastateltavan 1 rakennustyömaalla varastointitilaa ei käytännössä ollut, joten kaikki materiaali toimitettiin paikalle JIT-perusteita mukailleen. Aliurakoitsijat toimittivat seuraavalla viikolla tarvitsemansa materiaalit perjantaina ja ne vietiin suoraan työkohteeseen. Tällä tavoin menetettiin mahdollisimman vähän pinta-alaa työmaalta varastointiin ja varmistettiin työmaan tuottavuuden paraneminen. JIT-periaatteita hyödynnettäessä materiaalit eivät kuitenkaan saisi tulla myöskään liian aikaisin, kuten analyysikehikossa on havaittu. Todennäköisesti kohteen kokoluokka on ollut niin pieni, ettei liian aikaisin toimitettu materiaali ole aiheuttanut ongelmia ja on voitu käyttää materiaalitöimituksissa viikkosykliä.

Haastateltavan 2 työmaalla käytössä oli monia erilaisia varastointiratkaisuja. Työmaalla oli urakoitsijoittain jaettu varastointialueita, johon kuormat voitiin varastoida korkeintaan viikon ajaksi. Työmaan sopimuksissa oli rajoitettu, ettei materiaaleja saa toimittaa kuin korkeintaan viikon tarpeisiin. Varastointiratkaisuille suurin haaste oli ollut materiaalit, jotka tuodaan työmaalle, mutta joita ei viedä suoraan käyttökohteeseen. Tämä oli aiheuttanut epäselvyyttä ja ylimääräisiä materiaalien siirtoja.

Haastateltava 3 totesi, että työmaalla oli käytetty pääsääntöisesti varastointiratkaisuna logistiikkasuunnitelmassa esitettyjä varastointialueita. Niitä ei kuitenkaan ollut selkeästi jaoteltu urakoitsijoiden kesken, joten ajoittain alueiden käytöstä oli syntynyt riitaa eri osapuolien välillä. Logistiikkaurakoitsija kuitenkin pystyi hallitsemaan kokonaisuuden ja sai ongelmat

yleensä ratkaistua. Varastointiratkaisut olivat verrattavissa analyysikehikossa esiteltyyn perinteiseen toimintamalliin, joka aiheuttaa paljon tuotteiden vaurioitumista.

### **Välivarastoinnin hyödyntäminen rakennustyömailla**

Välivarastointia ei ollut käytetty haastateltavan 1 työmaalla, koska aliurakoitsijat toimittivat materiaalit suoraan omilta varastoilta, eikä se olisi pienessä kohteessa yksittäisenä haastateltavan mielestä tarjonnut mitään etuja. Välivarastointia ei ollut koettu tarpeelliseksi myöskään, koska kohteen kokoluokassa sen kustannukset olisivat olleet liian suuret, joka vahvistaa analyysikehikon tietoa siitä, että kustannukset rajoittavat usein välivarastojen käyttöä.

Haastateltavan 2 hankkeella välivarastointia oli käytetty rungon rakennuksen aikana. Teräsosat olivat tulleet ulkomailta, joten oli haluttu varmistua, että materiaalit saadaan varmasti varastoitua. Tulevaisuudessa välivarastoinnissa oli suunniteltu käytettävän myös tuotteiden esivalmistusta, koska seuraava rakennusvaihe vaatii poikkeavia järjestelyitä. Käytössä oleva rakennus aiheuttaa varsinkin logistiikkaan paljon haasteita, johon esivalmistus välivarastolla koetaan hyvänä ratkaisuna.

Haastateltavan 3 työmaalla välivarastointiin oli käytetty kohdeyritykselle vuokrattua varastoa, johon tuotteita oli mahdollista varastoida, jos työmaalla ei ollut tilaa. Ratkaisu ei kuitenkaan ollut toiminut kovinkaan hyvin, koska varastossa ei ollut varsinaista ylläpitäjää, eikä lämmitystä. Se ei myöskään sisältänyt minkäänlaista varastohallintajärjestelmää. Ennen työmaan valmistumista välivarastoa oli käytetty ratkaisuna ylimääräisen materiaalin pois viemiseen työmaalta. Kaikkien työmaan osapuolien ylimääräinen materiaali oli viety välivarastoon. Sieltä urakoitsijat olivat käyneet hakemassa rakennustyömaan loppuvaiheessa omat materiaalinsa ja ylimääräiseksi jääneet oli siirretty jätelavalle.

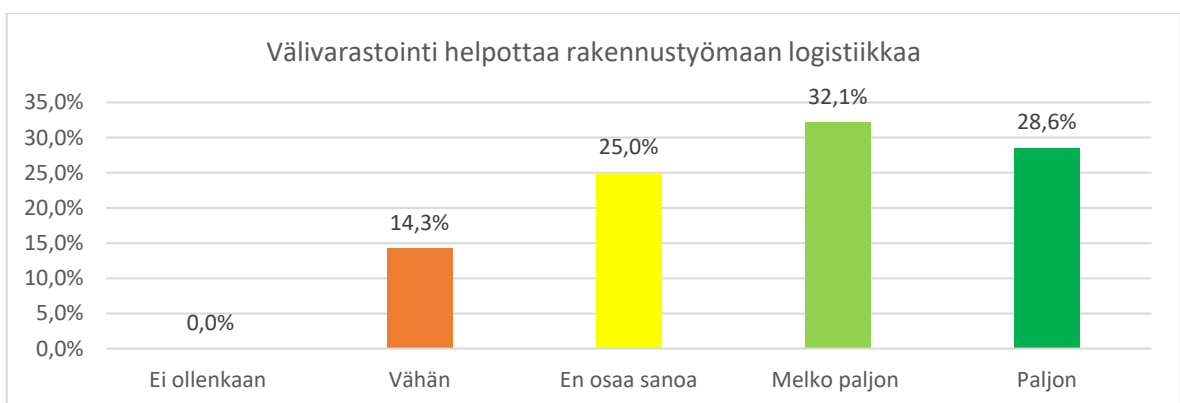
Välivarastointipalvelujen käyttö nykytilassa on kohdeyrityksessä myös kyselyn perusteella melko vähäistä, kuten taulukosta 12 voidaan havaita. Välivarastointipalveluita ei käytetä 66,7 prosentilla vastaajien työmaista. Työmaista 21,4 prosentilla yritys järjestää itse välivarastointipalvelun, johon avoimien vastauksien perusteella varastoidaan vain tuotteita, jotka tulevat väärään aikaan.

Taulukko 12. Välivarastointipalveluiden hyödyntäminen rakennustyömaan logistiikassa

<b>Työmaalla käytetään välivarastointipalveluja</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Kohdeyritys järjestää välivarastointipalvelun	21,4%	84
Logistiikkaurakoitsija järjestää välivarastointipalvelun	11,9%	
Ei käytetä välivarastointipalveluita	66,7%	

Väliavarastointia kuitenkin pidetään osassa avoimista vastauksista välttämättömänä, jotta vältytään työmailla varastoitavalta materiaalilta. Kyselyn perusteella on kuitenkin huomattavissa, että erillistä logistiikkaurakoitsijan järjestämää varastointipalvelua käytetään vain 11,9 prosentilla vastaajien rakennustyömaista. Näin ollen voidaan olettaa, että väliavarastointipalvelun kaikkea potentiaalia esimerkiksi tuotteiden yhdistelyssä tai paluulogistiikassa ei hyödynnetä, kuten havaittiin myös haastatteluissa. Analyysikehikon perusteella väliavarastoinnilla voidaan saavuttaa etua tuottavuuteen, kun ylimääräinen materiaali saadaan pois työmaalta ja kuljetukset täsmällisemmiksi sekä mahdollistetaan teollistuneempi rakennustapa.

Väliavarastointi on helpottanut logistiikkaa paljon tai melko paljon 60,7 prosentilla sitä käyttäneistä työmaista, kuten voidaan havaita kuvasta 14. Tämän perusteella se on kohdeyrityksen kannalta suhteellisen toimiva ratkaisu oikein käytettynä. Kukaan kyselyyn vastanneista ei ole todennut, ettei väliavarastoinnilla olisi minkäänlaisia helpottavia vaikutuksia logistiikkaan, mikä on linjassa myös analyysikehikon päätelmien kanssa. Väliavarastointipaikan on kuitenkin todettu avoimissa vastauksissa muuttuvan helposti kaatopaikaksi, johon tuotteet viedään hallitsemattomasti, mikä kuvaa, ettei käytetyissä varastoissa ole selkeää varaston hallintajärjestelmää.



Kuva 14. Väliavarastoinnin vaikutus rakennustyömaan logistiikkaan

### VMI-varastoinnin hyödyntäminen rakennustyömailla

Haastateltavan 1 työmaalle erillistä VMI-varastoa ei kohteessa käytetty, koska sille ei koettu olevan mitään tarvetta. Haastateltava 1 mukaan tahtiaikataulutuotanto piti huolen siitä, että materiaalien toimitukset oli sovittu tarkasti ja erillisiä täydennyksiä ei käytännössä tarvinnut tehdä.

Haastateltava 2 työmaalla oli käytetty VMI-varastointia, joka oli toteutettu perustamalla työmaalle erillinen pientuotemyymälä. Varaston oli todettu nopeuttavan varsinkin

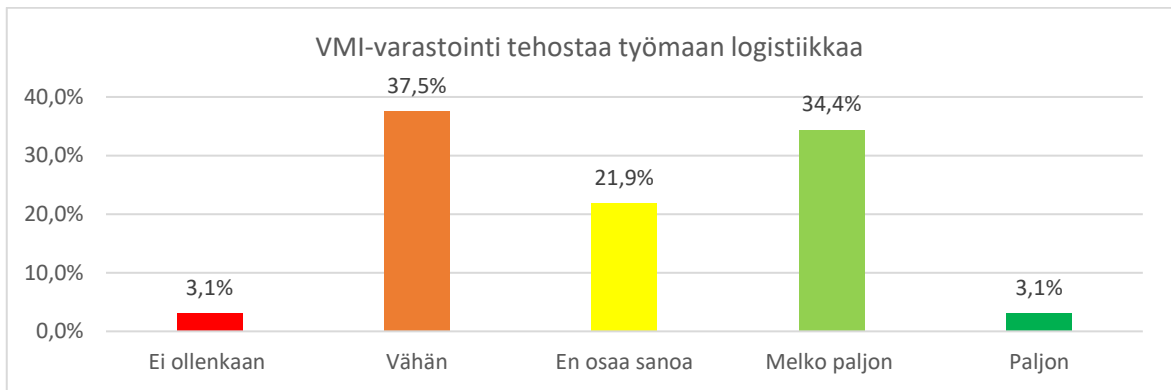
pientuotehankintoja ja vähentävän ylimääräistä liikennöintiä pois rakennustyömaalta. Haastateltavan 3 työmaalla ei ollut käytetty VMI-varastointia, eikä sen käyttöönottoa ollut harkittu.

Ulkopuolisen palveluottajan pientuotevaraston avulla selvitettiin työmailla käytössä olevien VMI-varastojen määrää, minkä tulokset ovat esitetty taulukossa 13. Ulkopuolisten palvelutuottajien varastoja oli käytössä 38,1 prosentilla kyselyyn vastanneiden työmaista ja 61,9 prosenttia ei käyttänyt pientuotevarastoja. Tämän perusteella kyseiset varastot eivät ole työmailla yleisiä.

Taulukko 13. VMI-varastojen käyttö rakennustyömailla

Työmaalla on käytössä ulkopuolisen palveluntuottajan pientuotevarasto? (Esim. Würth WuCon 24/7)	Prosenttia	n-luku
Kyllä	38,1%	84
Ei	61,9%	

VMI-varasto oli kyselytutkimuksen vastauksien perusteella tehostanut logistiikan hallintaa kuvan 15 mukaisesti. Pientuotevaraston koettiin tehostaneen toimintaa 40,6 prosentilla vähän tai ei ollenkaan. 37,5 prosentilla työmaista kuitenkin todettiin varaston tehostaneen toimintaa melko paljon tai paljon. Tämän perusteella pientuotevarasto jakaa mielipiteitä ja on joissakin kohteissa erittäin toimiva. Avointen vastausten perusteella se vähentää työntekijöiden tai toimihenkilöiden tarvetta käydä hakemassa pientuotteita rautakaupasta sekä poistaa kiiretilauksia. Tämä mahdollistaa tehokkaamman ajankäytön ja vähentää kustannuksia työmaalla parantaen myös työntekijöiden tuottavuutta, kuten on todettu myös analyysikehikossa ja haastatteluissa. Osa vastaajista näki heikkoutena sen, että juuri sillä hetkellä tarvittua tuotetta harvoin löytyy varastosta. Tämä on kuitenkin mahdollista korjata varaston toimittajan paremmalla valikoiman hallinnalla.



Kuva 15. VMI-varastoinnista saatavat hyödyt rakennustyömaan logistiikassa

### **Materiaalivirtojen hallinta rakennustyömailla**

Materiaalien paluuvirtoihin ei ollut haastateltavien työmailla juurikaan panostettu. Yleisesti materiaalien paluuvirroilla käsitetään kohdeyrityksessä ainoastaan jätehuolto, jossa tuotteet siirretään sekajätelavalle. Haastateltavan 1 mukaan tahtiaikataulun käyttö ja JIT-perusteella tehdyt toimitukset olivat vähentäneet hukkaa huomattavasti. Ylimääräistä materiaalia ei ollut juuri tullut, joten asiaan ei ollut tarvinnut panostaa. Purkutyön logistiikkaa ei ollut kohteessa erikseen mietitty, mutta se olisi jatkossa tärkeä havainnoida osana tuotteiden paluulogistiikkaa korjausrakentamisen kohteissa.

Haastateltava 2 totesi, että suurella työmaalla jätehuolto ja materiaalien paluuvirrat ovat huonosti hoidettuja. Jätteitä kertyy todella paljon, eikä niitä juurikaan lajitella. Paluuvirtoihin ei keskitytä ja suuri määrä ylimääräistä tavaraa jää työmaan alueelle. Työmaalla oli kuitenkin käytetty analyysikehikossa mainittuja palveluita, joissa jätehuoltourakoitsija noutaa tiettyjä kierrätettäviä materiaaleja ja niistä saadaan korvaus kohdeyritykselle.

Haastateltavan 3 työmaalla paluuvirtoihin ei ollut kiinnitetty huomioita. Ylimääräistä materiaalia oli kertynyt työmaalle todella paljon ja sen pois järjestäminen työmaan lopussa oli vaatinut erittäin paljon resursseja. Jätehuolto oli haastateltavan mukaan onnistunut hyvin logistiikkaurakoitsijan avulla.

Työmaan materiaalien kirjanpito ja työmaalta tehdyt tuotteiden palautukset ovat yrityksessä suhteellisen vähällä huomioilla. Taulukon 14 mukaisesti työmaalla olevista materiaaleista ei pidetä erillistä kirjanpitoa 66,7 prosentilla työmaista. Vain 11,9 prosentilla työmaista on yrityksen oma kirjanpito ja 17,9 prosentilla urakoitsijoiden kirjanpito, joka toimitetaan kohdeyritykselle. Tämän perusteella työmaan materiaalivirtojen hallinta on nykytilassa



keskimäärin huonolla tasolla. Työmaalla olevien materiaalien määrää ei tiedetä, eikä näin ollen esimerkiksi varaston arvoa pystytä määrittämään tilanteen mukaan.

Taulukko 14. Materiaalikirjanpito- ja palautukset rakennustyömaiden logistiikassa

<b>Työmaalla olevista materiaaleista pidetään erillistä kirjanpitoa</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Yrityksen oma kirjanpito	11,9%	84
Ei erillistä kirjanpitoa	66,7%	
Jokainen urakoitsija huolehtii kirjanpidon omista materiaaleistaan ja toimittaa sen kohdeyritykselle	17,9%	
Materiaalien sähköisen paikkaseurannan avulla	0,0%	
Muu, mikä?	3,6%	
<b>Käyttämättä jääneiden tai viallisten materiaalien palautus hoidetaan:</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Urakoitsijat järjestävät materiaaliensa palautukset itse	44,0%	84
Logistiikkaurakoitsija hoitaa palautukset	2,4%	
Pääurakoitsija hallinnoi palautuksia, ja veloittaa kustannukset aliurakoitsijoilta	7,1%	
Ei mitään järjestelmällistä toimintatapaa	44,0%	
Muu, mikä?	2,4%	

Käyttämättä jääneiden tai viallisten materiaalien palautukseen ei ole laadittu mitään järjestelmällistä toimintatapaa 44,0 prosentissa vastauksista. Lisäksi 44,0 prosenttia vastaajista toteaa urakoitsijoiden hoitavan materiaalien palautukset itse. Osalla työmaista yritys hoitaa itse myös aliurakoitsijoiden materiaalien palaukset ja veloittaa näistä. Tämän perusteella nykytila palautusten osalta on kuitenkin hyvin hajanainen. Palautuvat materiaali- virrat päätyvät ”muu, mikä”- vastausten perusteella usein suoraan jätelavalle, kuten on todettu myös analyysikehikossa ja haastatteluissa.

### **3.2.6 Logistiikan suorituskyvyn mittaaminen ja kustannusten hallinta kohdeyrityksen rakennustyömailla**

#### **Suorituskyvyn mittaus rakennustyömailla**

Haastateltavien työmailla datan kerääminen ja siitä tehtävä suorituskyvyn mittaaminen oli heikkoa. Kaikki haastateltavat ilmoittivat jätelogistiikan olevan ainut kohde, josta dataa kerätään aktiivisesti. Haastateltavan 3 mukaan tähän työmaalla oli syynä se, että jäteraportointi on pakollista työmaille, kuten on todettu myös analyysikehikossa. Raportteja ei myöskään tarkemmin analysoitu, vaan jätehuoltoyritys toimitti dokumentit työmaille sähköisesti, josta ne siirrettiin eteenpäin yrityksen tietojärjestelmään.

Kyselytutkimuksen työmaan logistiikan datan keräämiseen liittyvillä kysymyksillä selvitettiin työmaan suorituskyvyn mittauksen sekä logistiikan jatkuvan kehittämisen malleja

rakennustyömailla. Taulukossa 15 on esitetty datan keräämisestä saadut tulokset. Vastausvaihtoehtoista on ollut mahdollisuus valita useampia vastausvaihtoehtoja ”työmaan logistiikasta kerätään aktiivisesti dataa” - kohdassa, joten tämän seurauksena vastausprosentti on yli 100 prosenttia.

Taulukko 15. Datan kerääminen rakennustyömaiden logistiikasta

<b>Työmaan logistiikasta kerätään aktiivisesti dataa</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Kuljetuksien määrästä	16,3%	80
Kuljetuksien pysymisestä aikataulussa	5,0%	
Torninostureiden käyttöajoista	12,5%	
Työmaa-ajoneuvoista	10,0%	
Jätehuollosta	52,5%	
Dataa ei kerätä	46,3%	
Muu, mikä?	2,5%	
<b>Datan kerääminen hoidetaan:</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Paperidokumentteina	25,6%	43
Excel-dokumentteina	9,3%	
Muulla sähköisellä järjestelmällä	39,5%	
Kaikkien vaihtoehtojen yhdistelmänä	20,9%	
Muu, mikä?	4,7%	
<b>Datan keräämisestä vastaa:</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Kohdeyrityksen toimihenkilö	45,5%	44
Aliurakoitsijat, jotka toimittavat tiedot kohdeyritykselle	47,7%	
Joku muu, kuka?	6,8%	
<b>Data analysoidaan kohdeyrityksen toimesta ja sitä hyödynnetään toiminnan kehittämisessä työmaalla jatkuvasti</b>	<b>Prosenttia</b>	<b>n-luku</b>
Kyllä	45,5%	44
Ei	54,5%	

Kyselytutkimuksessa kävi ilmi, että minkäänlaista dataa ei kerätä 46,3 prosentissa vastaajien työmaista. Jätehuollosta kerätään dataa työmailta 52,5 prosentin kyselyyn vastanneen mukaan, jonka tulos voidaan kyseenalaistaa, koska datan kerääminen tästä osa-alueesta on pakollista rakennusalalla. Tämä data sisältää avoimien vastauksien mukaan lähinnä jäteraportit, jotka on toimitettava viranomaisille. Kuljetuksista kerätään tietoa 16,3 prosentilla työmaista ja nostolaitteista 12,5 prosentilla työmaista, kuten havaitaan taulukosta 15. Nykytilanne on analyysikehikon perusteella logistiikan kannalta haitallista, koska mahdollisuuksia toiminnan seuraamiseen ja kehittämiseen ei ole. Järjestelmällisellä datan keräämisellä mahdollistettaisiin paremmat lähtökohdat esimerkiksi suorituskyvyn mittaukselle.

Datan keräämiseen käytetään kyselytutkimuksen perusteella monia eri menetelmiä. Kaikista suosituin menetelmä datan keräämiseen on ”muu sähköinen järjestelmä”. Tämä ratkaisu tarkoittaa erillistä ohjelmistoa datan seurantaan. Se on työmailla toimiva myös analyysikehikon

perusteella, koska sillä pystytään tallettamaan data muotoon, jossa se on myös muiden saatavilla. Lisäksi se antaa oikein käytettynä mahdollisuuden datan hyödyntämiselle suorituskyvyn mittaamiseen ja toiminnan kehittämiseen.

Datan kerääminen jakautuu työmailla melko tasaisesti kohdeyrityksen ja sen aliurakoitsijoiden kesken. 45,5 prosentilla vastanneista keräämisen hoitaa kohdeyrityksen toimihenkilö ja 47,7 prosentilla aliurakoitsija toimittaa tiedot kohdeyritykselle, kuten havaitaan taulukosta 9. ”Muu, mikä”- kohdassa avoimien vastauksien perusteella 6,8 prosentilla keräämisen hoitaa logistiikkaurakoitsija.

Datan analysointi toiminnan kehittämiseksi on tunnistettu 45,5 prosentilla yrityksen työmailla. Kuitenkin yli 54,5 prosenttia vastanneista ilmoittaa, että dataa ei analysoida mitenkään työmaalla. Tämä osoittaa yhdessä haastattelututkimuksen ja analyysikehikon kanssa, että jatkuva suorituskyvyn mittaus ja todellinen numeraalinen arviointi on työmailla suhteellisen heikkoa nykytilassa.

### **Kustannusten hallinta rakennustyömailla**

Kustannusten hallinnan osalta haastattelututkimuksella kartoitettiin vain logistiikkaurakoitsijan toiminnan kustannuksia. Muita kustannuksia selvitettiin yksittäiseltä työmaalta saatujen urakkasopimusten ja tarjouspyyntöjen avulla.

Kustannusten hallinnan osalta logistiikkaurakoitsijan toiminta oli ollut onnistunutta haastateltavan 1 rakennustyömaalla. Hankinnassa oli sovittu selkeästi jo sopimusvaiheessa kustannukset materiaalien toimittamiselle ja niiden määrät olivat arvioitu. Mahdolliset lisätyöt laskutettiin sopimuksen mukaisilla yksikköhinnoilla.

Logistiikkaurakoitsijan kustannukset olivat haastateltavan 2 mukaan jaettu työmaalla suoraan palvelua käyttävän aliurakoitsijan ja logistiikkaurakoitsijan välille. Aliurakoitsijat voivat tilata logistiikkaurakoitsijan suorittamaan esimerkiksi kuorman purkamisen ja haalauksen työkohteeseen. Kohdeyritys ei ole kustannuksellisesti tämän vaiheen osallisena, vaan osapuolet hoitavat laskutuksen keskenään. Tämän mallin oli todettu toimivan työmaalla hyvin.

Logistiikkaurakoitsijan kustannusten hallinta oli työmaalla ollut haastateltavan 3 mukaan epäonnistunutta. Tavoitteena oli ollut, että logistiikkaurakoitsijan työnjohtaja edelleen veloittaa kustannukset aliurakoitsijalta, jolle työ suoritetaan. Tehtävästä laadittiin paperilasku, jonka aliurakoitsija kuittasi. Tämän jälkeen laput tarkastettiin aliurakan loppuselvityksessä

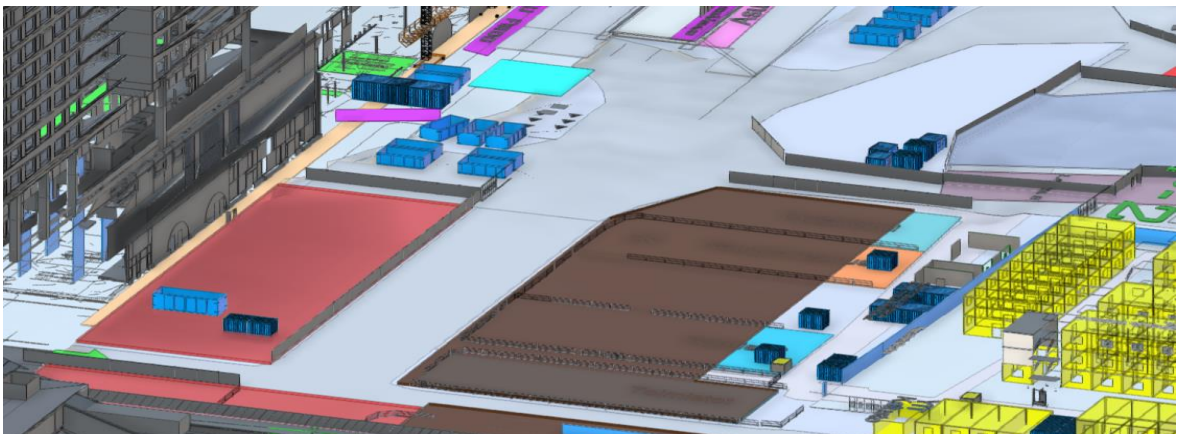
ja kohdeyrityksen oli tarkoitus veloittaa laskutetut kustannukset aliurakoitsijoiltaan. Käytännössä tästä syntyi aivan liian paljon paperitöihin liittyviä epäselvyyksiä ja suurin osa kustannuksista jäi kohdeyrityksen maksettavaksi.

### 3.3 Havainnot logistiikan hallinnasta työmaakäyntien ja logistiikkatilastojen perusteella

#### Havainnot työmaakäyntien perusteella

Diplomityöntekijä vieraili haastateltavien 2 ja 3 rakennusprojekteilla tutkimusprosessin aikana. Molemmissa kohteissa valokuvaaminen muuta kuin yrityksen omaan käyttöön oli kielletty. Erityisesti haastateltavan 2 työmaalla oli kehitetty ratkaisuja logistiikan hallintaan ja sen tehostamiseen. Työmaalla oli käytössä esimerkiksi oma betoniasema, jonka avulla oli vähennetty huomattavasti liikennöintiä työmaan ulkopuolella, koska betoniautojen ei tarvinnut tuoda materiaalia työmaalle kauempaa. Betonin valmistukseen tarvittava kiviaines oli louhittu alueelta maarakennusvaiheen aikana.

Lisäksi työmaalla 2 oli panostettu digitaalisiin logistiikan suunnittelu- ja hallintaratkaisuihin. Työmaalla käytössä oli tietomalliin laadittu aluesuunnitelma, jonka avulla voidaan esittää selkeästi työmaan varastoalueet ja kulkureitit. Kuvassa 16 on esitetty osa laaditusta tietomalliin perustuvasta aluesuunnitelmasta.



Kuva 16. Havainnekuva työmaan aluesuunnitelmasta tietomallin avulla (Kohdeyritys, 2019)

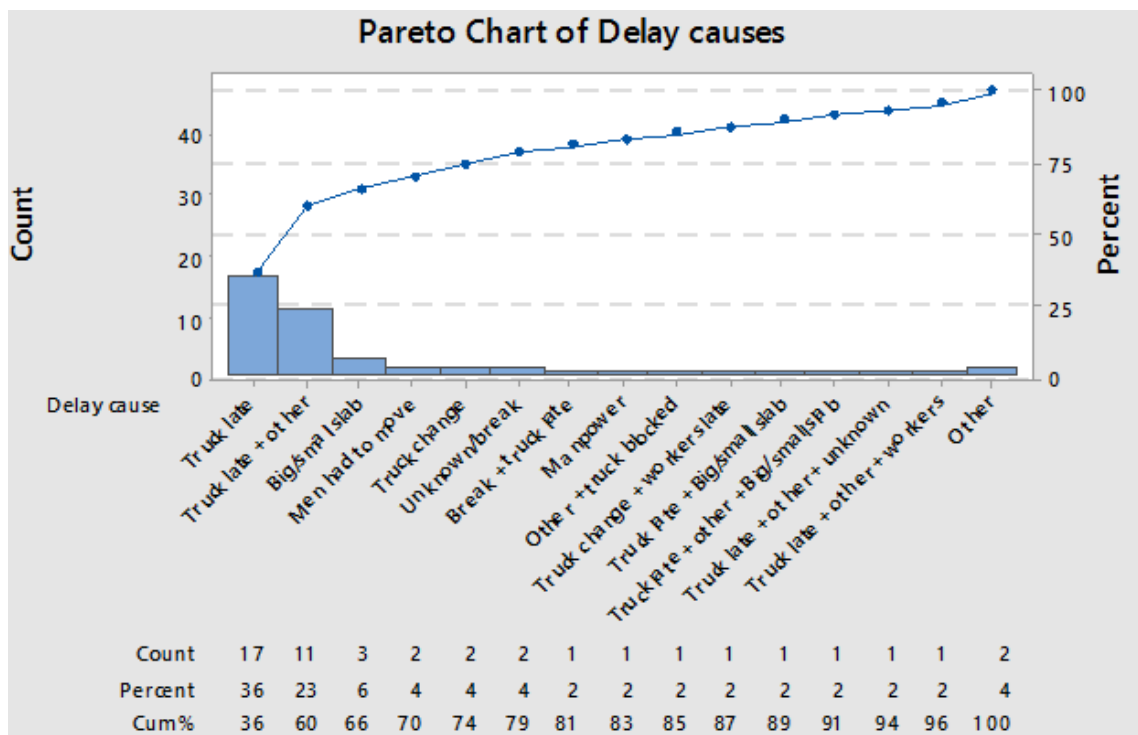
Haastateltavan 3 työmaan perusteella esivalmisteiden osalta parhaaksi käytännöksi osoittautui yksittäistä tuotantolinjaa valmistavan tehdasteollisuuden urakoitsijan ratkaisu merkata tulevat materiaalitoimitukset selkeästi lapuin. Merkinnät sisälsivät osien määrän paketissa, sen sijainnin asennuksessa sekä pakkauskohtaisen tuotenumeroinnin. Vastaavaa menetelmää

voitaisiin hyödyntää myös rakennusalan logistiikassa, jotta vältetään tarvittavien osien etsimiseltä materiaaliuormista, joissa selkeää erottelua ei ole tehty.

### Kohdeyrityksen logistiikkatilastoja

Haastateltavan 3 työmaalla on tutkittu rakentamisen tuottavuutta Lean- ja six sigma -menetelmin. Tutkimus painottui rakentamisen runkotyövaiheeseen ja se huomioi myös rakennustyömaanlogistiikan vaikutuksen kokonaisuuteen. Toteutuksessa käytettiin työmaan torninostureihin liitettyjä videokameroita, joiden avulla selvitettiin muun muassa betonielementtien asennukseen käytettyä aikaa sekä logistiikan vaikutuksia asennukseen. (Kohdeyritys, 2017)

Logistiikan todettiin yksittäisen rakennustyömaan tekemässä tarkastelussa vaikuttavan paljon kokonaisasennusaikaan betonisten ontelolaattojen asennuksessa. Kuvassa 17 on esitetty analyysi ontelolaatan asennuksia eniten viivästyttävistä syistä. Kuten kuvasta 17 havaitaan, kuljetusten myöhästymiset ovat olleet suurin asennusta viivästyttävä tekijä, joka on ollut pääsyy 36 prosentissa tapauksista. Lisäksi kuljetuskalusto on osallisena myös monessa muussa syyssä, jotka ovat aiheuttaneet myöhästymisiä. Tämä kuvaa logistiikan suunnittelun nykytilaa yksittäisellä rakennustyömaalla, jossa tärkeitäkään kuormia ei pystytä kuljettamaan täsmällisesti aikataulussa.



Kuva 17. Ontelolaattojen asennuksen myöhästymisen syitä työmaalla (Kohdeyritys, 2017)

Tutkimuksessa on analysoitu myös materiaalitoimituksen vaikutusta ontelolaattojen asennukseen. Työmaalla materiaalitoimituksia tehtiin noin 50 minuutin välein, kun todellinen tarve kuormille oli mittausten mukaan noin 30 minuutin välein. Näin ollen nykyinen aikataulu aiheuttaa 20 minuuttia viivettä jokaiseen saapuvaan kuormaan. Tämä muodostaa keskimäärin 3,5 tuntia viivettä jokaiseen asennuspäivään. Viikkotasolla menetetään 17,5 tuntia asennusaikaa. (Kohdeyritys, 2017) Täten logistiikan merkitystä on edelleen korostettava, koska tarkka logistiikan hallinta tuo parannusta tuottavuuteen ja kannattavuuteen

Seuraavassa taulukossa 16 on esitetty logistiikasta aiheutuvia keskimääräisiä kustannuksia yrityksen yksittäisen rakennustyömaan urakkasopimusten ja tarjousten perusteella. Niiden avulla havaittiin, että suurimmassa osassa sopimuksista ei erikseen määritellä logistiikan kustannuksia ja esimerkiksi toimintolaskentaa ei hyödynnetä kustannusten hallintaan. Mahdolliset rahtikustannukset ovat esitetty osassa sopimuksista. Suurimmilta osin kuitenkin logistiikan hinnoittelu puuttuu täysin sopimuksista.

Taulukko 16. Logistiikkakustannuksia yksittäiseltä rakennustyömaalta (Kohdeyritys. 2019)

Logistiikkahinnat	Hinta	Yksikkö
Logistiikkatyöntekijä	36,8	€/h
Logistiikkatyönjohtaja	42,5	€/h
Kurottaja	70	€/h

### 3.4 Yhteenveto logistiikan nykytilasta kohdeyrityksen rakennustyömailla

Nykytila-analyysin perusteella rakennustyömaiden logistiikan nykytilaan vaikuttaa erityisesti kohteen kokoluokka, varastointitilan määrä sekä projektin yksittäiset päätökset. Korjausrakentamisen kohteet ovat luonteeltaan erilaisia, kuin uudisrakentamisen, joten myös se näkyi erottelvana tekijänä vastauksissa. Käytännössä yhtenäisiä toimintamalleja ei ole laadittu logistiikan osalta kohdeyrityksen sisällä ollenkaan vaan työmaat ovat itsenäisesti päättäneet tekemänsä valinnat.

Lean-ajattelun hyödyntäminen ei ole vielä saavuttanut yrityksen logistiikan hallinnassa merkittävää roolia. Lean-ajattelu nähdään vain yksittäisenä toimintatapana, eikä kokonaisena johtamisfilosofiana. Esimerkiksi tahtiaikatauluperiaatteella toimivia työmaita on kokeiltu ja niistä on saatu hyviäkin tuloksia esimerkiksi haastateltavan 1 työmaalla. Esivalmistuksen kautta saatava hyöty logistiikkaan on tunnistettu ja esivalmisteita käytetään paljon työmailla muun muassa runkovaiheessa. Pääsääntöisesti luotetaan kuitenkin perinteisiin menetelmiin ja uudet toimintatavat nähdään haastavina, eikä niiden vaikutusta toisiinsa tunnisteta.

Työmaan materiaalivirtojen hallinta on suhteellisen vähäistä, eikä tarkalleen tiedetä mitä materiaaleja työmaan tulo-, sisä- ja lähtölogistiikkaan kulkeutuu. Tulologistiikkaa pystytään osassa työmaita hallitsemaan esimerkiksi erillisen logistiikkakalenterin tai sähköisen varausjärjestelmän avulla. Järjestelmä ei kuitenkaan ole sähköinen vielä kaikilla työmailla ja se estää tiedon jakamista kaikkien osapuolien välillä. Logistiikan suunnittelua tehdään, mutta se ei välttämättä pysy ajan tasalla ja joillakin työmailla se koetaan tarpeettomaksi. Tämä johtaa sekavaan järjestelyyn, jossa jokainen kohdeyrityksen toimihenkilö vastaa vain omasta alueestaan, eikä logistiikan kokonaiskuvaan kiinnitetä huomiota.

Sisälogistiikan materiaalivirrat ovat useilla työmailla hallitsemattomia, eikä niiden parantamiseksi ole yhtenäisiä menetelmiä, kuten esimerkiksi sähköisiä paikkaseurantalaitteita. Tämä aiheuttaa paljon turhia materiaalien siirtoja työmailla ja vähentää työmaiden tuottavuutta, koska materiaalien ylimääräiseen siirtämiseen kuluu aikaa.

Lähtölogistiikkaan liittyvä paluulogistiikka on pitkälti vielä tunnistamatta rakennusalan logistiikan osa-alueena. Toimintatapoja ei ole määritelty selkeästi ja poistuvien materiaalivirtojen hallintaan mielletään lähinnä työmaan jätehuolto. Kaikki rakennustyömailla materiaaleja käsittelevät henkilöt hoitavat käyttökelpoiset tai hajonneet materiaalit pois työmaalta, jokainen omalla periaatteellaan. Tämä aiheuttaa työmaille haasteita ylimääräisenä materiaalina, joka vaikeuttaa koko logistiikan hallintaa. Työmaiden loppuvaiheessa suuria määriä materiaalia siirretään kerralla pois, koska materiaalivirta poispäin työmaalta ei ole tasaista.

Ratkaisuna logistiikan ongelmiin on löydetty ulkopuolinen logistiikkaurakoitsija, joka vastaa koko työmaan logistiikkajärjestelystä. Tämän menetelmän avulla on saatu hyviä tuloksia monilla työmailla. Tulokset eivät kuitenkaan ole haastatteluiden ja kyselytutkimuksen perusteella aukottomia. Monella työmaalla ja analyysikehikossa koettiin, että ammattitaidottomuus logistiikkaurakoitsijan toiminnassa on usein ongelma. Tämän ongelman ratkaisemiseksi hankinnalla on suuri merkitys. Logistiikkaurakoitsijoiden valintaan on kiinnitettävä entistä enemmän huomiota ja kyvykkyudet suoriutua tehtävästä on selvitettävä etukäteen. Lisäksi työmaalla logistiikkaurakoitsijan ohjaamiseen tarvitaan työmaan oma logistiikasta vastaava henkilö. Logistiikkahenkilön avulla pystytään selkeyttämään logistiikan roolia työmaalla ja hallitsemaan kokonaisuutta.

Työmaan materiaalien hallinnassa hyödynnetään välivarastointia osalla rakennustyömaista, mutta sen hyötyjä ei ole vielä käytössä koko laajuudessaan. Tuotteiden esivalmistusta tai kuormien yhdistelyä välivarastolla ennen toimitusta ei ollut käytetty yhdelläkään työmaalla.

Kuitenkin haastateltavan 2 työmaalla esivalmistuksen siirtämistä välivarastolle oli suunniteltu tulevaisuudessa rakennuksessa, jonka logistiikka on erittäin hankalaa. Tämä osoittaa, että välivarastoinnin käytössä on kuitenkin tapahtumassa kehitystä ainakin osalla rakennustyömaista.

Suureksi ongelmaksi nykytilassa tunnistettiin konkreettisen mitatun datan puuttuminen nykyisistä toimintamalleista. Datan kerääminen työmailta on erittäin heikkoa ja se tehdään vain pakollisista osa-alueista, kuten jätehuollosta. Haastatteluiden perusteella yhdelläkään työmaalla ei selkeästi ollut valittu alueita logistiikan suorituskyvyn mittaukseen. Myöskään kyselytutkimuksen perusteella ei panostettu datan analysointiin ja mittaukseen. Poikkeuksena oli yksittäisellä työmaalla tehty harjoitustyö, jonka avulla oli kehitetty rungon rakentamista sekä sen yhteydessä myös logistiikan hallintaa. Siinä kehitysehdotuksia oli annettu numeeristen tilastojen perusteella, jotka perustuivat rakennustyömaalta mitattuun dataan. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan kehittämiseen tarvittavia lähtökohtia ei ole yrityksessä luotu selkeästi, mutta niiden kehittämiseen on olemassa edellytykset, kun peilataan analyysikehikkoa laadittuun nykytila-analyysiin.

Kustannuksien hallinnan osalta rakennustyömailla on käytössä toisistaan poikkeavia käytäntöjä haastatteluiden perusteella. Selkeitä menetelmiä esimerkiksi logistiikkaurakoitsijoiden kustannusten hallintaan ei ole laadittu. Tämä johtaa epäselvyyksiin ja toimimattomiin käytäntöihin, mikä heikentää työmaiden kannattavuutta.

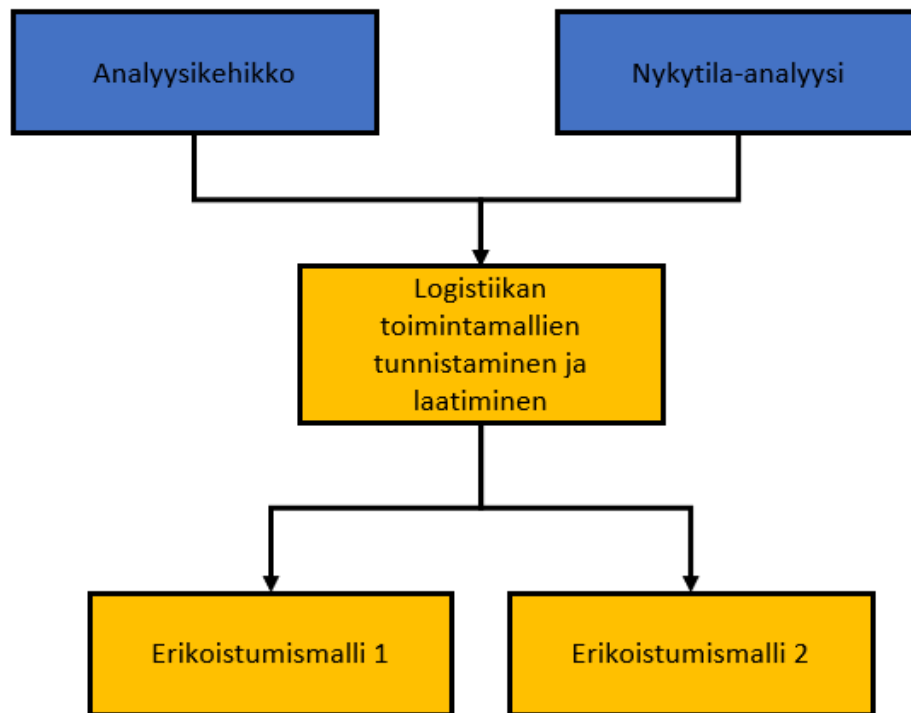
Kokonaisuudessaan nykytila on hyvin vaihteleva. Parhaiten logistiikan hallintaan perehtyneet työmaat ovat pitkällä kehityksessä ja ovat kokeilleet käytännössä monia analyysikehikon perusteella logistiikan avulla työmaan tuottavuutta parantavia ratkaisuja. Osalla työmaista kehitys on kuitenkin ollut vähäisempää ja logistiikkaa ei ole tunnistettu erilliseksi osa-alueeksi. Niissä logistiikkaan käytetyt kustannukset ja työntekijöiden aika halutaan minimoida ja keskittyä pelkästään perinteiseen rakentamiseen. Logistiikan kokonaiskuvan hahmottaminen olisi tärkeää kaikilla kohdeyrityksen rakennustyömailla, jotta sillä voidaan saavuttaa tuottavuuden ja kannattavuuden kehitystä.



## 4 RAKENNUSTYÖMAIDEN LOGISTIIKAN TOIMINTAMALLIEN KEHITTÄMINEN KOHDEYRITYKSESSÄ

### 4.1 Logistiikan toimintamallien tasojen laatiminen kohdeyrityksessä

Logistiikan toimintamallien kehittäminen aloitettiin seuraavan kuvan 18 mukaisesti. Analyysikehikon ja laaditun nykytila-analyysin perusteella tunnistettiin erilaiset logistiikan toimintamallit. Niiden avulla määriteltiin yksittäisen rakennustyömaan logistiikan hallinnan taso neljään eri portaaseen kohdeyrityksessä. Logistiikan erikoistumismallit 1 ja 2 laadittiin erikoispiirteitä sisältävien rakennustyömaiden logistiikan hallinnan avuksi. Erikoistoimintamalleja voidaan käyttää tukena uudis- sekä korjausrakentamisen rakennustyömailla.



Kuva.18 Logistiikan toimintamallien laatimisen perusajatus

Yhtenäisten portaittaisten toimintamallien tasot jakautuvat kuvan 19 mukaisesti. Kaikkien kohdeyrityksen toimitilarakentamisen rakennustyömaiden on saavutettava vähintään taso yksi, jotta, logistiikan kehittämiseksi voidaan luoda yhtenäiset edellytykset kohdeyrityksessä. Tasot 1, 2 ja 3 muodostavat kohdeyrityksen logistiikan tulevaisuuden tavoitetasot.



Kuva 19. Rakennustyömaan logistiikan hallinnan toimintamallien tasoja

Taulukossa 17 on esitetty toimintaperusteita, joiden avulla voidaan määrittää yksittäisen rakennustyömaan logistiikan hallinnan nykytilan taso kohdeyrityksen rakennustyömailla. Taulukon perusteella voidaan valita myös tarvittavat toimenpiteet logistiikan vaiheittaiseksi kehittämiseksi seuraavalle tasolle. Toimintamalleja arvioitaessa yksittäisellä työmaalla on kuitenkin huomioitava, että rakennustyömaat voivat olla kokoluokaltaan erilaisia ja esimerkiksi sähköinen järjestelmä logistiikan hallinnassa ei sovellu kovinkaan hyvin pienille rakennustyömaille, kuten on todettu myös analyysikehikossa. Tasoilla 1, 2 ja 3 Lean-ajattelu toimii taustalla prosessien jatkuvassa kehityksessä. Erilaisia Lean-ajatteluun pohjautuvia toimintamenetelmiä, kuten JIT-perusteita, tahtiaikataulua ja esivalmistusta hyödynnetään tasoilla taulukon 17 mukaisesti. Lean ei siis ole toimintamalleissa vain yksittäinen toimintatapa vaan koko logistiikan prosessia ohjaava tuotannonjohtamisfilosofia.

Taulukko 17. Toimintamallien tasojen valintaperusteita

Perusteita toimintamalleihin	Taso 0	Taso 1	Taso 2	Taso 3
<b>Digitalisaatio rakennustyömaiden logistiikan hallinnassa</b>	-Digitalisaatio vähäistä, ohjelmistot hajanaisia	-Digitalisaatio mahdollistaa selkeät järjestelmät, mikä parantaa tiedon siirtoa eri osapuolien välillä	-Digitalisaatio mahdollistaa reaaliaikaisen tiedonsiirron kaikkien osapuolien välillä ja tietomallin käytön logistiikan tukena sekä datan analysoinnin	-Digitalisaation ja data-analytiikan hyödyntäminen kaiken logistiikan tukena sekä tulevaisuuden ennustamisessa
<b>Hankinta logistiikan tukena</b>	-Logistiikan hallintaa ei korosteta hankinnassa	-Hankinnan ja kohdeyrityksen tuotannon yhteistyötä logistiikan-sopimusten laadinnassa	-Hankinta kehittää logistiikan sopimuksia kaikkien työmaan osapuolien kanssa	-Hankinnan tavoitteena logistiikan hallintaa painottavat sopimukset

<b>Logistiikan ulkoistaminen</b>	-Logistiikkaurakoitsijaa ei käytetä	-Logistiikkaurakoitsijaa ei käytetä	-Työmaalla logistiikkaurakoitsija, joka toimii yhteistyössä kohdeyrityksen kanssa	-Logistiikkaurakoitsija strateginen kumppani toiminnassa
<b>Strateginen, taktinen, ja operatiivinen taso logistiikan hallinnassa</b>	-Logistiikan päätökset vain operatiivisella tasolla	-Logistiikan päätökset myös taktisella tasolla, jossa huomioidaan alueen muiden toimijoiden vaatimukset	-Taktisen tason päätöksenteossa mukana ympärillä olevat rakennustyömaat ja myös viranomaiset	-Päätöksenteko myös strategisella tasolla, jossa logistiikkaa tarkastellaan koko kohdeyrityksen toimitilarakentamisen osana
<b>Logistiikan käytännön menetelmät</b>	-Logistiikassa ei ole kohdeyrityksen vastuuhenkilöä  -Aluesuunnitelmat usein päivittämättä ja karkealla tasolla  -Kuljetuksien hallinta järjestelmää ei ole, mutta yritetään pitää fyysistä kirjanpitoa  -Esivalmisteita käytetään lähinnä rungon rakentamisessa	-Logistiikan hallinnassa kohdeyrityksen vastuuhenkilö  -Panostaminen sähköiseen aluesuunnitteluun  -Kuljetuksien hallinta sähköisellä järjestelmällä  -Esivalmisteiden käyttöä logistiikan kehittämiseksi lisätty  -Kuljetukset ajoittain JIT-perusteella	-Kohdeyrityksen logistiikkaa hallinnoi logistiikkapäällikkö tai muu erillinen logistiikasta vastaava henkilö  -Aluesuunnittelu tehdään pääsääntöisesti tietomallin avulla  -Kuljetuksien hallinta sähköisellä järjestelmällä, jolla mahdollista myös datan analysointi  -Kuljetukset JIT-perusteella ja Last Planner -menetelmä logistiikan kehittämisen tukena sekä esivalmisteiden käytön lisääminen	-Logistiikkapäälliköt yhteistyössä hankinnan ja tuotannon kanssa vaikuttaen koko toimitusketjuun  -Aluesuunnittelu vain tietomallien avulla  -Kuljetuksien hallinta kohdeyrityksen logistiikkapalveluiden avulla  -Tahtiakataulu, JIT-periaatteet ja esivalmistus tukevat logistiikan kehitystä
<b>Varastointiratkaisut logistiikassa</b>	-Varastointialueet työmaalla epäselviä  -Paluulogistiikkaan ei kiinnitetä huomiota	-Työmaan varastointialueet esitetty selkeästi aluesuunnitelmassa  -Yksinkertainen välivarastointitila työmaan ulkopuolella tarvittaessa  -Paluulogistiikka tunnistettu omaksi osa-alueekseen	-Varastointialueet rakennustyömaalla erittäin vähäiset, koska materiaalit toimitetaan suoraan työkohteisiin  -Välivarastointitila, jossa sähköinen seurantajärjestelmä ja tarvittaessa henkilökuntaa  -Paluulogistiikassa selkeä kohdeyrityksen toimintamalli	-Työmaalla varastointialueita vain lyhytaikaiseen varastointiin  -Välivarastot logistiikkaurakoitsijan hallitsemia useiden työmaiden kokonaisuuksia, missä voidaan yhdistellä materiaaliuormia ja esivalmistaa tuotteita  -Paluulogistiikassa selkeä prosessi, jota valvotaan sähköisellä järjestelmällä
<b>Logistiikan suorituskyvyn mittaus ja kustannusten hallinta rakennustyömailla</b>	-Suorituskyvyn mittaus vain lainmääräämistä asioista, kuten jätehuollosta  -Logistisia kustannuksia ei erotella	-Suorituskyvyn mittaus laajennettu materiaali toimituksiin ja toimittajien tarkkailuun  -Logistiikan kustannukset esillä sopimuksissa	-Suorituskyvyn mittauksen tukena datan analysointi ja tavoitteena jatkuva parantaminen  -Kustannusten hallinta yhteistyössä tuotannon, logistiikan ja hankinnan välillä,  -Kaikille osapuolille yhteinen kustannusten ilmoitus tapa  -Kustannusten hallinnassa tukena toimintolaskenta	-Suorituskyvyn mittaus tukee prosessien kehitystä ja yksittäisiltä työmailta saatua logistiikan dataa hyödynnetään koko kohdeyrityksen toimitilarakentamisen kehittämisessä  - Kustannusten hallinta ja seuranta koko kohdeyrityksen toimitilarakentamisen tasolla

#### 4.1.1 Taso 0 - Perinteinen toimintamalli

Tasolla 0 rakennustyömaalla toimitaan hyvin perinteisesti. Logistiikkaa ei tunnisteta omaksi osa-alueeksi, vaan se mielletään osaksi työmaan yleisjärjestelyä ja jätehuoltoa. Tämä on logistiikan toimintamalli, josta kohdeyrityksen työmaiden on siirryttävä vähintään tasolle 1.

Lean-ajattelua ei tietoisesti hyödynnetä tuotannonohjauksessa työmaalla tuottavuuden parantamisen tukena. Osa materiaaleista toimitetaan kuitenkin Lean-ajatteluun pohjautuvien menetelmien mukaisesti suoraan työkohteeseen, koska tietyt rakennusmateriaalit ovat työmaan tuotannossa helppo ajoittaa oikea-aikaisesti. Esivalmisteiden käyttö rajoittuu lähinnä rakennusalalla yleisesti käytettyihin betonielementteihin. Tahtiaikataulu ja Last Planner-suunnittelu eivät ole mukana tukemassa logistiikkaa. Tuotannon ja logistiikan suunnittelu tehdään perinteisesti yleisaikataulun pohjalta huomioimatta logistiikan vaikutusta kokonaisuuteen.

Rakennusalan logistiikan hallinnan digitalisaation koetaan toimintamallissa haittaavan logistiikan toimintaa, koska selkeitä ohjelmistoja ei ole käytössä. Käytettävissä olevat ohjelmistot ovat hajanaisia ja työmaakohtaisia, eikä kohdeyrityksen yhteisiä järjestelmiä logistiikan hallintaan ole käytössä. Logistiikan ohjauksessa käytetään paljon paperisia dokumentteja, joiden avulla tiedonvälitys on hajanaista.

Hankintaprosessi ei erityisesti huomioi rakentamisen logistiikkaa. Logistiikan hallintaa ei korosteta sopimuksissa ja päätökset materiaalivirroista jäävät yksittäisille työnjohtajille. Laaditut sopimukset poikkeavat paljon toisistaan logistiikan osalta eri urakoitsijoiden ja toimittajien välillä, mikä tekee logistiikan hallinnasta työmailla epäselvää.

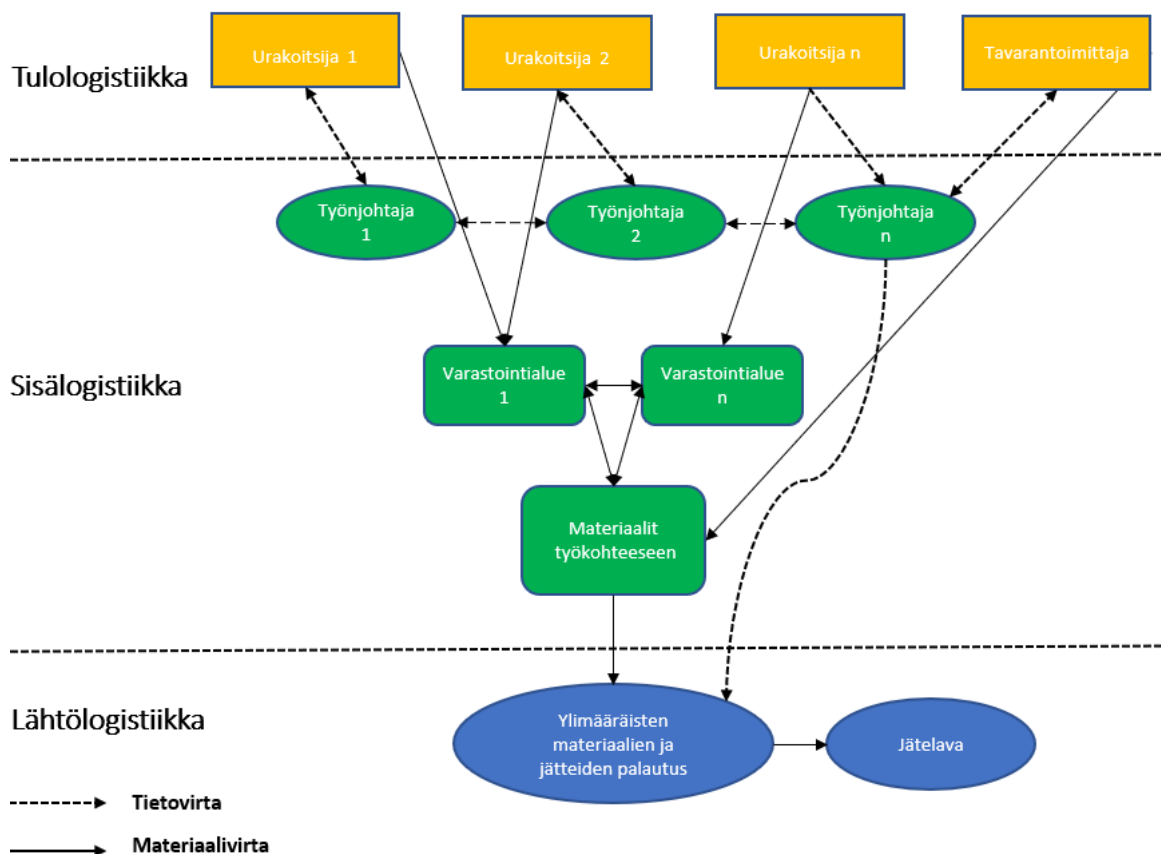
Logistiikassa ei ole kohdeyrityksen vastuuhenkilöä, vaan kaikki työnjohtajat valvovat omia työvaiheitaan hankinnan tekemien sopimusten mukaisesti. Tämä johtaa erilaisiin päätöksiin esimerkiksi materiaalien toimituksessa, kun yksittäiset työnjohtajat tekevät varastointipäätökset hatarin perustein. Erillistä logistiikkaurakoitsijaa ei käytetä, koska aliurakoitsijoiden taso nähdään heikkona ja toiminnasta oletetaan muodostuvan vain ylimääräisiä kustannuksia. Logistiikan toimintaa ei haluta kehittää yhteistyössä aliurakoitsijoiden kanssa, vaan tehtävän toivotaan onnistuvan automaattisesti ilman minkäänlaista kohdeyrityksen ohjausta.

Logistiikkaan ei tunnisteta ulkopuolisia strategisen tai taktisen tason vaikuttajia. Toiminta perustuu ainoastaan operatiivisen tason päätöksiin. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa työmaan ulkopuolisia vaikutuksia esimerkiksi logistiikan reitteihin ei huomioida toimivaan

logistiikkaan. Materiaalivirrat hankaloituvat muun muassa muiden alueella toimivien rakennusyritysten työmaiden vaikutuksesta liikennejärjestelyihin.

Käytännön logistiikan suunnittelu perustuu aluesuunnitelmaan, joka on laadittu vain karkealla tasolla. Dokumentti on yleensä sähköinen, mutta sen päivittäminen on heikkoa. Näin ollen ajantasaiset suunnitelmat puuttuvat ja se aiheuttaa paljon haasteita logistiikalle, koska nopeasti muuttuvassa rakennustyömaaympäristössä esimerkiksi materiaalien kuljetusreitit saattavat siirtyä lähes päivittäin.

Tiedonkulku urakoitsijoille työmaan tilanteesta on hyvin vaihtelevaa ja työnjohtajat saattavat keskustella urakoitsijoiden tai toimittajien kanssa varastointipaikoista materiaaleille, jotka ovat toisen työnjohtajan vastuulla. Lisäksi aliurakoitsijat saattavat unohtaa ilmoittaa tulevista kuormista tai kohdeyrityksen työnjohtajat unohtavat kertoa työmaalla tapahtuneista muutoksista. Erillistä kuljetuksien varausjärjestelmää ei ole, mutta materiaalikuljetuksista yritetään pitää fyysistä kirjanpitoa. Kuljetusten tiedot eivät kuitenkaan ole kaikkien näkyvillä ja kalenterissa on paljon ristiriitoja. Tason 0 materiaalivirtojen hallinta on havainnollistettu kuvassa 20.



Kuva 20. Tason 0 logistiikan materiaalivirtojen hallinta havainnollistettuna

Materiaalit tuodaan työmaan varastointialueelle tai siirretään suoraan mahdollisimman lähelle työkohdetta, kuten havaitaan kuvasta 20. Usein kuitenkin valinta on epäonnistunut, koska nykyistä varastointipaikkaa tarvitaan toiseen käyttöön. Tämä johtaa lukuisiin materiaalien siirtoihin, joka nostaa kustannuksia ja vähentää työn tuottavuutta. Lisäksi materiaalit tuodaan työmaalle usein suurina kuljetuksina, joten osa materiaaleista jää jopa viikoiksi tarpeettomiksi.

Materiaalien paluulogistiikkaan ei kiinnitetä ollenkaan huomiota. Kaikki ylimääräinen materiaali ja muut jätteet siirretään sekajätelavalle. Materiaalia häviää ja kustannukset nousevat lajittelemattomasta jätteestä syntyvien jätemaksujen takia. Tämän lisäksi työmaan varastoalueilla ja työpisteillä on ylimääräistä materiaalia, joka estää tuottavaa työskentelyä ja häiritsee logistiikan hallintaa.

Rakennustyömaan logistiikasta ei tasolla 0 kerätä dataa tai tehdä suorituskyvyn mittausta kuin pakollisista asioista, kuten jätehuollosta. Logistiikkaa ei tunnisteta omaksi osa-alueekseen, vaan sitä pidetään yhtenä osana rakentamisen yleisjärjestelyjä ja jätehuoltoa. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa logistiikkaa ei voida kehittää yhtäjaksoisesti, koska yhteistä periaatetta kehittämiseen ei ole.

Logistiikan kustannuksia ei erotella sopimuksissa, eikä niistä pidetä erillistä kirjanpitoa. Logistiikan kulut ovat yhdistettynä yleisiin rakennuskustannuksiin, joka tekee logistiikan kustannusten hallinnasta vaikeaa.

#### **4.1.2 Taso 1 - Perustoimintamalli**

Tasolla 1 toiminnassa on tunnistettu logistiikan merkitys rakennustyömaan tuottavuuden ja kannattavuuden paranemiseen. Logistiikkaa yritetään hallita, mutta siitä muodostuvat kustannukset nähdään kuitenkin edelleen vain haittana. Kokonaiskuvaa toimivasta logistiikasta ei saada selkeästi muodostettua.

Lean-ajattelu toimii logistiikan ja tuotannon hallintaa ohjaavana johtamisfilosofiana, mutta sen merkitystä ei ole korostettu. JIT-perusteella hoidettavat materiaalikuljetukset ovat tavoitteena, jotta materiaalivirtaa voidaan hallita paremmin. Esivalmisteiden käyttöä lisätään, jotta työmaalta syntynyt materiaalihukka on mahdollisimman vähäinen.

Rakennustyömaiden logistiikan digitalisaation avulla mahdollistetaan selkeämpi toimintajärjestelmä logistiikan tueksi. Sähköiset järjestelmät parantavat tiedonsiirtoa eri osapuolien

välillä. Digitalisaatioon ei kuitenkaan panosteta tällä tasolla kuin yksittäisillä työmailla ja koko kohdeyrityksen yhteistyö logistiikan tietojärjestelmien kehittämisessä on vähäistä.

Hankinnan merkitys logistiikan onnistumiselle tunnustetaan. Hankintasopimuksia kehitetään logistiikan osalta yhteistyössä työmaan kohdeyrityksen tuotannon ja hankinnan kanssa. Yhteistyön avulla sopimukset palvelevat paremmin logistiikan hallintaa, koska yhteiset toimintamallit saadaan määriteltyä kaikille urakoitsijoille. Tavoitteena on, että logistiikkasopimukset ovat mahdollisimman yksiselitteisiä vastuiden osalta ja yhtenäisiä kaikille työmaalla toimiville osapuolille.

Logistiikan hallintaan on käytössä kohdeyrityksen oma vastuuhenkilö. Henkilön ajankäyttö on kohdistettu lähes ainoastaan logistiikan hallintaan ja suunnitteluun. Erillistä logistiikkaurakoitsijaa ei kuitenkaan käytetä tällä tasolla logistiikan hallinnan tukena.

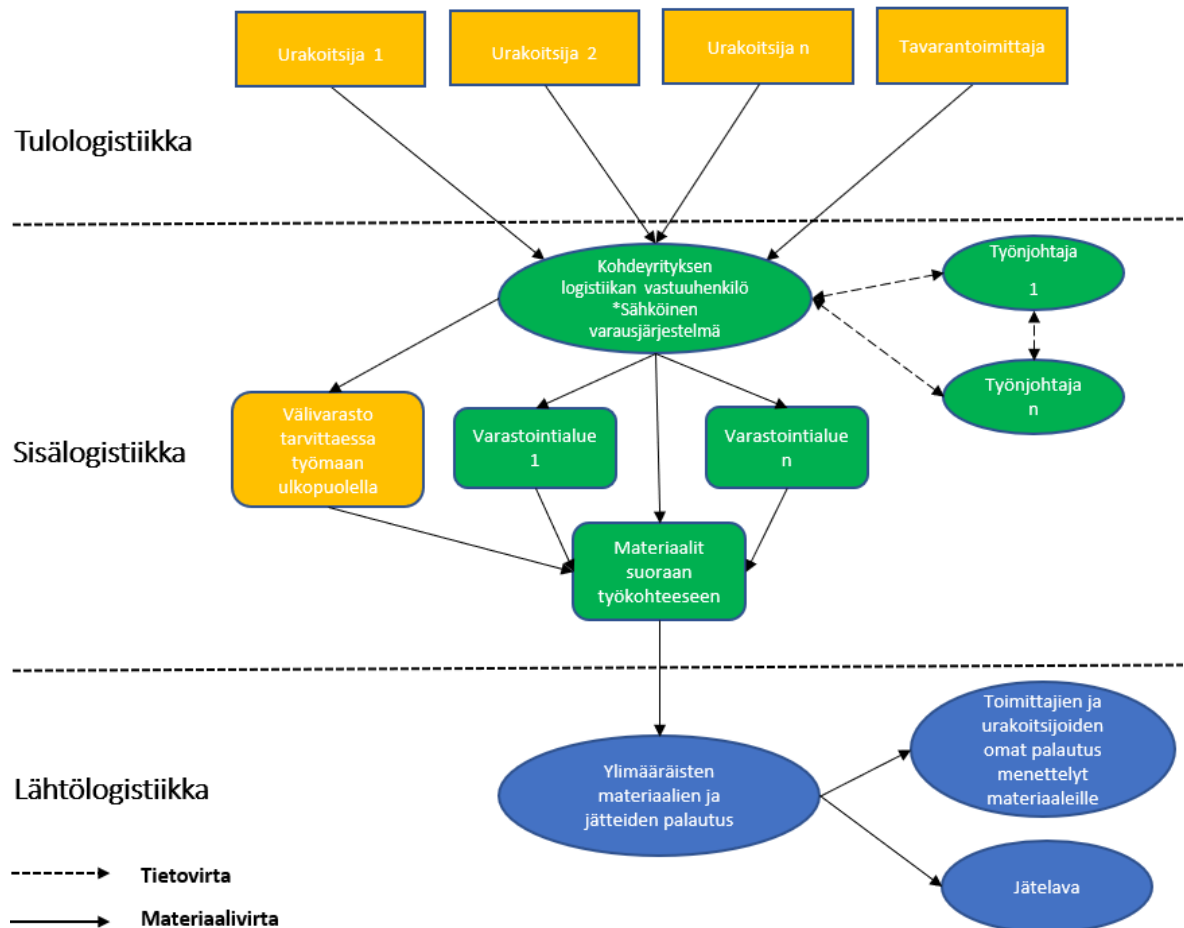
Logistiikan kokonaisuuden suunnittelu tehdään taktisella ja operatiivisella tasolla. Suunnittelussa huomioidaan alueen muiden toimijoiden edellytykset ja tehdään yhteistyötä sidosryhmien kanssa. Pääsääntöisesti rakennustyömaan tuotannossa keskitytään kuitenkin päivittäiseen logistiikan hallintaan operatiivisella tasolla.

Logistiikan suunnitteluun panostetaan huomattavasti aikaisempaa enemmän. Suunnitelmat laaditaan ainoastaan sähköisenä versiona ja mahdollisuuksien mukaan käytetään tietomallinnusta logistiikkasuunnittelun apuna. Aluesuunnitelma on yleisin logistiikan tueksi laadittu suunnitelma. Suunnitelmien laatiminen on logistiikasta vastaavan kohdeyrityksen henkilön vastuulla.

Materiaalien kuljetusten hallintaa parannetaan käyttämällä sähköistä kuljetuskalenteria. Käytettävä sähköinen logistiikkajärjestelmä on yksinkertainen, mutta aiheuttaa usein ongelmia. Yhtenä ongelmana on toimintamenetelmä, jossa kalenteria päivitetään toimittajien ja muiden urakoitsijoiden puhelin- tai sähköposti-ilmoitusten perusteella. Täten osa materiaalikuormista voi jäädä logistiikan hallinnan vastuuhenkilöltä kirjaamatta järjestelmään, eivätkä päivitykset ole reaaliaikaisia.

Kohdeyrityksen logistiikan vastuuhenkilö huolehtii varastointialueiden käytettävyydestä yhteistyössä kohdeyrityksen työnjohtajien kanssa. Haasteita aiheuttaa kuitenkin kohdeyrityksen työnjohtajien väliset epäselvyydet, koska ajoittain tiedonkulku on heikkoa. Materiaalikuljetukset tuodaan mahdollisimman lähelle työkohdetta, jotta vältetään ylimääräisiltä siirroilta. Näin ei kuitenkaan aina tapahdu, koska kohdeyrityksen oma logistiikan hallinta on

epäselvää. Materiaalien toimituksia hoidetaan JIT-periaatteella, mutta käytännön tasolla toimituksien täsmällisyydessä on vielä kuitenkin selkeitä haasteita. Materiaalivirtojen hallintaa tasolla yksi on havainnollistettu kuvassa 21.



Kuva 21. Materiaalivirtojen hallinta tasolla 1

Työmaalla käytettävissä olevat varastoalueet ovat selkeästi esitetty työmaan aluesuunnitelmassa ja niiden käyttö on jaettu kaikkien työmaalla toimivien urakoitsijoiden kesken. Tämä ei kuitenkaan aina toimi, koska tiedotus työmaanjärjestelyistä ei ole ajan tasalla.

Välivarastointimenetelmiä työmaan ulkopuolella käytetään ajoittain tukena materiaalien täsmälliseen toimitukseen. Välivarastointitilat ovat yleensä kohdeyrityksen hallinnoimia, eikä niissä ole erillistä henkilökuntaa. Tavoitteena on lähinnä turvata kriittisten materiaalien toimittaminen työmaalle oikeaan aikaan ja mahdollistaa liian ajoissa tulevien kuormien säilytys työmaan ulkopuolella, kuten kuvassa 21. Tämä vähentää työmaalla varastoitavan materiaalin määrää, mutta välivarastointitila on usein epäjärjestyksessä, eikä tarjoa hyötyä esimerkiksi tuotteiden esivalmistukseen välivarastolla.



Rakennustyömaan jätehuollossa on puutteita, koska erillistä järjestyksestä huolehtivaa urakoitsijaa ei ole. Jätteitä ei lajitella ja lähes kaikki poistuva materiaali heitetään sekajätelävalle. Materiaalien paluulogistiikkaa on kuitenkin tunnistettu omaksi osa-alueekseen. Jokainen urakoitsija hoitaa materiaaliensa poisviennin työmaalta omien periaatteidensa mukaisesti. Toiminta on välillä heikkoa ja kohdeyritys joutuu huomauttamaan materiaalien poistamisesta rakennustyömaalta. Tämä sekoittaa työmaan yleisjärjestyttä ja heikentää työn tuottavuutta.

Suorituskyvyn mittausta tehdään säännöllisesti esimerkiksi materiaalitoimituksia seuraamalla. Mittausten perusteella seurataan ja arvioidaan toimittajien sekä aliurakoitsijoiden kykyä huolehtia omasta toimitusketjun hallinnasta. Tämä antaa mahdollisuuden kehittää logistiikan hallintaa yhteistyössä kaikkien työmaan osapuolien kanssa.

Logistiikan kustannukset saadaan näkyville sopimuksiin vaatimalla toimittajilta ja urakoitsijoilta logistiikan kustannusten erittelyä tarjouksissa. Tämän perusteella kohdeyritys voi arvioida logistiikan todellisia kustannuksia ja vaikuttaa logistiikkaan käytettäviin menetelmiin sekä toimintatapoihin.

#### **4.1.3 Taso 2 - Kehittyneempi toimintamalli**

Tasolla 2 logistiikkaan on kehitetty selkeät prosessit ja logistiikan merkitystä korostetaan työmaan kannattavuuden ja tuottavuuden parantamisessa. Prosesseja kehitetään yhteistyössä kohdeyrityksen tuotannon ja hankinnan sekä urakoitsijoiden kanssa.

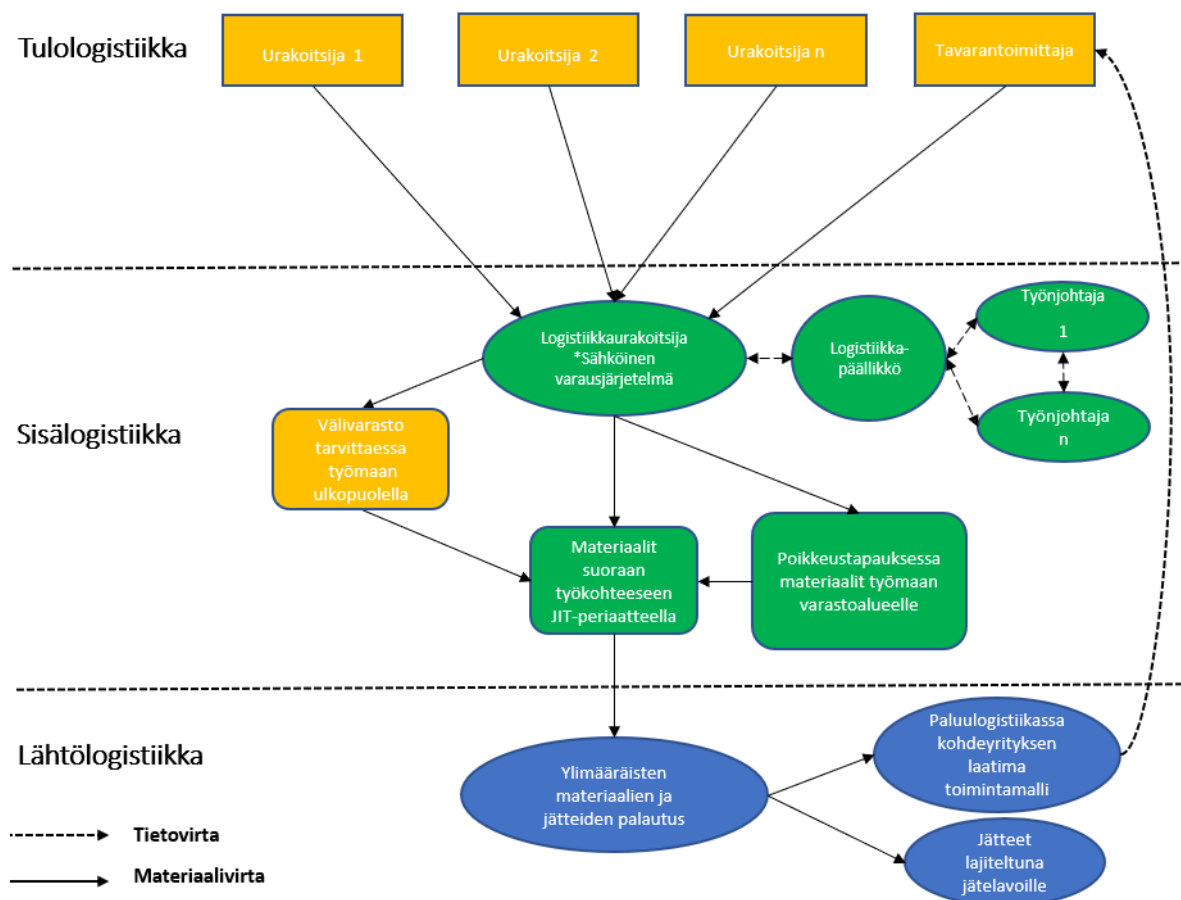
Lean-ajattelua hyödynnetään kokonaisvaltaisesti tuotannon kehittämisen taustalla ja tavoitellaan tuottavuuden nousua koko rakennustyömaan tuotannossa. Logistiikkaa kehitetään käyttämällä työmaan Lean-ajatteluun pohjautuvia menetelmiä. Esimerkiksi aikataulun laadintaan käytetään Last Planner - menetelmää, jolla varmistetaan työvaiheiden aloitusedellytyksien toteutuminen myös viikkotasolla. Tämä varmistaa materiaalien saapumisen oikeaan aikaan työmaalle ja parantaa logistiikan hallintaa, kun kaikkien työvaiheiden aloitusedellytykset on varmistettu. Rakentamista viedään kohti teollisempaa rakennustapaa. Esivalmistettujen rakennusosien avulla materiaalit saadaan kuljettua työmaalle tehokkaammin ja tuotteista syntyvä materiaalihukka vähenee. Tämä mahdollistaa paremmin virtaavan tuotannon, jossa materiaalarpeiden ja logistiikan materiaalivirtojen hallinta on helpompaa.

Rakennustyömaan logistiikassa digitalisaation avulla muodostetaan reaaliaikainen tiedon siirto kaikkien työmaan osapuolien välillä käyttämällä työmaan yhteistä sähköistätiedotus-alustaa sekä tietomallia. Logistiikan suunnitteluun ja hallintaan hyödynnetään sähköisiä

järjestelmiä, kuten materiaalien sekä kuljetusten paikkatietojen seuranta. Järjestelmien avulla voidaan myös tallentaa dataa ja analysoida tuloksia koko yrityksen toimitilarakentamisen käyttöön.

Hankinta kehittää logistiikan sopimuksia yhteistyössä kaikkien työmaan osapuolien kanssa. Tämä mahdollistaa koko projektiorganisaation osalta entistä toimivimmat prosessit, kun myös muutkin kuin kohdeyrityksen toimihenkilöt osallistuvat päätöksentekoon ja toimintamallien kehittämiseen.

Käytössä on logistiikkaurakoitsija, joka hoitaa käytännön logistiikan ylläpidon ja materiaalivirtojen hallinnan. Kohdeyrityksellä on erillinen logistiikasta vastaava henkilö tai logistiikkapäällikkö, jonka vastuulla on logistiikan suunnittelu ja toteutus. Logistiikkahenkilö esimerkiksi ohjaa rakennustyömaiden työnjohtajia, kuten havaitaan kuvasta 22. Logistiikkaurakoitsijan ja kohdeyrityksen välinen yhteistyö on pidempiaikaiseen kumppanuussuhteeseen tähtäävää. Näin ollen molemmat osapuolet panostavat toiminnan kehittämiseen ja ymmärtävät yhteistyön merkityksen kokonaisuuden hallinnan kannalta.



Kuva 22. Materiaalivirtojen hallinta tasolla 2

Logistiikan suunnittelussa huomioidaan myös taktisen tason vaikutukset. Suunnittelua tehdään yhteistyössä muiden alueella vaikuttavien rakennustyömaiden kanssa. Lisäksi viranomaiset otetaan tarvittaessa aktiivisesti mukaan logistiikan suunnitteluprosessiin rakennustyömailla. Tällä varmistetaan logistiikalle parhaat edellytykset muun muassa kuljetussuunnittelun osalta.

Kuljetusten hallintaan käytetään sähköistä logistiikkajärjestelmää, johon saapuvat materiaali kuormat ilmoitetaan esimerkiksi älylaitteen avulla. Kuormien hallintaa valvoo logistiikkaurakoitsija tai kohdeyrityksen logistiikan vastuuhenkilö. Kaikki rakennustyömaalle materiaalia toimittavat ovat velvoitettuja ilmoittamaan saapuvista kuormista. Ilmoittamattomat kuormat käännytetään pois ja ne merkitään järjestelmään virheinä. Sähköisen järjestelmän avulla voidaan valvoa myös työmaan koneiden ja laitteiden käyttöä. Esimerkiksi torninostureiden kapasiteetin valvonnalla tehostetaan kuormien purkua ja lastaamista, kun käyttöajat jaetaan tarpeen mukaan eri toimijoille ja analysoidaan aikaisempia toimintoja. Tämän avulla parannetaan koko työmaan tuottavuutta. Lisäksi aluesuunnitteluun panostetaan käyttämällä pääsääntöisesti tietomalliin perustuvaa aluesuunnitelmaa.

Kaikki toimitukset kuljetetaan JIT-periaatteella ja työmaalla varastointi minimoidaan, kuten havaitaan kuvasta 22. Työmaan varastoalueet ovat suunniteltu niin, ettei ylimääräisiä siirtoja varastoiduille materiaaleille jouduta tekemään kuin poikkeustapauksissa.

Materiaalien hallinnassa käytetään tarvittaessa välivarastointia, joka perustuu laajempaan varastotilaan. Välivarastolla on oma vastuuhenkilö ja tarvittaessa myös muuta henkilökuntaa. Materiaalien toimitukset kirjataan ylös varastojärjestelmään ja materiaaleihin voidaan asentaa paikkaseurantalaitteita helpottamaan tuotteiden seuranta työmaalla.

Materiaalien paluulogistiikka huomioidaan osaksi työmaan materiaalivirtoja. Paluulogistiikkaan kehitetään selkeä kohdeyrityksen toimintamalli, jota noudattavat kaikki työmaan toimintaan osallistuvat. Jätehuollon lisäksi palautuviin materiaaleihin huomioidaan myös työmaalla ylimääräiseksi jääneet materiaalit ja niiden siirtäminen pois työmaalta.

Suorituskyvyn mittausta tehdään logistiikan tärkeimmistä osa-alueista ja sen avulla tavoitellaan jatkuvaa kehittämistä. Mallissa mitataan vähintään materiaalikuljetusten määrää työmaalle sekä niiden saapumista aikataulussa. Lisäksi tarkastellaan materiaalien rakennustyömaan sisäisten siirtojen määrää. Sisäisten siirtojen määrän mittaamista varten on kehitettävä työmaiden paikkaseurantajärjestelmiä rakennustuotteille. Näiden mittausten avulla

muodostetaan kuva logistiikan tarjoamista toimintaedellytyksistä tuottavuuden kehittymiselle rakennustyömailla.

Logistiikan kustannusten hallinta hoidetaan yhteistyössä rakennustyömaan tuotannon, logistiikan ja hankinnan välillä. Kohdeyritykselle tehtävissä urakkatarjouksissa on eroteltava rakennustyön logistiikkakustannukset, jotta logistiikan osuus kokonaiskustannuksista saadaan kohdeyrityksen tietoon. Lisäksi myös kohdeyrityksen omassa kustannusten hallinnassa on selkeämmin painotettava logistiikan kustannusten seuranta. Kustannuksien esitystavat ja määrätymisperusteet ovat oltava yhtenäiset kaikilla työmaalla toimivilla osapuolilla. Toimintolaskentaa käytetään tukena perinteisen kustannuslaskennan rinnalla.

#### **4.1.4 Taso 3 - Kehittynein toimintamalli**

Tasolla 3 logistiikan hallinta on erittäin kehittynyttä ja tavoitteiden saavuttaminen vaatii suurta panostusta logistiikan hallintaan. Tällä tasolla tavoitellaan yhtenäistä logistiikan ja koko toimitusketjun hallintaa selkein prosessein. Kaikki logistiikan osa-alueet sidotaan yhdeksi kokonaisuudeksi koko työmaan tuotannon hallintaan, jonka avulla parannetaan logistiikkaa jatkuvasti.

Lean-ajattelua käytetään rakennustyömaan tuotannonohjauksen ja logistiikan kehittämisen taustalla periaatteena täysipainoisesti koko kohdeyrityksen toimitilarakentamisessa. Lean-ajatteluun pohjautuvat menetelmät kuten tahtiaikataulu ja esivalmistus tukevat logistiikan hallintaa. Rakennuksen materiaalit tuodaan suurimmilta osin esivalmisteina. Kuljetukset hoidetaan JIT-perusteella ja Last Planner - suunnittelun sekä tahtiaikataulun avulla varmistetaan, että kaikki aloitusedellytykset yksittäisille tehtäville ovat kunnossa. Näin ollen logistiikan kokonaisuus saadaan sujuvaksi ja koko rakennustyömaan tuotantoprosessi tehostuu. Tavoitteena on saavuttaa teollistuneempi rakennustapa logistiikan hallintaa kehittämällä.

Rakennustyömaiden logistiikan digitalisaatiossa panostetaan erityisesti datan analysointiin logistiikan ja toimitusketjun tukena. Toiminta ei perustu enää mallissa pelkästään toteutuneiden mittausten analysointiin, vaan sen avulla ennustetaan myös tulevaisuutta. Erilaiset tekoälyyn pohjautuvat järjestelmät arvioivat kuormien saapumista esimerkiksi sääennusteiden sekä liikenteestä saatavan reaaliaikaiseen datan avulla. Tämä tarjoaa mahdollisuuden myös ennakoivaan logistiikan suunnitteluun ja nopean reagoinnin mahdollisiin muutoksiin.

Hankinnan tavoitteena on luoda logistiikan hallintaan keskittyvät sopimukset, joilla edellytykset toiminnan onnistumiselle paranevat. Työmaiden kohdeyrityksen logistiikkapäälliköt

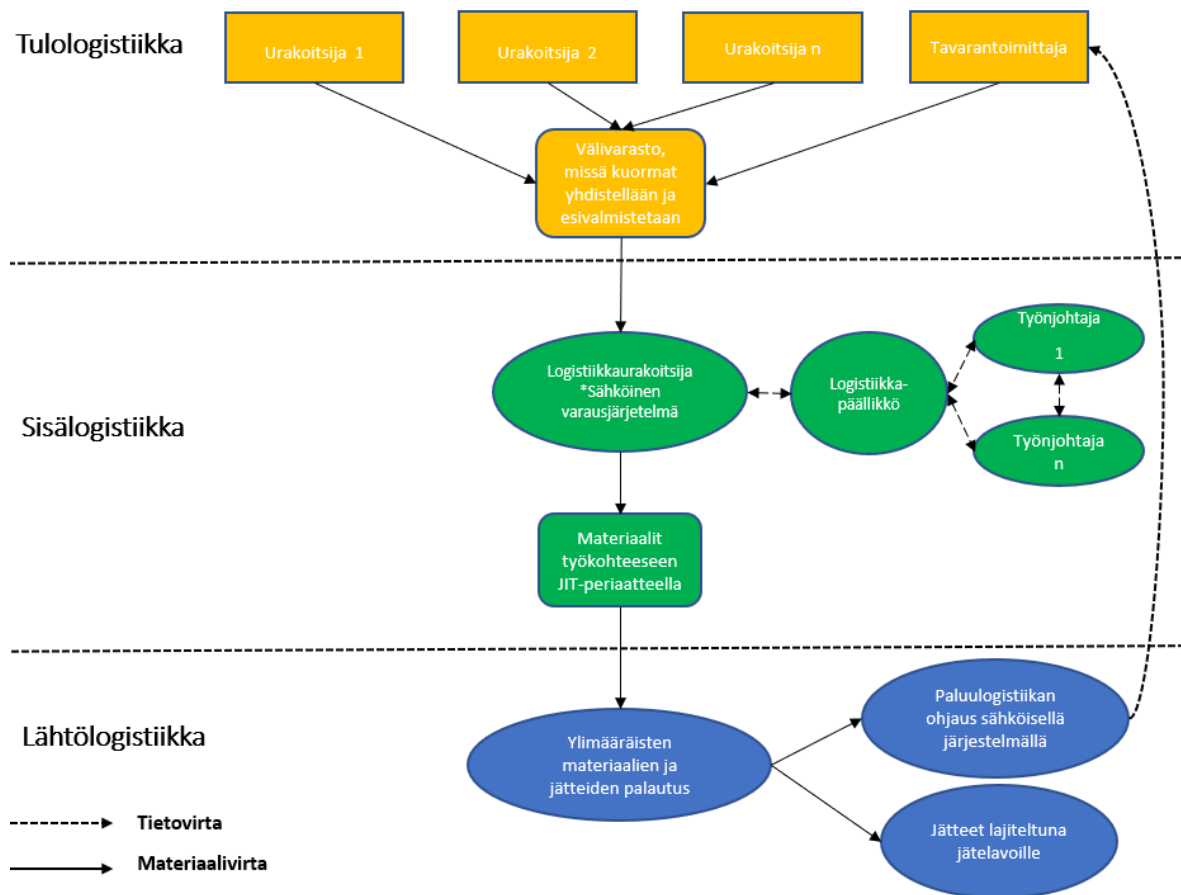
vastaavat työmaiden kaikista logistiikkajärjestelyistä ja tekevät yhteistyötä hankinnan kanssa sopimusvaiheessa tavoitteenaan parantaa koko toimitusketjun hallintaa.

Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan tukena käytetään logistiikkaurakoitsijan palveluita. Logistiikkaurakoitsijan ja kohdeyrityksen välillä tavoitellaan pidempiaikaista yhteistyötä sekä toimintaa kehitetään jatkuvasti. Logistiikkaurakoitsija laatii työmaan aluesuunnitelman ja tarvittavat dokumentit tietomallipohjaisina, kohdeyrityksen logistiikkahenkilöiden sekä logistiikkapäällikön tukemana.

Logistiikassa ja toimitusketjun hallinnassa huomioidaan myös strategisen tason suunnittelu. Työmaan tai hankkeen alkuvaiheesta asti perehdytään logistiikan optimointiin ja tunnustetaan myös alueella työskentelevien muiden toimijoiden vaikutus logistiikkaan. Logistiikkaa ei enää tarkastella pelkästään yhtenä erillisenä työvaiheena, yksittäisessä työmaassa, vaan kokonaisuutena koko kohdeyrityksen toimitilarakentamisessa.

Logistiikkasuunnittelu perustuu ainoastaan sähköisiin menetelmiin. Käytössä on tietomallipohjainen aluesuunnitelma. Aluesuunnitelmassa on selkeästi huomioitava logistiikkasuunnittelu ja sen ajantasaisuuteen on panostettava. Tietomallin avulla esitetään myös kohteen aikataulu suhteessa logistiikkaan.

Materiaalivirtojen hallinnassa kaikilta rakennustyömaan toimijoilta edellytetään kohdeyrityksen logistiikkapalveluiden käyttöä. Tämän avulla tavoitellaan keskitettyä logistiikkajärjestelmää, jonka avulla voidaan pysyä tietoisena kaikista työmaan materiaalivirroista. Materiaalivirtojen hallinta tasolla kolme on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23. Materiaalivirtojen hallinta tasolla 3

Materiaalin palautukseen ja jätehuoltoon on panostettu sekä niiden vaikutukset ympäristöön on tunnistettu. Jätelavalle ei poisteta työmaalta käyttökelpoista materiaalia. Jätteisiin siirretään lajiteltuna ainoastaan sinne kuuluva pakkausmateriaali ja muu käyttökelvoton hukkamateriaali, kuten havaitaan kuvasta 23. Materiaalin palautus on selkeä prosessi ja sitä ohjataan sähköisellä järjestelmällä samaan tapaan kuin tulevaa materiaalivirtaa. Järjestelmän hallintaa valvoo logistiikkaurakoitsija tai kohdeyrityksen oma vastuhenkilö.

Varastoinnin osalta rakennustyömailla varastointi minimoidaan. Esimerkiksi erillinen logistiikkaurakoitsijan tuottama välivarastointipalvelu mahdollistaa JIT-perusteella tulevien toimituksien paremman hallinnan. Välivarasto voi olla tällä tasolla lähes 10 000 neliömetrin logistiikkaurakoitsijan hallinnoima tila, joka palvelee tarvittaessa useita eri rakennustyömaita. Varastolla tuotteisiin asennetaan esimerkiksi RFID-tunnisteita, joilla materiaaleja seurataan. Tämä tukee myös rakentamisen Lean-ajattelun hyödyntämistä muun muassa välivarastolla kasattujen tuotepakettien ja esivalmisteiden avulla. Mahdolliset erittäin suuret toimitukset voidaan kuljettaa suoraan työmaalle ilman välivarastointitilan käyttöä.

Suorituskyvyn mittaus on ulotettu kaikille logistiikan osa-alueille ja kerätyn datan analysointia tehdään koko kohdeyrityksen toimitilarakentamisen-segmentin tasolla. Saadun datan perusteella kehitetään entistä parempaa logistiikkaa koko toimitilarakentamisessa. Esimerkiksi seuraamalla materiaalien kuljetusaikoja ja määriä voidaan tasapainottaa materiaalivirran hallintaa työmaalle. Prosessien kehittämiseen seurataan logistiikan eri osa-alueita ja työmailta saatuja tietoja vertaillaan koko kohdeyrityksen toimitilarakentamisen logistiikan hallintaan. Tämän avulla saadaan keskimääräisiä logistiikka tietoja ja pystytään määrittelemään perusteita prosessien hallintaan.

Kustannusten hallintaan käytetään toimintolaskentaa. Kustannus toteumia kerätään yhteisesti koko kohdeyrityksen toimitilarakentamisen järjestelmään ja niitä hyödynnetään logistiikan kehityksessä. Pelkästään yksittäisen työmaan ja sen organisaation mukana kulkevia kustannustietoja ei enää ole, vaan data pidetään avoimena koko kohdeyrityksen toimitilarakentamisen välillä. Tuotetun datan esitystapa on laadittu yhtenäistetyksi ja selkeäksi. Logistiikkaurakoitsijan kustannukset menevät suoraan logistiikkapalveluita käyttäneelle yritykselle.

#### **4.1.5 Logistiikan toimintamallien tasojen riskit**

Kohdeyrityksen riskinä on, että toimintamalleja ei saada käyttöön kaikilla toimitilarakentamisen työmailla. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa logistiikkaa ei kaikilla työmailla tunnisteta omaksi osa-alueekseen ja jatketaan perinteisellä rakentamistavalla. Näin ollen koko kohdeyritys, eikä muut työmaan toimijat välttämättä sitoudu paremman logistiikan hallinnan kehittämiseen. Tarkemmin toimintamallien tasojen riskejä on esitelty taulukossa 18, mutta siinä ei huomioida kuitenkaan tason nolla riskejä, koska logistiikan hallinnan tavoitetasoksi kohdeyrityksen työmailla on asetettu vähintään taso yksi.

Taulukko 18. Logistiikan toimintamallien tasojen riskejä

Riskit	Taso 1	Taso 2	Taso 3
<b>Digitalisaatio rakennustyömaiden logistiikan hallinnassa</b>	-Digitaalisten logistiikan hallinta menetelmien käyttöönottoa tarkastellaan vain yksittäisillä työmailla, eikä koko kohdeyrityksen tasolla	-Digitaalisten logistiikan hallinta järjestelmien mahdollistamia tiedonsiirtoja kaikkien osapuolien välillä ei hyödynnetä	-Tekoälyä ei pystytä yhdistämään työmaiden logistiikan käytäntöihin
<b>Hankinta logistiikan tukena</b>	-Yhteistyötä tuotannon ja hankinnan välillä ei tehdä kohdeyrityksessä	-Hankinta ei huomioi alihankintajoiden ja tavarantoimittajien tarpeita logistiikassa	-Sopimuksia ei määritellä logistiikkaa painottavaksi ja yhtenäisiksi
<b>Logistiikan ulkoistaminen</b>	-Huom! Logistiikkaurakoitsija ei ole käytössä tasolla 1	-Logistiikkaurakoitsijan ja kohdeyrityksen välinen tiedonkulku epäselvää	-Logistiikkaurakoitsijan ja kohdeyrityksen kumppanuuden kehittäminen ei onnistu
<b>Strateginen, taktinen, ja operatiivinen taso logistiikan hallinnassa</b>	-Taktisella tasolla ei huomioida työmaan sidosryhmiä päätöksenteossa	-Viranomaisia ei huomioida päätöksenteossa ja suunnitelmien läpivienti epäonnistuu	-Logistiikkaa ei huomioida strategisessa päätöksenteossa ja hankkeiden ympäröivät logistiikkajärjestelyt jäävät huonoiksi
<b>Logistiikan käytännön menetelmät</b>	-Kohdeyrityksen logistiikan vastuuhenkilö puuttuu ja kohdeyrityksen logistiikan hallinta on epäselvää -Materiaalien paluulogistiikka ei huomioida -Sähköiseen logistiikkajärjestelmään ilmoitetaan kuormia puhelimitse tai sähköpostilla henkilön välityksellä, joka lisää virheen mahdollisuutta -Sähköinen logistiikka järjestelmä liian monimutkainen pienelle työmaalle	-Logistiikkapäällikön tai muun kohdeyrityksen logistiikasta vastaavan henkilön ajankäyttö tehtävään vähäinen -Materiaalien paluulogistiikan periaatteet epäselviä työmailla -Sähköiseen kuljetuksien hallinta järjestelmään ei ilmoiteta saapuvia kuormia	-Logistiikkapäällikkö ei kykene hallitsemaan logistiikan toimitusketjua -Materiaalien paluulogistiikan periaatteet epäselviä työmailla -Logistiikkasuunnittelu tehdään sähköisesti, mutta laadittuja suunnitelmia ei välitetä kaikille toimijoille
<b>Varastointiratkaisut logistiikassa</b>	-Väliavarastointia ei käytetä, koska kustannusten pelätään olevan liian suuret -Tiedonkulku varastointialueiden käytettävyydestä epäselvä kohdeyrityksen työnjohdon välillä -Väliavarastointitila usein epäjärjestyksessä, koska kunnollista materiaalien seuranta ei ole	-Väliavarastointia ei käytetä, koska kustannusten pelätään olevan liian suuret -Väliavaraston ylläpito heikkoa, eikä paikkaseurantaa hyödynnetä -Materiaaleja varastoidaan edelleen rakennustyömaalla	-Väliavarastointia ei käytetä, koska kustannusten pelätään olevan liian suuret -Väliavarastoinnissa ei yhdistellä useita työmaita ja menetetään saavutettavat mittakaavaedut
<b>Logistiikan suorituskyvyn mittaaminen ja kustannusten hallinta rakennustyömailla</b>	-Saatuja mittaustuloksia ei hyödynnetä kehityksessä -Logistiikan kustannuksia ei eritellä vaatimuksista huolimatta	-Saatuja mittaustuloksia ei hyödynnetä kehityksessä -Paikkaseurantajärjestelmä ei saada kehitettyä materiaalien mittaamista varten -Kustannusten hallintaan ei kehitetä uusia menetelmiä	-Saatuja mittaustuloksia ei hyödynnetä kehityksessä -Kustannusten hallintaa tehdään vain yksittäisen työmaan tasolla, eikä koko toimitilarentamisessa



#### 4.1.6 Logistiikan toimintamallien tasojen kustannus- ja tuottavuusvaikutukset

Parantamalla logistiikan tasoja saadaan kohdeyrityksessä aikaan kustannusten laskua ja parannetaan tuottavuusvaikutuksia. Seuraavissa kappaleissa on esitelty analyysikehikon, nykytila-analyysin ja toimintamallien avulla tehtyjä olettamuksia vaikutuksista.

Esimerkiksi nostamalla logistiikka tasolta 0, tasolle 1 voidaan tuottavuuteen vaikuttaa materiaalien siirtoja vähentämällä. Otetaan esimerkkitapauksena analyysikehikon ja nykytila-analyysin perusteella yleinen tapahtuma, jossa materiaalien hallintaan ei panosteta. Yksittäistä rakennustarvikelavaa joudutaan siirtämään 4 kertaa uuteen varastointipaikkaan ennen kuin se käytetään. Tasolla yksi lava tuodaan pääsääntöisesti suoraan rakennuspaikalle ja ylimääräistä aikaa ei kulu siirtelyyn. Työntekijä voi keskittyä tuottavaan työhön, jossa materiaalit saadaan heti työkohteeseen ja siirron suorittaa logistiikkaan erikoistuneet työntekijät. Oletuksena on, että jokainen siirto vie vähintään 30 minuuttia työaikaa eli yhteensä 2 tuntia työntekijän päivästä. Nyt työntekijä voi keskittyä 2 tuntia enemmän omaan tehtäväänsä ja logistiikan selkeä hallinta parantaa varsinaisen rakennustyön tuottavuutta.

Logistiikkakustannuksiin sisäisten siirtojen väheneminen voi vaikuttaa esimerkiksi taulukon 19 mukaisesti. 260 työpäivää viittaa vaikutuksiin noin vuoden kestävässä rakennusprojektissa. Aiheutuneet kustannukset ovat suoraan pois muusta rakentamisen logistiikan kehittämisestä ja yleisjärjestelystä. Tämän vaikutukset heijastuvat muun muassa työturvallisuuteen ja rakennustyöntekijöiden tuottavuuteen. Poistamalla tai vähentämällä sisäisiä siirtoja rakennustyömaalla on huomattavat vaikutukset rakentamisen kustannuksiin.

Taulukko 19. Materiaalien sisäisten siirtojen aiheuttamia kustannuksia rakennustyömaalla

Ylimääräisten sisäisten siirtojen kustannukset			
Henkilö	Tehtävä	Käytetty aika (h)	Kustannus (€)
Logistiikkatyönjohtaja	Siirtojen suunnittelu	1	42,5
Logistiikkatyöntekijät 2 hlö	Siirtojen toteuttaminen	2	73,6
Kurottaja	Materiaalien siirto	1	70
	<b>Yhteensä päivässä</b>	4	186,1
	<b>Yhteensä 5 päivässä</b>	20	930,50 €
	<b>Yhteensä 260 päivässä</b>	1040	48 386,00 €

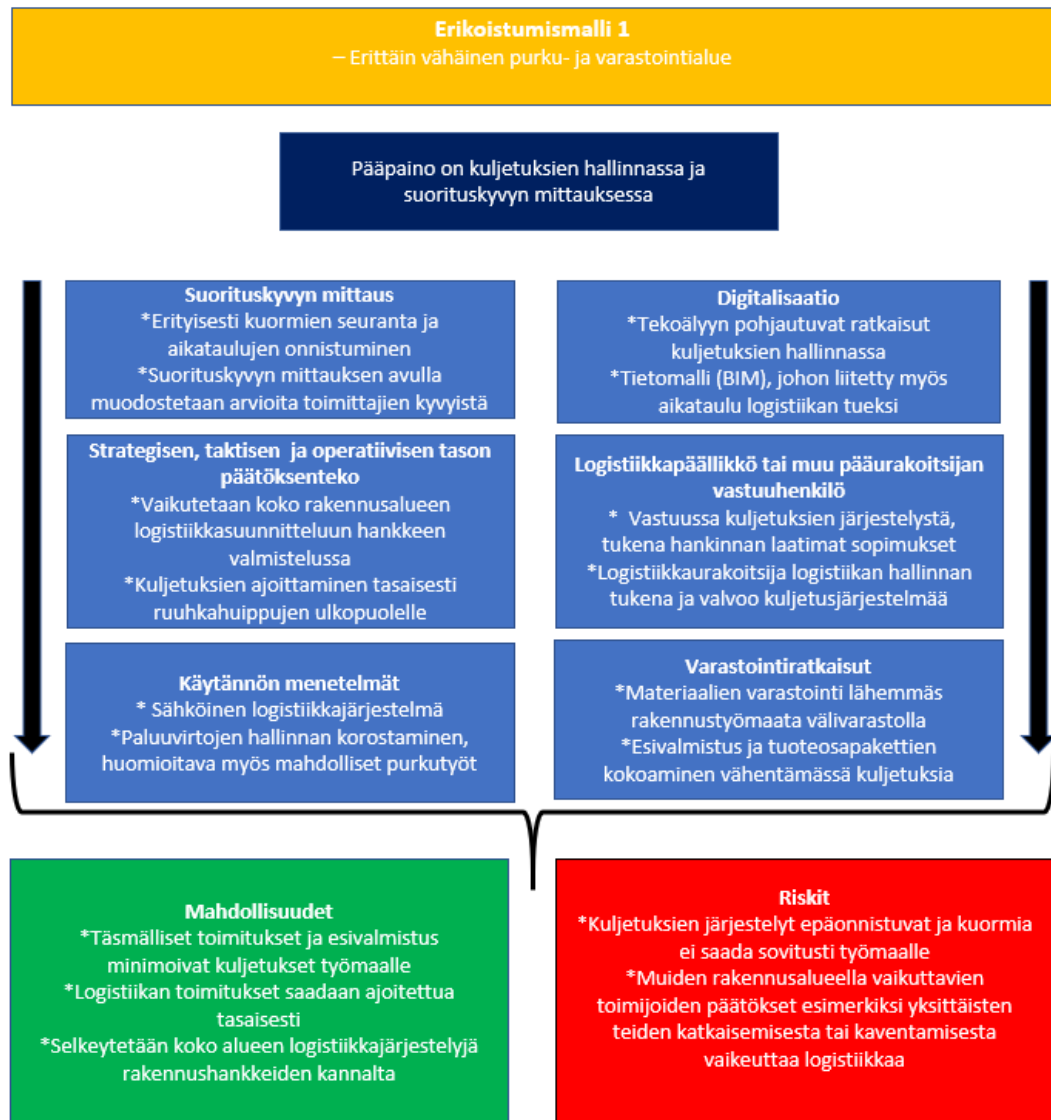
#### 4.2 Logistiikan erikoistumismallien laatiminen kohdeyrityksessä

Logistiikan erikoistumismallit ovat kehitetty suuntaa-antaviksi vaihtoehtoiksi analyysikehikon ja nykytila-analyysin perusteella tunnistettuihin erikoispiirteitä omaaviin rakennustyömaihin. Erikoistumismalleja käytetään tukemassa työmaan logistiikan kehitystä

erikoispiirteitä sisältävissä työmaissa. Erikoistumismalli 1 on kehitetty erityisesti erittäin vähäisen purku- ja varastointilan kohteille. Erikoistumismalli 2 on kehitetty suuriin rakennushankkeisiin, joissa useat samalla alueella olevat kohdeyrityksen rakennustyömaat tekevät logistiikan hallinnasta erittäin haastavaa.

#### **4.2.1 Erikoistumismalli 1**

Erikoistumismalli 1 on laadittu erityisesti niille rakennustyömaille, joissa varastointimahdollisuudet ovat erittäin pienet. Erikoistumismallin 1 peruseriaatteena on korostaa kuljetuksien hallintaa ja suorituskyvyn mittausta rakennustyömaalla. Suurimmat ongelmat ahtaassa varastointi ja purkutilassa aiheutuvat ajoneuvojen häiriöstä rakennustyömaata ympäröivään liikenteeseen. Lisäksi mahdollinen materiaalien jääminen materiaalien purkupaikalle estää kaiken materiaalivirtojen hallinnan työmaalla. Tämän takia kuljetusten ohjausjärjestelmän on oltava erittäin kehittynyt ja sen avulla on pystyttävä myös suorituskyvyn mittaamiseen. Logistiikkapäällikkö tai muu kohdeyrityksen logistiikan vastuhenkilö voi esimerkiksi valvoa materiaalivirtojen hallintaa. Erikoistumismallin 1 pääperiaatteet ja mahdollisuudet sekä riskit ovat esitetty kuvassa 24.



Kuva 24. Erikoistumismallin 1 pääperiaatteet

Suorituskyvyn mittauksessa keskitytään erityisesti kuljetuksien onnistumisen mittaamiseen ja niiden kehittämiseen tuloksien pohjalta. Materiaalikuljetukset aikataulutetaan tasaisesti koko työpäivän ajalle ja tarvittaessa tuotteita kuljetetaan paikalle myös normaalintyöajan ulkopuolella. Erityistä huomiota kiinnitetään myös toimittajien kykyyn hallita omaa logistiikkaansa. Toimittajien ilmoittamien kuljetusaikojen toteutumista mitataan, minkä perusteella luodaan yhteinen tietokanta toimittajista ja aliurakoitsijoista toimitusvarmuuden pohjalta, kuten on esitetty kuvassa 24. Tämä mahdollistaa toimittajien vertailun jatkossa.

Erikoistumismallissa kuljetuksien hallintaan voidaan hyödyntää logistiikan tekoälypohjaisia menetelmiä, minkä avulla esimerkiksi ennakoidaan kuljetusreittien ruuhkaisuutta. Tässä vaaditaan kuitenkin merkittäviä panostuksia rakennusalan logistiikan digitalisaatioon ja

yhteistyötä kuljetusliikkeiden sekä aliurakoitsijoiden kanssa. Lisäksi tietomallin avulla suunnitellaan tarkemmin logistiikan hallintaa ja aikataulusta, koska mahdolliset ongelmat logistiikassa ovat siinä helpommin havaittavissa.

Strategisen tason vaikuttaminen on erikoistumismallissa tärkeää, koska rakennustyömaan varastointi- ja purkutila on vähäistä. Tämän takia alueen liikennejärjestelyt ovat saatava toimimaan myös rakennustyön aikana ja logistiikan onnistumisen mahdollisuuksien kehittäminen on aloitettava jo hankkeen valmisteluvaiheessa viranomaistasolla. Entistä enemmän rakennustyömaista, joiden varastointitila on pieni sijaitsevat kaupunkien keskustoissa ja vaativat mahdollisimman sujuvat liikennöintireitit. Reittien järjestäminen vaatii yhteistyötä myös viranomaisten kanssa. Kaikkien osapuolien on ymmärrettävä rakennustyömaan vaikutus ympäristöön ja korostettava liikennereittien tärkeyttä materiaalivirtojen hallintaa. Lisäksi on pidettävä huolta työmaan sisälogistiikan järjestelyistä ja varmistettava niiden toimivuus, jotta materiaalivirrat eivät jumiudu työmaan purkupaikoille.

Hankinnassa laadituissa sopimuksissa on määriteltävä tarkasti kuljetussäännöt ja mahdolliset poikkeamat sanktioidaan. Tämän avulla saadaan ohjailtua logistiikan hallintaa rakennustyömaalla. Tämän lisäksi logistiikkaurakoitsija toimii tiiviissä yhteistyössä kohdeyrityksen kanssa ja hoitaa esimerkiksi logistiikkajärjestelmän valvomisen. Logistiikkapäällikkö tai muu pääurakoitsijan vastuhenkilö toimii kohdeyrityksen logistiikan kokonaisuudesta vastaavana henkilönä.

Aluesuunnittelun merkitys korostuu pienillä varastointialueilla, koska materiaalien purkupaikat ovat oltava selkeästi kaikkien tiedossa. Mahdolliset muutokset kuljetusreitteihin on tiedotettava reaaliajassa, koska virheet kuljetuksissa heikentävät rakennustyömaan tuottavuutta. Erillinen logistiikkasuunnitelma aluesuunnitelman lisäksi on tarpeen laatia rakennuksen sisäpuolisista töistä. Tämän avulla voidaan taata materiaalien katkeamaton virtaus yksittäisiin työkohteisiin, koska materiaalireitit ovat selkeästi esitetty ja niiden avoinna pitäminen on helpompaa rakennustyömaan henkilöstölle.

Materiaalien paluuvirrat ovat huomioitava toimintamallissa erittäin tarkkaan, koska työmaalle ei saa jäädä ylimääräistä materiaalia. Tämän avulla tuottavuuden paranemisen edellytykset voidaan säilyttää, kun työskentelyalueet pysyvät järjestyksessä. Paluuvirroissa on kiinnitettävä huomiota myös mahdollisiin purkutöistä syntyviin jätteisiin. Rakennuksesta poistuvat vanhat materiaalit on saatava poistettua hallitusti ja lajiteltuna. Poistuviin materiaaleihin voidaan hyödyntää JIT-periaatteita. Niiden avulla materiaalien poisvientiin saadaan

täsmällisyyttä ja myöskään jätehuollon kuljetukset eivät tule yllätyksenä rakennustyömaan logistiikan hallintaan.

Pienillä varastointialueilla välivarastointiratkaisujen käyttö rakennustyömaan apuna on tärkeässä roolissa. Mahdolliset liian ajoissa saapuvat tai muuten kriittiset materiaalit on siirrettävä rakennustyömaalle oikeaan aikaan. Niitä ei kuitenkaan voida varastoida rakennustyömaalla, joten materiaalit on siirrettävä välivarastoon. Välivaraston on oltava mahdollisimman lähellä rakennustyömaata ja sen hallinnassa on oltava käytössä kehittynyt sähköinen ohjausjärjestelmä. Kaikkien työmaan osapuolien on oltava jatkuvasti tietoisia, mitä varastolla säilytetään.

Välivarastointitilaa voidaan hyödyntää myös tuoteosapakettien kasaamiseen, jolla vähennetään työmaalla tarvittavien materiaalien määrää. Tämän avulla saadaan myös vähennettyä alueella liikkuvien ajoneuvojen määrää, koska tuotteet voidaan yhdistää yhdeksi isommaksi kuormaksi, eikä jokaista osaa tuoda erikseen. Lisäksi esivalmistetuilla tuotteilla voidaan edesauttaa Lean-ajattelua ja saavuttaa paremmin virtaavaa sekä tasaisemmin ennustettava tuotanto.

### **Erikoistumismallin 1 tuottavuusvaikutukset**

Välivarastolla kasattujen tuoteosapakettien avulla voidaan parantaa rakennustyömaan tuottavuutta. Suoraan rakennustyömaalla työkohteeseen viedyt tuoteosapaketit vähentävät työmaalla osien kasaamiseen käytettävää aikaa. Tämä parantaa työmaan tuottavuutta, koska osat voidaan asentaa suurempina kokonaisuuksina. Näin ei kulu aikaa myöskään osien etsimiseen ja yhdistelemiseen useista saapuneista materiaalkuormista ja logistiikka on selkeämpää.

### **Erikoistumismallin 1 riskit**

Suurimman riskin erikoistoimintamallissa yksi muodostaa kuljetuksien järjestelyiden epäonnistuminen, kuten on esitetty kuvassa 24. Mahdollinen yksittäinen myöhästyminen voi sekoittaa koko päivän kuljetuskalenterin ja aiheuttaa haasteita myös seuraaviin päiviin. Tämän takia järjestelmässä on pystyttävä varautumaan viiveisiin esimerkiksi välivarastoinnin avulla ja kalenterin päivittäminen on oltava jatkuvaa logistiikka hallinnoivan henkilöstön toimesta.

Riskinä ovat myös mahdolliset ristiriidat alueen muiden kuin kohdeyrityksen rakennustyömaiden välillä materiaalikuljetuksissa. Esimerkiksi kuljetusreittien tai niiden kaventaminen

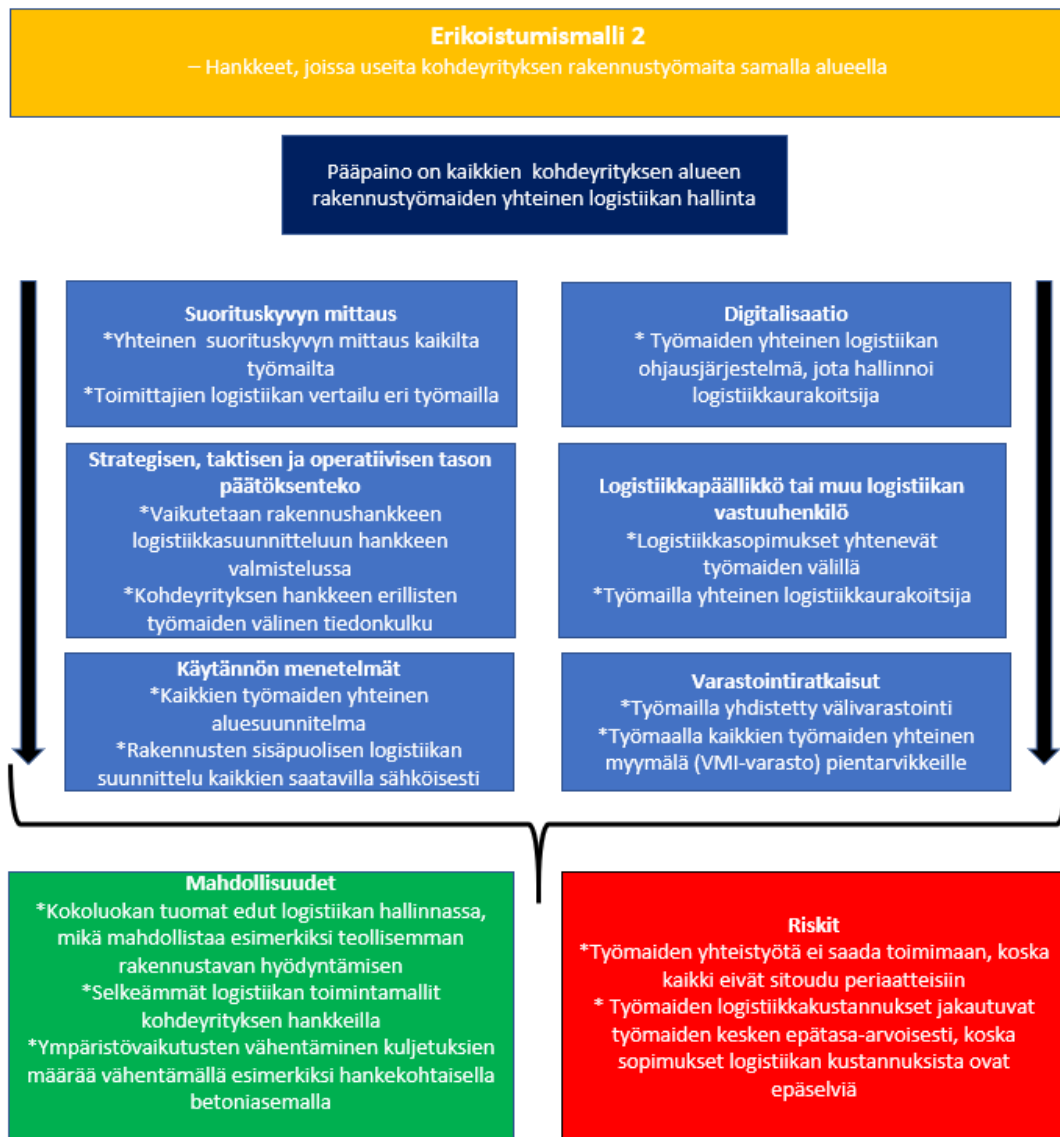
ahtaassa kaupunkiympäristössä toisen rakennustyömaan toimesta voi ruuhkauttaa ja hidastaa logistiikan hallintaa merkittävästi.

#### **4.2.2 Erikoistumismalli 2**

Erikoistumismalli 2 on laadittu rakennushankkeille, jossa osallisena on monta kohdeyrityksen rakennustyömaata samalla alueella. Useiden työmaiden logistiikan hallinta hankkeen sisällä on erittäin haastavaa, koska se on jakautunut useisiin osiin, eikä kokonaisuuden hallintaan panosteta. Näin ollen yksittäisen rakennustyömaan tarkastelu ei enää riitä vaan tämän takia rakennustyömaita on tarkasteltava yhtenä kokonaisuutena logistiikan osalta. Tällaiset kohteet ovat yleistyneet huomattavasti, kun hankkeiden kokoluokka on kasvanut. Vastaavanlaisia kohteita tuli ilmi haastattelututkimuksen yhteydessä haastateltavan 2 ja 3 rakennustyömailla.

#### **Erikoistumismallin 2 pääperiaatteet**

Erikoistumismallissa 2 on kiinnitettävä huomiota erityisesti rakennustyömaiden välillä yhtenäisiin sopimuksiin sekä valvontajärjestelmiin. Ne tukevat kohteiden yhdistämisestä saatava mittakaavaetua, kuten myös aikaisempaa teollistuneempaa rakennustapaa. Erikoistumismallin 2 pääperiaatteet ja mahdollisuudet sekä riskit ovat esitelty kuvassa 25.



Kuva 25. Erikoistumismallin 2 pääperiaatteet

Suorituskyvyn mittauksessa hyödynnetään yhteistä logistiikkajärjestelmää. Tämän avulla voidaan seurata logistiikan hallintaa kokonaisuudessaan rakennustyömailta. Lisäksi voidaan vertailla toimittajia eri työmaiden välillä. Kustannusten hallinnassa voidaan seurata kaikkien hankkeen työmaiden logistiikan kustannuksia ja suorituskyvyn mittaus tukee kustannusten jakamista työmaiden kesken, koska käytetyistä resursseista pidetään tarkkaa kirjanpitoa.

Rakennustyömaiden logistiikan digitalisaatio on useiden rakennustyömaiden yhteisessä kokonaisuudessa erittäin tärkeä osa logistiikan onnistumista. Kaikkien rakennustyömaiden käytössä täytyy olla yhtenäinen logistiikan ohjausjärjestelmä, jolla tietoa voidaan välittää kaikille hankkeen rakennustyömaille.

Strategisella tasolla logistiikan hallintaa on tärkeää vaikuttaa, jotta usean rakennustyömaan kokonaisuus aiheuttaa mahdollisimman vähän häiriöitä ympäröiville alueille, kun esimerkiksi alueen maankäyttö suunnitellaan jo hankekehitysvaiheessa viranomaistasolla logistiikka huomioiden. Taktisella tasolla on tehtävä yhteistyötä kaikkien kohdeyrityksen hankkeen rakennustyömaiden välillä, jotta mahdolliset poikkeamat havaitaan ajoissa. Esimerkiksi toisen kohdeyrityksen rakennustyömaan aiheuttamat esteet kuljetusreitteihin on havaittava etukäteen, mikä vaatii jatkuvaa tiedonvälitystä rakennustyömaiden logistiikkaa valvovalle logistiikkapäällikölle päivittäin kaikilta rakennustyömailta.

Hankinnan tavoitteena on toimintamallissa yhdistää kaikkien hankkeen rakennustyömaiden logistiikan hallinta yhteneväksi ja antaa edellytykset kohdeyrityksen selkeämmille logistiikan toimintamalleille. Logistiikkasopimukset muodostetaan samanlaisiksi, jotta saadaan toimintaedellytykset kohdeyrityksen logistiikasta vastaaville henkilöille sekä logistiikkaurakoitsijoille.

Lisäksi jokaisella hankkeella on oltava kohdeyrityksen oma logistiikasta vastaava työnjohtaja tai logistiikkapäällikkö, joka valvoo kaikkia hankkeen rakennustyömailta. Usean rakennustyömaan logistiikan hallinnassa erityisenä haasteena on rakennustyömaiden rakentamisen eri vaiheet. Logistiikan pitää sopeutua kaikkiin rakennusvaiheisiin. Tässä suurimpana vaikuttajana on logistiikasta vastaava työnjohtaja tai logistiikkapäällikkö, jonka vastuulla on kokonaisuuden hallinta.

Logistiikkaurakoitsijan rooli on myös tärkeä logistiikan kokonaisuuden hallinnassa. Logistiikkaurakoitsija suorittaa varsinaisen logistiikan toteuttamisen kaikille hankkeen rakennustyömaille. Täten eri logistiikkaurakoitsijat rakennustyömaiden kesken eivät aiheuta sekaannuksia. Lisäksi yhtenäisen sähköisen logistiikkajärjestelmän käytöstä tulee tehokasta, kun logistiikkaurakoitsija hoitaa sen käytännön toteutuksen.

Rakennushankkeen aluesuunnitelmat tehdään yhtenä kokonaisuutena ajoteiden ja piha-alueiden osalta, jotta kokonaisuutta voidaan hallita. Rakennusten sisäpuoliset logistiikkasuunnitelmat tehdään jokaiselta rakennustyömaalta erikseen, mutta suunnitelmat ovat oltava sähköisesti kaikkien saatavilla.

Välivarastoinnissa hyödynnetään useiden hankkeiden muodostamaa mittakaavaetua. Välivarastointia käytetään useammalle rakennustyömaalle, joten tilan kapasiteetti voi olla huomattavasti suurempi. Usean rakennustyömaan yhdistäminen mahdollistaa tuotepakettien kasaamisen välivarastolla, jolla vähennetään ylimääräisiä kuljetuksia ja parannetaan



rakennustyömaan tuottavuutta. Rakennustyön ympäristöön aiheuttamia haittavaikutuksia vähennetään esimerkiksi perustamalla hankkeelle oma betoniasema, jos rakennusalueella on riittävästi tilaa. Tämä vähentää huomattavasti myös rakennustyömaan ulkopuolista liikennöintiä, kun betoniautojen liikennöinti alueella vähenee.

Erikoistumismallissa 2 käytetään VMI-varastointia, jossa rakennustyömaalle perustetaan pientarvikemyymälä. Tämä vähentää henkilöstön liikennöintiä pois työmaalta mahdollisten pientarvikkeiden loppuessa sekä kiiretilauksia toimittavien ajoneuvojen määrää. Pientarvikkeiden kuljetukset ovat myös nykytila-analyysin perusteella suurilta osin ilmoittamattomia, joten ne sotkevat yleisesti logistiikan hallintaa rakennustyömailla.

### **Erikoistumismallin 2 tuottavuusvaikutukset**

Esimerkiksi VMI-varastojen avulla voidaan parantaa hankkeen tuottavuutta, koska mahdollisissa materiaalien puutetilanteissa pientarvikkeita voidaan hakea suoraan pientuotemyymälästä. Perinteisessä toimintamallissa kiinnitystarvikkeiden loputtua työmaan henkilöstö lähtee noutamaan tarvikkeita rautakaupasta, joka keskeyttää rakennustyön pidemmäksi aikaa. Oletetaan, että tarvikkeiden nouto rautakaupasta vie 30 minuuttia. VMI-varastolta pientarvikkeet voidaan noutaa 10 minuutissa, joka lisää tuottavaan työhön käytettävää aikaa 20 minuutilla.

### **Erikoistumismallin 2 riskit**

Riskinä toimintamallissa on erityisesti laaja logistiikkaverkosto, jonka hallinnointi on vaikeaa. Jokaisen materiaalien käsittelyä tekevän yrityksen ja henkilön on ymmärrettävä yhteistoiminnan merkitys logistiikan kokonaisuuteen. Tämän avulla saavutetaan suurin mahdollinen hyöty logistiikan yhdistämisestä.

Rakennustyömaiden logistiikan hallinnan yhdistäminen voi olla hankalaa myös sopimusteknisesti. Logistiikan kustannusten jakautuminen kohdeyrityksen rakennustyömaiden kesken voidaan kokea epätasa-arvoiseksi, mikä voi johtaa ristiriitoihin kohdeyrityksen rakennustyömaiden välillä.

### **4.3 Laadittujen logistiikan toimintamallien arviointi kohdeyrityksessä**

Toimintamallien käytettävyyttä arvioivat diplomityön loppuvaiheessa kohdeyrityksen toimittarakentamisen edustajat. Tilaisuuteen osallistui yhteensä kahdeksan henkilöä, joista kuusi työskenteli kehitystehtävissä ja kaksi työmaatuotannon tehtävissä. Tämän avulla

saatiin laajennettua arviointitilaisuuden näkökulmia. Toimintamallien arviointi tehtiin suullisesti esittelytilaisuuden yhteydessä, josta diplomityöntekijä kirjasi palautteen.

Kokonaisuudessaan työssä laadittuja toimintamalleja pidettiin käyttökelpoisina ja niiden potentiaalia logistiikan hallinnan parantamiseen suurena. Erityisesti korostettiin toimintamallien hyödyllisyyttä rakennustyömaan logistiikan nykytilan arviointiin työmaakohtaisesti toiminnan tasojen perusteella. Lisäksi nostettiin esille yhtenäisten portaittaisten toimintamallien tuoma mahdollisuus logistiikan tavoitteiden asettamiselle työmailla. Mahdollisuus valita erilaisia tasoja todettiin helpottavan logistiikan hallinnan kehittämistä työmailla.

Lisäksi erikoistumismallien arvioitiin tarjoavan helpommin mahdollisuuksia erikoispiirteitä sisältävien työmaiden logistiikan kehittämiseen. Varsinkin suuriin useita työmaita sisältäviin hankkeisiin suunnattu erikoistumismalli 2 nähtiin erittäin hyödyllisenä. Logistiikan hallintaa isoissa kohteissa pidettiin erittäin ongelmallisena myös tilaisuuteen osallistuneiden henkilöiden mielestä.

Haasteita mallien käyttöön nähtiin aiheuttavan esimerkiksi tulevaisuudessa yleistyvät korkean rakentamisen kohteet. Näitä kohteita varten pohdittiin tulevaisuudessa laadittavan lisää logistiikan erikoistumismalleja, joita ei kuitenkaan oteta mukaan tähän diplomityöhön.

Erityisenä riskinä pidettiin logistiikan kustannusten jakautumista epätasaisesti rakennustyömailla sekä mahdollisesti käytettävillä välivarastoilla. Ne kuitenkin todettiin huomioiduksi työssä riittävällä tasolla, mutta vaativat vielä paljon tarkastelua yksittäisten työmaiden kohdalla toimintamallien suunnittelua ja käyttöönottoa ajatellen.

Kehitysehdotuksena toimintamalleihin annettiin, että niissä olisi tulevaisuudessa hyvä käsitellä vielä enemmän varsinaisen rakennustyön tuotannosuunnittelun vaikutusta logistiikkaan. Aihe oli kuitenkin tietoisesti rajattu pois diplomityöstä, jotta työn laajuus ei kasva liian suureksi ja logistiikan hallinnan kehittäminen pysyy työn painopisteenä.

Tavoitteeksi arviointitilaisuudessa asetettiin, että jatkossa toimintamalleja kehitetään entistä tarkemmalle tasolle. Niiden käyttöä varten laaditaan erilaisia tarkastuslistoja, joita voidaan hyödyntää yksitאיםillä rakennustyömailla päätöksenteon tukena. Tämä mahdollistaa toimintamallien jalkautuksen tehokkaammin yksittäisille kohdeyrityksen rakennustyömaille pilotointivaiheessa. Lisäksi mahdollisuutena tulevaisuudessa nähtiin tutkia toimintamallien hyödyntämistä myös muilla rakentamisen osa-alueilla esimerkiksi asuntotuotannossa ja infrarakentamisessa.

## 5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 5.1 Yhteenveto

Tämän diplomityön tarkoituksena oli selvittää kohdeyrityksen logistiikan nykytila ja muodostaa sen perusteella vaiheittaista kehittämistä varten yhtenäisiä logistiikan toimintamalleja kohdeyrityksen rakennustyömaille. Lähtökohtana aiheen ajankohtaisuudelle oli rakennusalan huono tuottavuuden kehitys sekä kansainvälisesti että Suomessa. Kohdeyrityksessä uskottiin, että logistiikan hallintaa parantamalla voidaan vaikuttaa koko kohdeyrityksen tuottavuuteen.

Tehtävä aloitettiin laatimalla teoretiedon perusteella analyysikehikko logistiikan ja toimitusketjun hallinnan keinoista rakennustyömaille sekä niiden vaikutuksista tuottavuuteen. Tämän jälkeen tehtiin nykytila-analyysi haastattelu- ja kyselytutkimuksen, kohdeyrityksen muiden lähdeaineistojen sekä työmaakäynneistä tehtyjen havaintojen perusteella.

Nykytila-analyysia peilattiin laadittuun analyysikehikkoon, jonka perusteella tunnistettiin kohdeyrityksen logistiikan toiminnan tasoja. Niiden avulla muodostettiin uudet yhtenäiset portaittaiset toimintamallit logistiikan vaiheittaista kehittämistä varten. Jokaiselle tasolle määritettiin omat pääperiaatteensa rakennustyömaan logistiikan tason tunnistamiseksi. Lisäksi toimintamallien tueksi laadittiin erikoistumismalleja. Niitä voidaan käyttää rakennustyömaiden tukena tiettyjä erikoispiirteitä sisältävissä rakennustyömaissa.

Toimintamallien käytettävyyttä arvioivat diplomityön loppuvaiheessa kohdeyrityksen toimihenkilöt. Tämän avulla saatiin validoitua toimintamallien käytettävyyttä kohdeyrityksessä sekä tukea toimintamallien kehittämiseen tulevaisuudessa. Laadittuja toimintamalleja ei pilotoitu työn aikana, koska sopivaa rakennuskohdetta ei ollut saatavilla kohdeyrityksessä. Toimintamalleja suunniteltiin kuitenkin kokeiltavaksi lähitulevaisuudessa alkavalla rakennustyömaalla, jotta niiden jalkauttaminen koko kohdeyrityksen toimitilarakentamiseen voidaan aloittaa.

Kokonaisuudessaan toteutustapa ja valitut tutkimusmenetelmät soveltuivat hyvin työn toteutukseen. Kohdeyrityksen toimitilarakentamisen nykytilasta saatiin kattava kuva ja onnistuttiin kehittämään uusia yhtenäisiä portaittaisia toimintamalleja logistiikan hallintaan. On kuitenkin huomioitava, että nykytila ja kehitetyt toimintamallit ovat luotu ainoastaan analyysikehikon ja kohdeyrityksen rakennustyömailta saatujen tulosten perusteella. Laadittuja

toimintamalleja ja tutkimustuloksia olisi saatu parannettua analysoimalla logistiikan tilannetta myös muiden rakennusalan yritysten toimitilarakentamisessa.

## **5.2 Johtopäätökset**

### **5.2.1 Logistiikan nykytila kohdeyrityksessä**

Diplomityössä laadittu kohdeyrityksen toimitilarakentamisen nykytila-analyysi osoitti, että logistiikan hallinnassa on paljon kehitettävää. Logistiikan hallinta on monilla kohdeyrityksen rakennustyömaista hahmottamatta omaksi osa-alueekseen. Osalla rakennustyömaista on kuitenkin käytössä yksittäisiä erittäin toimivia logistiikan hallintamenetelmiä tulo-, sisä- ja lähtölogistiikassa. Kokonaisuudessaan kohdeyrityksen rakennustyömaat kuitenkin toimivat omien periaatteidensa mukaisesti, eikä yhteisiä toimintamalleja ole luotu, mikä aiheuttaa epäselvyyttä logistiikan hallintaan. Korjaus- ja uudisrakentamisen työmailla käytännöt poikkeavat toisistaan erilaisen toimintaympäristön takia, mutta niihin voidaan kuitenkin hyödyntää samoja logistiikan hallinnan periaatteita.

Erilaiset Lean-ajatteluun pohjautuvat logistiikan hallintaa parantavat toimintamenetelmät ovat yleistyneet kohdeyrityksessä. Kokonaisuudessaan Lean-ajattelu on kuitenkin rakennustyömailla nähty enemmänkin yksittäisinä keinoina logistiikan hallinnassa kuin kokonaisena johtamisfilosofiana. Rakennustyömailla käytetään esimerkiksi JIT-periaatteella toimitettuja kuljetuksia, mutta niiden toteutus ja onnistuminen työmailla on ollut vaihtelevaa. Lisäksi tahtiaikataulutuotantoa on kokeiltu yksittäisillä rakennustyömailla, mutta sen käyttö ei ole yleistä, vaan se on koettu usein liian monimutkaiseksi toteuttaa osalla rakennustyömaista. Tahtiaikataulutuotanto kokeiluista on kuitenkin saatu myös positiivista palautetta ja sen on todettu helpottavan rakennustyömaiden logistiikan hallintaa kohdeyrityksessä. Last Planner-suunnittelu on osittain tunnistettu kohdeyrityksen logistiikan hallinnan kehittämisessä, mutta sen käyttö ei ole laajamittaista.

Digitalisaation hyödyntäminen rakennustyömaiden logistiikassa on osalla rakennustyömaista edennyt pitkälle ja käytössä on erilaisia sähköisiä kuljetusten ohjausjärjestelmiä sekä tietomalliin perustuvia aluesuunnitelmia. Yleisesti kuitenkin kohdeyrityksessä ei ole käytössä yhtenäisiä digitaalisia järjestelmiä. Näin ollen digitalisaatio logistiikan hallinnassa on hajanaista, eikä sen avulla saada tietoa kohdeyrityksen rakennustyömaiden logistiikan hallinnan tilasta. Menetelmiä esimerkiksi materiaalien paikkaseurantaan ja tulevaisuuden enustamiseen ei ole käytössä. Niiden avulla voitaisiin pysyä tietoisena työmailla olevista materiaaleista ja parannettaisiin logistiikan kuljetusten ja materiaalien hallintaa.

Hankinnan vaikutus logistiikkaan on useilla rakennustyömailla tunnistamatta, eikä rakennustyömaan hankinta- ja tuotantohenkilöstö työskentele yhteistyössä. Tämä aiheuttaa epäselvyyttä logistiikan järjestelyihin, koska logistiikan hallinnalle ei ole määritetty selkeitä periaatteita. Lisäksi logistiikan hallinnan perusteet puuttuvat rakennustyömaan sopimusasiakirjoista, mikä lisää erilaisten logistiikan toimintatapojen määrää rakennustyömailla.

Logistiikan hallinta on ulkoistettu monilla rakennustyömailla. Periaatteet logistiikkaurakoitsijan hallintaan ovat kuitenkin vaihtelevia. Osalla rakennustyömaista logistiikkaurakoitsijoiden toimintaa ei ohjata selkeästi kohdeyrityksen toimesta. Tämä aiheuttaa epäselvyyttä logistiikkaurakoitsijan toimintaan, koska kohdeyrityksen antamat toimintaohjeet saattavat vaihdella jopa yksittäisen rakennustyömaan sisällä. Kohdeyrityksen sisäisen ohjaamisen parantamiseksi on käytetty erillisiä logistiikkatyönjohtajia tai muita logistiikan vastuuhenkilöitä, mikä on parantanut logistiikan ulkoistamisesta saatuja hyötyjä.

Varastointiratkaisut vaihtelevat kohdeyrityksen rakennustyömailla paljon. Suurimmilta osin työmaat varastoivat vielä suuren osan materiaaleista rakennustyömaalla, mikä aiheuttaa ylimääräisiä sisäisiä siirtoja ja materiaalien vaurioitumista. Tähän ongelmaan on kuitenkin osalla työmaista varauduttu käyttämällä erillisiä välivarastointitiloja. Niiden potentiaalia ei kuitenkaan hyödynnetä vielä täysimääräisesti. Useimmilla välivarastointitiloja käyttävistä työmaista tilat ovat epäjärjestyksessä olevia varastoja, joihin varastoidaan ainoastaan liian ajoissa tulleet materiaalit. Ne kuitenkin mahdollistaisivat myös esivalmistettujen tuoteosapakettien kasaamisen sekä materiaalikuljetuksien yhdistelyn ja paikkaseurannan, minkä avulla logistiikan hallintaa ja tuottavuutta voitaisiin parantaa.

Suorituskyvyn mittaaminen on heikkoa rakennustyömailla. Suurimmalla osalla rakennustyömaista sitä tehdään vain rakennuslalla pakollisesta jätteiden määrän mittauksesta. Kokonaisuudessaan suorituskyvyn mittaaminen on tunnistettu logistiikkaa hyödyttäväksi osa-alueeksi hyvin huonosti. Menetelmien parantamiseksi olisi otettava käyttöön uusia toimintatapoja esimerkiksi kuljetusten hallinnan mittaukseen ja niiden onnistumisen arviointiin.

Kustannusten hallinta ei ole rakennustyömailla keskittynyt logistiikkaan. Suurimmilta osin logistiikan kustannukset ovat sopimuksissa määrittelemättä ja niitä pidetään osana yleisiä rakennuskustannuksia. Tämä aiheuttaa epäselvyyksiä kustannusten hallintaan logistiikan osana. Kustannusseuranta on usein epäselvää, koska perinteisessä rakennusalan toimintamallissa myöskään logistiikan kustannuksia ei tunnisteta omaksi osa-alueekseen.

Logistiikan tuottavuuden ja kannattavuuden parantamiseksi tulevaisuudessa kohdeyrityksessä on keskityttävä enemmän logistiikan kokonaisuuden hallintaan rakennustyömailla. Tämän avulla voidaan saavuttaa toimivampi logistiikka ja luoda edellytykset koko kohdeyrityksen toimitilarakentamisen yhtenäiselle logistiikan hallinnalle.

### **5.2.2 Toimintamallien vaikutus rakennustyömaiden logistiikan hallintaan**

Logistiikan hallintaa voidaan kehittää vaiheittaisesti diplomityössä laaditun neljän portaittaisen toimintamallin ja kahden erikoistumismallin avulla kohdeyrityksessä. Yhtenäisten portaittaisten toimintamallien perusteella voidaan tunnistaa myös yksittäisen rakennustyömaan logistiikan taso. Taso 0 kuvaa portaittaisessa toimintamallissa tilannetta, jossa logistiikan hallintaa ei ole tunnistettu omaksi osa-alueekseen. Tasojen 1, 2 ja 3 avulla voidaan vaiheittain kehittää logistiikan hallintaa rakennustyömailla kohti entistä kehittyneempää yhtenäistä toimintamallia.

Nykytilan tunnistaminen kohdeyrityksen rakennustyömaiden logistiikassa on mahdollista toimintamallien tasojen valintaan laadittujen valintaperusteiden avulla. Yksittäisen rakennustyömaan nykytilan kartoittamisen jälkeen voidaan valita logistiikan hallinnan kehittämisen taso kohdeyrityksen rakennustyömaalla. Valittu taso mahdollistaa logistiikan hallintaa parantavien toimenpiteiden käyttöönoton tuottavuuden sekä kannattavuuden vaiheittaiseen parantamiseen kohdeyrityksen rakennustyömailla.

Yhtenäisten portaittaisten toimintamallien avulla voidaan parantaa rakennustyömaan tulo-, sisä- ja lähtölogistiikan hallintaa kehittämällä esimerkiksi toimitusten seurantajärjestelmää ja vähentämällä materiaalien sisäisten siirtojen määrää. Varastointimenetelmiä kehittämällä saadaan vähennettyä tai jopa poistettua rakennustyömaalla varastointi. Väliavarastointimenetelmien avulla voidaan kehittää materiaalitoimituksia työmaalle ja vähentää saapuvien materiaalkuormien määrää tuotteiden esivalmistuksen avulla. Lisäksi kehitetyt yhtenäiset toimintamallit mahdollistavat paluulogistiikan kehittämisen osaksi rakennustyömaan materiaalivirtojen hallintaa.

Laaditut erikoistumismallit toimivat logistiikan hallinnan tukena erikoispiirteitä sisältävillä rakennustyömailla. Niiden avulla voidaan tehostaa tiettyihin erityispiirteisiin tarvittavien logistiikan hallintamenetelmien käyttöönottoa.

Erikoistumismalli 1 on suunnattu rakennustyömaille, jotka sisältävät erittäin vähän purku- ja varastointialuetta. Erikoistumismallissa panostetaan erityisesti uusiin ratkaisuihin kuljetusten hallinnassa ja suorituskyvyn mittauksessa. Tällä mahdollistetaan materiaalivirtojen

hallinnan ja varsinaisen rakennustyön tuottavuuden paraneminen, kun materiaalit saadaan työkohteisiin täsmällisesti.

Erikoistumismallin 2 avulla keskitytään suuren kokoluokan rakennushankkeisiin, joissa samalla alueella sijaitsee useita kohdeyrityksen rakennustyömaita. Erikoistumismallissa panostetaan erityisesti kaikkien samalla alueella sijaitsevien kohdeyrityksen rakennustyömaiden yhtenäiseen logistiikan hallintaan. Tämän avulla hyödynnetään esimerkiksi logistiikan hallintaan saatavaa mittakaavaetua, jonka pohjalta logistiikan prosessit saadaan tehokkaammaksi ja mahdollistetaan entistä teollistuneempi rakennustapa. Lisäksi se tarjoaa suurimman hyödyn välivarastoinnista ja logistiikkaurakoitsijan käytöstä, koska hallittava materiaali määrä on useimmiten erittäin suuri.

Toimintamallien vaikutus rakennustyömaiden logistiikan hallinnassa on laaja-alaista. Yksi tärkeimmistä perusteista yhtenäisten portaittaisten toimintamallien ja erikoistumismallien käytettävyyden kannalta on suorituskyvyn mittaaminen. Suorituskyvyn mittaaminen mahdollistaa tehtyjen muutoksien vaikutusten seurannan. Tämän avulla havaitaan esimerkiksi muutokset tuottavuuteen ja kannattavuuteen.

Strategisen, taktisen ja operatiivisen tason yhteistyöllä voidaan parantaa rakennustyömaiden logistiikan hallintaa toimintamalleissa. Tämä mahdollistaa rakennustyömaan logistiikan parantamisen vaikuttamalla esimerkiksi rakennustyömaan ulkopuolisiin liikennejärjestelyihin ja tarkastelemalla logistiikkaa myös osana isompaa kokonaisuutta kuin yksittäistä rakennustyömaata.

Kohdeyrityksessä on erityisen tärkeää huomioida toimintamallien käyttöönotossa kokonaisuuden hallinta. Pelkästään logistiikan hallintaan panostaminen ei mahdollista rakennustuotannon tuottavuuden ja kannattavuuden kehitystä. Kohdeyrityksen on kehitettävä myös muita rakennustuotannon osa-alueita yhtä aikaa logistiikan hallinnan parantuessa. Esimerkiksi toimintamallien taustalla vaikuttavan Lean-ajattelu tarjoaa mahdollisuuden logistiikan hallinnan parantamiseen osana koko rakennustyömaan tuotantoprosessia.

Logistiikan toimintamallien vaikutusten saavuttamiseksi on tunnistettava myös riskit. Rakennustyömaiden on oltava valmiita luopumaan vanhoista toimintaperiaatteista, jotta logistiikan hallinnan kehittämisestä saadaan mahdollisimman paljon hyötyä. Analyysikehikon ja nykytila-analyysin perusteella toiminta rakennustyömailla on hyvin perinteistä. Tästä johtuen uusien toimintamallien käyttöönotto on tehtävä yhteistyössä kaikkien kohdeyrityksen toimitilarakentamisen työmaiden kanssa ja mahdolliset kehitysehdotukset on huomioitava.

Vaiheittainen logistiikan tasojen kehitysmahdollisuus tarjoaa kuitenkin mahdollisuuden hallitumpaan toimintamallien käyttöönottoon rakennustyömailla. Pienet, mutta jatkuvat muutokset ovat helpommin hyväksyttävissä rakennustyömaiden henkilöstön keskuudessa.

### **5.3 Jatkotutkimus**

Työn aikana havaittiin useita aihealueita, joiden tutkiminen olisi kohdeyrityksen kannalta hyödyllistä. Yksi tärkeimmistä jatkotutkimuskysymyksistä muodostuu kestävän kehityksen ympärille. Paremmalla logistiikan hallinnalla havaittiin olevan mahdollisuus vähentää kuljetuksia rakennustyömaalle sekä parantaa jätemateriaalien kierrätystä. Aiheen tarkempi tutkiminen edesauttaa rakentamisen ympäristövaikutusten vähentämistä ja tukee kiertotalouden periaatteiden hyödyntämistä rakennusalalla.

Tässä työssä ei huomioitu logistiikan hallintaa muusta kuin rakennustyömaan pääurakoitsijan näkökulmasta. Logistiikan hallinnan näkökulmia saadaan laajennettua huomattavasti tarkastelemalla rakennustyömaita esimerkiksi aliurakoitsijan tai rakennustyön tilaajan näkökulmasta. Tämä mahdollistaa tuottavuuden kehityksen sekä kannattavuuden vaikutusten tarkastelun myös muille toimijoille. Täten voidaan helpommin löytää yhteiset toimintatavat, joihin kaikkien osapuolien on helpompi sitoutua.

Välivarastointimallien tarkempi tarkastelu kaikkien osapuolten logistiikan hallinnassa on myös tärkeä kysymys. Sen avulla voitaisiin mahdollisesti ratkaista myös tällä hetkellä välivarastoinnista epätasaisesti jakautuvien kustannusten ongelmia ja lisätä sen käytön houkuttelevuutta työmaiden logistiikassa.



## LÄHDELUETTELO

- Aapaoja, A. & Haapasalo, H. 2015. Standardointi ja esivalmistus teollisessa rakentamisessa. Rakentajain kalenteri 2015. Helsinki: Rakennustieto.
- Agapiou, A., Clausen, L., Flanagan, R., Norman, G., Notman, D. 1998. The role of logistics in the materials flow control process. *Construction Management and Economics*, vol.16, pp.131– 37.
- Alhola, K. 2016. Toimintolaskenta, 5. uudistettu painos. Helsinki: Alma Talent.
- Allen, J., Browne, M., Woodburn, A., Leonardi, J. 2012. The Role of urban consolidation centres in sustainable freight transport. *Transport Reviews*, vol.32, pp. 473-490.
- Barbosa, F., Woetzel, J., Mischke, J., Ribeirinho, M., Sridhar, M., Parsons M., Bertam, N., Brown, S. 2017a. Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity [Verkkodokumentti]. [Viitattu 13.2.2019] Saatavilla: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/capital%20projects%20and%20infrastructure/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-executive-summary.ashx>.
- Barbosa F., Mischke J., Parsons M. 2017b. Improving Construction Productivity [Verkkodokumentti]. [Viitattu 26.2.2019] Saatavilla:<https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/improving-construction-productivity>.
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J. 2018. Building Information Modeling: Technology foundations and industry practice. Cham, Switzerland: Springer.
- Bygballe, L., Jahre, M., Swärd, A. 2010. Partnering relationships in construction: A literature review. *Journal of purchasing & supply management*, vol.16, pp.239-253.
- CIVIC-project. 2018. Handbook for Smart Construction Logistics [Verkkodokumentti]. [Viitattu 14.3.2019] Saatavilla: [https://www.civic-project.eu/sites/default/files/content/bilder/civic-handbook\\_digital-2.pdf](https://www.civic-project.eu/sites/default/files/content/bilder/civic-handbook_digital-2.pdf).
- Ekeskär, A & Rudberg, M. 2016. Third-party logistics in construction: The case of a large hospital project. *Construction Management & Economics*, vol.34, pp.174-191.
- Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere: Vastapaino.

- Fang, Y. & Ng, T. 2011. Applying activity-based costing approach for construction logistics cost analysis. *Construction Innovation*, vol. 11, pp 259-281.
- Feld, W. 2001. *Lean Manufacturing: tools, techniques, and how to use them*. Boca Raton: St. Lucie Press cop.
- Frandsen, A., Berghede, K. and Tommelein, D. 2013. Takt-time planning for construction of exterior cladding. 21th Annual conference of the international group for Lean construction (IGLC), July 29- August 2, Fortaleza, Brazil. p.527- 536.
- Gudehus, T. & Kotzab, H. 2012. *Comprehensive Logistics*, second revised and enlarged edition. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- Haapasalo, H., Aaltonen, K., Kähkönen, K., Saari, A. 2018. Rakentamisen integraatio mekanismit. Tuotantotalouden tutkimusraportteja. Oulun yliopisto [Verkkodokumentti]. [Viitattu: 17.3.2019] Saatavilla: <http://lci.fi/wp-content/uploads/2018/12/RAIN-hankkeen-lopPURaportti.pdf> ISBN 978-952-62-2160-1.
- Hamzeh, F., Tommelein, I., Ballard, G., Kaminsky, Philip, K. 2007. Logistics centers to support projectbased production in the construction industry. 15th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), July 18-20, East Lansing, Michigan, USA. pp.181-191.
- Hannula, M. 1998. *Productivity Measurement Methods at the Firm Level*. Research reports 2/98. Tampere: Tampere University of Technology.
- Heinonen, A. & Seppänen, O. 2016. Takt time planning: Lesson for construction industry from a cruise ship cabin refurbishment case study. 24th Annual Conference of the international Group for lean construction (IGLC), July 18-24, Boston, Massachusetts, USA. pp. 22-32.
- Iloranta, K. & Pajunen-Muhonen, H. 2008. *Hankintojen johtaminen – ostamisesta toimittajamarkkinoiden hallintaan*. Helsinki: Tietosanoma.
- Ketju-hanke. 2009. *Toimitusketjun hallinta talonrakentamisessa – KETJU-yhteenveto*. [Verkkodokumentti] [Viitattu 23.1.2019] Saatavilla: [https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/rakentamisen-kehittaminen/ketju\\_yhteenvetoraportti.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/rakentamisen-kehittaminen/ketju_yhteenvetoraportti.pdf).
- Kohdeyritys. 2017. *Reducing the assembly time of structural frame*. [Viitattu: 24.2.2019] Saatavilla: kohdeyrityksen intranet.

- Kohdeyritys 2019. Kohdeyrityksen materiaaleja. [Viitattu 25.3.2019] Saatavilla: kohdeyrityksen intranet.
- Koskela, L & Koskenvesa, A. 2003. Last Planner – tuotannonohjaus rakennustyömaalla. Espoo: Otamedia.
- Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2016, kolmas painos. Helsinki: Rakennustieto.
- Koskenvesa, A. 2011. Rakennustyön tuottavuus 1975-2010. Rakentajain kalenteri 2011. Helsinki: Rakennustieto.
- Lai, K. & Cheng, T. 2009. Just-In-Time Logistics. England: Gower Publishing limited.
- Li, R. 2015. Construction safety and waste management – an economic analysis. Switzerland: Springer.
- Lundesjö, G. 2015. Supply chain management and logistics in construction: Delivering tomorrow's built environment. London: Kogan Page.
- Lönnqvist, A. & Mettänen, P. 2003. Suorituskyvyn mittaaminen – tunnusluvut asiantuntijaorganisaation johtamisvälineenä. Helsinki: Edita Prima.
- Neely, A., Mills, J., Platts, K., Richards, H., Gregory, M., Bourne, M., Kennerley, M. 2000. Performance Measurement System Desing: Developing and Testing a Process-Based Approach. *International Journal of Operations & Production Management*, vol.20, pp.1119-1145.
- Olivieri, H., Seppänen, O., Peltokorpi, A. 2017. Real-time tracking of production control: Requirements and solutions. 25th Annual Conference of the International Group for Lean-Construction, vol. 25, pp. 671-678.
- Olusanjo, F., Panos, G., Ezekil, C., Nwagboso, C. 2015. Decision-making framework for selecting ICT-based construction logistics systems. *Journal of Engineering, Design and Technology*, vol.13, pp.260-281.
- Peltokorpi, A. Lavikka, R. Kokko, L. Seppänen, O. 2018. Talotekniikan esivalmistus: esteet, mahdollistajat ja prosessi. Visio 2030 teollinen rakentaminen – osahankkeen loppuraportti 9/2017-8/2018. [Verkkodokumentti] [Viitattu 22.3.2019] Aalto-yliopisto. Saatavilla [https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/201902/loppuraportti\\_visio2030\\_esivalmistus\\_19-09-2018.pdf](https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/201902/loppuraportti_visio2030_esivalmistus_19-09-2018.pdf).

- Rantanen, H. & Holtari, J. 1999. Yrityksen suorituskyvyn analysointi. Lappeenranta, Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, tuotantotalouden osasto. Tutkimusraportti 112.
- RATU C2-0299. 2007. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Rakennusteollisuus ja Rakennustietosäätiö.
- Ritvanen, V., Inkiläinen, A., Von Bell, A., Santala, J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Suomi: Suomen Osto- ja Logistiikkayhdistys.
- Rolstadås, A., Henriksen, B., O'Sullivan, D. 2012. Manufacturing outsourcing: a knowledge perspective. London: Springer London.
- RT 69-11183. 2015. Rakentamisen jätehuolto. Rakennustietosäätiö.
- Schrauf, S. & Bertram, P. 2016. How digitalization makes the supply chain more efficient, agile and customer-focused [Verkkodokumentti]. [Viitattu 19.3.2019]. Saatavilla: <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industry4.0.pdf>.
- Scott, C., Lundgren, H., Thompson, P. 2011. Guide to Supply Chain Management. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- Shang, G. & Shui, L. 2014. Lean Construction Management: The Toyota Way. Singapore: Spinger Singapore.
- Sullivan, G., Barthorpe, S., Robbins, S. 2010. Managing Construction Logistics. Singapore: John Wiley & Sons.
- Sundquist, V., Gadde, L., Hulthén, K. 2017. Reorganizing construction logistics for improved performance. *Construction management and economics*, vol.36, pp.49-65.
- Tanskanen, K., Holmström, J., Elfving, J., Talvitie, U. 2008. Vendor-managed-inventory (VMI) in construction. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 58, pp.29-40.
- Uusitalo, H. 1991. Tiede, tutkimus ja tutkielma: johdatus tutkielman maailmaan. Helsinki: WSOY.
- Vilka, H. 2005. Tutki ja kehitä. Keuruu: Otavan kirjapaino
- Waller, M., Johnson M., Davis, T. 1999. Vendor managed inventory in the retail supply chain. *Journal of business logistics*, vol. 20, pp.183-203

Waters, D. Supply Chain Management and introduction to logistics. 2009. Second edition. Houndmills: Palgrave Macmillan.

Wegelius, P. & Salo, T. 1996. Projektitason logistiikka. Helsinki: Rakennusteollisuuden keskusliitto.

Wegelius-Lehtonen, T. 2001. Performance measurement in construction logistics. *International Journal of Production Economics*, vol.69, pp.107-116.

Whitlock, K., Abanda, H., Manjia, M., Pettang, C., Nkeng, G. 2018. BIM for construction site logistics management. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, vol. 8, pp.47-55

Womack, J., James, P., Jones, D., Roos, D. 1991. The machine that changed the world. New York: HarperPerennial.

Ying, F. & Tookey, J. 2017. Key Performance Indicator for managing construction logistics performance. 25th annual conference of the international group for lean construction (IGLC). July 9-12, Heraklion, Greece pp. 869-876.

## LIITTEET

### Liite 1, Haastattelututkimuksen kysymyspohja

**Haastateltava:**

**Paikka ja aika:**

**Rakennustyömaa:**

**Kohteen kokonaiskustannukset:**

**Kysymykset:**

1. Onko kohteesta laadittu logistiikkasuunnitelma ja miten se on vaikuttanut työmaan logistiikan hallintaan?
  - a. Mitä tekijöitä suunnitelmassa on huomioitu?
  - b. Miten suunnitelma on toteutettu? (sähköisenä, fyysisenä dokumenttina, aluesuunnitelmaan, tietomalliin)
2. Tehdäänkö työmaan logistiikan suunnittelu vain kohdeyrityksen omin resurssein ja miten se on vaikuttanut?
  - a. Käytettiinkö suunnittelussa konsultteja? Helpottiko tämä toimintaa?
  - b. Hyödynnettiinkö logistiikan suunnittelussa sekä omia, että konsulttien resursseja? Mitä hyötyjä tästä saatiin?
  - c. Aliurakoitsijoiden työnjohtajat tekevät logistiikan suunnittelussa yhteistyötä kohdeyrityksen työnjohtajien kanssa. Miten?
3. Onko kohteessa logistiikasta vastuullinen yrityksen toimihenkilö?
  - a. Mitä osa-alueita hänen vastuulleen kuuluu?
  - b. Olisiko toimitilalinjan kohteissa järkevää ottaa käyttöön logistiikkapäälliköt, joiden vastuulla olisi koko työmaalogistiikan koordinointi?
4. Käytetäänkö kohteessa logistiikkaurakoitsijaa? Jos ei, toivoisitko sitä käytettävän?
  - a. Onko logistiikkaurakoitsija tuonut millaista hyötyä tai haittaa logistiikan hallintaan?
  - b. Onko logistiikkaurakoitsija kiinnostunut kehittämään omia palveluitaan yhdessä kohdeyrityksen kanssa?
  - c. Miten logistiikkaurakoitsijoiden kustannukset on siirretty aliurakoitsijoille?
5. Käytetäänkö kohteessa erillisiä väliavarastointi palveluita?
  - a. Tarjoaako logistiikkaurakoitsija väliavarastointi palveluita ja mitä mahdolliset palvelut sisältävät?
  - b. Onko väliavarastoinnilla saavutettu hyötyjä logistiikkaan?
6. Onko työmaalla käytössä VMI-varasto (Vendor Managed Inventory)? Esimerkiksi WuCon 24/7, jossa toimittaja vastaa pientarvikevaraston ylläpidosta työmaalla
  - a. Onko varaston käyttö vähentänyt pientarvikkeita työmaalle?
  - b. Onko varaston käyttö vaikuttanut työntekijöiden tuottavuuteen?
7. Käytetäänkö kohteessa esivalmisteita tai mahdollisia väliavarastoissa tehtyjä "tuotepaketteja"?
  - a. Kohteessa käytettävät esivalmisteet ja niiden vaikutukset logistiikkaan?
  - b. Onko kohteessa käytetty tuotantolaitoksissa tai väliavarastossa valmistettuja tuotepaketteja (kitting)?
  - c. Onko esivalmisteet vaikuttanut logistiikan hallintaan?
  - d. Miten tehdyt tuotepaketit kasattiin ja toimitettiin työmaalle?
8. Miten kuljetuksien hallinta on hoidettu työmaalogistiikassa?
  - a. Onko työmaalogistiikan kuljetukset hoidettu JIT-periaatteella (Just-In-Time)?
  - b. Miten kuljetukset on saatu sovitettua oikeaan aikaan?
  - c. Onko aliurakoitsijat saatu sitoutumaan oikeaan aikaan tuleviin toimituksiin?
9. Käytetäänkö kohteessa erillistä sähköistä logistiikkajärjestelmää tai muuta varauskalenteria kuljetuksille?
10. Kerätäänkö logistiikasta aktiivisesti dataa? Jos ei dataa kerätä, niin mikä siihen on syynä?
  - a. Millä menetelmällä data kerätään?

- b. Hyödynnetäänkö datan keräämiseen materiaalien paikannusjärjestelmiä?
  - c. Analysoidaanko saatua dataa? Jos analysoidaan, kuka sen tekee?
  - d. Tehdäänkö datan perusteella suorituskyvymittausta? Ja millä perusteilla?
- 11.** Onko kohteessa käytössä tahtiaikataulu ja miten se on vaikuttanut logistiikkaan?
- a. Miten logistiikka tulee huomioida tahtiaikataulussa?
  - b. Millaisia muutoksia tahtiaikataulu on vaatinut logistiikkaan?
  - c. Onko tahtiaikataulun käyttöönottoa parantanut logistiikkaa?
  - d. Onko tahtiaikataulun todettu parantavan tuottavuutta työmaalla?
  - e. Kuinka suuri merkitys logistiikalla on tahtiaikataulun tuomissa hyödyissä?
- 12.** Onko aliurakoitsijoiden logistiikan hallinta aiheuttanut haasteita työmaalle?
- 13.** Miten jätteiden pois vieni ja muut materiaali palautukset on hoidettu?
- a. Onko saatu yhdistettyä saapuvien kuormien kuljetukset myös jätteiden sekä muiden materiaalien pois vieniin?
  - b. Miten työmaan jätteiden ja palautettavien materiaalien logistiikan hallintaa voitaisi parantaa?
- 14.** Tähän mennessä kohteessa parhaimmaksi osoittautuneet logistiikan toimintamallit?
- 15.** Vapaa sana logistiikasta

## Liite 2, Kyselytutkimuksen kysymyspohja

### Logistiikan nykytila toimitilarakentamisessa

Tämän kyselyn tarkoituksena on kartoittaa toimitilarakentamisen-segmentin työmaalogistiikan nykytila. Vastauksien perusteella kehitetään uusia toimintamalleja työmaalogistiikan hallintaan.

Työmaalogistiikalla tarkoitetaan tässä kyselyssä kohdeyrityksen työmaan sisäistä logistiikkaa, jossa huomioidaan yrityksen omat ja alirakojen tavarantoimitukset sekä niiden käsittely työmaalla. Lisäksi käsitellään mahdollisia työmaan läheisyydessä sijaitsevien välivarastojen käyttämistä osana työmaalogistiikkaa.

Henkilön ja työmaantiedot	
<p><b>1) Kauanko olet työskennellyt rakennusalalla?</b></p> <p><input type="checkbox"/> 0-2 vuotta  <input type="checkbox"/> 2-5 vuotta  <input type="checkbox"/> 5-15 vuotta  <input type="checkbox"/> 15-25 vuotta  <input type="checkbox"/> Yli 25 vuotta</p> <p><b>2) Tehtäväsi?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Projektipäällikkö  <input type="checkbox"/> Työmaapäällikkö  <input type="checkbox"/> Työnjohtaja  <input type="checkbox"/> Työmaainsinööri  <input type="checkbox"/> Projekti-insinööri</p> <p><b>3) Työskenteletkö toimitilarakentamisessa korjaus- vai uudisrakentamisessa?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Uudisrakentaminen  <input type="checkbox"/> Korjausrakentaminen</p> <p><b>4) Nykyinen työmaa?</b></p>	<p><b>5) Työmaan kokoluokka?</b></p> <p><input type="checkbox"/> 0-1000 m<sup>2</sup>  <input type="checkbox"/> 1000-5000 m<sup>2</sup>  <input type="checkbox"/> 10 000-20 000 m<sup>2</sup>  <input type="checkbox"/> 20 000 – 30 000 m<sup>2</sup>  <input type="checkbox"/> Yli 30 000 m<sup>2</sup></p> <p><b>6) Työmaalla käytettävissä oleva varastointialue rakennuksen ympärillä?</b></p> <p><input type="checkbox"/> 0-50 m<sup>2</sup>  <input type="checkbox"/> 50-250 m<sup>2</sup>  <input type="checkbox"/> 250 – 1000 m<sup>2</sup>  <input type="checkbox"/> Yli 1000 m<sup>2</sup></p> <p><b>7) Työmaan kustannukset?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Alle 1 miljoonaa euroa  <input type="checkbox"/> 1-5 miljoonaa euroa  <input type="checkbox"/> 5-10 miljoonaa euroa  <input type="checkbox"/> 10-20 miljoonaa euroa  <input type="checkbox"/> 20-40 miljoonaa euroa  <input type="checkbox"/> Yli 40 miljoonaa euroa</p>
Logistiikkasuunnittelu	
<p><b>8) Onko logistiikasta työmaalla laadittu erillinen logistiikkasuunnitelma tai tarkempi aluesuunnitelma kattaen logistiikan?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Kyllä  <input type="checkbox"/> Ei</p> <p><b>9) Logistiikkasuunnitelma on laadittu:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Fyysisenä dokumenttina  <input type="checkbox"/> Tietomallipohjaisena (BIM)  <input type="checkbox"/> Sähköisenä dokumenttina  <input type="checkbox"/> Muu, mikä?</p>	<p><b>10) Logistiikkasuunnitelmasta on saatu hyötyä logistiikkaan?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Ei ollenkaan  <input type="checkbox"/> Vähän  <input type="checkbox"/> En osaa sanoa  <input type="checkbox"/> Melko paljon  <input type="checkbox"/> Paljon</p> <p><b>11) Perustelet vastauksesi</b></p>
Kuljetuksien varausjärjestelmät rakennustyömaan logistiikassa (esimerkiksi viikkokohtainen kalenteri, johon toimittajat ilmoittavat kuljetuksensa)	
<p><b>12) Työmaalla on käytössä varausjärjestelmä kuljetuksille?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Kyllä  <input type="checkbox"/> Ei</p> <p><b>13) Varausjärjestelmän tyyppi?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Paperi tai muu fyysinen järjestelmä  <input type="checkbox"/> Sähköinen järjestelmä  <input type="checkbox"/> Edellisten vaihtoehtojen yhdistelmä  <input type="checkbox"/> Muu, mikä?</p>	<p><b>14) Varausjärjestelmästä on saatu hyötyä logistiikkaan</b></p> <p><input type="checkbox"/> Ei ollenkaan  <input type="checkbox"/> Vähän  <input type="checkbox"/> En osaa sanoa  <input type="checkbox"/> Melko paljon  <input type="checkbox"/> Paljon</p> <p><b>15) Perustelet vastauksesi</b></p>



<b>Kohdeyrityksen logistiikan vastuhenkilöt ja erillisen logistiikkaurakoitsijan käyttö työmaalla</b>	
<p><b>16) Logistiikkaan on nimetty kohdeyrityksen oma työnjohtaja tai muu vastuuhenkilö?</b>  <input type="checkbox"/> Kyllä  <input type="checkbox"/> Ei  <input type="checkbox"/> En tiedä</p> <p><b>17) Työmaalla on käytössä logistiikkaurakoitsija?</b>  <input type="checkbox"/> Kyllä  <input type="checkbox"/> Ei</p>	<p><b>18) Logistiikkaurakoitsija on helpottanut työmaan logistiikkaa?</b>  <input type="checkbox"/> Ei ollenkaan  <input type="checkbox"/> Vähän  <input type="checkbox"/> En osaa sanoa  <input type="checkbox"/> Melko paljon  <input type="checkbox"/> Paljon</p> <p><b>19) Perustele vastauksesi</b></p>
<b>Välivarastointipalvelut työmaan logistiikassa (esimerkiksi työmaan ulkopuolella sijaitseva varastorakennus, johon materiaaleja voidaan välivarastoida)</b>	
<p><b>20) Työmaalla käytetään välivarastointipalveluja?</b>  <input type="checkbox"/> Kohdeyritys järjestää välivarastointipalvelun  <input type="checkbox"/> Logistiikkaurakoitsija järjestää välivarastointipalvelun  <input type="checkbox"/> Ei käytetä välivarastointipalveluita</p>	<p><b>21) Välivarastointi on helpottanut työmaan logistiikkaa?</b>  <input type="checkbox"/> Ei ollenkaan  <input type="checkbox"/> Vähän  <input type="checkbox"/> En osaa sanoa  <input type="checkbox"/> Melko paljon  <input type="checkbox"/> Paljon</p> <p><b>22) Perustele vastauksesi</b></p>
<b>Työmaan materiaalien hallinta</b>	
<p><b>23) Miten työmaalla olevista materiaaleista pidetään kirjanpitoa?</b>  <input type="checkbox"/> Kohdeyrityksen oma kirjanpito  <input type="checkbox"/> Ei erillistä kirjanpitoa  <input type="checkbox"/> Jokainen urakoitsija huolehtii kirjanpidon omista materiaaleistaan ja toimittaa sen kohdeyritykselle  <input type="checkbox"/> Materiaalien sähköisen paikkaseurannan avulla  <input type="checkbox"/> Muu, mikä?</p> <p><b>24) Miten käyttämättä jääneiden tai viallisten materiaalien palautus hoidetaan?</b>  <input type="checkbox"/> Urakoitsijat järjestävät materiaaliensa palautukset itse  <input type="checkbox"/> Logistiikkaurakoitsija hoitaa palautukset  <input type="checkbox"/> Pääurakoitsija hallinnoi palautuksia ja veloittaa kustannukset aliurakoitsijoilta  <input type="checkbox"/> Ei mitään järjestelmällistä toimintatapaa  <input type="checkbox"/> Muu, mikä?</p>	<p><b>25) Työmaalla on käytössä rakennustuotteille paikkaseuranta?</b>  <input type="checkbox"/> Kyllä  <input type="checkbox"/> Ei</p> <p><b>26) Paikkaseuranta on helpottanut työmaan logistiikkaa?</b>  <input type="checkbox"/> Ei ollenkaan  <input type="checkbox"/> Vähän  <input type="checkbox"/> En osaa sanoa  <input type="checkbox"/> Melko paljon  <input type="checkbox"/> Paljon</p> <p><b>27) Perustele vastauksesi</b></p>
<b>Tahtiaikataulu osana työmaan logistiikkaa</b>	
<p><b>28) Työmaalla on käytössä tahtiaikataulu</b>  <input type="checkbox"/> Kyllä  <input type="checkbox"/> Ei</p> <p><b>29) Tahtiaikataulun avulla on saatu parannettua kuljetuksien täsmällisyyttä</b>  <input type="checkbox"/> Ei ollenkaan  <input type="checkbox"/> Vähän  <input type="checkbox"/> En osaa sanoa  <input type="checkbox"/> Melko paljon  <input type="checkbox"/> Paljon</p>	<p><b>30) Perustele vastauksesi</b></p>

<b>Ulkopuolisten palveluntuottajien pientuotevarastot</b>	
<p><b>31) Työmaalla on käytössä ulkopuolisen palveluntuottajan pientuotevarasto (Esim. Würth WuCon 24/7)</b>  <input type="checkbox"/> Kyllä  <input type="checkbox"/> Ei</p> <p><b>32) Pientuotevarasto tehostaa työmaan logistiikan toimintaa</b>  <input type="checkbox"/> Ei ollenkaan  <input type="checkbox"/> Vähän  <input type="checkbox"/> En osaa sanoa  <input type="checkbox"/> Melko paljon  <input type="checkbox"/> Paljon</p>	<p><b>33) Perustele vastauksesi</b></p>
<b>Esivalmisteet logistiikan tukena</b>	
<p><b>34) Työmaalla käytetään esivalmisteita?</b>  <input type="checkbox"/> Kyllä  <input type="checkbox"/> Ei</p> <p><b>35) Esivalmisteiden käyttö on parantanut logistiikan hallintaa?</b>  <input type="checkbox"/> Ei ollenkaan  <input type="checkbox"/> Vähän  <input type="checkbox"/> En osaa sanoa  <input type="checkbox"/> Melko paljon  <input type="checkbox"/> Paljon</p>	<p><b>36) Perustele vastauksesi</b></p> <p><b>37) Missä rakennusvaiheissa koet esivalmistuksen hyödyttävän logistiikkaa?</b>  <input type="checkbox"/> Maarakennusvaihe  <input type="checkbox"/> Runkotyövaihe  <input type="checkbox"/> Sisätyövaihe  <input type="checkbox"/> Talotekniikka</p> <p><b>38) Perustele vastauksesi</b></p>
<b>Hankinta logistiikan tukena</b>	
<p><b>39) Miten paljon koet hankinnan vaikuttavan työmaan logistiikkaan?</b>  <input type="checkbox"/> Ei ollenkaan  <input type="checkbox"/> Vähän  <input type="checkbox"/> En osaa sanoa  <input type="checkbox"/> Melko paljon  <input type="checkbox"/> Paljon</p>	<p><b>40) Perustele vastauksesi</b></p>
<b>Jätehuolto osana työmaan logistiikkaa</b>	
<p><b>41) Miten paljon koet jätehuollon vaikuttavan logistiikkaan?</b>  <input type="checkbox"/> Vähän  <input type="checkbox"/> Melko vähän  <input type="checkbox"/> En osaa sanoa  <input type="checkbox"/> Melko paljon  <input type="checkbox"/> Paljon</p>	<p><b>42) Peruste vastauksesi</b></p>
<b>Datan kerääminen työmaan logistiikasta (datan keräämisellä tarkoitetaan tässä kyselyssä logistiikan toimenpiteistä kerättyä numeerista dataa)</b>	
<p><b>43) Työmaan logistiikasta kerätään aktiivisesti dataa?</b>  <input type="checkbox"/> Kuljetuksien määrästä  <input type="checkbox"/> Kuljetuksien pysymisestä aikataulussa  <input type="checkbox"/> Torninostureiden käyttöajoista  <input type="checkbox"/> Työmaa-ajoneuvoista  <input type="checkbox"/> Jätehuollosta  <input type="checkbox"/> Dataa ei kerätä  <input type="checkbox"/> Muu, mikä?</p>	<p><b>44) Datan kerääminen hoidetaan</b>  <input type="checkbox"/> Paperidokumenteina  <input type="checkbox"/> Excel-dokumenteina  <input type="checkbox"/> Muulla sähköisellä järjestelmällä  <input type="checkbox"/> Kaikkien vaihtoehtojen yhdistelmänä  <input type="checkbox"/> Muu, mikä?</p>
<p><b>45) Datan keräämisestä vastaa:</b>  <input type="checkbox"/> Kohdeyrityksen toimihenkilö  <input type="checkbox"/> Aliurakoitsijat, jotka toimittavat tiedot kohdeyritykselle  <input type="checkbox"/> Joku muu, kuka?</p>	<p><b>46) Data analysoidaan kohdeyrityksen toimesta ja sitä hyödynnetään toiminnan kehittämisessä työmaalla jatkuvasti?</b>  <input type="checkbox"/> Kyllä  <input type="checkbox"/> Ei</p>

<b>47) Miten data analysoidaan ja hyödynnetään työmaalla?</b>	
<b>48) Vapaa sana logistiikan kehittämisestä kohdeyrityksessä?</b>	