



**Aalto-yliopisto**  
Insinöörیتieteiden  
korkeakoulu

Laura Kokko

## **Teollisen logistiikkaratkaisun integrointi rakennusprojektiin**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 24.05.2020

Valvoja: Apulaisprofessori Antti Peltokorpi, Aalto-yliopisto

Ohjaaja: Diplomi-insinööri Juho Siitonen, YIT Suomi Oy

---

**Tekijä** Laura Kokko

---

**Työn nimi** Teollisen logistiikkaratkaisun integrointi rakennusprojektiin

---

**Maisteriohjelma** Master's Programme in Building Technology

**Koodi** ENG27

---

**Työn valvoja** Apulaisprofessori Antti Peltokorpi

---

**Työn ohjaaja(t)** Diplomi-insinööri Juho Siitonen

---

**Päivämäärä** 24.05.2020

**Sivumäärä** 82+3

**Kieli** Suomi

---

### Tiivistelmä

Materiaalitoimitusten viivästyminen sekä vääränlaisen materiaalin toimitus ovat eräitä rakentamisen haasteita. Yhtenä ratkaisuna materiaalitoimitusten haasteisiin voidaan pitää toimivan materiaalilogistiikan kehittämistä. Tässä tutkimuksessa tarkastellulla teollisella logistiikkaratkaisulla tarkoitetaan sellaista rakennusprojektin hallintajärjestelmää, jossa materiaalitoimituksilla rakennustyömaan asennustyöt saadaan toimimaan suunnitellusti. Tutkimus on osa kohdeyrityksen integroidun toimitusprosessin hallinnan kehitystyötä ja sen tavoitteena oli selvittää, miten teollisen logistiikkaratkaisun integrointi rakennusprojektiin vaikuttaa rakennusyrityksen toimintatapoihin.

Tutkimus sisältää kirjallisuuskatsauksen ja empiirisen osion, joka toteutettiin tapaustutkimuksena yhdestä kohdeyrityksen rakennusprojektista. Tutkimuksessa käytettiin sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Aineistoa kerättiin aiemmista tutkimuksista, tieteellisistä artikkeleista, kohdeyrityksen projektikohtaisista aineistoista, työpajoista sekä haastatteleamalla rakennusalan ammattilaisia. Tapaustutkimuksesta saatuja tuloksia peilattiin teoriaosuuden löydöksiin.

Tutkimuksen aikana havaittiin, että kaikilla toimijoilla oli positiivinen ja kokeilunhaluinen asenne teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönottoa kohtaan. Tutkimus osoitti, että teollista rakentamista mukailevan logistiikkaratkaisun vaikutukset rakennusprojektiin ulottuvat moniin eri tekijöihin ja ne luovat muutostarpeita. Integraatio vaatii panostamista tuotantovaiheen suunnitteluprosessiin, johon tulee osallistaa niin hankintaa kuin työmaahenkilöstöä. Lisäksi esille nousi muutostarpeita sopimusteknisiin asioihin sekä toimintaperiaatteisiin ja -malleihin liittyen. Aikataulutäsmällisyys, yhtenäiset toimintatavat, keskitetty materiaalikierto, kriittisten suunnitelmien määrittäminen ja uudet palaverikäytännöt ovat keskeisimpiä vaatimuksia. Tutkimustuloksien avulla voidaan tavoitella onnistunutta teollisen logistiikkaratkaisun integraatiota rakennusprojekteihin.

---

**Avainsanat** logistiikka, logistiikkakeskus, teolliset rakennusprosessit, toimitusketjun hallinta

---



---

**Author** Laura Kokko

---

**Title of thesis** The integration of industrial logistics solution into construction project

---

**Master programme** Master's Programme in Building Technology **Code** ENG27

---

**Thesis supervisor** Assistant Professor Antti Peltokorpi

---

**Thesis advisor(s)** Master of Science Juho Siitonen

---

**Date** 24.05.2020

**Number of pages** 82+3

**Language** Finnish

---

### Abstract

Delays on material delivering and wrong material supply are some construction challenges. The development of efficient material logistics can be considered as one solution to the challenges. The industrial logistics solution considered in this study refers to a construction project management system in which material deliveries make the installation work on the construction site work as planned. The study is part of the target company's development work of integrated delivery process management and its aim was to find out how the integration of an industrial logistics solution into a construction project affects the operating methods of a construction company.

The study includes a literature review and an empirical section that was conducted as a case study of one of the target company's construction projects. Both qualitative and quantitative research methods were used in the study. The material was collected from previous research, scientific articles, materials from the target company's projects, workshops and by interviewing construction professionals. The results from the case study were mirrored to the findings of the theoretical part.

During the study, it was found that all actors had a positive and experimental attitude towards the introduction of an industrial logistics solution. The study showed that the effects of a logistics solution adapted to industrial construction on a construction project extend to many different factors and create the need for change. Integration requires investment in the production phase planning process, which must involve both procurement and site personnel. In addition, the need for changes arose in connection with contract technical issues and operating principles and models. Staying on schedule, standardized mode of operations, logistic center, defining critical plans and new meeting practices are the key demands. The research results can be used to achieve the successful integration of an industrial logistics solution into construction projects.

---

**Keywords** logistics, logistic center, industrial construction, supply chain management

---

## Alkusanat

Muutama vuosi takaperin minusta oli vielä tulossa matematiikan ja fysiikan aineenopettaja. Viimeistelin tuolloin tutkintoani Helsingin yliopistossa tuskastellen pro gradu -tutkielman parissa. Samalla pohdin suuresti arvostamani henkilön, edesmenneen ukkini, minuun istuttamaa ajatusta insinööriopinnoista. Muistan ikuisesti hänen onnellisen katseensa, kun hän kuuli minun hakeneen Aalto-yliopistoon, saati tulleen valituksi sisään. Suuri kiitos kuuluukin hänelle kannustamisesta ja minuun uskomisesta. Tämä tutkimus on tehty rakkaan ukkini muistoa kunnioittaen.

Tutkimuksen toimeksiantaja oli YIT Suomi Oy ja idea tutkimusaiheesta ja sen toteuttamisesta diplomityönä syntyi yrityksessä meneillään olevan kehitysprojektin ansiosta. Tutkimuksen tekeminen oli mielenkiintoinen työtehtävä ja opetti minulle paljon. Pääsin osaksi värikästä kehitystiimiä, josta olen kiitollinen. Olen saanut sekä kehittää osaamistani että erinomaista työkokemusta rakennusalasta. Kaikkiaan haluankin kiittää YIT:tä tämän kaiken mahdollistamisesta.

Osoitan mitä nöyrimmät kiitokset kaikille tutkimuksen toteutuksessa mukana olleille osapuolille. Erityiskiitokset haluan mainita minua käytännön toteuttamisessa ohjanneille, joita ovat Aalto-yliopiston puolelta valvojani Antti Peltokorpi sekä yrityksen puolelta Juho Siitonen ja Salla Willberg. Heidän ammattitaidostaan ja hyvistä neuvoistaan sain korvaamatonta apua. Lopuksi haluan kiittää myös kaikkia haastattelemani henkilöitä, jotka asiantuntemuksellaan auttoivat ratkaisevasti työn edistymisessä ja valmistumisessa.

Espoo 24.5.2020

*Laura Kokko*

Laura Kokko

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä	
Abstract	
Alkusanat	
Sisällysluettelo.....	5
Lyhenteet ja käsitteet .....	7
1 Johdanto.....	8
1.1 Tutkimuksen tausta ja tutkimusongelma.....	8
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset .....	9
1.3 Tutkimuksen rajaus.....	10
1.4 Tutkimusmenetelmät ja rakenne.....	11
2 Rakennusprojektin toimitusketju ja hallinta.....	13
2.1 Rakennusprojektin toiminnot ja arviointi .....	13
2.2 Rakennusprojektin logistiikka ja toimitusjärjestelmät.....	16
2.2.1 Logistiikka.....	16
2.2.2 Toimitusketju.....	19
2.2.2.1 Tuotteiden ja toimitusten jaottelu.....	19
2.2.3 Hankinta .....	22
2.3 Rakennusprojektin toimitusketjun hallinta .....	23
2.3.1 Toimitusketjun hallinta .....	23
2.3.2 Lean .....	27
2.3.2.1 Tahtituotanto .....	28
2.3.2.2 Last Planner.....	29
2.4 Materiaalilogistiikan organisointi ja tehostaminen.....	30
2.4.1 Logistiikan ulkoistaminen.....	31
2.4.2 Logistiikan tehostaminen .....	33
2.4.2.1 Materiaalien seuranta.....	34
2.4.2.2 Asennussarjat .....	36
2.4.2.3 Esivalmisteet ja modulaariset ratkaisut.....	36
2.4.2.4 Logistiikkakeskus .....	37
2.5 Yhteenveto .....	40
3 Empiirinen tutkimus.....	41
3.1 Lähtökohdat teollisen logistiikkaratkaisun integraatiolle .....	42
3.2 Tutkimusprojektin valinta ja kuvaus.....	44
3.2.1 Hamburger Börs .....	45
3.3 Teollisen logistiikkaratkaisun kuvaus ja käyttöönotto.....	49

3.3.1	Ensimmäinen työpaja: Teollisen logistiikkaratkaisun tuotantovaiheen suunnittelun aloitus .....	52
3.3.2	Toinen työpaja: Materiaalinhallinta, tiedonkulku ja aikataulutus .....	53
3.3.3	Kolmas työpaja: Operatiivinen toimintamalli .....	56
3.3.4	Neljäs työpaja: Operoinnin laajuus.....	60
3.3.5	Teollisen logistiikkaratkaisun asettamat vaatimukset toimittajasopimukseen .....	62
3.4	Kokemukset muista rakennusprojekteista.....	62
3.4.1	Keskustahotelli .....	62
3.4.2	Keilalampi.....	65
3.5	Tulosten yhteenveto.....	67
3.5.1	Teollisen logistiikkaratkaisun vaikutukset toimintoihin ja tunnistetut muutostarpeet.....	67
3.5.2	Toimijoiden sitouttaminen teolliseen logistiikkaratkaisuun .....	70
4	Tulosten pohdinta.....	72
5	Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet.....	74
	Lähdeluettelo .....	77
	Liiteluettelo .....	82
	Liitteet	

## Lyhenteet ja käsitteet

CSF	Critical success factors, kriittiset menestystekijät, jotka rakennusprojektissa esiintyessään tai poissa ollessaan vaikuttavat projektin onnistumiseen.
Hukka	Toiminta, joka kuluttaa resursseja, muttei tuota lisäarvoa.
JIT	Just-In-Time, toimintamalli ja ajattelutapa materiaalitoimituksien järjestämisestä käyttökohteeseen juuri oikeaan aikaan.
Lean	Tuotannon filosofia, jossa pyritään minimoimaan hukka.
Logistiikka	Ne toiminnot, jotka ovat vastuussa materiaalien kuljetuksesta ja varastoinnista sekä rahan ja tiedon hallinta.
LPS	Last Planner on tuotannonohjausmenetelmä, jonka päämääränä on tuotannon häiriöiden minimoiminen varmistamalla tehtävien ja toimintojen suoritusedellytykset.
Puskuri	Kahden eri työvaiheen väliin jäävää aika, edellisen valmistamisesta seuraavan alkamiseen.
SCM	Supply Chain Management, toimitusketjun hallinta.
SRM	Supplier Relationship Management/Procurement, hankinta.
Tahtiaika	Aika, jonka yksittäiselle työvaiheelle on määritetty tietylle tahtialueelle. Kestoltaan esimerkiksi viikko, päivä tai tunti.
TPL	Third-party logistics, kolmannen osapuolen logistiikkapalvelu.
TPS	Toyota Production System, Toyotan autotehtaiden alun perin kehittämä ja käyttöönottama tuotannonohjausjärjestelmä.
Virtaus	Materiaalien liikkuminen suunnitellusti ilman häiriöitä.

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen tausta ja tutkimusongelma

Alhainen tuottavuus, materiaalien viivästynyt toimitus sekä vääränlaisen materiaalin toimitus esiintyvät eräinä merkittävimpinä rakennusprojektien haasteina. (Tetik ym. 2019; Assaf & Hejji 2006; Odeh & Battaineh 2002) Strandbergin ja Josephsonin (2005) tutkimuksesta ilmenee, että rakennusalan ammattilaiset käyttävät noin 20% työajastaan siirrellen materiaalia ja laitteita työpisteelle. Kaikki tämä aika on pois arvoa lisäävästä toiminnasta eli toisin sanoen hukkaa. Kun rakennusala tarkastellaan valmistusteollisuuden silmin, on sen suurin haaste luoda parempaa järjestystä ja hallintaa poistamalla kaikenlaisen hukka prosesseista. (Bertelsen & Nielsen, 1997) Teollinen logistiikkaratkaisu voisi olla avain rakentamisen materiaalitoimitusten haasteisiin.

Materiaalilogistiikan toimivuus on merkittävä rakennusprojektien onnistumisen kannalta, ja se on erittäin tärkeää tuottavuuden ja joustavuuden lisäämiseksi missä tahansa muusakin teollisuudessa. (Bertelsen & Nielsen, 1997) Materiaalilogistiikka vaikuttaa rakennusprojektien sisäiseen vaihteluun huomattavasti, koska materiaalien saatavuus vaikuttaa toimintojen suorittamiseen. Lisäksi materiaalitoimittajien toimitusvarmuuksien vaihtelevuus kasvattaa projektien monimutkaisuutta. (Hamzeh ym., 2007) Rakennusprojektien toimintojen ulkoisten variaatioiden suurimpia lähteitä ovat ongelmat materiaalivirroissa (Tetik ym., 2019). Teollisessa logistiikkaratkaisussa materiaalivirrat ohjataan kulkemaan logistiikkakeskuksen kautta, jolloin työmaalle saadaan materiaalit toimitettua hallitusti. Logistiikka, kuten monet rakennusprojektin toiminnot, on suunniteltava yksityiskohtaisesti projektin alussa, jotta se toimii tehokkaasti (Sullivan ym., 2011.)

Tässä tutkimuksessa logistiikka käsittää niin työmaan sisällä kuin ulkopuolella tapahtuvan materiaalinhallinnan. Rakennusteollisuus RT:n toteuttaman KETJU-kehitysohjelman julkaisun (2009b) mukaan logistiikka-termi on liitetty voimakkaasti rajautumaan jakeluun, materiaalinkäsittelyyn ja kuljetukseen. Toimitusketjun hallinta -käsitteellä halutaan korostaa toiminnon kokonaisvaltaisempaa merkitystä. Laajassa merkityksessä logistiikka ja toimitusketjun hallinta ovatkin osin samaa asiakokonaisuutta.

Teollisella logistiikkaratkaisulla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa sellaista projektin hallintajärjestelmää, jolla rakennusprosessit saadaan toimimaan suunnitellusti keskittyen materiaalivirtojen toimivuuteen. Materiaalivirrat ohjataan kulkemaan keskitetysti logistiikkakeskuksen kautta. Teollinen logistiikkaratkaisu ulottuu käsittelemään rakennusprojektin hallintaa materiaalivirtojen hallintaa laajemmin, sillä sen lisäksi, että se pyrkii takaamaan niin materiaalien oikea-aikaisuuden kuin oikeellisuuden, se parhaimmillaan pakottaa koko tuotannon virtauksen toimimaan suunnitellusti. Teollinen logistiikkaratkaisu avaa lisäksi mahdollisuuden kehittää koko rakennusprojektin hallintaa sen tuottaman datan avulla. Dataa saadaan kerättyä muun muassa materiaalien kuljetuksista ja sijainneista, projektin edistymisestä logistiikkakeskukseen saapuvien materiaalivirtojen vastaanottojen ja uloskuittausten osalta, materiaalien varastotilanteesta, tavarantoimittajien täsmälli-



syydestä ja luotettavuudesta sekä mahdollisesti myöhemmin muista havaituista hyödyistä. Teollinen logistiikkaratkaisu koostuu yksinkertaistettuna huolellisesta suunnittelusta, materiaalien seurannasta ja suunnitelmissa pysymisen varmistamisesta.

Rakennusprojekteissa eikä koko rakennusalaalla ole käytössä rakennusmateriaaleista tunnistetietolistaa, jonka avulla kaikki rakennusprojektin materiaali- ja tarpeet voitaisiin koota yhteen. Tällaisen materiaalilistan puuttumisen syy ei ole listan vaatiman datan saatavuus, sillä jokainen materiaali on yksilöllisesti tunnistetiedotettu jossain kohtaa, esimerkiksi EAN- tai sähkökoodilla, ja materiaaleille on mahdollista luoda QR-koodi. Teollisen logistiikkaratkaisun integroinnin haasteina on suunnitella rakennusprojektin vaatimat materiaali- ja tarpeet riittävän ajoissa ennen tuotantovaiheeseen siirtymistä ja pysyä suunnitelmissa tuotantovaiheessa.

Tämä tutkimus on tehty YIT Suomi Oy:lle, joka on suurin suomalainen ja merkittävä pohjoiseurooppalainen rakennusyhtiö. Työn tarkoitus on ratkaista kohdeyrityksen rakennusprojektien logistisia ongelmia. Logistisesti haastavat projektit, tiukentuneet aikataulut sekä yrityksen halu kehittää logistiikan hallintaa ovat olleet tämän työn suurimpia ajureita. Yhä useampi rakennusprojekti sijaitsee kaupunkikeskustoissa, jolloin työmaa-alueiden ahtaus aiheuttaa rajoitteita logistiikan hallitsemiseen. Projekteilla ei ole aikaa, tilaa eikä resursseja heikosti suunniteltuun logistiikkaan. Tämän tutkimuksen avulla on tarkoitus saada uutta tietoa siitä, miten teollinen logistiikkaratkaisu saadaan integroitua rakennusprojektiin onnistuneesti ja samalla kehittää koko yrityksen rakennusprosessia luomalla yhtenäiset toimintatavat logistiikan hoitamiseen.

## **1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset**

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten teollisen logistiikkaratkaisun integrointi rakennusprojektiin vaikuttaa rakennusyrityksen toimintatapoihin ja kuinka kehittää integroidun toimitusprosessin hallintaa. Tarkoituksena on tuloksien avulla kehittää kohdeyrityksen toimitusketjun hallintaprosessia selvittämällä ja tunnistamalla integroinnin onnistumista edistäviä ja estäviä tekijöitä.

Päätutkimuskysymyksenä on:

1. Mitkä tekijät tukevat teollisen logistiikkaratkaisun onnistunutta integrointia rakennusprojektiin?

Päätutkimuskysymyksen syventämiseksi ja tutkimusongelman avaamiseksi valikoitui seuraavat tarkentavat tutkimuskysymykset:

- a) Mihin rakennusprojektin toimintoihin teollisen logistiikkaratkaisun käyttö vaikuttaa?
- b) Miten olemassa olevat rakentamisen prosessit muuttuvat teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönoton myötä?

- c) Mitä tulee huomioida, jotta kaikki rakennusprojektin toimijat saadaan sitoutettua teollisen logistiikkaratkaisun onnistuneeseen käyttöönottoon?

Päätutkimuskysymykseen vastaaminen on tämän tutkimuksen kannalta ratkaisevaa, sillä teollisen logistiikkaratkaisun laajentaminen koko yrityksen projektien toimintatavaksi edellyttää, että integrointi saadaan suoritettua jokaiselle alkavalle rakennusprojektille mahdollisimman hyvin. Tarkentavat tutkimuskysymykset ovat oleellinen osa hyvien käytäntöjen ja toimintatapojen löytymisen kannalta, joten niihin vastaaminen tukee koko tutkimuksen tavoitteeseen pääsemistä.

Ensimmäisen tarkentavan tutkimuskysymyksen tavoitteena on kohdistaa huomio niihin rakennusprojektin toimintoihin, joihin teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönotto vaikuttaa. Toisen tarkentavan tutkimuskysymyksen tarkoituksena taas on syventää ensimmäisessä tarkentavassa tutkimuskysymyksessä ilmenneiden vaikutuksenalaisten toimintojen aiheuttamia muutoksia ja muutostarpeita. Syventymällä tarkastelemaan näitä vaikutuksen alla olevien toimintojen aiheuttamia muutoksia ja luomia muutostarpeita, voidaan keskittyä tarkemmin analysoimaan niitä tekijöitä, jotka tukevat onnistunutta integraatiota. Rakennusprojekteja ovat toteuttamassa useat eri toimijat, joiden motiivit ja toimintatavat voivat erota toisistaan radikaalisti, nämä toimijat vaikuttavat toiminnoillaan rakennusprojektien prosesseihin. Teollisen logistiikkaratkaisun konseptiin liittyy rakennusprosessien toimiminen halutulla tavalla. Tästä syystä on tärkeää huomioida vastaaminen kolmanteen tarkentavaan tutkimuskysymykseen, joka keskittyy nimenomaan tarkastelemaan rakennusprojektin toimijoiden sitouttamista teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönottoon. Integraatio vaatii onnistuakseen taustalle niitä rakennusalan toimijoita, jotka sitoutuvat toimimaan teollisen logistiikkaratkaisun edellyttämien toimintaperiaatteiden ja -mallien mukaan.

### **1.3 Tutkimuksen rajaus**

Tutkimuksen sisältö rajataan käsittelemään rakennustyömaiden toimitusketjun hallintaa. Tutkimuksessa perehdytään teollisen logistiikkaratkaisun integroinnin mukanaan tuomiin vaikutuksiin keskittyen pääurakoitsijan näkökulmaan, mutta huomioidaan myös projektin muut osapuolet. Integroidun toimitusprosessin hallinnan tutkiminen ja ekosysteemissä tapahtuvien muutosten tarkastelu rajataan keskittymään projektin alkuvaiheeseen, jossa teollista logistiikkaratkaisua vaativa suunnittelutyö tehdään. Tutkimuksessa tunnistetaan useita erilaisia logistiikkaan vaikuttavia tekijöitä ja esitellään haastavien projektien yhteydessä ilmenneitä yleisimpiä logistisia ongelmia. Näihin ongelmiin on tarkoitus etsiä sellaisia toimintamalleja, jotka tukevat teollisen logistiikkaratkaisun integraatiota rakennusprojektiin sekä kehittävät rakennusprojektin toimitusketjun hallintaa yleisesti.

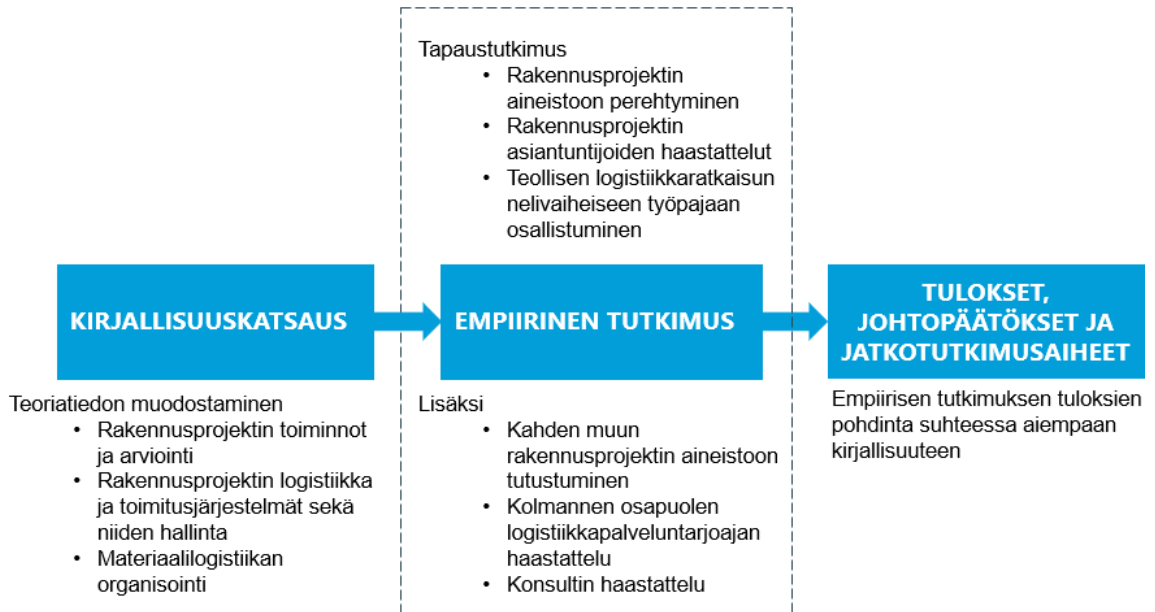
Tutkimuksen ulkopuolelle rajataan sellaisten aliurakoitsijoiden ja tavarantoimittajien logistiikan hallinta, joka ei noudata tutkimuksessa esitellyn teollisen logistiikkaratkaisun määrittelemiä toimintatapoja. Tämän käsittely ei ole tutkimuksen kannalta erityisen tärkeää, sillä kohdeyrityksellä ei ole mahdollisuuksia vaikuttaa kyseisiin asioihin muuten

kuin suoraan rakennustyömaan kuljetusten osalta. Tutkimuksessa tunnistetaan hankinta-toimen vaikutus teollisen logistiikkaratkaisun ja rakennusprojektin integrointiin, mutta sen käsittely keskittyy sopimusteknisiin asioihin.

## **1.4 Tutkimusmenetelmät ja rakenne**

Tutkittavan ilmiön tai asian luonne vaikuttaa tutkimuksen tutkimusmenetelmän valintaan. Tutkimusmenetelmäksi voidaan valita kvalitatiivinen tai kvantitatiivinen lähestymistapa. Kvalitatiivisella eli laadullisella tutkimuksella tarkoitetaan tutkimusmenetelmää, jonka tavoitteena on tuottaa tietoa, jonka perusteella tutkittava ilmiö tai asia on ymmärrettävissä. Määrällisellä eli kvantitatiivisella tutkimuksella tavoitellaan numeraalista tietoa. (Uusitalo ym. 1991, s.79-80). Triangulaatiomenetelmässä yhdistellään eri tutkimusmenetelmiä. Menetelmätriangulaatiolla voidaan yhdistää kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen lähestymistapa. (Eskola ym., 1998, s. 70) Kirjallisuuskatsaus on tiivistelmä aihepiirin aiempien tutkimusten olennaisesta sisällöstä ja sen avulla voidaan kerätä aineistoa. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa pyritään kuvaamaan ilmiö laajasti ja tarvittaessa luokittelemaan ilmiön ominaispiirteitä. (Salminen, 2014)

Tässä tutkimuksessa yhdistellään menetelmätriangulaation avulla sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tutkimustapaa, joista kvalitatiiviset menetelmät ovat pääpainossa. Tutkimuksen toteutuksen prosessikaavio on avattuna kuvassa 1. Aineistoa hankitaan aiheesta saatavan teoretiedon avulla, perehtyen aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen, aiempiin tutkimuksiin ja tieteellisiin artikkeleihin. Tutkimus on toteutettu tutkien alkuun logistiikkaan liittyvää kirjallisuutta, erityisesti keskittyen eri projektiteollisuusalojen logistiikan ratkaisuihin. Aiemman kirjallisuuden kautta perehdytään projektin toimitusketjun hallintaan liittyviin eri osa-alueisiin, lähtien rakennusprojektin toiminnoista ja onnistumista tukevista tekijöistä, jotta saadaan muodostettua käsitys siitä, mihin rakennusprojektin toimitusketjun hallinnassa tulee ylipäätään suuntautua. Kirjallisuuskatsauksessa käydään läpi erilaisia logistiikkaratkaisuja, jotka luovat valmiuksia ja pohjatietoa tutkimuksessa käsitellyn teollisen logistiikkaratkaisun analysointiin.



Kuva 1. Tutkimuksen toteutuksen prosessikaavio

Kirjallisuuskatsauksen lisäksi tutkimus sisältää empiirisen osion, mikä on toteutettu tapaustutkimuksena kohdeyrityksen yhdestä rakennusprojektista ja siihen kehitetystä logistiikkaratkaisusta. Kaiken kaikkiaan kohdeyrityksen rakennusprojektin tarkastelun avulla saatiin tutkittua ja analysoitua teollisen logistiikkaratkaisun integroinnin vaikutuksia kohdeyrityksen toimintatapoihin käytännön tasolla. Tapaustutkimus tarkoittaa empiiristä tutkimusta, jossa tutkittavaa ilmiötä tarkastellaan sen tosiasiallisessa kontekstissa ilman, että tutkimuskohteen ympäristöä pyrittäisiin erottelamaan (Yin 2003, s.13.) Tutkimuksen empiirinen osuus kohdeyrityksen rakennusprojektista sisältää asiantuntijahaastatteluita, joiden avulla saadaan rakennusprojektin eri toimijoiden näkökulmia ja ajatuksia mukaan tutkimusaineistoon. Haastatteluilla saatiin täsmätietoa kirjallisuuskatsauksessa esiin nousseisiin merkittäviin näkökulmiin koskien logistiikan ja toimitusketjun hallintaa. Asiantuntijoiden, dokumenttien, havainnoinnin ja eri aineistojen käyttäminen tuo tutkimukselle luotettavuutta aineistotriangulaation kautta. Lisäksi empiiriseen osioon kuuluvat kohdeyrityksen rakennusprojektin työpajat, joita teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönotto edelsi. Työpajat sisältävät tarkkaa pohdintaa teollisen logistiikkaratkaisun integraatioprosessista, mikä eteni vaihe vaiheelta projektissa. Vaiheittaisen integraation mukana käytiin työpajoissa läpi integraation edetessä eteen ilmenneitä riskejä, erityishuomiota sekä suunnitelmien toteutusta käytännössä.

## 2 Rakennusprojektin toimitusketju ja hallinta

### 2.1 Rakennusprojektin toiminnot ja arviointi

Rakennusprojekti koostuu kahdesta päätoiminnosta, suunnittelu- ja rakennusprosessista, jotka molemmat muodostuvat useista eri toiminnoista (Koskela, 1992). Suunnitteluprosessi on määritelty vaiheittain tapahtuvaksi erittelyksi, jossa toiveet ja tarpeet muunnetaan alkuun vaatimuksiksi, jotka vaihtelevin vaihein muodostetaan lopulta yksityiskohtaisemmiksi suunnitelmiksi. Suunnitteluprosessi toimii myös rakennusprojektissa ilmenevien ongelmien havaitsemis- ja ratkaisuprosessina, mikä voidaan edelleen jakaa yksittäisiin osa- ja tukiprosesseihin. Toinen pääprosessi, rakennusprosessi, puolestaan koostuu kahdesta toisistaan eroavasta virtauksesta. Nämä virtaukset ovat materiaaliprosessien virtaus sekä työprosessien virtaus. (Koskela, 1992) Tämän tutkimuksen teollisessa logistiikkaratkaisussa työmaan sisäisten materiaali- ja työprosessien virtaukset yhdenmukaistetaan. Koskelan (1992) mukaan materiaaliprosessit sisältävät materiaalivirtauksen työmaalle, mukaan lukien niiden prosessoinnin ja asennuksen työmaalla. Näitä pääprosesseja ohjaa tai tukee joukko muita prosesseja, joita ovat muun muassa suunnittelun ja rakentamisen hallintaprosessit. (Koskela, 1992)

Rakennusalaa kehitetään jatkuvasti ja aika ajoin uutisoidaan niin onnistuneista kuin epäonnistuneistakin rakennusprojekteista. Kaikista rakennusalalla tapahtuvista muutoksista huolimatta rakennustuotannon pääpaino on edelleen työmaalla, kuten se on ollut jo tuhansia vuosia. (Abrams ym., 2010) Rakennusprojektit ovat kompleksisia ja monissa projekteissa esiintyy huomattavia viiveitä ja alkuperäisten aika- ja kustannusarvioiden ylittymistä (Kasim ym., 2012; Odeh & Battaineh, 2002) Teollisella logistiikkaratkaisulla tavoitellaan ennen kaikkea tuotantovaiheen suunnitelmissa pysymistä, joilla puolestaan on suora vaikutus aika- ja kustannusarvioissa pysymiseen.

Rakennusprojektiin voi kuulua lukemattomia alihankkijoita ja alihankkijoiden alihankkijoita, joista useimmat työskentelevät ensimmäistä kertaa yhdessä ja joilla on kilpailevat tarpeet niin ajalle kuin tilalle työnsä suorittamiseen. Jopa keskikokoiset rakennukset voivat vaatia satoja työtunteja suunnitteluun ja ohjaukseen arkkitehteiltä, insinööreiltä, konsulteilta ja asiakkailta. (Abrams ym., 2010) Kaiken tämän hallitseminen ei onnistu ilman osaamista, minkä lisäksi rakennushakkeissa tapahtuu usein yllättäviä käännteitä, joihin ei osata tai pystytä aina varautua. Tästä syystä teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönottoa edeltävässä suunnitteluprosessissa osallistetaan eri toimijoita ja logistiikkaratkaisun edellyttämistä toimintatavoista tiedotetaan kaikkia rakennusprojektin toimijoita.

Bertelsen & Nielsen (1997) luonnehtivat rakennusprojektia useiden urakoitsijoiden yhteiseksi ponnisteluksi rakennuksen rakentamiseksi. Tällainen prosessi on usein lähes kaoottinen, vaikka työ olisi suunniteltu parhailla käytännöillä. Odottamattomat tapahtumat ovat rakennusalalla enemmän sääntö kuin poikkeus. (Ekeskär & Rudberg, 2016) Teollinen logistiikkaratkaisu edellyttää päivittäisjohtamista, jonka ansiosta tieto odottamattomien tapahtumien aiheuttamista muutoksista tulee heti ilmi. Suunnitelmissa pysymistä seurataan päivittäin. Projektin määritelmän mukaisesti projektilla on ennalta määritetty päämäärä, mikä on projektin toteuttamisella pyrittävä tulevaisuuden tila (Arto ym., 2006 s. 31.)

Artto ym. (2006 s. 31) ovat määritelleet projektin päämäärän seuraavasti:

- (1) Kuvaamaan tarkoituksen, minkä takia projekti on alun perin perustettu.
- (2) Kuvaamaan projektin tuloksena toteutettavan muutoksen.
- (3) Toimimaan lähtökohtana projektin tavoitteiden määrittelylle. Nämä projektin tavoitteet ovat: mitä tehdään (laajuustavoite), milloin tehdään (aikataivoite) sekä millaisin kustannuksin/resurssein käytetään ja kuka tekee (kustannustavoite).

Ennalta määritetyn päämäärän pääsemisen onnistuneisuuden, projektin menestyksen määritelmän, arvioimiseen ei ole olemassa yhtä ainoaa täysin kattavaa menetelmää. Useimpien tutkimusten mukaan urakoitsijoiden menestyminen rakennusprojekteissa perustuu tarjouskilpailuun, esivalintoihin ja pitkän aikavälin historialliseen näkökulmaan. Alzahrani ja Emsleyn (2012) tutkimuksessa rajaudutaan kuitenkin tarkastelemaan urakoitsijoiden ominaisuuksien vaikutusta rakennusprojekteissa onnistumiseen. He tunnistiivat kriittisiä menestystekijöitä (critical success factors, CSF), jotka vaikuttavat merkittävästi projektin onnistumiseen (kuva 2). (Alzahrani & Emsley, 2012) Alzahrani ja Emsleyn (2012) tutkimuksen mukaan hallintakyky ja osaaminen tukevat rakennusprojekteissa onnistumista. Teollisessa logistiikkaratkaisussa hallintakykyä pyritään parantamaan materiaalin seurannan kautta, tieto materiaalin liikkumisesta tallentuu digitaaliseen sovelluslustralle.



Kuva 2. Projektin kriittiset menestystekijät (Mukaiillen Alzahrani & Emsley, 2002)

Rakennusprojektit ja niiden menestys liittyvät läheisesti urakoitsijoihin. Urakoitsijoiden päätehtävä alkaa, kun projekti saavuttaa rakennus- tai toteutusvaiheen, eli rakennuksen varsinainen fyysinen työn suorittaminen alkaa. Alzahrani ja Emsleyn (2012) CSF-konsepti, kriittiset menestystekijät, tarjoaa älykkään tavan tunnistaa tietyt tekijät, jotka projektissa esiintyessään tai poissa ollessaan todennäköisesti tekevät projektista onnistuneen. Heidän tutkimuksensa tulokset osoittavat, että klassisen kolminaisuuden, aika, kustannukset ja laatu, rinnalla uusista ja nousevista kriteereistä, kuten turvallisuudesta ja ympäristöstä, on myös tulossa keskeisiä menestystekijöitä. Lisäksi tutkimus vahvistaa käsitystä siitä, että rakentamisen jälkeinen projektin arviointi ja analysointi siitä, mikä meni oikein ja mikä pieleen, on arvokasta. Näin rakennusprojekteihin liittyvien toimintojen kehittämistä saadaan organisoidumpaa. (Alzahrani & Emsley, 2012) Teollisen logistiikkaratkaisun digitaalisen sovellusalustan keräämä data materiaalien liikkumisesta tarjoaa organisoidulle kehittämiselle hyvät lähtökohdat.

Rakennusprojektin logistiikkastrategiassa tulee käsitellä logistiikan nykytila, menestystekijät, tavoitteet ja päämäärät, johtaminen ja organisointi sekä strategian toteuttaminen käytännössä (Ritvanen ym., 2011 s. 141.) Muutosten hallitseminen on tärkeä näkökohta rakentamisen projektinhallinnassa, koska muutokset rakennusprojekteissa ovat merkittäviä viivästymisien ja häiriöiden aiheuttajia (Motawa ym., 2007.) Johtaminen rakentuu toiminnan suunnasta ja tavoitteista muodostuvalle kokonaisnäkemykselle. Tämä edellyttää johtamiselta kykyä hahmottaa toimintaympäristönsä ja arvioida sen muuttumista tulevaisuudessa. (Nissinen, 2009 s. 22) Rakennusprojektien muutokset ovat yleisiä ja tapahtuvat todennäköisesti useista eri lähteistä, eri syistä sekä missä vaiheessa tahansa projektia. Tarpeen mukaan muutos voi olla valinnainen tai vaadittu, harkinnanvarainen tai valinnainen taikka etuoikeutettu tai säännelty. (Motawa ym., 2007.) Teollinen logistiikkaratkaisu tuo rakennusprojektin tuotantovaiheessa tapahtuvat muutokset näkyviksi päivittäisjohtamisen ja digitaaliselle sovellusalustalle kerätyn datan avulla. Näin ollen toimintaympäristön hahmottaminen ja arviointi tuotantovaiheessa helpottuu logistiikkaratkaisun käyttöönoton myötä.

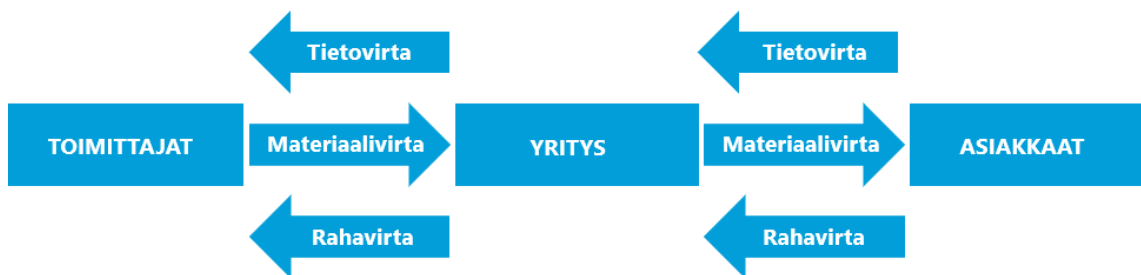
Tietoisesti tehdyt uudet muutokset rakennusprojektin toiminnoissa vaativat toteutuakseen muutoksia vanhoihin prosesseihin ja rakennusprojektin eri osapuolien toiminnoissa. Kaikki toimijat on saatava sitoutettua muutoksen läpiviemiseksi. Helinin (1993) mukaan sitoutuminen koostuu neljästä ehdosta: 1) ymmärrys, 2) hyväksyntä, 3) usko ja 4) vaikutusmahdollisuus. Ymmärtämisen edellytyksenä on ratkaisun taustojen ja tarkoituksen riittävä esittäminen. Hyväksyminen tapahtuu, kun ratkaisua pidetään tilanteeseen sopivana. Uskon synnyttää luottamus käytettäväksi tulevan ratkaisun toimivuuteen. Vaikutusmahdollisuuden vastakohtana on ennalta määrätty tapa toimia ilman hallinnan tunteen syntymistä. (Helin, 1993 s. 67) Ammattiasentajia ja muita projektin osallisia ei tule käsitellä vain resursseina tai tuotannontekijöinä. Heidän arvonsa tulee olla enemmän kuin tehdyn työn taloudellinen arvo. (Nissinen, 2009 s. 23)

Teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönotto on muutosprosessi nykyisiin toimintoihin. Helinin (1993, s.135) mukaan on hyvä muistaa, että lähes jokaiseen muutosprosessiin kuuluu taantuman vaihe, jossa lyhyen aikajakson tulokset heikkenevät. Taantuma liittyy uuden asian hallintaan; ratkaisu voi olla tasokas, mutta aluksi osaaminen heikkoa. (Helin, 1993 s. 135) Muutosprosessille on siis annettava aikaa.

## 2.2 Rakennusprojektin logistiikka ja toimitusjärjestelmät

### 2.2.1 Logistiikka

Logistiikkaa verrataan usein toimitusketjun hallinnan termiin. Logistiikka voidaan mieltää lähtökohtana toimitusketjun hallinnalle. Aikaisempi kirjallisuus on tutkinut logistiikkaa (logistics) monista eri näkökulmista, mutta se käsitetään yleisesti tarkoittamaan niitä toimintoja, jotka ovat vastuussa materiaalien kuljetuksesta ja varastoinnista. Nämä toiminnot ovat yrityksen asiakaslähtöisen toiminnan tukena. (Waters, D. 2009, s. 4-5). Logistiikkaan katsotaan kuuluvan myös rahan ja tiedon hallinta. Kuvassa 3 havainnollistetaan materiaali-, tieto- ja rahavirtoja logistiikan kontekstissa. Logistiikka ei ole määritelmänä yksiselitteinen, vaan siitä on käytössä useita toisistaan poikkeavia näkemyksiä. (Ritvanen ym. 2011, s. 21-24).



Kuva 3. Logistiikan materiaali-, tieto- ja paluuvirrat (mukaillen Ritvanen ym., 2011 s. 22)

Teollisen logistiikkaratkaisun logistiikan konsepti mukailee edellä esitettyä (kuva 3), mutta eroavaisuuksia löytyy niin materiaali-, tieto- kuin rahavirtojen liikenteessä, jotka on esitetty kuvassa 4. Tarkasteltaessa rakennusprojektia pääurakoitsijan näkökulmasta, yrityksenä toimii pääurakoitsija, jonka asiakkaita eli tilaajaa voidaan käsitellä kuten toimittajia. Pääurakoitsija voi vastaanottaa materiaalivirtaa sekä toimittajilta että tilaajalta. Rahavirta kulkee tilaajalta ja toimittajilta rakennuttajalle, koska teollisessa logistiikkaratkaisussa materiaalitoimitukset kulkevat logistiikkakeskuksen kautta, josta veloitetaan materiaalin toimittajilta sopimuksen mukaan. Käytössä voi olla esimerkiksi kuukausi- tai kertaveloitus, riippuen toimitussopimuksen laadusta. Toimittajia ja tilaajia koskevat siis samankaltaiset veloituseriaatteet. Logistiikkaan liittyvä rahavirta voi teollisen logistiikkaratkaisun yhteydessä kulkea myös päinvastaiseen suuntaan kuin edellä on mainittu, koska teollisen logistiikkaratkaisun konseptissa ennalta suunnitellut ja sovitut täsmätoimitukset ovat tietyssä määrin sallittuja. Tällöin kuljetukset ovat materiaalin toimittajien hoitamia ja niistä veloitetaan pääurakoitsijaa solmittujen sopimusten mukaisesti.





Kuva 4. Logistiikan materiaali-, tieto- ja paluuvirrat teollisen logistiikkaratkaisun konseptissa (mukaillen Ritvanen ym., 2011 s. 22)

Suurin ero logistiikan konseptille perinteisen logistiikan ja teollisen logistiikkaratkaisun välillä on logistisen tietovirran siirtyminen. Teollisessa logistiikkaratkaisussa sen on kuljettava toimittajien ja pääurakoitsijan sekä tilaajan ja pääurakoitsijan välillä saumattomasti molempiin suuntiin. Pääurakoitsijalla on oltava tieto siitä, mitä materiaalia kukin tuo, minne materiaalit tulee toimittaja ja milloin materiaalit toimitetaan. Pääurakoitsijan velvollisuus on informoida sekä toimittajia että tilaajaa materiaalitoimitusten osalta, mutta myös saatava tietoa toimittajilta ja tilaajilta esimerkiksi toimitusaikojen pituuksista. Tämä on teollisen logistiikkaratkaisun toimivuuden edellytys.

Ritvanen ym. (2011 s. 20) on määritellyt logistiikan tarkoittamaan tuottavaan ja kustannustehokkaaseen hankintatoimeen, varastointiin sekä kuljetukseen ja jakeluun liittyvien materiaalien ja palvelujen suunnittelua, toteutusta ja seurantaan niin, että samalla huomioidaan asiakasvaatimukset. Logistiikkaan liittyy monia keskenään ristiriitaisia tekijöitä (kuva 5), jotka selittävät käsitteen moniselitteisyyttä. Laajat tuotevalikoimat johtavat yleensä parempaan asiakaspalveluun ja myyntiin, mutta valikoimaan sitoutuu paljon rahaa. Suurilla eräkoilla pyritään takaamaan tuotannon häiriöttömyys, kun materiaalisaatavuus on turvattu. Suuret tavaraerät kuitenkin johtavat varastotasojen nousuun. Toisaalta jos eräkoot pidetään taloudellisina ja varastot mahdollisimman pieninä, niin pääomaa ei juurikaan sitoudu, mutta kuljetuskustannukset voivat nousta. Useimmiten suuret toimitukset ovat pieniä toimituksia edullisempia. (Ritvanen ym., 2011 s.24)



Kuva 5. Logistiikan ristiriitatilanteita (mukaillen Ritvanen ym., 2011 s. 24)

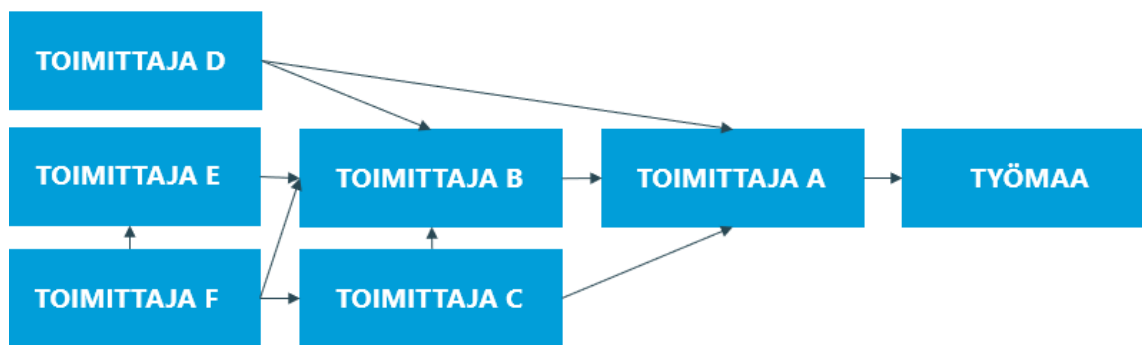
Logistiikan materiaalivirrat voidaan jakaa kahteen erilaiseen logistiseen toimintatapaan. Nämä tavat ovat suunniteltu logistiikka (Material Requirement Planning) sekä logistiikka kulutuksen mukaan. Suunnitellussa logistiikassa lasketaan ennakoitu kulutus materiaalitarausteesta, minkä jälkeen materiaalit tilataan ja toimitetaan arvioidun mukaisesti. Kulutukseen perustuvassa toimintatavassa puolestaan materiaalia tilataan varastoon vasta siinä vaiheessa, kunnes varastossa on saavutettu tietty vähimmäistaso. Näistä kahdesta periaatteesta suosiotaan kasvatti periaatteiden integraatio, kahden tason lähestymistapa: suunnitteluun perustuva lähestymistapa yleisellä tasolla ja päivittäisessä toiminnassa puolestaan kulutukseen perustuva lähestymistapa. Toimituksista on tehty karkeat suunnitelmat, joita päivitetään kulutuksen mukaan. (Bertelsen & Nielsen, 1997) Teollinen logistiikkaratkaisu noudattaa edellä mainitun periaatteiden integraation mukaista toimintatapaa, mutta pääpainossa on suunniteltu logistiikka, jonka tukena toimii logistiikka kulutuksen mukaan. Materiaalitoimituksista tehdään alkuun karkeat suunnitelmat ennen tuotantovaiheen alkamista. Materiaalitoimitusten suunnitelmia tarkennetaan myöhemmin vastaamaan todellisia materiaalitarauteita. Nämä tarkennetut materiaalitarauteet lukitaan teollisessa logistiikkaratkaisussa riittävän ajoissa ennen materiaalitarauteeseen liittyvän työvaiheen alkamista.

Tarkasteltaessa rakennusprosessin materiaalivirtojen logistiikkaa rakentajien näkökulmasta, on ollut vaikea löytää minkäänlaista suunnitelmallista strategiaa. Itse asiassa materiaalivirtojen logistiikka näytti perustuvan siihen, että tilaaminen ja toimitukset tapahtuvat, kun tuotanto pysähtyy, koska ei ole tarvittavia materiaaleja saatavilla. Myöhäinen reagointi materiaalitarauteeseen ja ”osta se niin halvalla kuin vaan voit” -lähestymistapa rakennusalalla ovat aiheuttaneet huomattavia lisähaasteita. Tällainen toimintatapa johtaa eittämättä toistuvien viivästyksien lisäksi myös pikatoimitusten aiheuttamiin lisäkustannuksiin. (Bertelsen & Nielsen, 1997)

Rakennustyömaan logistiikka voidaan jakaa sisäiseen ja ulkoiseen logistiikkaan. Tällöin logistiikka rajataan tapahtumaan joko rakennustyömaan sisällä tai sen ulkopuolella. Valmistusteollisuuden logistiikkamenetelmät perustuivat alun perin pääasiassa sisäiseen logistiikkaan eli keskittyminen oli tuotantoprosessien hallinnassa ja ohjauksessa, mutta kasvava jakelu valmistusprosesseissa siirsi keskittymistä ulkoiseen logistiikkaan ja toimitusketjun osapuolten väliseen synkronointiin. (Bertelsen & Nielsen, 1997) Teollisessa logistiikkaratkaisussa keskitytään rakennustyömaan sisällä tapahtuvaan logistiikkaan ja sen ulkopuolella tapahtuva logistiikka, esimerkiksi alihankkijoiden osalta, ei ole keskiössä. Rakennustyömaan ulkopuolisen logistiikan on kuitenkin tuettava teollista logistiikkaratkaisua logistiikkakeskukseen tilattujen materiaalitoimitusten osalta. Käytännössä aliura-koitsijat siis edellytetään toimittamaan materiaalit logistiikkakeskukseen sovitusti. 1990-luvun globaalien kilpailun kiristyminen ja tuotteiden elinkaaren lyheneminen johti tuotteiden valmistajien ja toimittajien yhteistyöhön tuotteiden laadun ja toimitusajan parantamiseksi (Tan ym., 2002; Wisner & Tan, 2000). Vastaavasti monet tukkukauppiat ja jälleenmyyjät integroivat myös logistiikkatoimintonsa kilpailualueen parantamiseksi. Lopulta nämä kaksi toiminnallista aluetta kehittyivät ja sulautuivat kokonaisvaltaiseen ja strategiseen lähestymistapaan, materiaalien ja logistiikan hallintaan. (Tan ym., 2002)

## 2.2.2 Toimitusketju

Toimitusketju (supply chain) on yritysten muodostama verkosto, joka koostuu toisiinsa liittyvistä ja toisilleen toimittavista alihankkijoista (Ritvanen ym., 2011 s. 22; Artto ym., 2006 s. 176). Rakennusprojekteissa verkosto on usein laaja, sillä rakennusalalla käytetään paljon aliurakoitsijoita (Lundesjö, 2015 s.1; Abrams ym., 2010.) Täten rakennusprojektin toimitusketju jakautuu pieniin paloihin, joissa tiettyyn työvaiheeseen erikoistunut urakoitsija suorittaa kyseisen työn. Toimitusketjun pirstaloituminen vaikeuttaa koko rakennusprojektin toimitusketjun hallintaa. (Lundesjö, 2015 s.1-3) Rakennusprojektin toimitusketjua havainnollistetaan kuvassa 6, mutta on olemassa myös paljon monimutkaisempia variaatioita toimitusketjuista.



Kuva 6. Rakennusprojektin esimerkkitoimitusketju

Teollisen logistiikkaratkaisun konseptissa toimitusketjun määritelmä vastaa edellä mainittua. Rakennusprojektin toimitusketjun pirstaloitumisen estämiseksi materiaalityöntekijien toimittamat materiaalit kulkevat teollisessa logistiikkaratkaisussa keskitetysti logistiikkakeskuksen kautta. Keskitetyn materiaalityöntekijien tarkoituksena on poistaa erot eri materiaalityöntekijien toimitusajoissa. Työmaalla tarvittavat materiaalit toimitetaan logistiikkakeskuksesta toimitusvalmiina paketteina asennuspisteelle.

### 2.2.2.1 Tuotteiden ja toimitusten jaottelu

Rakennusteollisuus RT:n toteuttaman KETJU-kehitysohjelman julkaisun (2009a s. 5) mukaan toimitukset voidaan jaotella tuotetyypin ja toimituskanavan perusteella seuraavasti:

#### (1) Tuotetyypit

- a. Pientarvikkeet ovat tuotteita, joiden menekkiä ja tarveajankohtaa ei yleensä suunnitella tarkasti etukäteen. Ne noudetaan joko rautakaupasta tai työmaan varastosta.
- b. Vakiotuotteet ovat tuotteita, joiden ominaisuuksia ei muuteta yksittäistä projektia varten, vaan ne tulevat sellaisinaan tehtaalta tai maahantuojalta.
- c. Projektikohtaiset tuotteet, jotka suunnitellaan ja valmistetaan tiettyyn tarkoitukseen.

## (2) Toimituskanavat

- a. Rautakauppa on vähittäiskauppa, josta sekä yritys- että yksityisasiakkaat voivat hankkia rakennustuotteita.
- b. Tehdas on tuotantolaitos, joka valmistaa rakennusmateriaaleja tai –tuotteita.
- c. Logistiikkakeskus eli terminaali on materiaalien käsittely-yksikkö, johon toimitetaan tuotteita välivarastoitavaksi ja toimitettavaksi edelleen työmaalle haluttuina erinä ja ajankohtina. Se voi käsitellä tuotteiden kokoonpanoa, erilaisia käsittelyjä, uudelleen pakkaamista sekä setitystä.

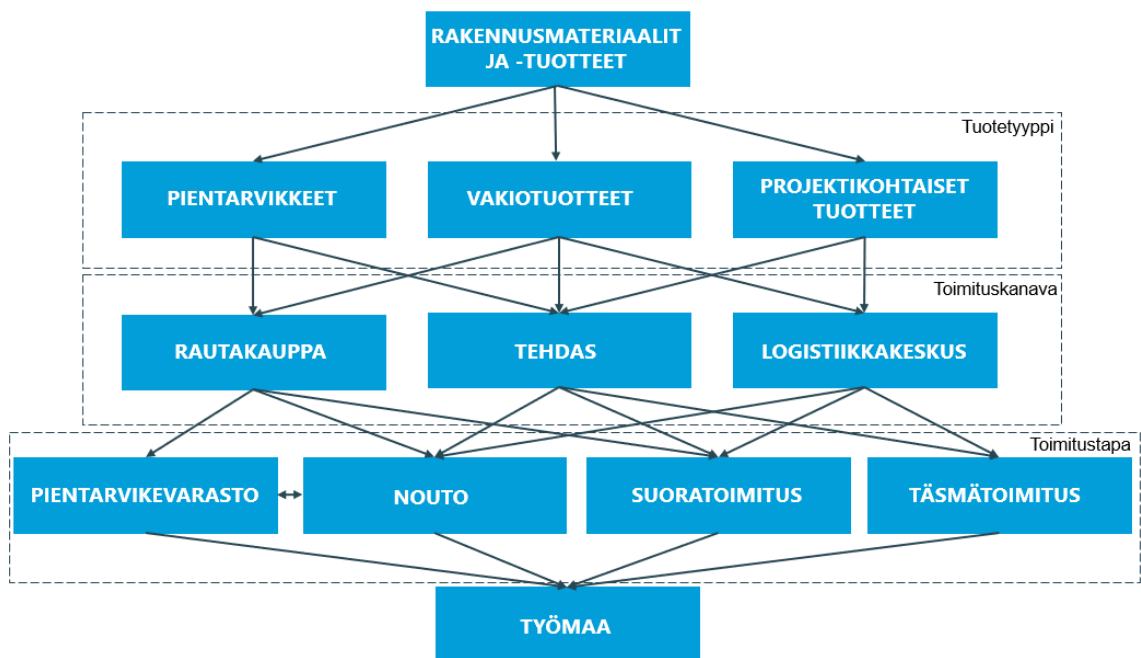
Materiaalien toimitus työmaalle voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Rakennusteollisuuden julkaisussa (2009a s. 5) toimitustavat on luokiteltu pientarvikevarastoihin, noutoihin, suoratoimituksiin ja täsmätoimituksiin, joita on avattu tarkemmin taulukossa 1. Aikaisemmin valmistajien ja tukkumyyjien mukaan suoratoimitus oli ylivoimaisesti yleisimmin käytetty toimitusmäärä tilausten lukumäärän mukaan laskettuna. (Bertelsen & Nielsen, 1997)

Taulukko 1. Toimitustapojen luokittelu ja avaaminen (mukaihen Rakennusteollisuus, 2009a s. 5)

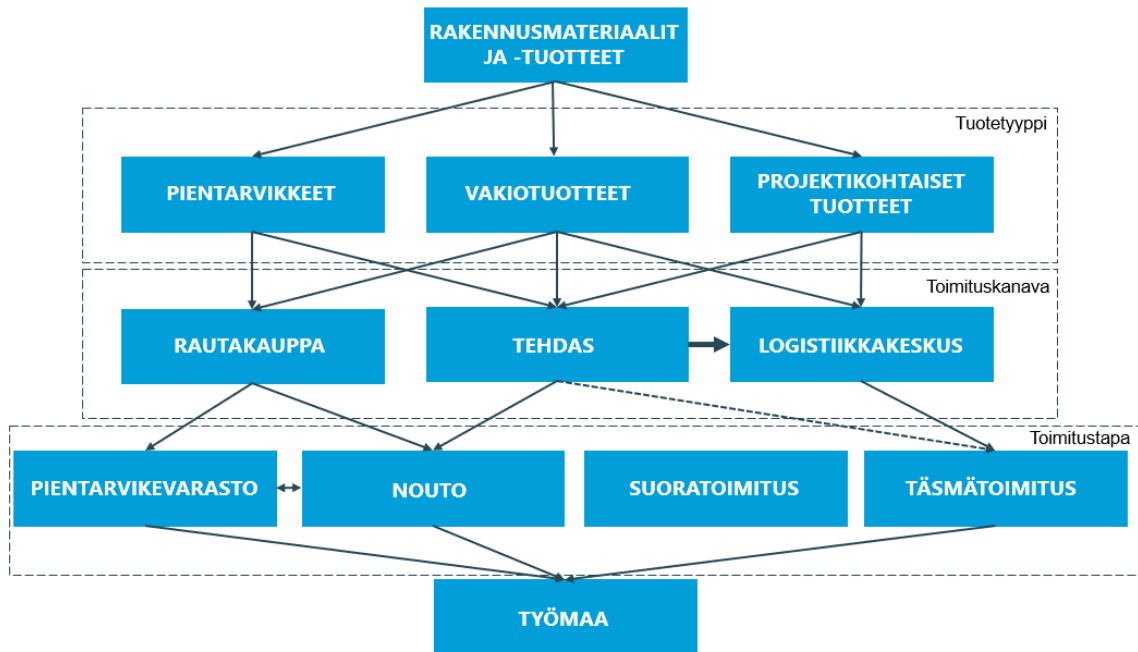
Toimitustapa	
Pientarvikevarasto	Työmaalla sijaitseva varasto, jonka ylläpidosta vastaa työmaa tai sopimus-kumppanina toimiva rautakauppa tai muu tavarantoimittaja.
Nouto	Työmaahenkilöstön tekemä haku rautakaupasta tai muulta toimittajalta.
Suoratoimitus	Rautakaupasta, tehtaalta tai terminaalista lähtenyt toimitus, jonka tarkkaa toimituskohdetta työmaan sisällä ei välttämättä ole sovittu.
Täsmätoimitus (JIT)	Toimitusajankohta on sovittu tarkasti. Tuotteet on usein pakattu ja merkitty toimituskohteen edellyttämällä tavalla ja ne lähtevät joko terminaalista tai tehtaalta. Täsmätoimitukselle ei ole yksiselitteistä määritelmää, vaan se vaihtelee yrityskohtaisesti.

Just-In-Time (JIT), juuri oikeaan aikaan, on logistinen kulutusmenetelmä. Tommelein ja Li (1997) ovat määritelleet, että JIT-toimitusjärjestelmässä materiaalitoimitukset tapahtuvat suoraan rakennustyömaalle ilman erillistä varastointia. JIT korostaa johdon toteuttamaa kokonaisvaltaista suunnittelua ja päivittäistä toimintaa, joka suoritetaan suoraan myymälästä. Varaston vähimmäistaso on lähellä nollaa ennen täyttöö ja kunkin kyseisen osan tilauskoko on lähellä yhtä. Japanilainen autovalmistaja Toyota kehitti JIT-toimitusjärjestelmän, joka on olennainen osa Toyotan omaa Toyota Production System -tuotantojärjestelmää (TPS). Toyotan tuotantojärjestelmän perustana toimii ajatus hukan täydellisestä poistamisesta. (Bertelsen & Nielsen, 1997) JIT-toimitusjärjestelmän käyttäminen voi vähentää varastoinnin tarvetta työmaalla (Jaillon & Poon, 2014) ja tärkeitä osatekijöitä lähestymistavassa on myös tiiviimpi yhteistyö toimittajien kanssa sekä toimiva virheiden laadunhallintajärjestelmä (Bertelsen & Nielsen, 1997). Teollisessa logistiikkaratkaisussa logistiikkakeskuksesta työmaan asennuspisteelle lähtevät toimitukset noudattavat JIT-toimitusjärjestelmää.

Kuvassa 7 on koottu yhteen toimitusten jaottelun yhteydessä esitellyt tuotetyypit, toimituskanavat sekä toimitustavat yhteyksineen. Tässä tutkimuksessa esiteltävän teollisen logistiikkaratkaisun pääkonseptissa rakennusmateriaaleista ja -tuotteista pientarvikkeet ovat ainoita tuotetyyppejä, jotka eivät kulje logistiikkakeskuksen kautta, vaan ne voidaan toimittaa työmaalle pientarvikevarastoa, noutoa tai suoratoimitusta käyttäen. Lisäksi voidaan valikoida erinäisiä vakio- tai projektikohtaisia tuotteita, jotka toimitetaan työmaalle täsmätoimituksina. Kaikki muu materiaali kulkee logistiikkakeskuksen kautta. Teollisen logistiikkaratkaisun konseptia mukaileva toimitusten jaottelu, joka pohjautuu edellä esitettyyn, on havainnollistettu kuvassa 8. Suurimpana erona toimitusten jaottelutavoissa voidaan havaita tehtaan ja logistiikkakeskuksen välillä oleva toimituskanava sekä suoratoimitusten poistaminen työmaalle. Teollisessa logistiikkaratkaisussa toimitukset tapahtuvat pääsääntöisesti keskitetysti logistiikkakeskuksen kautta.



Kuva 7. Toimitusten jaottelu (mukaillen Rakennusteollisuus, 2009a s. 5)



Kuva 8. Teollisen logistiikkaratkaisun konseptia mukaileva toimitusten jaottelu (mukailen Rakennusteollisuus, 2009a s.5)

Rakennusteollisuus nähdään usein erityispiirteidensä vuoksi omana muusta valmistusteollisuudesta poikkeavana alanaan (Arshinder ym., 2008, Bertelsen & Nielsen, 1997; Koskela, 1992.) Koskela (1992) listaa erityispiirteinä muun muassa yksilöllisen projektituotannon, työmaalla tapahtuvan tuotannon sekä eri väliaikaisesti usein useistakin eri toimituksista koostuvan organisaation. Bertelsen ja Nielsen (1997) kuvailevat rakennusalan tavarantoimittajien logistiikan olevan hyvin samanlainen kuin minkä tahansa valmistusteollisuuden kaupankäynnin. Rakennusalan toimittajien pidetään kuuluvana valmistusteollisuuden toimialoihin ja siten myös käyttäytyvän sellaisina. Jos urakoitsijat eivät huomioi tätä, niin urakoitsijoiden logistiikasta päättävät rakennusprojektissa käytetyt toimittajat, jotka pyrkivät minimoimaan kuljetuskustannukset rakennustyömaalle ottamatta huomioon materiaalien seuraavaan käsittelyyn kuluva kustannuksia. (Bertelsen & Nielsen, 1997)

### 2.2.3 Hankinta

Hankinta (procurement tai Supplier Relationship Management, SRM) on yksi toimitusketjun hallinnan prosesseista (Othman ym., 2010.) Ritvanen ym. (2011 s. 32-33) ovat luetelleet hankinnan tehtäviksi muun muassa uusien kilpailukykyisten hankintalähteiden etsimisen, mittaamisen ja raportoinnin, standardisoinnin lisäämisen ja varastokustannusten vähentämisen. Hankintojen toiminta voidaan organisoida hajautetusti, keskitetysti tai näiden yhdistelmänä eli hybridimuotona (Ritvanen ym., 2011 s. 37.) Hankintojen organisoimallien vertailu on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Hankintojen eri organisointimallien vertailu (mukaillen Ritvanen ym., 2011 s. 38)

Hajautettu	Keskitetty	Hybridi
Mahdollistaa nopeat toimitukset Pienet ostoerät Ostovoima pirstoutunut Osto-osaaminen hajautunut Vastuu hajautunut Päälekkäisiä töitä Edellyttää paikallistuntemusta	Yhtenäinen hankintapolitiikka Vastuu keskittynyt Suuret ostoerät <ul style="list-style-type: none"> <li>Hankintahintojen alentuminen</li> </ul> Laskujen määrän vähentyminen Reskontratyön ja laskutuksen vähentyminen Työkustannusten vähentyminen Hankintaosaaminen keskittynyt Edellyttää korkeaa ammattitaitoa	Osa toiminnoista hoidetaan keskitetysti, osa hajautetusti <ul style="list-style-type: none"> <li>esim. toimittajavalinta keskitetysti</li> </ul> Suurhankinnat keskitetysti, muut hajautetusti Ostovoima hyödynnetään täysimääräisesti Joustavuus hankinnoissa

Rakennusprojektin hankintoja varten tarvitaan tiedot rakennusosien ja materiaalien sisällöistä sekä niitä koskevista vaatimuksista. Suunnittelun muuttuessa tietomallipohjaiseksi, voidaan tuotetietoja ja -vaatimuksia sisällyttää tietomalleihin ja täten systematisoida tuotetietojen hallintaa. (Rakennusteollisuus, 2009b s.8) Rakennusalalla on tarpeen lisätä tietotekniikan hyödyntämistä koko toimitusketjun hallinnassa, mihin on olemassa monia mahdollisuuksia. Rakennusalan yritysten tulisi kerätä kattavasti tietojärjestelmiinsä hankintasopimukset ja -tilaukset sekä niiden eriteltyt rivitiedot. Näiden tietojen avulla voidaan ohjata materiaalivirtoja. (Rakennusteollisuus, 2009b s.39) Teollisen logistiikkaratkaisun digitaalisella sovellusalustalla kerätään tietoa logistiikkakeskukseen saapuvien materiaalien liikkumisesta. Siten voidaan ohjata materiaalivirtoja ja hallita logistiikkakeskuksen materiaalivarastoja.

Hankinnan laatimien sopimusten avulla luodaan teoreettiset perusteet materiaalitoimituksille. Sopimuksissa voidaan määritellä materiaalien laatu ja määrä, hinta sekä toimitusvarmuus. (Ritvanen ym., 2011 s. 32; Waters, 2009 s. 18-19) Sopimustyyppit voivat olla kertaluonteinen sopimus, vuosi-, puite- tai projektisopimus sekä partnership. Rakentamisessa projektikohtainen sopimus on selkeästi yleisimmin käytetty sopimustyyppi. Kertaluonteiset sopimukset ovat kestoltaan teollisuus- ja palvelualalla yhdestä kahteen vuotta, mutta rakennusalalla käytetään myös alle vuoden pituisia sopimuksia. (Ritvanen ym., 2011 s. 42-43) Teollisessa logistiikkaratkaisussa sopimuksissa edellytetään materiaalitoimittajien sitoutuminen teollisen logistiikkaratkaisun käyttöön ja sen toimintaperiaatteisiin. Eri toimijat velvoitetaan toimittamaan materiaalit logistiikkakeskukseen sovitusti.

## 2.3 Rakennusprojektin toimitusketjun hallinta

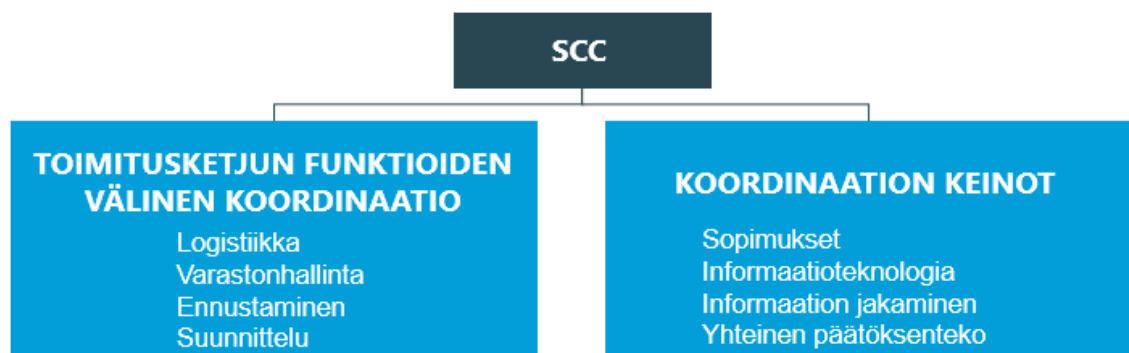
### 2.3.1 Toimitusketjun hallinta

Koko toimitusketjun hallinta (Supply Chain Management, SCM) ja ohjaaminen korostuvat logistiikan tarkastelun yhteydessä. Toimitusketjun hallinnalla tarkoitetaan yritysverkoston materiaalivirran ja siihen liittyvien tieto- ja rahavirtojen kokonaisvaltaista suunnittelua, ohjausta sekä johtamista (Ritvanen ym., 2011 s.23.) Mikäli materiaalien toimittamista ei ole suunniteltu osana koko rakennusprosessia, jokainen materiaalitoimitus muodostuu odottamattomaksi tapahtumaksi, joka lisätään yleiseen häiriöön. Tämän lisäksi

materiaalia usein säilytetään tarpeettomasti rakennustyömaalla, minkä tuloksena työt keskeytyvät, tapahtuu ylimääräistä käsittelyä, tavaroita rikkoutuu ja häviää, puhumattakaan tarpeettoman varastointikapasiteetin käyttämisestä. (Bertelsen & Nielsen, 1997) Ensimmäisenä syynä toimitusketjun hallintaongelmiin ajateltiin ennen olevan maailmanlaajuisen kilpailun paine, joka pakotti tuottamaan yhä nopeammin ja paremmin kuin alan muut kilpailijat. Myöhemmin paineen kuitenkin todettiin luultavasti muodostaneen taustan niille muutoksille, joilla kilpailuetua pyrittiin lisäämään, eikä ainoastaan johtanut toimitusketjujen hallintaan liittyviin muutoksiin. (Scott & Westbrook, 1991)

Toimitusketjun hallinta voidaan kuvailla ketjuna, joka yhdistää jokaisen valmistus- ja toimitusprosessin elementin raaka-aineista loppukäyttäjään. Tämä ketju kattaa useita organisatorisia rajoja sekä käsittelee kaikkia arvoketjun organisaatioita yhtenäisenä liiketoimintayksikkönä. (Scott & Westbrook, 1991; New & Payne, 1995) Toimitusketjun hallinta -käsite syntyi ja levisi alun perin valmistusteollisuudessa (Vrijhoef & Koskela, 2000). Rakennusalan toimitusketju on luonteeltaan väliaikainen ja monimutkainen, mikä johtaa tyypillisesti suhteellisesti suurempiin kustannuksiin ja alhaisempaan tuottavuuteen muihin toimialoihin verrattuna. Toimitusketjun hallinta on keino käsitellä paremmin haastavaa logistiikkaa myös rakennusteollisuudessa (Ekeskär & Rudberg, 2016.) Edellisessä kappaleessa mainittu JIT-toimitusjärjestelmä on ensimmäisiä näkyviä merkkejä toimitusketjun hallinnasta (Vrijhoef & Koskela, 2000.)

Toimitusketjun hallinnan koordinoimisen (Supply Chain Coordination, SCC) puutteellisuus voi johtaa toimitusketjun huonoon suorituskykyyn. Koordinointia pidetään edellytyksenä toimitusketjuyksiköiden toiminnan integroimiseksi yhteisten tavoitteiden mukaiseksi. (Arshinder ym., 2008) Toimitusketjun funktioiden välisen koordinaation ja koordinaation keinojen näkökulmaa on avattu tarkemmin kuvassa 9. Othman ym. (2010) korostavat tutkimuksessaan erityisesti rakennusprojektin pääurakoitsijan ja aliurakoitsijoiden välisten suhteiden koordinoimisen ratkaisuutta hankintaprosessissa, ja sitä kautta sen vaikuttavuutta koko toimitusketjun hallinnassa. Teollisessa logistiikkaratkaisussa pää- ja aliurakoitsijoiden välisten suhteiden koordinoimista pyritään parantamaan luomalla yhtenäiset toimintatavat. SCC kerryttää useita hyötyjä; poistaa ylimääräisiä varastoja, lyhentää läpimenoaikoja, lisää myyntiä, parantaa asiakaspalvelua, tehostaa kehitystyötä ja lisää joustavuutta. (Arshinder ym., 2008.)

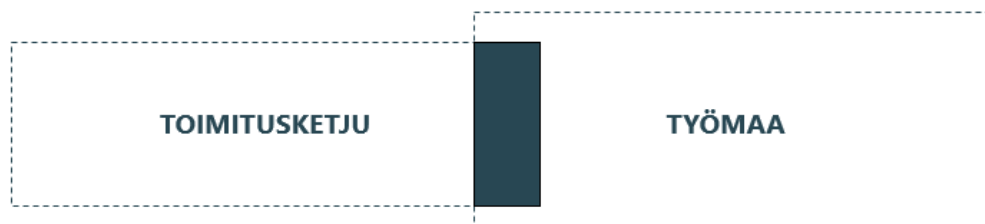


Kuva 9. SCC:n hierarkkinen luokittelu toimitusketjun funktioiden välisen koordinaation ja koordinaation keinojen näkökulmasta (mukaillen Arshinder ym., 2008.)



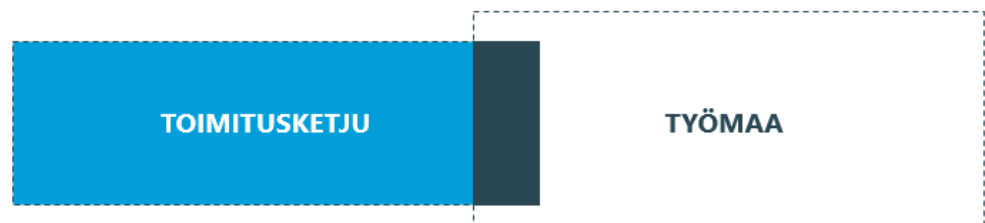
Vrijhoef ja Koskela (2000) ovat määritelleet toimitusketjun hallinnalle neljä eri roolia rakennusteollisuudessa riippuen keskitytäänkö toimitusketjuun, työmaahan vai molempiin. Teollisessa logistiikkaratkaisussa yhdistyy näiden kaikkien neljän roolin näkökulma. Toimitusketjun hallinnalla korostetaan toimintojen kokonaisvaltaista merkitystä, nähden toimitusketjun hallinta ekosysteeminä.

- (1) Ensimmäinen rooli keskittyy rakennusprojektin toimitusketjun vaikutuksiin työmaan toimintoihin (kuva 10). Kustannusten pienentäminen ja työvaiheiden nopeuttaminen toimivat tavoitteina ja konkreettisia toimia ovat työvaiheiden sekä materiaalivirtojen luotettavuuden varmistaminen. Tällä roolilla kuvataan usein rakennusliikkeen näkökulmaa toimitusketjun hallintaan.



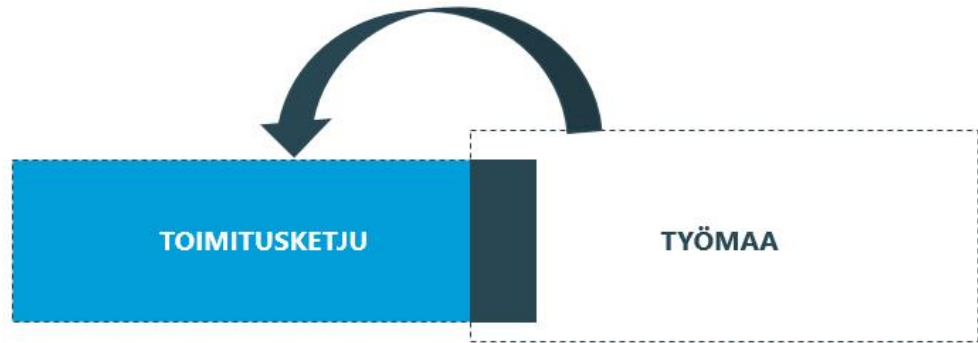
Kuva 10. Toimitusketjun ensimmäinen rooli rakennusteollisuudessa: toimitusketjun ja työmaan rajapintojen selventäminen (mukaiillen Vrijhoef ja Koskela, 2000)

- (2) Toinen rooli keskittyy itse rakennusprojektin toimitusketjuun (kuva 11). Tällöin tavoitteena on jälleen kustannusten vähentäminen, keskittyminen logistiikkaan, toimitusaikoihin ja varastoihin liittyviin kustannuksiin. Tällä roolilla saadaan kuvattua rakennusprojekteissa mukana olleiden materiaalitoimittajien näkökulmaa koko toimitusketjun hallintaan.



Kuva 11. Toimitusketjun toinen rooli rakennusteollisuudessa: toimitusketjun tehostaminen (mukaiillen Vrijhoef ja Koskela, 2000)

- (3) Kolmannen roolin pääpaino on työmaalla tapahtuvien toimintojen siirtämisessä toimitusketjun aiempiin vaiheisiin (kuva 12). Tällöin tavoitteena toimii edelleen kustannusten minimoiminen ja tehokkuuden lisääminen. Näitä tavoitteita voidaan saavuttaa työmaan huonoista olosuhteista aiheutuvien haittojen välttämällä sekä samanaikaisesti toteutettavien toimintojen tuomasta aikahyödystä. Tällainen ajattelutapa voi olla sekä toimittajien että rakennusliikkeen intresseissä.



Kuva 12. Toimitusketjun kolmas rooli rakennusteollisuudessa: lisäarvoa tuottavien toimintojen siirtäminen työmaalta toimitusketjuun (mukaillen Vrijhoef ja Koskela, 2000)

- (4) Neljäs rooli korostaa koko toimitusketjun ja työmaan integraatiota sekä toimitusketjun kehittämistä (kuva 13). Tällöin rakennustyömaa nähdään osana koko toimitusketjua ja pyritään koko rakennusprojektin osapuolista muodostuvan kokonaisuuden optimointiin. Tämä näkemys voi olla niin rakennusliikkeen, toimittajien kuin rakennuttajankin intresseissä.



Kuva 13. Toimitusketjun neljäs rooli rakennusteollisuudessa: toimitusketjun ja työmaan integraatio (mukaillen Vrijhoef ja Koskela, 2000)

Kaiken kaikkiaan SCM edustaa kokonaisvaltaista ajattelutapaa (Vidalakis & Tookey, 2005; Wisner & Tan, 2000; Vrijhoef & Koskela, 2000). Toimitusketjun hallinta luo virtuaalisen organisaation itsenäisistä kokonaisuuksista. Tämä mahdollistaa materiaalien, komponenttien, tuotteiden ja palveluiden tehokkaan liikkumisen ja muuttumisen hallitsemisen. Useat keskeiset toiminnot, kuten jakelu, kysynnän hallinta, jakelusuunnittelu, laadunhallinta, valmistuksen suunnittelu ja materiaalien hallinta, saadaan SCM:n avulla yhdistettyä (Wisner & Tan, 2000) Teollinen logistiikkaratkaisu pyrkii vakauttamaan toimitusketjun hallintaa edellä mainittujen keskeisten toimintojen osalta ja erityisesti tuotantovaiheen suunnittelun avulla.

Rakennusteollisuudelle on ominaista resurssien, kuten materiaalien, laitteiden ja palvelujen, kysynnän ja tarjonnan suuret vaihtelut, mikä asettaa joukon haasteita logistiikan toteuttamiseen. Epävarmuus heikentää rakennusprojektien toimitusketjujen tehokkuutta ja reagoitavuutta. Lisäksi epävarmuus aiheuttaa kysynnän ja tarjonnan epäsuhtaa, mikä johtaa pidentyneisiin toimitusaikoihin, resurssien vajaakäyttöön, toimitusketjun kustannusten kasvuun ja asiakastytymättömyyteen. (Hamzeh ym., 2007.) Rakennusalan toimitusketju

onkin luonteeltaan väliaikainen ja monimutkainen eri rakennusprojekteissa. Tämä haastava tilanne johtaa tyypillisesti suhteellisesti suurempiin kustannuksiin ja alhaisempaan tuottavuuteen muihin toimialoihin verrattuna. (Ekeskär & Rudberg, 2016)

### 2.3.2 Lean

Lean filosofia on lähestymistapa, joka tukee vahvasti toimitusketjun hallintaa. Toimitusketjun hallinnan tueksi on kehitelty erilaisia menetelmiä, jotka tukevat niin aikataulussa pysymistä kuin toiminnan seuraamista ja ohjaamista. Leanin tärkeimpiä periaatteita on tähdätä jatkuvaan työnkulkuun ja vähentää kaikenlaista vaihtelua. Leanin periaatteiden soveltamisen rakennusteollisuuteen tiedetään lisäävän arvoa ja vähentävän hukkaa. (Yas-sine, ym., 2014). Tuotannon hukka käsitteenä tarkoittaa sellaista toimintaa, joka käyttää resursseja, muttei tuota yhtään lisäarvoa. Merkittävimpana hukkana on katsottu olevan ylituotanto, koska suurin osa muista hukkan muodoista aiheutuu usein siitä. (Liker, 2011 s. 29)

Liker (2011) on listannut hukkan eri muodot seuraavasti:

- (1) Ylituotanto eli materiaalia tuotetaan enemmän kuin on tarve tai sitä tuotetaan turhan aikaisin. Tämän takia syntyy keskeneräisten tuotteiden varasto.
- (2) Odottaminen eli työvaihe joutuu odottamaan esimerkiksi edeltävän työvaiheen valmistumista.
- (3) Tarpeeton kuljettelu, mikä koostuu turhista materiaalien tai työkoneiden siirroista.
- (4) Yliprosessointi, jossa tuotetaan parempaa laatua, kuin asiakas tai seuraava prosessi vaatii.
- (5) Tarpeeton liike, mikä aiheutuu työntekijöiden turhasta liikkumisesta. Turha liikkuminen puolestaan keskeyttää arvoa tuottavan työn.
- (6) Tarpeettomat varastot: Liian suuret varastot aiheuttavat materiaalihukkaa. Tällöin pääoma sitoutuu väärään paikkaan.
- (7) Viat ja virheet eli tuote ei täytä sille asetettuja laatuvaatimuksia.

Tärkeimmät eroavaisuudet Lean-rakentamisen sekä perinteisten projektinjohtourakoiden kesken ovat valvonnassa ja työsuoritusten optimoinnissa, aikataulutuksen lähestymistavassa, tuotantojärjestelmässä ja prosesseissa, suorituskyvyn mittaamisessa sekä asiakas-tyytyväisyydessä (LCI Finland 2017, viitattu 1.11.2019). Lean ajattelun peruseriaatteita

on visuaalisuus. Informaation saamiseksi ei pidä nähdä vaivaa, vaan sen on oltava nähtävissä yhdellä silmäyksellä. (Torkkola, 2015 s. 49) Lean-filosofiaa mukailevia tuotannon ohjausmenetelmiä on rakennusosalalla käytössä, niistä tunnetuimpia ovat tahtituotanto sekä Last Planner.

### 2.3.2.1 Tahtituotanto

Leania mukaileva tahtituotanto pyrkii takaamaan virtaavan tuotannon ja lisäämään tuotantoprosessien vakautta (Tetik ym., 2019.) Tahti, virtaus ja puskuri ovat sekä keskeisiä että tärkeitä käsitteitä rakennustuotannon prosessissa. Tahtituotannon aikataulu voidaan määritellä työkaluna, jolla muodostetaan perusta sille, kuinka paljon työtä täytyy tuotantosysteemin läpi virrata tietyssä ajassa. (Fiallo & Howell, 2012) Se on kuvaus siitä kokonaisuudesta, miten eri työvaiheet ihanteellisesti virtaisivat (Kenley ym., 2009). Lean menetelmien mukaan puskuriksi kutsutaan kahden eri työtehtävän väliin jäävää aikaa, tarkemmin ilmaistuna puskurin aika on edellisen työvaiheen valmistumisen ja seuraavan työvaiheen alkamisen väliin jäävä aikavaraus. (Moura, Monteiro & Heineck, 2014)

Tahtiaikatuotannon toteutus etenee pelkistetyksi seuraavissa vaiheissa (Mukaillen LCI Finland, viitattu 1.11.2019):

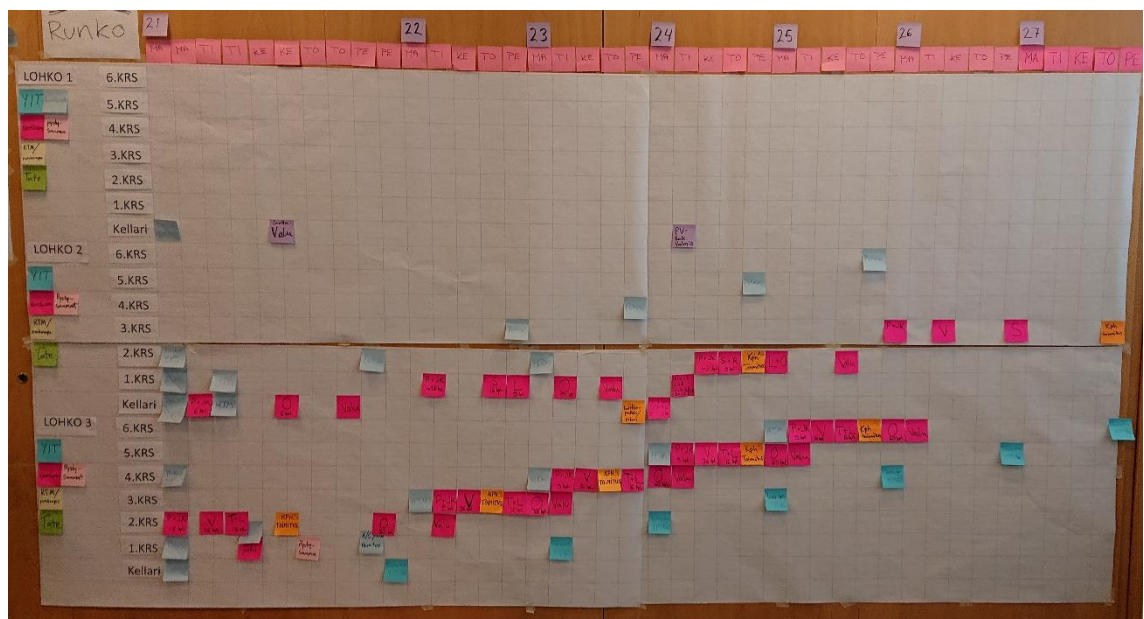
- (1) Kootaan tieto tuotantoprosessista sisältäen eri vaiheet, työvaiheiden järjestyksen sekä keston.
- (2) Työmaa ositetaan pieniin lohkoihin tai toistuviin alueisiin, jotka toimivat tahtiaikasuunnittelun yksikköinä.
- (3) Määritetään tuotannon tahtiaika (etenemisnopeus) hitaimman työvaiheen mukaan. Tässä kohtaa on hyvä miettiä, onko hitainta vaihetta mahdollista nopeuttaa tai töitä jakaa pienemmiksi työvaiheiksi.
- (4) Tasataan työvaiheet eli ”tuotantोजना” etenemisnopeuden mukaan.
- (5) Myös materiaalitoimitukset ja suunnitelmien ym. tietojen saanti sidotaan etenemistahtiin ja pyritään mahdollisimman täsmällisiin toimituksiin (tasautettu, ennakoitava tuotanto antaa siihen mahdollisuuden).
- (6) Hiotaan prosessia jatkuvasti paremmaksi: tehdään kerralla valmista, selvitetään ongelmien syyt ja ratkaistaan ne, tutkitaan voiko tuotantोजना etenemistä nopeuttaa kokonaisuutena, ei vain yksittäisiä työvaiheita.

Viime aikoina rakennusteollisuus on ottanut valmistusteollisuudesta peräisin olevan tahtituotannon laajalti käyttöön. Tahtituotanto on myös käytössä teollisessa logistiikkaratkaisussa. Tahtituotanto vakauttaa tuotannon rytmiä ja parantaa työmaalla tapahtuvien toimintojen virtausta. (Tetik ym., 2019) Erityisesti tahtituotantoa käyttävissä rakennusprojekteissa haasteita voi esiintyä kommunikoinnin, projektin eri osapuolien sitouttamisen ja materiaalitoimitusten yhteydessä (Frandsen ym., 2013).

Tommeleinin (2017) mukaan onnistunut tahtituotanto ja jatkuva virtaus vaatii huolellista suunnittelua ja päivittäistä tuotannonohjausta. Tahtituotannon toteutusjärjestys tulee kommunikoida hyvin yhdessä jokaisen rakennusprojektin osapuolen kanssa, jotta toimistusten oikea-aikaisuus voidaan varmistaa. Lisäksi jokaisen rakennusprojektin toimijan tulee sitoutua suunniteltuun tahtituotantoon, mikä ei kuitenkaan käytännössä ole välttämättä täysin mahdollista. (Tetik ym., 2019) Näihin tunnistettuihin haasteisiin tahtituotannon osalta on kiinnitettävä huomiota teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönoton yhteydessä.

### 2.3.2.2 Last Planner

Last Planner System -tuotannonohjausmenetelmä (LPS) on rakennusalalla käytössä oleva tuotannosuunnittelun Lean-pohjainen menetelmä. Sen kehittivät yhdysvaltalaiset Glenn Ballard ja Greg Howell. Kyseisen menetelmän perimmäisenä ajatuksena oli tehostaa niin rakennustyömaan tuotannonohjauksen ennustettavuutta kuin luotettavuutta. Tähän päämäärään tähdättiin fokusoitumalla lyhyen aikavälin suunnitteluun ja ohjaukseen. (Koskela & Koskenvesa, 2003 s. 14) Kuvassa 14 on havainnollistettu, miltä Last Planner voi visuaalisesti näyttää. Teollisessa logistiikkaratkaisussa Last Plannerin käyttäminen ei ole edellytys, mutta sen käyttö mukailee teollisen logistiikkaratkaisun periaatteita ja siten tukee onnistunutta teollisen logistiikkaratkaisun integraatiota rakennusprojektiin.



Kuva 14. YIT:n Hamburger Börs -rakennusprojektin runkovaiheen Last Planner

Rakennusteollisuuden julkaisun (2009b) mukaan Last Plannerin keskeinen tavoite on varmistaa työmaalla tapahtuvien asennustöiden häiriötön eteneminen viikkotasolla. Sen avulla varmistetaan piirustusten, materiaalien, työntekijöiden ja kaluston saatavuus sekä vapaan mestan, edeltävien työvaiheiden ja olosuhteiden riittävän hyvä valmius. Kun nämä merkittävimmät häiriöitä aiheuttavat tekijät asennustyössä tarkistetaan etukäteen,

voidaan olettaa, että materiaalivirta on työmaalla häiriötöntä ja tehokasta. (Rakennusteollisuus, 2009b s. 27)

Last Planner -menetelmällä pyritään poistamaan niin aloitus-, tehtävien aikaiset kuin lopetuksen ongelmat varmistamalla tehtävien aloitusedellytykset. Tehtävä- ja viikkosuunnittelun perustana on se, että ainoastaan sellaiset työt, joiden aloitusedellytykset ovat kunnossa, hyväksytään toteutettaviksi tehtäviksi. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017 s. 105-106; Koskenvesa & Sahlstedt, 2011 s.105; Koskela & Koskenvesa, 2003 s. 3)

Last Plannerin käyttö voi lisätä projektien ajoituksen ja toimitusten luotettavuutta suoritettujen rajoitusanalyysin avulla. Rajoitukset, jotka vaikuttavat toiminnan aloittamiseen, etenemiseen ja loppuun saattamiseen, analysoidaan menetelmässä useita viikkoja ennen suunniteltua aloituspäivää. Tällöin suojataan rakennustoimintaa ja tuotantovaihetta variaatioilta. (Ballard, 1995) Menetelmän avulla myös logistiikka saadaan tuottavammaksi, kun materiaaleja ei kuljeteta työkohteisiin ennen kuin työvaiheiden aloitusedellytykset ovat kunnossa (Koskela & Koskenvesa, 2003 s. 22) Teollisessa logistiikkaratkaisussa pätee sama periaate; vain sellaiset materiaalit toimitetaan logistiikkakeskuksesta työmaalle, joihin liittyvillä työvaiheilla on aloitusedellytykset. Materiaalia varastoidaan ainoastaan logistiikkakeskuksessa, jonka lisäksi välivarastot ovat mahdollisia materiaalin varastointipaikkoja.

## **2.4 Materiaalilogistiikan organisointi ja tehostaminen**

Rakennusprojektien logistiikkaa koskevat tutkimukset osoittavat, että materiaalilogistiikan organisoinnista voidaan tunnistaa kaksi karkeaa pääpiirrettä. Rakennusprojektin logistiikka voidaan suunnitella niin ulkoistamalla se ulkopuoliselle toimijalle kuin pitämällä se oman talon sisällä, jolloin ohjokset pysyvät omissa käsissä. Perinteisesti rakennustyömaiden materiaalinhallinta tehdään asennustyöntekijöiden toteuttamana osana heidän työpäiväänsä. Logistisia ongelmia hoidetaan sitä mukaa, kun niitä ilmenee (Ekeskär & Rudberg, 2016; Lindén & Josephson, 2013).

Tässä tutkimuksessa esitelty teollinen logistiikkaratkaisu on näiden kahden pääpiirteen integraatio, ainakin muutosprosessin alkuvaiheessa. Logistiikka hoidetaan kolmannen osapuolen avustamana, mutta ohjokset halutaan pitää yrityksen omissa käsissä. Tulevaisuudessa on mahdollista toteuttaa logistiikka ilman kolmannen osapuolen palveluntarjoajaa, kun riittävä osaamisen taso on saavutettu ja toimintamallit on hiottu valmiiksi.

Aiempien tutkimusten haastattelujen perusteella perinteistä materiaalinhallinnan ajattelutapaa ylläpitävät ymmärtävät kyllä sen, että asentajien käynnissä olevat toimet häiriintyvät logistiikkaa tukevista toimista. Samalla he kuitenkin väittävät, että ammattiasentajat voivat tehdä materiaalinkäsittelytoimintaa aina, kun heillä on aikaa arvoa tuottavien toimintojensa välillä. He katsovat materiaalin käsittelyprosessin olevan puskuri, eikä prioriteetiltään ensiarvoisen tärkeä. (Lindén & Josephson, 2013)

Toiselle pääpiirteelle puolestaan tunnusomaista on pitää logistiikkaa tukiprosessina, jonka asiantuntijat suunnittelevat ja suorittavat. Heidän mielestään ammattiasentajien tulee keskittyä tehtäviin, joihin heidät on koulutettu. Materiaalin on oltava oikeassa paikassa ammattiasentajien saapuessa ja he ovat valmiita palkkaamaan toisen toimittajan hoitamaan tämän ja maksavat tästä palvelusta. Silti he pitävät logistiikkasuunnittelua työkaluna ja uskovat, että ne vähentävät viivästyneen ja vahingoittuneiden materiaalien riskiä. Pääargumenttinaan tämän toisen näkökulman suosimiselle on, että materiaalinhallinnan ulkoistaminen vähentää lopullisia kustannuksia. (Lindén & Josephson, 2013)

### 2.4.1 Logistiikan ulkoistaminen

Kuten mainittua, logistiikka voidaan ulkoistaa, jolloin käännyttään kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajien puoleen. Kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajien (third-party logistics, TPL) käyttäminen on osa toimitusketjun hallinnan kehitys-idea ja näin on toimittu erityisesti suurissa rakennusprojekteissa. (Ekeskär & Rudberg, 2016) Lindénin & Josephsonin (2013) mukaan kysymys siitä, kannattaako logistiikka suorittaa sisäisesti urakoitsijan oman organisaation toimesta vai ulkoistaa logistiikkayritykselle, on kompleksinen ja riippuu useista eri tekijöistä. Kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajien käyttö on uusi ja vähemmän tutkittu ilmiö rakennusteollisuudessa. (Ekeskär & Rudberg, 2016)

Toimintoja ulkoistettaessa yrityksen oma osaaminen kyseisessä toiminnossa yleensä heikkenee. Ulkoistettu toiminto onkin aina riski, minkä vuoksi on tärkeää arvioida palveluntarjoajasta ainakin yhteistyökykyä ja tiedonvälitystä, vuorovaikutusta, osaamista, kokemusta, luotettavuutta, laatua, nopeutta, joustavuutta, kapasiteettia, hintaa sekä mainetta. (Ritvanen ym., 2011 s. 143) Tämän tutkimuksen teollisen logistiikkaratkaisun kohdalla mukana on kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoaja. Osaamisen heikkene- misen riski on huomioitu; tietoa jaetaan ehdottoman avoimesti yrityksen ja kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajan välillä. Lisäksi teollisen logistiikkaratkaisun integraatiota rakennusprojektiin tutkitaan sekä sen käyttöönoton etenemistä ja kokemuksia seurataan ja raportoidaan aktiivisesti.

Lindénin ja Josephsonin (2013) tutkimuksen mukaan logistiikkapalveluntarjoajien näkökulmasta heidän palveluistaan on etua monissa projekteissa, muttei suinkaan kaikissa projekteissa. Ulkoisen logistiikkapalveluntarjoajan hyödyt riippuvat logistiikkapalveluntarjoajien mukaan muun muassa projektin koosta sekä yleisestä markkinatilanteesta. Heidän kokemuksensa on, että suurimmat edut saavutetaan projekteissa, joissa epävarmuustekijät ovat matalia. Tällaisia projekteja ovat esimerkiksi hotelliprojektit, joissa toistuvuusaste on usein huomattavasti suurempi. Kaikkein suurimmat hyödyt saadaan, jos työnjohtajat ja muu työmaahenkilöstö hyödyntävät tilaisuuden paremmasta hallinnasta. (Lindén ja Josephson, 2013)

Ekeskärin ja Rudbergin (2016) tutkimuksessa puolestaan perehdyttiin TPL:n mahdollisuuteen toimia SCM:n edistäjänä ja heidän tutkimuksensa tulokset osoittavat, että TPL-ratkaisu helpottaa tuottavan työn lisäämistä rakennustyömaalla, alentaa kustannuksia

sekä lisää kiinteistöjen varojen käyttöä. Tutkimuksessa havaittiin myös, että täyttää potentiaalia TPL:n hyödyntämisessä estää puutteellinen tietämys projektin mukana olevien toimijoiden keskuudessa. (Ekeskär & Rudberg, 2016) Sitouttaminen ja jokaisen osapuolen sitoutuminen toimintamalliin onkin oleellinen osa onnistumista.

Ekeskär ja Rudberg (2016) painottavat TPL-palvelun tutkimisen tärkeyttä rakennushakkeissa sekä ulkopuolisen logistiikkapalvelun käytön tuloksena syntyneiden vaikutusten analysointia. Heidän tutkimuksensa perustui kirjallisuuskatsaukseen sekä tutkimusprojektiin ja kirjallisuudesta he tunnistivat kootusti TPL:n käyttöön ajavia voimia ja huolenaiheita (Taulukko 3). Tutkimusprojektina toimi suuri sairaalaprosjekti, jossa asiakas ja pääurakoitsija aloittivat TPL-palvelun käytön hankinnan ja materiaalinkäsittelyn koordinoimiseksi työmaalla.

Taulukko 3. TPL-palvelun käytön tuomat mahdollisuudet sekä huomioitavat riskit (Muokailleen Linden & Josephson, 2013)

Kysymykset	Ajavat tekijät	Huolenaiheet
Strategiset	Mahdollisuus hyödyntää ulkoisen logistiikan kompetenssia Mahdollisuus keskittyä ydinosaamiseen Mahdollisuus toteuttaa muutos ja uudelleenjärjestellä toimitusketju Nopeampi oppiminen Parempi asiakastytyväisyys Parempi joustavuus tuotteissa sekä vaatimuksiin ja kysyntään vastaamisessa	Asiakassuhteiden heikkeneminen ja puutteellinen reagointi asiakkaiden tarpeisiin ja vaatimuksiin Hallinnan menettäminen Sisäisen suorituskyvyn heikkeneminen Työntekijöiden muutosvastarinta
Taloudelliset	Alhaisemmat kustannukset <ul style="list-style-type: none"> <li>Työvoima ja laitteiden ylläpito</li> </ul> Sidottujen pääomien väheneminen	Pelko epärealistisesta maksurakenteesta Vähentynyt tietoisuus omista sisäisistä logistisista kustannuksista
Toiminnalliset	Alennetut varastotasot Lyhyemmät tilausjaksot Parempi läpimenoaika Parempi toimituspalvelu Tehokkaampi toiminta	Huonon palvelun suorituskyvyn ja saapuvien virtojen häiriöiden riski Pelko riittämättömästä TPL-toimittajan asiantuntemuksesta ja työntekijöiden laadusta TPL-tarjoajien IT-järjestelmän suorituskyky TPL-palveluntarjoajan kyvyttömyys käsitellä erityistarpeita ja tuotteita TPL-palveluntarjoajan kyvyttömyys käsitellä hätätilanteita/kaaosta

Eri projektien välistä tehokkuutta on hankala suoraan vertailla, johtuen jokaisen projektin ainutlaatuisuudesta. Vertailevia tutkimuksia on kuitenkin toteutettu ja Lindénin ja Josephsonin (2013) tutkimuksessa vertaillaan rakennusprojekteja, joissa osassa materiaalinhallinta on talon sisäinen ja toisissa ulkoinen. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että TPL:n käyttäminen tuo kustannussäästöjä. Suurimpia kustannuseroja saadaan johtuen materiaalinkäsittelyn suunnittelun eroavaisuuksista. (Lindén & Josephson, 2013) Teollisen logistiikkaratkaisulla voidaan myöhemmin tavoitella kustannussäästöjä, mutta on tunnistettu, että ensimmäisistä pilottiprojekteista ei vielä välttämättä saavuteta kustannushyötyjä.

Lindénin ja Josephsonin (2013) tutkimustulosten perusteella ei voitu määrittää käsittelevätkö ammattiryhmät vai yritykset logistiikkatehtävien vastuuta paremmin. Tästä huolimatta havaittiin kuitenkin, että useasti ammattiryhmien kokemus materiaalinkäsittelystä



ja siihen liittyvistä ongelmista myötävaikuttii myönteisesti rakennusprosessiin. (Lindén & Josephson, 2013) Niin hyvien kuin huonojen kokemusten jakaminen on kehittymisen kannalta hyödyllistä.

## 2.4.2 Logistiikan tehostaminen

Logistiikan tehokkuus ja toimivuus on organisaatioiden toiminnan elinehto (Ritvanen ym., 2011 s. 19.) Rakennusprojektien ongelmien lievittämiseksi ja ehkäisemiseksi on tarjolla useita erilaisia ratkaisuja ja visioita. Koskelan (1992) mukaan teollistumisen (eli esivalmistuksen ja modularisaation) on jo pitkään katsottu olevan yksi edistyssuunta. Rakennusteollisuuden teollistamisen tavoitteena on muuttaa rakentamisen ajatusmallia ”ainutkertaisista” projekteista ja tuotannosta kohti valmistavaa teollisuutta, joka noudattaa standardisoituja prosesseja ja hyödyntää standardisoituja tuotteita sekä komponentteja. (Aapaoja & Haapasalo, 2015) Teollisen logistiikkaratkaisun integrointi rakennusprojektiin yhtenäistää rakennusprojektien toimintatapoja, kun kaikkia projekteja ohjaa samat toimintaperiaatteet. Vaikka rakennusprojektit ovat erilaisia, niin luomalla niihin samanlaiset toimintaperiaatteet, voidaan rakentamisen prosesseja alkaa standardisoida. Standardisoinnin jälkeen eri rakennusprojekteja on mahdollista vertailla keskenään huolimatta siitä, että jokaisen projektin lähtökohdat poikkeavat toisistaan.

Esimerkiksi tietokoneeseen integroitu rakentaminen on nähty jo kauan sitten tärkeänä tapana vähentää rakentamisen pirstoutumista (Koskela, 1992), jota pidetään rakennusalaalla suurena ongelmien aiheuttajana (Kasim ym., 2012; Koskela, 1992). Tutkijat tarjoavat myös vision robotisoidusta ja automatisoidusta rakentamisesta. Robotisoitu ja automatisoitu rakentaminen liittyy vahvasti edellä mainittuun tietokoneeseen integroituun rakentamiseen. (Koskela, 1992)

Uudenlaisen filosofian onnistuneesta toteutuksesta on olemassa lukuisia esimerkkejä, mutta mukaan mahtuu myös esimerkkejä epäonnistumisista ja huonoista aloituksista. Kaikki yritykset eivät myöskään käynnistä täysimittaisia ponnisteluja uudenlaisten ajatusten hyväksymiseksi. (Koskela, 1992) Shefferin (2011) mukaan uudet innovaatiot ja toimintatavat leviävät koko rakennusalan käyttöön varsin hitaasti. Rakennusalan ammattilaisia haastateltaessa osasyiksi innovaatioiden hitaalle leviämiselle mainitaan niin korkeat kustannukset kuin yleinen konservatiivisuus (Sheffer, 2011.) Teollisen logistiikkaratkaisun integraatiossa on huomioitava

Historiallisesti ensisijainen syy massatuotannon ja tehdasoloissa tapahtuvan valvotun kokoonpanon epäonnistumiseen rakennusalaalla liittyy logistiikkaan, sillä useimmat rakennukset, erityisesti monikerroksiset rakennukset, ovat liian suuria, jotta ne olisivat kustannustehokkaasti siirrettävissä. Tämä kuljetuksellinen ongelma on hidastanut modulaarisen valmistusteollisuuden kasvua ja estänyt sitä toimimasta kansallisella tasolla, puhumattaakaan kansainvälisestä mittakaavasta. Ainoastaan tilapäiset tilaratkaisut ovat modulaarisen teollisuuden ydinliiketoimintaa. (Abrams ym., 2010)

Prosessien parantamisessa on tärkeää huomioida eri osapuolilta saadut palautteet, toimintojen ja organisaatioiden väliset rajapintaongelmat sekä sisäiset ristiriidat. Tietyt lisäarvoa tuottamattomat vaiheet voivat riippua muista prosessivaiheista. Tästä syystä niitä ei kannata poistaa ennen kuin asia on huolellisesti tutkittu. (Ritvanen ym., 2011 s. 51) Tästä syystä teollisen logistiikkaratkaisun integraatiota on tutkittava perusteellisesti ja huomioitava rakennusprojektin eri toimijat.

Ritvanen ym. (2011 s.51) listaa logististen prosessien kehittämiseksi seuraavat kahdeksan toimenpidettä:

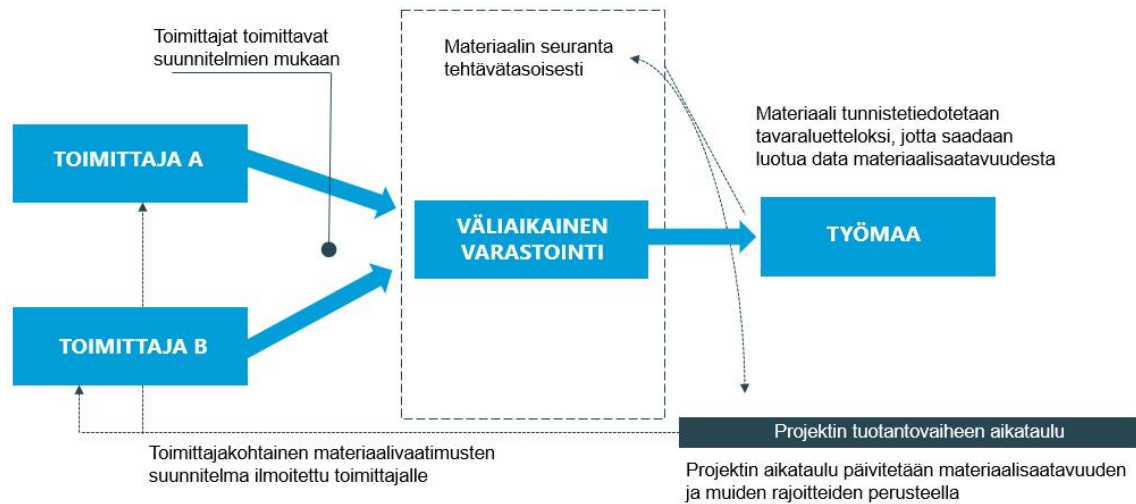
- (1) Poistetaan lisäarvoa tuottamattomia eli turhia vaiheita (varastot, tavaran siirtely)
- (2) Tehostetaan tuotantoa ja jakelua
- (3) Lyhennetään läpimenoaikoja ja odotusaikoja
- (4) Suunnitellaan uudelleen työvaiheita
- (5) Parannetaan tiedonkulkua ja tietoturvallisuutta (kysyntäennusteet, toimitusajat, tietojärjestelmien yhteen sovittaminen)
- (6) Parannetaan varastointiteknologiaa ja otetaan uutta teknologiaa käyttöön (koneet ja laitteet, varaston layout)
- (7) Parannetaan asiakaspalvelua
- (8) Parannetaan työturvallisuutta

Tetikin ym. (2019) mukaan tutkimukset osoittavat positiivisia tuloksia logistiikkaratkaisuiden implementoinnista rakennusprojekteihin. Tällaisia ovat esimerkiksi asennussarjojen toimitus JIT-menetelmällä (Tetik ym., 2018) ja reaaliaikainen materiaaliseuranta (Zhao ym., 2017). Oikeanlaisen keskitetyn logistiikkaratkaisun käyttäminen yhdessä tahdituotannon kanssa voi ratkaista materiaali- ja informaatiohallinnan hukkaa (Tetik ym., 2019.)

#### **2.4.2.1 Materiaalien seuranta**

Materiaalinkäsittelyn hallinta on elintärkeä toiminto rakennusprojektien tuottavuuden parantamisessa (Kasim ym., 2012.) Eräänä logististen ongelmien ratkaisijana nähdään materiaalien seurantaan liittyvä logistiikkaratkaisu (Tetik ym., 2018; Ala-Risku & Kärkkäinen, 2006). Varastoihin saapuvan materiaalin seurannan avulla voidaan luoda tavaraluetelo, joka sisältää hyödyllistä informaatiota esimerkiksi koskien työvaiheiden rajoituksia. Tätä informaatiota käytetään päivittämään projektin lähiajan aikataulua, joka edustaa tulevien työvaiheiden odotettua järjestystä. Eri toimintojen ja tehtävien aikataulu muunnetaan materiaalitärkeiksi, jotka ilmoitetaan kutakin koskeville toimittajille. Tämän jälkeen toimittajat joko ilmoittavat sitoutuvansa toimitusaikatauluun tai ilmoittavat mahdollisista

viivästyksistä. Lopulta toimittajat toimittavat materiaalit, jotka tallennetaan seurantajärjestelmällä, saataviksi työmaan varastoon. (Ala-Risku & Kärkkäinen, 2006) Edellä kuvailtu materiaalin seurantaan perustuvan logistiikkaratkaisun toimintaperiaate on avatuna kuvassa 15.



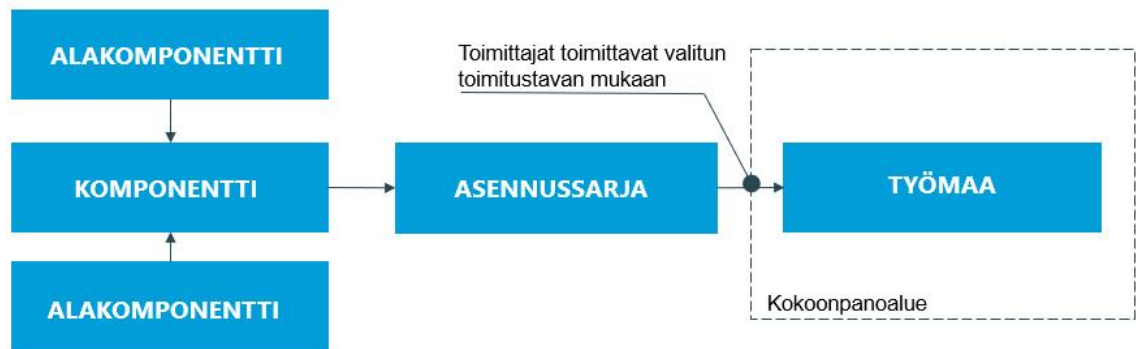
Kuva 15. Materiaalin seurantaan perustuvan logistiikkaratkaisun toimintaperiaate (Mukaien Ala-Risku & Kärkkäinen, 2006).

Ala-Riskun ja Kärkkäisen (2006) ratkaisuehdotuksen tasoinen materiaalin seurantaan lähestymistapa sopii väliaikaiseen toimitusketjurakenteeseen sekä pienille yrityksille. Se on nopea toteuttaa, eikä vaadi merkittäviä investointeja tai IT-osaamista (Ala-Risku & Kärkkäinen, 2006.) Työmaan sisällä tapahtuvan materiaalin seuranta toiminta kehittyä parantaen läpinäkyvyyttä ja materiaalityöimien hallintaa. Useita erilaisia materiaaleja voidaan jäljittää käyttäen GPS-, RFID- ja Bluetooth-tekniikoita. (Tetik ym., 2018) Materiaalien seuranta on myös teollisessa logistiikkaratkaisussa käytössä. Saatavat materiaalit tunnistetiedotetaan ja niiden liikkumista voidaan seurata digitaalisen sovellusalan avulla.

Viivakooditekniikka on apuväline tietojen tehokkaaseen tallennukseen ja materiaalien yksilölliseen tunnistamiseen. Se on globaalisti standardoitu teknologia, jolla saavutettavat tärkeimmät edut ovat tallennettujen tietojen oikeellisuus, tiedonsyötön nopeus, luennan helppous ja teknologian halpuus. (Ritvanen ym., 2011 s. 62) Viivakoodijärjestelmää hintavampi varastonhallinnan työkalu on RFID (Radio Frequency Identification). Järjestelmä koostuu materiaaliin liitettävästä sirusta, lukijasta ja tietokoneesta. Sen ehdottomia hyötyjä ovat keräilytarkkuuden paraneminen, reaaliaikaisuus, mahdollisuus tallentaa enemmän tietoa kuin viivakoodissa, mahdollisuus tuotteen elinkaaren seurantaan, tunnistaminen ilman näköyhteyttä, lukuvarmuus, viivakoodia laajemmalla käyttömahdollisuudet, hyvä kulutuskestävyys pölyisissä varasto-olosuhteissa sekä tietoturvaominaisuudet. (Ritvanen ym., 2011 s. 63-64)

### 2.4.2.2 Asennussarjat

Valmistusteollisuudessa komponentit ja alakomponentit on tapana toimittaa ennalta määrättyinä määrinä ja paketteina, joista käytetään yleisesti nimitystä asennussarja (Bozer & McGinnis, 1992). Käytännössä asennussarjojen toimintaperiaate on sellainen, että ne valmistellaan kokoonpanoalueen ulkopuolella ja toimitetaan sitten valmiina paketteina kokoonpanoalueelle (Tetik ym., 2019; Hanson ja Medbo, 2012.) Yksi tällainen valmis paketti, eli asennussarja, sisältää kaikki ne osat ja tarvikkeet, joita tarvitaan yhteen kokoonpanotehtävään (Hanson ja Medbo, 2012). Alla kuvassa 16 on havainnollistettu asennussarjan kaltaista logistiikkaratkaisua esimerkin avulla.



Kuva 16. Esimerkki asennussarjasta logistiikkaratkaisuna

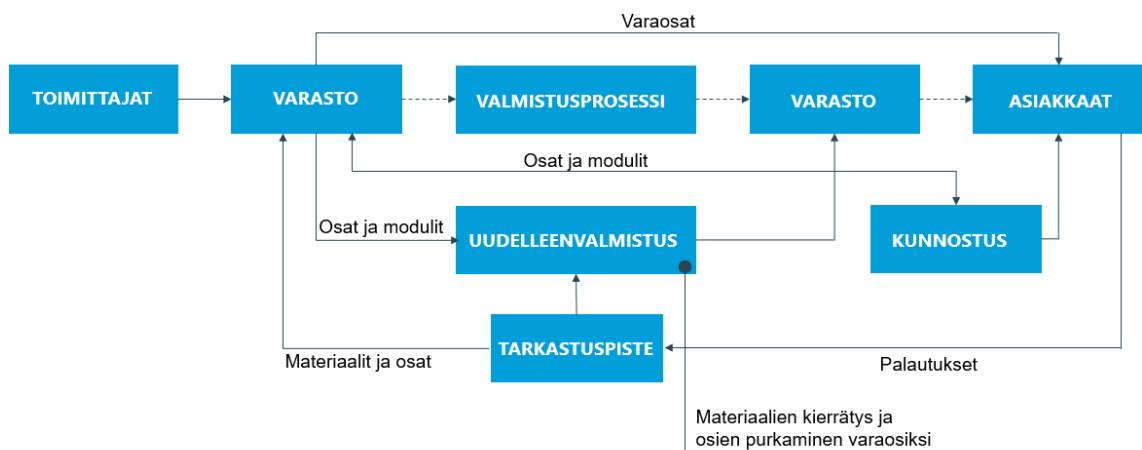
Asennussarjan vaatimat komponentit ja mahdolliset alakomponentit voidaan toimittaa JIT-menetelmää mukailien, niin komponenttien valmistamateriaalit kuin komponenttien tilaustyönä toimitettavat materiaalit. Valmiit asennussarjat voidaan toimittaa JIT-menetelmällä. (Tetik ym., 2019) Asennussarjat ovat käytössä teollisessa logistiikkaratkaisussa ja ne toimitetaan JIT-menetelmällä työmaalle. Logistiikkakeskuksessa kootaan huone- tai kerroskohtaisia asennussarjoja eli materiaalipaketteja, joiden materiaalit koostuvat tietyn työvaiheen vaatimista materiaaleista.

### 2.4.2.3 Esivalmisteet ja modulaariset ratkaisut

Esivalmistaminen, kuten esiasennus, modulaarisuus, järjestelmällinen rakentaminen sekä rakennusalan teollistuminen, ovat termejä, joita käytetään kuvaamaan kehittyneitä tekniikoita nopeampaan rakentamiseen. Tällöin rakennustyömaalla tapahtuisi ainoastaan asennusta, kun suuri osa tuotannosta poistuu työmaalta. (Generalova ym., 2016) Tehdastuotannon perusrakenne vaatii suurta investointia kiinteissä tuotantolaitoksissa sekä lopputuotteen toistettavuutta, jotta tuotannossa voidaan saavuttaa taloudellisia hyötyjä (Lawson & Ogden, 2010).

Esivalmisteet voivat olla suuria, kuten kylpyhuonemoduuleita, jolloin kuljetus voi muodostua haasteeksi. Kuljetuksen ongelma on hidastanut modulaarisen valmistusteollisuuden kasvua ja estänyt sitä toimimasta kansallisella tasolla, puhumattakaan kansainvälisestä mittakaavasta. Ainoastaan tilapäiset tilaratkaisut ovat modulaarisen teollisuuden ydinliiketoimintaa. (Abrams ym., 2010) Esivalmistuksen käyttöönotolla on potentiaalia rakennusteollisuudessa. Vaikka esivalmistuksen soveltamisessa on vielä monia ongelmia, niin sen käyttöönotolla on paljon mahdollisuuksia rakennusteollisuudessa (Tam ym., 2007), se laskee varastoinnin tarvetta, kun toimitukset tehdään JIT-menetelmällä (Tetik ym., 2019).

Rakentamisen esivalmistuksen rakenne koostuu esivalmistettujen tuotteiden tuotannosta, esivalmistetuotteiden kuljetuksesta, esivalmistetuotteiden pystytyksestä ja asennuksesta sekä niiden liittämisestä rakennukseen (Hsieh, 1997). Esivalmistukseen liittyvää materiaalivirtaa on avattu kuvassa 17. Jaillon ja Poon (2014) ovat tutkineet esivalmistusta hyödyntäviä rakennusprojekteja ja heidän katsauksensa mukaan esivalmistuksen mukanaan tuomien hyötyjen olevan ympäristöllisiä sekä taloudellisia. Suurimpia esivalmistamisen avulla saavutettuja hyötyjä ovat työmaahukan väheneminen, parantunut laadun tarkkailu sekä materiaalihukan väheneminen. Esivalmistaminen vaatii panostamista materiaalin-hankintaan liittyviin tehtäviin, mutta suhteellisesti vähemmän keskittymistä itse asennustyöhön (Hsieh, 1997).



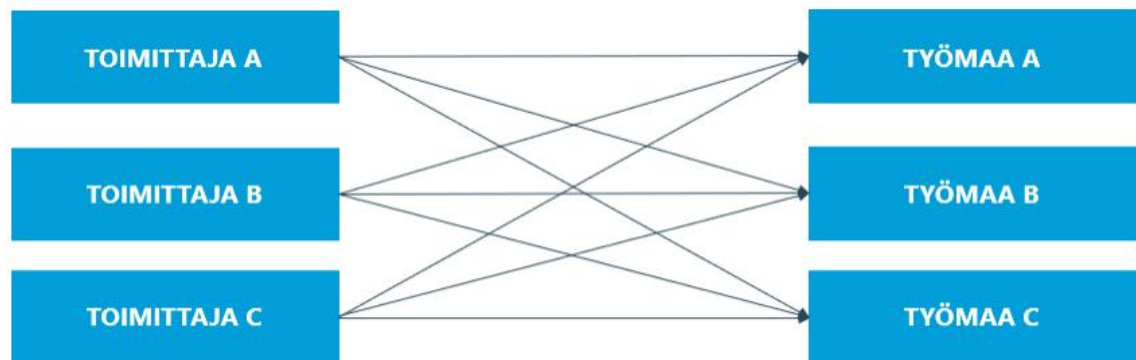
Kuva 17. Esivalmistamisen materiaalivirtakaavio (mukaiillen Fernández & Kekäle, 2005)

#### 2.4.2.4 Logistiikkakeskus

Monien rakennusprojektien työmaalla käytettävissä oleva tila on usein rajoitettua, joten sen käyttö on suunniteltava huolella materiaalin hallinnan ja varastoinnin osalta (Said & El-Rayes, 2012.) Lindénin ja Josephsonin (2013) tutkimuksen mukaan hukan määrää voidaan vähentää huomattavasti, jos materiaali toimitetaan suoraan oikeaan paikkaan mahdollisimman lähellä kokoonpanoaikaa. Tehokas logistiikkajärjestelmä varmistaa oikeiden tuotteiden ja palveluiden toimituksen oikeaan paikkaan ja aikaan. Samalla minimoidaan

kustannukset sekä palkitaan kaikkia sitä koskettavia osapuolia toimitusketjun lisäarvon perusteella. (Hamzeh ym., 2007)

Logistiikkakeskukset voidaan konfiguroida tarjoamaan monenlaisia toimintoja, kuten varastointia, kuljetusta, jakelua, kokoonpanoa, täsmätoimituksia, lajittelua, irtotavaraa, jakeluverkon hallintaa, ajoneuvojen reititystä, toimituksia ja asennuspakettien seuranta (Hamzeh ym., 2007.) Tiedon keruuseen liittyvillä toiminnoilla on monenlaisia hyötyjä. Tietovirtojen ja tiedon läpinäkyvyyden varmistamisella voidaan ennaltaehkäistä virheitä, vähentää kapasiteetti- ja saatavuusongelmia sekä varastointia. (Ritvanen ym., 2011 s. 26) Logistiikkakeskukset voivat toimia hajautetusti (kuva 18), mutta sama logistiikkakeskus voi palvella myös monia työmaita samanaikaisesti, kuten kuvassa 19 on havainnollistettu.



Kuva 18. Hajautettu toimittajien järjestelmä, joka tukee työmaiden varastoja



Kuva 19. Logistiikkakeskus palvelee monia työmaita

Tetik ym. (2019) mukaan nimenomaan logistiikan ja tahtituotannon yhdistelmää ei ole eksplisiittisesti vielä tutkittu, mutta Leaniin liittyvät tutkimukset ovat osittain käsitelleet aihetta. Empire State Building -pilvenpiirtäjän (ESB) rakennusprojekti sisälsi työryhmien koon ja työalueiden määrityksen tahtituotantoa mukaillen. Projektissa myös käytettiin logistiikkakeskuksia virtaavan tuotannon varmistamiseksi. ESB valmistui aikataulutettua nopeammin ja alitti budjetin. ESB:n onnistumisen mahdollisuudet on avattu kuvassa 20. Strategisina onnistumisen tekijöinä oli onnistunut ja osaava johtaminen, projektin objek-

tiivisuus, vertikaalinen rakennussuunta, tehokas yksityinen rahoitus sekä aikainen yhteistoiminnallisen projektiorganisaation muodostuminen. Operatiiviset onnistumisen tekijät olivat oikeanlainen motivointi, rakennuksen toistuvuus, logistiikka, suunnittelu sekä uusi ja innovatiivinen välineistö. Projektissa motivoitiin rakennusalan ammattilaisia bonuksien avulla. (Jacobsson ja Wilson, 2018)



Kuva 20. Empire State Building -rakennusprojektin onnistumisen mahdollistajat (mukaillen Jacobsson ja Wilson, 2018)

Tetikin ym. (2019) tutkimuksen tulokset osoittavat, että kolmannen osapuolen logistiikkayrityksen tarjoaman logistiikkaratkaisun käyttäminen yhdessä tahtituotantoa soveltavan rakennusprojektin kanssa johtaa moniin parannuksiin. Hankintojen laatu paranee, materiaalihukkaa syntyy vähemmän ja kyky noudattaa ennalta määrättyä tahtiakataulun mukaista työjärjestystä paranee. Hyödyt ovat parantuneet tuotanto työmaalla, materiaalihukan ja materiaalien kokonaiskustannusten väheneminen sekä korkeampi virtaustehokkuus pienemmillä läpimenoajoilla. (Tetik ym., 2019)

Tetikin ym. (2019) tutkimustuloksien yhteenvedossa havaittiin seuraavat neljä perustelua logistiikkakeskuksen ja tahtituotannon yhdistämisen puolesta:

- (1) Tuotanto virtaa pakotetusti yhden virtauksen strategiaa mukaillen
- (2) Tuotantoprosessien hallittavuus paranee
- (3) Hankintojen keskittäminen, joka johtaa materiaalikustannussäästöihin
- (4) Mahdollistaa lyhyemmät läpimenoajat, koska variaatioita voidaan hallita

Teollisessa logistiikkaratkaisussa yhdistetään logistiikkakeskus ja tahtituotanto. Edellä esitetyt Tetikin ym. (2019) tutkimustulosten perustelut logistiikkakeskuksen ja tahtituotannon yhdistämisen puolesta vastaavat teollisella logistiikkaratkaisulla tavoiteltavia hyötyjä. Kaiken kaikkiaan teollisen logistiikkaratkaisun logistiikkakeskuksen on tarkoitus palvella yhtä työmaata, mutta jatkossa, kun teollinen logistiikkaratkaisu on laajemmin käytössä, logistiikkakeskuksen on mahdollista palvella useampaa työmaata kuvan 18. mukaisesti.

## **2.5 Yhteenveto**

Kirjallisuuskatsauksen keskeisimmät löydökset liittyvät rakennusprojektien onnistumista tukeviin tekijöihin. Näistä merkittävimpiä ovat logistiikan ja toimitusketjun hallinnan toimivuus. Kirjallisuuskatsauksen perusteella logistiikkakeskuksen ja tahtituotannon yhdistämisen avulla rakennusprojektin tuotantovaiheen prosessit saadaan toimimaan halutusti ja hallitusti. Keskitetyn logistiikkaratkaisun käyttämisellä yhdessä tahtituotannon kanssa on myös havaittu potentiaalia ratkaista niin materiaali- kuin informaatiohukkaa. Materiaalin seurantaan perustuvien logistiikkaratkaisuiden avulla saadaan parannettua läpinäkyvyyttä ja hallittua materiaalitoimituksia paremmin. Lisäksi havaittiin, että esivalmistamisen käyttäminen on kannattavaa, sillä vaikka se vaatii panostamista materiaalinhankinnan osalta, niin sen avulla saadaan työmaan tuotantovaiheessa vapautettua ammattiasentajien aikaa itse asennustyöhön. Materiaalitoimitukset kannattaa toimittaa täsmätoimituksina ja mahdollisuuksien mukaan pitkälle esivalmistettuina.

Kirjallisuuden perusteella teollisen logistiikkaratkaisun onnistunutta integrointia rakennusprojektiin tukee huolellinen suunnitteluprosessi, johon osallistetaan rakennusalan ammattilaisia, hankintaa unohtamatta. Toimitusketjun hallinta, kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajan läsnäolo, logistiikkakeskuksen käyttäminen ja tahtituotannon soveltaminen rakennusprojektissa johtavat onnistuneempiin rakennusprojektien läpivienteihin. Niiden avulla kyky pysyä suunnitelmissa paranee. Rakennusprojektin toimijoiden sitouttamisessa kannattaa huomioida oikeanlainen motivointi ja sopimustekniset asiat.



### 3 Empiirinen tutkimus

Tämän empiirisen tutkimuksen tarkoitus on tutkia teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönoton vaikutuksia käytännön tasolla keskittyen rakennusprosessin alkuvaiheeseen. Tutkimuksen aineisto käsittelee kolmea kohdeyrityksen projektia, joiden tiedonkeruumenetelmät kohteittain on avattu taulukossa 4. Päättökäytännön projektina on Hamburger Börs. Empiirinen tutkimusprosessi avaa, mikä teollinen logistiikkaratkaisu on ja luo ymmärryksen sen implementoinnin vaatimiin edellytyksiin. Tämä tehdään kuvailemalla teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönoton suunnitteluprosessia, joka toteutettiin työpajojen muodossa ennen tuotantovaiheeseen siirtymistä. Työpajojen lisäksi toteutettiin asiantuntijahaastatteluita, joiden avulla saadaan laajempi ymmärrys teollisen logistiikkaratkaisun vaikutuksista. Tutkimuksessa keskitytään ensisijaisesti purkamaan työpajojen rakennetta ja sisältöä. Tavoitteena on rakentaa kattava tietopohja kaikille mahdollisille muutoksille, joita teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönotto aiheuttaa. Kun muutokset ovat selvillä, voidaan analysoida, miten ne tukevat ja estävät integraation tapahtumista. Analysoinnin pohjalta voidaan muodostaa käsitys siitä, miten integraatio saadaan toteutettua mahdollisimman onnistuneesti.

Taulukko 4. Tutkimuksen tiedonkeruumenetelmät projektikohtaisesti

Projekti	Aineiston keruu
Hamburger Börs	Asiantuntijahaastattelut Projektikohtainen aineisto <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aluesuunnitelma</li> <li>• Elementtiasennussuunnitelma</li> <li>• Hankintasuunnitelma</li> <li>• Logistiikkasuunnitelma</li> <li>• Materiaalisiirtosuunnitelma</li> <li>• Projektisuunnitelma</li> <li>• Turvallisuus- ja ympäristösuunnitelma</li> </ul> Työpajat
Keilalampi	Asiantuntijahaastattelu Projektikohtainen aineisto <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektisuunnitelma</li> <li>• Väliraportti</li> </ul>
Keskustahotelli	Projektikohtainen aineisto <ul style="list-style-type: none"> <li>• Loppuraportti</li> <li>• Projektisuunnitelma</li> <li>• Väliraportti</li> </ul>

Empiirisessä tutkimuksessa toteutetut asiantuntijahaastattelut toteutettiin melko vapaa-  
muotoisina, mutta ne pohjautuivat ennalta määritettyyn haastattelurunkoon (liite 1). Tutkimuksessa haastatellut henkilöt sekä heidän toimenkuvansa ja erikoisosaamisalueensa on listattu taulukossa 5. Haastateltaviksi valikoitui logistiikkapalveluyrityksen toimitusjohtaja, jolla on pitkä historia meriteollisuudesta ja siten tehdasomaisesta tuotannosta. Tämän lisäksi tutkimuksessa haastateltiin työmaahenkilöstöä, kehitysinsinööriä, aiheeseen erikoistunutta konsulttia, hankintainsinööriä ja tuotantoinisinööriä. Haastateltavien

taustojen monipuolisuudella saadaan kerättyä kattavasti tietoa sekä laajennettua tutkimuksen näkökulmaa.

Kohdeyrityksen kahteen muuhun rakennusprojektiin tutustumisella vahvistetaan käsitystä siitä, ettei tutkimuksessa rajauduta tarkastelemaan asioita ainoastaan yhdestä näkökulmasta. Keilalammen projektista saadaan empiiriseen tutkimukseen aineistoa toisen projektin vastaavassa vaiheessa olevan rakennusprojektin kokemuksista. Näin on mahdollista myös vertailla päätutkimusprojektia ja toista rakennusprojektia keskenään. Keskustahotelliprojektin loppuraportista saadaan aineistoa koskien päivittäisjohtamista. Sen avulla hyväksi todetut käytännöt saadaan laajemmin käyttöön, kun ne voidaan huomioida päätutkimusprojektin suunnitteluprosessissa. Vastaavasti Keskustahotellissa tunnistetut haasteet voidaan ottaa erikoistarkastelun alle päätutkimusprojektin suunnitteluprosessissa.

Taulukko 5. Tutkimuksessa haastateltavien tehtävänimikkeet ja erikoistuminen

Taho	Tehtävänimike
Sisäinen	Hankintajohtaja <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tuotteistaminen ja vuosisopimusten laatiminen</li> </ul> Kehityspäällikkö <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laatu, turvallisuus</li> <li>• Logistiikka ja tahtiaikataulu</li> <li>• Työmaakokemus vastaavana työnjohtajana toimimisesta kymmenen vuoden ajalta</li> </ul> Tuotantoinsinööri <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tuotannon suunnittelu ja ohjaaminen</li> </ul> Vastaava työnjohtaja <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektikohtainen asiantuntemus ja yleiskuva</li> </ul>
Ulkopuolinen	Konsultti <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erikoisosaaminen logistiikan ja toimitusketjun hallinnan kehittämisessä</li> </ul> Logistiikkapalveluntarjoajayrityksen toimitusjohtaja <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asiantuntemus logistiikasta ja toimitusketjuista</li> <li>• Kokemusta meriteollisuudesta ja moduulitehtaasta</li> </ul>

### 3.1 Lähtökohdat teollisen logistiikkaratkaisun integraatiolle

Rakennusprojektien logistiikka on haastava kokonaisuus, jonka hallintaan vaikuttaa rakentamisen projektiluontoisuus, yksittäinen projekti on usein ainutlaatuinen. Tästä syystä rakennusprojekteille muodostetaan omat toimintamallit, jotka voivat muuttua rakentamisen aikana erilaisien muutosten takia. Luotuja toimintaperiaatteita kehitetään usein vain yksittäistä projektia varten. (Lundesjö, G., 2015, s.1-3) YIT näkee teollisen logistiikan hyödyntämisen rakennusosalalla mahdollisuutena, jonka avulla voidaan tavoitella systematisempaa, tehokkaampaa, organisoidumpaa ja kehittyneempää rakennusprosessia.

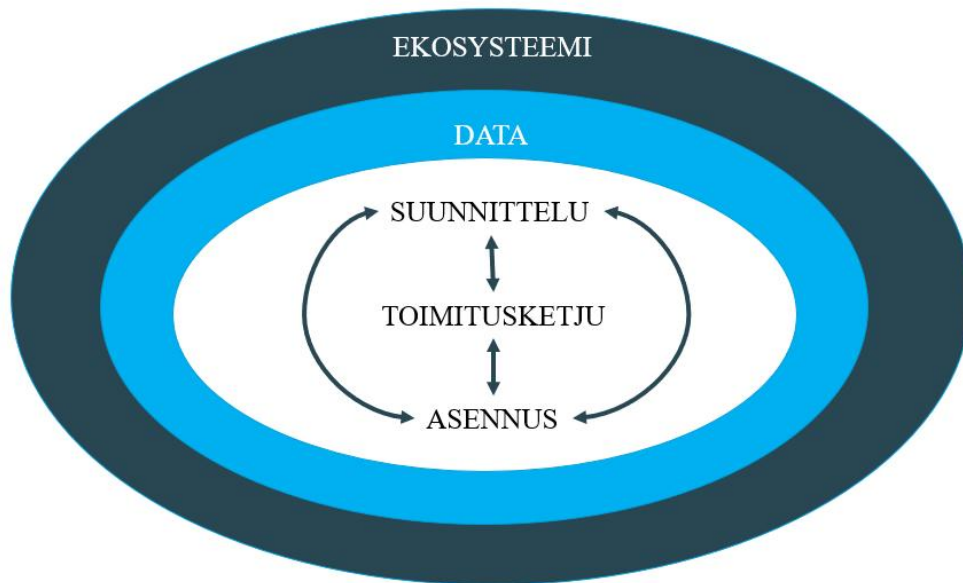
Kehitystoiminnan lähtökohtana kohdeyrityksessä toimivat työmaat ja YIT:n halu yrityksenä toteuttaa erinäisiä sisäisiä kehitysprojekteja tehokkaampien toimintamallien löytämiseksi. Työmaiden tarpeet paremmalle materiaalilogistiikalle on tunnistettu työmaahen-

kilöstölle osoitetuilla haastatteluilla, joiden aineisto löytyi arkistoituna. Kyseisen haastattelun tulokset on esitetty taulukossa 6. Tärkeimpinä huomioina on läpimenoaikojen tiukentuminen ja kohteiden haasteellinen sijainti, jotka ovat riskitekijöitä prosessien toimivuudelle.

Taulukko 6. Työmaatarpeiden ja haasteiden tunnistaminen (mukailien YIT:n toteuttaman haastattelututkimuksen aineisto)

Haasteet	Tarpeet
Ahtaus	Varastointitila Ylijäämän/hukan poisventi Toimitusten opastus, aikataulus ja täsmällisyys Reitit kuljetus-, nosto- ja siirtokalustoille
Korkeus	Eri toimijoiden sopimuksellinen ja mahdollinen muu sitouttaminen logistiikkaratkaisuun Materiaalivirtojen suunnittelu työmaalla, poisvientien ja siirtojen minimointi Nosturi- ja muu konekapasiteetti, toimiva henkilöstölogistiikka Toimisto- ja sosiaaltilojen oikeanlainen sijoitus turhan liikkumisen minimoimiseksi
Laajuus	Aluehanke: useampi projekti, joita palvelee sama logistiikkayksikkö Toimitusten/Poisvientien toimivuus (paljon maa- ja kiviaineskuormia)
Sijainti	Ennakkosuunnittelu Päivittäinen aikaikkuna toimituksille
Tiukka aikataulu	Ennakkosuunnittelu ja kokonaisvaltainen logistiikkasuunnittelu Pientarvikevarastojen, täsmätoimitusten yms. EI tule mahdollistaa suunnittelelmattomuutta Tahtituotanto, tuotantoaikataulun pilkkominen osiin logistiikan kanssa Toimintojen läpinäkyvyys ja ohjeistuksen selkeys
Toistuvuus	Logistiikkaohjattu tahtituotanto läpimenoajan minimointiin

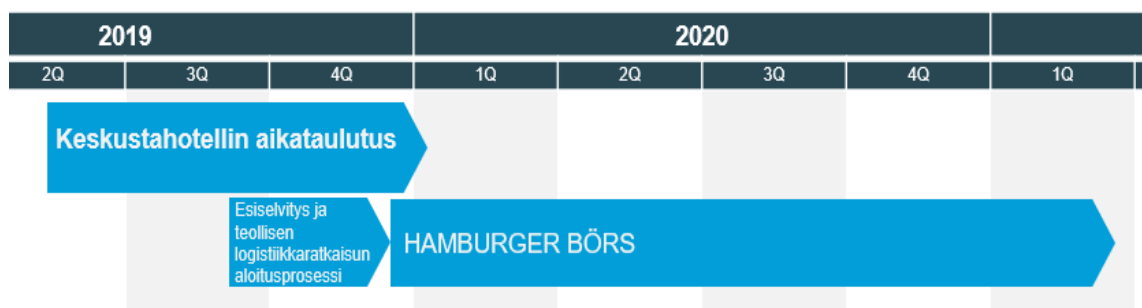
YIT:n valmiudet toimitusketjun hallinnan ekosysteemimuutokselle ovat varsin hyvät; yritys pääurakoitsijana voi halutessaan hallinnoida materiaalihallinnan toteuttamista asettamalla alihankkijoilleen ja muille kumppaneilleen teollisen logistiikkaratkaisun integraatiota tukevia ehtoja. Tämä voidaan toteuttaa sopimusten avulla. YIT:n näkemys ekosysteemin osatekijöistä on esitetty kuvassa 21. Yrityksen kehityksen ja kasvun kannalta teollinen logistiikkaratkaisu mahdollistaa digitaalisten työkalujen avustamana datan järjestelmällisen keräämisen. Kerätyn datan hyödyntämisellä voidaan puolestaan tavoitella entistä tehokkaampia prosesseja ja pohtia muita mahdollisia jatkokehitysideoita.



Kuva 21. Ekosysteemin osatekijät (mukaiillen YIT:n Performance-kehitysohjelman materiaali)

### 3.2 Tutkimusprojektin valinta ja kuvaus

Työmailla olevien nykyisten haasteiden tunnistamisen jälkeen halu ryhtyä toimenpiteisiin johti pilotointiprojektin etsimiseen. Kohdeyritys halusi tutkia rakennusprojektia, johon integroidaan valmistusteollisuutta mukaileva teollinen logistiikkaratkaisu. Kuvassa 22 on esitetty teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönoton toimintasuunnitelman aikataulu. Teollisen logistiikkaratkaisun päivittäisjohtamistapaa pilotoitiin aikataulutuksen osalta Keskustahotellissa. Siitä saatuja tuloksia on avattu myöhemmin kappaleessa 3.4.1. Teollisen logistiikkaratkaisun pilottiprojektiksi valikoitui Turun keskustassa sijaitseva hotelliprojekti, jonka nimi on Hamburger Börs. Ennen pilottiprojektin tuotantovaiheen käynnistymistä tehtiin projektista esiselvitys ja toteutettiin logistiikkaratkaisun aloitusprosessi eli tämän tutkimuksen empiirisen osion työpajat.



Kuva 22. Teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönoton toimintasuunnitelma (mukaiillen YIT:n Performance-kehitysohjelman materiaali)

### 3.2.1 Hamburger Börs

Hamburger Börs on Turun keskustan hotelliprojekti, jossa on uniikkeja yksityiskohtia, mutta projektista löytyy myös hotellihuoneiden osalta paljon toistuvuutta. Kyseinen projekti on projektinjohtourakka, jossa suunnittelusopimukset ovat projektijohtourakoitsijan nimissä, lukuun ottamatta sisustussuunnittelua, mikä on käyttäjän hankinta. Tarkemmat projektitiedot on listattu taulukkoon 7. Rakennuttajana on LähiTapiola ja hotellioperaattorina Scandic. Hotellihuoneita on 272 kappaletta, joiden kylpyhuoneista suurin osa toimitetaan Italiasta samanlaisina kevytbetonielementteinä. Elementtien asennus tapahtuu työmaalla, minkä lisäksi noin 30-45 kylpyhuonetta tehdään paikan päällä johtuen näiden muutaman kymmenen kylpyhuoneen erimallisuudesta. Hotellihuoneiden lisäksi projektilta löytyy kellari sekä ensimmäisen kerroksen liike- ja keittiötilaa.

Taulukko 7. Hamburger Börsin perustiedot

Projektin tiedot	
Työmaan nimi	Hamburger Börs
Työmaan osoite	Eerikinkatu 10 (käyntiosoite Kauppiaskatu 6), 20100 TURKU
Urakkamuoto	Projektinjohtourakka tavoite- ja kattohinnalla
Urakan sisältö	Uudisrakennus ja vanhan Börsin saneeraus
Urakka-aika	4.6.2019-30.9.2021
Välitavoitteet	Käyttäjän asennukset alkavat 1.6.2021 (4 kk ennen luovutusta)
Luovutusvalmius	Valmis luovutettavaksi 2 viikkoa ennen urakka-ajan loppua
Bruttoala	18 020 brm <sup>2</sup>
Muuta	Noin 10 toimihenkilöä, työntekijöitä 20-40 vaiheen mukaan 272 hotellihuonetta Suurin osa kylpyhuoneista tulee kevytbetonielementteinä Italiasta Noin 30-45 kylpyhuonetta paikallarakennettuina

Yksi talo saneerataan (kuvan 23 keltainen rakennus) ja loput puretaan kokonaan ja rakennetaan uudelleen. Purkamiseen oli varattu vuosi aikaa ja se tapahtui vuoden 2019 loppuun mennessä. Purkuvaihe meni hyvin, vaikka purettu talo oli kolmelta sivultaan kiinni naapuritaloissa ja rakenteet olivat osin yhteisiä. Vuonna 2020 on tarkoitus saada runko sekä vesikatto valmiiksi. Kuvassa 24 näkyy projektin yleisaikataulu, jossa on pystyttävä pysymään, sillä hotelli avataan käyttäjille lokakuussa 2021.



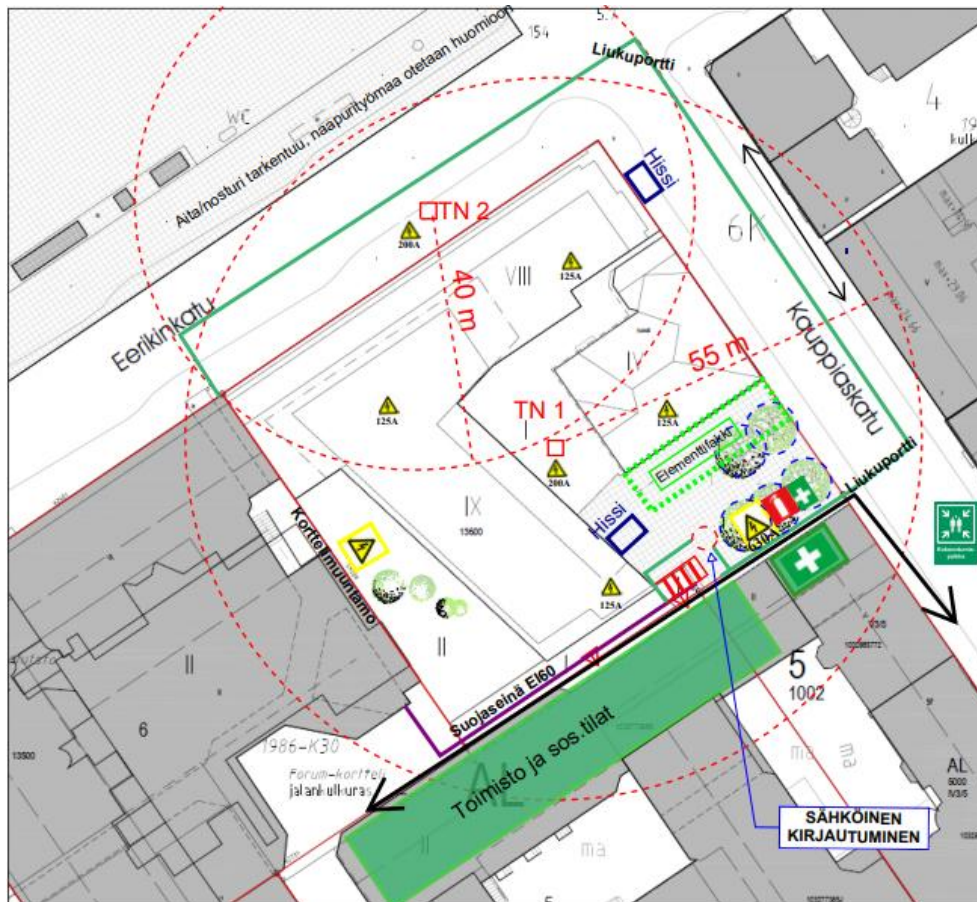
Kokonaisuudessaan projekti käsittää purettavan hotellirakennuksen, 8. kerroksisen hotellin uudisrakennuksen ja Skybarin sekä 1830-luvulla rakennetun kevyesti korjattavan hotellirakennuksen. Kyseessä olevan hotellirakennuksen suojelutavoitteet koskevat rakennuksen julkisivuja, vesikattoa, alkuperäisiä tilasarjoja ja vanhaa kiinteää sisustusta. Lisäksi puistikon alueella tulee varautua arkeologisiin tutkimuksiin. Hamburger Börs on havainnollistettu kuvassa 25.



Kuva 25. Havainnollistava kuva Hamburger Börsistä valmistuessaan

Aikataulullisesti projekti on haastava eikä häiriöihin ja virheisiin ole varaa. Suurimpana haasteena on kuitenkin projektin toimitusketjun hallinta ja erityisesti logistiikan toteuttaminen. Ympäristö aiheuttaa suurimmat haasteet rakennusprojektille. Projekti sijaitsee Turun keskustassa vilkkaalla Kauppiaskadulla, minkä vuoksi ylimääräistä varasto- ja säilytystilaa ei ole. Myöskään tilaa isoille ajoneuvoille, siivoiluun tai tavaroiden siirtelemiseen ei löydy.

Materiaalien vastaanottoaika sijaitsee Kauppiaskadulla (kuvassa 26 oikealla), mikä on ahdas ja vilkas katu keskellä Turun keskustaa. Projektin sijainti on keskeinen ja mediaherkkä. Työmaa-alue rajautuu käytössä oleviin kiinteistöihin ja läheisen Toriparkin työmaahan. Toriparkin kaivuutyöt ovat aiheuttaneet viereisillä katualueilla painaumia, joiden vuoksi ympäristön muutoksia seurataan urakoitsijoiden ja kaupungin toimesta tarkasti erilaisin mittarein.



Kuva 26. Hamburger Börsin aluesuunnitelma

Projekti on monilta osin haasteellinen ja tunnistetut haasteet on koottu taulukkoon 8. Näiden haasteellisten lähtökohtien vuoksi perinteinen tapa hoitaa rakennusprojektin logistiikka ei ollut vaihtoehtona, työmaa vaatii häiriöttömän tekemisen ja ehdottoman logistiikan toimivuuden. Projektiin on varattu ainoastaan rahaa logistiikkatyönjohtajaan, joten teollisen logistiikkaratkaisun käyttö ei saisi tuoda lisäkustannuksia. On kuitenkin odotettavissa, että ensimmäisessä pilottiprojektissa ei saavuteta kustannushyötyjä, vaan tavoitellaan enemmänkin hyödyllisiä kokemuksia teollisen logistiikkaratkaisun integraation onnistumisista ja haasteista.

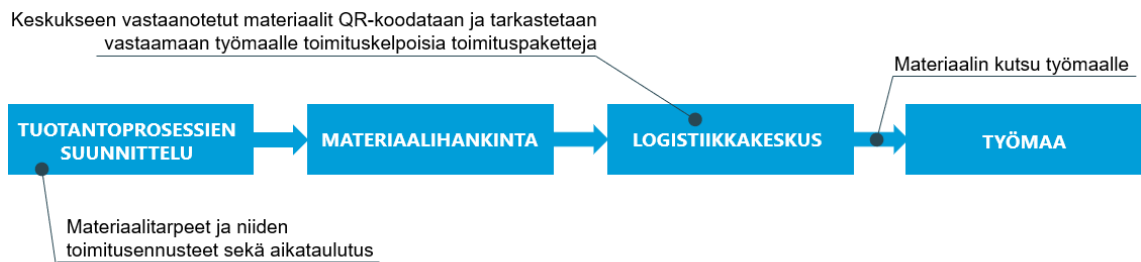
Taulukko 8. Hamburger Börsin tunnistetut ympäristön, aikataulun ja logistiikan haasteet

Haasteet		
<b>Ympäristö</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ahdas työmaa-alue</li> <li>Mediaherkkyys</li> <li>Naapurityömaat</li> <li>Rajoitetut liikennejärjestelyt</li> <li>Suojelutavoitteet</li> <li>Vilkas liikenne</li> </ul>	<b>Aikataulu</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Materiaalien toimitusaikojen sovittaminen aikatauluun <ul style="list-style-type: none"> <li>Entisoitävän julkisivun materiaalien pitkät toimitusajat</li> </ul> </li> <li>Tiukka aikataulu</li> </ul>	<b>Logistiikka</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ei tilaa isoille ajoneuvoille</li> <li>Ei ylimääräistä varasto- ja säilytystilaa</li> <li>Kuljetukset Italiasta</li> <li>Liikennejärjestelyt</li> </ul>



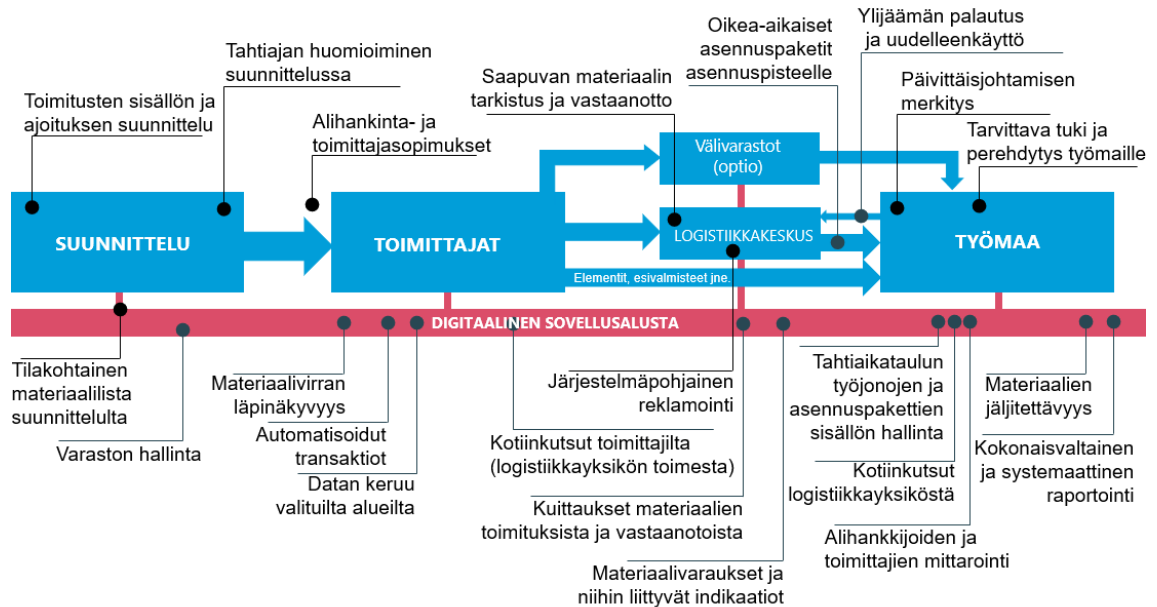
### 3.3 Teollisen logistiikkaratkaisun kuvaus ja käyttöönotto

Käytettäväksi valittu teollinen logistiikkaratkaisu on toimintamalli, joka ohjaa ja pakottaa rakennusprojektin toimitusketjuun liittyvät prosessit toimimaan halutulla tavalla digitaalisten työkalujen avustamana. Ratkaisussa materiaalit virtaavat keskitetysti logistiikka-keskuksen kautta. Tavoitteena on luoda kustannustehokkaat prosessit täydellisellä toimitusketjun hallinnalla ja toimitusketjuun liittyvien riskien minimoimisella. Kuvassa 27. on esitetty teollisen logistiikkaratkaisun toimintaperiaate ylätasolla. Teollinen logistiikkaratkaisu tarkoittaa tiivistetysti huolellista suunnittelua ja suunnitelmissa pysymistä.



Kuva 27. Teollisen logistiikkaratkaisun ylätason kuvaus

Teollinen logistiikkaratkaisu vaatii toimiakseen tuotannon prosessien ja materiaalien aikataulutuksen yhdenmukaisuuden. Tästä syystä teollisen logistiikkaratkaisun rinnalle on määritetty käytettäväksi tahtituotanto, jossa materiaalivirta ja tuotanto etenee saumattomasti. Ennakkoon aikataulutettujen tuotantoprosessien ja materiaalivirtojen etenemisen on tapahduttava suunnitellusti ja tahtituotanto mukaillee tällaista toimintatapaa. Käytetyn teollisen logistiikkaratkaisun ominaispiirteitä on toimituserien huolellinen suunnittelu ja ajoitus, jota päivitetään rakennusprosessin tuotantovaiheen edetessä. Kuvassa 28 on avattu tarkemmin teollisen logistiikkaratkaisun toimintaperiaatetta ja korostettu sen tärkeimpiä piirteitä.



Kuva 28. Teollisen logistiikkaratkaisun toimintaperiaate (mukailen YIT:n Performance-kehitysohjelman materiaali)

Logistiikkakeskuksen sisäiset prosessit koostuvat saapuvan kuorman purkamisesta, vastaanotosta, hyllytyksestä, varastoinnista, keräilystä, pakkauksesta ja lähettämisestä. Kaikki logistiikkakeskukseen saapuva materiaali QR-koodataan, tarkistetaan ja varastoidaan siihen saakka, kunnes niitä tarvitaan rakentamisen aikaisessa tuotantovaiheessa. Työmaa kotiinkutsuu logistiikkakeskuksesta tilakohtaisia materiaalipaketteja sovituksessa ajassa. Työvaiheen vaatimat materiaalit kotiinkutsutaan logistiikkakeskuksesta esimerkiksi 1-3 viikkoa ennen kuin kyseisen työvaiheen vaatimat materiaalit tarvitaan työmaalle. Kotiinkutsutut materiaalit toimitetaan logistiikkakeskuksesta JIT-toimitusjärjestelmän mukaisesti työmaalle oikeaan aikaan ja oikeaan paikkaan.

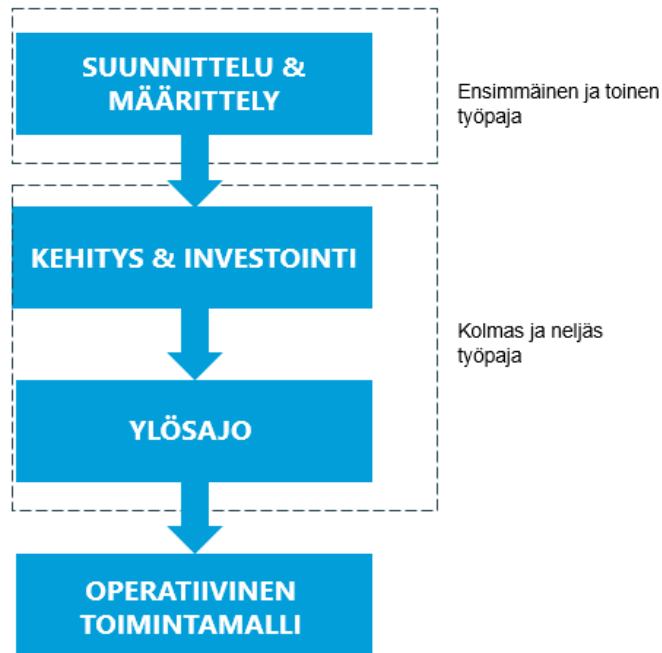
Hamburger Börsissä teollisen logistiikkaratkaisun suunnittelijaksi valikoitui kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoaja Carinafour (C4), joka on maailmanlaajuisesti toimiva logistiikka-alan yritys. Ulkopuolisen logistiikkapalveluntarjoajan erikoisosaaminen keskittyy teollisuuden tuotanto- ja valmistusprosessien osaamiseen. Heidän asiakkaitaan ovat erikokoiset meri-, rakennus- ja valmistavan teollisuuden yritykset. Yritys tekee kehitystyötä yhdessä asiakkaidensa kanssa, jolloin toimintatapojen ja -periaatteiden jalkautuminen tapahtuu asiakasorganisaatioihin onnistuneemmin. Yrityksen toimitusjohtaja kertoo, että kannattava metodiikka ratkaisusuunnitteluun lähtee asiakasongelmakeskeisestä ajattelusta. Yrityksen perustamisvaiheessa vuonna 2012 ei ollut liikeideaa, vaan he ottivat ongelmaksi projektiteollisuuden tuottavuusongelman. Tätä ongelmaa ratkomaan haettiin ihmisiä fiksun prosessiteollisuuden piiristä, ajoneuvo- ja IT-teollisuudesta. He halusivat luoda tuotteen, jonka he pystyisivät implementoimaan vähemmän sofistikoituneisiin teollisuuden aloihin. Ensimmäisten parin kolmen vuoden konsultaatiotyön jälkeen yritys keskittyi ratkomaan ulkoisen prosessivaihtelun problematiikkaa. Ulkoisella prosessivaihtelulla tarkoitetaan tässä kontekstissa sellaisia toimintoja, joilla on negatiivinen vaikutus arvoa tuottavaan työhön, näitä ovat muun muassa suunnitteluvirheet, virheet materiaalitöimityksissä, rajapintojen haasteet, sääolosuhteet sekä puutteelliset resurssit.

Ennen teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönottoa YIT:n nykyisistä toimintatavoista tehtiin kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajan toimesta esiselvitys, jolla kartoitettiin lähtötaso ja ylipäätään YIT:n valmiuksia ja lähtökohtia teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönotolle. Esiselvitys on yrityksen prosesseja koskeva nykytila-arviointi, jossa tunnistetaan ongelmakohdat ja pohditaan tarpeellisia kehitystoimenpiteitä. Esiselvityksessä nousseita hyväksi tunnistettuja prosesseja ja kehityskohteita luokiteltiin neljään eri teemaan: (1) kehitys ja muutosjohtaminen, (2) tuotesuunnittelu, (3) hankinta sekä (4) logistiikka ja tuotanto, joita on avattu tarkemmin taulukossa 9. Tehdyn esiselvityksen raportin perusteella voidaan yhteenvetona todeta, että lähtökohdat teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönotolle ovat suotuisat. Halua ja edellytyksiä teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönotolle löytyy, mutta tarve harmonisoidulle prosessille on olemassa.

Taulukko 9. Hyviksi tunnistettuja prosesseja ja kehityskohteita (mukaillen kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajan tekemän esiselvityksen tulokset)

Kehitys ja muutosjohtaminen	Tuotesuunnittelu	Hankinta	Logistiikka ja tuotanto
<ul style="list-style-type: none"> <li>Hyvien käytäntöjen jakamiskulttuurin parantaminen               <ul style="list-style-type: none"> <li>Myös muilta toimijoilta</li> </ul> </li> <li>Kehittämisen ketju organisaatiossa kaipaa parannusta</li> <li>Muutoksista viestimistä parannettava</li> <li>Työntekijät kiinnostuneita kehittämään omaa työtään</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IT- ja hallintajärjestelmiä harmonisoitava</li> <li>Lähtötiedot monessa eri muodossa</li> <li>Materiaaliluetteloiden päivittäminen</li> <li>Myöhäiset asiakaskonfiguraatiot vaikeuttavat projekteja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alihankintaverkoston materiaalihankintojen ja –virtojen kokoaminen</li> <li>Hankintojen suunnittelun haasteena lähtötietojen epäselvyys</li> <li>Hyvät projekti aikaiset seurantamenetelmät ja mittaristot käytössä</li> <li>Keskitettyjen hankintojen osuuden kasvattaminen</li> <li>Reklamaatiokäytäntöjen parantaminen</li> <li>Tilajalla merkittävä rooli projektikohtaisissa hankinnoissa               <ul style="list-style-type: none"> <li>Miten voidaan vaikuttaa?</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alihankkijoiden materiaalihankintojen hallittavuuden parantaminen</li> <li>Hyvät viikkopalaverit</li> <li>Suunnitelmat ovat lohkokohtaisia</li> <li>Systemaattisen dokumentoinnin parantaminen</li> <li>Tuotantovaiheen suunnitelmien yksityiskohdat useissa kuvissa useiden suunnittelijoiden vuoksi</li> <li>Vahva tietotaito ja osaaminen</li> </ul>

Teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönoton projektikohtainen suunnittelu ja valmistelu koostui neljästä työpajasta, jotka järjestettiin yhdessä YIT:n ja kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajan toimijoiden kesken. Logistiikkaprosessi etenee kuvan 29 mukaisesti eli työpajojen jälkeen toteutuskelpoinen operatiivinen toimintamalli on valmisteltu. Seuraavissa kappaleissa perehdytään tarkemmin työpajojen sisältöön.

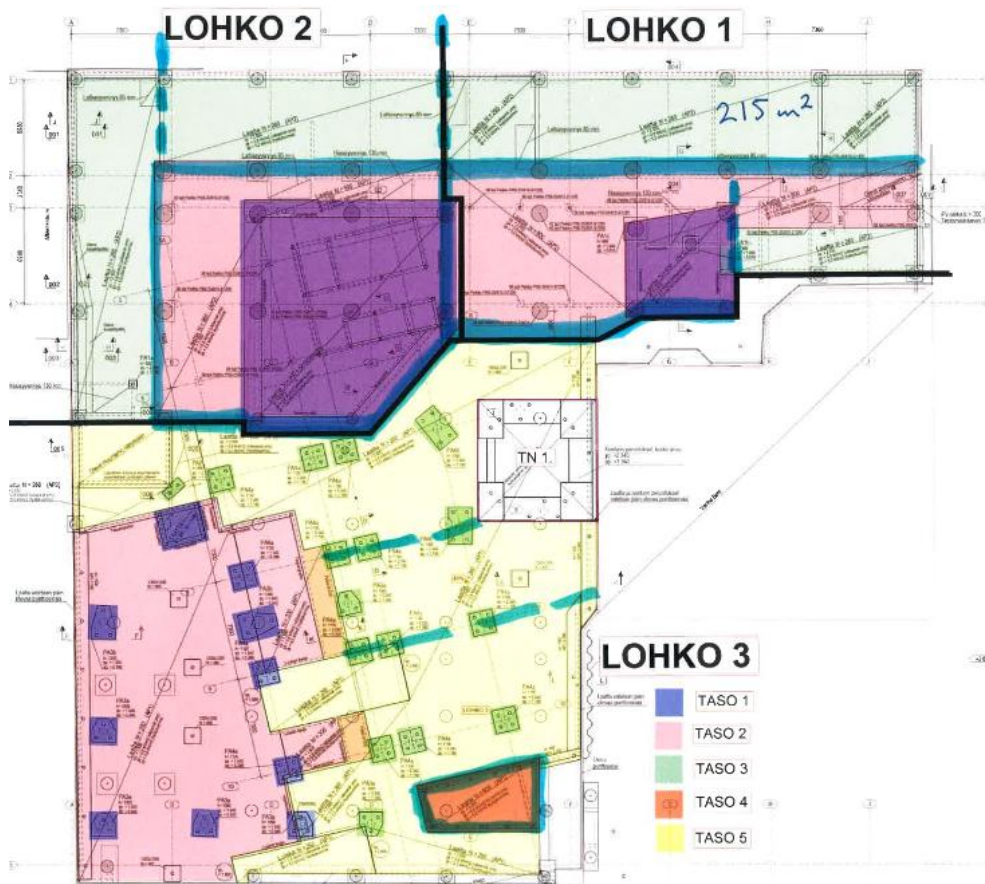


Kuva 29. Teollisen logistiikkaratkaisun projektikohtaisen prosessin eteneminen

### 3.3.1 Ensimmäinen työpaja: Teollisen logistiikkaratkaisun tuotantovaiheen suunnittelun aloitus

Ensimmäisen työpajan tarkoituksena oli esitellä rakennusprojektia sekä tehdä alustavia ehdotuksia teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönotolle. Työpajassa kartoitettiin projektin aikataulua, tavoitteita sekä tutustuttiin projektiin yksityiskohtaisemmin, jotta operaation suunnittelu saatiin käynnistettyä. Ensimmäisessä työpajassa mukana olivat YIT:n puolelta projektin vastaava työnjohtaja, kolme työnjohtajaa, kaksi työmaainsinööriä, aluevastaava sekä hankinnoista vastannut ihminen. Kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajan puolelta osallistui tuotanto-operaation ammattilainen, projektipäällikkö ja yrityksen toimitusjohtaja. Työpajassa määriteltiin alustavasti logistiikkaoperoinnin laajuus sekä suunniteltiin sen sisältöä karkealla tasolla. Sisällön suunnittelussa käsiteltiin aikataulutusta, kommunikointi- ja dokumentointimallia operatiivisen toimintamallin määrittämiseen, operaation suunnitteluun liittyviä vastuita sekä keskusteltiin tuotantovaiheen aikataulusta. Tuotantovaiheen aikataulun yhteydessä käytiin läpi tuotannon kriittisiä pisteitä, aikataulun päivittämiseen liittyviä prosesseja sekä toimintamalleja.

Ensimmäisen työpajan yhteydessä pohdittiin mahdollisuutta talotekniikan esikokoonpanoon (esimerkiksi putkipaketteina). Sen toteuttaminen todettiin käytännössä mahdolliseksi, mutta se on sellainen toimintamalli, johon YIT eivätkä talotekniikan toimittajat ole tottuneet. Projekti on jaettu kolmeen lohkoon (kuva 30.) ja lohkoittainen aikataulu projektista on tehty. Tässä vaiheessa suunnitteilla oli kerroskohtainen aikataulu, mutta kerroskohtaisen aikataulun sijaan suositeltiin huonekohtaista aikataulua, ja tähän aikatauluun pohjautuvaa materiaaliipakettien kasaamista.



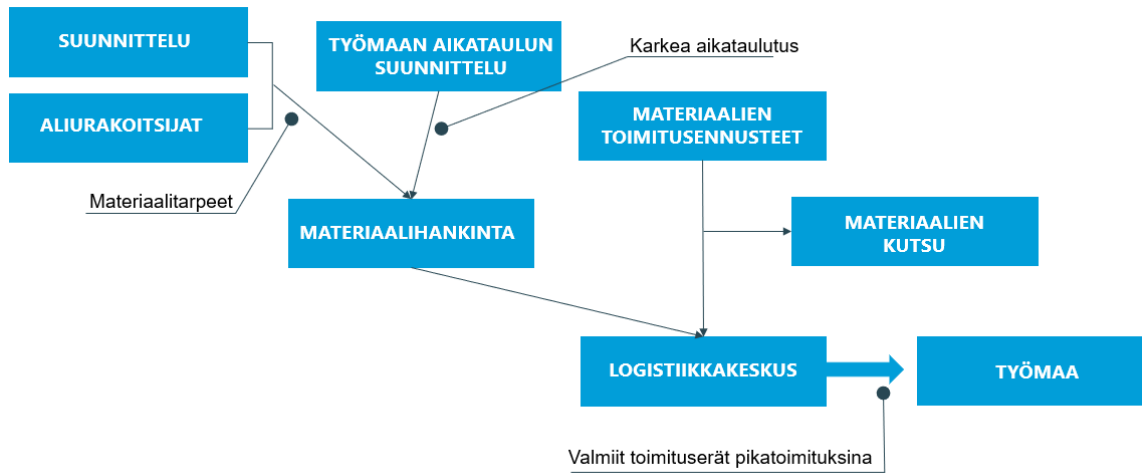
Kuva 30. Projektin aluesuunnitelma jaettuna lohkoihin

Yhtenä haasteena tunnistettiin paikalla rakennettavat kylpyhuoneet, joita on noin 40 kappaletta. Paikalla rakennettavat kylpyhuoneet ovat liikuntaesteisten kylpyhuoneet, jotka eroavat kevytbetonielementteinä toimitettavista kylpyhuoneista erimallisuutensa vuoksi. Paikalla rakennettavien ja kevytbetonielementteinä saapuvien kylpyhuoneiden jaksottaminen aikatauluun vaatii erityistä huomiota, sillä kylpyhuoneiden keräilyyn, toimitukseen ja asennukseen ei kulu aikaa yhtä kauan. Kevytbetonielementtikylpyhuoneet voidaan toimittaa täsmätoimituksina, kun taas paikalla rakennettavien kylpyhuoneiden valmistuminen tapahtuu vasta itse työmaalla.

### 3.3.2 Toinen työpaja: Materiaalinhallinta, tiedonkulku ja aikataulutus

Toisen työpajan pääpaino oli materiaalinhallinnan suunnittelussa, jonka ylätaso on esitetty kuvassa 31. Logistiikkakeskus sijoitetaan kellariin (kuva 29), jossa on arviolta 300-400 neliometriä tilaa käytössä projektin alusta asti. Kaikki materiaali kulkee logistiikkakeskuksen kautta huolimatta siitä, toimiiko tavarantilaajana YIT vai aliurakoitsija. Materiaalit tarkastetaan vastaanottaessa (määrä, laatu, puutteet, jälkitoimituspyynnöt) ja sanktiointi puutteista tapahtuu toimituslausekkeiden mukaan. Tässä kohtaa esiintyi pohdintaa siitä, kenen vastuulla on kuljetuksissa tulleet vauriot. Logistiikkakeskuksessa säilytetään käytännössä kaikki materiaalit, jotka ovat suunnittelun mukaisesti tilattu. Aliurakoitsijoiden vastuulle jätetään pientavarat eli niin sanotut taskussa kannettavat materiaalit, joiden ei tarvitse kulkea logistiikkakeskuksen kautta. Täydennysten osalta suositukseksi on, että

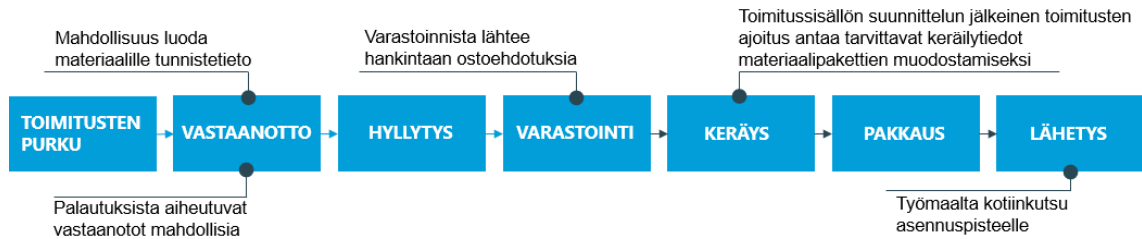
YIT hankkii kaiken itse, jolloin hallinta on helpompaa ja ylimääräiset sivussa tapahtuvat toimitukset eivät sotke muuta materiaalilogistiikkaa.



Kuva 31. Teollisen logistiikkaratkaisun materiaalinhallinnan ylätason kuvaus (mahdolliset välivarastot huomioimatta)

Viikkopalaverissa on tarkoitus sopia, milloin materiaalia tarvitaan kerroksiin. Ajatuksena on, että samat kantajat hoitavat myös jätteet pois työmaalta. Yksi logistiikkakeskusta rajoittava tekijä on kellarin korkeus, minkä vuoksi kellariin ei mahdu rekkaa. Toimitukset on siis tuotava pienrekoilla. Materiaalia saadaan toimitettua asennuspisteisiin logistiikkakeskuksesta hissillä avulla (3m x 1,3m), mikä nousee runkovaiheeseen eli on silloin käytävissä.

Saapuvan materiaalin tunnistaminen aiheutti keskustelua, sillä käytävissä olevista rakennusmateriaaleista ei ole tällä hetkellä olemassa kattavaa datakirjastoa käytettävien rakennusmateriaalien yksilöllisistä tunnistetiedoista. Keskustelua käytiin siitä, millä tasolla materiaalit tulee tunnistaa, millaiset tunnistetiedot materiaaleissa ovat jo käytössä ja miten tunnistetiedot saadaan kerättyä. Todettiin, että kaikissa materiaaleissa on jo olemassa jokin koodi (esimerkiksi EAN tai sähkökoodi), joten hankinnan yhteydessä tulisi pyytää materiaalitoimitusten tunnistetiedot tavarantoimittajilta. Mikäli tunnistetietoja ei ole olemassa, ne on mahdollista luoda QR-koodaamalla saapuvia materiaaleja logistiikkakeskuksessa ennen niiden hyllytystä ja varastointia (kuva 32). Jokaisella materiaalilla on tunnistetieto, joka saadaan siis suoraan tavarantoimittajalta tai se luodaan materiaalin saapuessa logistiikkakeskukseen. Näiden tunnistetietojen avulla luodaan huoneistokohtaisia valmiita materiaalipaketteja. Nämä materiaalipaketit puolestaan toimitetaan pyydettyäessä työmaalle oikeaan asennuspisteeseen. Materiaalien tunnistamisen jatkopohdinnan tuloksena todettiin, että jatkossa data kaikkien käytettyjen materiaalien tunnistetiedoista saadaan koottua materiaalinhallinnan alustan avulla, mutta nousi huoli siitä, kenen vastuulle sen ylläpitäminen jää.



Kuva 32. Teollisen logistiikkaratkaisun materiaalin käsittelyprosessin toiminnot logistiikkakeskuksessa

Tulevien viikkojen materiaalitarpeiden tiedonkulku työmaalla toteutetaan viikoittain urakoitsijakokouksissa. Urakoitsijakokouksessa on tarkoitus tarkentaa suunnitelmia materiaalityövälineistä eli on tieto mitä halutaan, milloin halutaan ja mihin halutaan. Keskeinen osa kokouksia on aliurakoitsijoiden materiaalien ja etenemän kuittaaminen. Tiedonkulun yhteydessä oli puhetta siitä, miten tulevaisuudessa voitaisiin toimia. Viikoittaisessa urakoitsijakokouksessa voitaisiin tarjota näkymä jatkoon, mikä auttaisi sitouttamaan aliurakoitsijat. Lisäksi ilmoille nousi ehdotus logistiikkakerroksista ja päivittäisjohtamispalaverista. Logistiikkakerros olisi kerran päivässä ja sen tarkoituksena olisi tarkastaa lisämateriaalityövälineet ja varmistaa tavaroiden saapuminen. Kerros olisi logistiikkamestarin vastuulla. Päivittäisjohtamispalaverit tarvitaan, jos edetään päivittäisaikataululla eli rakentamisen tuotantovaiheen aikataulut on päivätarkkuudella. Näin on suunniteltu projektilla toimittavan. Päivittäiset palaverit ovat lyhyitä 5-10 minuuttia kestäviä pikapalaverieita, joissa on tarkoitus saada jaettua tilannekäsitys kaikille osapuolille. Tätä varten tarvitaan tieto aikataulusta, laadusta, riskeistä, työturvallisuudesta sekä häiriöistä. Käytännössä tarkoituksena on kuitata etenemät (eli lähtö-, toimitus- ja asennustiedot) materiaalityövälineillä, jolla tarkoitetaan kuvassa 32 pakkaustoiminnon jälkeen syntyneitä lähetysvalmiita materiaalityövälineitä.

Aikataulutuksen osalta tehtiin päätös, että projektissa on käytössä kaksi erillistä aikataulua, omat paikallaan rakennettaville sekä moduuleille. Tähän päädyttiin siitä syystä, että paikallaan rakennettaessa työvaiheita on enemmän kuin moduulitoimituksissa, jotka vaativat työmaalla pääosin ainoastaan vastaanottamisen, kuljetuksen sekä asentamisen. Moduulit voidaan toimittaa täsmätoimituksina ilman logistiikkakeskusta, kun taas paikalla rakennettaessa kaikki materiaalityövälineet kulkevat logistiikkakeskuksen kautta. Aikataulutus aloitetaan seuraavasti; yksi huone jaetaan työvaiheiksi, joita vastaa työvaiheen materiaalityövälineistä muodostuvat materiaalityövälineet. Huonekohtaiset työvaiheet voidaan sen jälkeen edelleen jaotella työjonoiksi, minkä jälkeen pystytään muodostamaan karkea aikataulu. Käytössä voi olla niin huone-, lohko- kuin kerroskohtaiset työjärjestykset. Tarkoituksena on edetä lohko kerrallaan niin, että ensimmäisen lohkon valmistuessa seuraavaa lohkoa suunnitellaan.

Toisen työpajan lopuksi valmistauduttiin kolmanteen työpajaan määrittelemällä, mitä tulee hoitaa ennen kolmannen työpajan toteutusta. Kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajan tehtäväksi jäi tarkentaa heillä aiemmin käytössä olleita rooleja ja vastuita projektiin sopiviksi, tarkastaa mahdolliset investointivaatimukset sekä suunnitella logistiikkakeskuksen alustava layout. YIT:n tehtäväksi jäi toimittaa urakoitsijakokousten pohja kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajalle.

### 3.3.3 Kolmas työpaja: Operatiivinen toimintamalli

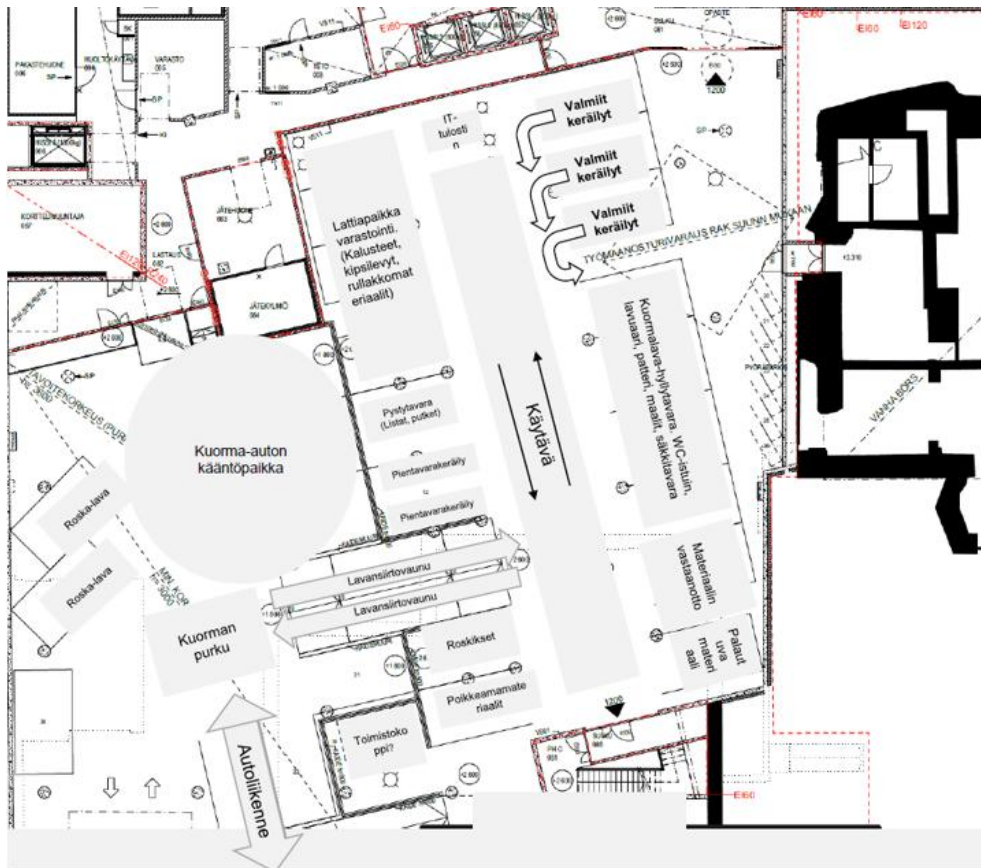
Kolmannen työpajan tuloksena saatiin määritettyä logistiikkatehtävien vaatimat roolit ja toimintavastuut sekä välivarastoinnin tarve ja sen toteutustavan kartoitus. Lisäksi määritettiin materiaalitarpeen kierto, asiakasvaatimukset ja niiden edellytykset, päivittäisjohtamisen tapa sekä kommunikointisuunnitelman ja operatiivisen toimintamallin päivitys. Logistiikkatehtäviin liittyen tunnistettiin seitsemän erillistä roolia, jotka toimintavastuineen on listattuna taulukossa 10. Minimiresursointi logistiikkahenkilöstön tarpeesta pilottiprojektin työmaalla on kaksi, mikä kattaa materiaalivastaavan sekä ylämiehen. Jos materiaalivirtaus kasvaa, tarvitaan lisää ammattitaitoista logistiikkahenkilöstöä.

Taulukko 10. Teollisen logistiikkaratkaisun roolit ja toimintavastuut

Rooli	Toimintavastuu
Alamies	Muut "maan pinnan" logistiset tehtävät esimerkiksi roskalavojen vaihto ja kuljetukset välivarastosta Työmaalle saapuvien toimitusten vastaanotto ja ohjaaminen
Karkea aikataulusuunnittelija	Karkean aikataulusuunnitelman luominen, vaiheistus, päivittäminen ja kommunikointi Materiaalien toimituksen varmistaminen aikataulua vasten
Logistiikkatyöntekijä (haalaja)	Tavaroiden kantaminen sovittuihin pisteisiin Viallisten materiaalien ja jätteiden poistaminen kerroksista
Logistiikkatyöntekijä (varastotyöntekijä)	Materiaalien hallinta <ul style="list-style-type: none"> <li>Vastaanottaminen logistiikkakeskuksessa käytettävään järjestelmään</li> <li>Kerääminen pyydettyihin toimituseriin</li> <li>Pakkaaminen toimitusvalmiuteen</li> </ul>
Materiaalivastaava	Aikataulun päivittäminen Logistiikkaan liittyviin päivittäis- ja viikkopalavereihin osallistuminen Logistiikkatyöntekijöiden esimies Materiaalitarpeiden kerääminen ylläpidettyä aikataulua vastaan Materiaalivaraston ylläpito Materiaalivirtojen suunnittelu ja aikataulutus Työmaan päivittäisen todellisen työn etenemän kerääminen ja ylläpitäminen
Työn suunnittelija	Luoda työjono Toteutettavien työkokonaisuuksien suunnittelu ja suunnittelusta tulevien materiaalitietojen yhdistäminen
Ylämies	Kerroksissa tapahtuvasta materiaaliilikesteestä vastaaminen Tarvittavien raportointien tekeminen järjestelmään Materiaalien paikkansapitävyys logistiikkakeskuksessa

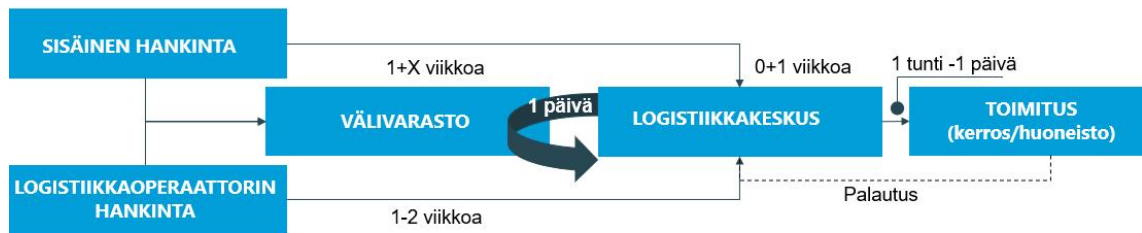
Kolmannessa työpajassa todettiin logistiikkakeskuksen lisäksi tarve välivarastolle, koska varastoon suunnitellun logistiikkakeskuksen varaston kapasiteetti ei riitä. Kuvassa 33 näkyy kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajan suunnitelmaa mukaileva layout-ehdotus logistiikkakeskukselle. Työmaan pihalle mahtuu yksi rekka kerrallaan ja logistiikkakeskuksen toimivuuden takaamiseksi materiaalinhallinnan tason varastossa on oltava korkealla. Välivaraston avulla logistiikkakeskus ei ylikuormitu ja toimitusketjun hallinta helpottuu, kun logistiikkakeskukseen voidaan tuoda välivaraston kautta tavaraa pienrekallisina. Kustannusten halutaan pysyvän maltillisina, joten kolmannessa työpajassa päätettiin etsiä vuokrattavaksi kooltaan alle 200 neliön välivarasto. Vuokratustansarvioksi kylmälle välivarastolle arvioitiin olevan noin 4e/neliö ja lämpimälle välivarastolle noin 6e/neliö. Varastointikeskustelussa esiin nousi väliseinien toimitus. Väliseinistä sovittiin seuraavasti; materiaali toimitetaan rekalla työmaalle täsmätoimituksena ja viedään rekasta suoraan oikeisiin kerroksiin. Tätä varten tarvitaan erillinen kantoryhmä.





Kuva 33. Logistiikkakeskuksen layout-ehdotus (Mukaiillen kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajan ehdotusta)

Materiaalitarpeen lukitsemisen täytyy tapahtua ennalta sovitussa aikamäärässä, jotta oikeat materiaalit saadaan työmaalla asennuspisteisiin haluttuun aikaan ja logistiikkakeskus pysyy hallittavissa. Tällä tarkoitetaan kuvassa 32 sitä aikaa, mikä työmaalta kestää kotiinkutsua materiaalipaketteja eli käynnistää lähetystoiminto. Tarvelaskentaan riittää viikkopalaveri, mikä tarkoittaa YIT:llä käytössä olevaa urakoitsijakokousta kerran viikossa. Työjärjestys on tarkoitus lukita 2+1 viikoksi, jotta tilaukset ja materiaalivirtaus saadaan kuntoon (kuva 34). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kerran viikossa lukitaan kahden seuraavan viikon työjärjestys. Materiaalitarpeen lukitsemisen jälkeen järjestystä ei voi enää muuttaa. Lukittujen materiaalipakettien toimitusjärjestyksen muuttaminen sekoittaa koko työmaan, kun materiaalit loppuvat ja materiaalipaketteihin kytketyn aikataulutuksen variointi heijastuu muiden työvaiheiden viivästyminä.



Kuva 34. Teollisen logistiikkaratkaisun projektikohtainen materiaalinhallinta

Rakennusprojektin sisävaiheiden osalta sovittiin, että pysytään lohko-kohtaisessa jakso-  
tuksessa. Tahtiaika täsmentyy vasta myöhemmin, mutta huoneistokohtaisten sisävaiheen  
työvaiheiden arvioitiin olevan toteutettavissa kahdella ammattiasentajalla. Huoneissa am-  
mattiasentajien työvaiheita ovat parkettien, ovien, listojen ja väliseinien asennus sekä ik-  
kunoiden ja ovien kittaus. Työpajassa pohdittiin, löytyykö projektin lähistöltä tällaisia  
ammattiasentajia tai pienfirmoja toteuttamaan haluttua pienurakkaa. Yhtenä mahdolli-  
suutena nähtiin myös YIT:n omien ammattiasentajien käyttäminen, mutta resurssion-  
gelma saattaa muodostua siinä suurimmaksi haasteeksi. Tässä vaiheessa ei ole siis tehty  
lopullista päätöstä siitä, mistä otetaan ammattiasentajat tekemään sisävaiheen työvaiheet.  
Sähkö- ja ilmanvaihdon ammattiasentajat päätettiin palkata projektiin erikseen.

Tämän hetkisen sopimuksen mukaan kalusteet tulevat käyttäjältä, mutta käyttäjä on pyy-  
tänyt tarjousta kalusteista ja asennuksista YIT:ltä. Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että  
käyttäjällä tekisi yhteistyötä kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajan kanssa suo-  
raan ilman välikäsiä. Tämä olisi tilaajan kannalta kustannussyistä järkevämpää.

Kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajan kokemusten mukaan yleisimmät syyt  
tavaroiden toimitusepävarmuuksiin johtuvat materiaalitietojen saamisesta liian  
myöhään tai jostain viime hetkellä työjonoon tehdystä muutoksesta. Teollinen logistiik-  
karatkaisu kohdistaa aliurakoitsijoille ja tavarantoimittajille edellytyksiä. Näitä asia-  
kasedellytyksiä on avattu taulukossa 11 ja niitä on mahdollista mitata valikoiduin mitta-  
rein. Teolliseen logistiikkaratkaisuun kuuluvaan digitaaliseen sovellusalustaan voidaan  
kerätä haluttuja tietoja, kuten tavarantoimittajan poikkeamista. Poikkeama syntyy esimer-  
kiksi virheellisestä tai viallisesta materiaalista tai tuotteesta.

Taulukko 11. Teollisen logistiikkaratkaisun asiakasvaatimukset ja niiden edellytykset sekä vastuutus

Laadulliset vaatimukset	Edellytykset	Vastuu
Materiaalin oikea-aikaisuus	Aikataulu toimitettu sovitusti Henkilöstö- ja työkoneresurssit varattu Materiaalisaatavuus	Aikatauluista vastaava Urakoitsijat Materiaalivastaava
Materiaali oikeassa paikassa	Tieto toimituspisteen sijainnista Tyhjä tilaa toimitukselle	
Materiaalia oikea määrä	Keräilytoiminnon edellyttämä materiaalisaatavuus kunnossa Keräys tehty oikein	Materiaalivastaava
Materiaali käyttökelpoista kohteessa	Laatuvaatimus määritetty ja tarkastus tehty sovitusti	Ala-/Ylämies
Siisteys	Rikkiäiset ja ylimääräiset materiaalit poistetaan alueelta Urakoitsijat siivoavat alueet ja lajittelevat roskat ohjeistetusti	Materiaalivastaava/ Urakoitsijat

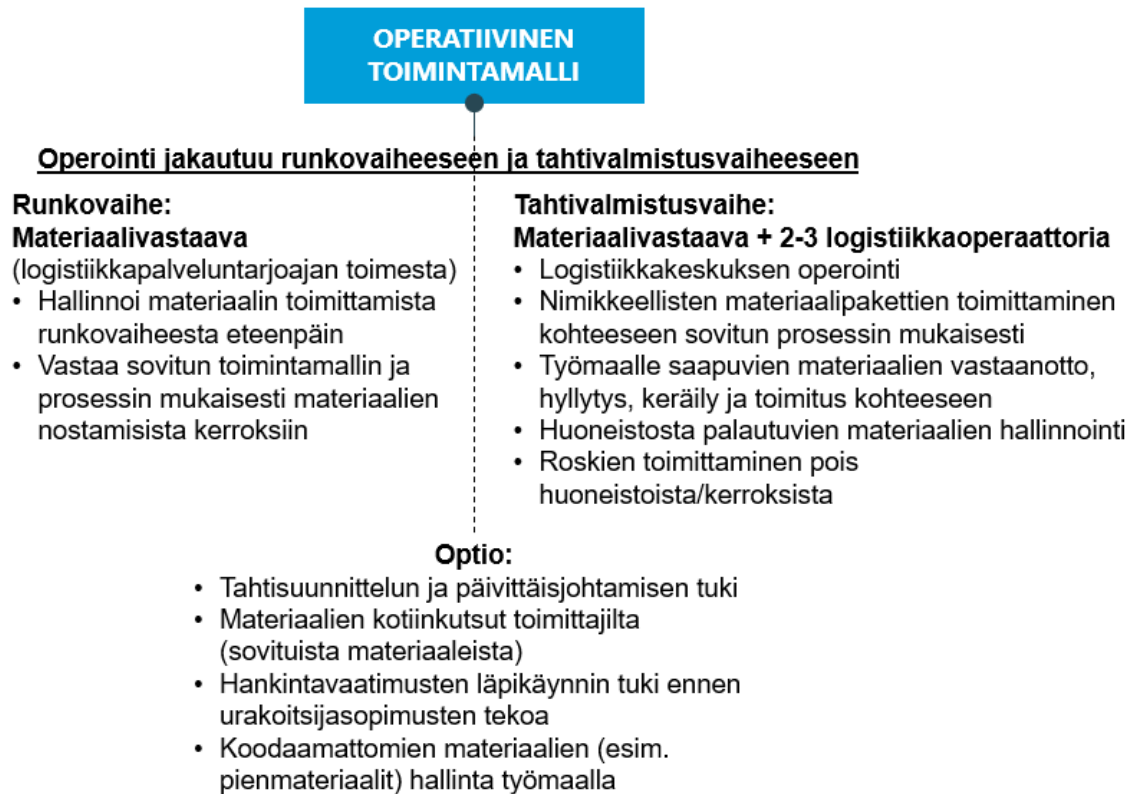
Lisäksi kolmannen työpajan agendalla oli kommunikaatiosuunnitelma, joka on esitetty taulukossa 12. Avoimen kommunikaation pohdittiin olevan elinehto teollisen logistiikkaratkaisun onnistuneelle integroinnille rakennusprojektiin. Tästä syystä työpajassa keskityttiin pohtimaan kommunikoinnin työtapoja. Tärkeimpinä tuotantovaiheen kommunikoinnin tapoina esille nousi päivittäisjohtamispalaveri sekä viikkopalaverit. Päivittäisjohtamispalaveri pidetään nimensä mukaisesti päivittäin ja sen sisältönä on seurata etenemä, mahdolliset häiriöt ja varmistaa seuraavan päivän työedellytykset. Viikkopalavereita järjestetään tiistaisin ja perjantaisin. Tiistain viikkopalaverissa urakoitsijan kanssa käydään materiaalitardeet läpi. Käytännössä palaverin tavoitteena on tarkistaa, että aikataulut ja seuraavan viikon materiaalityötoimitukset on varmistettu. Oleellinen osa palaveria on myös häiriöiden läpikäynti; niistä tehdään yhteenvedot, jotka käsitellään palaverissa. Perjantaisin pidetään noin viidentoista minuutin kestoisen viikkopalaveri, jossa kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoaja antaa toiminnallista palautetta. Tästä palaverista vastaa logistiikkapalveluntarjoaja, joka nostaa havaitut ongelmat ja kertoo ongelmiin liittyviä parannustoimenpiteitä. Palaveri mukaillee jatkuvan kehittymisen ideologiaa: ongelmat tuodaan näkyviksi ja niihin reagoidaan. Tämän lisäksi palaverissa on käytössä niin sanottu vapaa sana eli osallistujat voivat kertoa tuntemuksistaan sekä jakaa omia huolenaiheitaan ja kokemuksiaan, niin negatiivisia kuin positiivisia.

Taulukko 12. Teollisen logistiikkaratkaisun tuotantovaiheen kommunikaatiosuunnitelma

Kommunikointitapa	Sisältö	Milloin
Päivittäisjohtamispalaveri	Etenemä Häiriöt Seuraavan päivän työedellytyksien varmistaminen	Päivittäin
Viikkopalaveri • Urakoitsijan kanssa	Aikataulu vs. materiaalitoimitukset seuraavalle viikolle Häiriöiden yhteenvedot ja käsittely	Tiistaisin
Viikkopalaveri • Logistiikkapalveluntarjoaja vastaa • Vartin toiminnallinen palaute –palaveri	Ongelmien nostaminen, parannustoimenpiteet, mittarit ”Tuskien jakaminen”	Perjantaisin
HSE-kierrokset	HSE:n puutelistan toimittaminen logistiikkapalveluntarjoajalle	Kerran viikossa
Työturvavartti	Tärkeimmät nostot työturvallisuudesta	Joka toinen viikko

### 3.3.4 Neljäs työpaja: Operoinnin laajuus

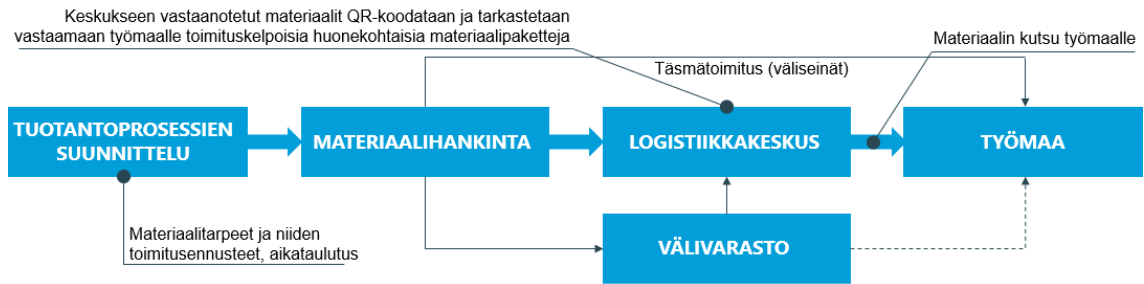
Viimeisen työpajan aikana tehtiin aiemmista työpajoista yhteenveto ja perehdyttiin logistiikkapalveluntarjoajan ehdottamaan projektiikohtaiseen operatiiviseen toimintamalliin projektin läpiviemiseksi (kuva 35). Operatiivisen toimintamallin päätettiin jakautuvan runko- ja tahtivalmistusvaiheeseen. Kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajan ehdotuksen mukaan runkovaiheessa riittäisi resurssina kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajan materiaalivastaavan läsnäolo rakennusprojektissa. Materiaalivastaava hallinnoisi materiaalien toimituksia runkovaiheesta eteenpäin sovitun mukaisesti ja vastaisi siitä, että toimintamallin ja prosessin mukainen materiaalien nosto kerroksiin toteutuu.



Kuva 34. Projektikohtaisen operatiivisen toimintamallin ehdotus

Tahtivalmistusvaiheessa mukana olisi materiaalivastaavan lisäksi kaksi tai kolme logistiikkahenkilöä, jotka toimivat logistiikkaoperaattoreina. Näiden logistiikkahenkilöiden vastuulla olisi ylipäätään varastossa sijaitsevan logistiikkakeskuksen operointi. He varmistaisivat, että materiaalipakettien toimitus tapahtuu suunnitellusti. Varastossa tapahtuvat toiminnot (esitetty kuvassa 32), kuten materiaalien vastaanotto, hyllytys, keräily ja toimitus haluttuun paikkaan työmaalla kuuluvat logistiikkahenkilöiden vastuualueeseen. Lisäksi he hallinnoivat huoneistoista palautuvia materiaaleja ja toimittavat huoneistoista ja kerroksista pois mahdollisen ylijäämän ja roskat. Lopullisia päätöksiä resursseista ei tässä kohtaa kuitenkaan tehty.

Kaiken kaikkiaan projektin teollisen logistiikkaratkaisun tämänhetkinen ylätason kuvaus projektille on esitetty kuvassa 36. Teollinen logistiikkaratkaisu käynnistetään huolellisella ennakkosuunnittelulla, joka sisältää sekä uusia että vanhoja toimintatapoja. Suunnitteluprosessi koostui niin uudesta työpajojen muodossa tapahtuvasta suunnittelusta kuin normaalista rakennusprojektiin kuuluvasta suunnitteluprosessista. Työpajojen tuloksena päädyttiin siihen, että materiaalihankinnat kulkevat pääosin projektin varastossa sijaitsevan logistiikkakeskuksen kautta työmaalle valmiina huoneistokohtaisina materiaalipaketteina. Väliseinät toimitetaan aiemmin sovitusti täsmätoimituksena. Välivaraston kautta kulkeva materiaali kulkee pääsääntöisesti logistiikkakeskuksen kautta, mutta täsmätoimitukset myös suoraan välivarastosta työmaalle ovat mahdollisia. Tärkeintä on hallitut toimintatavat.



Kuva 36. Teollisen logistiikkaratkaisun projektikohtainen ylätason kuvaus

### 3.3.5 Teollisen logistiikkaratkaisun asettamat vaatimukset toimittajasopimukseen

Teollisen logistiikkaratkaisun integroinnin yhteydessä työpajoissa sivuttiin alihankintasopimukseen tulevia muutoksia. Vaatimuksia tarkasteltiin työpajojen jälkeen pidetyssä palaverissa, joka koski nimenomaan sopimusteknisiä asioita. Esille nousi kolme näkökulmaa: 1) vaatimukset logistiikkakeskukseen saapuvalla materiaalille, 2) vaatimukset logistiikkakeskuksen välisen informaation jakamiseen ja läpinäkyvyyteen sekä 3) vaatimukset käyttökohteeseen saapuvalla materiaalille.

Materiaalien on oltava työmaan osoittamassa varastossa kolme viikkoa ennen käyttötartetta, ellei sopimuksessa erikseen ole muuta aikaa määritetty. Jos materiaaleja varastoidaan yli kuukausi tai kaksi viikkoa pidempään kuin sopimuksessa on määritetty, niin urakoitsija tai materiaalien omistaja on velvollinen maksamaan varastointikustannukset. Nämä kustannukset tulee sopia erillisen sopimuksen mukaan esimerkiksi noudattaen euroäärää, lavapaikkahintaa taikka päiväkohtaista varastointimaksua. Sopimuksessa määritetystä materiaalien tilausajankohdasta poiketessa tulee työmaan logistiikasta vastaavan henkilön kanssa sopia tilatun materiaalierän saapumisesta neljä viikkoa ennen, jollei erillisellä projektikohtaisella sopimuksella ole toisin määritetty. Varastoon saapuvat kollit ja paketit on oltava selkeästi nimetty riippuen toimitus- ja käsittelytavasta.

## 3.4 Kokemukset muista rakennusprojekteista

### 3.4.1 Keskustahotelli

Keskustahotelli on kohdeyrityksen valmistunut rakennusprojekti, jonka osalta pilotoitiin teollisen logistiikkaratkaisun mukaista aikataulutusta ainoastaan päivittäisjohtamisen osalta. Projektin perustiedot on esitetty taulukossa 13. Perusongelmana projektilla oli aloituksen nopeus ja ei-toteutuskelpoiset kuvat. Lisäksi Keskustahotellissa kalusteet olivat operaattorin tilaama sivu-urakka, jonka saaminen toimimaan projektin kokonaisuuden kanssa aiheutti haasteita. Kaikki olivat projektilla suuren työkuorman alla, eikä työnjohdolla ollut mahdollisuutta viettää riittävästi aikaa työmaalla. Informaation kulku tunnistettiin myös yhdeksi haasteeksi. Teollisen logistiikkaratkaisun mukainen päivittäisjohta-

miskäytäntö otettiin Keskustahotellissa käyttöön, kun projekti oli jo käynnissä, joten työmaan lähtötilanteeseen ei voitu vaikuttaa. Projektilla käytettiin samaa kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajaa kuin Hamburger Börsissä. Työmaan lähtötilanne muutokselle oli haasteellinen, mutta otollinen. Yhteistyökyky ja yleinen ilmapiiri projektilla olivat kaikesta huolimatta hyvät. Logistiikkapalveluntarjoajan ottaminen mukaan toimi projektilla ikään kuin ulkopuolisena konsulttina, joka miellettiin puolueettomana tahona.

Taulukko 13. Keskustahotelli-rakennusprojektin perustiedot

Projektin tiedot	
Työmaan nimi	Keskustahotelli
Urakkamuoto	Projektinjohtokilpailu (tavoite- ja kattohinta)
Urakan sisältö	Hotellisaneeraus
Tunnistetut haasteet	Ahdas työmaa Suunnitelmamuutokset Tiukka aikataulu
Bruttoala	12 000 brm <sup>2</sup>
Muuta	Teollisen logistiikkaratkaisun mukainen päivittäisjohtaminen käytössä

Keskustahotellin logistiikkavastaava toteutti aamuisin 20-30 minuutin kierroksen yleiskuvan saamiseksi, minkä lisäksi nokkamiesten ja työmaahenkilöstön kanssa pidettiin 15 minuutin päivittäispalaveri. Tämän lisäksi projektilla oli käytössä seuranta ja ennakointia. Projektin väliraportoinnissa haastateltiin projektin työnjohtoa ja esiin nousi seuraavia huomioita koskien päivittäisjohtamisen käytänteitä:

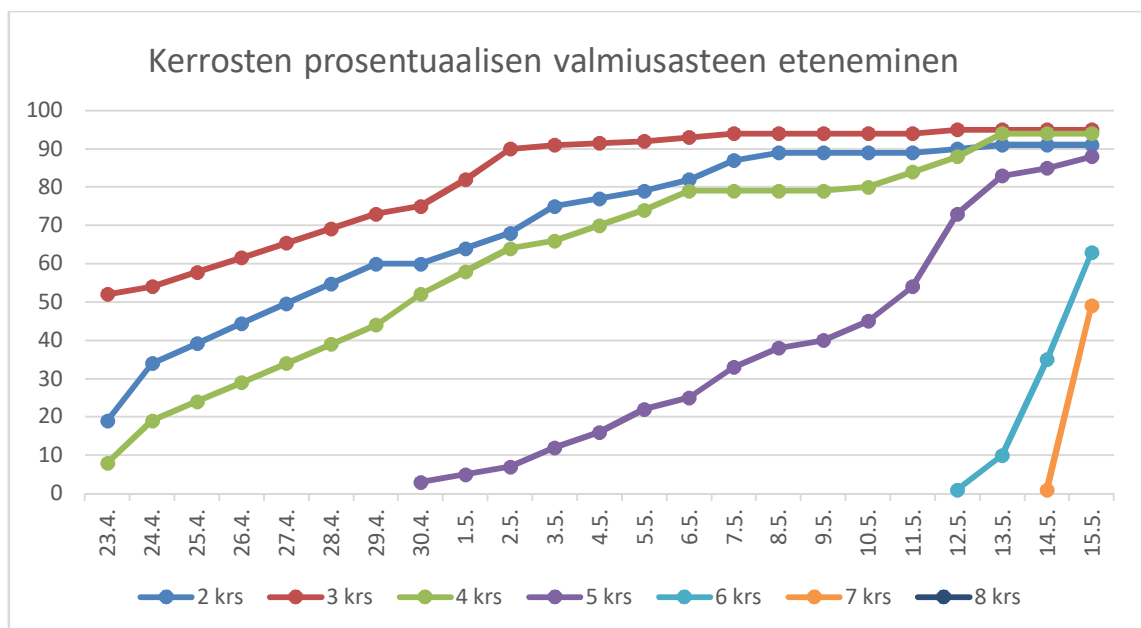
- (1) Päivittäisjohtaminen tulee laajentaa myös muille projekteille
- (2) Päivittäisjohtamisen käytännöt tulisi siirtää YIT:n omille työnjohtajille
- (3) Päivittäisjohtamisen osaamista tulee kehittää
- (4) Riittävät resurssit tulee allokoida ja tarvitaan enemmän ennakointia
- (5) Aliurakoitsijoiden sopimukseen tarvitaan maininta päivittäisjohtamisen käyttämisestä

Keskustahotellin projektihenkilöstön mukaan päivittäisjohtamisen käyttäminen oli projektin loppuun saattamisen kannalta onnistunut ratkaisu. Työmaan aikataulu saatiin päivittäisjohtamisen avulla takaisin hallintaan. Projekti saatiin valmiiksi ja kokemukset päivittäisjohtamisesta olivat positiivisia. Taulukkoon 14. on koottu projektin loppuraportista ilmenneitä havaintoja, tuloksia ja kehitystarpeita päivittäisjohtamisen käyttämisestä.

Taulukko 14. Keskustahotelli-projektin kokemukset päivittäisjohtamisesta (mukaillen YIT:n Keskustahotelli-pilotin loppuraportti)

Kokemukset päivittäisjohtamisesta	
Aliurakoitsijat	Nokkamiesten ja urakoitsijoiden sitoutuminen parani <ul style="list-style-type: none"> <li>• Korjaavan toimenpiteen seuranta loi urakoitsijoilta painetta toisilleen pysyä aikataulussa</li> <li>• Perinteisellä toimintamallilla kentällä olevat ammattimiehet eivät tiedä aikataulua, jos aliurakoitsijan työnjohto ei kommunikoi</li> </ul> Tilannetiedot saatiin päiviä etukäteen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Urakoitsijoiden oman työn suunnittelu helpottui</li> </ul>
Päivittäiset palaverit	Aikatauluvarmuus parani <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tilanne repsahti nopeasti, jos päivittäiset palaverit loppuivat</li> </ul> Työmaan hallittavuus kasvoi
Reagointi	Asiat havaittiin helpommin <ul style="list-style-type: none"> <li>• Onnistunut toiminta saatiin näkyväksi</li> <li>• Ongelmat pienenevät ja olivat ratkaistavissa nopeammin – usein jo ennalta</li> </ul> Vaati välitöntä reagointia muutoksiin
Resurssit	Dokumentointiin jäi enemmän aikaa <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vähensi riitatilanteita, kun on kattavat dokumentit</li> </ul> Työnjohdolla oltava mahdollisuus keskittyä ennakointiin           Vaatii osaamista ja kokemusta <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaivataan tukea työmaalle, erityisesti alussa</li> </ul>
Tuotantovaiheen suunnittelu	Suunnittelun tason parani           Vaatii työtä

Kuvassa 37. on esitetty Keskustahotellin kerrosten prosentuaalisen valmiusasteen eteneminen sen jälkeen, kun päivittäisjohtamisen toimintaperiaate otettiin projektilla käyttöön. Kerrosten valmiusasteiden etenemissä huomioitiin nauhoitus, tasoitus, maalaus, tapetointi sekä kaluste- ja sähköasennuksiin liittyvät työvaiheet. Tarkemmat toteutuneiden ja suunniteltujen kerroskohtaisten valmiusasteiden etenemät on avattu liitteessä 2. Projektihenkilöstö oli tyytyväinen päivittäisjohtamisen käytännöillä saavutettuihin tuloksiin.



Kuva 37. Keskustahotelli-projektin kerrosten prosentuaaliseen valmiusasteeseen eteneminen (Lähde: YIT:n Keskustahotelli-pilotin loppuraportti)



### 3.4.2 Keilalampi

Keilalammen peruskorjaus on kohdeyrityksen käynnissä oleva projekti, jossa myös pilotoidaan teollista logistiikkaratkaisua. Tarkempia perustietoja on esitetty taulukossa 15. Suurimpana erona Keilalammella on tämän tutkimuksen päätutkimusprojektiin, Hamburger Börsiin, projektin logistiikkakeskuksen sijainti. Kuten mainittua, niin Hamburger Börsissä kellarikerros toimii logistiikkakeskuksena, mutta Keilalammessa ei ole lainkaan varastointitilaa. Keilalammessa ei ole pihaa ja työmaan naapurissa on kolme muuta työmaata aivan vieressä. Tämän lisäksi infrarakentamisen takia kuormaliikenne on alueella suuri. Logistiikkakeskuksena toimii vuokrattu varasto lähistöllä. He ovat sopineet, että kuormia tulee ainoastaan torstaisin ja perjantaisin puolenpäivän jälkeen. Keilalammen materiaalilogistiikka mukaillee Hamburger Börsin suunnitelmia, pientavarat eivät kulje logistiikkakeskuksen kautta ja kipsilevyt, alakatot yms. isot materiaalit toimitetaan täsmätoimituksina. Tuotantoinsinööri uskoo, että jatkossa, kun voidaan näyttää toteen, että teollinen logistiikkaratkaisu toimii, niin kaikki materiaali menee varaston kautta. Pois lukien materiaalit, jotka eivät kestä käsittelyä kahteen kertaan.

Taulukko 15. Keilalammen perusparannus -rakennusprojektin perustiedot

Projektin tiedot	
Työmaan nimi	Keilalammen perusparannus
Urakkamuoto	Kokonaisvastuu-urakka
Urakan sisältö	Saneeraus
Tunnistetut haasteet	Ahdas työmaa Tiukka aikataulu
Bruttoala	21 600 brm <sup>2</sup>
Muuta	Teollisen logistiikkaratkaisun pilottiprojekti

Keilalammessa (projekti havainnollistettu kuvassa 38) teollisen logistiikkaratkaisun käynnistysvaihe toimi lähes vastaavasti kuin Hamburger Börsissä. Ilmeisimpänä erona on työpajojen määrä, Hamburger Börsissä työpajoja oli neljä kappaletta, kun taas Keilalammessa kolme. Tahtisuunnittelu ja Last Planner ovat käytössä työmaalla. Käytössä on kaksi erillistä tahtia; toimistokerroksiin omansa, sillä ne ovat lähes identtisiä keskenään, ja toinen tahtiaikataulu ensimmäiselle kerrokselle sekä kellariin, johtuen niiden tilojen rakenteiden erilaisuudesta verrattuna toimistokerroksiin.



Kuva 38. Havainnollistava kuva Keilalammen rakennusprojektista valmistuessaan

Keilalammessa materiaalikuormia tulee torstaisin ja perjantaisin, arviolta sata lavaa viikossa. Viikonloppua mietittiin materiaalin kuljetukselle hyvänä vaihtoehtona, mutta se karsiutui pois, sillä kuljetushaasteet muodostuivat siinä vaihtoehdossa ongelmalliseksi. Torstaisin on viikoittainen logistiikkapalaveri, jolloin katsotaan seuraavan viikon kuormien aikataulus ja varmistetaan sitä seuraavan viikon välivarastomateriaalin saatavuus. Resurssit ovat työmaalla hyvät, logistiikkapalveluntarjoajalta tulee logistiikkatyöntekijä avuksi ja yksi työnjohtaja ottaa logistiikan vastuulleen keskittyen pelkästään siihen. Aluevastaavat vastaavat omista alueistaan, mutta kokonaisvastuu on logistiikkapalveluntarjoajalla.

Keilalammen tuotantoinsinöörin haastattelussa ilmeni kehitystä varten, että logistiikkaprosessin käynnistämiseen voisi riittää jatkossa neljän tunnin palaveri. Teollinen logistiikkaratkaisu tulee budjetoida rakennusprojekteihin. Lisäksi tällä hetkellä kuljetussopimus logistiikkakeskukselta työmaalle on hintava, mutta jatkossa voitaisiin pyrkiä solmimaan puitesopimus. Ennakkosuunnittelun tulee tapahtua aiemmin, nyt päätös oli hieman myöhässä, sillä alihankintasopimuksia oli jo ehditty sopia. On ehdottoman tärkeää, että hankinnalle, kuten työmaahenkilöstöllekin, on selkeää mitä teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönotto tarkoittaa. Hinnastopuoli on saatava kuntoon. Paljonko mikäkin maksaa? Mikä on logistiikkapalveluntarjoajan tarjoaman logistiikkahenkilön kustannus? Paljonko ohjelmistosta veloitetaan? Käytetäänkö kuukausiveloitusta? Haalauksen osalta hinnastopuoli on jo kunnossa, sillä veloitetaan toteuman mukaisesti. Myös välivarastoinnin hinnoittelu onnistuu helposti lavahinnoittelulla. Tuotantoinsinööri näki suurimpana uhkana aikataulus pysymisen, koska se sekoittaa teollisen logistiikkaratkaisun toiminnan ja siten koko rakentamisen tuotantoprosessin. Kaiken kaikkiaan kuitenkin tavoitellaan kohdeyrityksen näköistä toimintamallia, mihin tähdätään pilottiprojekteista saaduilla opeilla.

### 3.5 Tulosten yhteenveto

#### 3.5.1 Teollisen logistiikkaratkaisun vaikutukset toimintoihin ja tunnistetut muutostarpeet

Tässä tutkimuksessa havaittiin teollisen logistiikkaratkaisun integroinnin rakennusprojektiin vaikuttavan moniin eri rakennusprojektin toimintoihin, jotka on koottu taulukkoon 16. Havaittujen vaikutusten aiheuttamien muutostarpeiden perusteella tutkimuksen tulokset jaoteltiin kolmeen pääkategoriaan: 1) tuotannon suunnitteluun, 2) toimintaperiaatteisiin sekä 3) toimintamalleihin.

Taulukko 16. Teollisen logistiikkaratkaisun vaikutukset ja muutostarpeet rakennusprojektin toiminnoissa

Vaikutukset	Muutostarpeet
Tuotannon suunnittelu	Erillinen tuotantovaiheen suunnitteluprosessi projektin alussa Teollinen logistiikkaratkaisu huomioitava projektin alkuvaiheessa <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hankinnan osallistaminen</li> <li>• Sopimustekniset asiat</li> </ul> Vaatii tahtituotannon
Toimintaperiaatteet	Aikataulutäsmällisyys <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aikataulun joustovaran pieneneminen</li> <li>• Tuotantovaiheen suunnitelmamuutosten mahdollisuuksien heikkeneminen</li> </ul> Läpinäkyvyyden lisääntyminen Materiaalikierto keskitetysti logistiikkakeskuksen kautta Systemaattinen tiedonkeruu Yhteistoiminnallisuuden lisääntyminen Yhtenäiset toimintatavat <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pehdytys ja jalkautus</li> </ul>
Toimintamallit	Toteutusvaiheen suunnitelmat ja suunnitelmamuutokset <ul style="list-style-type: none"> <li>• Määritellään kriittiset suunnitelmat, joiden tulee olla valmiit projektin rakennusvaiheen alussa</li> <li>• Määritetään muille tuotantosunnitelmille aikataulut ja mahdollisille tarkennuksille takarajat</li> </ul> Uudet palaverikäytännöt <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aikatauluseuraamisen työkalujen aktiivinen käyttäminen</li> <li>• Päivittäisjohtamisen korostunut merkitys</li> </ul>

Teollinen logistiikkaratkaisu on kytköksissä moniin eri tekijöihin, kuten rakennusprojektin logistiikkaan ja toimitusjärjestelmiin, toimitusketjun hallintaan sekä materiaalilogistiikan organisointiin. Rakennusprojektin alkuvaiheessa teollinen logistiikkaratkaisu vaikuttaa ennen kaikkea tuotantovaiheen suunnitteluprosessiin ja kaikki edellä mainitut osat alueet on huomioitava tuotannon suunnittelussa. Teollinen logistiikkaratkaisu on yksinkertaistetusti toimintamalli, joka pakottaa rakennusprojektin toimitusketjuun liittyvät prosessit toimimaan halutulla tavalla. Jotta prosessit saadaan toimimaan vaaditusti, on ne suunniteltava huolellisesti.

Teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönotto edellyttää erillisen suunnitteluprosessin ennen rakentamisen aloitusta. Tässä tutkimuksessa kuvatun projektin suunnitteluprosessi

koostui neljästä eri työpajasta, joiden kunkin kesto oli noin kaksi tuntia. Suunnitteluprosessissa käydään totuttua tarkemmin läpi aikataulutusta, sillä teollinen logistiikkaratkaisu vaatii rinnalleen toimivan tuotantovaiheen, jota tahtituotannon käyttäminen edustaa. Ennakkosuunnittelun yhteydessä logistiikka on huomioitava huolellisesti. Hankinnan on pystyttävä luomaan materiaalityypit, jotka kirjataan materiaalinhallinnan sovellusalueeseen, jotta materiaalinhallinta saadaan toteutettua teollisen logistiikkaratkaisun mukaisesti.

Näkyvimpiä teollisen logistiikkaratkaisun vaikutuksia on toimintaperiaatteiden ja käytäntöjen muuttuminen totutusta toimintamallista. Yhtenä vaikutuksena voidaan pitää toimintaperiaatetta aikataulutäsmällisyydestä, jonka vaikutuksena aikataulun joustovara pienenee ja suunnitelmamuutosten mahdollisuus heikkenee. Aiemmin sovitusta suunnitelmista on pidettävä kiinni entistä tarkemmin, muutoksia ei käytännössä sallita lainkaan ja se on koko prosessin onnistumisen suurin edellytys. Tuotantovaiheen suunnitelmien osalta tämä tarkoittaa sitä, että tulee määrittellä kriittiset suunnitelmat, joiden tulee olla valmiit projektin rakennusvaiheen alussa. Tämän lisäksi muille tuotantovaiheen suunnitelmille tulee määrittellä aikataulut ja mahdollisille tarkennuksille takarajat. Ammattiasentajat eivät siis voi vaikuttaa työjärjestykseen omin päin.

Työjärjestyksen muuttaminen vaikuttaa suoraan myös aikatauluun, sillä aikataulu muodostuu työjärjestyksien muodostamasta työjonosta. Tämä saattaa kuulostaa negatiiviselta vaikutukselta, mutta loppujen lopuksi suunnitelmissa pysyminen tuo täsmällisyyttä ja hallittavuutta rakennusprojekteihin. Jos ammattiasentaja keksii työmaalla suunnitelmista poikkeavan tehokkaamman toimintatavan, täytyisi toimintatavan toteutus mieltä äärimmäisen tarkkaan kyseiselle projektille heti käyttöön otettavaksi. Suunnitelmamuutokset sekoittavat työjärjestyksiä ja koko rakennusprosessi pahimmillaan pirstaloituu hallitsemattomaksi. Tämän vuoksi ammattiasentajilta saadut ideat voidaan mahdollisesti toteuttaa vasta myöhemmissä projekteissa, kun projektin aikaiset havainnot saadaan kirjattua ylös ja analysoitua myöhemmissä vaiheissa.

Teollisen logistiikkaratkaisun vaikutukset ulottuvat myös rakennusprojektin toimintamalleihin. Muutostarpeita ilmenee nykyiseen johtamisen malliin työmailla, koska päivittäisjohtamisen merkitys korostuu entisestään. Teollisen logistiikkaratkaisun prosessi ei siedä häiriöitä, joten niihin on puututtava ajoissa. Ongelmiin reagointi vaatii tietoisuutta häiriöistä ja mahdollisista häiriötekijöistä. Häiriöt ja niiden syyt läpikäydään päivittäisissä palavereissa, joten näiden palaverien laiminlyönti ei ole sallittua. Työmaalle näkyvinä muutostarpeina tulee voimaan uudet palaverikäytännöt; teollinen logistiikkaratkaisu vaatii päivittäisiä palavereita niin ohjaamiseen, etenemiseen kuin aikataulussa pysymisen seuraamiseen ja tukemiseen.

Koko teollisen logistiikkaratkaisun toiminnan edellytys on toimia sovittujen toimintaperiaatteiden mukaan, joten yhteistoiminnallisuuden ja avoimuuden on oltava saumatonta. Oleellinen osa kaiken hyödyn saavuttamisesta on kaikkien toimijoiden sitouttaminen mukaan teolliseen logistiikkaratkaisuun. Alihankintasopimuksissa eri toimijat on velvoitettava sitoutumaan noudattamaan sovittuja toimintaperiaatteita. Kyseisessä tutkimusprojektissa tämä tarkoittaa ennen kaikkea sitä, että tavarantoimittajat sitoutuvat toimittamaan

tavaroita oikea-aikaisesti logistiikkakeskukseen. Mikäli sovituissa aikatauluissa ei py-  
sytä, on toimittajat velvoitettu sopimussakkoihin.

Yleisinä muutostarpeina on uuden toimintamallin jalkauttaminen, sillä työntekijöiden ny-  
kyiset toimintamallit vaativat muutoksia. Työmaalla ja rakennusprojektissa mukana ole-  
vien toimijoiden on ensinnäkin oltava tietoisia siitä, millä tavoin kuuluu toimia. Tässä  
kohtaa muutostarpeita ilmenee lähtökohtaisesti perehdytysmateriaalin osalta. Perehdytys-  
materiaalin on oltava selkeä ja helposti ymmärrettävä yleistietopaketti teollisesta logis-  
tiikkaratkaisusta sekä sen toimintamalleista. Ammattiasentajille ja tavarantoimittajille on  
myös luotava yksityiskohtaisempia ohjeita toteutuksesta ja käytänteistä. Kaiken teolli-  
seen logistiikkaratkaisuun liittyvän tiedon on oltava helposti eri osapuolien saatavilla.

Teollinen logistiikkaratkaisu varmistaa, että työmaalla on tarvittavat materiaalit oikeassa  
paikassa oikeaan aikaan. Tuotantovaihe etenee siis virtaamalla, eikä keskeydy vääränlai-  
sen, rikkonaisen tai puutteellisen materiaalin takia. Teollisen logistiikkaratkaisun vaiku-  
tus laajemmin tarkasteltuna on siis koko rakennusprojektin hallittavuuden paraneminen,  
minkä jatkoseurauksina oletetaan saavutettavan läpimenoaikojen lyhentymistä, kustan-  
nusten pienenemistä ja tehokkaampaa rakentamista. Teollisen logistiikkaratkaisun integ-  
rointi rakennusprojektiin tapahtuu digitaalisten työkalujen avustamana, minkä takia teol-  
linen logistiikkaratkaisu tuo vaikutuksia myös rakennusprojektien kehitystyöhön. Teolli-  
seen logistiikkaratkaisuun integroitu digitaalisuus (materiaalinhallinnan sovellusalusta)  
tarjoaa mahdollisuuden systemaattiseen tiedonkeruuseen. Tietoa saadaan kerättyä muun  
muassa tavarantoimittajien toimitusvarmuuksista ja toimitusten oikeellisuudesta.

Kaikkien mainittujen vaikutusten aiheuttamien muutostarpeiden toteuttaminen ja muu-  
tosten läpivienti vaatii kootusti aikaa, osaamista ja resursseja (kuva 39). Näiden kolmen  
muutoksen mahdollistajien päätekijän on oltava kunnossa. Projektissa on oltava riittävän  
aikaisin liikkeellä, riittävän suurin resurssien ja riittävällä osaamisen tasolla.



Kuva 39. Teollisen logistiikkaratkaisun prosessin käyttöönoton kolme päämahdollista-  
jaa

Resurssien osalta varsinkin ensimmäisissä rakennusprojekteissa on tärkeää, että työ-  
maalla on osaavaa logistiikkahenkilöstöä tarjoamassa tukea ja opastusta sen lisäksi, että  
saatavilla on koulutusta ja perehdytystä uusiin toimintamalleihin. Logistiikasta vastaava

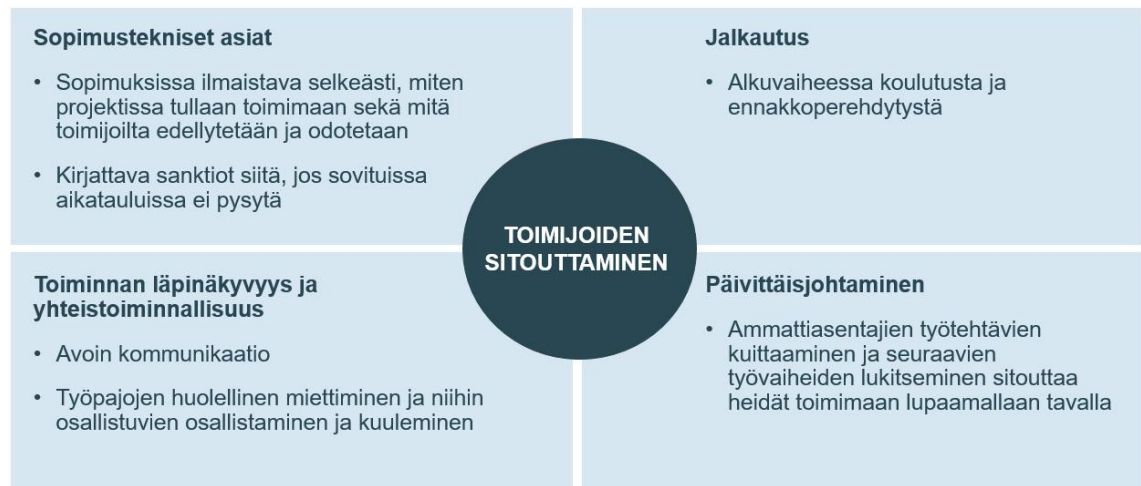
henkilö on oltava nimettynä ennen projektin tuotantovaiheen alkamista. Yhteistoiminnallisuus ja hyvien käytänteiden jakaminen nousivat tutkimuksen haastatteluisissa vahvasti esille. Jatkon kannalta on hyödyllistä saada kerättyä palautetta hyväksi todetuista toimintatavoista, joita kannattaa hyödyntää ja ottaa käyttöön seuraavissa projekteissa. Vastavasti huonoista kokemuksista voidaan ottaa myöhemmissä projekteissa oppia ja pyrkiä välttämään mahdollisten virheiden toistamista.

### 3.5.2 Toimijoiden sitouttaminen teolliseen logistiikkaratkaisuun

Rakennusprojekti on kompleksinen kokonaisuus, jossa voi olla mukana useita eri toimijoita. Optimaalisen tuloksen saavuttaminen vaatii kaikkien näiden eri toimijoiden osallistumista ja sitoutumista noudattamaan sovittuja toimintamalleja. Teollisen logistiikkaratkaisun vaikutusten yhteydessä sivuttiin sopimusteknisiä asioita. Sopimuksissa on selkeästi ilmaistava, miten projektissa tullaan toimimaan sekä mitä toimijoilta edellytetään ja odotetaan. Osana toimijoiden sitouttamista noudattamaan käytettäväksi valittua toimintamallia on sopimukseen kirjattava sanktiot siitä, jos sovituissa aikatauluissa ei pysytä. Projektin onnistumisen edellytys on suunnitelmissa pysyminen, joten sanktioiden avulla pyritään ohjaamaan ja minimoimaan toimijoiden aikataulun laiminlyöntejä ja muita viivästyksiä. Kannustimien ja bonuksien käyttäminen sitouttamisessa on myös eräs huomiotava mahdollisuus sitouttamisen yhteydessä. Tässä tutkimuksessa esitetyssä projektissa näitä ei kuitenkaan käytetty, joten aihe vaatii jatkotutkimusta.

Tärkeimpinä avaintekijöitä toimijoiden sitouttamisessa on toiminnan läpinäkyvyys, yhteistoiminnallisuus, työpajojen huolellinen miettiminen ja niihin osallistuvien osallistaminen ja kuuleminen. Lisäksi korostetaan ehdottoman avointa kommunikaatiota. On tärkeää luoda kommunikaatiosuunnitelma ja toimia sen mukaisesti, tiedon on liikuttava eri toimijoiden kesken. Yksi konkreettinen toimijoiden sitouttamisen muoto on asioiden läpikäyminen päivittäisjohtamispalaverissa, joissa sitoudutaan pysymään aikataulussa ja toteuttamaan tiettyjä työvaiheita. Ammattiasentajien työtehtävien kuittaaminen ja seuraavien työvaiheiden lukitseminen sitouttaa heidät toimimaan lupaamallaan tavalla. Päivittäisjohtamispalaverissa tarkastetaan aikataulussa pysyminen ja mahdolliset poikkeukset tulevat ilmi kaikille, joten jokaisella ammattiasentajalla on niin sanotusti oma kunnia panttina, mikä sitouttaa heitä toimimaan teollisen logistiikkaratkaisun vaatimalla tavalla.

Ammattiasentajien, alihankkijoiden ja muiden toimijoiden sitouttaminen vaatii yllämainittujen kommunikointiin liittyvien tekijöiden lisäksi alkuvaiheessa koulutusta ja ennakkoperehdytystä. Riittämätön osaaminen ja huono asenne muutoksia kohtaan voi aiheuttaa muutosvastarintaa teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönottoa kohtaan. Sen minimoimiseksi on käyttöön tulevat toimintamallit jalkautettava niihin osallistuville henkilöille selkeästi ja riittävän ymmärrettävästi. Tietoa kannattaa jakaa, mutta liian syvällisen perehdyttämisen haittana voi olla ymmärrettävyyden väheneminen. Toimijoiden sitouttamisen keinot on kootusti esitetty kuvassa 40. Kaiken kaikkiaan haastateltavat kertoivat kuulleensa positiivisia huomioita teollisen logistiikkaratkaisun toimintatavoista. ”Tuntuu turvallisemmalta, kun on oma resurssi, joka on erikoistunut tähän [teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönottoon]”, eräs haastateltava sanoi.



Kuva 40. Rakennusprojektin toimijoiden sitouttamisen keinot

## 4 Tulosten pohdinta

Empiirisen tutkimuksen tuloksena havaittiin rakennusprosesseihin tehdyn muutoksen olevan kytköksissä moniin tekijöihin. Kaiken kaikkiaan teollisen logistiikkaratkaisun integraatio rakennusprojektiin tuo muutoksia nykyisiin toimintamalleihin. Rakennusprojekteissa tapahtuvat tuotantovaiheen suunnitelmamuutokset ovat merkittäviä viivästy-  
misien ja häiriöiden aiheuttajia (Motawa ym., 2007.), joiden minimoimiseen tämän tutki-  
muksen teollinen logistiikkaratkaisu antaa mahdollisuuden. Ideaalia olisi saada rakennus-  
projektin toimitusketjun hallinta toimimaan mahdollisimman tehokkaasti niin, etteivät  
tuotantovaiheen työvaiheet viivästy lainkaan ja rakennusprojekti pääsee etenemään suun-  
nitelmien mukaisesti. Tässä tutkimuksessa kuvaillun teollisen logistiikkaratkaisun käyt-  
tämisen voidaan arvioida vapauttavan ammattiasentajien aikaa heidän koulutustaan vas-  
taavaan työhön, eikä 20% työajasta kulu materiaalin ja laitteiden siirtelyyn (Strandberg  
& Josephson, 2005), kun teollisella logistiikkaratkaisulla pyritään varmistamaan ennako-  
edellytykset ammattiasentajien keskeytymättömälle työnteolle. Tämän tutkimuksen  
mukaan etupainotteinen hallinta yhdessä päivittäisjohtamisen kanssa tarjoaa mahdolli-  
suuden reagoida yllättäviin tapahtumiin ennen kuin ne aiheuttavat suurempaa vahinkoa  
esimerkiksi rakennusprojektin tuotantovaiheen aikataululle. Rakennusprojekteissa eri  
työvaiheet ovat usein kytköksissä toisiinsa, joten yhden asian viivästyemisellä voi olla mo-  
ninaisia vaikutuksia myös muihin työvaiheisiin ja projektin osa-alueisiin, jolloin ongel-  
mat kasvavat ja kertaantuvat. Tilannetta ei saa päästää näin pitkälle, vaan asioista on ol-  
tava tietoisia, jotta ongelmiin voidaan puuttua vahinkojen estämiseksi ja minimoimiseksi.  
Kommunikointisuunnitelman laatiminen ja noudattaminen on tärkeää.

Toimitusketjun hallinnalla saadaan ennen kaikkea yhdistettyä materiaalien hallinta suun-  
nitteluprosesseihin (Wisner & Tan, 2000), mikä on tässä tutkimuksessa esitellyn teollisen  
logistiikkaratkaisun suurimpia tavoiteltavia hyötyjä. Tutkimuksessa käytetyn kolmannen  
osapuolen logistiikkapalveluntarjoajan kokemuksien sekä aiempien tutkimusten perus-  
teella myöhäinen reagointi materiaalitaipeisiin johtaa viivästyksien lisäksi pikatoimitus-  
ten aiheuttamiin lisäkustannuksiin (Bertelsen & Nielsen, 1997). Tämän tutkimuksen te-  
ollisen logistiikkaratkaisun toimintamallissa materiaalit toimitetaan oikea-aikaisesti,  
minkä tiedetään vähentävän hukkaa (Lindén & Josephson, 2013) sekä varastoinnin tar-  
vetta työmaalla (Jaillon & Poon, 2014.) Nämä puoltavat teollisen logistiikkaratkaisun  
käyttöönottoa. Tämän lisäksi teollisen logistiikkaratkaisun käytön avulla pyritään varmis-  
tamaan oikeiden materiaalien toimitus, jolloin vääränlainen materiaalin toimitus, joka on  
merkittävimpiä rakennusprojektien viivästyttäjiä (Assaf & Hejji, 2006; Odeh & Battai-  
neh, 2002), saadaan parhaimmassa tapauksessa poistettua kokonaan.

Teollinen logistiikkaratkaisu ja tahtituotanto ovat tässä tutkimuksessa vahvasti kytkök-  
sissä toisiinsa, ratkaisulla haetaan logistiikan hyödyt täysimääräisesti käyttöön tahtituo-  
tannon avulla. Rakennusprojekteissa käytössä oleva tahtituotanto, jolla tavoitellaan vir-  
taavan tuotannon takaamista ja tuotantoprosessien vakauden lisäämistä (Tetik ym., 2019),  
on edellytys teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönnotolle. Päivittäisjohtamisen korostunut  
merkitys on tämän tutkimuksen yksi oleellisimpia tuloksia. Päivittäisjohtaminen yhdessä  
huolellisen suunnittelun kanssa luovat perustan onnistuneelle tahtituotannolle (Tomme-  
lein, 2017), mikä johtaa myös onnistuneeseen teollisen logistiikkaratkaisun integrointiin.



Yhtenä keskeisimpänä lähtökohtana tutkimukselle toimi haaste eri toimijoiden sitouttamisesta. Frandson ym. (2013) ovat nostaneet saman huolenaiheen esille tutkimuksessaan. Heidän mukaansa erityisesti tahtituotantoa käyttävissä rakennusprojekteissa esiintyy sitouttamiseen liittyviä haasteita. Sitoutuminen koostuu ymmärryksestä, hyväksynnästä, uskosta ja vaikutusmahdollisuudesta (Helin, 1993), joten sitouttamiseen liittyviin haasteisiin on varauduttava laadukkaan, selkeän ja läpinäkyvän perehdyttämisen sekä jalkauttamisen avulla. Näin pystytään tarjoamaan eri osapuolille ymmärrys teollisesta logistiikkaratkaisusta. Hyväksyntää ratkaisun käyttöönotolle ja uskoa sen kannattavuudelle saadaan vahvistettua konkreettisemmin myöhemmässä vaiheessa, kun on saatu tarkempaa dataa ja tuloksia teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönottamisen hyödyistä. Sitoutumisen neljänteen ulottuvuuteen, vaikutusmahdollisuuteen, voidaan vastata palautteenantomahdollisuudella. Ammattiasentajilla on mahdollisuus antaa palautetta esimerkiksi päivittäisjohtamispalavereissa, minkä lisäksi palautetta tulee kerätä kaikilta projektin osapuolilta rakennusprojektin edetessä. Yllättävinä havaintoina sitouttamisen haasteista on nostettava esille kaikkien tässä tutkimuksessa haastateltujen positiivinen ja kokeilunhaluinen asenne uudenlaisia toimintatapoja kohtaan.

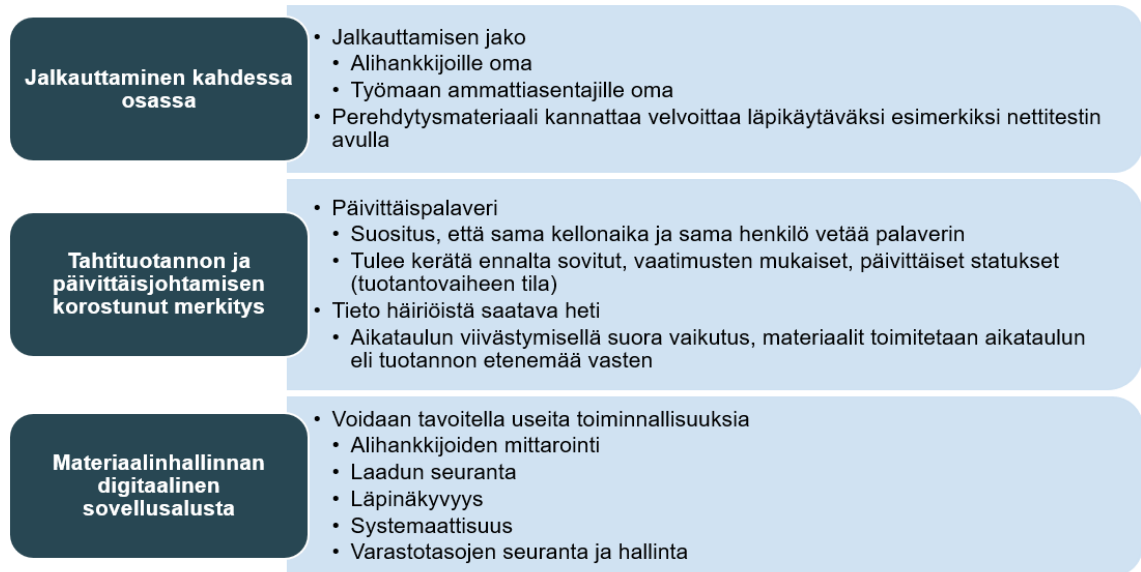
Tulosten arvioinnissa on hyvä muistaa, että lyhyen aikajakson tulosten heikkeneminen on normaalia, vaikka ratkaisu olisikin tasokas, sillä uuden asian osaamisen ja hallinnan taso ei ole aluksi vielä korkealla (Helin, 1993 s. 135.) Osaamisen kasvaessa on odotettavissa tuloksien paranemista. Tässä tutkimuksessa esitelty teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönottoa edeltänyt suunnitteluprosessi oli kattava, mutta melko raskas. Osaamisen kasvaessa ja kokemusten kertyessä suunnitteluprosessi voitaisiin saada hoidettua parissa työpajassa nelivaiheisen työpajan sijaan. Haastateltavat uskovat myös vahvasti siihen, että oikeanlaisen suunnitteluprosessin läpivienti veisi jatkossa huomattavasti vähemmän aikaa.

## 5 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet

Tutkimuksen keskeisin johtopäätös on se, että teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönotto edellyttää huolellista ennakkosuunnittelua sekä eri osapuolien perehdyttämistä. Ennakkosuunnitteluun tulee käyttää reilusti aikaa hyvissä ajoin ennen projektin tuotantovaiheen aloittamista. Tuotantovaiheen suunnittelussa tulee osallistaa niin hankinnan kuin työnjohdon ammattilaisia. Perehdytysmateriaalin tulee olla selkeä ja kaikkien saatavilla. Perehdytysmateriaali kannattaa velvoittaa työmaalla työskentelevien ammattiasentajien läpikäytäväksi ennen työmaalle tuloa esimerkiksi netissä tehtävän testin avulla. Tällöin varmistetaan tiedon siirtyminen jokaiselle projektiin osallistuvalla. Jalkauttaminen kannattaa toteuttaa kahdessa osassa; erikseen oma perehdytysmateriaali työmaan ammattiasentajille ja alihankkijoille.

Tahtituotannon toimiminen ja päivittäisjohtamisen merkitys teollisen logistiikkaratkaisun onnistuneelle käyttämiselle on suuri. Teollisessa logistiikkaratkaisussa materiaalit toimitetaan aikataulun eli tuotannon etenemää vasten. Aikataulun viivästymisellä on suora vaikutus teolliseen logistiikkaratkaisuun. Tieto mahdollisista materiaalitoimituksiin liittyvistä häiriöistä tarvitaan heti, jotta niihin voidaan reagoida, parantaa ja jopa ennaltaehkäistä. Suositus on, että päivittäispalaveri pidetään joka päivä ennalta sovittuna kellonaikana ja siitä vastaa aina sama henkilö. Osallistujina toimivat tuotannon keskeiset rooli- ja rajapintavastuulliset. Palaverissa tulee kerätä ennalta sovitut, vaatimusten mukaiset, päivittäiset statukset (eli rakennusprojektin tuotantovaiheen tila). Kaikki poikkeamat tulee kirjata käsiteltäväksi erikseen sovittua toimintaperiaatetta noudattaen, kuten erilliselle lomakkeelle.

Materiaalinhallinnan digitaalisella sovellusalustalla voidaan tavoitella useita erilaisia toiminnallisuuksia. Sen avulla voidaan seurata ja hallita varastotasoja toimittajilta työmaalle, luoda tuottavuudelle seurattava mittaristo, mittaroida projektissa mukana olevia alihankkijoita ja toimittajia, kerryttää dataa valituilta alueilta, kirjata kotiinkutsujen ja lähetysten sekä vastaanottojen kuittaukset, seurata vastaanotetun tavaran laatua, tarkastella materiaalivarauksia ja niihin liittyviä indikaatioita, hallita tahtityön työjonojen ja asennuspakettien sisältöä, seurata ylijäämää ja palauttaa sitä takaisin varastoon sekä automatisoida transaktiot. Tämän lisäksi digitaalinen sovellusalusta tuo läpinäkyvyyden materiaalivirtaan eri sidosryhmille ja järjestelmille. Esitellyt keskeisimmät johtopäätökset on koottu kuvaan 41.



Kuva 41. Tutkimuksen keskeisimmät johtopäätökset

Tutkimuksen luotettavuutta heikentää tutkimuksen rajattu laajuus. Tutkimuksessa keskitytään tarkastelemaan teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönottoa rakennusprojektin alkuvaiheessa. Tutkimuksessa esitetyt tavoitellut hyödyt teollisen logistiikkaratkaisun käytöstä eivät perustu aiempiin vastaaviin kokemuksiin tai tämän tutkimuksen rakennusprojektin tuloksiin. Tutkimuksessa on tarkasteltu ja pohdittu monipuolisesti teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönotolla mahdollisesti saavutettavia hyötyjä, mutta niiden todelliset eli toteutuneet hyödyt ja haitat ovat havaittavissa vasta myöhemmin, kun projekti on edennyt kunnolla tuotantovaiheeseen. Tutkimuksessa saatujen tulosten luotettavuutta heikentää myös teollisen logistiikkaratkaisun prosessin rajattu ulottuvuus. Projektissa teollista logistiikkaratkaisua ei tarkoituksellisesti ole laajennettu koskemaan kaikkia materiaaliavirtoja, eikä jokaista työvaihetta ole toteutettu tahtisuunnitelmaa mukaillen. Jokaisen projektin tuotantovaiheen prosessin ottaminen täysimääräisesti mukaan teollisen logistiikkaratkaisun toimintamalliin olisi varmasti heikentänyt muutosprosessin läpiviemisen hallittavuutta ja ollut jopa täysi mahdottomuus.

Luotettavuuden parantamiseksi tutkimuksessa on sivuttu kahta muuta kohdeyrityksen rakennusprojektia. Keskustahotelli ja Keilalampi toimivat myös teollisen logistiikkaratkaisun pilottiprojekteina ja näistä Keskustahotellista on saatu hyviä päivittäisjohtamiskäytänteitä käyttöön. Keilalammesta puolestaan saatiin lisää työmaahenkilöstön kokemuksia uudenlaisen teollisen logistiikkaratkaisun tuomista kokemuksista ja vaikutuksista rakennusprojektiin.

Logistiikkakeskuksen roolin ja vaikutuksen selvittäminen rakentamisen toimitusketjuihin on hyödyllistä koko rakennusteollisuudelle. Rakennusteollisuuden yritykset, jotka pyrkivät parantamaan toimitusketjun hallinnan käytäntöjä, pystyvät tutkimustulosten avulla implementoimaan metodeja, joita ala vaatii kehittyäkseen enemmän valmistusteollisuutta vastaavaksi. Ensiarvoisen tärkeää olisi jatkaa tätä aihetta koskevaa tutkimustyötä tutkimalla rakennusprojektin tuotantovaiheessa ilmenneitä muutoksia, hyötyjä ja haittoja.

Näiden tutkimustulosten avulla rakentamiseen liittyviä prosesseja voidaan kehittää entistä tehokkaammiksi. Lisäksi voidaan tulevissa rakennusprojekteissa onnistua välttämään mahdollisia jo tunnistettuja esteitä hyvissä ajoin.

## Lähdeluettelo

Aapaoja, A. & Haapasalo, H. (2015). Standardointi ja esivalmistus teollisessa rakentamisessa. Rakentajain kalenteri 2015. Helsinki: Rakennustieto.

Abrams, A., Buchheit, J., Scott, E., & Wallace, D. (2010). US7827738B2.

Ala-Risku, T. & Kärkkäinen, M., (2006). Material delivery problems in construction projects: A possible solution. *International Journal of Production Economics*, 104(1), pp.19-29.

Alzahrani, J.I. & Emsley, M.W. (2012). The impact of contractors' attributes on construction project success: A postconstruction evaluation. School of Mechanical, Aerospace, and Civil Engineering, University of Manchester, Manchester, M13 9PL, UK. Received 1 November 2011; received in revised form 7 June 2012; accepted 19 June 2012.

Arshinder, Kanda, A., & Deshmukh. (2008). Supply Chain Coordination: Perspectives, Empirical Studies and Research Directions. *Int. J. Production Economics*, 115, 316-335.

Artto, K. A., Martinsuo, M. & Kujala, J. (2006). Projektiliiketoiminta, WSOY, Helsinki.

Assaf, S. A., & Al-Hejji, S. (2006). Causes of delay in large construction projects. *International Journal of Project Management*, 24(4), 349–357.

Ballard, G. (1995) "Lookahead Planning: The Missing Link in Production Control", *Proc. 5th Annl. Conf. Intl. Group for Lean Constr.*, pp. 13-26.

Bertelsen, S. & Nielsen, J. (1997). Just-in-Time Logistics in the Supply of Building Materials. *Proc. 1st International Conference on Construction Industry Development: Building the Future Together*. Singapore.

Bozer, Y. & McGinnis, L. (1992). Kitting versus line stocking: A conceptual framework and a descriptive model. *International Journal of Production Economics*, 28(1). pp. 1-19.

Ekeskär, A. & Rudberg, M. (2016) Third-party logistics in construction: the case of a large hospital project, *Construction Management and Economics*, 34:3, 174-191, DOI: 10.1080/01446193.2016.1186809.

Eskola, J. & Suoranta, J. (1998). *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Tampere: Vastapaino.

Fernandez, I., & Kekäle, T. (2005). The influence of modularity and industry clockspeed on reverse logistics strategy: implications for the purchasing function. *Journal of Purchasing and Supply Management* 11 (4), 193–205.

Fiallo, M. & Howell, G. (2012). Using Production System Design and Takt Time to Improve Project Performance. Proceedings for the 20th Ann. Conf. of the Int'l Group for Lean Construction, San Diego, CA, USA.

Fransson, A., Berghede, K., ja Tommelein, I. (2013). Takt-time Planning for construction of exterior cladding. In: Proc. 21st Ann. Conf. Int'l. Group for Lean Constr. Fortaleza, Brazil, August 31-2.

Hamzeh, F., Tommelein, I., Ballard, G., & Kaminsky, P. (2007). Logistics Centers to Support Project-Based Production in the Construction Industry. 10.13140/RG.2.1.4328.6563.

Hua, S. and Johnson, D. (2010). "Research issues on factors influencing the choice of kitting versus line stocking", *International Journal of Production Research*, 48(3), pp. 779-800

Jacobsson, M. ja Wilson, T.L. (2018). Revisiting the construction of the Empire State Building: Have we forgotten something? *Business Horizons*, 61(1), pp.47-57.

Jaillon, L. & Poon, C.S., (2014), Life cycle design and prefabrication in buildings: A review and case studies in Hong Kong, *Automation in Construction*, 39, pp. 195-202.

Jones, T.C. & Riley, D.W. (1987). Using Inventory for Competitive Advantage through Supply Chain Management, *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, Vol. 17 No. 2, 1987, pp. 94-104.

Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction. VTT Publications 408.

Koskela, L. (1992) Application of the new production philosophy to construction. CIFE Technical report nro. 72, Stanford university.

Koskela, L. & Koskenvesa, A. (2003). Last Planner -tuotannonohjaus rakennustyömaalla. Espoo: VTT tiedotteita 2197, Otavamedia Oy, Espoo, 82 s + liitteet 20 s.

Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. (2017). Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2016, kolmas painos. Helsinki: Rakennustieto

Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. (2011). RATU. Rakennusprojektin ajallinen suunnittelu ja ohjaus, Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS, Helsinki, 144 s.

Liker, J.K. (2011). Toyotan tapaan. Jyväskylä: 2. painos. Bookwell Oy.

Lindén, S. & Josephson, P.E. (2013) In-housing or out-sourcing on-site materials handling in housing? *Journal of Engineering, Design and Technology*, 11(1), pp. 90–106.

Lundesjö, G. (2015). Supply chain management and logistics in construction: Delivering tomorrow's built environment. London: Kogan Page.

Moura R., Monteiro, J. & Heineck L. (2014). Line of Balance – Is it a synthesis of Lean Production Principles as Applied to Site Programming of Works? IN: *Proceeding IGLC22*, June 2014. Oslo, Norway. s. 712.

New, S.J. & Payne, P. (1995). Research frameworks in logistics: three models, seven dinners and a survey. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 25 No. 10, pp. 60-77.

Odeh, A.M. & Battaineh, H.T. (2002). Causes of construction delay: traditional contracts. *International Journal of Project Management* 20 (1), 67-73.

Othman, A.A. & Rahman, S.A. (2010). Supply Chain Management in the Building Construction Industry: Linking Procurement Process Coordination, Market Orientation and Performance. *Journal of Surveying, Construction & Property*, Vol. 1 Issue 1, pp. 23-46.

Rakennusteollisuus RT. (2009a) Rakennustyömaan toimitusten ohjaus. KETJU-yhteenveto. Raportti.

Rakennusteollisuus RT. (2009b). Toimitusketjun hallinta talonrakentamisessa. KETJU-yhteenveto. Raportti.

Ritvanen, V., Inkiläinen, A., Von Bell, A., & Santala, J. (2011). Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Suomi: Suomen Osto- ja Logistiikkayhdistys.

Scott, C. & Westbrook, R. (1991). New strategic tools for supply chain management. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 21 No. 1, pp. 23-33.

Sheffer, D. A. (2011). Innovation in Modular Industries: Implementing Energy Efficient Innovations in US Buildings. PhD Thesis. Stanford University.

- Strandberg, J. & Josephson, P.E. (2005). What do construction workers do? Direct observations in housing projects, in Proceedings of 11th Joint CIB International Symposium Combining Forces, Advancing Facilities management and Construction through Innovation, pp. 184–193.
- Sullivan, G., Barthorpe, S. & Robbins, S. (2011). Managing construction logistics. John Wiley & Sons.
- Tan C. T., Lyman, S. B. & Wisner J. D. (2002). Supply Chain Management: A Strategic Perspective, *International Journal of Operations & Production Management*, 22 (6), 614-631.
- Tetik, M., Peltokorpi, A., Seppänen, O., Viitanen, A., & Lehtovaara, J. (2019). Combining Takt Production with Industrial Logistics in Construction. 10.24928/2019/0156.
- Tetik, M., Peltokorpi, A., Holmström, J., & Seppänen, O. (2018). Impacts of an assembly kit logistic solution in renovation projects: a multiple case study with camera-based measurement.
- Tommelein, I.D. & Li, A. (1999). July, Just-in time concrete delivery: mapping alternatives for vertical supply chain integration, In Proceedings IGLC (Vol. 7, p. 97).
- Torkkola, S. (2015). Lean asiantuntijatyön johtamisessa. 3. painos. Alma Talent Helsinki 2016.
- Trent, R. J. & Monczka, R. M. (2003). International Purchasing and Global Sourcing - What are the Differences? *Journal of Supply Chain Management*, 39: 26-36. doi:10.1111/j.1745-493X.2003.tb00162.x.
- Uusitalo, H. (1991). Tiede, tutkimus ja tutkielma: johdatus tutkielman maailmaan. Helsinki: WSOY.
- Vidalakis, C., & Tookey, J. E. (2005). The involvement of builders' merchants in the development of improved construction logistics. In Proceedings of the 2nd Scottish Conference for Postgraduate Researchers of the Built and Natural Environment (PRoBE) 16-17 November 2005, Glasgow Caledonian University, (CIB DC10642; 2009(04):1000855; NLCIB, pp. 337-350). Rotterdam (Netherlands): in-house publishing.
- Vrijhoef, R. & Koskela, L. (2000). "The four roles of supply chain management in construction", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol. 6, No. 3-4, s. 169-178.



- Wisner, J.D. & Tan, K.C. (2000). Supply chain management and its impact on purchasing. *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 36 No. 4, pp. 33-42.
- Waters, D. (2009) *Supply Chain Management and introduction to logistics*. Second edition. Houndmills: Palgrave Macmillan.
- Yin, R. (2003). *Case study research: Design and methods*. 3. edition. Thousand Oaks, CA: Sage.

## **Liiteluettelo**

Liite 1. Haastattelurunko. 1 sivu.

Liite 2. Keskustahotellin kerroskohtaisten valmiusasteiden etenemät. 2 sivua.

## **Liite 1. Haastattelurunko**

### **TAUSTATIEDOT**

1. Kuka olet? Kerro lyhyesti työhistoriastasi ja työkokemuksestasi.
2. Mikä on toimenkuvasi rakennusprojektissa?
3. Millainen kuva sinulla on rakennusalasta?

### **TEEMA 1: MUUTOKSET, ODOTUKSET JA HAASTEET**

1. Mitä muutoksia teollisen logistiikkaratkaisun integrointi rakennushankkeeseen tuo?
2. Miten teollisen logistiikkaratkaisun prosessi eroaa totutusta rakennusprosessista?
3. Miksi päädytty ottamaan mukaan ulkoinen logistiikkatoimija?
4. Mitä odotuksia teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönotolta voidaan odottaa?
5. Mihin osa-alueisiin teollisen logistiikkaratkaisun käyttöönotto vaikuttaa?
6. Mihin kaikkeen täytyy kiinnittää huomiota? Onko erityishuomioita?
7. Mitä haasteita integraatio mahdollisesti kohtaa?
8. Miten haasteet ovat minimoitavissa ja ehkäistävissä?

### **TEEMA 2: LOGISTIikka, TOIMITUSKETJU JA HANKINTA**

1. Miten ja missä vaiheessa rakennusprojektia eri osapuolia tulisi osallistaa?
2. Millainen materiaalivirran tulisi olla?
3. Miten materiaalivirta saadaan toimimaan?
4. Miten hankintapaketit tulisi muodostaa?
5. Miten toteutus onnistuu käytännössä?

### **TEEMA 3: SITOUTTAMINEN**

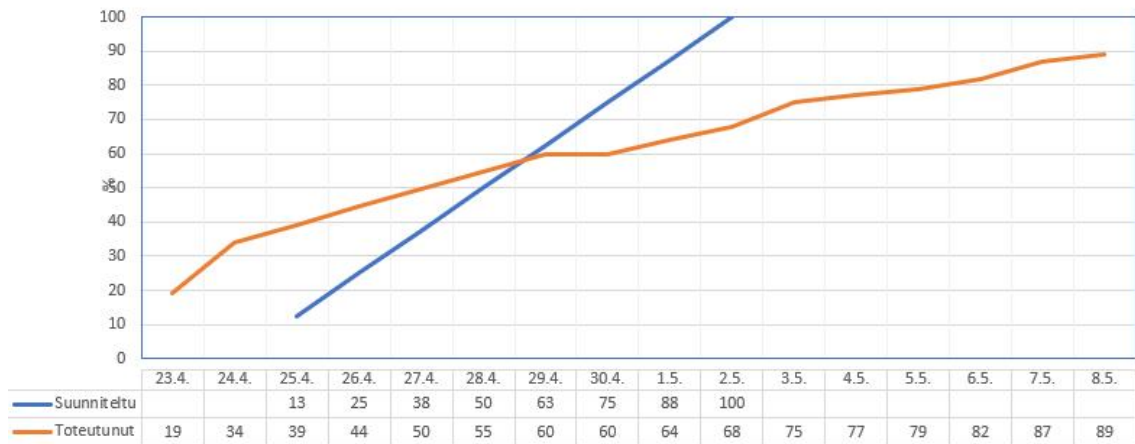
1. Miten aliurakoitsijat saadaan sitoutettua?
2. Miten työmaahenkilöstö saadaan sitoutettua?
3. Millainen on työmaalla vallitseva ilmapiiri?

### **LOPETTAVAT KYSYMYKSET**

1. Heräsikö ajatuksia teolliseen logistiikkaratkaisuun liittyen?
2. Mihin mielestäsi tutkimuksessa kannattaisi keskittyä?
3. Muuta kommentoitavaa? Vapaa sana.

## Liite 2. Keskustahotellin kerroskohtaisten valmiusasteiden etenemät

2. kerros



3. kerros

