

Toimitustäsmällisyyden kehittäminen rakennustyömaan tuottavuuden nostamiseksi - Case Skanska Oy

Logistiikka
Maisterin tutkinnon tutkielma
Juha-Matti Kiljunen
2009

Liiketoiminnan teknologian laitos
HELSINGIN KAUPPAKORKEAKOULU
HELSINKI SCHOOL OF ECONOMICS



**Toimitustäsmällisyyden kehittäminen rakennustyömaan tuottavuuden nostamiseksi
– Case Skanska Oy**

TIIVISTELMÄ

Epätäsmälliset materiaalityömitukset ovat merkittävä ongelma rakennusteollisuudessa. Huonon toimitustäsmällisyyden tuottavuutta heikentävä vaikutus näkyy esimerkiksi tuotantokatkoksina ja turhina materiaalien siirtoina ja varastointina rakennustyömaalla. Ylimääräinen materiaalien käsittely työmaalla on suoraan pois tuottavasta työstä ja lisää materiaalien vaurioitumisen riskiä. Tässä tutkielmassa analysoidaan huonon toimitustäsmällisyyden taustalla vaikuttavia syitä ja pohditaan erilaisia ratkaisumalleja, joilla rakennusliike voi yksin, tai yhdessä toimittajien kanssa parantaa rakennustyömaalle saapuvien materiaalityömitusten toimitustäsmällisyyttä. Empiirisessä osiossa testataan tutkielman kohdeyrityksen Skanska Oy:n työmaalla käytettävien uusien logististen toimintamallien vaikutusta toimitustäsmällisyyteen ja toimitustäsmällisyyden vaikutusta työmaan tuottavuuteen.

Huonon toimitustäsmällisyyden taustalla vaikuttavat syyt eivät aina yksin johdu toimittajasta, vaan vastuu kuuluu usein myös asiakkaalle, eli tutkielman kontekstissa työmaalle ja rakennusliikkeelle. Huono toimitustäsmällisyys saattaa esimerkiksi johtua asiakkaan ja toimittajan erilaisista tavoista mitata toimitustäsmällisyyttä, tai siitä että osapuolilta puuttuvat riittävät kannustimet toiminnan kehittämiseksi. Myös toimitusketjun rakenteellinen monimutkaisuus, toimittajien suuri lukumäärä ja prosessien luonnollinen vaihtelu heikentävät toimitustäsmällisyyttä. Tutkielmassa esitetään ratkaisuksi muiden muassa tiedonvälityksen kehittämistä, aikaikkunoita ja terminaalin kautta toimitettavia yhdistelmätoimituksia. Aiemmissä tutkimuksissa kaikkien edellä mainittujen on todettu vaikuttavan positiivisesti toimitustäsmällisyyteen.

Tutkielmassa esitetään kaksi mallia, joiden tarkoitus on havainnollistaa toimitustäsmällisyyden ja toimituksissa tarvittavan jouston suhdetta työmaan oman tuotannon luotettavuuteen sekä projektin haasteellisuuteen. Hyvästä toimitustäsmällisyydestä ei voida saada maksimaalista hyötyä, jollei työmaan oma tuotanto ole riittävän luotettavalla tasolla. Projektin haasteellisuus tulisi taas ottaa huomioon mietittäessä yksittäiselle projektille parhaiten sopivia logistisia ratkaisuja.

Tutkielman empiiriset tulokset osoittavat, että toimitustäsmällisyyttä on mahdollista kehittää merkittävästi uusilla logistiikkaratkaisulla. Kohdeyrityksen pilottityömaalla on ollut käytössä terminaalin kautta ohjattavat yhdistelmätoimitukset, joille on sovittu tarkat toimitusajat, sekä toimitusten ohjaukseen tarkoitettu logistiikkajärjestelmä. Tulokset osoittavat myös toimitustäsmällisyyden tuottavuutta parantavan vaikutuksen. Tuottavuuden parannus kiteytyy kriittisten resurssien – kuten konekapasiteetti ja henkilötyövoima – tehokkaampana käyttönä.

Avainsanat: toimitustäsmällisyys, tuottavuus
Sivujen lukumäärä liitteineen: 90

**Developing delivery punctuality in order to increase construction site's productivity
– Case Skanska Oy**

ABSTRACT

Unpunctual material deliveries are a significant problem in the construction industry. Inaccurate delivery times decrease productivity by interrupting production and increasing material movements and inventories on site. Material movements on site increase the risk of damages and decrease the time available for productive work. This research analyzes the reasons leading to unpunctual deliveries, and discusses possibilities for a construction company to enhance the punctuality of material deliveries arriving at the site. The empirical part of the thesis presents the results of a business case, conducted with data gathered from case company Skanska Oy's sites. In the business case the impact of new logistic practices on delivery punctuality and the impact of delivery punctuality on productivity will be evaluated.

The reasons leading to unpunctual deliveries can be found in the actions of both the supplier and the customer (construction company). The supplier and the customer might for example measure delivery punctuality in a different way or they might not have sufficient incentives for development. Complexity of the supply chain, large number of suppliers and the natural variation of supply chain processes are also reasons leading to unpunctual deliveries. As potential solutions this thesis suggests information sharing development, the use of time windows and combined just-in-time deliveries through a logistics centre. Previous research supports the positive impact these practices have on delivery punctuality.

Two models are created in this study to illustrate the relationship between delivery punctuality and production reliability as well as the relationship between delivery flexibility and the overall difficulty of a construction project. In order to take full advantage of punctual material deliveries the production reliability of a construction site must be on a high level. The overall difficulty of a construction project should be taken into account when considering the nature of logistic practices which will be used in a project.

Results of the empirical research indicate that delivery punctuality can be enhanced using new logistic practices. Case company's pilot site has used combined just-in-time deliveries delivered from a logistics centre and a logistics information system for managing deliveries. Results also show the impact of delivery punctuality on construction site's productivity. The increase in productivity derives mainly from more efficient use of critical resources, such as machinery and human resources.

Key words: delivery punctuality, productivity
Total number of pages including appendices: 90

ALKUSANAT

Tämän tutkielman valmistumisessa ovat edesauttaneet monet henkilöt. Ensiksi haluan kiittää diplomi-insinööri Ulla Talvitietä työn ohjauksesta sekä korvaamattomasta tuesta ja kannustuksesta. Haluan kiittää yliassistentti Jukka Kalliota ja professori Ari Vepsäläistä arvokkaista näkemyksistä, motivoinnista ja ennen kaikkea siitä, että ette päästäneet minua helpolla.

Kiitos kuuluu luonnollisesti Skanska Oy:n As Oy Leppävaaran Tornin, As Oy Helsingin Auringonsäteen ja As Oy Helsingin Kiteen ja Ulan työmaiden henkilöstölle, joita ilman tutkielman empiirisen datan hankkiminen ei olisi ollut mahdollista. Kiitos myös Skanska Oy:n Petri Sipiläiselle avusta empiirisen datan keräämisessä. Skanska Oy:tä ja Jan Elfvingiä haluan kiittää tutkielman rahoituksesta, jota ilman kokopäiväinen keskittyminen tutkielman tekemiseen ei olisi ollut mahdollista.

Lopuksi kiitos vanhemmilleni, sisaruksilleni ja ystävilleni tuesta ja mahdollisuudesta saada ajatukset välillä pois kirjoittamisesta.

Espoossa 13.11.2009

Juha-Matti Kiljunen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

KUVALUETTELO

TAULUKKOLUETTELO

1. Johdanto	7
1.1. Tutkimusongelma ja tavoitteet	8
1.2. Tutkimuksen rajaukset ja tarkastelutapa	9
1.3. Tutkimuksen rakenne	10
1.4. Keskeiset käsitteet	11
2. Logistiikka rakennusteollisuudessa	13
2.1. Rakennustyömaan logistiset prosessit	13
2.1.1. Tulologistiikka – nykyiset käytännöt ja ongelmat	14
2.1.2. Sisälogistiikka – nykyiset käytännöt ja ongelmat	15
2.2. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan merkitys rakennusalalla	16
2.3. Materiaalityypit ja toimitusketjut	17
2.4. Toimitusketjut kohdeyrityksessä	18
2.5. Terminaalitoimitusten hyödyt ja edellytykset hyötyjen saavuttamiselle	22
3. Puskurit rakennustuotannossa	26
3.1. Materiaalipuskurit rakennustuotannossa	26
3.2. Aikapuskurit rakennustuotannossa	29
4. Toimitusvarmuus ja toimitustäsmällisyys	31
4.1. Toimitusvarmuuden ja toimitustäsmällisyyden käsite	31
4.2. Tekijät toimitustäsmällisyyden taustalla	32
4.3. Toimitustäsmällisyyden yhteys tuottavuuteen ja varastoihin	35
4.4. Rakennusliikkeen vaikutusmahdollisuudet toimitustäsmällisyyden parantamiseksi	36

4.4.1.	Informaation jakamisen merkitys	37
4.4.2.	Aikaikkunat	39
4.4.3.	Eräkokojen pienentäminen	41
5.	Toimitustäsmällisyyden kehitysmalli	43
5.1.	Sisäisten prosessien laadun suhde ulkoisten prosessien laatuun	43
5.2.	Ongelmatyyppien luokittelu	45
5.3.	Toimitustäsmällisyys suhteessa projektin haasteellisuuteen	47
5.4.	Materiaaliryhmäkohtaiset kehitysehdotukset	49
5.5.	Toimitustäsmällisyyden kehitystoimenpiteet osana tuottavuuden parantamista	51
6.	Toimitustäsmällisyyden vaikutus työmaan tuottavuuteen - Case Skanska Oy.....	53
6.1.	Skanska Oy:n logistiikan nykytila	53
6.1.1.	Tutkimusmenetelmä	54
6.1.2.	Tulokset	54
6.2.	Uuden logistisen toimintamallin testaus	60
6.2.1.	Tutkimusmenetelmä	61
6.2.2.	Tulokset	61
6.3.	Case yhteenveto	71
7.	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	74
7.1.	Teoreettiset tulokset	74
7.2.	Empiiriset tulokset	77
7.3.	Johtopäätökset	78
7.4.	Ehdotuksia jatkotutkimusaiheiksi	79

LÄHTEET

LIITTEET

Kuvaluettelo

Kuva 2-1: Kohdeyrityksen nykyiset toimitusketjut.....	20
Kuva 2-2: Kohdeyrityksen toimitusketjut – tulevaisuuden visio.....	21
Kuva 2-3: Kohdeyrityksen visio koko toimitusketjun keskitetystä koordinoinnista (www.skanska.fi).....	22
Kuva 2-4: Terminaalitoiminnan perusidea.....	23
Kuva 3-1: Prosessin hallinta – kolmio (Klassen & Menor 2007, 1018).....	28
Kuva 3-2: Aikapuskurin sijoittaminen (Mukaillen, Yeo & Ning 2006, 126).....	29
Kuva 4-1: Tehtaan suorituskykyyn vaikuttavien muuttujien vuorovaikutus (Mapes ym. 2000, 14)....	35
Kuva 4-2: Tilaus-toimitusprosessin päävaiheet (Kiviniemi ym. 2008, 60).....	39
Kuva 5-1: Rakennusprojektin kokonaistäsmällisyys.....	44
Kuva 5-2: Rakennusprojektin haasteellisuuden ja toimitusten joustavuuden suhde.....	48
Kuva 5-3: Toimitustäsmällisyyden kehitystoimenpiteet osana tuottavuuden parantamista.....	51
Kuva 6-1: Seurattujen apumiesten työajan keskimääräinen jakauma.....	55
Kuva 6-2: Seurattujen ammattimiesten työajan keskimääräinen jakauma.....	56
Kuva 6-3: Kuljetusyksikkökohtaiset purkuajat.....	57
Kuva 6-4: Kustannusten muodostuminen suorissa toimituksissa ja terminaalitoimituksissa.....	62
Kuva 6-5: Täsmätoimitusten vapauttama nosturi-aika.....	67
Kuva 6-6: Ikkuna-asentajien työajan jakauma – ikkunat pakattuna ikkunatyypeittäin.....	68
Kuva 6-7: Ikkuna-asentajien työajan jakauma – ikkunat pakattuna huoneistoittain.....	69

Taulukkoluetelo

Taulukko 5-1: Toimitustäsmällisyyden taustaongelmien luokittelu ja ratkaisuehdotukset.....	45
Taulukko 6-1: Työmaatoimihenkilöiden työajan keskimääräinen jakauma rakennusvaiheittain.....	59
Taulukko 6-2: Havainnoitujen täsmätoimitusten purkuajat.....	64
Taulukko 6-3: Laskelma suorien toimitusten purkuajoista.....	64
Taulukko 6-4: Terminaalitoiminnan kustannusvaikutus yhden kerroksen materiaalien osalta.....	65
Taulukko 6-5: Kuormien purkuajat (min) 3. ja 17. kerroksessa.....	66
Taulukko 6-6: Ikkunoiden asentamiseen kulunut aika vaihtoehtoisilla pakkaustavoilla.....	68

1. Johdanto

Rakennustyömaa projektina koostuu lukuisista eri toimijoista. Tilaajan ja suunnittelijan määriteltyä rakennettava kohde, pääurakoitsijana toimiva rakennusyritys vastaa projektin käytännön toteutuksesta. Pääurakoitsijan alaisuudessa toimii useita aliurakoitsijoita ja lisäksi on koordinoitava yhteistyötä lukuisten tavarantoimittajien kanssa. Rakennustyötä tekevien osapuolten toiminnan ohjauksen lisäksi hyvin suunniteltu ja ohjattu logistiikka on työmaan toimivuuden kannalta keskeistä.

Logistiikan hallinta rakennusalalla on moniin muihin toimialoihin verrattuna kehittämätöntä. Rakennustyömaat ovat perinteisesti organisoineet logistiikkansa itsenäisesti. Organisaationlaajuisia toimintatapoja ei ole juurikaan kehitetty ja esimerkiksi tilauskäytäntö on hyvin epäsystemaattista. Tilauksia tehdään puhelimitse ja sähköpostilla vaikka sähköisiä hankintajärjestelmiäkin on olemassa. Tästä syystä erilaisten logististen tunnuslukujen selvittäminen on hyvin hankalaa. Epäsystemaattinen tilauskäyttäytyminen vaikeuttaa myös esimerkiksi hankintavolyymien seuraamista, sillä tiedot hankinnoista joudutaan keräämään useasta eri lähteestä ja joissain tapauksissa lasku on ainoa dokumentti hankinnasta.

Yksi merkittävimmistä logistisista ongelmista rakennustyömaan näkökulmasta on toimitustäsmällisyys. Toimitustäsmällisyydellä tarkoitetaan toimittajan kykyä toimittaa asiakkaalleen tilatut tuotteet sovitun aikaikkunan sisällä tai täsmällisesti sovittuna aikana. Rakennustyömaalla huonosta toimitustäsmällisyydestä kärsivät kaikki työmaalla työskentelevät osapuolet. Myöhästyneet toimitukset aiheuttavat tuotantokatkoksia, jotka pahimmassa tapauksessa siirtyvät eteenpäin aina seuraaviin rakennusvaiheisiin, saattaen lopulta aiheuttaa koko projektin myöhästymisen aikataulusta. Myöhästyneet toimitukset eivät kuitenkaan ole ainoa ongelma, vaan liian aikaisin saapuvat toimitukset ovat työmaalle vähintäänkin yhtä ongelmallisia. Työmaan varastointitila on usein hyvin rajallinen, eivätkä varastointiolosuhteet ole optimaaliset materiaalien pitkäaikaiselle säilytykselle. Materiaaleja joudutaan siirtelemään toistuvasti paikasta toiseen, mikä lisää materiaalien vahingoittumisen riskiä ja siirtelyyn kuluva aika on suoraan pois rakennusmiesten tuottavasta työstä. Usein toistuvat materiaalsiirrot ovat myös työturvallisuusriski. Puutteellisesti vartioidulla työmaalla varkaudetkaan eivät ole harvinaisia. (Talvitie, haastattelu 4.2.2009) Rakennustyömaa tulisikin nähdä ensisijaisesti asennuspaikkana eikä varastona (Kammonen & Rautsiala, haastattelu 6.5.2009).

Suhde materiaaliteollisuuteen on myös ongelmallinen. Tällä hetkellä materiaaliteollisuus määrittelee liikaa ehtoja toimitusten suhteen. Esimerkiksi materiaalien pakkaaminen tapahtuu usein kuljetusliikkeen näkökulmasta optimaalisella tavalla, mikä voi olla ristiriidassa sen kanssa, miten työmaa toivoisi materiaalit pakattavan, jotta kuorman purku tapahtuisi mahdollisimman sujuvasti (esimerkiksi materiaalien pakkausjärjestys). Työmaan näkökulmasta materiaalien esikäsittely mahdollisimman pitkälle – kuten esimerkiksi kipsilevyjen leikkaaminen määrämittaan – olisi toivottavaa asennustyön nopeuttamiseksi, mutta tässäkin asiassa ei olla toivotulla tasolla. Materiaaliteollisuuden tulisikin palvella työmaata, eikä päinvastoin. (Kammonen & Rautsiala, haastattelu 6.5.2009)

Aiemmat tutkimukset rakennusteollisuuden logistiikasta ovat keskittyneet muiden muassa erilaisten toimitusketjuratkaisujen analysointiin ja kokonaisen uuden logistisen toimintamallin luomiseen (esim. Orlo 2005 ja Reijonsaari 2004). Tämä tutkielma rakentaa osittain näissä tutkimuksissa suositeltaviksi havaittujen toimintamallien päälle, keskittyen tutkimaan toimitustäsmällisyyden vaikutusta työmaan toiminnalle, sekä analysoimaan vaihtoehtoja materiaalitoimitusten täsmällisyyden kehittämiseksi rakennusliikkeen näkökulmasta. Kirjallisuudessa toimitustäsmällisyyttä käsitellään useimmiten materiaalitoimittajan suorituskyvyn mittarina, mutta tässä tutkimuksessa näkökulmaa halutaan siirtää asiakkaan puolelle, ja käsitellä toimitustäsmällisyyttä toimitusketjun yhteisenä ongelmana.

Tutkielman toimeksiantajana toimii Skanska Oy, joka osana monikansallista Skanska-konsernia, on yksi suurimpia Suomessa toimivia rakennusyhtiöitä. Skanska Oy on käynnistänyt keväällä 2007 logistiikan kehityshankkeen, johon myös tämä tutkielma liittyy. Osana kehityshanketta Skanska on aloittanut uusien logistiikkakäytäntöjen testaamisen yhdellä työmaalla. Testaus toteutetaan pilottityömaaksi valitulla Leppävaaran Tornin työmaalla Espoon Leppävaarassa. Leppävaaran Torni on selvästi keskimääräistä suurempi kerrostaloprojekti, jolle oman logistisen haasteensa asettaa myös rakennettavan talon kokoon nähden pieni tontti.

1.1. Tutkimusongelma ja tavoitteet

Tätä tutkielmaa ohjaa kaksi tutkimusongelmaa. Ensimmäisenä tutkimusongelmana on selvittää *millaisia mahdollisuuksia ja konkreettisia keinoja rakennusliikkeellä on vaikuttaa tavarantoimittajien toimitustäsmällisyyteen, joko yksin tai yhteistyössä toimittajien kanssa.* Toisena tutkimusongelmana on selvittää *millainen vaikutus toimitustäsmällisyydellä on*

rakennustyömaan tuottavuuteen ja varastoitujen materiaalien määrään. Tutkimusongelmien selvittämiseksi tutkielmalle on asetettu seuraavat tavoitteet:

- 1) Perehtyä aikaisempaan tutkimukseen rakennusyrityksen logistiikasta, sekä erityisesti toimitustäsmällisyydestä rakennusalan lisäksi myös muilta toimialoilta
- 2) Analysoida rakennustyömaan logistiikan toimivuuteen liittyviä tekijöitä ja niiden välisiä vuorovaikutussuhteita
- 3) Analysoida toimitustäsmällisyyden taustalla olevia tekijöitä ja rakennusliikkeen mahdollisuuksia vaikuttaa niihin
- 4) Luoda valittua tutkimusongelmaa kuvaava malli ja sen avulla suositus eri keinoista, joilla rakennusyritys voi itse edistää materiaalitöimitusten täsmällisyyttä
- 5) Testata myöhemmin mainittavaa tutkimushypoteesia tutkielman empiirisessä osiossa

Tutkielmalle on asetettu tutkimushypoteesi, jota testataan tutkielman empiirisessä osiossa. Hypoteesi on seuraava: *Parantunut toimitustäsmällisyys näkyy positiivisesti työmaan tuottavuudessa, ja toisaalta vähentää työmaalla pidettävien varastojen tarvetta.*

1.2. Tutkimuksen rajaukset ja tarkastelutapa

Tutkielman teoriaosuus perustuu aiempaan tutkimukseen logistiikasta rakennusteollisuudessa. Vaikka tutkielman pääasiallinen fokus on rakennusteollisuudessa, kirjallisuuskatsauksessa tutustutaan myös erityisesti toimitustäsmällisyyden osalta tutkimukseen muilta toimialoilta ”benchmarking” tarkoituksessa. Koska tutkielmassa tarkastellaan toimitustäsmällisyyttä vastaanottavan yrityksen näkökulmasta, tarkastelun keskiössä ovat ne toimitustäsmällisyyttä vaikuttavat tekijät, joihin vastaanottavan yrityksen on mahdollista vaikuttaa.

Tutkielman empiirinen osuus toteutetaan case - tutkimuksena, jossa kohdeyrityksenä on tutkielman toimeksiantaja Skanska Oy. Empiirisessä osassa toteutetaan vertaileva tutkimus logistiikan vallitsevista käytännöistä sekä uudesta kehiteillä olevasta logistisesta toimintatavasta. Tutkimuskohteina on kolme isoa asuinkerrostaloprojektia, joten tuloksia ei suoraan voi yleistää esimerkiksi toimitilarakentamisen puolelle.

Empiirinen tutkimus toteutetaan sekä kvantitatiivista että kvalitatiivista tutkimusta hyödyntäen. Nykytilan selvityksessä esimerkkityömailla mitataan työn tuottavuutta kellottamalla työntekijöiden työajan jakautumista erityyppisiin työtehtäviin. Vastaavalla tavalla kellotetaan kuormien purkutapahtumia niiden tehokkuuden mittaamiseksi. Kvalitatiivisen

puolen tutkimukseen tuovat työmaatoimihenkilöiden haastattelut, jotka nykytilan selvittämiseksi kohdistetaan useamman työmaan henkilöille.

Uuden toimintatavan osalta empiirinen tutkimus toteutetaan metodeilla, jotka tukevat ennen kaikkea uuden toimintatavan vaikutusten selvittämistä. Dataa kerätään tässäkin tapauksessa sekä kvantitatiivisin, että kvalitatiivisin metodein. Vertailua kohdistetaan nykytilaselvityksen kohdetyömaiden lisäksi myös työmaahan, jota pilottityömaan projektiryhmä on aiemmin ollut rakentamassa.

1.3. Tutkimuksen rakenne

Tutkielman tausta, tutkimusongelma, tavoitteet, rakenne ja keskeiset käsitteet esitellään ensimmäisessä luvussa. Toisessa luvussa esitellään tarkemmin logistiikan haasteita rakennusteollisuudessa. Luvussa käydään läpi rakennustyömaan logistiikan ongelmia, sekä tulo- että sisälogistiikan osalta. Lisäksi käsitellään erilaisia vaihtoehtoja eri materiaalityyppien toimitusratkaisuiksi, ja esitellään kohdeyrityksen nykyiset toimitusketjut ja tulevaisuuden visio.

Kolmannessa luvussa käsitellään rakennustyömaan logistiikkaan olennaisesti liittyvää puskurointia. Puskurit jaetaan materiaali- ja aikapuskureihin, ja ne linkitetään tutkielman tarkastelukohteisiin, toimitusvarmuuteen ja tuottavuuteen.

Neljännessä luvussa käsittelyn kohteena on toimitusvarmuus ja toimitustäsmällisyys. Luvussa esitellään kirjallisuudessa jo olemassa olevia määritelmiä, ja johdetaan niistä tätä tutkielmaa parhaiten tukeva määritelmä. Lisäksi analysoidaan toimitustäsmällisyyden taustalla vaikuttavia tekijöitä, sekä toimitustäsmällisyyden suhdetta rakennustyömaan tuottavuuteen ja varastoihin. Lopuksi analysoidaan erilaisia vaihtoehtoja, joiden avulla rakennusliike voi yksin tai yhteistyössä toimittajien kanssa kehittää toimitustäsmällisyyttä.

Viidennessä luvussa esitetään neljännen luvun pohjalta muodostuva toimitustäsmällisyyden kehittämiseen tähtäävä malli. Luvussa luokitellaan huonon toimitustäsmällisyyden taustalla olevia syitä, sekä esitetään kaksi viitekehystä, joilla havainnollistetaan, miten toimitustäsmällisyys linkittyy toisaalta rakennusprojektin sisäiseen tuotannon laatuun ja toisaalta projektin haasteellisuuteen.

Kuudes luku muodostaa tutkielman empiirisen osion. Ensimmäisessä osiossa esitellään kohdeyrityksen logistiikan nykytila, minkä jälkeen toisessa osiossa tutkitaan, onko uusilla toimintamalleilla toivottua vaikutusta toimitustäsmällisyyteen ja vaikuttaako parantunut

toimitustäsmällisyys rakennustyömaan tuottavuuteen. Viimeisessä luvussa suoritetaan yhteenveto sekä teoreettisten, että empiiristen tulosten osalta, ja pohditaan mahdollisia jatkotutkimusaiheita.

1.4. Keskeiset käsitteet

Toimitusvarmuus

Toimitusvarmuus määrittelee suhteellisen osuuden toimituksista, jotka täyttävät seuraavat kriteerit: Oikea tuote, toimitettuna oikeaan paikkaan, sovitun aikaikkunan sisällä tai täsmällisesti sovittuna aikana.

Toimitustäsmällisyys

Tässä tutkielmassa käytetään toimitusvarmuudesta johdettua termiä toimitustäsmällisyys. Tällä halutaan korostaa toimitusvarmuuden ajallista ulottuvuutta, jossa tutkielman pääpaino on. Lisäksi halutaan korostaa monista perinteisistä toimitusvarmuuden määritelmistä poiketen sitä, että myöhästyneiden toimitusten lisäksi myös liian aikaisin tulevat toimitukset ovat rakennustuotannossa haitallisia.

Tuottavuus

Tässä tutkielmassa tuottavuuden mittarina käytetään suhteellista osuutta työajasta, jonka työmaan toimihenkilöt, rakennusammattimiehet ja rakennusapumiehet käyttävät ensisijaiseen työtehtäväänsä. Työmaan toimihenkilöiden ensisijaisella työtehtävällä tarkoitetaan tuotannonohjausta ja -suunnittelua, rakennusammattimiehillä erikoistumisen mukaista ammattityötä ja rakennusapumiehillä rakentamiseen suoraan liittyviä avustavia töitä (ei esimerkiksi materiaalien siirtelyä).

Logistiikkajärjestelmä

Logistiikkajärjestelmä on työmaan tulologistiikan hallintaan tarkoitettu tietojärjestelmä. Logistiikkajärjestelmän tärkeimmät toiminnallisuudet ovat toimitusten ja purkupaikkojen hallinta.

Terminaali

Terminaalissa yhdistellään eri materiaalitoimittajilta tulevia kuormia työmaan tarpeita paremmin palveleviksi yhdistelmäkuormiksi (cross-docking). Tutkielman empiirisen osion

kohteena olevalle pilottityömaalle ohjataan osa materiaalitoimituksista täsmätoimituksina terminaalien kautta työmaaorganisaation toiveiden mukaisesti. Terminaalipalvelun tuottaminen on ulkoistettu palveluun erikoistuneelle yritykselle.

Cross-docking

Termillä cross-docking tarkoitetaan esimerkiksi terminaalissa tai logistiikkakeskuksessa tapahtuvaa toimintaa, jossa usealta eri toimittajalta tulevia kuormia yhdistellään yhdistelmäkuormiksi, joissa on normaalia tehdastoimitusta pienemmät määrät jokaista materiaalityyhmää. Esimerkiksi vähittäiskaupassa cross-docking on rakennusalaan huomattavasti laajemmassa käytössä.

Täsmätoimitus

Täsmätoimituksella tarkoitetaan toimitusta, jolle on sovittu tarkka toimitusajankohta tai aikaikkuna. Lisäksi täsmätoimituksessa tuotteet on usein pakattu ja merkitty rajatun toimituskohteen (esim. huoneisto) edellyttämällä tavalla. (Rakennustyömaan toimitusten ohjaus 2009). Tässä tutkielmassa täsmätoimituksella viitataan terminaalien kautta toimitettavaan yhdistelmäkuormaan, jolle on sovittu tarkka toimitusaika.

Tuotannon luotettavuus

Tuotannon luotettavuudella viitataan rakennustyömaan kykyyn pysyä tarkasti rakennusaikataulussa, sekä välttää häiriöitä tuotannossa.

Puskurit

Puskurointia käytetään suojakeinona prosesseihin liittyvää epävarmuutta vastaan. Puskurit voidaan jakaa kolmeen ryhmään: aika-, materiaali- ja kapasiteettipuskurit. Aikapuskureilla tarkoitetaan taukoa, joka jätetään tuotannosuunnittelussa tarkoituksella peräkkäisten tuotantovaiheiden väliin. Materiaalipuskuri tarkoittaa samaa kuin varmuusvarasto. Kapasiteettipuskurilla tarkoitetaan varautumista epävarmuuteen ylimääräisellä kone- tai työvoimakapasiteetilla. Tässä tutkielmassa pääpaino on aika- ja materiaalipuskureilla.

2. Logistiikka rakennusteollisuudessa

Logistiikkakustannusten osuus yritysten liikevaihdosta on kasvanut ja samalla logistiikan merkitys yritysten kilpailukyvyllä on korostunut, mikä ilmenee Liikenne- ja viestintäministeriön teettämästä vuoden 2009 Logistiikkaselvityksestä. Suomalaisyritysten logistiikkakustannukset ovat keskimäärin 14,2 % liikevaihdosta, mikä on 1,2 % enemmän kuin vuoden 2006 vastaavassa selvityksessä. (Logistiikkaselvitys 2009) Rakennusteollisuus ei tee poikkeusta tässä asiassa. Erityisen suhdanneherkkänä alana rakennusteollisuudessa ollaan parhaillaan tilanteessa, jossa kaikki kustannusten karsimisen ja tuottavuuden parantamisen mahdollistavat kehitystoimenpiteet ovat enemmän kuin tervetulleita. Logistiikan hallintaan liittyvää kustannussäästöpotentiaalia ei ole syytä aliarvioida.

Logistiikka rakennusteollisuudessa eroaa monella tapaa esimerkiksi perinteisestä valmistavasta teollisuudesta sekä vähittäiskaupasta. Tanskanen ym. (2009, 29) mainitsevat seuraavat erot:

- Jokainen rakennusprojekti on erilainen
- Lopputuote on uniikki
- Tuotanto ja tuotteen lopullinen käyttö tapahtuvat samassa paikassa
- Rakennusyrityksen tuotanto tapahtuu samanaikaisesti lukuisissa eri paikoissa
- Työmaaorganisaatio pysyy yleensä projektista toiseen samana, mutta ulkoinen organisaatio (suunnittelijat, insinöörit, toimittajat, aliurakoitsijat) vaihtuu usein
- Projekteilla on yleensä paljon valinnanvaraa toimintatapojensa suhteen
- Yhdellä työmaalla työskentelee samanaikaisesti useita yrityksiä
- Urakoitsija ei useimmiten pääse vaikuttamaan tuotespesifikaatioihin

Kaikki yllämainitut seikat vaikeuttavat organisaationlaajuisten logististen ratkaisujen ja toimintatapojen kehittämistä ja käyttöönottoa.

2.1. Rakennustyömaan logistiset prosessit

Rakennustyömaan logistiikan voi karkeasti jakaa kolmeen osaan: tulo-, lähtö- ja sisälogistiikka. (Wegelius-Lehtonen ym. 1996, 8) Tulologistiikalla tarkoitetaan työmaalle saapuvia materiaalitoimituksia, lähtölogistiikalla työmaalta pois lähteviä kuljetuksia (lähinnä jätelogistiikka sekä palautuva vuokratkalusto) ja sisälogistiikalla työmaan sisäisiä materiaalien

siirtoja. Tässä tutkielmassa pääpaino on tulo- ja sisälogistiikalla, sekä niiden keskinäisellä vuorovaikutuksella.

Työmaan tulologistiikan kannalta olennaista on toimitustäsmällisyys. Työmaan toiminnan häiriöttömyyden varmistamiseksi tavarantoimittajan on pystyttävä toimittamaan oikeat materiaalit, oikeaan aikaan, oikeaan paikkaan. Osa vastuusta kuuluu kuitenkin myös työmaan työnjohdolle. Ilman toimivaa kommunikaatiota ei voida olettaa toimittajan pystyvän toimimaan työmaan kannalta optimaalisella tavalla. Tutkielman kohdeyrityksessä toimitustäsmällisyyden kehittämistä on tähän asti hidastanut se, että sitä ei systemaattisesti mitata, ja tähän halutaan jatkossa muutos (Talvitie, haastattelu 4.2.2009).

Usein toimitusvarmuudesta puhuttaessa pääpaino on myöhästyneillä toimituksilla. Rakennustyömaan näkökulmasta liian aikaisin saapuvat toimitukset ovat lähes yhtä ongelmallisia. Työmaalla varastoitavat tuotteet sitovat pääomaa, ja rajallisen varastointitilan vuoksi suuri tavaramäärä vaikeuttaa työmaan toimintaa. Varastointiolosuhteet ovat harvoin optimaaliset, minkä vuoksi materiaalit altistuvat vahingoittumiselle. Rajallisen tilan vuoksi materiaaleja joudutaan siirtelemään paikasta toiseen, mikä myös lisää hävikkiä, ja siirtelyyn kuluva aika on suoraan pois työntekijöiden tuottavasta työstä. Varastointitilaan ei juurikaan voida vaikuttaa, varsinkaan projektin käynnistymisen jälkeen. Tämän vuoksi tuotannosuunnittelu ja täsmälliset toimitukset ovat käytännössä ainoa ratkaisu varastointiongelman ratkaisemiseksi.

Rakentamiseen olennaisesti liittyvän epävarmuuden vuoksi varastoista ei koskaan tulla pääsemään täysin eroon. Tavoitteena tulisi kuitenkin olla tuotannosuunnittelun ja työmaan toimintojen kehittäminen sellaiselle tasolle, että varastoja tarvittaisiin minimaalinen määrä. Toimitushäiriöiden lisäksi työmaan omasta toiminnasta johtuvat häiriöt – kuten poikkeamat rakennusaikataulusta - on pystyttävä minimoimaan.

2.1.1. Tulologistiikka – nykyiset käytännöt ja ongelmat

Nykyisenä käytäntönä on, että työmaat organisoivat logistiikkansa pääasiassa itsenäisesti. Materiaalien tilauksiin käytettävät kanavat vaihtelevat suuresti, vaikka esimerkiksi tämän tutkielman kohdeyrityksessä on käytössä kaksi sähköistä hankintajärjestelmää, joilla suurin osa hankinnoista on mahdollista tehdä. Puhelinta ja sähköpostia käytetään edelleen hyvin paljon.

Puhelin- ja sähköpostitilausten suurin ongelma on se, että näin toimimalla tietojärjestelmiin ei tallennu tilauksen tietoja. Ainoa sähköinen dokumentti tilaukseen/toimitukseen liittyen on tällöin lasku reskontran järjestelmissä. Tilaus/toimitus-datan kerääminen laskuista on työlästä ja hankalaa, etenkin silloin kun yhdelle laskulle on yhdistelty useampia toimituksia

Nykyisessä tilauskäytännössä ongelmana on myös toimitusaikojen sopiminen, joka on liian summittaista. Toimittajat eivät ole valmiita sitoutumaan tarpeeksi tarkkoihin toimitusaikoihin, ja toisaalta rakennusliikkeen puolelta ei ole tehty riittäviä aloitteita asian muuttamiseksi. Työnjohtajat pystyvät arvioimaan tietyn kuorman saapumisen ehkä päivän tai kahden tarkkuudella. Siksi ei ole lainkaan tavatonta, että kuorman saapuessa työmaalle, sen purkamiseen ei ole valmistauduttu ja kuormat joutuvat odottamaan purkamista välillä pitkiäkin aikoja. ”Yllättäen” saapuva kuorma aiheuttaa myös turhia tuottavan työn keskeytyksiä. Toimitustäsmällisyyden mittaaminen on hankalaa, kun toimitusaikaa ei ole sovittu tarkasti. Työmaalla on myös usein ainoastaan kaksi tai kolme suurempien kuormien purkamiseen soveltuvaa purkupaikkaa, ja jos tätä paikkaa ei ole saapuvalla toimitukselle määritelty etukäteen, syntyy ongelmia. Osa purkupaikoista saattaa olla varattuna ja vapaana olevan purkupaikan läheisyydessä ei välttämättä ole sopivaa varastointitilaa. Purkupaikkojen lisäksi myös purkuresurssit muodostavat usein pullonkaulan purkujen tehokkuudelle. Purkuresursseilla tarkoitetaan kuormien purkuun käytettäviä koneita – kuten torninosturia – tai purkuun tarvittavaa henkilöstöä.

2.1.2. Sisälogistiikka – nykyiset käytännöt ja ongelmat

Työmaan sisäisen logistiikan toimivuus on olennaisesti riippuvainen saapuvien toimitusten täsmällisyydestä, mutta toisaalta myös onnistuneesta tuotannosuunnittelusta. Hyvästä toimitustäsmällisyydestä ei ole hyötyä, jos tuotannon luotettavuus työmaalla ei ole riittävällä tasolla.

Rakentamiseen kuten muuhunkin liiketoimintaan liittyy aina tietty määrä epävarmuutta. Logistiikkaa käsittelevässä kirjallisuudessa on perinteisesti esitetty puskureita yhdeksi keinoksi sietää epävarmuutta. Sekä aika- että materiaalipuskurit ovat kuitenkin kalliita ja saattavat katkeä alleen muita ongelmia, ennen kaikkea sisäisissä prosesseissa. Suotavampaa olisikin siis kehittää työmaan sisäistä toimintaa sellaiselle tasolle, ettei suuria varmuusvarastoja tarvittaisi.

Työmaalla pidettävät varastot ovat monella tapaa ongelmallisia. Kuten jo aiemmin on mainittu, varastointitila on rajallinen ja rakentamisen edetessä myös muuttuva. Mitä enemmän

työmaalla säilytetään materiaaleja, sitä todennäköisempää myös on, että niitä joudutaan siirtelemään. Jokainen siirto lisää materiaalien vahingoittumisen riskiä ja siirtelyyn kulutettu aika on pois tuottavasta työstä. Ilman sisäisiä siirtojakin hävikin riski on suuri, sillä materiaaleja varastoidaan työmailla usein ulkotiloissa, joten ne ovat alttiita esimerkiksi lämpötilan ja kosteuden vaihteluille. Suuret määrät materiaaleja saattavat myös hankaloittaa työmaalla liikkumista. Materiaalien vahingoittumisriskin lisäksi materiaalinsiirrot aiheuttavat myös työturvallisuusriskin siirtoja suorittavalle henkilöstölle. Työmaan päivittäisessä toiminnassa suoraan näkyvien haittojen lisäksi varastoihin sitoutuva kustannus lisää niiden ongelmallisuutta rakentamisen tehokkuudelle.

Just-in-time –tyyppinen toimintatapa olisi yllä esitetyn valossa työmaaolosuhteissa ideaali. Betonimassatoimituksissa tämäntyyppinen käytäntö onkin jo käytössä ja materiaalin luonteen vuoksi välttämätöntä. JIT - toimitukset tulevat varmasti yleistymään jatkossa, mutta rakentamisen luonne asettaa tälle omat rajoituksensa. Joitakin materiaaleja on niiden kokonsa ja hankalan käsiteltävyytensä vuoksi otettava työmaalle säilytykseen huomattavasti ennen asennusta. Esimerkiksi kipsilevynippuja on ollut tapana nostaa kerrostalon runkovaiheessa kuhunkin kerrokseen tarvittava määrä aina ennen ylemmän välipohjan asennusta. Ylemmän välipohjan asentamisen jälkeen nippujen nosto nosturilla tai kurottajalla kerrokseen on hankalaa. Myös muita materiaaleja, kuten ikkunoita ja pattereita, on ollut tapana nostaa runkovaiheessa holville.

2.2. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan merkitys rakennusalalla

Rakennusliikkeen kilpailukykyyn vaikuttavat ratkaisevasti toiminnan kustannukset, laatu, aika ja täsmällisyys. Logistiikan hallinnan tavoitteena on vaikuttaa kaikkiin näihin osatekijöihin. (Wegelius-Lehtonen ym. 1996, 10). Täsmällisyys on itse asiassa yksi tapa vaikuttaa aikaan, laatuun ja kustannuksiin. Kuten Flanagan (2006) huomauttaa, hyvin koulutetuista erikoistuneista ammattimiehistä ei ole työmaalle hyötyä, jos he eivät pysty tekemään työtä, josta heille maksetaan palkkaa. Materiaalit on toimitettava oikeaan aikaan ja oikeaan paikkaan, jotta työ voi jatkua suunnitellusti ilman keskeytyksiä.

Vrijhoef ja Koskela (2000, 171) määrittelevät toimitusketjun hallinnalle neljä eri roolia rakennusteollisuudessa:

(1) Toimitusketjun vaikutus työmaan toimintoihin, tavoitteena vähentää kustannuksia ja nopeuttaa työvaiheita. Käytännössä tämä tarkoittaa työn ja materiaalivirtojen luotettavuuden

varmistamista turhien häiriöiden välttämiseksi. Tämä rooli kuvaa usein rakennusliikkeen näkökulmaa toimitusketjun hallintaan.

(2) Pelkkä toimitusketjun tehokkuuteen keskittyminen, tavoitteena vähentää ketjun logistiikkaan, toimitusaikoihin ja varastoihin liittyviä kustannuksia. Tämä rooli kuvaa ennen kaikkea materiaalitoimittajien näkökulmaa toimitusketjun hallintaan.

(3) Toimintojen siirtäminen työmaalta toimitusketjun aiempiin vaiheisiin. Näin voidaan pyrkiä välttämään työmaan huonoista olosuhteista aiheutuvia haittoja tai saavuttaa tehokkuutta samanaikaisesti toteutettavista toiminnoista. Sekä toimittajien, että rakennusliikkeen intresseissä voi olla tällainen ajattelutapa.

(4) Koko toimitusketjun ja työmaan integroiminen. Rakennustyömaa nähdään osana toimitusketjua ja näin pyritään valmistajista, toimittajista ja rakennusliikkeestä muodostuvan kokonaisuuden optimointiin. Rakennusliikkeen ja toimittajien lisäksi myös rakennuttajan intresseissä voi olla tällainen näkemys.

2.3. Materiaalityypit ja toimitusketjut

Rakennustyömaalla projektin aikana tarvittavat materiaalit vaihtelevat suuresti muiden muassa niiden logistisen käsiteltävyyden, tilausfrekvenssin, materiaalin arvon sekä sen mukaan, missä eri projektin vaiheissa niitä tarvitaan. Tämä luo tarpeen luokitella materiaaleja yllä mainittujen ominaisuuksien mukaan, sillä on selvää, että samanlaiset toimitusratkaisut eivät sovi kaikille materiaaliryhmille.

Wegelius-Lehtonen ym. (1996, 8) ryhmittelevät rakennusmateriaalien logistiikkaketjut niiden luonteen mukaan kolmeen päätyyppiin: hankekohtaisesti suunnitellut (projektikohtaiset) tuotteet, vakiomateriaalit sekä pientarvikkeet. Projektikohtaisia tuotteita ovat esimerkiksi betonielementit ja ikkunat. Vakiomateriaaleihin voidaan lukea esimerkiksi puutavara, kipsilevyt ja eristeet, eli suurehko niin sanottu bulkki-tavara. Pientarvikkeita ovat esimerkiksi naulat, ruuvit ja muut kiinnikkeet.

Reijonsaari (2004, 57-59) määrittelee Wegelius-Lehtosen ym. ryhmittelyä mukaillen kolme erilaista toimitusketjurakennetta rakennusmateriaaliryhmille. Pientarviketoimitukset tulisi mahdollisuuksien mukaan yhdistää muihin työmaalle saapuviin kuormiin. Projektikohtaisille tuotteille taas sopii parhaiten niiden luonteen vuoksi suora toimitus täysinä kuormina valmistajalta työmaalle. Projektikohtaiset tuotteet, kuten betonielementit, ovat vakiomateriaaleja selvästi arvokkaampia ja lisäksi hankalia käsitellä, minkä vuoksi niiden

toimitusketjusta tulisi karsia kaikki turhat käsittely- ja varastointivaiheet pois. Vakiomateriaaleille Reijonsaari ehdottaa toimituksia logistiikkakeskuksen kautta cross-docking – periaatteella. Logistiikkakeskus hajottaa toimittajilta tulevat kokonaiset rekkakuormat ja jakaa ne uudelleen työmaakohtaisiksi kuljetuksiksi yhdistellen eri toimittajilta tulleita materiaaleja. Tällainen toimintamalli mahdollistaisi JIT – toimitukset työmaalle, minkä lisäksi etuna olisi myös työmaalle saapuvien toimitusten lukumäärän selkeä väheneminen.

Orlo (2005, 49-54) esittää rakennusmateriaalien logistiikalle neljä vaihtoehtoista toimintamallia: suora toimitus, yhdistely (terminaalitoiminta), rinki/keräily ja alihankinta. Rinki/keräily - toimintamallissa ajatuksena on, että yksi ajoneuvo kerää usealta valmistajalta tai tukkurilta useamman työmaan yhden päivän tilaukset. Tämän jälkeen keräilyauto jakaa toimitukset tilaukset tehneille työmaille. Alihankinnalla viitataan tässä yhteydessä siihen, että työmaalla aliurakkaa suorittava taho vastaa itse tarvitsemiensa materiaalien hankkimisesta työmaalle.

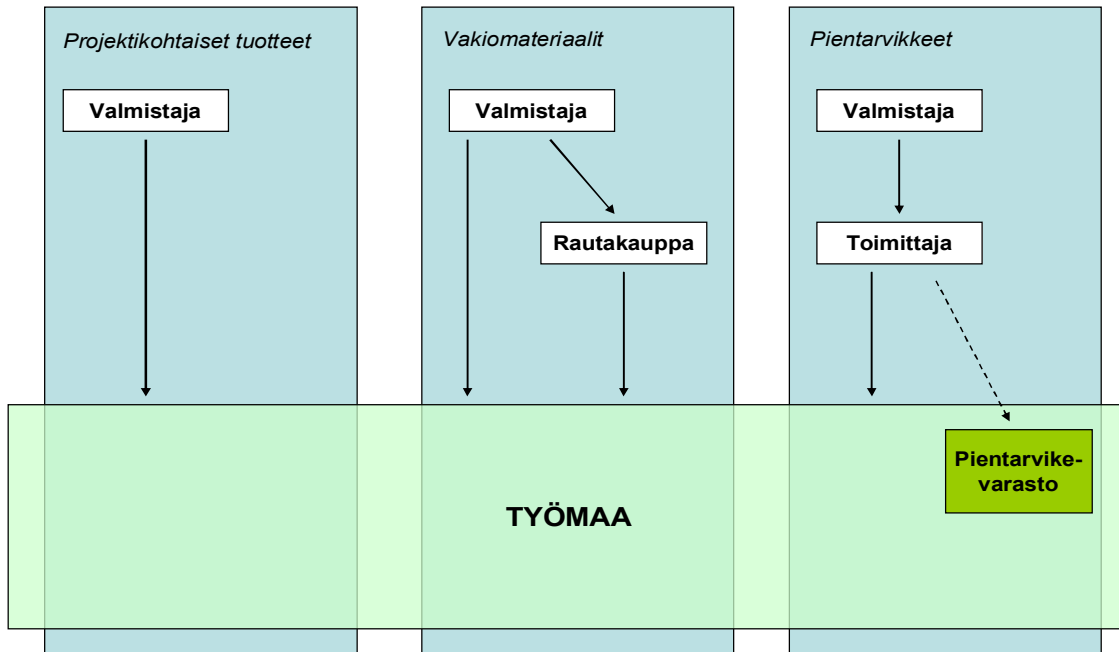
2.4. Toimitusketjut kohdeyrityksessä

Tutkielman kohdeyrityksessä Skanska Oy:ssä käytetään tällä hetkellä yllä esitetystä toimintamalleista suoria tehdastoimituksia, yhdistelyä ja alihankintaa. Lisäksi vakiomateriaalien täydennystoimituksia hankitaan rautakaupan kautta. Terminaalien kautta toimitettavia täsmätoimituksia on käytetty jo aiemmin, mutta pidemmälle jalostettua toimintatapaa testataan nyt. Terminaalitoimituksia sekä uutta logistiikkajärjestelmää testataan toistaiseksi yhdellä pilottityömaalla. Pientarvikkeille Skanskalla on kehitetty aiemmin esitetystä toimintamalleista poikkeava ratkaisu, pientarvikevarasto.

Pientarvikevarasto toimii VMI (vendor managed inventory) – periaatteella: käytännössä se on pieni toimittajan/toimittajien ylläpitämä kauppa työmaatiloiissa. Työmaan henkilöstö sopii yhdessä toimittajan kanssa pientarvikevaraston sisällöstä ja toimittajan vastuulle jää varaston ylläpito sovittujen palvelutasojen mukaan. Toimittajat ovat Skanskan kausisopimustoimittajia ja palvelutasot on määritelty osaksi kausisopimuksia. Varastotilat ovat rakennusyrityksen omaisuutta, kun taas pientarvikevaraston tuotteet toimittajan omaisuutta siihen asti kunnes tuote ”ostetaan” varastosta. Ostaminen tapahtuu käytännössä kirjautumalla varastonseurantajärjestelmään ja skannaamalla tuotteen viivakoodi käsiskannerilla. Rekisteröityjen varastosta ottojen perusteella toimittaja laskuttaa rakennusprojektia sovituin väliajoin.

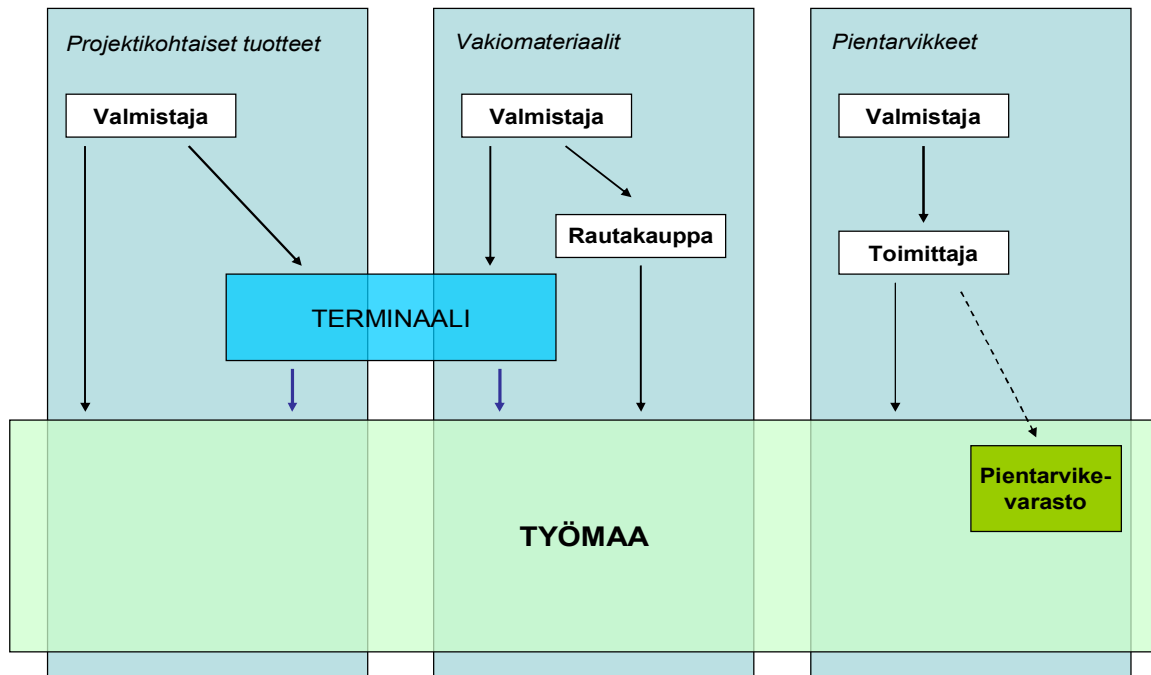
Pientarvikevaraston toimivuutta testattiin kolmella pilottityömaalla ja näiltä työmailta kerättyä dataa verrattiin dataan, joka kerättiin perinteisten toimintamallien mukaan toimivalta työmaalta. Tulokset olivat pientarvikevaraston laajemman käytön kannalta rohkaisevia. Tarvittavan tarvikkeen etsimiseen kulunut aika oli pilottityömailla keskimäärin 70 % pienempi kuin vertailutyömaalla ja pientarvikkeiden osalta tavaran vastaanottoon ja järjestelyyn kuluva aika putosi luonnollisesti nolnaan, tämän osuuden siirtyessä kokonaan toimittajan vastuulle. Pilottityömaalla kaikkien tuotteiden varastotasot olivat myös jatkuvasti tiedossa, toisin kuin vertailutyömaalla. Merkittävin säästö pilottityömailla syntyi kuitenkin laskujen käsittelyn vaatimassa ajassa. Sekä työmaahenkilöstö että konttoritoimihenkilöt käyttivät peräti 90 % vähemmän aikaa laskujen käsittelyyn. (Tanskanen ym. 2009, 37-38) Pientarvikevarastoa on jo käyttänyt tai käyttää tällä hetkellä 32 Skanskan työmaata. Täysin organisaationlaajuisessa käytössä se ei siis vielä ole, mutta konsepti on osoittanut toimivuutensa ja ylimmän johdon tuella sitä ollaan ottamassa koko ajan laajemmin käyttöön. Pientarvikevaraston jalkautuksesta on tehty suunnitelma, jonka mukaan vuonna 2010 aloitettavista valitut kriteerit täyttävistä kohteista 50 %:ssa olisi pientarvikevarasto. Valintakriteerit ovat kohteen koko (kustannukset vähintään 1,9 milj. €), rakennusaika (vähintään 10kk), sekä aliurakointiaste. Jos rakennusliikkeen oman työn osuus projektissa on vähäinen, jää pientarvikevaraston odotettavissa oleva ostovolyyymi niin pieneksi, ettei sen käyttäminen ole kannattavaa. (Talvitie, haastattelu 12.8.2009)

Kuvissa 2-1 ja 2-2 esitetään Orloa (2005, 55) ja Reijonsaarta (2004, 57) mukaillen kohdeyrityksen nykyiset toimitusketjut sekä tulevaisuuden visio. Nykyisissä toimintamalleissa kaikki projektikohtaiset tuotteet toimitetaan suorina tehdastoimituksina työmaalle. Vakiomateriaaleista osa hankitaan suoraan tehtaalta ja osa rautakaupan kautta. Kuten yllä on mainittu, pientarvikevaraston käyttö on yleistymässä kohdeyrityksessä, mutta edelleen pientarvikkeita tilataan myös erikseen toimittajilta tai käydään itse rautakaupasta noutamassa. Tämä tulee olemaan käytäntönä jatkossakin, sillä tarkoitus on, että pientarvikevarastoissa olisi kunkin projektin jatkuvasti tarvitsemat pientarvikkeet. Rautakauppanoudot tai yksittäiset tilaukset toimittajilta eivät siis tule kokonaan poistumaan tulevaisuudessakaan.



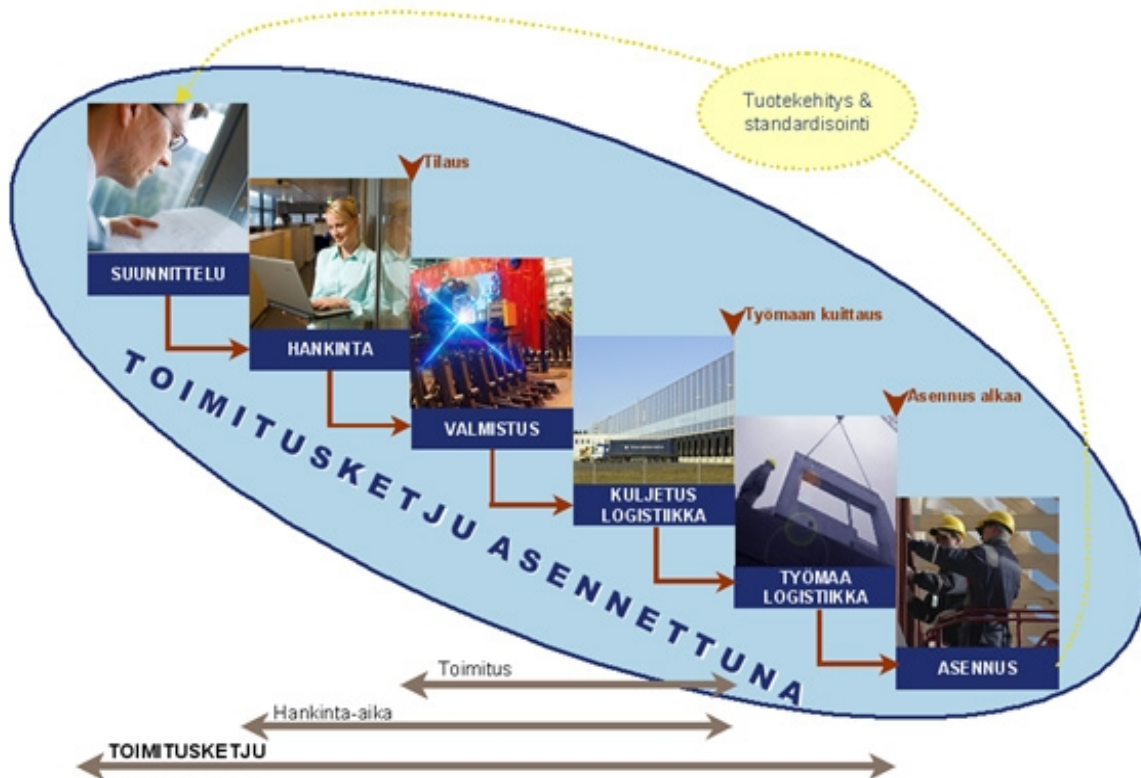
Kuva 2-1: Kohdeyrittäjien nykyiset toimitusketjut

Tällä hetkellä Skanska Oy:ssä on käynnissä logistiikan kehitysprojekti, johon tämä tutkielmakin kuuluu. Yhtiön pitkän tähtäimen tavoitteena on alkaa koordinoida keskitetysti koko toimitusketjua aina suunnittelusta asennukseen (ks. kuva 2-3). Osana projektia Skanska on aloittanut terminaalitoimitusten kokeilun yhdellä pilottityömaalla. Terminaalien kautta on tarkoitus ohjata osa projektikohtaisista tuotteista (esim. ikkunat), sekä osa vakiomateriaaleista. Toimintamallin osoittaessa toimivuutensa, terminaalitoimitukset otettaisiin jatkossa käyttöön laajemminkin. Kaikkia vakiomateriaaleja ei tulla tulevaisuudessakaan toimittamaan terminaalien kautta, vaan tuoteryhmistä valitaan terminaalitoimituksiin parhaiten sopivat. Sama koskee projektikohtaisia tuotteita. Hyväksi havaittuja tuoteryhmiä ovat esimerkiksi kipsilevyt, väliseinärangat, ikkunat ja patterit.



Kuva 2-2: Kohdeyrityksen toimitusketjut – tulevaisuuden visio

Kohdeyrityksen kannalta olennaista on löytää jokaiselle materiaalityhmälle parhaat mahdolliset toimitusketjuratkaisut toimitustäsmällisyyden ja häiriöttömän tuotannon takaamiseksi.

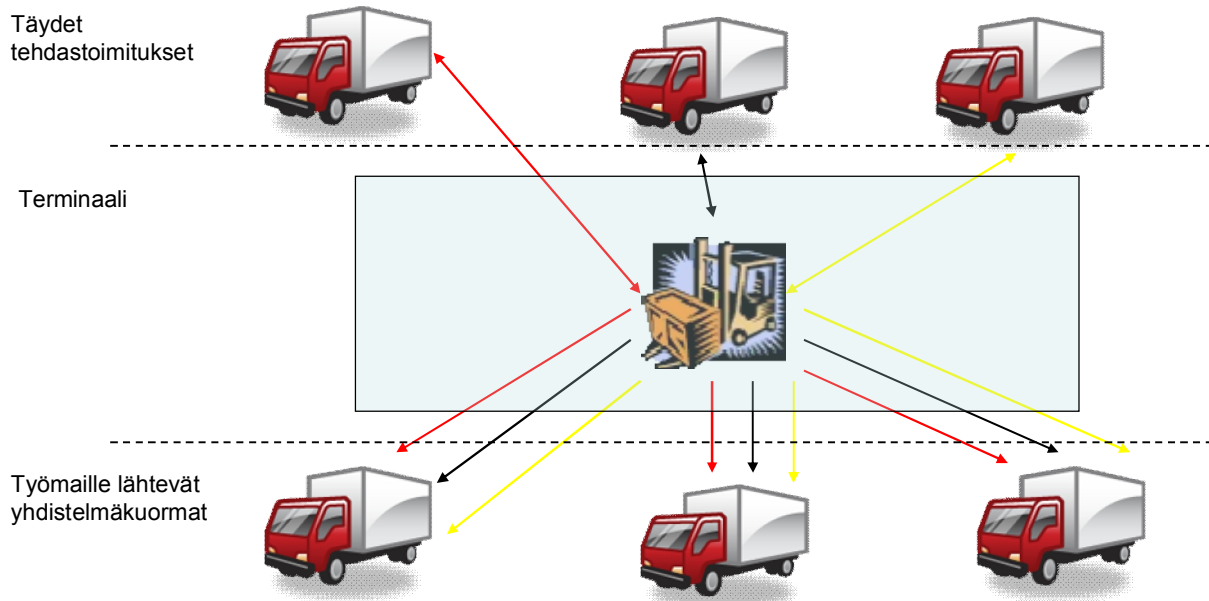


Kuva 2-3: Kohdeyrityksen visio toimitusketjujen hallinnasta suunnittelusta asennukseen (www.skanska.fi)

2.5. Terminaalitoimitusten hyödyt ja edellytykset hyötyjen saavuttamiselle

Cross-docking – periaatteella toimivat terminaalit ja logistiikkakeskukset ovat vähittäiskaupan alalla yleisesti käytössä, mutta rakennusteollisuudessa toistaiseksi harvinaisia. Orlo (2005) ja Reijonsaari (2004) erittelevät tutkimuksissaan terminaalitoimitusten potentiaalisia hyötyjä rakennusteollisuudelle. Orlo (2005, 51-52) toteaa ensinnäkin yhdistelykuormien mahdollistavan kuormien täyttöasteen nostamisen vaikka samalla eräkoot ja varastointi pienenee. Lisäksi terminaalialia on mahdollista käyttää myös puskurivarastona, joka riittävällä läheisyydellä auttaa työmaata tarvittavan toimitusvarmuuden saavuttamisessa. Terminaalissa voidaan myös tuottaa lisäarvopalveluita kuten kokoonpanoa, settämistä ja materiaalien katkomista. Reijonsaari (2004, 58-59) huomauttaa terminaalitoimitusten yksinkertaistavan jakeluketjua jälleenmyyntiportaan poistuessa. Terminaalitoiminta myös mahdollistaa JIT – toimitukset työmaalle. JIT – toimituksilla Reijonsaari viittaa lyhyin välein saapuviin toimituksiin, joissa materiaalia on ainoastaan lyhyen aikaikkunan sisällä käynnistyviin

asennustöihin. Ideaalitilanteessa tällaiset toimitukset toimitettaisiin asianmukaisesti pakattuna suoraan asennuspisteeseensä. Kuvassa 2-4 esitetään terminaalitoiminnan perusidea.



Kuva 2-4: Terminaalitoiminnan perusidea

Cross-docking -periaatteella toimivan jakelukeskustoiminnan on vähittäiskaupan alalla tehnyt tunnetuksi maailman suurin vähittäiskauppayhtiö Wal-Mart. Yhtenä merkittävimpanä tekijänä Wal-Martin menestyksen takana ovat olleet juuri tehokkaat logistiset käytännöt. Wal-Mart on saavuttanut merkittäviä skaalaetuja ostamalla täysiä rekkakuormia, vähentänyt varmuusvarastojen tarvetta ja leikannut myynnin kustannuksia 3 % verrattuna vähittäiskaupan toimialakohtaisiin keskiarvoihin. (Simchi-Levi ym. 2003, 63-64) On kuitenkin muistettava, että materiaalivirroissa on kaupan ja rakennusteollisuuden välillä eroja esimerkiksi tuotteiden kiertonopeuden sekä nimikkeiden määrän osalta. Lisäksi monien elintarvikkeiden kohdalla lyhyt varastointiaika on kriittistä pilaantumisen välttämiseksi, toisin kuin rakennusmateriaalien kohdalla. Tiettyjen tuoteryhmien osalta vastaavia hyötyjä kuin vähittäiskaupassa voidaan kuitenkin saavuttaa myös rakennusteollisuudessa.

Simchi-Levi ym. (2003, 63-64) erittelevät edellytyksiä cross-docking –periaatteella toimivalle terminaalille tai jakelukeskukselle:

1. Kehittyneet tietojärjestelmät välittämään tietoa eri toimijoiden välillä
2. Nopea kuljetusjärjestelmä
3. Ennusteet kriittisiä

4. Cross-docking – strategiat tehokkaita vain riittävän ison volyymin jakelusteemeissä, sillä tällöin kuljetuskaluston täyttöaste saadaan riittävän suureksi

Edellytykset on laadittu vähittäiskaupan näkökulmasta, mikä on otettava huomioon kun arvioidaan niiden soveltumista rakennustuotantoon.

Toimivat tietojärjestelmät ovat logistiikan tehokkuuden kannalta vähintään yhtä kriittisiä rakennusteollisuudessa kuin vähittäiskaupassakin. Tiedonvälityksessä sekä ennen kaikkea tietojärjestelmien systemaattisessa käytössä on kuitenkin paljon kehitettävää. Kuljetusjärjestelmän nopeus on vähittäiskaupalle varsinkin nopeasti pilaantuvien elintarvikkeiden vuoksi hieman kriittisempää kuin rakennusteollisuudelle. Nopeita kuljetuksia tarvitaan toki rakennusteollisuudessakin, mutta suurempi ongelma on toimitusten täsmällisyys.

Rakennusprojektia varten laaditaan etukäteen tarkat määrälaskelmat kaikista käytettävistä rakennusmateriaaleista. Hävikkiä tietenkin syntyy ja rakennukseen tehdään muutostöitä, mutta olennaisempaa rakentamisen kannalta on tarkka aikataulusuunnittelu, eli milloin ja missä materiaaleja tarvitaan. Rakentamisessa ennusteet voisikin siis rinnastaa aikataulusuunnitteluun.

Simchi-Levi ym. toteavat cross-docking – strategioiden olevan tehokkaita ainoastaan riittävän ison volyymin jakelusteemeissä. Tämä on ehdottomasti suurin haaste terminaalitoiminnan hyödyntämiselle rakennustuotannossa. Tehokkuuden saavuttamiseksi terminaalien tulisi pystyä palvelemaan riittävää määrää työmaita volyyymihyötyjen saavuttamiseksi, sekä sopivalla etäisyydellä jokaisesta terminaaliin linkitetystä työmaasta. Vähittäiskauppaan verrattuna ongelmaksi muodostuu palveltavien toimipaikkojen jatkuvasti muuttuva määrä. Samalla alueella samaan aikaan käynnissä olevien työmaiden määrä voi vaihdella ajan mittaan hyvinkin paljon, minkä lisäksi samaan aikaan käynnissä olevat työmaat harvemmin ovat juuri samassa rakennusvaiheessa. Tämän vuoksi työmaiden tarvitsemissa materiaalivalikoimissa voi olla suuria eroja. Pääkaupunkiseudulla ja muiden suurten asutuskeskusten läheisyydessä terminaali olisi kohtuullisen helppoa sijoittaa siten, että sitä pystyttäisiin käyttämään riittävän monen työmaan palvelemiseen. Harvemmin asutuilla alueilla terminaalien tehokas hyödyntäminen olisi kuitenkin haasteellisempaa pitkien etäisyyksien sekä projektien pienemmän lukumäärän vuoksi.

Kohdeyrityksen logistiikan kehitysprojektissa terminaalitoiminnan testaus rajoittuu ainoastaan yhteen työmaahan, minkä vuoksi laajemman mittakaavan hyödyistä ei saada testissä oikeaa

kuvaa. Täsmätoimituksina saapuvien yhdistelmäkuormien vaikutusta työmaan tuottavuudelle voidaan kuitenkin tarkastella.

3. Puskurit rakennustuotannossa

Varmuusvarastoja ja puskureita käytetään suojaamaan toimitusketjun prosesseja yllättävältä vaihtelulta ja häiriöiltä. Tässä luvussa tarkastellaan erilaisten puskureiden funktioita ja vaikutusta rakennustuotannossa.

Horman ja Thomas (2005) jakavat tuotantoprosesseissa käytettävät puskurit kolmeen ryhmään: Aikapuskurit, materiaalipuskurit ja kapasiteettipuskurit. Jaottelu on osittain ongelmallinen, sillä esimerkiksi materiaalien tilaaminen ennakkoon voidaan nähdä myös aikapuskuriksi, vaikka se useimmiten saa aikaan varmuusvaraston. Ballard ja Howell (1995, 4-5) jakavat puskurit ainoastaan kahteen ryhmään: aikataulupuskurit ja suunnitelmapuskurit. Ballardin ja Howellin määritelmässä aikataulupuskurit kattavat myös kapasiteettipuskurit, sillä kirjoittajat sisällyttävät aikataulupuskureihin materiaalit, työkalut, koneet ja myös työvoiman. Suunnitelmapuskurit vastaavat puolestaan käytännössä Hormanin ja Thomasin käyttämää termiä aikapuskurit. Tässä tutkielmassa keskitytään selkeyden vuoksi aika- ja materiaalipuskureihin.

3.1. Materiaalipuskurit rakennustuotannossa

Materiaalipuskureita syntyy kun materiaaleja tuotetaan prosessin vaiheiden väliin enemmän kuin välttämättä tarvittaisiin (Horman & Thomas 2005, 836). Rakennustuotannossa tämä tarkoittaa työmaan näkökulmasta rakennusmateriaalien tilaamista varmuuden vuoksi enemmän kuin tietty tuotantovaihe tarvitsisi. Materiaalipuskuri palvelee seuraavaa tuotantovaihetta suojaen sen mahdollisilta häiriöiltä aikaisemmassa tuotantovaiheessa ja takaa näin työn jatkuvuuden häiriöistä riippumatta (Horman & Thomas 2005, 836).

Ballardin ja Howellin (1995, 5) mukaan materiaalipuskureita käytetään esimerkiksi suojana toimitushäiriöitä vastaan. Myöhästyneiden toimitusten aiheuttamat ongelmat ovat ajaneet rakennusliikkeet vaatimaan aikaisempia toimituksia, mikä taas kiristää toimittajien aikatauluja. Tämä taas aiheuttaa toimittajalle entistä enemmän vaikeuksia pystyä toimittamaan materiaaleja ajallaan ja jälleen rakennusliikkeet kiristävät vaatimuksia. Ballard ja Howell kutsuvatkin ilmiötä eräänlaiseksi oravanpyöräksi. Ja vaikka materiaalipuskurit usein auttavatkin suojautumaan toimitushäiriöiltä, ne eivät poista ongelmien perimmäisiä syitä ja saattavat peittää alleen ongelmia sisäisissä prosesseissa. Tämän lisäksi varmuusvarastot ovat kalliita.

Ballard ja Howell (1995, 5-7) esittävät materiaalipuskureiden hallintaan kaksi ratkaisua. Ensinnäkin, materiaalipuskurit tulisi sijoittaa sellaisen prosessin jälkeen, jonka tuotos vaihtelee normaalisti eniten. Toiseksi, materiaalipuskureiden koko tulisi suhteuttaa käsiteltävän epävarmuuden ja vaihtelun määrään. Näin toimimalla on mahdollista vähentää puskureiden tarvetta. Puskureiden vähentäminen ja resurssien parempi kohdentaminen mahdollistavat projektin läpivientiajan lyhentämisen ja kustannusten pienentämisen.

Työmaan varastoja voidaan pienentää myös toimitusaikoja lyhentämällä. Kun toimitusaika on lyhyt, voi tilausmäärän päättää mahdollisimman myöhään ja sovittaa paremmin todelliseen tarpeeseen. Toimitusrytmin tihentäminen on vaihtoehto lyhyemmälle toimitusajalle, ja myös näin voidaan vähentää turhien varastojen määrää työmaalla. Kummassakin menettelytavassa on keskeistä työmaan ja materiaalitoimittajien välinen yhteistyö. (Talvitie 2006, 14)

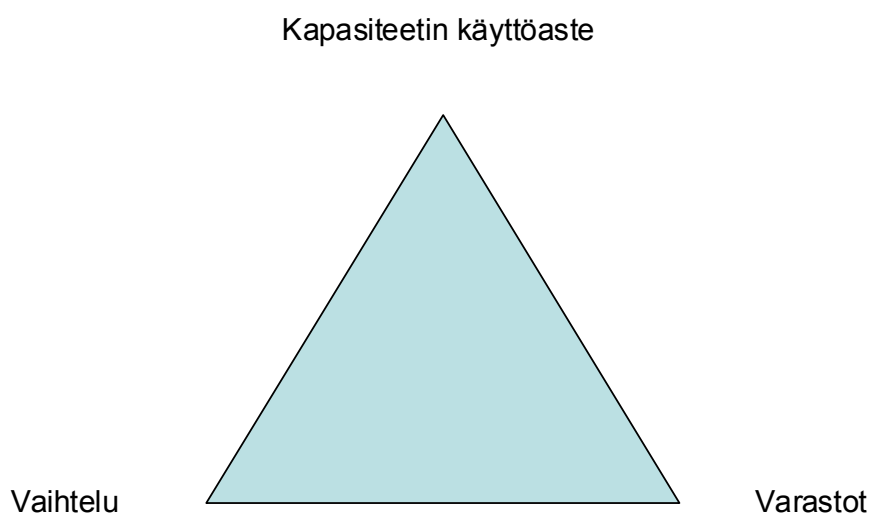
Materiaalipuskureilla uskotaan olevan yhteys rakennustyön tuottavuuteen ja kirjallisuudesta löytyy myös tätä tukevia tutkimustuloksia. Thomas ym. (1999) osoittavat tutkimuksessaan, että rakenneteräksen asennus suoraan toimittavasta ajoneuvosta on tehokkaampaa kuin muut teräksen asennusmenetelmät. Myös Hormanin ja Thomasin (2005) tutkimus tukee väitettä materiaalipuskureiden ja työn tuottavuuden yhteydestä. Horman ja Thomas ovat tutkimuksessaan pyrkineet selvittämään onko mahdollista identifioida puskureiden optimaalisia tasoja työn tuottavuuden näkökulmasta.

Hormanin ja Thomasin tutkimuksen empiirinen aineisto on kerätty päivittäin kolmelta samanlaiselta projektilta yhteensä 171 päivän aikana. Tutkimuksessa keskityttiin Thomasin (2000) tutkimuksen tavoin yhteen materiaaliryhmään – rakenneteräkseen -, jonka asennuksen tehokkuutta mitattiin. Tuottavuutta laskettaessa otettiin huomioon sekä teräksen valmistukseen, että asennukseen kuluva yhteisaika, joka suhteutettiin samassa ajassa asennetun teräksen määrään. Varastojen määränä käytettiin samana päivänä valmistetun ja asennetun teräksen määrien erotusta. Varastojen määriä laskettaessa valmistus- ja asennusmäärinä käytettiin suhdelukua, joka saatiin jakamalla tarkkailupäivänä valmistettuna / asennettuna ollut kumulatiivinen määrä koko projektin tarvitsemalla teräsmäärällä (kg).

Tutkimuksen tulosten mukaan materiaalipuskureilla ja työn tuottavuudella on yhteys, mutta se ei ole täysin yksiselitteinen. Hormanin ja Thomasin mukaan varmuusvarastojen poistaminen kokonaan heikentää tuottavuutta, mutta toisaalta tietyn pisteen jälkeen varmuusvarastojen kasvattamisen hyöty tuottavuudelle poistuu. Toisin sanoen, tutkijat löysivät omasta aineistostaan arvion optimaalisesta materiaalipuskurin määrästä. Hormanin ja Thomasin

tutkimuksessa optimaalinen varastotaso oli 4,0 – 5,5 %:n varmuusvarasto laskettuna yllä mainitulla tavalla.

Klassen ja Menor (2007, 1018-1019) liittävät mallissaan varastot yhteen prosessin vaihtelun sekä kapasiteetin käyttöasteen kanssa. Kuvan 3-1 mukaisesti prosessin suorituskykyä voidaan parantaa keskittymällä yhteen mallin kolmesta ulottuvuudesta. Olennaista on siis valinta, joka joudutaan tekemään sen suhteen, mitä prosessin osa-aluetta painotetaan. Samanaikaisesti ei siis voida saada täyttä hyötyä kehittämällä prosessia esimerkiksi sekä vaihtelua vähentämällä, että puskurivarastoja lisäämällä.



Kuva 3-1: Prosessin hallinta – kolmio (Klassen & Menor 2007, 1018)

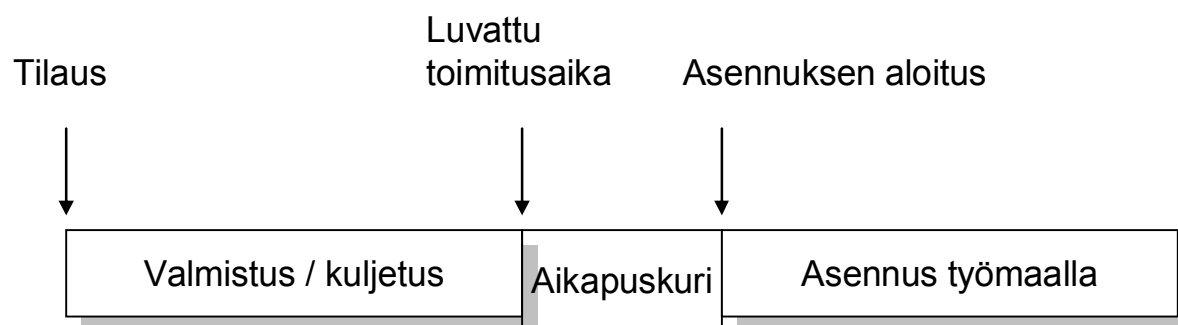
Tutkielman viitekehystä Klassenin ja Menorin malli tukee ennen kaikkea siten, että kohdeyrityksen intresseissä on parantaa tuottavuutta rakennustuotannon prosessien vaihtelua vähentämällä eikä varastoja kasvattamalla. Kapasiteetin käyttöaste ei varsinaisesti ole tässä tutkielmassa tarkastelun alla, mutta puhuttaessa henkilökapasiteetin käyttöasteesta, yhteys tuottavuuteen on olemassa. Kun työntekijät joutuvat odottamaan, heidän kapasiteettinsa ei ole käytössä. Toisaalta esimerkiksi materiaalien siirtoja työmaalla ei voida pitää tuottavana työnä. Mutta jos kapasiteetin käyttöaste linkitetään tuottavuuteen, onko tuottavuuden parantaminen mallin mukaisesti mahdollista vaikuttamatta prosessin vaihteluun tai varastoihin?

Toimitustäsmällisyyteen materiaalipuskurit linkittyvät siten, että usein juuri epävarmuus toimitusten täsmällisyyden suhteen johtaa ylimääräisten varastojen pitämiseen työmaalla. Toimittajien ja rakennusliikkeen välistä luottamusta kasvattamalla on mahdollista vähentää

varmuusvarastojen tarvetta toimitushäiriöiden suojana. Luottamus ei kuitenkaan synny itsestään, vaan ensin on toteutettava selkeitä kehitystoimenpiteitä toimitustäsmällisyyden kasvattamiseksi.

3.2. Aikapuskurit rakennustuotannossa

Aikapuskureilla tarkoitetaan taukoa, joka jätetään tarkoituksella tuotannosuunnittelussa peräkkäisten tuotantovaiheiden väliin. Aikapuskureiden tärkein funktio on kasvattaa tuotannon luotettavuutta eli varmuutta siitä, että prosessin seuraava vaihe päästään aloittamaan suunnitellusti. Negatiivisena puolena aikapuskureiden käytössä on se, että ne saattavat saada aikaan ylimääräisiä varastoja tuotannon vaiheiden välille. (Horman & Thomas 2005, 837) Yeo ja Ning (2006, 126) esittävätkin materiaalien tilaamisen ennakkoon työmaalle eräänlaisena aikapuskurina (Kuva 3-2).



Kuva 3-2: Aikapuskurin sijoittaminen (Mukaillen, Yeo & Ning 2006, 126)

Yeo ja Ning (2006) käsittelevät tutkimuksessaan aikapuskureiden käyttöä rakennusprojektien hankinnoissa. Tutkimuksen mukaan aikapuskureiden käyttö on suosittu suojauskeino projektin epävarmuutta vastaan. Kyselyyn vastanneista yrityksistä 87 % käyttää aikapuskureita lisäten sen kuvan 3-2 tavoin sovitun toimitusajan ja asennuksen aloitusajan väliin. Aikapuskurin pituus suhteutetaan usein tuotteen toimitusaikaan, mikä aiheuttaa ongelmia varsinkin tapauksissa, joissa tuotteen valmistus- ja toimitusajat ovat pitkiä. Rakennusprojektin pääurakoitsijan lisäksi myös tuotteen valmistaja saattaa joutua esimerkiksi komponenttihankinnoissaan käyttämään aikapuskureita ja näin koko toimitusketjua tarkasteltaessa aikapuskureiden liiallinen käyttö johtaa merkittävään ajan hukkaan. Hukka on luonnollisesti sitä suurempi, mitä enemmän väliportaita toimitusketjussa on.

Aikapuskurit voidaan karkeasti jakaa kahteen ryhmään: (1) Tuotantoaikatauluun peräkkäisten tuotantovaiheiden väliin jätettävät tauot ja (2) Materiaalien tilaaminen työmaalle ennen todellista tarvetta. Erottelu ei ole kuitenkaan täysin mustavalkoinen, koska tietyn

tuotantovaiheen aloittaminen aikataulun mukaisesti on luonnollisesti riippuvainen tarvittavien materiaalien saapumisesta ajallaan. Toisaalta epävarmuus oman tuotannon aikataulussa pysymisen suhteen voi aiheuttaa toimitusten aikaistamista. Tuotantoaikatauluun sijoitettavien aikapuskureiden vähentämisen tulisi tapahtua ensisijaisesti kasvattamalla tuotannon luotettavuutta, eli todennäköisyyttä siitä, että eri tuotantovaiheet saadaan toteutettua aikataulunsa mukaisesti. Materiaalien turhaa ennakkotilaamista taas voi luontevimmin vähentää toimittajien toimitustäsmällisyyden kasvattamiseen tähtäävillä toimenpiteillä.

4. Toimitusvarmuus ja toimitustäsmällisyys

Tässä luvussa esitellään ja vertaillaan kirjallisuudessa esitettyjä määritelmiä toimitusvarmuudelle, sekä tarkastellaan aiempaa tutkimusta toimitusvarmuuden vaikutuksista yrityksen toimintaan. Toimitusvarmuudella viitataan tässä tutkielmassa rakennusyritykselle materiaaleja ja palveluja toimittavan toimittajan toimitusvarmuuteen, eli ”sisäänpäin” suuntautuvaan toimitusvarmuuteen. Toimitusvarmuudesta johdetaan käsite *toimitustäsmällisyys*, jolla korostetaan toimitusvarmuuden ajallista ulottuvuutta, johon tutkielmassa keskitytään. Luvussa pohditaan toimitustäsmällisyyden taustalla olevia tekijöitä sekä analysoidaan erilaisia vaihtoehtoja asiakkaan (tässä tapauksessa rakennusyritys) näkökulmasta toimittajan toimitustäsmällisyyden parantamiseksi. Tämän pohjalta luodaan suositus rakennusliikkeelle toimitustäsmällisyyden kehittämiseksi.

4.1. Toimitusvarmuuden ja toimitustäsmällisyyden käsite

Toimitusvarmuus määritellään yleisesti toimittajan kyvyksi toimittaa oikea tuote, oikeaan aikaan, oikeaan paikkaan. Kirjallisuudesta löytyy paljon määritelmiä toimitusvarmuudelle, jotka vivahde-eroista huolimatta useimmiten sisältävät ainakin yllä mainitut kolme asiaa.

Cohen ja Russel (2004, 208) määrittelevät toimitusvarmuuden varsin kattavasti seuraavalla tavalla: oikea tuote; oikeaan paikkaan ja oikealle asiakkaalle; oikeaan aikaan; täydellisessä kunnossa ja pakkauksessa; oikea määrä; asianmukaisin dokumentein varusteltuna. Handfield ja Pannesi (1992, 60) puolestaan määrittelevät toimitusvarmuuden ainoastaan toimitusajan suhteen toteamalla, että ”toimitusvarmuudella viitataan yrityksen kykyyn toimittaa sovittuna toimitusaikana tai sitä aiemmin”. Talvitie (2006, 65) määrittelee toimitusvarmuuden suunnitellun ja toteutuneen toimitusajan eroiksi. Tämä määritelmä eroaa esimerkiksi Handfieldin ja Pannesin määritelmästä siten, että se ottaa huomioon myös liian aikaisin saapuvien toimitusten haitallisuuden.

Van Nieuwenhuyse ja Vandaele (2006, 697) käyttävät perinteisistä määritelmistä selkeästi poikkeavaa tapaa. Tutkimuksessaan Van Nieuwenhuyse ja Vandaele käyttävät toimittajan toimitusvarmuuden mittarina asiakkaan tuotantoajojen alkamisaikojen ennustettavuutta. Tämä ennustettavuus taas riippuu olennaisesti peräkkäisten toimitusten välisten aikojen varianssista. Määritelmä on erilaisuudessaan mielenkiintoinen, mutta sen soveltumiseen rakennustyömaan toimitusten arviointiin on suhtauduttava kriittisesti. Van Nieuwenhuysen ja Vandaelen tutkimuksessa oletuksena on kahdesta toimijasta muodostuva toimitusketju, jossa asiakas tilaa

säännöllisesti yhtä tuotetta toimittajalta. Rakennusmateriaalien toimitusketjut ovat useimmiten monimutkaisempia ja harvan tuotteen tilausfrekvenssi on koko projektin kestoja tarkasteltaessa säännöllinen. Elementtikerrostalon runkovaiheessa tietyt materiaalit pyritään kuitenkin saamaan työmaalle hyvinkin tasaisin väliajoin. Esimerkiksi tämän tutkielman empiirisen osion kohteena olevalla Leppävaaran Tornin työmaalla kerrostalon runkoa rakennetaan tahdilla noin yksi kerros / viikko. Niinpä aikataulussa pysymisen edellytyksenä on korkea toimitusvarmuus toimittajilta. Elementtitoimittajien lisäksi tätä vaaditaan esimerkiksi kipsilevytoimittajilta, sillä kipsilevyt on ollut tapana nostaa nosturilla kerroksiin rungon edetessä, aina ennen seuraavan kerroksen rungon asentamista. Myös muiden muassa ikkunoiden ja joidenkin LVIS – tuotteiden kohdalla toimitaan yleensä samoin.

Toimitusvarmuutta käsittelevässä kirjallisuudessa ongelmana käsitellään usein ainoastaan myöhästyviä toimituksia (ks. esim. Handfieldin ja Pannesin määritelmä). Rakennustyömaan näkökulmasta liian aikaisin saapuvat toimitukset ovat kuitenkin lähes yhtä ongelmallisia. Varastointitila rakennustyömaalla on rajallinen eivätkä olosuhteet ole muutenkaan optimaaliset, minkä vuoksi rakennusmateriaaleja tulisi säilyttää työmaalla mahdollisimman vähän ja mahdollisimman lyhyen ajan.

Tässä tutkielmassa käytetään 5. luvusta eteenpäin toimitusvarmuudesta johdettua termiä *toimitustäsmällisyys*, jolla halutaan korostaa toimitusvarmuuden ajallista ulottuvuutta, jossa tutkielman pääpaino on. Tällä halutaan myös korostaa perinteisistä toimitusvarmuuden määritelmistä poiketen sitä, että myöhästyneiden toimitusten lisäksi myös liian aikaisin saapuvat toimitukset ovat rakennustuotannossa haitallisia. Toimitustäsmällisyydellä tarkoitetaan seuraavaa:

”Toimittajan kyky toimittaa tilatut tuotteet sovittun aikaikkunan sisällä tai täsmällisesti sovittuna aikana.”

4.2. Tekijät toimitustäsmällisyyden taustalla

Toimitustäsmällisyys on monen tekijän summa, ja harvoin syytä myöhästyneistä toimituksista voi vierittää pelkästään tavarantoimittajan niskoille. Yhteistyö on tässäkin asiassa keskeistä koko toimitusketjun toimintaa tarkasteltaessa. Rakennusteollisuudessa toimitusvarmuus on yksi suurimmista – ellei jopa suurin – ongelma tällä hetkellä (Kammonen & Rautsiala, haastattelu 6.5.2009).

Toimitusketjun rakenteellisen monimutkaisuuden on esitetty vaikuttavan toimitusten tehokkuuteen. Milgate (2001) tutkii tätä vaikutusta jakaen toimitusketjun rakenteellisen

monimutkaisuuden kolmeen ulottuvuuteen: epävarmuus, teknologian monimutkaisuus ja organisaatorakenteet. Näistä kolmesta Milgaten tutkimuksen mukaan ainoastaan epävarmuudella on merkittävä vaikutus toimitusten nopeuteen ja luotettavuuteen. Milgaten käyttämä data on peräisin vuosilta 1995-1996, minkä vuoksi niiden suoraan soveltamiseen tähän päivään on suhtauduttava varauksella. Toimitusketjussa vallitsevan epävarmuuden vaikutusta toimitustäsmällisyyteen ei voi kiistää, mutta on vaikea uskoa, että esimerkiksi tietojärjestelmien laadulla ei nykypäivänä olisi mitään vaikutusta materiaalivirtojen tehokkuudelle.

Kumar ja Sharman (1992, 96) esittävät, että ongelmat toimitusvarmuudessa johtuvat ennen kaikkea toimittajan ja asiakkaan eroavista käsityksistä toimitusvarmuuden suhteen. Kumar ja Sharman lähestyvät ongelmaa ”aukko-analyysillä” (gap-analysis), jolla viitataan eroon asiakkaan odotusten ja toteutuneen toimitusvarmuuden välillä. Malli jakautuu kolmeen osaluokeseen:

- Kalibrointiaukko
- Operaatioaukko
- Organisaatioaukko

Kalibrointiaukko ilmenee, kun asiakas mittaa toimitusvarmuutta eri tavalla kuin toimittaja. Toimittaja saattaa esimerkiksi mitata kokonaisen tuotekategorian toimitusvarmuutta, kun asiakas tarkkailee yksittäisiä tuotteita. Tutkielman kohdeyrityksessä kalibrointiaukko ilmenee jo siinä, että toimitusvarmuutta ei itse asiassa systemaattisesti mitata tällä hetkellä (Talvitie, haastattelu 4.2.2009).

Operaatioaukon aiheuttaa prosessien tuotoksiin ja ennen kaikkea toimitusaikoihin sisältyvä vaihtelu. Myös prosessien monimutkaisuus vaikuttaa operaatioaukon syntymiseen. Ongelmia aiheuttavat esimerkiksi liian suuri määrä tuotelinjoja, toimittajia, tai tilaus-toimitusprosessissa mukana olevia henkilöitä.

Organisaatioaukko syntyy kun henkilöstöllä ei ole tarpeeksi kannustimia keskittyä toimitusvarmuuden parantamiseen. Tässä yhteydessä viitataan ennen kaikkea toimittajan henkilöstöön, mutta myös asiakkaan henkilöstön tulisi ponnistella toimitusvarmuuden kehittämiseksi, sillä usein toimittajan kyky toimittaa tuotteet sovittuna aikana on riippuvainen siitä, antaako asiakas toimittajalle täsmälliset tiedot toimituksiin liittyen riittävän ajoissa.

Kohdeyrityksen toimintaan Kumarin ja Sharmanin mallia soveltaen, kalibrointiaukko on ilmeinen yllä jo mainitusta syystä: toimitusvarmuutta ei mitata systemaattisesti. Niin sanotun operaatioaukon aiheuttava toimitusaikoihin sisältyvä vaihtelu on ongelma, mutta vaihtelun määrä riippuu tuoteryhmästä. Kuten jo aiemmin todettu, esimerkiksi valmisbetonin ja betonielementtien toimituksissa ollaan rakennusteollisuudessa toimitustäsmällisyyden suhteen hyvässä tilanteessa. Kaikissa materiaaliryhmissä näin ei ole.

Koska toimitusvarmuus mielletään yleisesti ongelmaksi rakennusteollisuudessa, on myös selvää, että sekä toimittajien, että rakennusliikkeen henkilöstöllä voisi olla paremmat kannustimet asian parantamiseksi. Rakennustyöntekijöille kannustimet tulevat luonnostaan sitä kautta, että projektin tulospalkkiot on sidottu muiden muassa projektin aikataulussa pysymiseen. Toimitusten täsmällisyys omalta osaltaan vaikuttaa projektin aikataulun pitävyyteen.

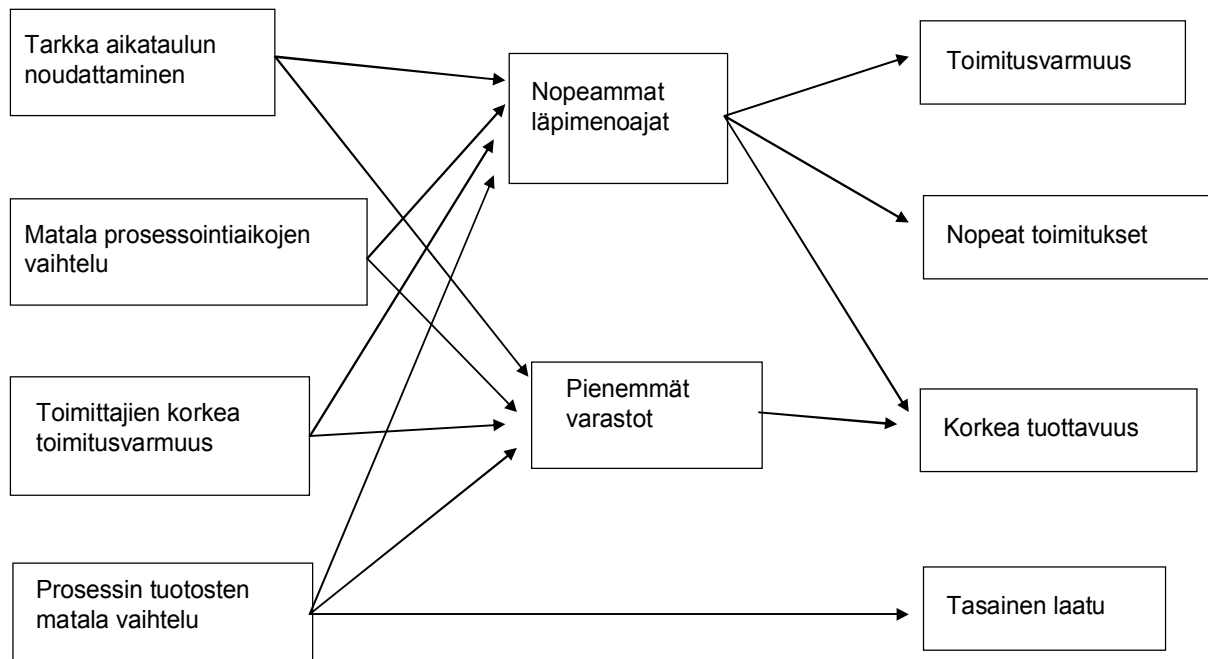
Toimittajien henkilöstön kannustimien suhteen rakennusliikkeen vaikutusmahdollisuudet ovat rajalliset. Yksi vaihtoehto voisi olla sanktiojärjestelmän sisällyttäminen sopimukseen, mutta tässä ongelmaksi saattaisi muodostua myöhästyneen toimituksen todellisen aiheuttajan osoittaminen. Koko toimitusketju aina työmaalle saakka pitäisi käydä läpi, jotta saataisiin selville, missä virhe todellisuudessa on tehty. Ei ole itsestään selvää, että syy myöhästyneeseen toimitukseen on aina toimittajan, vaan virhe on voinut tapahtua rakennusliikkeen hankintaorganisaatiossa tai työmaan henkilöstö on esimerkiksi saattanut tehdä tilauksen liian myöhään. Ollakseen oikeudenmukainen, sanktiojärjestelmän tulisikin toimia molempiin suuntiin: toimittajalle sanktio myöhästyneestä toimituksesta ja toisaalta rakennusliikkeelle sanktio liian myöhään tai puutteellisin tiedoin tehdystä tilauksesta. (Kammonen & Rautsiala, haastattelu 6.5.2009)

Huono suunnittelu, sekä liian myöhään annetut tilaus/toimitustiedot rakennusliikkeen puolelta voidaan nähdä keskeiseksi tekijäksi huonon toimitusvarmuuden taustalla. Tarkemmat ja aiemmin annetut tiedot antaisivat toimittajille paremmat mahdollisuudet toimittaa materiaalit ajallaan. Kehittyneen informaatioteknologian mahdollistama viestinnän helppous on myös johtanut siihen, ettei työmailla välttämättä ajatella tarpeeksi pitkällä tähtäimellä, koska ei ole pakko. (Kammonen & Rautsiala, haastattelu 6.5.2009)

4.3. Toimitustäsmällisyyden yhteys tuottavuuteen ja varastoihin

Tutkielman tutkimushypoteesin mukaan parantunut toimitustäsmällisyys vaikuttaa positiivisesti työmaan tuottavuuteen ja toisaalta vähentää työmaalla tarvittavien varastojen määrää. Tässä luvussa hypoteesia tarkastellaan teoreettisella tasolla, ottaen tarkasteluun mukaan myös muita toimialoja rakennusteollisuuden lisäksi.

Materiaalipuskureita käytetään suojana epävarmuutta vastaan. Vaihteleva toimitusvarmuus on myös eräänlaista epävarmuutta, minkä vuoksi on perusteltua olettaa huonon toimitusvarmuuden kasvattavan tarvetta pitää varmuusvarastoja. Mapes ym. (2000) selvittävät tutkimuksessaan tekijöitä, jotka mahdollistavat tehdasympäristössä saavutettavan samanaikaisen korkean tuottavuuden, nopeat ja luotettavat toimitukset, sekä korkean laadun. Tutkimus perustuu 953 brittiläiseltä valmistajalta kerättyyn dataan yllä mainituista mittareista. Kuvassa 4-1 on kuvattuna tutkijoiden hypoteesi eri muuttujien vuorovaikutuksista.



Kuva 4-1: Tehtaan suorituskykyyn vaikuttavien muuttujien vuorovaikutus (Mapes ym. 2000, 14)

Tulostensa perusteella Mapes ym. (2000) jakavat tehtaat korkean suorituskyvyn ja matalan suorituskyvyn tehtaisiin. Toimittajien toimitusvarmuuden vaikutus tehtaan suorituskykyyn on tuloksista melko selvästi havaittavissa. Korkean suorituskyvyn tehtaiden toimittajien toimitusvarmuus on 90,9 %, kun taas matalan suorituskyvyn tehtailla toimittajien toimitusvarmuus on 80,9 %. Tämän perusteella tutkimuksen hypoteesina esitetty toimittajien toimitusvarmuuden (välillinen) vaikutus tuottavuuteen pätee.

Hypoteesissa esitetty varastojen määrän vaikutus tehtaan tuottavuuteen ei ilmene tutkimustuloksista yksiselitteisesti. Raaka-ainevarastojen määrissä oli selkeä ero korkean suorituskyvyn ja matalan suorituskyvyn tehtaiden välillä, mutta valmiiden tuotteiden osalta vastaavaa eroa ei ollut havaittavissa. Itse asiassa matalan suorituskyvyn tehtailla oli hieman vähemmän valmiiden tuotteiden varastoja kuin korkean suorituskyvyn tehtailla. (Mapes ym. 2000, 9) Rakennustuotantoon tuloksia soveltaessa lopputuotteiden varastoilla ei kuitenkaan ole merkitystä, sillä rakennustyömaalla ei varsinaista valmiiden tuotteiden varastoa ole. Lopputuote on valmis rakennus. Raaka-ainevarastoja sen sijaan on ja ne ovat ongelma. Oheinen tutkimus tukee väitettä varastojen vähentämisen tarpeesta – tosin toisella toimialalla. Tehdastuotanto ei luonnollisesti ole suoraan verrattavissa rakennustuotantoon, mutta mitä enemmän rakennusmateriaaleja standardisoidaan ja mitä enemmän yhteisiä toimintatapoja yrityksen sisällä luodaan, sitä enemmän tehdastuotantoa muistuttavia piirteitä rakentamiseen syntyy.

Thomas ym. (2000) selvittävät tutkimuksessaan rakenneteräksen erilaisten toimitusratkaisujen vaikutusta teräksen asennuksen tuottavuuteen. Tutkimuksessa vertaillaan kolmea erilaista toimintatapaa kolmessa eri projektissa. Ensimmäisessä projektissa teräs asennetaan suoraan toimittavasta ajoneuvosta. Toisessa projektissa teräs ensin puretaan, lajitellaan ja sitten asennetaan. Kolmannessa projektissa teräs toimitetaan kolmessa isossa erässä, minkä jälkeen teräs varastoidaan ja lajitellaan vasta asennuksen yhteydessä. Tulosten mukaan paras työ tuottavuus saavutetaan asentamalla teräs suoraan kuljettavasta ajoneuvosta. Tämä tukee täsmällisten JIT - toimitusten hyötyä työn tuottavuudelle.

4.4. Rakennusliikkeen vaikutusmahdollisuudet toimitustäsmällisyyden parantamiseksi

Tässä luvussa tarkastellaan erilaisia vaihtoehtoja, joilla rakennusliike voi itse tai yhdessä toimittajiensa kanssa pyrkiä vaikuttamaan toimitustäsmällisyyteen. Esitettävät vaihtoehdot ovat kirjallisuudessa jo käsiteltyjä keinoja toimitusketjun toiminnan tehostamiseksi, mutta niitä analysoidaan erityisesti rakennustyömaan logistiikan näkökulmasta. Analyysin tuloksena lopuksi esitetään suositus rakennusliikkeelle toimitustäsmällisyyden kehittämiseksi.

Tutkielman empiirisessä osiossa tutkittavalla työmaalla käytetään tiettyjä tässä luvussa käsiteltävistä toimintatavoista. Näin osa luotavasta suosituksesta tulee testatuksi käytännössä rakennustyömaan logistiikassa.

4.4.1. Informaation jakamisen merkitys

Informaation jakamisen merkitys toimitusketjun tehokkuudelle on yksi tutkituimmista aiheista logistiikkaa käsittelevässä kirjallisuudessa viimeisten vuosikymmenten aikana. Rakennusteollisuudessa informaation välitys tietojärjestelmien avulla ei ole vastaavalla tavalla kehittynyttä kuin esimerkiksi vähittäiskaupassa, ja tällä osa-alueella onkin suuri kehityspotentiaali toimitustäsmällisyyden parantamisen näkökulmasta.

Informaation jakamiseen keskeisesti liittyvä ja kirjallisuudessa laajalti käsitelty ongelma on niin sanottu *bullwhip-ilmio*. Lee ym. (1997a) määrittelevät ilmiön kysyntäinformaation vääristymänä - edettäessä toimitusketjussa asiakkaalta kohti toimittajia - joka saattaa aiheuttaa monia ongelmia toimittajille: epätarkat ennusteet, matala kapasiteetin käyttöaste, ylisuuret varastot, sekä huono asiakaspalvelu. Pahimmillaan toimitusketjun osapuolten välittämien tilausmäärien vaihtelu saattaa olla suurempaa kuin varsinaisen myynnin vaihtelu. *Bullwhip-ilmioitä* aiheuttavat erityisesti kysyntäennusteiden jatkuva päivittäminen, tilausten yhdistely, tilaaminen varastoon puutteita ennakoiden, sekä hintojen vaihtelu.

Lee ym. (1997b) tutkivat informaation jakamisen merkitystä toimitusketjussa informaation vääristymien vähentämiseksi. Tutkimuksessa on oletuksena kaksiosainen toimitusketju, jonka muodostavat valmistaja ja vähittäiskauppias. Tämän vuoksi suora soveltaminen rakennustuotantoon ei ole mahdollista, mutta tiettyjen yleisten hyötyjen voidaan olettaa pätevän toimialasta riippumatta.

Lee ym. (1997b, 627) toteavat valmistajan saavan suurimmat hyödyt informaation jakamisesta. Erityisen suuria nämä hyödyt ovat silloin, kun kysynnän vaihtelu ajan myötä on suurta tai toimitusajat pitkiä. Vähittäiskauppias taas hyötyy eniten informaation jakamisen mahdollistamista lyhyemmistä toimitusajoista, ja sitä kautta saavutettavista kustannussäästöistä ja pienemmistä varastoista (Lee ym. 1997b, 639).

Rakennustyömaan toimitusketjujen tehokas hallinta edellyttää toimivaa tiedonhallintaa. Tiedonhallinnan avulla koko ketjun hallinta ja tehokkuus on mahdollista aivan uudella tavalla. (Talvitie 2006 16) Maksimaalisen hyödyn saavuttamiseksi tiedonhallinta on organisoitava systemaattisella tavalla siten, että kaikki projektin osapuolet pääsevät vaivattomasti käsiksi kaikkeen rakennusprojektiin liittyvään dataan (Craig & Sommerville 2006, 145). Kaikki tieto ei kuitenkaan ole jokaiselle osapuolelle yhtä tärkeää. Siksi onkin tärkeää tiedostaa mitä tietoa ja milloin toimitusketjun eri osapuolet tarvitsevat (Talvitie 2006, 16). Myös Zhou ja Benton jr. (2007, 1364) huomauttavat, että vaikka tehokkaalla tiedonjakamisella on positiivinen vaikutus

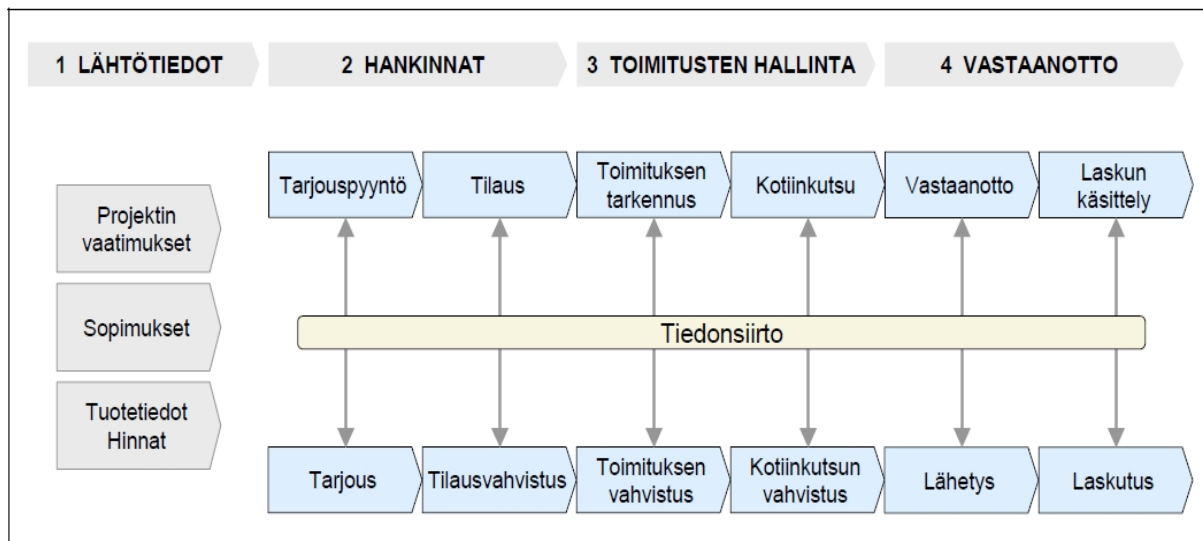
toimitusten suorituskyvyille, mitä enemmän tietoa jaetaan toimitusketjussa, sitä tärkeämmäksi tehokkaat käytännöt toimitusketjussa nousevat, jotta hyödyt realisoituvat.

Tilaaajan ja toimittajan välinen yhteistyö tiedonvälityksen muodossa hyödyttää toimitusketjua monella tavalla. Talvitie (2006, 17-18) toteaa näin saavutettavan esimerkiksi seuraavia hyötyjä:

- Hankinta-aikojen lyhentäminen ja **toimitusvarmuuden** parantaminen
- Asennus- ja toimitusjärjestyksen suunnittelu yhdessä materiaalitoimittajan kanssa
- Tuotesuunnittelun ohjaus ja suunnitelmien tietosisältö hankintojen valmistelun ja tuotteiden valmistuksen kannalta
- Materiaalien kuljetus ja pakkaus
- Materiaalien käsittely ja suojaus työmaalla
- Tiedonkulun parantaminen

Sähköisen tiedonsiirron käytössä on rakennusteollisuudessa suuria eroja, riippuen siitä tarkastellaanko tuoteteollisuutta vai rakennusliikkeitä. Tuoteteollisuudessa toimituksia hallitaan jo pääsääntöisesti tietojärjestelmien avulla eli tiedot myyntitilauksista ja niiden sisällöstä on kirjattu systemaattisesti tietojärjestelmään. Suurin osa rakennusliikkeiden tilauksista tapahtuu edelleen puhelimen, sähköpostin ja osittain faksin avulla, vaikka varsinkin suuret rakennusyrietykset ovat ottaneet käyttöön yrityskohtaisia hankintajärjestelmiä ja niihin liittyviä tilausjärjestelmiä. (Kiviniemi ym. 2008, 12-13).

Tilaus-toimitusprosessi muodostaa rakennustuotannon toimitusketjun ydinvaiheen. Kuvassa 4-2 esitetään tilaus-toimitusprosessin vaiheet, sekä tiedonsiirron rooli prosessissa. Toimitustäsmällisyyttä kehitettäessä keskeisiä vaiheita ovat rakennusliikkeen puolella tilaus, toimituksen tarkennus, kotiinkutsu ja vastaanotto. Vastaavasti toimittajan puolella keskeisimmät vaiheet ovat tilausvahvistus, toimituksen vahvistus, kotiinkutsun vahvistus sekä lähetys.



Kuva 4-2: Tilaus-toimitusprosessin päävaiheet (Kiviniemi ym. 2008, 60)

4.4.2. Aikaikkunat

Kun toimitustäsmällisyys on kriittisessä roolissa asiakkaan liiketoiminnassa, asiakkaan on kyettävä luomaan kannustimia toimittajilleen toimitustäsmällisyyden kasvattamiseksi. Ihanteellisessa tilanteessa kannustimet johtavat kehitykseen kolmella osa-alueella toimittajan toiminnassa: Ensiksi, toimittajan toimitusvarmuuden tulisi kasvaa sekä keskimääräisen myöhästymisajan pienentyä. Toiseksi, toimitusaikojen varianssin tulisi laskea. Kolmanneksi, toimittajan tulisi voida saavuttaa yllä mainitut tavoitteet ilman ylimääräisiä varastoja. (Grout 1998, 760) Tässä luvussa tarkastellaan aikaikkunoiden käyttöä keinona toimitustäsmällisyyden kasvattamiseen.

Aikaikkuna on ajanjakso, jonka aikana toimituksen toivotaan saapuvan. Ennen aikaikkunan alkua saapuvat toimitukset ovat kiellettyjä ja aikaikkunan päättymisen jälkeen saapuvat toimitukset ovat myöhästyneitä ja saattavat johtaa sanktioihin. (Grout 1998, 748) Aikaikkuna on vaihtoehto tarkan toimitusajan sopimiselle.

Corbettin (1992) mukaan aikaikkunoilla voidaan parantaa toimitusvarmuutta. Ennen kaikkea ne soveltuvat Corbettin mukaan tilanteeseen, jossa toimitusvarmuus on asiakkaalle huomattavasti kriittisempää kuin toimitusaika. Toisin sanoen, tilaukset ollaan valmiita tekemään tarvittaessa hyvinkin aikaisin, jos se takaa sen, että tilatut tuotteet/materiaalit saapuvat varmasti sovittuna aikana.

Grout (1998) tutkii aikaikkunoiden käytön vaikutusta läpimenoaikojen varianssiin, varastotasoihin ja toimitustäsmällisyyteen. Oletuksena tutkimuksessa on asiakkaan asettamat

aikaikkunat sekä toimittaja, jonka pääasiallisena intressinä on kustannusten minimointi. Oletuksena on myös asiakkaan ja toimittajan yhdessä sopima sanktio myöhästyneille toimituksille. Tulokset eivät ole yksiselitteisiä. Aikaikkunat saattavat aikaansaada toimittajan tuotannon läpimenoaikojen varianssin pienenemisen. Kuitenkin, toimittajan varianssin kontrolloimiseen liittyvästä kustannusfunktiosta riippuen aikaikkunan käyttö ei välttämättä johda parempaan toimitustäsmällisyyteen ja pienempiin varastotasoihin. Toisin sanoen, jos toimittajan toimitusaikojen varianssin pienentämiseen ja toimitustäsmällisyyden parantamiseen liittyvät kustannukset ovat huomattavan suuria suhteessa myöhästyneestä toimituksesta aiheutuviin sanktioihin, intressi kehitykseen katoaa. Grout (1998, 758-759) toteaaakin, että aikaikkunat yksinään vaikuttavat toimittajan toimitusaikojen varianssiin ja sanktiot puolestaan toimitustäsmällisyyteen ja keskimääräisen myöhästymisen pituuteen.

Talvitie (2006) kuvaa tutkimuksessaan logistisen tietojärjestelmän kehitystä ja käyttöönottoa työmaan toimitusten lyhyen aikavälin ohjausjärjestelmäksi vaativassa rakennusprojektissa. Järjestelmän sovellutuksessa työmaalle ohjattiin järjestelmän avulla kaikki saapuvat toimitukset (pois lukien betonimassa, jätekuljetukset ja muut huoltoajot), käyttäen 15 minuutin aikaikkunaa. Tutkimuksessa kerättiin dataa toimitusvarmuudesta kahdelta ensimmäiseltä kuukaudelta järjestelmän käyttöönoton jälkeen. Saavutetut tulokset olivat rakennustuotannon näkökulmasta hyviä. Ensimmäisen kuukauden toimitusvarmuus oli 79,6 % ja toisen kuukauden jo 90,3 %.

Aikaikkunoiden soveltuminen rakennustuotantoon on moniulotteinen ongelma. Rakennusmateriaalien moninaisuudesta johtuen (ks. luokittelu luku 2.3.) aikaikkunoiden soveltuvuutta on ensinnäkin arvioitava materiaalityyppikohtaisesti. Esimerkiksi betonimassan ja betonielementtien kohdalla toimitusvarmuus on jo melko hyvällä tasolla. Vakiomateriaalien ja pientarvikkeiden toimituksissa on enemmän ongelmia, ja näistä kahdesta vakiomateriaalit ovat logistisen käsiteltävyytensä vuoksi kriittisempiä. Viitaten jo aiemmin mainittuun esimerkkiin, kerrostalon runkovaiheessa tietyt vakiomateriaalit, joita kussakin kerroksessa tarvitaan, on ollut tapana nostaa holville jo runkoa rakennettaessa. Tämä taas tarkoittaa sitä, että kyseisten vakiomateriaalien saapuminen ajallaan on äärimmäisen kriittistä, jotta ne ehditään nostamaan oikean kerroksen holville ennen ylemmän välipohjan asennusta. Toki myös puutteet pientarviketoimitusten saatavuudessa voivat olla kriittisiä ja aiheuttaa häiriöitä tuotantoon.

Työmaan varastojen minimoimisen ollessa yhtenä tehostamistavoitteena, aikaikkunan pituuden arvioiminen sekä työmaan tuotannon luotettavuus nousevat keskeiseen asemaan.

Aikaikkunan pituuden on oltava toimittajan näkökulmasta kohtuullinen niin, että toimittajan on mahdollista sen aikana materiaalit toimittaa. Toisaalta jos aikaikkuna on mitoitettu liian väljäksi, ikkunan alkupuolella saapuvaa toimitusta saatetaan joutua varastoimaan hyvinkin pitkään työmaalla. Aikaikkunan loppua mietittäessä on huomioitava rakennusaikataulu: Milloin materiaalit on viimeistään oltava työmaalla, jotta tuotanto pysyy aikataulussa? On myös huomioitava, että täsmällisistä toimituksista ei saada maksimaalista hyötyä, jos sisäisten prosessien laatu ei ole riittävällä tasolla, eli ei pysytä rakennusaikataulussa.

Jotta aikaikkunalla olisi vaikutus materiaalitoimittajan toimintaan, aikaikkunan ulkopuolella tapahtuvien toimitusten tulisi johtaa jonkinlaiseen sanktioon. Sanktion suuruutta pohdittaessa on otettava huomioon monta seikkaa. Ensinnäkin, onko sanktio aina samansuuruinen toimittajasta, materiaalista tai aikaikkunasta poikkeamisen määrästä riippumatta? Vai tulisiko materiaalin arvon määrätä sanktion suuruus? Pitäisikö myöhästyneelle toimitukselle asettaa suurempi sanktio, kuin liian aikaisin saapuvalla, ja pitäisikö sanktion olla suhteessa ikkunasta poikkeamisen määrään? Lisäksi on huomioitava, kuten Grout (1998) toteaa, että jos toimittajan toimitustäsmällisyyden kehittämiseen liittyvät kustannukset ovat huomattavan suuria suhteessa sanktioon, toimittajalla ei välttämättä ole intressiä kehittää toimintaansa.

Toinen merkittävä seikka on tilaajan vastuu. Ei ole itsestään selvää, että syy myöhästyneeseen toimitukseen on aina toimittajan, vaan virhe on voinut tapahtua rakennusliikkeen hankintaorganisaatiossa tai työmaan henkilöstö on esimerkiksi saattanut tehdä tilauksen liian myöhään. Ollakseen oikeudenmukainen, sanktiojärjestelmän tulisikin toimia molempiin suuntiin: toimittajalle sanktio myöhästyneestä toimituksesta ja toisaalta rakennusliikkeelle sanktio liian myöhään tai puutteellisin tiedoin tehdystä tilauksesta. On jopa mahdollista, että rakennusliike joutuisi maksamaan sanktioita tällaisessa järjestelmässä toimittajia enemmän. (Kammonen & Rautsiala, haastattelu 6.5.2009)

4.4.3. Eräkokojen pienentäminen

Ylimääräisen varastoinnin välttämiseksi pienemmät lähellä asennushetkeä saapuvat toimituserät olisivat rakennustyömaan näkökulmasta toivottavia. Suurempia kuormia on perinteisesti suosittu kuljetusten kustannustehokkuuden kannalta, mutta terminaalitoiminta ja yhdistelmäkuormat tarjoavat vaihtoehdon toimittaa yhtä nimikettä pienemmissä erissä, hyödyntäen kuitenkin kuljettavan ajoneuvon korkeaa täyttöastetta.

Van Nieuwenhuyse ja Vandaele (2006) selvittävät analyyttisellä tasolla tutkimuksessaan eräkokojen pienentämisen vaikutusta toimittajan toimitusvarmuuteen kaksiosaisessa

toimitusketjussa. Tutkimuksen mukaan eräkokojen pienentäminen vaikuttaa positiivisesti toimittajan toimitusvarmuuteen ja mahdollistaa näin asiakkaalle stabiilimman ja luotettavamman tuotantoaikataulun.

Kuten Van Nieuwenhuyse ja Vandaelekin huomauttavat, asiakkaalle saapuvien toimituserien pienentämisen ei välttämättä tarvitse tarkoittaa valmistajan tuotantoerien pienentämistä. Normaalista tuotantoerästä kuljetetaan silloin ainoastaan osa kerrallaan asiakkaalle. Ongelmaksi tällaisessa ratkaisussa nousevat varastojen ja kuljetusten määrien kasvu: Mihin varastot fyysisesti sijoitetaan ja miten kasvavat kuljetus- ja varastointikustannukset jaetaan. Ei välttämättä ole perusteltua ehdottaa toimittajalle toimintatapamuutosta, joka johtaa toimittajan varastointikustannusten kasvuun. Jos taas asiakas ottaa vastuulleen ylimääräiset varastot - esimerkiksi säilyttämällä tuotanto- ja toimituserän erotuksen logistiikkakeskuksessa tai terminaalissa - kasvavat varastointikustannukset tulisi saada katettua säästöillä tehostuneessa toiminnassa. Käytettäessä terminaalia tai logistiikkakeskusta työmaalle saapuvien kuljetusten määrä ei välttämättä radikaalisti kasva, mutta kuljetusten määrä koko ketjussa kasvaa. Tutkielman tutkimushypoteesin mukaan toimitustäsmällisyyden parantaminen vaikuttaa positiivisesti työmaan tuottavuuteen. Tuottavuuden kasvun yhdessä terminaalien kautta virtaavan riittävän suuren materiaalivolyymien kanssa tulisi siis muodostaa toiminnan tehostuminen, joka kattaisi terminaalista aiheutuvat lisäkustannukset.

Tutkielman kohdeyrityksen tarkoituksena on kasvavassa määrin käyttää tulevaisuudessa yhdistelmätoimituksia. Orlon (2005, 51-52) mukaan yhdistelmätoimitukset mahdollistavat kuormien täyttöasteen nostamisen vaikka samalla eräkoot ja varastointi pienenee. Lisäksi terminaalia on mahdollista käyttää myös puskurivarastona, joka riittävällä läheisyydellä auttaa työmaata tarvittavan toimitustäsmällisyyden saavuttamisessa. Terminaalissa voidaan myös tuottaa lisäarvopalveluita kuten kokoonpanoa, setittämistä ja materiaalien katkomista.

5. Toimitustäsmällisyyden kehitysmalli

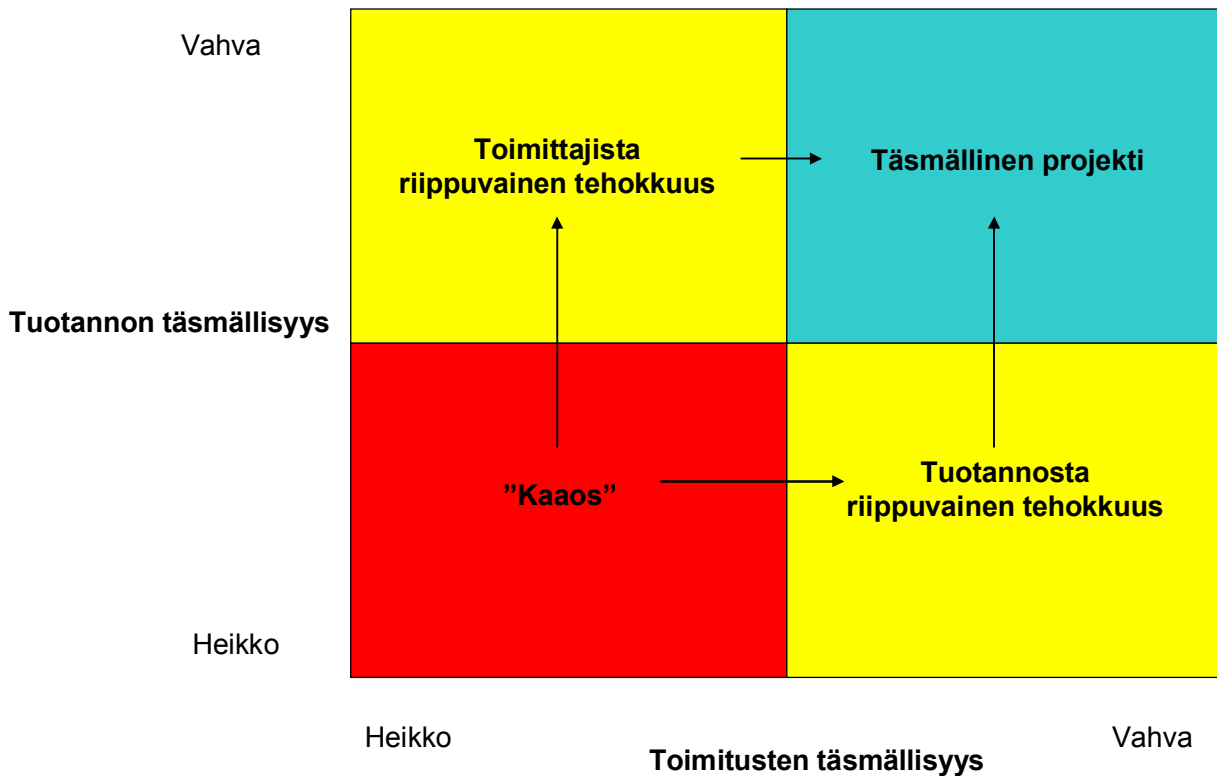
Tässä luvussa esitellään työmaatoimitusten täsmällisyyden kehittämiseen tähtäävä malli. Malli rakentuu tutkielmassa jo aiemmin käsiteltyjen huonon toimitusvarmuuden taustalla vaikuttavien syiden kautta. Näiden syiden vastalääkkeeksi esitetään sekä yrityksenlaajuisia, että materiaaliryhmäkohtaisia (katso luokitus luku 2.3.) ratkaisuja.

5.1. Sisäisten prosessien laadun suhde ulkoisten prosessien laatuun

Tuotannon lopulliseen laatuun vaikuttavat sekä yrityksen sisäiset prosessit, että ulkoiset prosessit, kuten esimerkiksi saapuvat materiaalityömitukset. Lopullisen laadun voidaan ajatella muodostuvan sisäisten ja ulkoisten prosessien laadun summana, ja toisaalta tietyt sisäiset ja ulkoiset prosessit vaikuttavat toistensa laatuun.

Tagaras ja Lee (1996) osoittavat, että ei ole riittävää tarkastella laadun kustannuksia ainoastaan yhdeltä puolelta, ja korostavat sisäisten prosessien laadun tärkeyttä. Tutkijat tarkoittavat tällä sitä, että panostaminen ulkoiseen laatuun (esimerkiksi ostettavien raaka-aineiden laatu) saattaa mennä hukkaan, jos yrityksen omat prosessit eivät ole riittävän laadukkaalla tasolla. Vaikka Tagaras ja Lee eivät mallissaan tarkastelekaan toimitustäsmällisyyttä, ajatusta ulkoisen ja sisäisen laadun vuorovaikutuksesta voidaan laajentaa koskemaan toimitustäsmällisyyttä (ulkoinen laatu) ja yrityksen kykyä pysyä tuotantoaikataulussaan (sisäinen laatu). Jos toimitustäsmällisyyden kehittäminen vaatii suuria rahallisia panostuksia, ensin tulisi tarkastella yrityksen tuotannon sisäistä laatua.

Koko rakennusprojektin toiminnan täsmällisyyden voi ajatella koostuvan projektin sisäisestä täsmällisyydestä (aikataulussa pysyminen), sekä työmaalle saapuvien materiaalityvirtojen täsmällisyydestä. Näin jaotteleamalla rakennusprojektista voidaan tunnistaa kuvan 5-1 osoittamalla tavalla neljä täsmällisyyden tilaa.



Kuva 5-1: Rakennusprojektin kokonaistäsmällisyys

Kuvan oikea yläkulma edustaa ihannetilannetta, jossa projektin tuotantoaikataulu pitää täsmällisesti ja samalla toimitukset saapuvat työmaalle sovitusti. Tätä tilaa kohti heikommin organisoitujen projektien tulisi pyrkiä. Kuvan oikeassa alakulmassa toimitukset saapuvat työmaalle täsmällisesti, mutta niistä ei saada ulosmitattua maksimaalista hyötyä, koska työmaan oma tuotanto ei etene aikataulun mukaisesti. Tämän seurauksena materiaaleja saatetaan joutua varastoimaan työmaalla pidempään kuin on suunniteltu. Näissä olosuhteissa työmaan oman tuotannon luotettavuus määrää koko projektin etenemisen tehokkuuden. Vasemmassa yläkulmassa tilanne on päinvastainen: työmaalla olisi muuten edellytykset edetä rakennusaikataulun mukaisesti, mutta epätäsmälliset toimitukset heikentävän toiminnan tehokkuutta. Työt saattavat keskeytyä materiaalipuutteiden vuoksi, tai kuorman purku viivästyä, kun toimitus saapuu sovitusta poikkeavana aikana, jolloin purkuun varatut resurssit tai henkilöstö ovat sidottuna muihin töihin. Näin ollen projektin täsmällinen eteneminen on riippuvainen toimitusten täsmällisyydestä. Kuvan vasen alakulma edustaa tilannetta, missä sekä tuotannon että toimitusten täsmällisyys on heikkoa ja täten projektin toiminta kokonaisuutena ei ole tehokasta.

Seuraavassa luvussa analysoidaan tarkemmin erilaisia ratkaisumalleja toimitustäsmällisyyden parantamiseksi.

5.2. Ongelmatyyppien luokittelu

Huonon toimitustäsmällisyyden taustalla vaikuttavia syitä voidaan luokitella seuraavalla tavalla: 1. Toimitusvarmuuden määrittelemisen ja mittaaminen, 2. Kannustimien puutteet, 3. Operationaaliset ongelmat, 4. Puutteet tiedonvälityksessä, 5. Puutteellinen suunnittelu. Taulukossa 5-1 esitetään erilaisia toimintatapoja yllämainittuihin ongelmiin, sekä miten eri ongelmat voivat näkyä käytännön toiminnassa.

Toimitustäsmällisyyden määrittelemisen sekä jatkuva seuranta ja mittaaminen yhdessä toimittajien kanssa luovat pohjan kehitykselle. Esimerkiksi minkäänlaista sanktiojärjestelmää ei voida luoda toimivaksi, jos asiakas ja toimittaja eivät käsitä toimitustäsmällisyyttä samalla tavalla eivätkä seuraa sitä. Luonnollisesti pitkäaikaisten yhteistyökumppaneiden kanssa asian kehittäminen on helpompaa, sillä heidän kanssaan todennäköisesti on jo olemassa yhteisiä toimintatapoja.

Ongelmatyyppi		Ratkaisu
Toimitusvarmuuden määrittelemisen ja mittaaminen	- asiakas ja toimittajat määrittelevät toimitusvarmuuden eri tavalla - toimitusvarmuutta ei mitata	- toimitusvarmuus määriteltynä osaksi sopimuksia - jatkuva seuranta ja palaute - pitkäaikaiset yhteistyösuhteet
Operationaaliset ongelmat	- päätöksenteon hajautuminen - liikaa toimittajia	- yhdistelmätoimitukset - toimittajien karsiminen - logistiikan organisoimien keskittäminen
Kannustimien puutteet	- toimitusvarmuutta ei koeta tärkeäksi	- molemminpuolinen sanktiojärjestelmä - pitkäaikaiset yhteistyösuhteet - toimitusvarmuus määriteltynä osaksi sopimuksia
Puutteet tiedonvälityksessä	- tilaukset liian myöhään - puuttelliset tilaustiedot	- tietojärjestelmät - kunkin osapuolen tarvitseman tiedon määrittelemisen - toimitusajan määrittely sopimuksiin - tilaukset ajoissa
Puutteellinen suunnittelu	- tilaukset liian myöhään - sovitaan liikaa päällekkäisiä toimituksia	- toimitusten suunnittelu aikaisessa vaiheessa osana tuotannon suunnittelua - toimitusajan määrittely sopimuksiin - tilaukset ajoissa

Taulukko 5-1: Toimitustäsmällisyyden taustaongelmien luokittelu ja ratkaisuehdotukset

Esimerkiksi toimittajien suuren lukumäärän tai liian monelle osapuolelle hajautuneen logistiikan hallinnan aiheuttamat ongelmat toimituksissa ovat haastavia. Tällaisia operationaalisia ongelmia aiheutuu myös prosesseihin sisältyvästä luonnollisesta vaihtelusta. Täysin keskitettyyn logistiikan hallintaan siirtyminen rakennusliikkeessä tulisi olemaan haastava ja aikaa vievä prosessi, ennen kaikkea rakentamisen muista toimialoista poikkeavan luonteen vuoksi (katso luku 2, s.10). Ensimmäinen askel kehitysprosessissa tulisi olla

yhteisten toimintamallien kehittäminen sekä logistiikan hallinnan keskittäminen projektikohtaisesti, esimerkiksi yhdelle projektin työnjohtajista.

Operationaalisten ongelmien ratkaisuun soveltuu myös terminaalitoiminta. Orlon (2005, 51-52) mukaan terminaalia on mahdollista käyttää toimitusten yhdistelyn lisäksi puskurivarastona, joka riittävällä läheisyydellä auttaa työmaata tarvittavan toimitusvarmuuden saavuttamisessa. Reijonsaari (2004, 58-59) puolestaan toteaa, että terminaalitoiminta yksinkertaistaa jakeluketjua jälleenmyyntiportaan poistussa, minkä lisäksi terminaalitoiminta mahdollistaa JIT – toimitukset työmaalle.

Kannustimien puute voi esiintyä toimitustäsmällisyyttä heikentävänä ongelmana sekä toimittajan että asiakkaan puolella. Toimittaja ei välttämättä ymmärrä myöhästyneen tai liian aikaisen toimituksen työmaalle aiheuttamia haittoja, ja työmaan henkilöstö ei tiedosta oman roolinsa tärkeyttä toimitusten täsmällisyydessä. Riittävän ajoissa toimittajalle annetuilla tarkoilla tiedoilla on keskeinen rooli toimituksen täsmällisyyden onnistumisessa.

Jo aiemmin esitetty toimitustäsmällisyyden määrittelemisen osaksi sopimuksia luo eräänlaisen kannustimen, koska näin molempien osapuolten tietoisuutta toimitustäsmällisyyden tärkeydestä voidaan kasvattaa. Jotta kannustimesta saataisiin riittävän tehokas, molempien osapuolten roolit olisi myös hyvä määritellä sopimukseen, sekä sopia mahdollisista sanktioista. Ollakseen oikeudenmukainen, mahdollisen sanktion tulisi koskea molempia osapuolia. Sen lisäksi, että myöhästyneestä tai liian aikaisin saapuvasta toimituksesta lankeaisi sakko, liian myöhään tehdyn tilauksen tulisi vapauttaa toimittaja mahdollisesta sanktiosta, tai vaihtoehtoisesti toimitusaikaa siirrettäisiin eteenpäin.

Puutteellisen tiedonvälityksen keskeisimmät ilmentymät työmaan puolella ovat tilaustietojen antaminen liian myöhään, sekä keskeisen informaation pois jättäminen tilauksesta. Toimittaja puolestaan aiheuttaa ongelmia työmaalle laiminlyömillä tilausvahvistuksen tai ilmoituksen todennäköisesti myöhästyvästä toimituksesta. Näiden ongelmien ratkaisun keskiössä ovat kehittyneet tietojärjestelmät, joita sekä toimittaja että asiakas pystyvät käyttämään tarvitsemassaan määrin, ja jotka sisältävät mahdollisimman reaaliaikaista tietoa materiaalivirroista. Ongelmien välttämiseksi on tärkeää määritellä yhteistyössä toimittajien kanssa mitä informaatiota kukin osapuoli tarvitsee. Edelleen työmaan henkilöstön on oltava tietoisia, tilaus-toimitus – prosessin vaatimasta ajasta, jotta he osaavat tehdä tilauksen riittävän ajoissa. Toimitusajat tulisikin aina määritellä kirjallisesti ennakkoon.

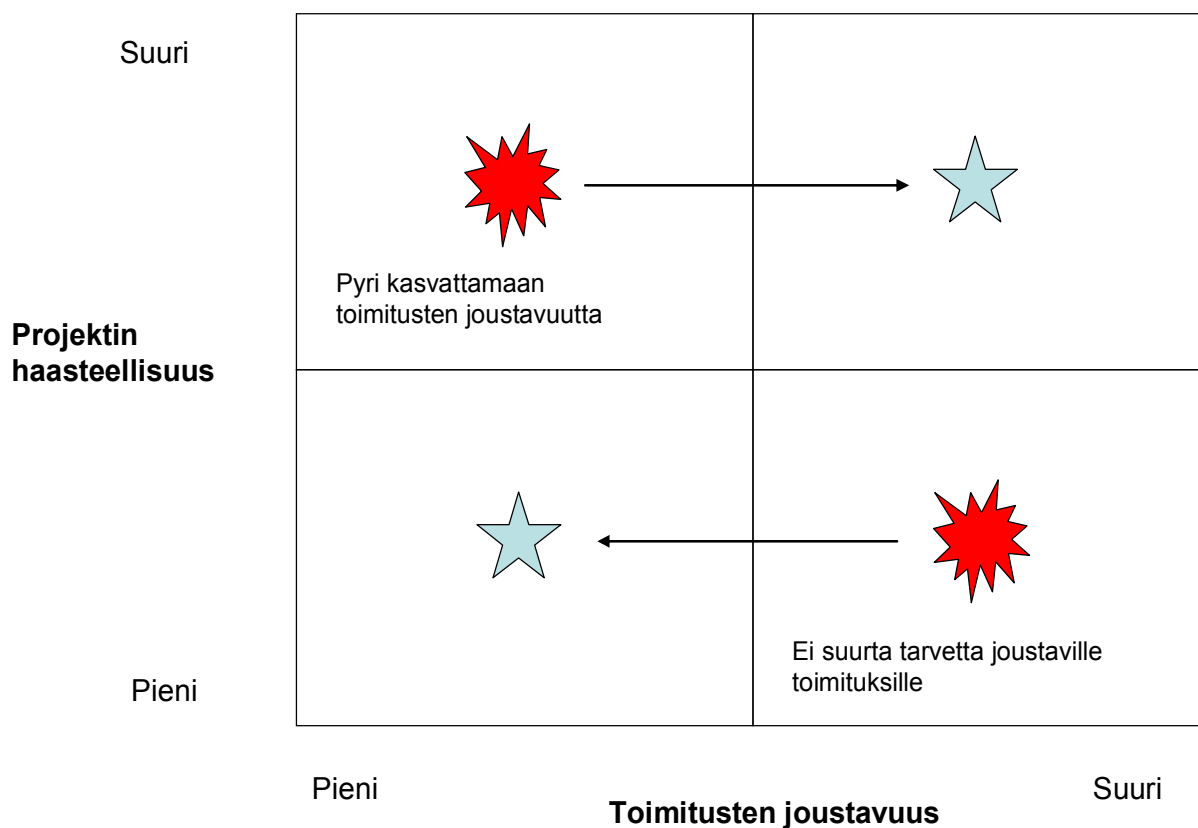
Hyvästäkään toimitusvarmuudesta ei voida saada maksimaalista hyötyä irti, jos työmaan tuotannosuunnittelu ja -ohjaus eivät ole riittävällä tasolla. Riittävän aikaisin tehtävien tilausten lisäksi tulisi huolehtia, ettei työmaalle saavu päällekkäisiä toimituksia, sillä nämä ruuhkauttavat purkupaikat ja aiheuttavat pitkiä katkoksia tuottavaan työhön. Tuotantoaikataulussa tapahtuviin muutoksiin on pystyttävä reagoimaan nopeasti, muuttamalla tarvittaessa sovittuja toimitusaikoja. Tämä vaatii luonnollisesti joustavuutta materiaalityöntekijöiltä.

5.3. Toimitustäsmällisyys suhteessa projektin haasteellisuuteen

Kuten luvussa 5.1. todetaan, toimitustäsmällisyyttä tulisi tarkastella suhteessa työmaan oman tuotannon luotettavuuteen. Täsmällisistä toimituksista ei saada maksimaalista hyötyä irti, jos rakentaminen ei muuten etene aikataulun mukaisesti. Rakennusyrityksen pitkän aikavälin tavoitteena tulisi olla sekä toimitustäsmällisyyden, että oman tuotannon luotettavuuden kasvattaminen. Mitä haasteellisemmasta projektista puhutaan, sitä vaikeampaa kuitenkin epävarmuuden ja yllättävien aikataulumuutosten poistaminen on. Tämän vuoksi tarvitaan myös joustavuutta, jolla voidaan lyhyellä aikavälillä vastata haasteellisen projektin toimitustäsmällisyydelle asettamiin haasteisiin.

Luvussa 5.1. esitettyä mallia (katso kuva 5-1) voidaan muokata osoittamaan toimitusaikojen joustavuuden merkitystä erilaisissa rakennusprojekteissa. Kuvassa 5-2 rakennusprojektit on jaettu neljään ryhmään projektin haasteellisuuden ja toimitusten joustavuuden mukaan. Neljästä kuvassa esitetyistä yhdistelmästä kaksi on toimivaa, joita kohti tulisi pyrkiä. Kahdessa muussa taas toiminta kokonaisuutena ei ole tehokasta. Mallin taustaoletuksena on, että toimittajat veloittavat joustavista toimituksista lisähintaa.

Kuvan vasen alakulma edustaa helposti hallinnoitavissa olevaa projektia, jonka suunnitellun tuotantoaikataulun toteutumisen todennäköisyys on suuri. Näin ollen myös materiaalityöntekijät pystytään suunnittelemaan ennakkoon kohtuullisen tarkasti ja toimitusaikoja voidaan sopia toimittajien kanssa ilman suurta pelkoa muutoksista. Jos toimitusten joustavuuden saavuttaminen vaatii suuria investointeja, eivät ne suoraviivaisessa ja helposti hallinnoitavassa projektissa ole välttämättä perusteltuja (kuvan oikea alakulma).



Kuva 5-2: Rakennusprojektin haasteellisuuden ja toimitusten joustavuuden suhde

Kuvan vasen yläkulma edustaa erittäin haasteellista projektia, jonka tehokkuutta heikentävät joustavuuteen kykenemättömät materiaalitoimittajat. Tuotantoaikataulussa usein tapahtuvat muutokset aiheuttavat muutoksia myös toivottuihin toimitusaikoihin. Tästä johtuen hyvän toimitustäsmällisyyden saavuttaminen vaatisi joustavuutta toimittajilta. Projektin täsmällisen etenemisen ollessa riippuvainen joustavista materiaalitoimituksista, investoiminen toimitusten täsmällisyyden ja joustavuuden kehittämiseen on perusteltua.

Yllä esitetyn mallin muuttujat – projektin haasteellisuus ja toimitusten joustavuus – on tärkeää pystyä määrittelemään, jotta mallin soveltaminen käytännön operaatioihin olisi mahdollista. Jako haasteellisiin ja helppoihin projekteihin on karkea, mutta kun projektin haasteellisuus logistiikan ja aikataulujen näkökulmasta pystytään määrittelemään, on helpompi arvioida materiaalitoimituksissa tarvittavaa joustovaraa.

Rakennuksen tyyppi on yksi haasteellisuuteen vaikuttava tekijä. Asuinrakennusprojektissa on omat ominaispiirteensä, jotka eroavat esimerkiksi toimitilarakentamisen vaatimuksista. Varsinkin logistiikan näkökulmasta haasteita projektille voivat aiheuttaa tontin koko sekä sijainti. Mitä pienemmälle tontille kohde rakennetaan, sen rajallisemmat varastointimahdollisuudet siellä ovat ja sitä kriittisemmäksi täsmälliset ja hyvin suunnitellut materiaalitoimitukset nousevat. Kohteen sijainti voi aiheuttaa haasteita logistiikalle

monellakin tavalla. Keskeisellä sijainnilla ongelmaksi voivat muodostua ruuhkat ja ahtaat ajoväylät, kun taas syrjäisemmillä alueilla haasteena ovat etäisyydet toimittajien ja työmaan välillä.

Projektin haasteellisuuteen vaikuttaa myös se, mikä on standardoinnin aste rakennustyyppin, sekä käytettävien toimintatapojen osalta. Jos rakennettavan kohteen tyyppi on projektiryhmälle entuudestaan tuttu ja toimintatavat pitkälle standardisoituja, on sen toteuttaminen helpompaa, kuin täysin uudenlaisen rakennuskohteen. Toki voidaan ajatella, että myös projektiryhmän kokemus vaikuttaa projektin haasteellisuuteen, mutta yleensä esimerkiksi projektin työnjohto koostuu sekä kokeneemmista, että nuoremmista työnjohtajista, joten tämä ei ole yhtä merkittävä tekijä kuin muut yllä mainitut.

Joustavuudella voidaan viitata esimerkiksi joustavuuteen toimitusajoissa, -määrissä tai -tavoissa. Tuotantoaikataulussa tapahtuva yllättävä muutos voi aiheuttaa esimerkiksi sen, että työmaan näkökulmasta olisi suotavaa siirtää jo ennalta sovittua toimitusta aikaisemmaksi tai myöhemmäksi. Vapaana olevan varastointitilan vaihtuvuuden johdosta työmaalla voi ajoittain olla tarvetta tilata standarditoimituseristä poikkeavia määriä. Jos muutokset toimitusaikoihin tai -määriin on mahdollista tehdä lyhyellä varoitusaajalla, voidaan puhua joustavista toimituksista. Joustavuutta on myös materiaalien pakkaaminen työmaan näkökulmasta optimaalisella tavalla.

Joustavuuden saavuttamiseksi sopivat keinot riippuvat siitä, mikä projektista tekee erityisen haasteellisen. Jos tontin koko on rajoittava tekijä, on selvää, etteivät esimerkiksi työmaalla säilytettävät varmuusvarastot tule kysymykseen joustavuuden lisäämiseksi. Materiaalit on tällöin toimitettava mahdollisimman lähellä asennushetkeä. Työmaan hankalan sijainnin ollessa haasteena, joustavuutta tarvitaan toimittajan lisäksi työmaan puolelta. Aikatauluissa on pystyttävä varautumaan esimerkiksi ruuhkien aiheuttamiin pieniin viivästyksiin.

5.4. Materiaaliryhmäkohtaiset kehitysehdotukset

Wegelius-Lehtonen ym. (1996, 8) ryhmittelevät rakennusmateriaalit niiden luonteen mukaan kolmeen päätyyppiin: hankekohtaisesti suunnitellut (projektikohtaiset) tuotteet, vakiomateriaalit sekä pientarvikkeet. Aiemmissa tutkimuksissa (esim. Orlo 2005 ja Reijonsaari 2004) on todettu hyväksi menetelmäksi käyttää jokaisen materiaaliryhmän kohdalla sen luonteeseen sopivia toimitusratkaisuja. Aiemmat tutkimustulokset sekä kohdeyrityksen tulevaisuuden visio materiaaliryhmäkohtaisista toimitusketjuista on tärkeää ottaa huomioon analysoitaessa toimitustäsmällisyyden kehitystoimenpiteitä.

Kolmesta rakennusmateriaaliryhmästä pienimmät ongelmat toimitusvarmuuden suhteen on tällä hetkellä projektikohtaisissa tuotteissa, kuten esimerkiksi betonielementeissä ja ikkunoissa. Lisäksi myös valmisbetonitoimitusten toimitustäsmällisyys on hyvällä tasolla. Suurimmat ongelmat ovatkin vakiomateriaalien sekä pientarvikkeiden toimitustäsmällisyydessä.

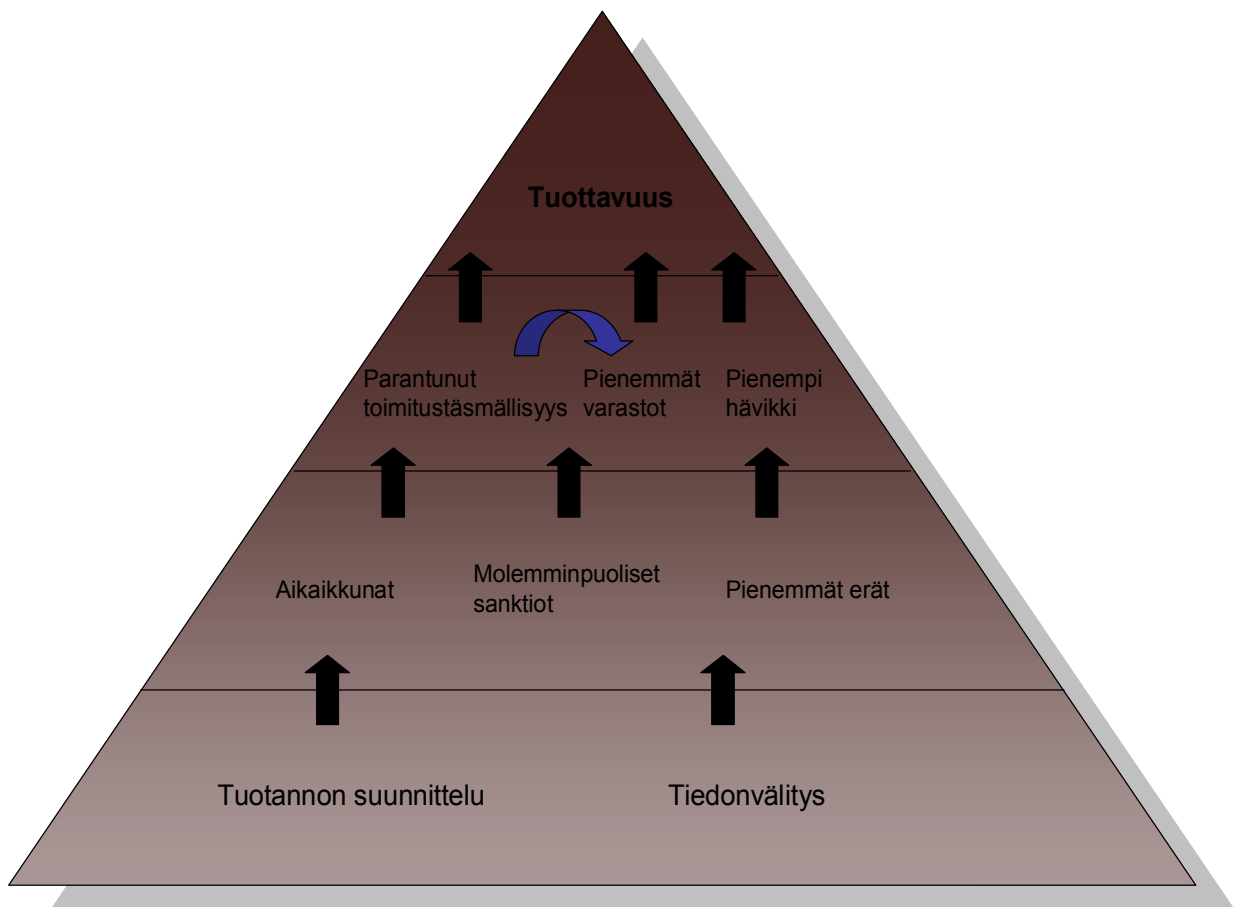
Pientarvikkeille kohdeyrityksessä on kehitetty VMI (vendor managed inventory) –periaatteella toimiva ratkaisu, pientarvikevarasto. Pientarvikevaraston toimintaperiaatteet on kuvattu luvussa 2.4. VMI –periaatteella toimiva pientarvikevarasto tarjoaa hyvän pohjan pientarvikkeiden saatavuuden varmistamiselle. Toimitustäsmällisyyttä on pientarvikevarastokonseptin näkökulmasta tarkasteltava hieman eri tavalla kuin perinteisten toimitusmallien tapauksessa. Kun varaston ylläpidon vastuu on toimittajilla, yksittäisiä tilauksia ja toimituksia ei sovita erikseen, vaan tarkoitus on, että tarvikkeet eivät missään vaiheessa pääse loppumaan kesken. Näin ollen pientarvikevaraston toimittajien toimitusvarmuus on sitä huonompi, mitä pidempiä aikoja tietyt tarvikkeet ovat varastosta loppu. Pientarvikevaraston toimittajien kannustimien lisäämiseksi toimiva ratkaisu voisi olla hyvitys- tai sanktiojärjestelmä, jossa toimittaja joutuu hyvittämään asiakasta, jos joku tuote on varastosta riittävän pitkän ajan loppu. Kohdeyrityksessä pientarvikevaraston toimittajilta vaadittava palvelutaso onkin määritelty osaksi toimittajien kanssa tehtyjä sopimuksia (Talvitie, haastattelu 12.8.2009).

Siinä missä pientarvikevarastokonsepti tarjoaa jo itsessään hyvän pohjan toimitusten täsmällisyyden kehittämiseksi, vakiomateriaalien toimituksissa tarvitaan erilaisia ratkaisuja. Aiemmin taulukossa 5-1 esitetyt toimitustäsmällisyyttä heikentävät ongelmatyypit ovat kaikki ajankohtaisia vakiomateriaalien toimitusongelmissa.

Yhdistelmätoimitukset ja eräkokojen pienentäminen ovat toimenpiteitä, joiden käyttäminen projektikohtaisten tuotteiden toimitustäsmällisyyden kehittämiseksi ei lähtökohtaisesti ole perusteltua. Poikkeuksiakin toki on, esimerkiksi ikkunat soveltuvat hyvin terminaalin kautta toimitettaviin yhdistelmätoimituksiin. Esimerkiksi betonielementtien ja valmisbetonin toimituksissa täsmällisyys on jo hyvällä tasolla, eikä radikaaleja kehitystoimenpiteitä välttämättä tarvita. Projektikohtaisten tuotteiden ja valmisbetonin osalta voikin sanoa, että merkittävien muutosten sijaan pääpainon tulisi olla tiedonvälityksen kehittämisellä.

5.5. Toimitustäsmällisyyden kehitystoimenpiteet osana tuottavuuden parantamista

Kuvassa 5-3 esitetään toimitustäsmällisyyden kehittämiseen tähtävien kehitystoimenpiteiden vaikutus toimitustäsmällisyyden, pienempien varastojen ja pienemmän hävikin kautta lopulta tuottavuuteen. Pohjan kaikelle kehitykselle luovat molemminpuolinen tiedonvälitys asiakkaan ja toimittajien välillä, sekä tuotannon ja työmaalle saapuvien toimitusten suunnittelu ja suunniteltujen aikataulujen noudattaminen. Aikaikkunat, niihin liitettävät molemminpuoliset sanktiot ja eräkokojen pienentäminen tarjoavat mahdollisuuksia toimitustäsmällisyyden kehittämiseen, mutta ne vaativat taustalleen sujuvaa tiedonvälitystä ja tarkkaa suunnittelua.



Kuva 5-3: Toimitustäsmällisyyden kehitystoimenpiteet osana tuottavuuden parantamista

Työmaalla pidettävien varastojen määrää on mahdollista pienentää, kun toimitustäsmällisyys kasvaa ja täten varmuusvarastojen tarve pienenee. Myös eräkokojen pienentäminen vähentää omalta osaltaan varastojen määrää työmaalla. On tärkeää huomata, että hyötyjen saavuttaminen paremmasta toimitustäsmällisyydestä ja varastojen määrän pienentämisestä on mahdollista vain molempien kehittyessä suotuisasti. Turhista varastoista eroon pääseminen edellyttää täsmällisiä toimituksia, ja toisaalta toimitustäsmällisyyden kehitystoimenpiteet menevät osittain hukkaan, jos samalla ei pyritä varmuusvarastojen vähentämiseen.

Pitkällä aikavälillä toimitustäsmällisyyden ja tuottavuuden kehittäminen vaativat työkaluja keskeisten muuttujien seurantaan ja mittaamiseen. Tarvitaan mahdollisimman tarkkaa ja mieluiten kvantitatiivista dataa ulkoisten toimintojen (toimitustäsmällisyys) ja sisäisten toimintojen (tuotannon luotettavuus) tehokkuudesta. Myös rakennusprojektin logistista haasteellisuutta tulisi pystyä systemaattisesti arvioimaan ennen projektin aloitusta. Tutkielman kohdeyrityksessä näiden asioiden suhteen ollaan oikealla tiellä. Logistiikkajärjestelmä tarjoaa mahdollisuuden toimitusten tarkempaan seurantaan ja lisäksi yrityksessä on kehitetty tuotannon suunnitteluun ja ohjaamiseen tarkoitettuja luotettavan tuotannon työkaluja.

Logistiikkasuunnittelu kohdeyrityksessä tarkoittaa tällä hetkellä käytännössä työmaan aluesuunnittelua, jossa otetaan logistiikka-asiat huomioon. Tähän kuuluvat esimerkiksi purkupaikkojen, varastoalueiden ja kuormien sisääntuloreittien suunnittelu. Lisäksi on päätettävä mahdollisen purkukaluston tarpeesta (torninosturi, työmaahissi, kurottaja). Käytännön logistiikkasuunnittelu työmaalla tapahtuu välittömässä yhteydessä työsuunnittelun kanssa. (Talvitie, haastattelu 13.10.2009)

6. Toimitustäsmällisyyden vaikutus työmaan tuottavuuteen - Case Skanska Oy

Skanska Oy on osa Skanska-konsernia, joka kuuluu maailman kymmenen suurimman rakennusyhtiön joukkoon. Skanska-konsernin emoyhtiö Skanska AB on listattu Tukholman pörssiin, ja sen liikevaihto vuonna 2008 oli lähes 15 miljardia euroa. Skanska toimii maailmanlaajuisesti yhdeksällä markkina-alueella, jotka ovat Ruotsi, Tanska, Suomi, Norja, Iso-Britannia, Puola, Tshekki, Yhdysvallat ja Latinalainen Amerikka.

Skanskan toiminta Suomessa kattaa rakentamispalvelut, asuntojen ja toimitilojen projektikehityksen sekä julkisen sektorin elinkaarihankkeet. Rakentamispalveluihin kuuluvat talonrakentaminen, talotekniikkapalvelut sekä maa- ja ympäristörakentaminen. Skanskan Suomen ja Viron yhteenlaskettu liikevaihto vuonna 2008 oli yli miljardi euroa ja henkilöstön määrä noin 2900. (www.skanska.fi)

Skanska Oy on käynnistänyt vuoden 2007 keväällä logistiikan kehitysprojektin, johon tämä tutkielma kuuluu. Projektin pitkän aikavälin tarkoituksena on luoda koko yritykselle yhteiset toimintamallit, joilla aletaan koordinoida keskitetysti koko toimitusketjua aina suunnittelusta asennukseen. Yhtiön logistiikan nykytilaa on tutkittu kevään ja syksyn 2008 aikana, ja tämän tutkimuksen tulokset esitellään luvussa 6.1. Luvussa 6.2. esitellään kevään ja kesän 2009 aikana tehty vertaileva tutkimus. Tutkimus suoritettiin uusia logistisia toimintamalleja testaavalla pilottityömaalla Espoon Leppävaarassa, ja sen tarkoituksena on ollut testata tämän tutkielman tutkimushypoteesia: *Parantunut toimitustäsmällisyys näkyy positiivisesti työmaan tuottavuudessa, ja toisaalta vähentää työmaalla pidettävien varastojen tarvetta.*

6.1. Skanska Oy:n logistiikan nykytila

Skanska Oy:n logistiikan nykytilaa tutkittiin kevään ja syksyn 2008 aikana kahdella esimerkkityömaalla Helsingissä havainnointitutkimuksena. Esimerkkikohteet As Oy Helsingin Auringonsäde ja As Oy Helsingin Kide/Ula Pasilassa olivat kumpikin keskimääräistä suurempia asuinkerrostalokohteita. Tutkimuksen aikaan Helsingin Auringonsäde oli sisävalmistusvaiheessa ja Helsingin Kide/Ula osittain runkovaiheessa ja osin sisävalmistusvaiheessa. Havainnointitutkimuksen lisäksi haastateltiin Etelä-Suomen työmaatoimihenkilöitä internetkyselyllä. Kyselyssä kartoitettiin toimihenkilöiden ajankäytön jakautumista tuotannon suunnittelun ja ohjauksen, hankinnan sekä logistiikan tehtäviin.

Lisäksi kyselyllä haluttiin kerätä toimihenkilöiden näkemyksiä toimitustäsmällisyydestä ja työmaan sisäisestä logistiikasta.

6.1.1. Tutkimusmenetelmä

Molemmilla työmailla seurattiin kuormien purkutapahtumia sekä ammatti- ja apumiesten työajan jakautumista. Työntekijöiden ajankäytön jakaumaa tutkittiin seuraamalla kahdeksaa apumiestä ja kahdeksaa ammattimiestä, jokaista yhden päivän ajan. Seuranta toteutettiin kellottamalla työntekijöiden koko työpäivä viiden minuutin intervaleihin jakaen se erityyppisiin työtehtäviin. Jaottelussa käytetyt työtehtävien pääluokat olivat 1. saapuvan tavaran vastaanotto, 2. tavaran siirtely työmaalla, 3. siivous, 4. aputyöt/ammattityöt, 5. työmaapalaverit ja 6. odotus/häiriöt/tauot. Kuorman purkutapahtumien osalta aika jaettiin purun valmisteluun (esimerkiksi odottaminen ja auton siirtyminen purkupaikalle), itse purkutapahtumaan kuorman tyyppin mukaan, palautuvien lastaukseen ja purkutapahtuman päättymiseen.

6.1.2. Tulokset

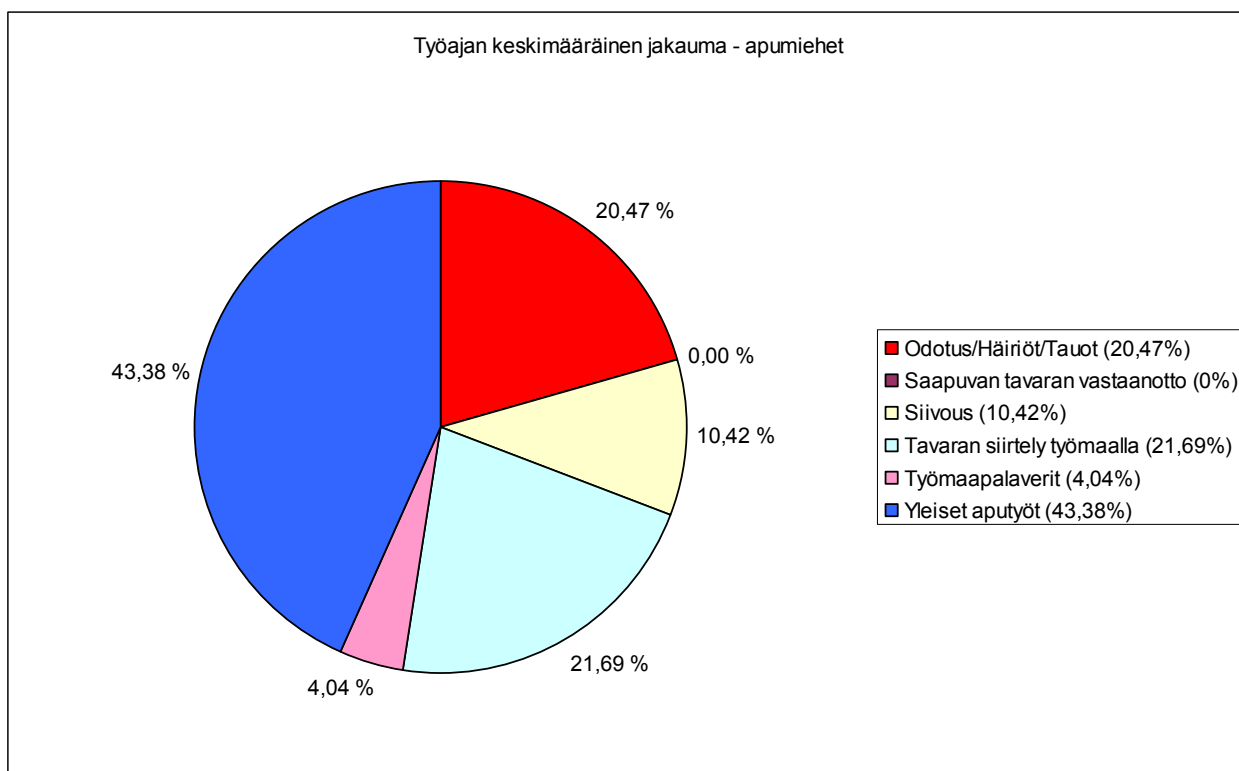
Ammatti- ja apumiesten työajan jakauma

Ammatti- ja apumiesten työajan seurantatutkimuksen tulokset olivat tuottavuuden suhteen odotettua positiivisemmat. Toki on syytä muistaa, että kummankin ryhmän kohdalla kyseessä on melko pieni otos, mikä on syytä ottaa huomioon tuloksia tulkittaessa ja analysoitaessa.

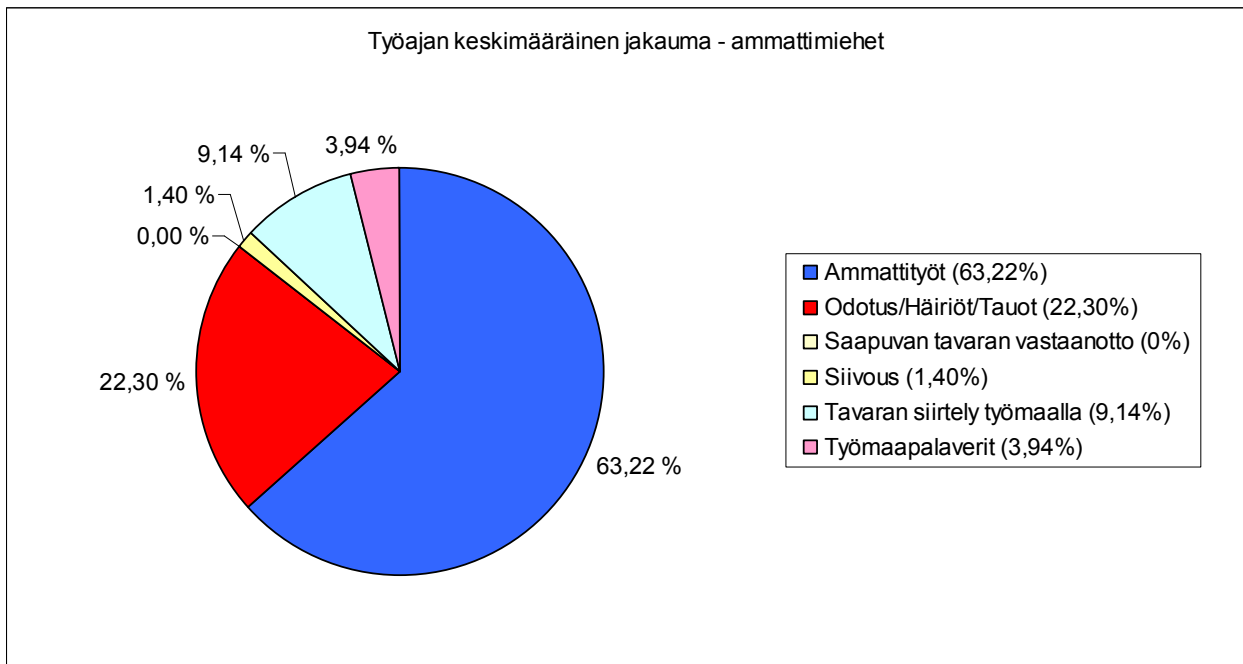
Kuvassa 6-1 on esitettyä seurattujen apumiesten työajan keskimääräinen jakauma jaettuna kuuteen pääryhmään. Suurimman osan (43 %) apumiesten työajasta muodostivat yleiset aputyöt, jotka voidaan apumiesten osalta laskea tuottavaksi työksi. Sekä tavaran siirtely työmaalla, että odottaminen ja erilaiset häiriöt ja tauot veivät hieman yli viidesosan työajasta. Jäljelle jäävän osan muodostavat siivous (10 %) ja työmaapalaverit (4 %). Yllättävää oli, että seurattut työmiehet eivät kertaakaan osallistuneet saapuvien kuormien purkuun. Tämä selittyy osittain tutkimuksen rajauksilla. Kuormanpurkutapahtuma rajattiin päättymään siirtoon toimittavasta ajoneuvosta ensimmäiselle varastointipaikalle. Seuranta-aikana saapuneet toimitukset purettiin useimmiten joko auton omalla nostimella tai torninosturilla, jolloin purut sitoivat kuljettajan lisäksi ainoastaan yhden työnjohtajan ja mahdollisesti nosturinkuljettajan. Siirto ensimmäiseltä välivarastointipaikalta kuuluu kategoriaan sisäinen siirto.

Kuva 6-2 kuvaa seurattujen ammattimiesten työajan jakaumaa. Seurattujen ammattimiesten joukossa oli kaksi sähkömiestä, kaksi kylpyhuone- ja keittiölaatoitusta tekevää työntekijää,

kaksi tasoitemiestä sekä kaksi työntekijää joiden pääasiallinen työtehtävä oli väliseinien ja alakattojen tekeminen. Ammattimiehet käyttivät varsinaiseen ammattityöhönsä 63 % työajastaan, mitä voi aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna pitää kohtuullisen hyvänä. Odottaminen, häiriöt ja taudot (22 %) veivät suunnilleen saman verran työajasta kuin apumiehillä, mutta tavarankierron siirtely työmailla vei ainoastaan 9 % työajasta. Materiaalinsiirtojen varsin vähäinen osuus selittyy osittain sillä, että sopimusten mukaan ammattimiehille toimitettiin asennettavat materiaalit työpisteeseen valmiiksi. Siivouksen osalta ammattimiesten työnkuvaan kuuluu ainoastaan oman työpisteen siistinä pitäminen, joten tämän osuus työajasta on marginaalinen (1,4 %).



Kuva 6-1: Seurattujen apumiesten työajan keskimääräinen jakauma



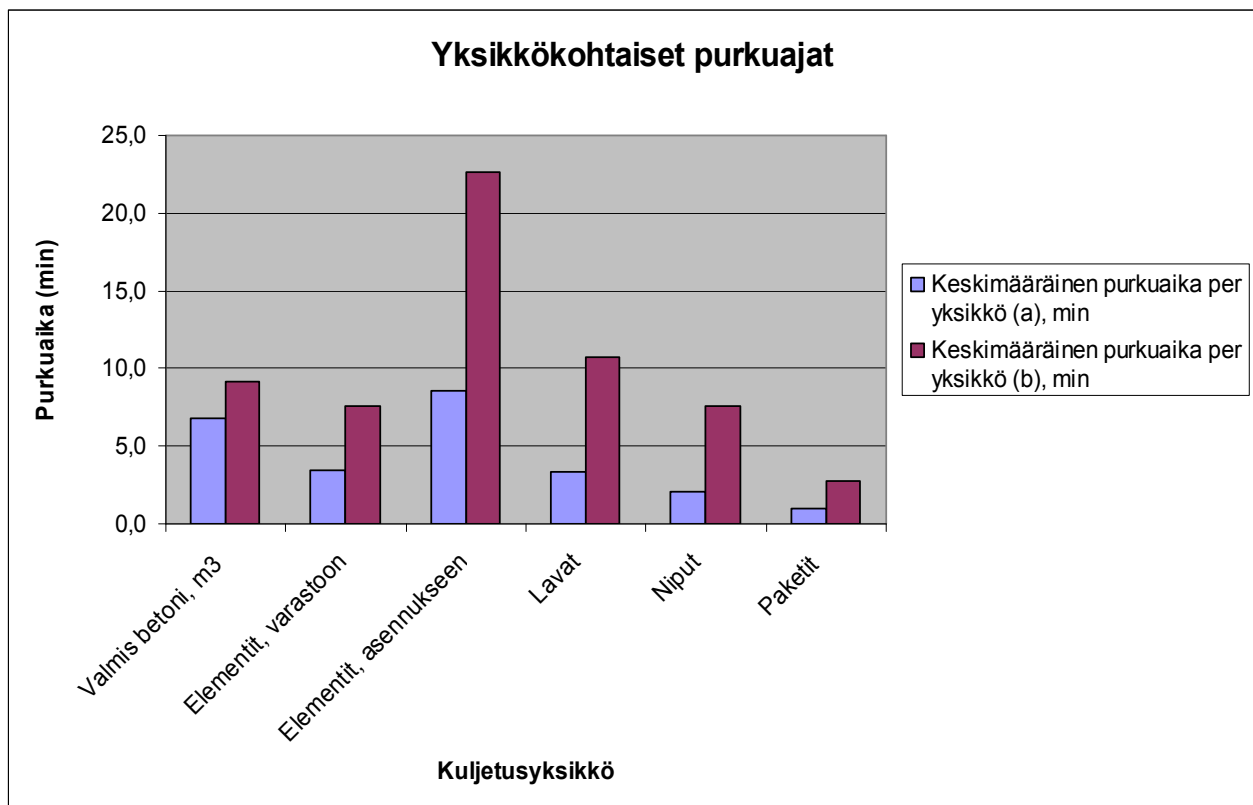
Kuva 6-2: Seurattujen ammattimiesten työajan keskimääräinen jakauma

Kuormien purkutapahtumat

Työmaalle saapuvia kuormia seurattiin tutkimuksessa yhteensä 29. Kuormat luokiteltiin purettavan materiaalin logistisen käsiteltävyyden mukaan kuuteen ryhmään, jotka ovat: valmisbetoni, suoraan asennettavat elementit, tilapäissäilytykseen (elementtifakki) purettavat elementit, lavat, niput ja paketit. Samassa kuormassa oli toki joissain tapauksissa useamman kuin yhden yllä kuvatun ryhmän materiaalia.

Koska kuormien koot vaihtelevat paljon, koko kuorman purkuaikaa kiinnostavampi ja hyödyllisempi tunnusluku on kuljetusyksikkökohtainen purkuaika. Mitatuista kuorman purkutapahtumista laskettiin yksikkökohtaiset purkuajat kahdella eri tavalla. Ensimmäinen yksikkökohtaiset purkuajat laskettiin ottaen huomioon koko aika kuljettavan auton työmaalle saapumisesta sen poistumiseen. Lisäksi yksikkökohtaiset purkuajat laskettiin ottaen huomioon ainoastaan varsinainen purkutapahtuma. Näin menetelmällä saatiin luotua käsitys kuormien purkujen kokonaistehokkuudesta työmaan ja toimittajan kannalta, sekä käsitys toimitusten ajoituksen onnistumisesta.

Havainnoitujen kuormien purkutapahtumien tehokkuus vaihteli kuljetusyksiköstä riippuen. Kuvasta 6-3 voidaan nähdä tehokkaan purun osuus siitä ajasta, jonka kuljettava auto vietti työmaan pihassa. Sininen palkki kuvaa tehokasta purkuaikaa ja violetti palkki purkuaikaa auton saapumisesta sen lähtöön. Jälkimmäiseen siis sisältyy myös varsinainen purku.



Kuva 6-3: Kuljetusyksikkökohtaiset purkuaajat

Huomionarvoista on, että valmisbetonitoimituksia lukuun ottamatta yli puolet havainnoitujen purkutapahtumien kokonaiskestosta kului muuhun kuin varsinaiseen kuorman purkuun, eli esimerkiksi auton siirtelyyn purkupaikalta toiselle tai odotteluun. Valmisbetonitoimitusten osalta käytäntönä onkin jo sopia toimitusajat hyvin tarkasti. Elementtitoimitukset taas saattavat tulla pidemmän matkan päästä, minkä vuoksi niiden saapumisen ajoittuminen sovittuun on luonnollisesti hankalaa. Tässä tutkimuksessa havainnoitujen elementtitoimitusten odotusaika johtui useimmiten siitä, että elementtitoimitus saapui purkupaikalle ennen kuin purkuhenkilöstö oli valmiina.

Betonituotteiden toimituksiin verrattuna muun materiaalin (lava-, nippu- ja pakettitavara) purkutapahtumat olivat selvästi tehottomampia. Noin 70 % ajasta, jonka autot viettivät työmaalla, kului odotteluun ja auton siirtelyyn. Tärkeimpänä yksittäisenä syynä tähän on se, että toimitusaikoja ei sovita riittävän tarkasti. Ei ollut lainkaan poikkeuksellista, että tutkimuksen kohteena olleiden työmaiden työnjohtajat eivät osanneet arvioida kuormien saapumisaikoja kuin päivän tai kahden tarkkuudella. Tästä johtuen kuorman saapumiseen oltiin usein huonosti valmistautuneita. Joko sopiva purkupaikka oli varattuna toista kuormaa varten tai purkua varten tarvittavat työntekijät varattuna muita työtehtäviä varten.

Skanska Oy:n uuden logistisen toimintamallin yhtenä tärkeimpänä tavoitteena on keskittyä saapuvien toimitusten ajoituksen parempaan hallintaan. Oletuksena on, että kun toimitusajat sovitaan tarkemmin, toteutuneita toimitusaikoja seurataan ja annetaan toimittajille palautetta, myös toimitustäsmällisyys parantuu. Saapuviin toimituksiin on tällöin helpompaa valmistautua työmaalla, mikä vähentää häiriöiden määrää tuotannossa.

Nykytoimintamallin toimitustäsmällisyyden tarkka mittaaminen on lähes mahdotonta, koska toimitusaikoja ei sovita eikä seurata riittävän tarkasti. Yleinen mielipide kuitenkin on, että nykyinen toimitustäsmällisyys ei ole riittävä ja Skanska Oy onkin asettanut tavoitteeksi 85 %:n toimitustäsmällisyyden annetussa aikaikkunassa kaikissa toimituksissa. Seuraavassa kappaleessa esiteltävän toimihenkilöille suunnatun kyselyn perusteella nykyisen toimitusvarmuuden voisi karkeasti arvioida olevan noin 70–80 %. On kuitenkin otettava huomioon, että kyseessä on pieni otos, joka perustuu toimihenkilöiden subjektiiviseen arvioon, eikä tarkasti mitattuun dataan. Lisäksi työnjohto usein mieltää toimituksen myöhästyneen vasta kun se saapuu kokonaisen päivän myöhässä. Tarkemmassa aikaikkunassa nykyinen toimitustäsmällisyys siis tuskin on edes 70 %:n tasolla. Uuden logistisen toimintamallin testauksen yhteydessä pilottityömaan kaikki materiaalivirrat lukuun ottamatta betonimassa- ja pientarviketoimituksia sekä työmaan lähtölogistiikkaa tullaan ohjaamaan logistiikkajärjestelmällä. Pilottityömaan rakennusaikatauluun liittyvistä syistä tässä tutkielmassa on mahdollista paneutua toimitustäsmällisyyteen ainoastaan terminaalien kautta yhdistelmäkuormina toimitettavien täsmätoimitusten osalta, joissa on runkovaiheen edetessä holville nostettavia materiaaleja. Sisävalmistusvaihe, alkaa vasta tutkielman valmistuttua.

Työmaatoimihenkilöiden haastattelut

Nykytoimintamallin tutkimuksen yhteydessä toteutettiin työmaatoimihenkilöille suunnattu kyselytutkimus. Työmaatoimihenkilöihin kuuluvat vastaavat mestarit, työnjohtajat sekä työmaa- ja projekti-insinöörit. Tutkimuksessa kartoitettiin toimihenkilöiden ajankäytön jakautumista projektin eri vaiheissa hankintaan, logistiikkaan sekä tuotannon suunnitteluun ja ohjaukseen liittyviin tehtäviin. Lisäksi logistiikan osalta esitettiin tarkentavia kysymyksiä toimitustäsmällisyyteen ja työmaan sisäiseen logistiikkaan liittyen. Tutkimus toteutettiin internetkyselynä kahdessa vaiheessa. Ensimmäisen vaiheen muodostivat ajankäyttöön liittyvät kysymykset ja toisen logistiikan tarkentavat kysymykset. Ensimmäisen vaiheen kysymyksiin vastasi 32 ja toisen vaiheen kysymyksiin 24 toimihenkilöä. Kysymyspohjat ovat luettavissa liitteistä 1 ja 2.

Kyselyn ensimmäisessä vaiheessa pyydettiin toimihenkilöitä arvioimaan, miten heidän työaikansa jakautuu projektin perustus-, runko- ja sisävalmistusvaiheissa hankinnan, logistiikan sekä tuotannon suunnittelun ja ohjauksen välillä. Kyselyssä annettiin valmiit vastausvaihtoehdot, joista vastaajat saivat valita: ei yhtään, alle 5 %, 5-10 %, 10-20 %, 20-30 %, 30-40 %, 40-50 % ja yli 50 % työajasta.

Taulukossa 6-1 esitetään toimihenkilöiden työaikojen keskimääräiset jakaumat, jotka on laskettu saaduista vastauksista. Vastausten perusteella työnjohtajat ja työmaainsinöörit käyttävät työajastaan logistiikan hallintaan hieman isomman osan kuin vastaavat mestarit. Jakaumissa ei ole suuria eroja eri rakennusvaiheiden välillä, pois lukien vastaavien mestareiden perustusvaihe, jolloin heidän logistiikan hallintaan käyttämän työajan osuus on muita vaiheita selvästi pienempi.

	Työnjohtaja / työmaainsinööri	Vastaava mestari
Perustusvaihe		
Hankinta	24 %	40 %
Logistiikka	22 %	13 %
Tuotanto	54 %	48 %
Runkovaihe		
Hankinta	17 %	30 %
Logistiikka	30 %	26 %
Tuotanto	53 %	44 %
Sisävalmistusvaihe		
Hankinta	28 %	31 %
Logistiikka	29 %	26 %
Tuotanto	43 %	43 %

Taulukko 6-1: Työmaatoimihenkilöiden työajan keskimääräinen jakauma rakennusvaiheittain

Kyselyn tulokset osoittavat logistiikan hallinnan merkittävyyden myös työnjohdon näkökulmasta. Kaikki rakennusvaiheet ja toimihenkilöryhmät huomioiden logistiikan hallinta vie keskimäärin 25 % toimihenkilöiden työajasta, tuotannon suunnittelun ja ohjauksen ollessa kuitenkin heidän ensisijainen työtehtävänsä.

Kyselyn toisessa vaiheessa toimihenkilöiltä kysyttiin tarkentavia monivalintakysymyksiä työmaan logistiikasta mm. toimitustäsmällisyyteen liittyen. 58 % vastaajista totesi noin joka viidennen toimituksen myöhästyvän ja 12 % vastasi joka toisen tai useamman myöhästyvän. Kyselyn perusteella liian aikaisin työmaalle saapuvat toimitukset eivät ole yhtä yleisiä kuin myöhästyneet. Valtaosa (n. 83 %) vastaajista oli sitä mieltä, että noin joka kymmenes toimitus

saapuu työmaalle liian aikaisin. Myöhästyneiden toimitusten lisäksi kyselyn perusteella ongelmia aiheuttavat jossain määrin myös useat samaan aikaan työmaalle saapuvat toimitukset, sekä materiaalin siirtely varastopaikasta toiseen työmaalla ennen asennusta.

Monivalintakysymyksien lisäksi toimihenkilöille annettiin myös mahdollisuus kertoa muista toimituksiin, kuljetuksiin tai varastointiin liittyvistä ongelmista, sekä antaa ehdotuksia ongelmien välttämiseksi. Alla on listattuna muutamia toimihenkilöiden kommentteja.

- ”Välivarastointi työmaalla hoidetaan huonosti, jolloin materiaalien laatu kärsii tai ne pilaantuvat käyttökelvottomiksi”
- ”Monesti työmaan varastointitila liian pieni, eli tavaroita joudutaan siirtelemään jatkuvasti”
- ”Tuotteiden toimitusajat ovat usein ainoastaan päivän tarkkuudella, mikä sotkee tuotantoa, kun esim. nosturi joutuu välillä purkamaan jonkin ”yllätyskuorman”
- ”Toimittajien tulisi kuunnella ja kysellä tarkemmin, miten meidän työmaalla purkujen tulisi tapahtua”
- ”Välivarastointi jossain muualla kuin työmaalla, esim. terminaalissa”
- ”Tavarantoimitukset pitäisi pystyä sopimaan mahdollisimman tarkasti”

Toimihenkilöille suunnattu kysely osoittaa, että tehokkaammille logistiikkakäytännöille on tarvetta. Työmaamittausten sekä toimihenkilökyselyn tulokset tukevat toisiaan. Esimerkiksi toimihenkilöiden vastauksissa mainitut yllättäen työmaalle saapuvat kuormat olivat selvästi havaittavissa kuormanpurkutapahtumien seurannan yhteydessä. Kun tarkkaa toimitusaikaa ei ollut sovittu, työmaan henkilöstö ei ollut valmiina vastaanottamaan kuormaa. Myös varastointitilan niukkuus oli molemmilla testityömailla selvästi havaittavissa.

6.2. Uuden logistisen toimintamallin testaus

Skanska Oy on käynnistänyt vuoden 2007 keväällä logistiikan kehitysprojektin, johon tämä tutkielma kuuluu. Projektin pitkän aikavälin tarkoituksena on luoda koko yritykselle yhteiset toimintamallit, joilla aletaan koordinoida keskitetysti koko toimitusketjua aina suunnittelusta asennukseen.

Tässä luvussa esitellään uusien logistiikkakäytäntöjen testausprosessi ja –tulokset. Testityömaana on toiminut Espoon Leppävaarassa sijaitseva Leppävaaran tornin työmaa, joka on keskimääräistä suurempi asuinkerrostalokohde. Testauksen ja mittausten kohteena on työmaalle saapuvien toimitusten toimitustäsmällisyys, sekä toimitustäsmällisyyden

tuottavuusvaikutukset. Lisäksi arvioidaan terminaalien kautta täsmätoimituksina toimitettavien yhdistelmäkuormien kannattavuutta.

6.2.1. Tutkimusmenetelmä

Tutkielman kirjoittamisen aikana uusia logistiikkakäytäntöjä testaava pilottityömaa on pääosin runkorakennusvaiheessa, mikä tarkoittaa, että työmaalle saapuvat materiaalit ovat koostuneet pääasiassa betonielementeistä ja rungon edetessä holville nostettavista sisävalmistusvaiheen materiaaleista. Tutkimuksen pääpaino on terminaalien kautta täsmätoimituksina toimitettavien yhdistelmäkuormien toimitustäsmällisyydessä ja niiden tuottavuusvaikutuksissa.

Terminaalitoimitusten kannattavuuden arvioimiseksi toteutetaan laskelma, jossa vertaillaan täsmätoimituksina terminaalien kautta tulevien yhdistelmäkuormien käsittelyyn kuluva aikaa vaihtoehtoon, jossa vastaavat materiaalit tulisivat yksittäisinä kuormina suoraan toimittajilta. Ajansäästön tuottamaa palkkakulujen laskua verrataan terminaalitoiminnasta aiheutuviin lisäkustannuksiin.

Toimitustäsmällisyyden tuottavuusvaikutuksia arvioidaan kvalitatiivisten työnjohdon haastattelujen lisäksi kahdella erilaisella laskelmalla. Pilottityömaalla kellotettujen täsmäkuormien purkuaikojen perusteella arvioidaan täsmäkuormien vapauttamaa nosturiaikaa suoriin yksittäisiin toimituksiin verrattuna. Lisäksi vertaillaan kahden erilaisen ikkunoiden toimitus- ja pakkaustavan vaikutusta ikkuna-asennuksen tuottavuuteen. Vertailu toteutetaan kellottamalla - samalla tavalla kuin nykytilan tutkimuksessa – kahdesta ammattimiehestä muodostuvan ikkuna-asennusryhmän kahden eri kerroksen ikkunoiden asennukseen kuluva aika. Toiseen kerrokseen toimitettavat ikkunat on pakattu ikkunatyypeittäin, ja toiseen huoneistoittain.

Yllä olevien laskelmien ja mittausten lisäksi empiiristä aineistoa kerätään haastattelemalla uusia logistiikkakäytäntöjä testaavan pilottityömaan työnjohtoa. Haastattelulla selvitetään esimerkiksi toimitustäsmällisyyden kehittymistä uusien käytäntöjen myötä, sekä toimitustäsmällisyyden vaikutuksia työmaan toimintaan.

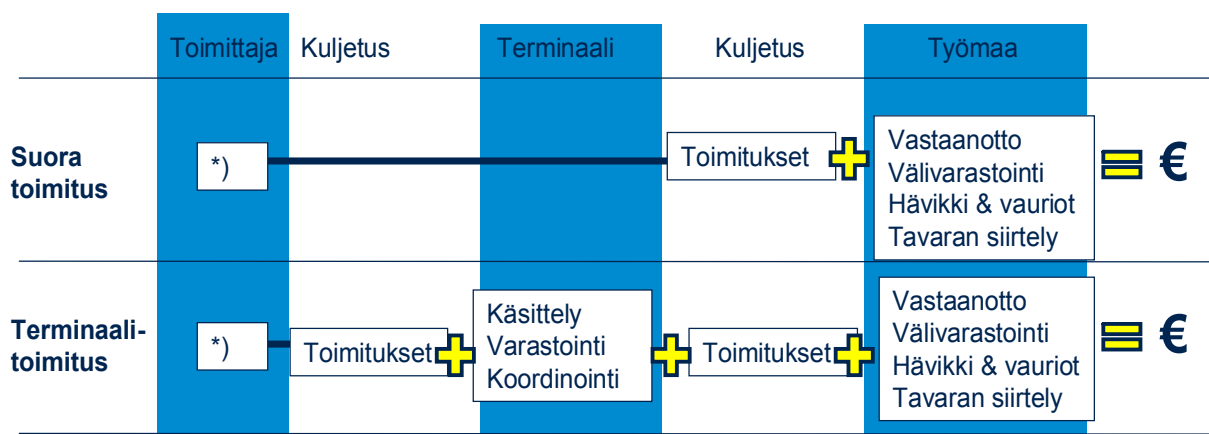
6.2.2. Tulokset

Täsmätoimitusten systemaattinen käyttö on osoittautunut toimivaksi ratkaisuksi tutkimuksen kohteena olleella pilottityömaalla. Terminaalien kautta toimitettavat yhdistelmäkuormat ovat olleet toimitustäsmällisyydeltään erinomaisella tasolla. Tutkielman tekemisen aikana

työmaalle saapuneista 60 täsmätoimituksesta vain kaksi saapui myöhässä. Näiden toimitusten osalta toimitustäsmällisyys on siis ollut 97 %.

Terminaalitoimitusten kannattavuus

Terminaalien kautta täsmätoimituksina tulevien yhdistelmäkuormien kannattavuuden arvioimiseksi pilottityömaalla kelloitettiin kahden täsmätoimituksen purkutapahtumat. Kuormissa työmaalle saapuivat yhden kerroksen holville runkovaiheessa nostettavat materiaalit. Tätä vaihtoehtoa verrataan niin sanottuun perinteiseen vaihtoehtoon, jossa vastaavat materiaalmäärät saapuisivat työmaalle suorina yksittäisinä toimituksina toimittajilta. Kuvassa 6-4 havainnollistetaan miten kustannukset muodostuvat suorissa toimituksissa ja terminaalitoimituksissa. Työmaalla tapahtuvan materiaalien käsittelyn on tehostuttava ja hävikin vähennyttävä riittävästi, jotta terminaalista aiheutuvat lisäkustannukset saadaan katettua.



Kuva 6-4: Kustannusten muodostuminen suorissa toimituksissa ja terminaalitoimituksissa

Arvioitaessa suorien toimitusten purkuun kuluva aikaa, oletuksena on, että materiaalit puretaan ensin pihalle välivarastoon ja nostetaan myöhemmin ylös holville. Nykytilan tutkimuksen yhteydessä suoritettujen kuormanpurkujen mittausten perusteella voidaan myös olettaa, että perinteiseen tapaan suorina tuleviin toimituksiin liittyy huomattavasti enemmän epävarmuutta kuin täsmätoimituksiin. Näin ollen suorien toimitusten purkuaikoihin on laskettu 30 % ylimääräistä aikaa täsmätoimituksiin verrattuna, kuvastamaan esimerkiksi epätäsmällisestä saapumisesta aiheutuvaa odottelua, tai auton siirtelyä oikealle purkupaikalle. Erona täsmätoimituksiin on myös se, että täsmäkuormissa nipuissa ja lavoissa on nostoliinat valmiina. Arvioitaessa suorien toimitusten purkuaikaa, nostoliinojen asettamiseen on arvioitu kuluvan 3 minuuttia yhtä nippua tai lavaa kohti (molemmilla nostokerroilla).

Täsmätoimituksissa kipsilevynippuja on valmiiksi yhdistelty, joten esimerkkitapauksessa 7 kipsilevynippua voidaan nostaa holville kahdella nostolla. Lisäksi työnjohdon on arvioitu joutuvan käyttämään toimitusten seurantaan 10 minuuttia ylimääräistä jokaista suoraa toimitusta kohden. Varastointiaikaa ja – kustannusta ei oteta huomioon arvioinnin vaikeuden vuoksi. Yllä esitetyt oletukset ovat suhteellisen varovaisia, koska oletuksista ei haluta muodostuvan ratkaisevaa tekijää terminaalitoiminnan ja täsmätoimitusten kannattavuutta arvioitaessa.

Terminaalitoiminnan ja täsmätoimitusten kustannusvaikutus muodostuu kahdesta osasta. Ensinnäkin, työmaalla tapahtuvan käsittelyn vähenemistä on verrattava terminaalikäsittelyn aiheuttamiin lisäkustannuksiin. Toinen osa muodostuu kuljetuskustannuksista. Tehtaalta kuljetetaan terminaaliin useamman kuin yhden kerroksen materiaalit kerrallaan. Tästä eroteltavaa yhden kerroksen osuutta lisättyinä kuljetuskustannuksilla terminaalista työmaalle on verrattava kustannuksiin, jotka muodostuvat, kun tehtaalta kuljetetaan yhden kerroksen materiaalit suoraan työmaalle.

Taulukoissa 6-2 ja 6-3 esitetään havainnoitujen täsmätoimitusten purkuajat, sekä sovellettu laskelma suorien toimitusten käsittelyyn kuluva ajasta yllä mainituin oletuksin. Saavutettava aikasäästö yhden kerroksen holville nostettavissa materiaaleissa on kokonaisuudessaan 436 minuuttia. Kun otetaan huomioon kuormanpurkuihin keskimäärin sitoutuva työntekijämäärä (työnjohtaja, 2 apumiestä ja nosturikuljettaja), tarkoittaa tämä palkkakustannuksissa 570 €:n säästöä.

Kuorma 1				
Materiaali	Kollit, kpl	Nostot	Nostoaika (min)	Yht.
Ikkunat	7	7	4,3	29,8
Parvekeovet	2	2	4,3	8,5
Kipsilevyt	7	2	4,4	8,9
Tilasauna	1	1	7,0	7,0
Sähkötarvikkeet	5	2	4,4	8,9
YHT.				113 min

Kuorma 2				
Materiaali	Kollit, kpl	Nostot	Nostoaika (min)	Yht.
Rangat	1	1	10,7	10,7
Tilasauna	1	1	8,0	8,0
Hormit	5	5	2,0	10,0
Springler	1	1	10,7	10,7
Patterit	2	1	10,7	10,7
YHT.				113 min

Taulukko 6-2: Havainnoitujen täsmätoimitusten purkuajat

Suorat toimitukset								
Kuorma	Kollit, kpl	Nostot pihalle	Purku aika	Kollit, kpl	Nostot ylös	Nostoaika	Työnjohdon aika	Yht.
Ikkunat	7	7	8,5	7	7	7,3	5	115,8
Parvekeovet	2	2	8,5	2	2	7,3	5	36,7
Kipsilevyt	7	7	8,8	7	7	7,4	5	118,2
Tilasauna	1	1	12,1	1	1	10	10	32,1
Sähkötarvikkeet	5	2	8,8	5	2	7,4	10	42,3
Rangat	1	1	16,9	1	1	13,7	5	35,6
Tilasauna	1	1	13,4	1	1	11	10	34,4
Hormit	5	5	5,6	5	5	5	10	63,0
Springler	1	1	16,9	1	1	13,7	5	35,6
Patterit	2	1	16,9	2	1	13,7	5	35,6
YHT.								549 min

Taulukko 6-3: Laskelma suorien toimitusten purkuajoista

Vertailtaessa kuljetuskustannuksia on otettava huomioon, että terminaalitoiminnassa tehtaalta kuljetetaan terminaaliin useamman kerroksen materiaalit. Näin muodostuvasta kustannuksesta erotellaan yhden kerroksen materiaalien osuus ja sitä verrataan vaihtoehtoon, jossa tehtaalta kuljetettaisiin suoraan työmaalle yhden kerroksen materiaalit. Laskelmassa käytettävät terminaalij- ja kuljetuskustannukset perustuvat kohdeyrityksen käyttämien logistiikkapalveluntarjoajien keskihintoihin.

Taulukossa 6-4 esitetään laskelma terminaalin kautta tulevien täsmätoimitusten kustannusvaikutuksesta. Tutkituilla materiaaliryhmillä ja käytetyillä oletuksilla uusi toimintatapa tuottaisi noin 233 euron säästön yhden kerroksen osalta. Tutkimuksen kohteena olevalla pilottityömaalla – jossa on yhteensä 21 kerrosta – säästöä kertyisi kokonaisuudessaan 4899 euroa. Tämä sillä oletuksella, että vastaava aikasäästö saavutettaisiin jokaisen kerroksen kohdalla.

Kuljetuskustannukset (suora)	1756 €
Käsittely terminaalissa	400 €
Kuljetuskustannukset tehdas -> terminaali	1351 €
Kuljetuskustannukset terminaali -> työmaa	502 €
Säästö palkkakustannuksissa	-730 €
Yht.	1523 €
Säästö (1756 - 1523)	233 €

Taulukko 6-4: Terminaalitoiminnan kustannusvaikutus yhden kerroksen materiaalien osalta

Tutkielman kohteena oleva pilottityömaa on keskimääräistä suurempi asuinkerrostalokohde, mikä on syytä ottaa huomioon terminaalityönnän kannattavuutta arvioitaessa. Skanskan keskimääräinen asuinkerrostalokohde pääkaupunkiseudulla on 5-kerroksinen, joka sisältää 43 keskipinta-alaltaan 66 neliömetrin asuntoa. Kerrosala standardikohteessa on noin 550 neliömetriä. Pilottityömaa eroaa standardikohteesta olennaisesti ainoastaan kerrosten lukumäärän osalta. 5-kerroksisessa standardikohteessa terminaalityönnällä ja täsmätoimituksilla saavutettava säästö olisi 1167 euroa. Palkkakustannuksissa saavutettavaa säästöä olennaisempaa kuitenkin on täsmätoimitusten tuottavuutta parantava vaikutus.

Täsmätoimitusten vapauttama nosturiaika

Pilottityömaan kaltaisella elementtikerrostalotyömaalla torninosturi on kriittinen resurssi. Voi jopa sanoa, että nosturi määrää rungon asennustahdin (Virkki, haastattelu 1.9.2009). Sen lisäksi, että yksi siirtovaihe jää kokonaan pois, täsmätoimitukset vapauttavat nosturin käyttöaika myös nippujen yhdistämisen myötä. Vapautuvan käyttöajan suuruusluokan selvittämiseksi laaditaan laskelma, jossa hyödynnetään kahden eri kerroksen täsmätoimituksessa saapuvien materiaalien mitattuja nostoaikoja kuorma-autosta holville.

Terminaalityönnän kannattavuutta arvioivassa laskelmassa käytetyn datan lisäksi nostoaikoja kelloitetaan myös 17. kerrokseen saapuvasta täsmätoimituksesta. Koska kuormat eivät ole sisällöltään identtisiä, 17. kerroksen kuorman nostoajoista lasketaan keskiarvo, jota

sovelletaan laskelmassa 3. kerroksen kuormaa vastaaviin materiaaleihin ja nostojen määrään. Laskelmassa otetaan huomioon myös joka toiseen kerrokseen nostettavat LVI-kanavat, joita toimitetaan 4 kollin erinä. Taulukoissa 6-5 ja 6-6 esitetään materiaalien nostoaikojen ero 3. ja 17. kerroksessa, kun materiaalit tulevat suorina yksittäisinä toimituksina tai vaihtoehtoisesti täsmätoimituksena terminaalin kautta.

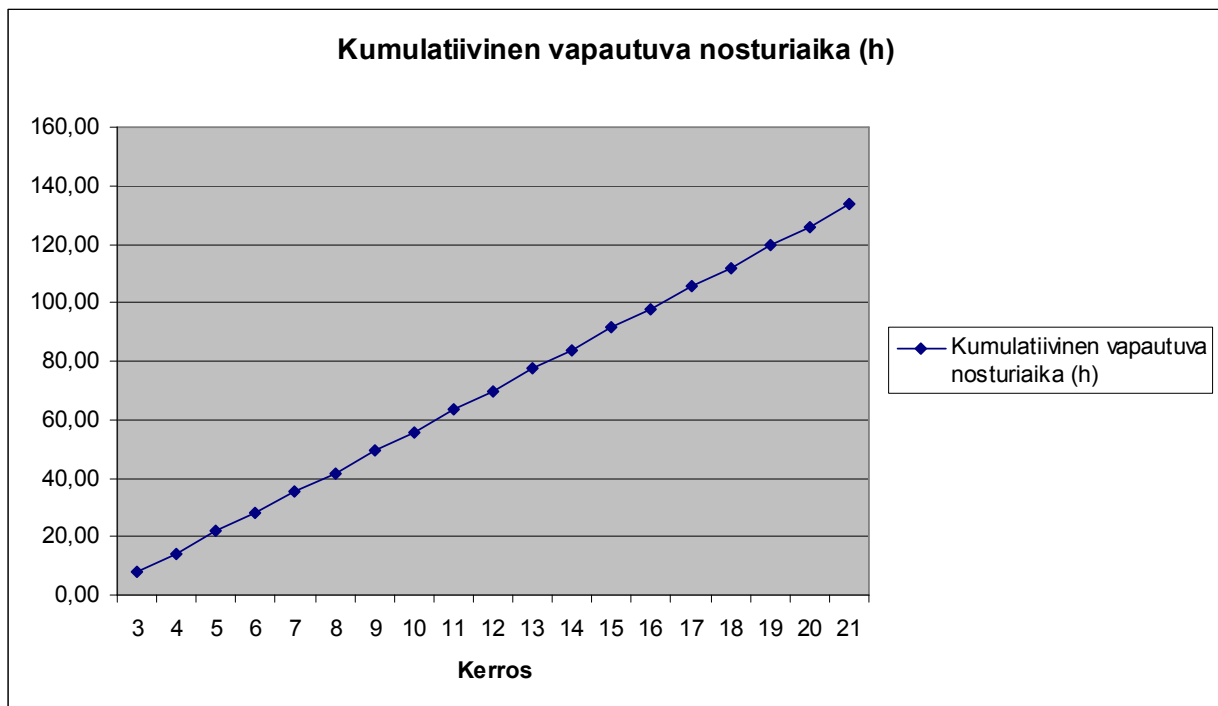
3. kerros		
<i>Purkuajat (min)</i>	Suora	Täsmä
Nostot pihalle	328	-
Nostot holville	274	134
Yht.	601	134
Erotus		467

17. kerros		
<i>Purkuajat (min)</i>	Suora	Täsmä
Nostot pihalle	328	-
Nostot holville	301	155
Yht.	628	155
Erotus		474

Taulukko 6-5: Kuormien purkuajat (min) 3. ja 17. kerroksessa

Nostoaikat luonnollisesti kasvavat rungon rakentamisen edetessä, kun nostoetäisyys holville kasvaa. Lavojen ja nippujen yhdisteleminen vähentää tarvittavien nostojen määrää, mikä puolestaan johtaa siihen, että täsmätoimitusten vapauttama nosturiaika kasvaa kerrosmäärän mukaan. Kuva 6-4 havainnollistaa kumulatiivisen vapautuvan nosturiajan kolmannesta kerroksesta aina pilottikohteen ylimpään kerrokseen saakka.

Nosturin vapautuva käyttöaika muodostuu kahdesta osasta, kiinteästä ja muuttuvasta. Kiinteä osa muodostuu välivaiheesta, joka jää pois, kun materiaaleja ei nosteta ensin välivarastoon, vaan suoraan holville. Muuttuva osa syntyy nostojen määrän vähenemisestä, kun lavoja ja nippuja yhdistellään. Tämä osa on siis kerros kerrokselta suurempi, kun nostoetäisyys kasvaa.



Kuva 6-5: Täsmätoimitusten vapauttama nosturiaika

Oheisessa esimerkkilaskelmassa kipsilevyt ja joka toiseen kerrokseen tulevat LVI-kanavat ovat ainoat materiaalit, joita nostetaan useampia nippuja kerrallaan verrattuna suoriin toimituksiin. Tämän vuoksi vapautuva nostoaika kasvaa ainoastaan noin yhden minuutin per kerros. Mitä enemmän yhdistelyä on mahdollista tehdä jo terminaalissa, sitä enemmän nosturiaikaa vapautuu. Kiinteä osuus vapautuvasta ajasta on kuitenkin niin merkittävä, että jo tässä laskelmassa käytetyillä oletuksilla esimerkkikohteessa vapautuisi runkovaiheen aikana yhteensä noin 134 tuntia nosturin käyttöaikaa. 5-kerroksisessa standardikohteessa vastaava luku olisi 34 noin tuntia.

Ikkuna-asennus vaihtoehtoisilla pakkaustavoilla

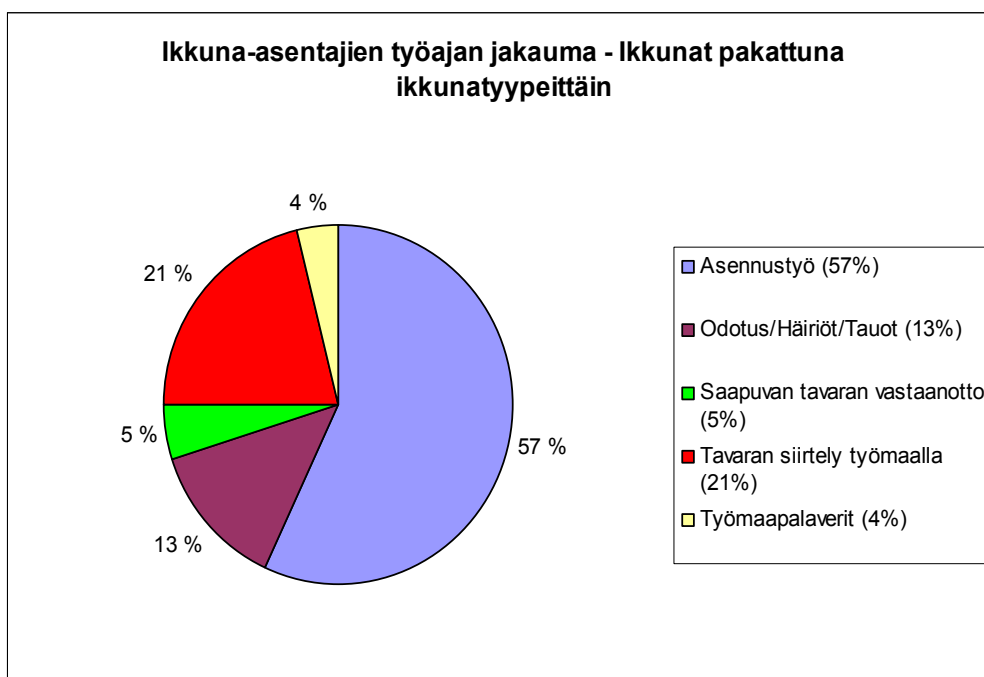
Erilaisten pakkaustapojen tuottavuusvaikutusten havainnollistamiseksi pilottityömaalla seurataan kahden päällekkäisen kerroksen ikkuna-asennusta. Toiseen kerrokseen tulevat ikkunat on pakattu ikkunatyypeittäin ja toiseen huoneistoittain. Kellottamalla yhden kerroksen ikkunoiden asentamiseen menevä aika, voidaan vertailla asennuksen vaatimaa kokonaisaikaa, sekä asennustyön tuottavuutta. Kellotus toteutetaan samalla menetelmällä kuin nykytilan tutkimuksen yhteydessä tehdyt ammatti- ja apumiesten työn tuottavuuden mittaukset. Ikkunoita asentaa kahden ammattimiehen ryhmä, ja he asentavat yhteen kerrokseen yhteensä 26 ikkunaa ja 6 parvekeovea.

Taulukossa 6-7 esitetään vertailu yhden kerroksen ikkuna-asennuksen vaatimasta ajasta, kun toiseen kerrokseen ikkunat toimitettiin pakattuna ikkunatyypeittäin ja toiseen huoneistoittain. Kun ikkunat oli toimitettu tyypeittäin, yhden kerroksen asennus saatiin valmiiksi 560 minuutissa, eli 9 tunnissa ja 20 minuutissa. Kun ikkunat oli pakattuna huoneistoittain, asennus vaati aikaa ainoastaan 460 minuuttia, eli 7 tuntia ja 40 minuuttia. Jälkimmäisessä tapauksessa asennus oli siis 18 % nopeampaa.

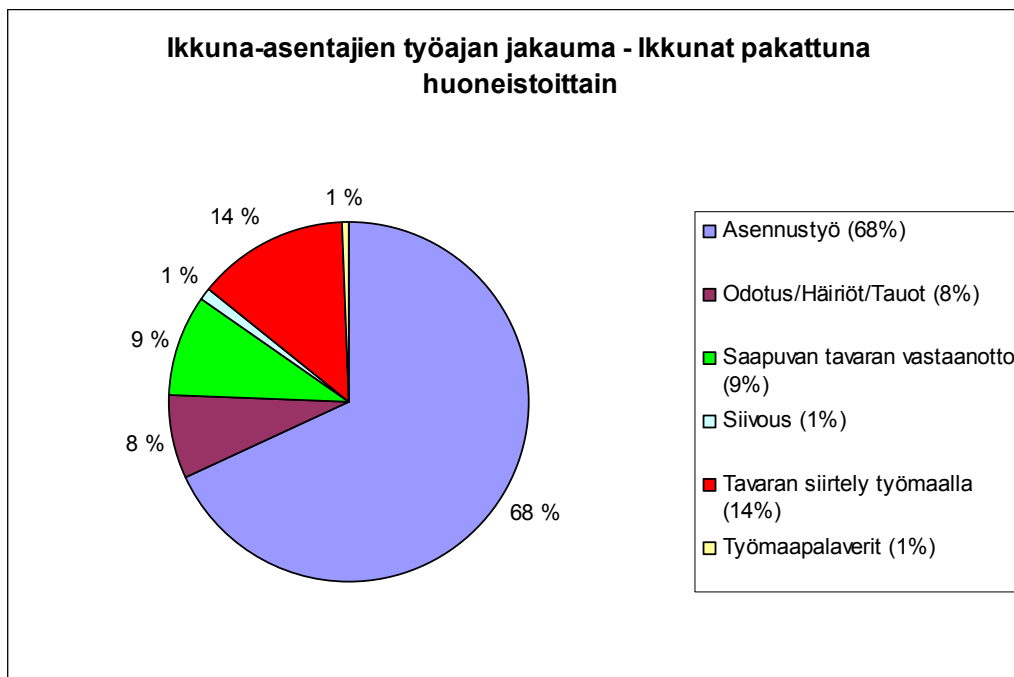
Pakkaustapa	Asennusaika	
Tyypeittäin	9h 20 min	560 min
Huoneistoittain	7h 40 min	460 min
Erotus asennusajassa		100 min

Taulukko 6-6: Yhden kerroksen ikkunoiden asentamiseen kulunut aika vaihtoehdoisilla pakkaustavoilla

Työn tuottavuudessa on selkeä ero myös työajan jakauman perusteella. Kuvat 6-5 ja 6-6 esittävät ikkuna-asentajien työaikojen jakaumat yhden kerroksen ikkuna-asennusten aikana. Kun ikkunat olivat pakattuina tyypeittäin, asentajat käyttivät työajastaan 57 % tuottavaan työhön, eli asennukseen. Materiaalien siirtoihin kului 21 % työajasta. Kun ikkunat olivat pakattuina huoneistoittain, tuottavan työn osuus oli 68 % työajasta ja materiaalien siirtojen ainoastaan 14 %.



Kuva 6-6: Ikkuna-asentajien työajan jakauma – ikkunat pakattuna ikkunatyypeittäin



Kuva 6-7: Ikkuna-asentajien työajan jakauma – ikkunat pakattuna huoneistoittain

Oheiset tulokset osoittavat selkeästi, miten paljon yksinkertaisella pakkausratkaisulla voidaan vaikuttaa työn tuottavuuteen työmaalla. Yhden kerroksen ikkunoiden asennuksessa saavutettiin esimerkkikohteessa 100 minuutin säästö, mikä tarkoittaisi 5-kerroksisessa standardikohteessa yhteensä 500 minuutin, eli yli kahdeksan tunnin säästöä. Asennuksen sitoessa kaksi ammattimiestä, todellinen säästö olisi siis yli 16 työtuntia keskimääräisessä asuinkerrostalokohteessa. Rahaksi muutettuna tämä tarkoittaisi noin 530 euron säästöä.

Pilottikohteen työnjohdon näkemykset

Pilottikohteen työnjohtoa haastateltiin heidän näkemyksistään toimitustäsmällisyyden kehityksestä pilottikohteessa uusien logistiikkakäytäntöjen myötä, sekä toimitustäsmällisyyden tuottavuusvaikutuksista. Paikalla haastattelussa olivat kohteen vastaava työnjohtaja, yksi vanhempi työnjohtaja sekä yksi työnjohtoharjoittelija, joka toimii työmaan logistiikkavastaavana.

Toimitustäsmällisyys on haastateltavien mielestä ollut pilottikohteessa uusien logistiikkakäytäntöjen myötä selvästi parempaa kuin aiemmissa projekteissa, joissa haastateltavat ovat olleet mukana. Parantunut toimitustäsmällisyys on kohteen työnjohdon mielestä monen asian summa. Suunnitelmallisuus on ollut kohteessa aiempaa parempaa ja tämän koetaan vaikuttaneen myös toimitusten täsmällisyyteen. Logistiikkajärjestelmän

tärkeimmiksi hyödyiksi on koettu tilausten ja toimitusten dokumentointi ja apu tuotannon suunnittelussa. Terminaalien kautta täsmätoimituksina tulevat yhdistelmätoimitukset koettiin selkeästi paremmaksi vaihtoehdoksi kuin se, että vastaavat materiaalit tulisivat suorina yksittäisinä toimituksina.

Haastatteluhetkellä projekti oli vielä pääosin runkorakennusvaiheessa. Ainoastaan aivan alimmissa kerroksissa oli sisävalmistusvaiheen töitä jo aloitettu. Näin ollen tärkeimmät haastattelussa käsitellyt tuottavuusvaikutukset liittyvät elementtiasennuksen tehokkuuteen ja kuormanpurkuihin. Haastateltavat kokivat täsmätoimitusten systemaattisen käytön myötä kuormanpurkujen tehostuvan niin, että torninosturia tarvitaan kuormanpurkuihin vähemmän ja niinpä arvokasta nosturiaikaa vapautuu elementtiasennukseen. Jälleen kerran haastateltavat korostivat huolellisen ennakkosuunnittelun tärkeyttä elementtiasennuksen tehokkuudelle. Haastatteluhetkellä pilottikohde oli viikon edellä alkuperäistä rakennusaikataulua, joten kohteen elementtiasennuksen voi tämänkin valossa sanoa olleen tehokasta. Elementtiasennuksen tehokkuuden lisäksi positiivisena asiana nähtiin sisäisten siirtojen väheneminen ja tämän myötä myös hävikin pieneneminen. Haastateltavien mukaan tämä on näkynyt konkreettisesti siinä, että on ollut mahdollista tilata aiempaa tarkempia määriä materiaaleja, kun hävikkiin ei tarvitse varautua samalla tavalla kuin aiemmin.

Käsiteltäessä toimitustäsmällisyyteen vaikuttavia tekijöitä, keskeiseksi seikaksi nousi luotettavan tuotannon ja toimitustäsmällisyyden välinen yhteys. Molemmat vaikuttavat toisiinsa ja hyviä tuloksia ei voida saavuttaa keskittymällä vain toiseen. Haastateltavien näkemys tukee luvussa 5.1. esitettyä mallia. Työmaan vaikutusmahdollisuuksien arvioitiin liittyvän ennen kaikkea materiaalarvesuunnitteluun sekä aikataulutukseen. Tiukemman aikataulun uskotaan olevan enemmän hyödyksi toimitustäsmällisyydelle kuin löysän, sillä tiukka aikataulu pakottaa suunnittelemaan paremmin. Myöhästyneistä toimituksista toimittajille aiheutuvia sanktioita ei pidetty parhaana mahdollisena ratkaisuna, vaan uskottiin enemmänkin positiivisella tavalla toimiviin kannustimiin. ”Mieluummin porkkanaa kuin keppiä”. Rakennusprojektin logistiseen haasteellisuuteen vaikuttavista tekijöistä tärkeimpinä nousivat esille tontin koko ja sijainti. Pienen tontin käänköpuolena nähtiin se, että pieni tontti pakottaa huolelliseen ennakkosuunnitteluun, kun tilaa varastoinnille ei ole. (Kirjalainen, Jakobsson & Virkki, haastattelu 1.9.2009)

6.3. Case yhteenveto

Tutkimuksen tulokset olivat osittain odotettua parempia nykytilan suhteen, mutta osoittavat kuitenkin tarpeen tehokkaammille logistiikkakäytännöille. Tutkimuksen mukaan seuratut apumiehet käyttivät työmaan sisäiseen logistiikkaan noin 22 % työajastaan ja ammattimiehet vastaavasti hieman alle 10 %. Vastaavasti tuottavaan työhön apumiehet käyttivät noin 43 % ja ammattimiehet 63 % työajastaan. Havainnoituissa kuormien purkutapahtumissa tehokkuus oli huomattavasti alhaisemmalla tasolla. Huomionarvoista on, että noin 70 % ajasta, jonka autot viettivät työmaalla, kului odotteluun ja auton siirtelyyn. Taustalla on monia syitä, mutta keskeisimpänä varmasti se, että toimitusaikoja ei sovita riittävän tarkasti ja toimitustäsmällisyys ei ole hyvällä tasolla. Kun toimitusaikoja ei pystytty arvioimaan riittävän tarkasti, kuormanpurkuihin oltiin usein huonosti valmistautuneita. Joko sopiva purkupaikka oli varattuna toista kuormaa varten tai purkua varten tarvittavat työntekijät varattuna muita työtehtäviä varten.

Työmaatoimihenkilöille suunnattu kysely osoitti tarpeen toimitustäsmällisyyden kehittämiseksi. 58 % vastaajista totesi noin joka viidennen toimituksen myöhästyvän ja 12 % vastasi joka toisen tai useamman myöhästyvän. Liian aikaisin saapuvia toimituksia ei koettu aivan yhtä yleiseksi kuin myöhästyviä: Noin 83 % vastaajista oli sitä mieltä, että joka kymmenes toimitus saapuu työmaalle liian aikaisin. Toimitustäsmällisyyden lisäksi toimihenkilöille suunnatussa kyselyssä esiin nousivat ongelmat varastoinnissa ja sisälogistiikassa.

Uusia logistiikan toimintamalleja on testattu pilottityömaana toimivalla keskimääräistä suuremmalla Skanska Oy:n asuinkerrostalotyömaalla. Työmaalla on käytössä työmaan tulologistiikan hallintaan tarkoitettu logistiikkajärjestelmä, terminaalien kautta yhdistelmäkuormina toimitettavat täsmätoimitukset, sekä aiemmin tutkielmassa esitelty pientarvikevarasto. Lisäksi työmaalla käytetään Skanskalla kehitettyjä tuotannon ohjaukseen ja suunnitteluun tarkoitettuja luotettavan tuotannon työkaluja. Pilottityömaalta kerättiin kvantitatiivista dataa, jonka avulla on toteutettu kaksi erilaista täsmätoimitusten hyötyjä ja kannattavuutta arvioivaa laskelmaa. Lisäksi kvantitatiivista dataa kerättiin seuraamalla ikkunoiden asennustyötä kahdessa eri kerroksessa, joihin ikkunat oli toimitettu eri tavalla pakattuna. Pilottityömaan työnjohtoa haastatteleamalla selvitettiin toimitustäsmällisyyden kehittymistä uusien käytäntöjen myötä, sekä toimitustäsmällisyyden vaikutuksia työmaan toimintaan.

Toteutetun laskelman mukaan terminaalien kautta yhdistelmäkuormina toimitettavat täsmätoimitukset säästävät työmaalla kuormien käsittelyaikaa riittävästi, jotta terminaalista

aiheutuvat lisäkustannukset saadaan katettua. Kuljetuskustannukset kokonaisuudessaan ovat terminaalitoimintamallissa hieman perinteisiä suoria toimituksia suuremmat, mutta vähentyvän materiaalien käsittelyajan ansiosta säästettävät palkkakustannukset tekevät terminaalitoiminnasta kannattavan.

Tehokkaampien kuormanpurkujen lisäksi täsmätoimitukset vaikuttavat tuottavuuteen vapauttamalla torninosturin käyttöaikaa esimerkiksi elementtiasennukseen. Juuri elementtiasennuksen näkökulmasta torninosturi on kriittinen resurssi, ja voi jopa sanoa, että nosturi määrää elementtikerrostalon rungon asennustahdin. Tutkielmassa esitetyn laskelman mukaan täsmätoimitukset vapauttavat pilottikohteen kaltaisessa 21-kerroksisessa asuinkerrostalokohteessa yhteensä noin 134 tuntia nosturin käyttöaikaa ja kohdeyrityksen keskimääräisessä asuinkerrostalokohteessa (viisi kerrosta, kerrosala vastaava kuin pilottikohteessa) noin 34 tuntia. Vapautuva nosturiaika muodostuu kahdesta osasta. Ensinnäkin, täsmätoimitukset puretaan suoraan autosta holville, toisin kuin suora toimitukset, jotka useimmiten joudutaan nostamaan ensin pihalle välivarastoon. Lisäksi terminaalissa usein yhdistellään nippuja ja lavoja valmiiksi, joten nostokertojen määrä on pienempi. Toki työmaallakin voitaisiin tämä yhdistely tehdä, mutta siihen kuluisi arvokasta aikaa. Nippujen ja lavojen yhdistelyn ansiosta nosturiaikaa vapautuu sitä enemmän, mitä pidempiä nostoajat ja –etäisyydet ovat.

Työmaan näkökulmasta materiaalien pakkausratkaisulla on myös merkitystä työn tehokkuudelle. Tämän havainnollistamiseksi pilottityömaalla seurattiin ikkuna-asennusta kahdessa eri kerroksessa, joista toiseen ikkunat toimitettiin ikkunatyypeittäin pakattuna ja toiseen huoneistoittain. Ennako-oletuksen mukaisesti ikkunoiden ollessa pakattuna huoneistoittain materiaalien siirtoihin kului selvästi vähemmän aikaa, ja näin ollen yhden kerroksen ikkunoiden asentamiseen vaadittiin noin 100 minuuttia vähemmän aikaa, kuin vaihtoehtoisella pakkaustavalla. Myös tuottavan työn suhteellinen osuus koko työajasta oli noin 10 % suurempi, kun ikkunat oli pakattu huoneistoittain.

Pilottikohteen työnjohto koki toimitustäsmällisyyden olleen uusien logistiikkakäytäntöjen myötä selvästi parempaa, kuin aikaisemmissa kohteissa, joissa henkilöt ovat olleet mukana. Haastateltavat korostivat kuitenkin, että hyvä toimitustäsmällisyys on monen asian summa. Suunnitelmallisuus on ollut kohteessa aiempaa parempaa ja tämän koetaan vaikuttaneen myös toimitusten täsmällisyyteen. Logistiikkajärjestelmän tärkeimmiksi hyödyiksi koettiin tilausten ja toimitusten dokumentointi ja apu tuotannon suunnittelussa. Terminaalien kautta täsmätoimituksina tulevat yhdistelmätoimitukset koettiin selkeästi paremmaksi vaihtoehdoksi kuin se, että vastaavat materiaalit tulisivat suorina yksittäisinä toimituksina.

Työnjohdon näkemyksen mukaan täsmälliset materiaalityömitukset ovat näkyneet positiivisesti työmaan toiminnassa. Tutkielman empiirisessä osiossa esitetyn laskelman tavoin, työnjohdon mukaan täsmätoimitusten systemaattisen käytön myötä kuorman purut ovat olleet tehokkaampia ja näin torninosturin aikaa on vapautunut elementtiasennuksen käyttöön. Huolellisen suunnittelun roolia korostettiin tässäkin asiassa. Elementtiasennuksen lisäksi hyötyjä nähtiin sisäisten siirtojen vähenemisessä ja sitä kautta myös hävikin pienenemisessä.

Tutkielman kohdeyritykselle Skanska Oy:lle voi suositella valittujen logistiikkaratkaisujen laajempaa käyttöönottoa ja jatkojalostusta. Pilottityömaalla saavutetut tulokset ovat rohkaisevia, ja yrityksen tulisikin jatkossa keskittyä entistä enemmän toiminnan eri osa-alueiden tehokkuuden mittaamiseen. Huonon toimitustäsmällisyyden taustalla vaikuttavista syistä osa on organisaationlaajuisia ja osa projektikohtaisia. Yksi esimerkki organisaationlaajuisesta ongelmasta onkin juuri se, että tällä hetkellä toimitustäsmällisyyttä ei mitata systemaattisesti, mihin logistiikkajärjestelmän käyttöönotto tarjoaa ratkaisumahdollisuuden. Kun toimitustäsmällisyydestä saadaan laajemmassa mittakaavassa vertailukelpoista ja yksiselitteistä kvantitatiivista dataa, on helpompaa lähestyä projektikohtaisia syitä toimitustäsmällisyyden taustalla.

Koska täsmällisistä materiaalityömituksista saadaan täysi hyöty irti vasta, kun työmaan sisäinen toiminta on riittävä laadukkaalla tasolla, myös työmaan sisäisen tehokkuuden mittaamiseen tulisi jatkossa panostaa enemmän. Organisaationlaajuinen tuottavuusmittariston kehittäminen olisi siis tulevaisuudessa kannattavaa. Toiminnan eri osa-alueiden mittaamisen ja seurannan lisäksi tulisi edistää avointa tiedon jakamista yrityksen sisällä. Näin esimerkiksi yksittäisessä projektissa kohdatut logistiset haasteet olisi mahdollista ottaa uusissa projekteissa jo suunnitteluvaiheessa huomioon.

7. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tämän tutkielman tavoitteena on ollut selvittää toimitustäsmällisyyteen vaikuttavia tekijöitä, sekä millaisia mahdollisuuksia ja konkreettisia keinoja rakennusliikkeellä on vaikuttaa tavarantoimittajien toimitustäsmällisyyteen, joko yksin tai yhteistyössä toimittajien kanssa. Lisäksi tavoitteena on ollut selvittää millainen vaikutus toimitustäsmällisyydellä on rakennustyömaan tuottavuuteen. Tässä luvussa esitellään tutkielman keskeisimmät tulokset, sekä tuloksista esiin nousevat johtopäätökset. Luvun lopussa annetaan ehdotuksia tutkielman teon aikana esiin nousseista potentiaalisista jatkotutkimusaiheista.

7.1. Teoreettiset tulokset

Logistiikan hallinta rakennusalalla on moniin muihin toimialoihin verrattuna kehittymätöntä. Materiaalitoimitusten täsmällisyys on yksi keskeisimmistä ongelmista. Huono toimitustäsmällisyys näkyy rakennustyömaalla monella tavalla, ja siitä kärsivät kaikki rakentamisen osapuolet. Myöhästyneet toimitukset aiheuttavat tuotantokatkoksia, jotka saattavat pahimmillaan saada aikaan koko projektin aikataulun pettämisen, mutta myös liian aikaisin työmaalle saapuvat toimitukset ovat ongelmallisia. Työmaan varastointitila on rajallinen ja varastoituja materiaaleja joudutaan usein siirtelemään paikasta toiseen. Siirrot lisäävät materiaalien vahingoittumisen riskiä ja siirtoihin kuluva aika on suoraan pois rakennushenkilöstön tuottavasta työstä.

Toimitustäsmällisyys määritellään toimittajan kyvyksi toimittaa oikea tuote, oikeaan paikkaan, sovitun aikaikkunan sisällä tai täsmällisesti sovittuna aikana. Vaikka toimitustäsmällisyys määritellään toimittajan toiminnan kautta, tulisi se nähdä kaikkien toimitusketjun osapuolten yhteisenä, eikä yksin tavarantoimittajan vastuuna. Kirjallisuudessa on todettu toimitustäsmällisyydellä olevan yhteys tuottavuuteen ja varastojen määrään tuotantoprosesseissa.

Toimitustäsmällisyyden taustalla on sekä rakenteellisia että operationaalisia seikkoja, jotka tekevät sen hallinnasta haasteellista. Rakenteelliset seikat, kuten toimitusketjujen rakenteellinen monimutkaisuus tai rakennusprojektin logistinen haasteellisuus ovat vaikeammin hallittavissa. Kehitysmahdollisuuksia tulisikin ensisijaisesti etsiä asiakkaan ja tavarantoimittajan välisestä yhteistyöstä.

Tiedonvälitys on yksi keskeisimmistä toimitusketjun tehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä ja samalla myös tärkeä edellytys hyvän toimitustäsmällisyyden saavuttamiselle.

Rakennusteollisuuden toimitusketjujen tiedonvälityksessä on paljon kehittämistä, mikä ilmenee esimerkiksi siinä, että suurin osa rakennusliikkeiden tilauksista tapahtuu edelleen puhelimen, sähköpostin ja osittain faksin avulla, vaikka varsinkin suuret rakennusyrietykset ovat ottaneet käyttöön yrityskohtaisia hankintajärjestelmiä ja niihin liittyviä tilausjärjestelmiä. Vasta systemaattinen tietojärjestelmien käyttö mahdollistaa logistiikan tunnuslukujen - kuten toimitustäsmällisyyden – jatkuvan seurannan ja mittaamisen. Seuranta ja mittaaminen puolestaan luovat pohjan kehitykselle.

Tiedonvälitys luo pohjan toimitustäsmällisyyden kehittämiseksi, mutta se ei yksin riitä. Heikon toimitustäsmällisyyden taustalla vaikuttavat moninaiset ongelmat vaativat myös erilaisia ratkaisumalleja. Huono toimitustäsmällisyys saattaa esimerkiksi johtua asiakkaan ja toimittajan erilaisista tavoista mitata toimitustäsmällisyyttä, tai siitä että osapuolilta puuttuvat riittävät kannustimet toiminnan kehittämiseksi. Molemmissa tapauksissa toimitustäsmällisyyden kirjallinen määrittely osaksi sopimuksia, sekä mittaaminen ja seuranta auttavat lisäämään molempien osapuolten tietoisuutta toimitustäsmällisyyden tärkeydestä. Kannustimien puutteeseen voidaan puuttua ottamalla käyttöön sanktiojärjestelmä, jolloin toimittaja joutuu hyvittämään aikaikkunan ulkopuolella tulevia toimituksia. Tällöin on kuitenkin ymmärrettävä myös tilaajan vastuu, eli onko asiakas tilannut ajoissa ja antanut riittävät tiedot toimittajalle. Sanktiojärjestelmää tulisikin käyttää harkiten.

Kun huonon toimitustäsmällisyyden taustalla vaikuttavat esimerkiksi toimitusketjun rakenteellinen monimutkaisuus, toimittajien suuri lukumäärä tai prosessien luonnollinen vaihtelu, tarvitaan erilaisia ratkaisumalleja. Eräkökojen pienentäminen ja yhdistelmätoimitukset ovat hyvä vaihtoehto mainittujen ongelmien hallitsemiseen. Jo pelkästään työmaiden rajallisen varastointitilan vuoksi pienemmät toimituserät ovat toivottavia, mutta pienempien erien on myös todettu vaikuttavan positiivisesti toimitustäsmällisyyteen. Valmistajien ja tavarantoimittajien intresseissä on kuitenkin mahdollisimman suuret kuormien täyttöasteet kustannustehokkuuden saavuttamiseksi, eivätkä rakennusliikkeetkään luonnollisesti ole halukkaita maksamaan puolillaan olevista kuormista. Terminaalin tai logistiikkakeskuksen kautta toimitettavat yhdistelmätoimitukset mahdollistavat molempien osapuolten intressien huomioimisen. Terminaaliin voidaan kuljettaa valmistajilta täysiä kuormia, joista terminaalissa yhdistellään pieniä eriä useita eri materiaaleja yhdeksi yhdistelmäkuormaksi. Rakennusliikkeen näkökulmasta suurin haaste terminaalitoiminnan laajamittaiselle käyttönotolle on riittävän suuren volyymin saavuttaminen, eli riittävän monen työmaan saattaminen terminaalin piiriin.

Tuotannon lopulliseen laatuun vaikuttavat sekä yrityksen sisäiset prosessit, että ulkoiset prosessit, kuten esimerkiksi saapuvat materiaalitoimitukset. Lopullisen laadun voidaan ajatella muodostuvan sisäisten ja ulkoisten prosessien laadun summana, ja toisaalta tietyt sisäiset ja ulkoiset prosessit vaikuttavat toistensa laatuun. Myös rakennusprojektin täsmällisen etenemisen kokonaisuudessaan voidaan ajatella muodostuvan materiaalitoimitusten täsmällisyydestä (ulkoinen laatu), sekä työmaan tuotannon luotettavuudesta (sisäinen laatu). Hyvästä toimitustäsmällisyydestä ei saada maksimaalista hyötyä irti, jos työmaan sisäinen toiminta ei ole riittävän laadukasta. Toisaalta on myös mahdollista, että työmaalla olisi muuten edellytykset tuotannon etenemiseen luotettavasti aikataulun mukaan, mutta epätasälliset toimitukset heikentävät tuotannon tehokkuutta. Tutkielmassa esitetyn mallin (kuva 5-1) tarkoitus on auttaa hahmottamaan rakennusprojektin prosessien laatua kahdella eri dimensiolla, ja näin auttaa kohdistamaan tarvittavat kehitystoimenpiteet paremmin.

Rakennusprojektit eroavat toisistaan haasteellisuuden suhteen, minkä vuoksi eri projekteilla on erilaisia tarpeita myös logistiikan suhteen. Asuin- ja toimitilarakentamisessa on omat ominaispiirteensä, minkä lisäksi rakennustyyppin ja toimintatapojen standardoinnin aste vaikuttaa haasteellisuuteen. Jos rakennettavan kohteen tyyppi on projektiryhmälle entuudestaan tuttu ja toimintatavat pitkälle standardisoituja, on sen toteuttaminen helpompaa, kuin täysin uudenlaisen rakennuskohteen. Erityisesti logistiikan näkökulmasta projektin haasteellisuuteen vaikuttavat tontin koko ja sijainti.

Mitä haasteellisemmasta projektista on kyse, sitä enemmän siihen liittyy epävarmuutta, ja sitä todennäköisempiä yllättävät muutokset rakennusaikataulussa ovat. Yllättävät muutokset rakentamisen etenemisessä luovat tarpeen joustaville toimituksille. Aikataulussa tapahtuvan muutoksen vuoksi työmaan näkökulmasta saattaa olla suotavaa siirtää jo ennalta sovittua toimitusta aikaisemmaksi tai myöhemmäksi. Vapaana olevan varastointitilan vaihtuvuuden johdosta työmaalla voi ajoittain olla tarvetta tilata standarditoimituseristä poikkeavia määriä.

Rakennustyömaalle saapuvien materiaalitoimitusten täsmällisyyden kehityksessä keskeisessä asemassa ovat työmaan oman tuotannon luotettavuus ja huolellinen tuotannon suunnittelu. Tässä tutkielmassa esitetyt toimenpiteet - kuten tiedonvälityksen ja tietojärjestelmien kehittäminen, aikaikkunat, sekä eräkokojen pienentäminen – saavuttavat todellisen hyötynsä vain jos rakennustyömaan toiminta on riittävän laadukkaalla tasolla. Tutkielmassa esitetyt mallit (ks. luvut 5.1. ja 5.3.) auttavat arvioimaan yksittäisen rakennusprojektin toiminnan tehokkuutta projektin aikana (5.1.) ja arvioimaan tarvittavia logistiikkaratkaisuja jo projektin suunnitteluvaiheessa (5.3.). Taustalleen mallit vaativat selkeitä mittaus- ja seurantajärjestelmiä

sisäisen ja ulkoisen tehokkuuden määrittelemiseksi, sekä yhteisiä käytäntöjä projektin logistisen haasteellisuuden arviointiin.

7.2. Empiiriset tulokset

Tutkielman teoreettisessa osiossa esitetyistä toimintamalleista Skanska Oy:n pilottityömaalla on testattu tiedonvälityksen kehittämistä (logistiikkajärjestelmä), sekä terminaalitoimituksia. Terminaalin kautta toimitettaville täsmätoimituksille on myös sovittu tarkka toimitusaika. Kohdeyrityksen logistiikan nykytilan selvityksessä esiin nousseiden ongelmien valossa valitut toimintamallit ovat perusteltuja. Kuormien purkutapahtumia seurattaessa ongelmat tiedonvälityksessä olivat selvästi havaittavissa. Monet kuormat vaikuttivat tulevan työmaalle yllättäen, ja näin ollen niiden vastaanottamiseen ei oltu riittävästi valmistautuneita. Kyselyyn vastanneet työmaatoimihenkilöt nostivat myös esiin väljästi sovitut toimitusajat ongelmana, mikä tukee tarkempien toimitusaikojen käyttöä ratkaisumallina.

Kerätyn empiirisen aineiston perusteella uudet toimintamallit ovat osoittautuneet pilottityömaalla toimiviksi. Luvussa 5.1. esitetyn mallin avulla arvioiden voi todeta, että tutkimuksen kohteena olevalla työmaalla sekä toimitusten täsmällisyys, että oman tuotannon täsmällisyys on hyvällä tasolla. Yksittäisen osa-alueen vaikutusta kokonaisuuden tehokkuudelle on kuitenkin hankala arvioida. Tämä vaatisi kaksi identtistä työmaata, joilla olisi erilaiset toimintamallit käytössä. Kohteen työnjohton haastattelulla kerätty aineisto koostuu luonnollisesti asianomaisten subjektiivisista näkemyksistä, mutta kahdesta syystä niille voi asettaa varsin paljon painoarvoa. Sama projektiryhmä on ensinnäkin aiemmin ollut rakentamassa hyvin paljon pilottikohteen kaltaista monikerroksista asuinkerrostaloa, jossa ei ollut vastaavia logistiikkaratkaisuja käytössä. Työnjohto koki jo tässä aiemmassa kohteessa onnistuneensa tuotannon suunnittelussa ja ohjauksessa erinomaisesti, mutta uudessa kohteessa logistiikkaratkaisut ovat mahdollistaneet toiminnan tehostamisen vielä pidemmälle. Lisäksi kyseinen projektiryhmä on saanut tunnustusta tämän aikaisemman kohteen erinomaisesta toteutuksesta.

Luvussa 5.3. on esitetty malli, joka havainnollistaa rakennusprojektin haasteellisuuden ja materiaalityömaalla tarvittavan joustavuuden suhdetta. Tutkielman empiirisen tutkimuksen kohteena olleet projektit ovat kaikki hyvin samankaltaisia ja kokoaan lukuun ottamatta melko tyypillisiä kohdeyrityksen asuinkerrostalokohteita pääkaupunkiseudulla. Haasteellisuutta jokaisessa kolmessa projektissa on lisännyt tontin koko ja sijainti. Erityisesti uusia toimintamalleja testaavan pilottikohteen tontti on rakennuksen kokoon nähden hyvin pieni ja se sijaitsee ruuhkaisten liikenneväylien varrella. Terminaalin käyttö on kuitenkin

mahdollistanut tietynasteisen joustavuuden toimituksissa, sillä materiaalien saavuttua valmistajilta terminaaliin, täsmätoimitusten kotiinkutsu on mahdollista tehdä tuotannon etenemisen mukaan.

Tutkimuksen kohteena olleen projektin rakennusaikataulusta johtuen, toimitusten täsmällisyydestä saatiin tietoa ainoastaan terminaalin kautta toimitettavista täsmätoimituksista. Täsmätoimitukset ovat olleet toimitustäsmällisyydeltään perinteisiä suoria toimituksia selvästi paremmalla tasolla. Täsmätoimitusten kuuluu toki jo nimensäkin perusteella olla täsmällisiä, mutta oleellista on, että niille sovitaan tarkka toimitusaika ja niitä on käytetty tutkimuksessa projektissa systemaattisesti ja näin saadut kokemukset ovat positiivisia. Näin ollen uusien logististen toimintamallien voidaan sanoa parantaneen toimitustäsmällisyyttä tarkkaillun kohteen osalta.

Tutkielman tutkimushypoteesin mukaan *parantunut toimitustäsmällisyys näkyy positiivisesti työmaan tuottavuudessa, ja toisaalta vähentää työmaalla pidettävien varastojen tarvetta.* Tuottavuusvaikutuksista on esitetty kolme erilaista mitattuun kvantitatiiviseen dataan perustuvaa laskelmaa, jotka todentavat hypoteesin tuottavuuden osalta. Koska rakennustyömailla ei ole varaston hallintaan ja seurantaan tarkoitettua järjestelmää, varastoista ei ole ollut mahdollista hankkia kvantitatiivista dataa, mutta työnjohdon näkemys oli, että varastojen tarve on ollut tutkimuksessa kohteessa normaalia pienempi.

Tutkielman tulosten yleistettävyyden suhteen on oltava varovainen rakennustuotannon luonteen vuoksi, sillä jokaisella projektilla on omat logistiset haasteensa. Tutkimuksen kohteena ollut työmaa on kuitenkin kokoansa lukuun ottamatta melko tyypillinen Skanska Oy:n asuinkerrostalokohde pääkaupunkiseudulla, joten ainakin samanlaisissa kohteissa vastaavien logistiikkaratkaisujen voi olettaa tuottavan hyvät tulokset. Esimerkiksi terminaalitoiminnasta saatavat hyödyt ainoastaan kasvavat, kun terminaali palvelee useampaa työmaata samanaikaisesti, ja suurten volyymien ansiosta saavutetaan kustannustehokkuutta.

7.3. Johtopäätökset

Tutkimus osoittaa, että toimitustäsmällisyyteen on mahdollista vaikuttaa rakennustuotannossa samoilla keinoilla, joita monet muut toimialat ovat jo pidempään tehokkaasti hyödyntäneet. Olennaista on kuitenkin ymmärtää työmaan oman tuotannon luotettavuuden rooli toimitusten täsmällisyydessä. Toimitustäsmällisyyden kehitystoimenpiteiden tavoitteena on, että materiaalit saapuvat työmaalle silloin kuin niitä tarvitaan. Jos työmaan oma tuotanto ei etene suunnitellun mukaisesti, ei täsmällisistä toimituksista saada maksimaalista hyötyä.

Tutkielmassa esitetyn mallin (luku 5.1.) mukaisesti projektin täsmällinen eteneminen ja tuottavuus vaativat taustalleen täsmälliset materiaalitoimitukset sekä luotettavan tuotannon.

Tutkimustulosten perusteella toimitustäsmällisyyden tuottavuusvaikutukset rakennustyömaalla kiteytyvät pullonkaularesurssien tehokkaampaan käyttöön. Sekä henkilötyövoima, että konekapasiteetti – kuten esimerkiksi torninosturi - ovat kriittisiä resursseja, joiden osalta odottelu ja turhat materiaalien siirrot tulisi pyrkiä minimoimaan. Täsmälliset materiaalitoimitukset poistavat myöhästymisistä johtuvat tuotantokatkokset sekä liian aikaisten toimitusten aiheuttaman varastoinnin. Kuormanpurkujen tehostumisesta hyötyvät sekä toimittaja, että työmaa. Työntekijät voivat valmistautua kuormien purkamiseen helpommin, kun sovittuihin toimitusaikoihin voidaan luottaa, eikä kuormia tarvitse odotella tai keskeyttää muita töitä yllättäen saapuvan kuorman vuoksi. Materiaalien toimittajan ei myöskään tarvitse odotella työmaalla purkuihin vaadittavaa henkilöstöä, kun toimitukset saapuvat työmaalle ajallaan.

Yhtenä rakennustuotannon logistiikan keskeisimpänä haasteena ja erona muihin toimialoihin nähdään usein se, että jokainen rakennusprojekti on uniikki. Osittain tämä pitääkin varmasti paikkansa, mutta keskittyminen pelkästään tähän oletettuun ainutlaatuisuuteen saattaa myös toimia kehityksen jarruna. Yhtäläisyyksien etsiminen projekteista ja niiden sisäisistä prosesseista auttaisi hahmottamaan yleisimpiä ongelmia ja kriittisiä tekijöitä. Tämä taas mahdollistaisi projektien luokittelun esimerkiksi niiden haasteellisuuden ja erilaisten logististen tarpeiden perusteella. Lienee selvää, että samanlaiset logistiikkaratkaisut eivät voi toimia kaikissa rakennusprojekteissa. Tämän vuoksi uusien logistiikkaratkaisujen tehokkaan hyödyntämisen edellytyksenä on, että tunnistetaan ennen projektien aloittamista millaiset käytännöt kullekin projektille parhaiten soveltuvat.

7.4. Ehdotuksia jatkotutkimusaiheiksi

Rakennustyömaan sisäisessä toiminnassa on paljon eri osa-alueita, joiden tehokkuutta olisi mielenkiintoista tutkia. Tietojärjestelmien ja mittaamistekniikoiden ja –käytäntöjen kehittyessä esimerkiksi toimitustäsmällisyyden ja sisälogistiikan suhteen selvittämisestä olisi varmasti hyötyä rakennusteollisuudelle. Kuinka paljon sisäiset siirrot ja varastojen määrä vähenevät toimitustäsmällisyyden kehittyessä?

Tutkielman 5. luvussa esitettiin malli, jonka mukaan rakennusprojektin täsmällinen eteneminen muodostuu sisäisten ja ulkoisten prosessien summana. Tätä näkemystä voisi laajentaa tutkimalla onko toisella osa-alueella määräävä asema toiseen: Miten paljon esimerkiksi hyvällä tuotannon ohjauksella voidaan parantaa toimitustäsmällisyyttä?

Kuten jo aiemmin mainittiin, toiminnan eri osa-alueiden mittaaminen ja seuranta on rakennusteollisuudessa suuri haaste. Tähän kannattaisikin tulevaisuudessa panostaa enemmän. Teoreettisella tasolla voisi tarkastella mitkä ovat ne keskeiset muuttujat, jotka vaikuttavat rakennustyömaan tuottavuuteen ja miten niitä tulisi mitata. Tämä loisi vahvaa pohjaa toiminnan kehittämiseksi tulevaisuudessa.

LÄHTEET

Kirjallisuus

Ballard, G. & Howell, G. (1995) "Toward construction JIT", *Proceedings of 1995 ARCOM conference*

Cohen, S. & Rousset, J. (2004) *Strategic Supply Chain Management*, McGraw-Hill Professional, 338 s.

Corbett, L. M. (1992) "Delivery Windows – A New View on Improving Manufacturing Flexibility and On-Time Delivery Performance", *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 33, No. 3, s. 74-79.

Craig, N & Sommerville, J. (2006) "Information management systems on construction projects: Case reviews", *Records Management Journal*, Vol. 16, No 3, s.131-148.

Flanagan, G. (2006) "Logistics matter", *Contract Journal*, 26.4.2006, s. 14.

Grout, J.R. (1998) "Influencing a Supplier Using Delivery Windows: Its Effect on the Variance of Flow Time and On-Time Delivery", *Decision Sciences*, Vol. 29, No. 3, s. 747-764.

Handfield, R. B. & Pannesi R. T. (1992) "An empirical study of delivery speed and reliability", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 12, No. 2, s. 58-72

Horman, M. J. & Thomas, H. R. (2005) "Role of inventory buffers in construction labor performance", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 131, No. 7, s. 834-843.

Kiviniemi, M., Sulankivi, K. & Tikkanen, A. (2008) *Talonrakentamisen toimitusketjun tehostaminen tietotekniikan avulla*, VTT, 19.11.2008, 132 s.

Klassen, R. D. & Menor, L. J. (2007) "The process management triangle: An empirical investigation or process trade-offs", *Journal of Operations management*, Vol. 25, No. 5, s. 1015-1034.

Kumar, A. & Sharman, G. (1992) "We love your product, but where is it?", *Sloan Management Review*, Vol. 33, No. 2, s. 93-99.

Lee, H. L., Padmanabhan, V. & Whang, S. (1997) "Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect", *Management Science*, Vol. 43, No. 4, s. 546-558.

Lee, H. L., So, K. C. & Tang, C. S. (1997) "The Value of Information Sharing in a Two-Level Supply Chain", *Management Science*, Vol. 46, No. 5, s. 626-643.

Logistiikkaselvitys 2009, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 11/2009, Liikenne- ja viestintäministeriö, Helsinki, 148 s.

- Mapes, J., Szwejczewski, M. & New, C. (2000) "Process variability and its effect on plant performance", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 20, No. 7, s. 792-808.
- Milgate, M. (2001) "Supply chain complexity and delivery performance: an international exploratory study", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 6, No. 3, s. 106-118.
- Orlo, M. (2005) *Rakennusteollisuuden logististen kustannusten mallintaminen ja toimintamallin valinta*, HKKK, Pro gradu – tutkielma 88 s.
- Rakennustyömaan toimitusten ohjaus, Rakennusteollisuus RT ry:n julkaisu, 16.9.2009, Rakennusteollisuus RT ry.
- Reijonsaari, K. (2004) *Logistisen toimintamallin valinta rakennustuotannossa*, HKKK, Pro gradu – tutkielma 97 s.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. & Simchi-Levi, E. (2003) *Managing the Supply Chain*, McGraw-Hill Professional, 322 s.
- Tagaras, G. & Lee, L. H. (1996) "Economic Models for Vendor Evaluation with Quality Cost Analysis", *Management Science*, Vol. 42, No. 11, s.1531-1543.
- Talvitie, U. (2006) *Työmaan materiaalitoimitusten lyhyen aikavälin ohjausmenettely*, TKK, Licensiaatin työ 84 s.
- Tanskanen, K., Holmström, J., Elfving, J. & Talvitie, U. (2009) "Vendor-managed-inventory (VMI) in construction", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 58, No. 1, s. 29-40.
- Thomas, R. H., Riley, D. R. & Sanvido, V. E. (1999) "Loss of Labor Productivity due to Delivery Methods and Weather", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 125, No. 1, s. 39-47.
- Van Nieuwenhuyse, I. & Vandaele, N. (2006) "The impact of delivery lot splitting on delivery reliability in a two-stage supply chain", *International Journal of Production Economics*, Vol. 104, No. 2, s. 694-708.
- 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.
- Wegelius-Lehtonen, T., Pahkala, S., Nyman, H., Vuolio, H., & Tanskanen, K. (1996) *Opas rakentamisen logistiikkaan*, Kyriiri Oy, Helsinki, 130 s.
- Yeo, K. T., & Ning J. H. (2006) "Managing uncertainty in major equipment procurement in engineering projects", *European Journal of Operational Research*, Vol. 171, No. 1, s. 123-134
- Zhou, H. & Benton jr., W. C. (2007) "Supply chain practice and information sharing", *Journal of Operations Management*, Vol. 25, No. 6, s. 1348-1365.

Haastattelut

Kammonen Ari, toimitusjohtaja & Rautsiala Pasi, työnjohtaja, Etelä-Suomen Rakennuslogistiikka Oy, Helsinki 6.5.2009

Kirjalainen Timo, vastaava työnjohtaja, Jakobsson Jaakko, työnjohtoharjoittelija & Virkki Ari, vanhempi työnjohtaja, Skanska Talonrakennus Oy, Espoo 1.9.2009

Talvitie Ulla, logistiikkapäällikkö, Skanska Oy, Helsinki, 4.2.2009, 12.8.2009 ja 13.10.2009

Muut lähteet

www.skanska.fi

Ohjausryhmä

Ulla Talvitie, Logistiikkapäällikkö, Skanska Oy, Helsinki

Ari Vepsäläinen, Professori, Helsingin kauppakorkeakoulu

Jukka Kallio, Yliassistentti, Helsingin kauppakorkeakoulu

Liitteet

Liite 1: Työmaatoimihenkilöille suunnattu kysely ajankäytöstä

Vastaa kyselyyn anonymisti. Ilmoita kuitenkin mihin seuraavista ryhmistä kuulut:

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. Työmaapäällikkö / vastaava mestari	8	100,00 %					
	0	0,00 %					
2. Työnjohtaja	20	86,96 %					
	0	0,00 %					
3. Työmaa- / projekti-insinööri	3	13,04 %					
	0	0,00 %					
4. Jokin muu, mikä	0	0,00 %					
Yhteensä	8	100 %					
Yhteensä	23	100 %					

Paljonko viikoittaisesta työajastasi (40 h) kuluu projektin perustusvaiheessa hankintatehtäviin (materiaaliostoihin, sopimuksiin, toimitusehtojen, -aikojen ja -erien sopimiseen liittyvät tehtävät)?

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei yhtään	0	0,00 %					
	1	4,35 %					
2. alle 5% viikoittaisesta työajasta (eli alle 2 tuntia / vko)	3	13,04 %					
	0	0,00 %					
3. 5-10% viikoittaisesta työajasta (eli n. 2 - 4 tuntia / vko)	1	12,50 %					
	8	34,78 %					
4. 10-20% viikoittaisesta työajasta (eli n. 4 - 8 tuntia / vko)	2	25,00 %					
	6	26,09 %					
5. 20-30% viikoittaisesta työajasta (eli n. 8 - 12 tuntia / vko)	1	12,50 %					
	4	17,39 %					
6. 30-40% viikoittaisesta työajasta (eli n. 12 - 16 tuntia / vko)	2	25,00 %					
	1	4,35 %					
7. 40-50% viikoittaisesta työajasta (eli n. 16 - 20 tuntia / vko)	1	12,50 %					
	0	0,00 %					
8. yli 50% viikoittaisesta työajasta (eli yli 20 tuntia / vko)	1	12,50 %					
	0	0,00 %					
Yhteensä	8	100 %					
Yhteensä	23	100 %					

Paljonko viikoittaisesta työajastasi (40 h) kuluu projektin perustusvaiheessa työmaan logistiikan hallintaan (kuormien vastaanottoon ja purkuun työmaalla, sisäisiin siirtoihin ja varastointiin ja jätteiden käsittelyyn liittyvät tehtävät)?

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei yhtään	0	0,00 %					
	1	4,35 %					
2. alle 5% viikoittaisesta työajasta (eli alle 2 tuntia / vko)	1	12,50 %					
	6	26,09 %					
3. 5-10% viikoittaisesta työajasta (eli n. 2 - 4 tuntia / vko)	5	62,50 %					
	5	21,74 %					
4. 10-20% viikoittaisesta työajasta (eli n. 4 - 8 tuntia / vko)	2	25,00 %					
	7	30,43 %					
5. 20-30% viikoittaisesta työajasta (eli n. 8 - 12 tuntia / vko)	0	0,00 %					
	2	8,70 %					
6. 30-40% viikoittaisesta työajasta (eli n. 12 - 16 tuntia / vko)	0	0,00 %					
	1	4,35 %					
7. 40-50% viikoittaisesta työajasta (eli n. 16 - 20 tuntia / vko)	0	0,00 %					
	1	4,35 %					
8. yli 50% viikoittaisesta työajasta (eli yli 20 tuntia / vko)	0	0,00 %					
	0	0,00 %					
Yhteensä	8	100 %					
Yhteensä	23	100 %					

Paljonko viikoittaisesta työajastasi (40 h) kuuluu projektin perustuvaiheessa tuotannon suunnitteluun ja ohjaukseen (työsuunnitelmien laadinta, koordinointi ja valvonta)?

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei yhtään		0 1	0,00 % 4,35 %				
2. alle 5% viikoittaisesta työajasta (eli alle 2 tuntia / vko)		0 1	0,00 % 4,35 %				
3. 5-10% viikoittaisesta työajasta (eli n. 2 - 4 tuntia / vko)		0 1	0,00 % 4,35 %				
4. 10-20% viikoittaisesta työajasta (eli n. 4 - 8 tuntia / vko)		1 6	12,50 % 26,09 %				
5. 20-30% viikoittaisesta työajasta (eli n. 8 - 12 tuntia / vko)		2 3	25,00 % 13,04 %				
6. 30-40% viikoittaisesta työajasta (eli n. 12 - 16 tuntia / vko)		2 1	25,00 % 4,35 %				
7. 40-50% viikoittaisesta työajasta (eli n. 16 - 20 tuntia / vko)		1 6	12,50 % 26,09 %				
8. yli 50% viikoittaisesta työajasta (eli yli 20 tuntia / vko)		2 4	25,00 % 17,39 %				
Yhteensä	8	100 %					
Yhteensä	23	100 %					

Paljonko viikoittaisesta työajastasi (40 h) kuuluu projektin runkovaiheessa hankintatehtäviin (materiaaliostoihin, sopimuksiin, toimitusehtojen, -aikojen ja -erien sopimiseen liittyvät tehtävät)?

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei yhtään		0 1	0,00 % 4,35 %				
2. alle 5% viikoittaisesta työajasta (eli alle 2 tuntia / vko)		0 1	0,00 % 4,35 %				
3. 5-10% viikoittaisesta työajasta (eli n. 2 - 4 tuntia / vko)		1 4	12,50 % 17,39 %				
4. 10-20% viikoittaisesta työajasta (eli n. 4 - 8 tuntia / vko)		5 8	62,50 % 34,78 %				
5. 20-30% viikoittaisesta työajasta (eli n. 8 - 12 tuntia / vko)		1 7	12,50 % 30,43 %				
6. 30-40% viikoittaisesta työajasta (eli n. 12 - 16 tuntia / vko)		0 2	0,00 % 8,70 %				
7. 40-50% viikoittaisesta työajasta (eli n. 16 - 20 tuntia / vko)		1 0	12,50 % 0,00 %				
8. yli 50% viikoittaisesta työajasta (eli yli 20 tuntia / vko)		0 0	0,00 % 0,00 %				
Yhteensä	8	100 %					
Yhteensä	23	100 %					

Paljonko viikoittaisesta työajastasi (40 h) kuuluu projektin runkovaiheessa työmaan logistiikan hallintaan (kuormien vastaanottoon ja purkuun työmaalla, sisäisiin siirtoihin ja varastointiin ja jätteiden käsittelyyn liittyvät tehtävät)?

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei yhtään		0 1	0,00 % 4,35 %				
2. alle 5% viikoittaisesta työajasta (eli alle 2 tuntia / vko)		2 3	25,00 % 13,04 %				
3. 5-10% viikoittaisesta työajasta (eli n. 2 - 4 tuntia / vko)		0 4	0,00 % 17,39 %				
4. 10-20% viikoittaisesta työajasta (eli n. 4 - 8 tuntia / vko)		3 6	37,50 % 26,09 %				
5. 20-30% viikoittaisesta työajasta (eli n. 8 - 12 tuntia / vko)		1 7	12,50 % 30,43 %				
6. 30-40% viikoittaisesta työajasta (eli n. 12 - 16 tuntia / vko)		2 2	25,00 % 8,70 %				
7. 40-50% viikoittaisesta työajasta (eli n. 16 - 20 tuntia / vko)		0 0	0,00 % 0,00 %				
8. yli 50% viikoittaisesta työajasta (eli yli 20 tuntia / vko)		0 0	0,00 % 0,00 %				
Yhteensä	8	100 %					
Yhteensä	23	100 %					

Paljonko viikoittaisesta työajastasi (40 h) kuluu projektin runkovaiheessa tuotannon suunnitteluun ja ohjaukseen (työsuunnitelmien laadinta, koordinointi ja valvonta)?

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei yhtään		0 1	0,00 % 4,35 %				
2. alle 5% viikoittaisesta työajasta (eli alle 2 tuntia / vko)		0 2	0,00 % 8,70 %				
3. 5-10% viikoittaisesta työajasta (eli n. 2 - 4 tuntia / vko)		0 0	0,00 % 0,00 %				
4. 10-20% viikoittaisesta työajasta (eli n. 4 - 8 tuntia / vko)		1 3	12,50 % 13,04 %				
5. 20-30% viikoittaisesta työajasta (eli n. 8 - 12 tuntia / vko)		4 8	50,00 % 34,78 %				
6. 30-40% viikoittaisesta työajasta (eli n. 12 - 16 tuntia / vko)		0 1	0,00 % 4,35 %				
7. 40-50% viikoittaisesta työajasta (eli n. 16 - 20 tuntia / vko)		3 2	37,50 % 8,70 %				
8. yli 50% viikoittaisesta työajasta (eli yli 20 tuntia / vko)		0 6	0,00 % 26,09 %				
Yhteensä	8	100 %					
Yhteensä	23	100 %					

Paljonko viikoittaisesta työajastasi (40 h) kuluu projektin sisävalmistusvaiheessa hankintatehtäviin (materiaaliostoihin, sopimuksiin, toimitusehtojen, -aikojen ja -erien sopimiseen liittyvät tehtävät)?

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei yhtään		0 3	0,00 % 13,04 %				
2. alle 5% viikoittaisesta työajasta (eli alle 2 tuntia / vko)		0 1	0,00 % 4,35 %				
3. 5-10% viikoittaisesta työajasta (eli n. 2 - 4 tuntia / vko)		1 2	12,50 % 8,70 %				
4. 10-20% viikoittaisesta työajasta (eli n. 4 - 8 tuntia / vko)		4 6	50,00 % 26,09 %				
5. 20-30% viikoittaisesta työajasta (eli n. 8 - 12 tuntia / vko)		1 11	12,50 % 47,83 %				
6. 30-40% viikoittaisesta työajasta (eli n. 12 - 16 tuntia / vko)		1 0	12,50 % 0,00 %				
7. 40-50% viikoittaisesta työajasta (eli n. 16 - 20 tuntia / vko)		1 0	12,50 % 0,00 %				
8. yli 50% viikoittaisesta työajasta (eli yli 20 tuntia / vko)		0 0	0,00 % 0,00 %				
Yhteensä	8	100 %					
Yhteensä	23	100 %					

Paljonko viikoittaisesta työajastasi kuluu projektin sisävalmistusvaiheessa työmaan logistiikan hallintaan (kuormien vastaanottoon ja purkuun työmaalla, sisäisiin siirtoihin ja varastointiin ja jätteiden käsittelyyn liittyvät tehtävät)?

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei yhtään		0 3	0,00 % 13,04 %				
2. alle 5% viikoittaisesta työajasta (eli alle 2 tuntia / vko)		1 0	12,50 % 0,00 %				
3. 5-10% viikoittaisesta työajasta (eli n. 2 - 4 tuntia / vko)		2 4	25,00 % 17,39 %				
4. 10-20% viikoittaisesta työajasta (eli n. 4 - 8 tuntia / vko)		2 6	25,00 % 26,09 %				
5. 20-30% viikoittaisesta työajasta (eli n. 8 - 12 tuntia / vko)		2 6	25,00 % 26,09 %				
6. 30-40% viikoittaisesta työajasta (eli n. 12 - 16 tuntia / vko)		0 4	0,00 % 17,39 %				
7. 40-50% viikoittaisesta työajasta (eli n. 16 - 20 tuntia / vko)		1 0	12,50 % 0,00 %				
8. yli 50% viikoittaisesta työajasta (eli yli 20 tuntia / vko)		0 0	0,00 % 0,00 %				
Yhteensä	8	100 %					
Yhteensä	23	100 %					

Entä paljonko viikoittaisesta työajastasi kuluu projektin sisävalmistusvaiheessa tuotannon suunnitteluun ja ohjaukseen (työsuunnitelmien laadinta, koordinointi ja valvonta)?

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei yhtään		0 3	0,00 % 13,04 %				
2. alle 5% viikoittaisesta työajasta (eli alle 2 tuntia / vko)		0 1	0,00 % 4,35 %				
3. 5-10% viikoittaisesta työajasta (eli n. 2 - 4 tuntia / vko)		0 2	0,00 % 8,70 %				
4. 10-20% viikoittaisesta työajasta (eli n. 4 - 8 tuntia / vko)		1 3	12,50 % 13,04 %				
5. 20-30% viikoittaisesta työajasta (eli n. 8 - 12 tuntia / vko)		4 5	50,00 % 21,74 %				
6. 30-40% viikoittaisesta työajasta (eli n. 12 - 16 tuntia / vko)		0 2	0,00 % 8,70 %				
7. 40-50% viikoittaisesta työajasta (eli n. 16 - 20 tuntia / vko)		3 2	37,50 % 8,70 %				
8. yli 50% viikoittaisesta työajasta (eli yli 20 tuntia / vko)		0 5	0,00 % 21,74 %				
Yhteensä	8		100 %				
Yhteensä	23		100 %				

Vastasi aiemmin, että #D1# kuluu perustusvaiheessa hankintatehtäviin. Pyydämme sinua nyt tarkentamaan miten se jakautuu eri hankintatehtävien välillä. (prosentteina, siten että summa on 100%):

Vastasi aiemmin, että #D2# kuluu perustusvaiheessa työmaan logistiikan hallintaan. Pyydämme sinua nyt tarkentamaan miten se jakautuu eri tehtävien välillä. (prosentteina, siten että summa on 100%):

Vastasi aiemmin, että #D3# kuluu runkovaiheessa hankintatehtäviin. Pyydämme sinua nyt tarkentamaan miten se jakautuu eri hankintatehtävien välillä. (prosentteina, siten että summa on 100%):

Vastasi aiemmin, että #D4# kuluu runkovaiheessa työmaan logistiikan hallintaan. Pyydämme sinua nyt tarkentamaan miten se jakautuu eri tehtävien välillä. (prosentteina, siten että summa on 100%):

Vastasi aiemmin, että #D5# kuluu sisävalmistusvaiheessa hankintatehtäviin. Pyydämme sinua nyt tarkentamaan miten se jakautuu eri hankintatehtävien välillä. (prosentteina, siten että summa on 100%):

Vastasi aiemmin, että #D6# kuluu sisävalmistusvaiheessa työmaan logistiikan hallintaan. Pyydämme sinua nyt tarkentamaan miten se jakautuu eri tehtävien välillä. (prosentteina, siten että summa on 100%):

Liite 2: Työmaatoimihenkilöille suunnattu kysely logistiikasta

Vastaa kyselyyn anonymisti. Ilmoita kuitenkin mihin seuraavista ryhmistä kuulut:

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. Työmaapäällikkö / vastaava mestari	7	29,17 %					
2. Työnjohtaja	16	66,67 %					
3. Työmaa- / projekti-insinööri	1	4,17 %					
4. Jokin muu, mikä	0	0,00 %					
Yhteensä	24	100 %					

Aiemmin sovittua toimitusaikaa joudutaan muuttamaan aikaisemmaksi.

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei koskaan	1	4,17 %					
2. n. joka kymmenennessä toimituksessa tai harvemmin	20	83,33 %					
3. n. joka viidennessä toimituksessa	3	12,50 %					
4. n. joka toisessa toimituksessa	0	0,00 %					
5. lähes aina	0	0,00 %					
Yhteensä	24	100 %					

Aiemmin sovittua toimitusaikaa joudutaan muuttamaan myöhäisemmäksi.

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei koskaan	0	0,00 %					
2. n. joka kymmenennessä toimituksessa tai harvemmin	13	54,17 %					
3. n. joka viidennessä toimituksessa	9	37,50 %					
4. n. joka toisessa toimituksessa	2	8,33 %					
5. lähes aina	0	0,00 %					
Yhteensä	24	100 %					

Toimitukset saapuvat työmaalle aikaisemmin kuin on sovittu.

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei koskaan	2	8,33 %					
2. n. joka kymmenennessä toimituksessa tai harvemmin	20	83,33 %					
3. n. joka viidennessä toimituksessa	2	8,33 %					
4. n. joka toisessa toimituksessa	0	0,00 %					
5. lähes aina	0	0,00 %					
Yhteensä	24	100 %					

Toimitukset saapuvat työmaalle sovittua ajankohtaa myöhemmin.

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei koskaan	0	0,00 %					
2. n. joka kymmenennessä toimituksessa tai harvemmin	7	29,17 %					
3. n. joka viidennessä toimituksessa	14	58,33 %					
4. n. joka toisessa toimituksessa	2	8,33 %					
5. lähes aina	1	4,17 %					
Yhteensä	24	100 %					

Toimitettu määrä ei vastaa sovittua.

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei koskaan	0	0,00 %					
2. n. joka kymmenennessä toimituksessa tai harvemmin	18	75,00 %					
3. n. joka viidennessä toimituksessa	5	20,83 %					
4. n. joka toisessa toimituksessa	0	0,00 %					
5. lähes aina	1	4,17 %					
Yhteensä	24	100 %					

Osa toimituksesta toimitetaan jälkitoimituksena.

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei koskaan	0	0,00 %					
2. n. joka kymmenennessä toimituksessa tai harvemmin	14	58,33 %					
3. n. joka viidennessä toimituksessa	9	37,50 %					
4. n. joka toisessa toimituksessa	1	4,17 %					
5. lähes aina	0	0,00 %					
Yhteensä	24	100 %					

Toimituksia jätetään työmaalle ilman Skanskan kuittausta.

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei koskaan	0	0,00 %					
2. n. joka kymmenennessä toimituksessa tai harvemmin	18	75,00 %					
3. n. joka viidennessä toimituksessa	5	20,83 %					
4. n. joka toisessa toimituksessa	1	4,17 %					
5. lähes aina	0	0,00 %					
Yhteensä	24	100 %					

Useita toimituksia saapuu työmaalle samanaikaisesti, josta aiheutuu esim. päällekkäistä purkukaluston tarvetta tai muuta häiriötä.

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei koskaan	0	0,00 %					
2. n. joka kymmenennessä toimituksessa tai harvemmin	15	62,50 %					
3. n. joka viidennessä toimituksessa	8	33,33 %					
4. n. joka toisessa toimituksessa	1	4,17 %					
5. lähes aina	0	0,00 %					
Yhteensä	24	100 %					

Kuljetuskalusto ei vastaa sovittua, jolloin kuljetus- ja purkukalusto eivät sovi yhteen.

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei koskaan	0	0,00 %					
2. n. joka kymmenennessä toimituksessa tai harvemmin	20	83,33 %					
3. n. joka viidennessä toimituksessa	4	16,67 %					
4. n. joka toisessa toimituksessa	0	0,00 %					
5. lähes aina	0	0,00 %					
Yhteensä	24	100 %					

Lastausjärjestys ei vastaa sovittua, josta aiheutuu ongelmia purkuun.

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei koskaan	0	0,00 %					
2. n. joka kymmenennessä toimituksessa tai harvemmin	18	75,00 %					
3. n. joka viidennessä toimituksessa	5	20,83 %					
4. n. joka toisessa toimituksessa	1	4,17 %					
5. lähes aina	0	0,00 %					
Yhteensä	24	100 %					

Työmaalle varastoitua materiaalia joudutaan siirtämään varastopaikasta toiseen ennen asennusta esim. edeltävien työvaiheiden takia.

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei koskaan	0	0,00 %					
2. satunnaisesti	17	70,83 %					
3. useita kertoja viikossa	6	25,00 %					
4. päivittäin	1	4,17 %					
5. useita kertoja päivässä	0	0,00 %					
Yhteensä	24	100 %					

Työmaalle varastoitu materiaali vaurioituu työmaan sisäisissä siirroissa.

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei koskaan	0	0,00 %					
2. satunnaisesti	23	95,83 %					
3. useita kertoja viikossa	1	4,17 %					
4. päivittäin	0	0,00 %					
5. useita kertoja päivässä	0	0,00 %					
Yhteensä	24	100 %					

Työmaalle varastoitu materiaali vaurioituu ulkoisten olosuhteiden takia.

Vastaus	Lukumäärä	Prosentti	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
1. ei koskaan	1	4,17 %					
2. satunnaisesti	22	91,67 %					
3. useita kertoja viikossa	1	4,17 %					
4. päivittäin	0	0,00 %					
5. useita kertoja päivässä	0	0,00 %					
Yhteensä	24	100 %					

Tuleeko mieleesi muita toimituksiin, kuljetuksiin tai varastointiin liittyviä ongelmia ja häiriöitä, joita työmaalla voisi esiintyä?

Onko sinulla ehdotuksia, miten edellä mainittuja ongelmia voitaisiin ratkaista ja häiriötilanteita välttää?

Liite 3: Haastatteluaiheet pilottikohteen työnjohdolle

1. Toimitustäsmällisyys Leppävaaran tornin työmaalla? Onko merkittävää eroa Reimantornin työmaahan? Mistä mahdolliset erot johtuvat?
2. Elementtiasennuksen tuottavuus Leppävaaran tornin työmaalla? Ovatko täsmätoimitukset vaikuttaneet positiivisesti elementtiasennuksiin?
3. Onko toimitustäsmällisyys näkynyt positiivisella tavalla varastoissa? Onko ollut mahdollista tilata tarkempia määriä materiaaleja?
4. Keskeisimmät syyt, jotka mielestänne johtavat huonoon toimitustäsmällisyyteen? Millaisia vaikutusmahdollisuuksia koette rakennusliikkeellä olevan?
5. Rakennusprojektin logistiseen haasteellisuuteen vaikuttavat tekijät

Liite 4: Haastatteluaiheet Skanska Oy:n logistiikkapäällikkö Ulla Talvitiele

1. Toimitustäsmällisyyden nykytila rakennusteollisuudessa ja sen aiheuttamat ongelmat?
2. Pientarvikevarastokonseptin jalkautussuunnitelma ja käyttöönottokriteerit?
3. Logistiikkasuunnittelu Skanska Oy:n rakennusprojekteissa?

Liite 5: Haastatteluaiheet Etelä-Suomen Rakennuslogistiikan Ari Kammoselle ja Pasi Rautsialalle

1. Miten kiteyttäisitte rakennusteollisuuden logistiikan keskeisimmät lähitulevaisuuden haasteet?
2. Logistiikan merkitys rakennusteollisuudessa?
3. Pitäisikö logistiikan suunnittelulla olla isompi rooli projektin toteutuksen suunnittelussa ja onko jotain tiettyjä aspekteja, jotka jäävät systemaattisesti liian vähälle huomiolle?
4. Onko eri rakennusmateriaaliryhmien (projektikohtaiset, vakiomateriaalit, pientarvikkeet) kohdalla juuri tietyille ryhmälle tunnusomaisia ongelmia?
5. Materiaalitoimittajien toimitustäsmällisyyden merkitys työmaan toiminnalle? Mistä mahdolliset ongelmat ennen kaikkea johtuvat?
6. Rakennusliikkeen vaikutusmahdollisuudet toimitustäsmällisyyden kehittämiseksi?
7. Toimitustäsmällisyyden yhteys työmaan varastoihin ja tuottavuuteen?