



Altti Kotilainen

# Täydennysrakentamisen logistiikan suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

10.3.2023

# Tiivistelmä

Tekijä: Altti Kotilainen  
Otsikko: Täydennysrakentamisen logistiikan suunnittelu  
Sivumäärä: 34 sivua  
Aika: 10.3.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka  
Ammatillinen pääaine: Rakentamisen projektihallinta  
Ohjaajat: Tuotantoinsinööri Vesa Pietilä  
Lehtori Anne Aalto

---

Insinöörityön tavoitteena oli kerätä JM Suomi Oy:n toimesta toimintaohjeita ja -tapoja logistiikkasuunnittelun toteuttamiseen täydennysrakentamiskohteessa. Tiedot kerättiin yhteen logistiikkaohjeeseen, jota ei julkaista opinnäytetyön liitteenä yrityksen pyynnöstä. Ohjeen tavoitteena oli helpottaa ja nopeuttaa logistiikkasuunnittelua. Logistiikkasuunnittelun nopeuttamisella pyrittiin vapauttamaan työmaaorganisaation aikaa logistiikalta muun muassa laadun ja työturvallisuuden valvomiseen.

Teoriaosuudessa käytiin läpi oleellisia logistiikan osa-alueita ja erityisesti täydennysrakentamisen kannalta tärkeitä sektoreita. Lisäksi tutkittiin yleisesti työmaalla käytettyä siirtokalustoa ja jatkuvasti tiukentuvan jätehuollon tämänhetkisiä vaatimuksia. Teoriaosuuden pohjalta muodostettuja näkökulmia hyödynnettiin JM Suomi Oy:lle tulevan täydennysrakentamiskohteen suunnittelussa.

Logistiikan maailman syventyminen osoittautui mielekkääksi projektiksi. Opinnäytetyön tekemisen aikana oli havaittavissa huomattava kehittämisen tarve alalla. Hyvä aihe ja havaittavissa oleva kehityksen tarve motivoivat tekemään työn nopeassa aikataulussa.

Avainsanat: logistiikka, täydennysrakentaminen, jätehuolto

## Abstract

Author: Altti Kotilainen  
Title: Logistics Planning in Complementary Construction  
Number of Pages: 34 pages  
Date: 10 March 2023

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Civil Engineering  
Professional Major: Professional Major Construction Project Management  
Supervisors: Vesa Pietilä, Production engineer  
Anne Aalto, Senior Lecturer

---

The aim of this final year project was to collect guidelines and methods for the implementation of logistics planning in a complementary construction project by JM Suomi Oy. The information was compiled into one paper on logistics guidelines, which is not published as an annex to the thesis as requested by the company. The aim of the guide was to facilitate and speed up logistics planning. The aim of speeding up logistics planning was to free up the site organisation's time from logistics tasks to, such as quality control and occupational safety.

The theoretical part covered the essential aspects of logistics and in particular the sectors relevant to complementary construction. In addition, the general use of on-site transport equipment and the current requirements of ever stricter waste management were examined. The perspectives formed on the basis of the theoretical part were utilised in the logistics planning of a future complementary construction project for JM Suomi Oy.

The immersion into the world of logistics proved to be a meaningful project. During the graduate study, a considerable need for development in the field was evident. A relevant topic and a noticeable need for development helped to complete the thesis in a tight schedule.

Keywords: Logistics, Complementary construction, Waste management

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tilaaajan esittely	1
1.2	Tavoitteet	1
1.3	Tutkimusmenetelmä	2
2	Logistiikka	3
2.1	Rakentamisen logistiikka	3
2.2	Kehitystarve	5
2.3	Tietovirta	6
2.4	Tarkastukset	7
2.5	Reklamaatiot	8
2.6	Logistiikan johtaminen	9
3	Täydennysrakennuskohteen logistiikkasuunnittelu	10
3.1	Aikataulu- ja resurssisuunnitelmat	11
3.2	Aluesuunnitelmat	12
3.3	Sopimukset	13
3.4	Täsmätoimitukset	13
3.5	Varastointi	14
4	Siirtokalusto	16
4.1	Suunnittelu	16
4.2	Pystysiirrot	16
4.2.1	Torninosturi	16
4.2.2	Ajoneuvonosturi	17
4.2.3	Rakennushissi	18
4.3	Vaakasiirrot	19
4.3.1	Kurottaja	19
4.3.2	Varastokärry	19
4.3.3	Haarukkavaunu	20
5	Jätehuolto	21

5.1	Lajittelu	21
5.2	Öljyvuodot	22
5.3	Resurssit ja kustannukset	23
5.4	Tulo ja lähtö	23
6	Esimerkkitutkimus	25
6.1	Kohteen haasteet	25
6.2	Ratkaisut	27
7	Havaintojen hyödyntäminen	32
8	Yhteenveto	34
	Lähteet	35

## Lyhenteet

LPI: *Logistics Performance Index*, Maailmanpankin toteuttama kansainvälinen logistiikka mittari.

RYHT 2000: Rakennustuotteiden yleiset hankinta- ja toimitusehdot, elinkeinoharjoittajien välisessä rakennusmateriaalikaupassa käytettäviä hankinta- ja toimitusehtoja.

YSE 1998: Rakennusurakan yleiset sopimusehdot, elinkeinoharjoittajien välisiin rakennusurakkasopimukseen tarkoitettut sopimusehdot.

# 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi oleellisia vaiheita täydennysrakentamiskohteen logistiikan suunnittelua varten sekä tutustutaan tarkemmin esimerkkikohteen logistiikkasuunnittelun prosessiin. Työn tarkoituksena on selventää tilaajalle tarvittavat askeleet logistiikkasuunnittelun onnistuneeseen läpivientiin erityisesti täydennysrakentamiskohteessa ja aluekohteiden loppuvaiheessa.

## 1.1 Tilaajan esittely

JM Suomi Oy on rakennusalalla toimiva yritys, joka on osa suurta pohjoismaista JM-konsernia. Konsernin markkina-alueina toimivat Suomen lisäksi Ruotsi ja Norja. Tämänhetkisen tiedon mukaan JM-konsernin liikevaihto on noin 1,6 miljardia ja nimikkeen alla työskentelee yhteensä noin 2500 työntekijää. JM Suomi Oy perustettiin vuonna 2006. Yritys on jatkuvassa ja voimakkaassa kasvussa. Työntekijöitä on Suomessa jo noin 200. Nykyinen toiminta perustuu pääsääntöisesti aluerakentamiseen pääkaupunkiseudulla ja Pirkanmaalla. Aluehankkeet keskitetään alueille, joilla on tai on kehittymässä hyvät kulkuyhteydet ja palvelut. Käynnissä olevia aluehankkeita on muun muassa Myyrmäessä, Herttoniemessä, Leppävaarassa ja Finnoossa. Tällä hetkellä suunnitelmissa on suuri aluehanke Konalaan.

## 1.2 Tavoitteet

Yrityksen kasvun aikana on havaittu tarve päivittää yrityksen toimintaohjeita ja -tapoja nykypäivään. Lähdemateriaalina käytetään JM Suomi Oy:n tulevan täydennysrakennuskohteen tietoja. Tavoitteena on kehittää menetelmiä täydennysrakennuskohteen logistiikan suunnittelun helpottamiseksi. Tutkimuksen tulosten perusteella logistiikkasuunnittelua nopeutetaan ja rakentamisessa vapautetaan aikaa logistiikalta laadun ja turvallisuuden valvomiseen. Menetelmät ja ohjeet kerätään yhteen logistiikkaohjeeseen, jota ei julkaista opinnäytetyön yhteydessä yrityksen pyynnöstä.

### 1.3 Tutkimusmenetelmä

Tämän työn teoriaosuus koostuu kirjallisuustutkimuksesta ja haastatteluista, jotka on tehty JM Suomi Oy:n työmaahenkilöstölle. Haastattelut koostuivat vapaa muotoisesta keskustelusta työmaa logistiikkaan liittyen. Tällä pyrittiin tuomaan esiin päällimmäisenä henkilöstön mielessä olevia logistiikan ongelmia. Teoriaosuudessa käydään läpi rakentamisalan logistiikan tärkeimpiä osa-alueita. Lisäksi käsitellään erityisesti täydennysrakentamiskohteille tärkeitä käsitteitä. Esimerkkitutkimuksessa analysoidaan kohteen haasteita. Teoriaosuuden avulla luodaan näkökulmia ja muodostetaan mielipiteitä, joita hyödynnetään esimerkkikohteen logistiikkasuunnittelun kehittämisessä.

## 2 Logistiikka

Ajatus käsitteestä logistiikka alkoi kehittyä 1980-luvulla, kun hankintaan, varastointiin ja kuljetukseen liittyvät osa-alueet kerättiin kahden nimikkeen alle, jotka olivat materiaalihallinto ja fyysinen jakelu. Materiaalihallintoon liitettiin muun muassa kysynnän ennustaminen ja tuotannon suunnittelu, fyysiseen jakeluun taas liitettiin muun muassa varastohallinta sekä kuljetukset. 1990-luvulla nämä kaksi nimikettä yhdistettiin yhdeksi nimikkeeksi, logistiikka. Karkeasti määriteltynä nykyaikainen logistiikan käsite tarkoittaa materiaalivirtojen ohjaamista materiaalin alkulähteiltä loppuasiakkaalle. Useimmiten ihmiset yhdistävät termin logistiikka vain tavaroiden kuljetukseen ja varastointiin, mutta todellisuudessa se pitää sisällään myös raha- ja tietovirtojen hallintaa. Tavoitteena logistiikan ohjauksessa on tuotteiden tarjonnan mahdollistaminen siellä missä niitä tarvitaan ja silloin kun niitä tarvitaan. Lisäksi tavoitteena on minimoida mahdolliset haittavaikutukset, kuten jätteet, ympäristö- ja turvallisuusriskit. (1, s. 26–28.)

Monien organisaatioiden prosessien kannalta on tärkeää, että logistiikka on toimivaa ja tehokasta. Ei olekaan siis ihme, että EU-tasollakin logistiikka on merkitty yhdeksi keskeisistä toimialoista. Suomessa vuonna 2020 tehdyn logistiikkaselvityksen mukaan logistiikan kustannukset olivat vuoden 2019 bruttokansantuotteeseen verrattuna lähes 11 prosenttia. Luku on merkittävä ja kansainvälisellä tasolla korkea. Kustannukset johtuvat osittain Suomessa yleisimmin käytetystä ro-ro-liikenteestä. ”Roll on roll off” liikenne viittaa keulasta tai perästä lastattaviin laivoihin. Lastaustapa on nopea, mutta kuormien väliin jäävä tila heikentää tehokkuutta ja täten taloudellista kannattavuutta. (2.)

### 2.1 Rakentamisen logistiikka

Työmaan logistiikan toteuttamisesta ja suurimmilta osin sen suunnittelusta vastaa työmaaorganisaatio. Työmaaorganisaatio koostuu yleisimmin vastaavasta työnjohtajasta, työmaainsinööristä ja työnjohtajista. Vastaava työnjohtaja nimensä mukaan vastaa työmaan onnistumisesta kokonaisuutena. Vastaavan

työnjohtajan tehtäviä ovat muun muassa työmaan ajallinen suunnittelu ja hallinta sekä työmaan hankintojen valmistelu. Työmaainsinööri avustaa vastaavaa työnjohtajaa tämän tehtävissä ja pyrkii varmistamaan sujuvan tietovirran toimijoiden välillä. Työnjohtajat suunnittelevat oman vastualueensa tehtävät ja valvovat työmaalla materiaalivirtojen toimivuutta. Työnjohtajan keskeinen tehtävä on siis mahdollistaa töiden jatkuminen suunnitellussa aikataulussa. (3.)

Logistiikka on keskeinen osa rakentamista. Työmaan logistiikkaan kuuluu muun muassa:

- hankinta
- toimitusten suunnittelu ja ohjaus
- resurssien hallinta
- jätehuolto
- vuokrakalusto
- siirrot
- varastointi. (4.)

Sujuvan rakentamisen lähtökohtana on tasainen materiaali- ja tietovirta. Näin mahdollistetaan rakentamisen eteneminen suunnitellussa aikataulussa. (5.) Hyvänä esimerkkinä tästä toimintaketjusta toimii työmaalla sisävaiheessa suoritettava ovien asennus. Ovien toimituksen jälkeen ne on nostettava mahdollisimman nopeasti rakennukseen sisälle. Tähän tehtävään sopii hyvin kurottaja, joka on usein vuokrattava työvaihetta varten. Ovien siirtoa varten on työmaalla oltava työntekijöitä, ja ovien saavuttua asennuspaikalle on niiden asennusta varten paikalle saatava oviasentaja. Esimerkkiin viitaten voidaan huomata sujuvan rakentamisen vaativan laajan kokonaisuuden hallintaa, koska oviasennus ei voi tapahtua, jos ovet eivät ole oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Tämän ja työmaan monien muiden toimintaketjujen sulava eteneminen vaatii tarkan aikatauluttamisen ja jatkuvaa valvontaa työmaaorganisaatiolta.

Materiaali- ja tietovirrassa tapahtuvat virheet luovat helposti ongelmia työmaalla. Tällaisia virheitä ovat esimerkiksi toimitusten myöhästymisen työmaalta

ja väärän materiaalin toimittaminen. Työmaalla tapahtuva suunnittelematon väli-varastointi luo riskin materiaalien vahingoittumiselle, kun materiaalin käsittelykerrat kasvavat ja materiaalia joudutaan varastoimaan epäsuotuisiin paikkoihin. Lisäksi viivästyminen aikataulusta luo välittömästi kustannuksia asentajien odottaessa materiaaleja. Logistiikka kokonaisuuden suunnitelmallinen toteuttaminen parantaa siis tuottavuutta sekä pienentää hukan ja kustannuksien määrää. (5.)

## 2.2 Kehitystarve

Logistiikan tilaa ja tulevaisuuden näkymiä on tutkittu säännöllisesti liikenne- ja viestintäministeriön toimesta jo vuodesta 1992 asti. Tätä työtä tehdessä viimeisin saatavilla oleva tutkimus on Turun yliopiston kauppakorkeakoulun yhteistyössä Liikenne- ja viestintäviraston kanssa vuonna 2020 tekemä logistiikkaselvitys. Osana tutkimusta nostettiin esille Maailmanpankin julkaisema kansainvälinen logistiikan toimivuutta mittaava indeksi eli Logistics Performance Index LPI. Suomi on LPI-mittaristossa hyvällä paikalla sijoittuen sijalle kymmenen sadasta kuudestakymmenestä. Hyvästä sijoituksesta huolimatta on huomioitava, että vain kahdeksan vuotta aikaisemmin Suomi oli sijalla kolme. (6.)

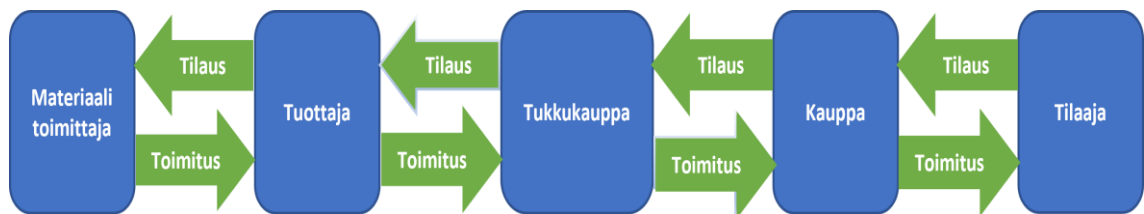
Turun yliopiston logistiikkaselvitys osoittaa, että varsinaista kehitystä ei ole tapahtunut viimeiseen 14 vuoteen. Valtaosa vastanneista teollisuuden yrityksistä arvioi logistiikkakustannusten kasvaneen ja eniten kritiikkiä saivat kuljetusten saatavuus sekä niiden oikea-aikaisuus. Yritysten kasvaessa logistiikan tärkeys on noussut vahvasti esille ja varsinkin tietovirran rooli osana logistiikkaa on korostunut. (6.) Tarkan ja reaaliaikaisen tiedon puutteella on mahdollisuus luoda ongelmia kuljetusten toimivuudessa. Tiedon puutteen takia myöskään yrityksen johto ei pysty tekemään oikeita ratkaisuja. (7, s. 12–13.)

Logistiikan merkitys rakennusprojektien onnistumisessa korostuu jatkuvasti. Uusien toimintamenetelmien, kuten tahtituotannon ja tuotantomenetelmien, kuten esivalmistuksen hyödyntäminen rakennusalalla vaatii tarkkaa ja täsmällistä materiaali- ja tietovirtaa. Muiden logistiikan osa-alueiden ongelmat heijastuvat rakennustyömaille. Toimitusten kellonajat ja päivämäärät saattavat heilahdella

vain tunnin varoitusajalla, joten toimitusten siirtoa varten varattavaa henkilöstöä joudutaan pitämään työmaalla pidempään kuin tarpeellista. Välillä toimituksista ei edes ilmoiteta, vaan materiaali saapuu työmaalle varoituksetta. Suurimpina syyllisinä esiin nousee huono logistiikkasuunnittelu ja heikko informaatiovirran tila tavaratoimittajan ja rakennusliikkeen välillä. Ongelmat olisivat useimmiten vältettävissä kunnollisella logistiikkasuunnittelulla. Tästä huolimatta materiaalilogistiikka ei ole saanut merkittävää painotusta rakennustyömailla. (8.)

### 2.3 Tietovirta

Rakennusmateriaalit kulkevat työmaalle monen väliportaan kautta. Väliportaiden muodostamaa verkostoa kutsutaan toimitusketjuksi. Toimitusketjussa eri organisaatiot ohjaavat ja kehittävät yhteistyössä materiaali- tai palveluvirtoja sekä raha- ja tietovirtoja. Alla on havainnollistettu eri virtojen suunnat sekä eri organisaatiot (kuva 1). (2.)



Kuva 1. Perinteisen toimitusketjun rakenne (2.)

Nykyään suuri osa rakennuksen tuotannon aikaisista kustannuksista voi olla jonkun muun kuin rakentamisesta vastaavan pääurakoitsijan valmistamaa. Tämän takia tutkijat painottavatkin, että sekavan toimitusketjun hallinta on olennaista rakennusyriyten kannattavuuden varmistamiseksi. Rakennusalalla ei olla toki oltu sokeita tälle kehitykselle, vaan se on ollut tarkoituksenmukaista. Urakoiden ulkoistaminen on rakennusliikkeelle kannattavaa vaihtelevien markkinoiden sekä kausi- ja kysyntävaihteluiden takia. (9.)

Ulkoistamisen kasvava osuus rakennusalalla on nostanut tietovirran toimivuuden tärkeyden esille (9). Tietovirta on kaksisuuntainen tie, mutta suurin osa liikenteestä kulkee tilaajalta materiaalitoimittajan suuntaan. Tarkka ja ajantasainen tiedonkulku materiaalitoimittajan ja työmaan välillä on oleellinen osa logistiikan suunnitelmallista etenemistä. Huonosti laaditut sopimukset, väärin tietojen perusteella tehdyt tarjoukset ja lyhyellä aikataululla tilaukseen tehdyt muutokset ovat yleisiä riskejä toimitusketjun sisällä. (2.)

Kaikki toimitukset eivät kulje suoraan pääurakoitsijan ohjauksella. Osa kuljetuksista tulee aliurakoitsijan tarpeisiin suoraan heidän kauttansa. Tällöin on suositeltavaa varmistaa sulava tiedonkulku toimijoiden välillä. Aliurakoitsijan toimituksilla on usein tapana tulla työmaalle ilman minkäänlaista ilmoitusta. Epäedullisiin aikoihin saapuvat toimitukset saattavat aiheuttaa turhaa hämmennystä työmaalla. Tämän käytännön korjaamiseksi eräällä JM Suomen työmaalla on otettu käyttöön logistiikkakalenteri. Logistiikkakalenteriin merkitään kaikki työmaalle tulevat toimitukset. Työmaalle saapuvat toimitukset, jotka ilmestyvät paikalle ilman merkintää kalenteriin käännytetään pois, jos tilanne sitä vaatii. (10.)

## 2.4 Tarkastukset

Tarkastukset ja reklamaatiot ovat jokapäiväinen osa työmaan logistiikkaa. Täydellisessä maailmassa ei näille olisi tarvetta, mutta rakennusala on vielä pitkälti ihmisten pyörittämä toimiala, joten vahinkoja sattuu. Puhtaiden vahinkojen lisäksi välinpitämättömyys ja turtumus työhön aiheuttavat valitettavia vaurioita rakennusmateriaaleihin. Tuotteille aiheutuneiden vaurioiden kustannukset valuvat toimitusketjua alaspäin ja päätyvät helposti työmaan maksettavaksi, mikäli työmaalla ei päästä asian edelle tarkastuksilla.

Rakennusmateriaali toimituksen, niin kuin minkä tahansa muunkin toimituksen vastaanottoon liittyy tiettyjä toimenpiteitä. Näillä toimenpiteillä varmistetaan palvelun laatu ja vältetään mahdollisilta yllätyksiltä tulevaisuudessa. Vastaanotto-prosessi alkaa JM Suomi Oy:n työmailla vastaanottotarkastuksen tekemisellä.

Tarkastuksessa varmistetaan, että saapuneiden kollien määrä vastaa lähetysluettelon ja rahtikirjan tietoja. Vielä ennen rahtikirjan kuittaamista tehdään silmämääräinen tarkistus vahingoittuneiden pakkausten varalta. On huomioitava, että jopa merkityksettömältä vaikuttavat vauriot ovat voineet pilata tuotteen. Kaikki vauriot ja mahdolliset puuttuvat pakkaukset on merkittävä rahtikirjaan. Merkintöjen jälkeen rahtikirja kuitataan kuljettajan läsnä ollessa. (11.)

Tarkastusten tekeminen ei lopu materiaalien päädyttyä työmaan pihaan. Materiaalit on siirrettävä lopulliseen käyttökohteeseen jollain tavalla. Siirtotavasta riippumatta on riski rakennusmateriaalien vaurioitumiselle tai työmaan vaiheesta riippuen valmiiden pintojen vahingoittamiselle. Asuntoihin kannetaan varsin myöhäisessä vaiheessa hankalia tavaroita kuten ovia, kaappeja ja pitkiä listapaketteja. Näiden tavaroiden huolimaton käsittely aiheuttaa helposti mittavat vahingot. Siirretyt materiaalit onkin siksi hyvä tarkastaa siirron jälkeen, jotta mahdolliset vauriot saadaan heti dokumentoitua. Espoossa sijaitsevan kohteen ovien siirtämisen jälkeen löytyi 30 asunnon ovista useita kymmeniä jälkiä, jotka oli korjattava ja pahimmissa tapauksissa ovia oli kokonaan vaihdettava. Ovien kunto dokumentoitiin tarkasti siirtämisen jälkeen. Tarkan dokumentoinnin ja nopean toiminnan ansiosta kustannukset ovien korjauksesta siirtyivät ovien siirron tehneen logistiikkayrityksen maksettavaksi.

## 2.5 Reklamaatiot

Ostajan huomattaessa puutteita tai virheitä palvelussa tai tuotteessa on tämän tehtävä välittömästi reklamaatio. Reklamaation lähettämällä ostaja varmistaa mahdollisuuden esittää vaatimuksia myyjälle myöhemmässä vaiheessa. Reklamaatio mahdollistaa myyjälle tilaisuuden puolustautua ostajan jälkikäteen tekemiä syytöksiä vastaan. (12.)

Reklamaation tekeminen on JM Suomi Oy:llä selkeästi yhdistetty toimintajärjestelmään. Reklamaatioiden tekemistä varten on oma lomakkeensa. Lomakkeeseen on liitettävä seuraavat tiedot:

- toimittajan yhteystiedot
- työmaan yhteystiedot
- reklamaation johtava toimitus
- lyhyt kuvaus virheistä tai puutteista
- toimitukseen liittyvä lasku
- reklamaation tekijän allekirjoitus. (11.)

Mikäli työmaalla käytetään ulkopuolista logistiikkayritystä materiaalien siirtämiseen, on heillä vahingonkorvausvastuu, joka sisältyy vahingonkorvauslakiin. Laki (31.5.1975/412 1 §) velvoittaa yrityksen korvaamaan tahallisesta tai huolimattomuudesta johtuvat vahingot. Tähän lasketaan esimerkiksi se, että ovea asuntoon kantava henkilö kolauttaa oven maalattuun seinään ja tekee siihen kolhun. Tällöin kolhun korjauksesta tulevista kustannuksista on vastuussa henkilön työnantaja. (13.)

## 2.6 Logistiikan johtaminen

Logistiikan tehokkaan toiminnan edellytyksenä on sirpaloituneen kokonaisuuden keskitetty johtaminen. Suunnittelu, organisointi, valvonta, ongelmien ratkaiseminen ja päätöstenteko ovat oleellisia logistiikan johtamisen tehtäviä (2). Kuten aikaisemmin luvussa 2.3 mainittiin, on tietovirran kuljettava kahteen suuntaan ja tilaajan suunnalta on tiedon oltava erityisen tarkkaa. Informoinnin tulee olla mahdollisimman selkeää ja suunnitelmallisesti hyvissä ajoin lähetettyä, jotta vältetään turhilta yllätyksiltä. Tarkastukset on tehtävä ajallaan ja huolellisesti, etteivät vialliset materiaalit aiheuta turhia viivästyksiä ja kustannuksia tulevaisuudessa.

Rakennusmateriaalin siirtämisen tulee olla valvottua sekä järjestelmällistä. Rakennusprojektin logistiikka voidaan joko hoitaa itse tai ulkoistaa ulkopuoliselle toimijalle. Näin mahdollisten kuljetuksissa tapahtuneiden vaurioiden kustannuksia ei tarvitse sulattaa rakennustyömaan budjettiin. Mikäli käytössä on entuudestaan tuttu ulkopuolinen toimija, helpottaa se myös huomattavasti rakennustyömaan toimihenkilöille tulevan työn taakkaa. Logistiikan ulkoistaminen

voi olla myös taloudellisesti kannattavaa, jos se minimoi materiaalin käsittelykertoja ja pienentää varastoinnintarvetta työmaalla. (4.)

### **3 Täydennysrakennuskohteen logistiikkasuunnittelu**

Täydennysrakentaminen tarkoittaa olemassa olevien rakennusten yhteyteen tai lähistölle rakentamista. Näin saadaan käyttöön nykyisten kaavojen tyhjiä tontteja sekä pystytään hyödyntämään täysin asemakaavan sallima tehokkuus.

Täydennysrakentaminen ei ole vain uusien asuintalojen rakentamista, vaan se voi pitää sisällään myös palveluita, viheralueita ja muuta infran kehittämistä.

(14.)

Täydennysrakentamisen etuna uusiin rakennusalueisiin on usein sijainti. Uuden alueen rakentamisessa on otettava huomioon palveluiden sekä liikenneyhteyksien tarve ja usein uusien alueiden asukkaat joutuvat odottamaan näiden rakentamista. Esimerkiksi Kivistössä asukkaat ovat odottaneet jo 15 vuotta uuden kauppakeskuksen valmistumista. (15.) Vanhojen kaupunginosien täydentäminen tarkoittaa, ettei uusia liikenneyhteyksiä tai palveluita tarvitse odottaa. Näin mahdollistetaan huomattavasti pienempi vaikutus ympäristöön. Lisäksi rakentaminen alueille missä kunnallistekniikka ja liikenneyhteydet ovat jo valmiiksi paikallaan on edullisempaa, kuin uuden alueen perustaminen. (14.)

Tämän opinnäytetyön esimerkkitutkimuksen kohde keskittyy lisärakentamiseen eli niin sanottuun tonttikohtaiseen täydennysrakentamiseen. Tällä tarkoitetaan yleisimmin uuden rakennuksen rakentamista tontille, jossa on jo valmiiksi yksi tai useampi rakennus. Tonttikohtainen täydennysrakentaminen voi olla myös vanhan rakennuksen laajentamista, esimerkiksi ullakon asutuskäyttöönotosta tai vanhan rakennuksen korottamista. (14.)

Esimerkkitutkimuksessa tullaan huomaamaan, että täydennysrakentamiskohteen etu on myös syy sen suurimpiin haasteisiin. Rakentaminen alueelle, joka on jo valmiiksi tiuhaan asutettu asettaa haasteita tavaroiden kuljetukseen, varastointiin ja muuhun logistiikan toimintaan. Logistiikan haasteiden lisäksi on

huomioitava lähistöllä olevien rakennusten asukkaat ja asiakkaat. Huomattavaa meluhaittaa aiheuttavat työt, kuten räjäytystyöt on ajoitettava tavalla, joka aiheuttaa mahdollisimman pienen haitan naapureille.

### 3.1 Aikataulu- ja resurssisuunnitelmat

Logistiikkasuunnittelun alkuvaiheessa on alustavat suunnitelmat hyvä pohjustaa yleisaikatauluun. Yleisaikataulu on useimmiten vastaavan työnjohtajan ja työmaainsinöörin tekemä aikataulu, joka pitää sisällään rakennusprojektin tahdittamisen kannalta oleelliset työvaiheet, kuten esimerkiksi:

- maanrakennus
- runko
- vesikatto
- hissiasennus
- kevyet väliseinät
- tasointi ja maalaus
- kalusteet. (16.)

Yleisaikataulun ja aluesuunnitelmien pohjalta on logistiikkaan tarvittavia henkilö- ja kalustoresursseja helppo alustavasti arvioida sekä isoimpien toimitusten toimitustapoja muokata. Logistiikkasuunnitelman päivittäminen projektin edetessä kannattaa tehdä viikoittain. Päivittäminen voidaan suorittaa esimerkiksi työnjohtajan suunnitellessa kolmeviikkoista aikataulua.

Päivitettyjen logistiikkasuunnitelmien avuksi kannattaa ylläpitää työmaalla logistiikkakalenteria. Kalenteriin veloitetaan urakoitsijoita merkitsemään kaikki heille tulevat toimitukset. Näin tarvittavien resurssien ja toimitusten ajoittaminen on huomattavasti sujuvampaa.

Tarvittavia resursseja suunnitellessa kannattaa pitää mielessä myös ulkoiset toimijat. Työmaan sisäisen logistiikan ulkoistaminen voi olla usein kustannustehokasta. Siirrot työmaalla voidaan tietenkin suorittaa myös omilla apuhenkilöillä, mutta tässä voi henkilöstöstä riippuen mennä, jopa kaksi kertaa pidempään.

Huonon logistiikkasuunnittelun merkit on myös haastavia havaita, jos työt tehdään omilla työntekijöillä. Resurssien tarvetta ei enää kyseenalaisteta, kun ker-tyneiden töiden takia kaikki ovat jatkuvasti kiireisiä. (4.)

### 3.2 Aluesuunnitelmat

Aluesuunnitelmat tehdään osana rakennushankkeen tuotannosuunnittelua. Aluesuunnitelmassa esitellään, miten tärkeimmät työmaatoiminnot on järjestetty työmaan alueella ja sitä päivitetään jatkuvasti työmaan edetessä. Aluesuunnitel-  
massa esitetään muun muassa seuraavat työmaatoiminnot:

- nosturin sijainti
- liikennejärjestelyt
- työmaatiet
- työmaatoimisto ja sosiaalitalat
- aitaukset ja portit
- varastointipaikat
- vaihtolavojen sijainti
- toimitusten purkualue
- pysäköintipaikat. (17.)

Aluesuunnitelma vaikuttaa logistiikkasuunnitelmassa tehtäviin valintoihin. Toimi-  
tustavat on valittava työvaiheen mukaan ja aluesuunnitelman sallimalla tavalla. Toimitusten purkualueen koko määrittelee, voidaanko toimituksia ottaa monta samaan aikaan. Lisäksi ahtaat työmaantiet rajoittavat toimitusten kulkemista työmaalla. Tarvittava siirtokalusto on katsottava varastointipaikkojen, asennus-  
paikkojen ja purkualueen etäisyyksien mukaan. Logistiikkasuunnitelman onnis-  
tumisen kannalta on järkevää, että aluesuunnitelman ja logistiikkasuunnitelman tekijä on sama henkilö esimerkiksi työmaainsinööri. (4.)

### 3.3 Sopimukset

Aliurakoitsijoiden kanssa tehdyillä sopimuksilla on suuri merkitys logistiikka-suunnitelman kannalta. Sopimuksissa rajataan urakoitsijan velvoitteet logistiikan osalta ja usein myös määritellään aikaväli, jolla reklamaatiot pitää tehdä rakennusmateriaalin saavuttua työmaalle. Lisäksi sopimus määrittelee, kuuluuko urakoitsijalla koko logistiikkaketjun itsenäisesti tehtaalta asennuspaikalle vai pitääkö asennuspaikan ja materiaalin olla heitä varten samassa kerroksessa tai peräti samassa huoneessa. Toimitus- ja urakkarajat on sopimuksessa määriteltävä niin, ettei niiden väliin jää katvealueita, jotka on paikattava aputyövoimalla. Katvealueita voi olla esimerkiksi siirroissa. Selvien rajapintojen perusteella on tarvittavien resurssivarausten tekeminen huomattavasti tarkempaa ja helpompaa. (4.)

Sopimuksien ehdot perustuvat yleisimmin rakennusurakan yleisiin sopimusehtoihin eli YSE 1998:iin tai rakennustuotteiden yleisiin hankinta- ja toimitusehtoihin eli RYHT 2000:een. Työmaaorganisaation on suositeltavaa selvittää, mitä sopimusehtoja työmaan toimituksiin ja urakoihin sovelletaan, ja tutustua näiden sopimusten ehtoihin. RYHT 2000:nen sopimusehdoista voidaan korostaa esimerkiksi pääurakoitsijan ja materiaalityöntekijän velvollisuutta ilmoittaa aikataulun muutoksista toiselle osapuolelle heti, kun tieto tulee heille. YSE 1998 puolestaan velvoittaa esimerkiksi aliurakoitsijan ilmoittamaan havaitsemistaan virheistä rakennusmateriaaleissa ennen niiden asennusta pääurakoitsijalle kirjallisesti. (18; 19.)

### 3.4 Täsmätoimitukset

Perinteisesti rakennusmateriaalit toimitetaan rakennustyömaalle niin sanotulla suoratoimituksella. Suoratoimituksen ajankohtaa ei ole tarkasti sovittu, eikä tarkkaa sijaintia esimerkiksi asuntoa ole välttämättä ennalta määriteltä. (20.) Materiaalien ilmestyminen työmaalle varoituksetta häiritsee usein täydennysrakennustyömaan toimintaa. Esimerkiksi materiaalille voi olla haastavaa löytää varastointitilaa, mikäli sitä ei voida siirtää suoraan asennuspaikalle.

Täydennysrakentamiskohteeseen paremmin soveltuva toimitustapa on suhteellisen uusi toimitusmuoto täsmätoimitus. Täsmätoimitukselle ei ole yksiselitteistä määritelmää, vaan käsite ymmärretään yrityksissä hieman eri tavoilla. Perusajatus on kuitenkin, että materiaalit kerätään ja merkitään toimituskohteittain. Kohteenä voi olla esimerkiksi kerros, alue tai asunto. Kun materiaaleja tarvitaan työmaalla, sovitaan toimitukselle tarkka toimitusajankohta. (20.)

Täsmätoimitukseen on mahdollista lisätä eri valmistajien tuotteita, mutta tämä vaatii toimituksen terminaalin kautta. Terminaalissa kerätään eri valmistajien tuotteet haluttuihin paketteihin. Esimerkiksi rakennuksen runkoa tehdessä sisälle nostettavien tavaroiden kerääminen niin sanottuihin runkotäsmiin varmistaa niiden saapumisen rakennustyömaalle ajallaan ja samanaikaisesti. Täsmätoimitusta voidaan hyödyntää myös rakennustyömaan sisävaiheessa. (20.) Mikäli työmaalla on vähäisesti tilaa, voidaan esimerkiksi kylpyhuoneiden laatat ottaa suoraan asennuspaikalle kerros kerrallaan. Näin vältetään välivarastoinnilta työmaalla ja ylimääräisen siirto kerran tuomalta vahingoittumisen riskiltä.

Täsmätoimitukset vaativat todella tarkkaa aikataulusuunnittelua ja tietovirran hallintaa. Yrityksen, joka järjestää terminaalipalvelun on mahdollisimman nopeasti saatava tietoa materiaalien määrästä, laadusta ja aikataulun muutoksista, jotta toimitukset ovat mahdollisia. Täsmätoimitukset eivät sovi työmaalle aikataulusta poiketen tehtäville kiirehankinnoille. Kiirehankinnat on tilattava työmaalle suoratoimituksena tai noutona. (20.)

### 3.5 Varastointi

Oikeaoppinen rakentamistapa edellyttää rakennustyömaalle saapuvien rakennusmateriaalien varastoinnin ja suojaamisen kosteusrasituksilta sekä iskuilta. Jotta tässä onnistuttaisiin, on materiaalien varastointi suunniteltava hyvissä ajoin ennen niiden saapumista työmaalle. Suojauksen huolimattomasta toteutuksesta johtuvat kosteusvauriot voivat aiheuttaa huomattavia kustannuksia työmaalle. (21.)

Varastointitilaa on harvemmin rakennustyömaalla liikaa ja täydennysrakentamiskohteessa voidaan pitää oletuksena, että varastointia varten varattua tilaa on jatkuvasti liian vähän. Ongelmia varastointitilan löytämisessä voi tulla isollakin tontilla, jos alueen korkoerot ovat suuret tai varastointia ei ole toteutettu suunnitelmallisesti. Vähäisen tilan järjestelmällinen käyttö onkin sen takia välttämätöntä.

Huonosti suunnitellut varastointialueet voivat olla pahimmassa tapauksessa jopa hengenvaarallisia. Suurimmat riskit tulevat rakennustyömaan runkovaiheessa. Rovaniemellä kesäkuussa 2015 tapahtui työntekijän kuolemaan johtanut työtapaturma, kun huonolle pohjalle perustettu elementtiteline elementteineen kaatui työntekijän päälle (22.)



Kuva 2. Huonosti pohjustettu elementtiteline kaatui (23).

Varastointitilaa voidaan pyrkiä lisäämään esimerkiksi vuokraamalla sitä kaupungilta, mikäli se on mahdollista ja kustannustehokasta. Varastointialueiden tarvetta voidaan myös minimoida esimerkiksi täsmätoimituksilla. Näin vältetään väliavarastoinnin aiheuttamilta kosteusriskeiltä, materiaalin hukkumisilta ja varastamisilta sekä käsittelykertojen aiheuttamilta vahingoilta ja lisätarkastuksilta.

## 4 Siirtokalusto

Kaluston suunnittelu jää usein työmaalla vähälle huomiolle. Tarkkaan suunniteltu ja toteutettu kalustosuunnitelma on kuitenkin olennainen osa onnistunutta logistiikkasuunnitelmaa. Tilan puutteen, korkoerojen ja pohjaolosuhteiden vuoksi on katsottava tarkkaan mitä kalustoa työmaalle otetaan. Hyödynnettäkö esimerkiksi isompaa torninosturia, jotta hintavaa ajoneuvonosturia ei ole tarpeen käyttää. Jos ajoneuvonosturia kuitenkin joudutaan käyttämään, mihin se voidaan tukevasti ja turvallisesti pystyttää.

### 4.1 Suunnittelu

Suunnittelun tavoitteena on löytää kohteelle oikeantyyppinen kalusto. Lisäksi tarkoituksena on suunnitella tarvittava kaluston määrä talous- ja tehokkuusmielessä. Kalusto suunnittelun perustana toimii siirtoketjuajattelu. Sen tarkoituksena on muodostaa kokonaisuus, joka pitää sisällään kaikki ne koneet, joita rakennustyömaan aikana tarvitaan pysty- ja vaakasiirtoihin. Näin tulee huomioitua kaluston yhteensopivuus sekä ulko- että sisäpuolella kaikkien koneiden kanssa. (24.)

Kalustosuunnittelu on syytä aloittaa rakennusprojektin varhaisessa vaiheessa, sillä päätökset päänostokaluston käytöstä tehdään jo yleissuunnitteluvaiheessa. Alustavassa kalustosuunnitelmassa päätetään yleensä päänosto- ja siirtokalusto, kuten torni- tai ajoneuvonosturi. Kalustosuunnitelmaa tarkennetaan rakentamisen aloituksen yhteydessä sekä viikkosuunnitelmien mukana toimitusten ja työvaiheiden tarkentuessa. (24.)

### 4.2 Pystysiirrot

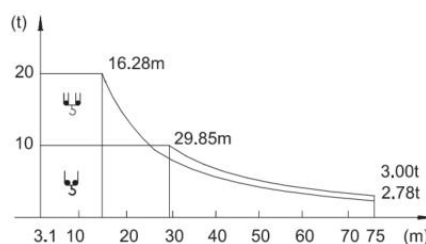
#### 4.2.1 Torninosturi

Useimmiten työmaan päänostokoneeksi valitaan torninosturi, sillä se on usein kustannustehokkain ratkaisu. Torninosturi voi olla kiinteä tai radalla kulkeva.

Nosturin paikan valinta on tehtävä varhaisessa vaiheessa, sillä torninosturin perustaminen vaatii tukevan pohjan. Nosturi mitoitetaan pääsääntöisesti nostamaan suurin osan rakennustyömaan nostoista. Raskaimpiin nostoihin voidaan käyttää apuvälinettä, kuten ajoneuvonosturia. (24.) Torninosturin mitoitukseen löytyy nosturivalmistajien omat taulukot (kuva 3). Nostureita vuokraavat yritykset myös mitoittavat kohteeseen tarvittavan nosturin osana vuokratarjousta. Ei kuitenkaan kannata valita torninosturia, joka juuri ja juuri kykenee tekemään halutut nostot. Nosturin tiukka mitoittaminen aiheuttaa herkästi lisäkustannuksia, mikäli torninosturille suunniteltuja nostoja joudutaan tekemään esimerkiksi ajoneuvonosturilla. (9.)

單小車 1-trolley				STAC-20-A(B)-5-V1.0									
R (m)	倍率 Fall	R(C <sub>max</sub> ) (m)	C <sub>max</sub> (t)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
75	UU	16.28	20.00	9.72	8.04	6.79	5.83	5.06	4.44	3.92	3.48	3.10	<b>2.78</b>
	UU	29.85	10.00	9.94	8.26	7.01	6.05	5.28	4.66	4.14	3.70	3.32	<b>3.00</b>
70	UU	16.46	20.00	9.85	8.15	6.89	5.92	5.14	4.51	3.98	3.54	<b>3.16</b>	
	UU	30.19	10.00	10.00	8.37	7.11	6.14	5.36	4.73	4.20	3.76	<b>3.38</b>	
65	UU	18.05	20.00	11.05	9.17	7.78	6.70	5.85	5.15	4.57	<b>4.08</b>		
	UU	33.21	10.00	10.00	9.39	8.00	6.92	6.07	5.37	4.79	<b>4.30</b>		
60	UU	18.35	20.00	11.28	9.37	7.95	6.85	5.98	5.27	<b>4.68</b>			
	UU	33.78	10.00	10.00	9.59	8.17	7.07	6.20	5.49	<b>4.90</b>			
55	UU	20.12	20.00	12.60	10.50	8.93	7.72	6.76	<b>5.98</b>				
	UU	37.12	10.00	10.00	10.00	9.15	7.94	6.98	<b>6.20</b>				
50	UU	20.50	20.00	12.88	10.74	9.14	7.91	<b>6.93</b>					
	UU	37.83	10.00	10.00	10.00	9.36	8.13	<b>7.15</b>					
45	UU	21.45	20.00	13.60	11.34	9.67	<b>8.38</b>						
	UU	39.63	10.00	10.00	10.00	9.89	<b>8.60</b>						
40	UU	21.46	20.00	13.61	11.35	<b>9.68</b>							
	UU	39.66	10.00	10.00	10.00	<b>9.90</b>							
35	UU	21.46	20.00	13.60	<b>11.35</b>								
	UU	35.00	10.00	10.00	<b>10.00</b>								
30	UU	21.46	20.00	<b>13.60</b>									
	UU	30.00	10.00	<b>10.00</b>									

Topless STT373



Kuva 3. Torninosturin kuormituskäyrä.

#### 4.2.2 Ajoneuvonosturi

Ajoneuvonosturi on tela- tai pyöräalustainen omalla moottorillaan kulkeva nosturi, jonka toimintakuntoon saaminen vie torninosturiin verrattuna vähän aikaa.

Ajoneuvonosturi sopii raskaiden kuormien nostamiseen ahtaissakin tiloissa, mutta korkean hinnan takia ajoneuvonosturin jatkuvaa käyttöä kannattaa rakennustyömaalla välttää. (24.)

#### 4.2.3 Rakennushissi

Rakennushissi on henkilöiden ja tavaran kuljetukseen suunniteltu hissi, joka pystytetään rakennuksen ulkopuolelle (kuva 4). Hissin tarvetta määriteltäessä on huomioitava rakennuksen korkeus, tuentamahdollisuus, siirrettävät kuormat, ajallinen tarve ja henkilönkuljetustarve. (25.)



Kuva 4. Rakennushissi JM Suomen työmaalla Leppävaarassa.

Korkeissa rakennuksissa rakennushissi on tärkeä osa siirtoketjua ja sen käyttö nopeuttaa huomattavasti rakennusprojektin etenemistä. Matalissa rakennuksissa rakennushissin pystyttäminen on mietittävä tarkkaan. Henkilökuljetustarve on huomattavasti pienempi ja rakennusmateriaalit pystytään nostamaan kerrokseen muillakin nostokoneilla, joten hissin tuoma etu vähenee.

## 4.3 Vaakasiirrot

### 4.3.1 Kurottaja

Trukin ja kuormaajan yhdistelmä kurottaja sopii hyvin rakennustyömaalla tehtäviin vaakasiirtoihin (kuva 5). Pienikin kurottaja pystyy siirtämään vajaa kahden tonnin kuorman vaakatasossa, vaikeassakin maastossa. (26.)



Kuva 5. Pienikokoinen kurottaja.

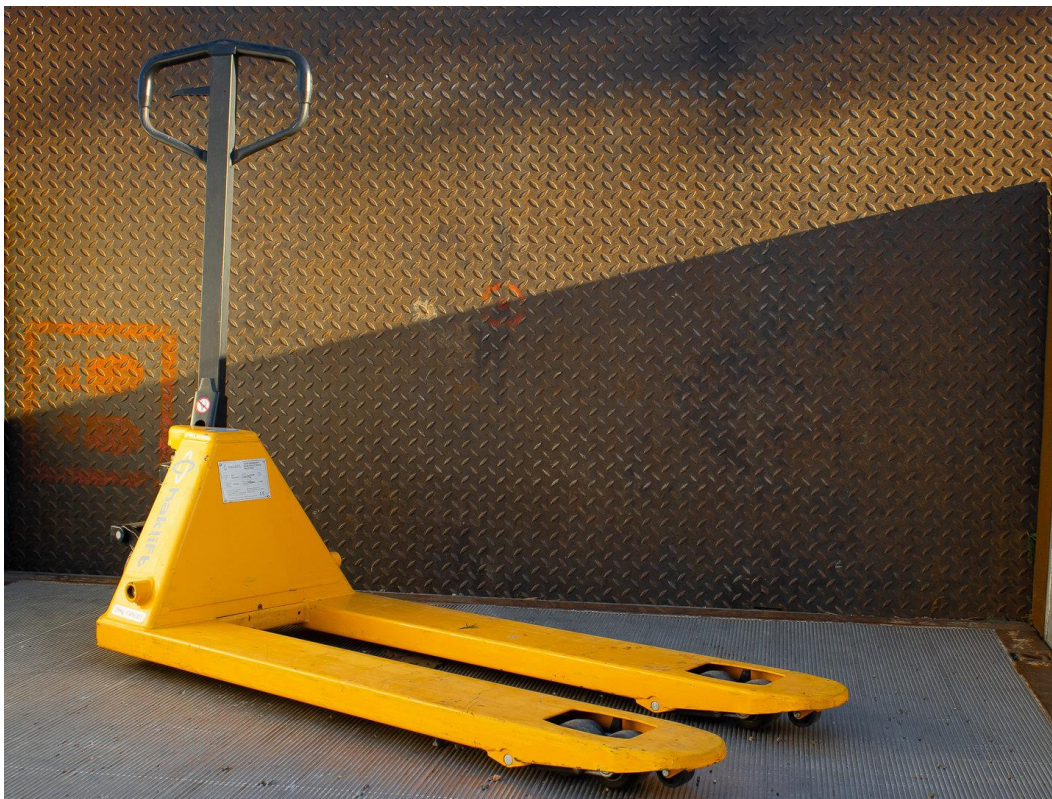
Kurottaja helpottaa sekä nopeuttaa työmaa-alueen järjestyksen ylläpitämistä ja jätteiden käsittelyä. Kurottajan vuokrausta harkittaessa on otettava huomioon siirtoetäisyydet, yhteensovitus siirtoketjuun ja siirrettävät kuormat. (24.)

### 4.3.2 Varastokärry

Rakennustyömaan jätehuoltoon helpottamaan on työmaalla oltava erinäisiä varastokärryjä ja roskasuloja. Pyörillä kulkevat kärryt vähentävät työntekijän fyysisistä kuormitusta huomattavasti. Kärryjen tarvetta on seurattava osana viikkosuunnitelman tekemistä. (27.)

### 4.3.3 Haarukkavaunu

Pumppukärry eli haarukkavaunu on oleellinen osa työmaan siirtoapuvälineitä (kuva 6). Rakennuksen sisäpuolella raskaiden kuormalavojen, kuten laattalavojen siirtämiseen ei oikeastaan ole muuta vaihtoehtoa. Hydraulisella pumpulla varustettu vaunu nostaa lavan ilmaan, jonka jälkeen sitä voidaan vetää kevyesti pyörien päällä. Haarukkavaunun kanssa on huomioitava, että alustan on oltava puhtas ja tasainen. Tämän takia haarukkavaunun käyttäminen piha-alueella on erittäin haastavaa. (24.)



Kuva 6. Tavanomainen haarukkavaunu.

## 5 Jätehuolto

Jätehuollon merkitys rakentamisessa kasvaa, kun pyritään rakentamaan uusia asuinrakennuksia mahdollisimman ympäristöystävällisesti. Lain velvoitteiden lisäksi jätehuollon järjeistäminen kannattaa myös kustannusten näkökulmasta.

### 5.1 Lajittelu

Rakennus- ja purkujätteen lajittelussa noudatetaan valtioneuvoston asetusta jätteisistä (978/2021). Päätös perustuu jätelakiin (646/2011). Asetus velvoittaa rakennus- ja purkujätteen haltijan järjestämään erilliskeräyksen näille jätelajeille:

- betoni, tiili, kivennäislaatat ja keramiikka mahdollisuuksien mukaan lajiteltuina jätelajeittain.
- asfaltti
- bitumi ja kattuhuopa
- kipsi
- kyllästämätön puu
- metalli
- lasi
- muovi
- paperi ja kartonki
- mineraalivillaeriste
- maa- ja kiviaines. (28.)

Valtakunnalliseksi tavoitteeksi on asetettu, että rakennus- ja purkujätteestä hyödynnetään kalenterivuositain muuhun kuin energia- tai polttoainekäyttöön vähintään 70 painoprosenttia. Tähän ei lasketa mukaan kallio- tai maaperästä kaivettuja maa- ja kiviaineksia eikä vaarallisia jätteitä. Tavoitteen saavuttamisella olisi suuri merkitys ympäristölle, sillä tällä hetkellä rakennustyömailta tulee toiseksi eniten jätettä Suomessa. Vain kaivostoiminta ja louhinta ovat rakennusalan edellä vuoden 2020 jätetilastoissa. (29.)

Asetettu tavoite on kova. Rakennustyömaille lajittelua jarruttaa aikataulu, tilanpuute ja asenne. Lajittelua ei pidetä tärkeys järjestyksessä korkealla kiireisten

aikataulujen takia ja rakennustyömailta puuttuu useimmiten tarvittava tila useille vaihtolavoille ja kierrätysvälineille. Todellisuudessa lajittelu työmaalla on pienellä vaivalla helppoa. Tilan puutetta voidaan helpottaa jaetuilla jätepuristimilla ja pienemmillä vaihtolavoilla. Työntekijöiden suorittamaa lajittelua voidaan edistää erillisillä keräysastioilla kerroksissa ja paremmalla perehdytyksellä aiheeseen sekä pääurakoitsijan suorittamalla valvonnalla. (30.)

## 5.2 Öljyvuodot

Rakennustyömaalla liikkuu projektin aikana suurimäärä erilaisia koneita. Osa laitteista on vanhoja ja kuluneita. Kovalla käytöllä päivittäin olevat koneet tulevat hajoamaan ennemmin tai myöhemmin. Laitteiden hajoaminen johtaa usein öljyvuotoon, joten siihen on työmaalla hyvä varautua (kuva 7).



Kuva 7. Hajonneen letkun aiheuttama öljyvuoto.

Öljyvahinkojen torjuntaan liittyvät ohjeet vaihtelevat vähän eri pelastuslaitosten välillä. Suositeltavaa on siis tarkastaa ennen rakentamisen aloittamista muun jätehuollon suunnittelun yhteydessä, miten alueella tulee toimia. Kuvan 7 tapauksessa vahingosta ilmoitettiin pelastuslaitokselle, tarkastaja saapui paikan päälle ohjeistamaan, miten tilanteessa tulee toimia sekä mihin pilaantunut maa tulee toimittaa (kuva 7). Toimenpiteiden jälkeen tarkastaja tuli vielä varmistamaan, että kaikki pilaantunut maa oli poistettu.

### 5.3 Resurssit ja kustannukset

Rakennusjätteiden lajittelu luo rakennustyömaalle mahdollisuuden säästöihin. Jätteiden kustannukset koostuvat vaihtolavojen ensimmäisestä toimituksesta, tyhjennyksestä, jätelajikohtaisesta kierrätysmaksusta ja jätteiden käsittelystä työmaalla. (10.) Jätelavojen kuljetuksesta aiheutuvat kustannukset ovat jätelajista riippumatta lähestulkoon samat, mutta kierrätysmaksujen välillä vaihtelu on merkittävää. Tästä syystä on työmaankin etu pyrkiä lajittelemaan mahdollisimman kattavasti.

Lajittelun mahdollistamiseksi rakennustyömaalla on oltava siihen perehdytetyt työntekijät ja riittävä kalusto. Lisäksi tarvitaan pääsääntöisesti jätteiden käsittelyyn keskittyvät työntekijät. Näiden työntekijöiden määrän ja kaluston tarve on arvioitava aina kohdekohtaisesti. Harkintaan vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi työmaan koko, vaihtolavojen sijainti työmaalla, aikataulu ja aliorakoitsijoiden siivoamiseen liittyvät velvoitteet. Jätteiden käsittelyyn keskittyvän työntekijän päätehtävän tulee olla jätteen käsittely työmaalla, jotta onnistutaan poistamaan mahdollisuus lajittelun väheksynnälle.

### 5.4 Tulo ja lähtö

Vaihtolavojen tyhjennykset on mahdollista toteuttaa ilman merkittävää panosta työmaaorganisaatiolta. Vaihtolavojen on vain sijaittava paikalla, josta kuljettajan on helppo itsenäisesti hoitaa lavan tyhjennys. Ahtaalla tai muuten haastavalla

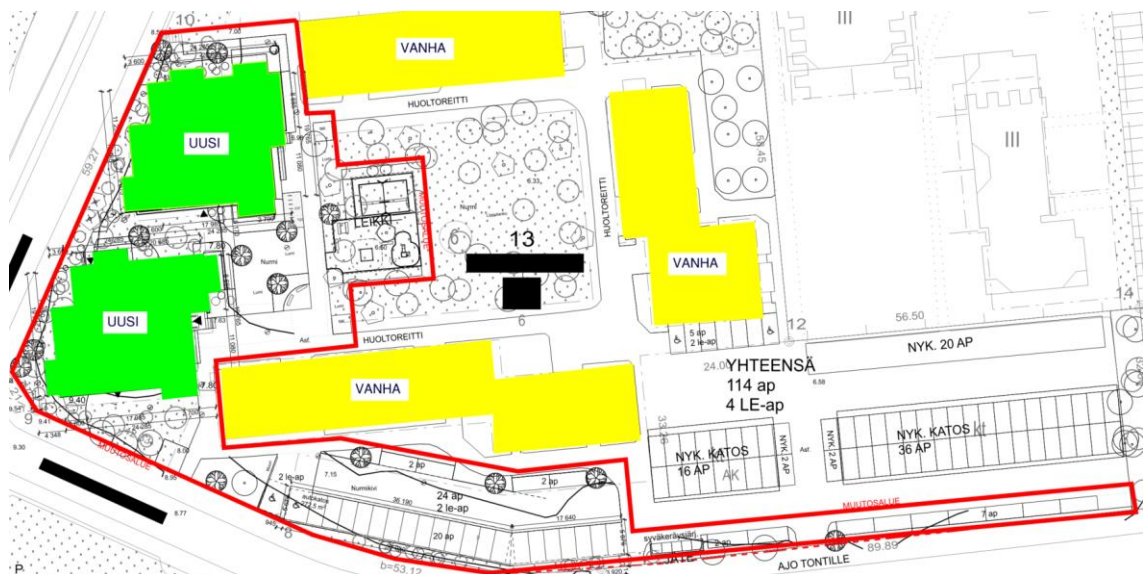
tontilla tämän järjestäminen ei ole välttämättä aina mahdollista. Tällöin on hyödynnettävä suunnitelmallisuutta ja työmaalla olevaa siirtokalustoa. Vaihtolava pystytään esimerkiksi siirtämään torninosturilla paikkaan, johon kuorma-autolla ei päästä lavaa laskemaan. Vaihtolavojen tyhjennys on pääsääntöisesti täsmällistä toimintaa, mikäli jätteen käsittelystä vastaavalle yritykselle pystytään antamaan ilmoitus tyhjennyksestä kahta päivää aikaisemmin. Tyhjennykset on tämän tyyppisessä toimintamallissa hyvä lisätä logistiikkakalenteriin.

## 6 Esimerkkitutkimus

Esimerkkikohteena toimii tässä tutkimuksessa JM Suomi Oy:n tonttikohtainen täydennysrakentamiskohde Espoossa. JM Suomi Oy rakentaa tontille kaksi viisikerroksista kerrostaloa, joihin tulee yhteensä hieman yli 30 kappaletta suuria asuntoja. Uusien rakennusten rakentamiseen varattu tontti on vain noin 4200 m<sup>2</sup>. Tontin läntisellä puolella kulkee vilkas tie ja itäisellä puolella on vanhoja rakennuksia. Päänostimeksi on valittu kustannusvertailun pohjalta torninosturi.

### 6.1 Kohteen haasteet

4200 neliometriä ei ole paljon tilaa rakentaa kahta kerrostaloa ja niiden asukkaille parkkipaikkoja. Tilannetta pahentaa entisestään korkoerot ja kirveen muotoinen tontti (kuva 8). Korkoero on tontin reunalla pahimmillaan 1,5 metriä. Tontti on puiden peitossa ja osaa puista on suojeltava rakennusprojektin aikana. Tästä johtuen työmaalle on tehtävä maanrakennusvaiheessa työnaikaiset tukiseinät. Jo valmiiksi tiheästi asutetussa taajamassa ei ole tarjota rakentamisen aikaisia parkkipaikkoja. Paikat on siis järjestettävä tontilta ja vielä työmaatoimisto ja sosiaalitulat on pakko saada johonkin.



Kuva 8. Punaisella merkitty tontin rajat, vihreällä uudet rakennukset ja keltaisella vanhat.

Perustus- ja runkovaiheessa tilan kanssa on vielä mahdollista toimia vaikkakin ongelmia tulee olemaan esimerkiksi elementtitelineiden paikkojen valinnassa. Runkovaiheen jälkeen sisävaiheessa varsinaiset haasteet vasta alkavat. Kaikki tontin rajoitteet johtavat siihen, että varastointiin varattu alue on vain noin 700 neliömetriä ja tälläkin alueella on muutama puu, jota tulee suojella.

Varastointialue sijoitetaan rakennusten sisäpihalle. Varastointipaikkojen haastavan sijainnin takia joudutaan rakennusmateriaalit nostamaan runkovaiheessa rakennusten runkojen yli, mikä aiheuttaa työturvallisuushaasteita. Vanhojen rakennusten yli ei nosteta turvallisuussyistä mitään, koska huonosti sidotut kuormat saattavat aiheuttaa pudotessaan merkittäviä materiaali- ja henkilövahinkoja. Nosto- ja siirtokaluston kulkeminen työmaalla tulee olemaan tontin ahtauden takia todella rajoittunutta. Sisäpihalle kulkeminen onnistuu suuremmilta koneilta ainoastaan vanhojen rakennusten välistä. Kulkeminen tällä alueella vaatii saattamista, jotta vältetään vaaratilanteilta.

Nosturille paikan löytäminen tontilta on haastavaa. Todennäköisesti paras paikka löytyy sisäpihalta, mutta nosturin kasaaminen sinne tulee olemaan haaste. Nosturin kasaaminen työmaalle on todennäköisesti tehtävä kadulta tontin korkoerojen takia. Vielä kasaussvaiheessa on kuitenkin mahdollista onnistua vain yhden kaistan sulkemisella, mutta tämä ei välttämättä onnistu enää purkuvaiheessa.

Pelkästään vähäisen varastointitilan takia on informaation kuljettava sujuvasti ilman virheitä. Tietovirran tärkeys ei voi jäädä vähälle huomiolle. Mikäli tässä kohteessa jätetään informoimatta esimerkiksi siitä, että kuljetusta ei voida ottaa työmaalle, syntyy kuljetuksista turhia kustannuksia todella helposti. Korkeuserojen takia kuljetuksia ei välttämättä pystytä purkamaan tontilla, vaan purku on tehtävä kadulta. Jos kuljettaja ei ole tästä tietoinen aiheutuu toimituksista tarpeettomia turvallisuusriskejä kuormien odottaessa vilkkaan tien laidalla kuorman purkua tai pääsyä purkualueelle. Toimitusten sisällön on oltava juuri sitä mitä tarvitaan, jotta materiaalit pystytään varastoimaan tai asentamaan heti.

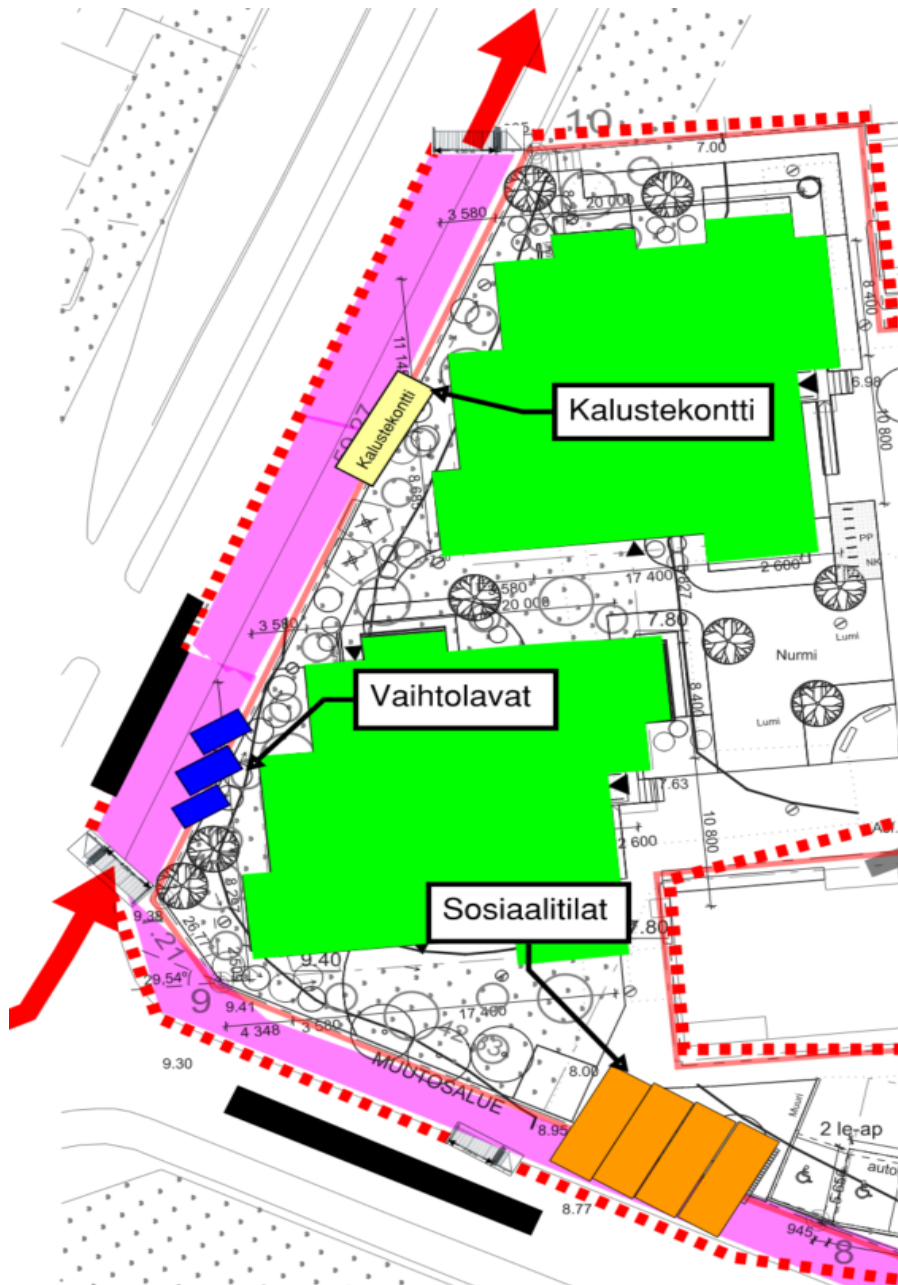
Tässä kohteessa on huomioitava sekä tontilla olemassa-olevissa rakennuksissa asuvat naapurit, että lähiympäristössä asuvat henkilöt. Uuden rakennuksen ja vanhan välillä on vain noin kolme metriä. Työskentelyä ei voida meluhaitan takia aloittaa aamuvuorun, eikä lopettaa iltamyöhään ilman naapureiden häiritsemistä. Myös viikonloppun aikana tehtäviä töitä on harkittava tarkkaan ja mielellään vältettävä kokonaan. Toimitukset eivät voi olla tukkimassa teitä, kun alueen asukkaat matkaavat töihin ja palaavat töistä. Häiriöitä aiheuttavista työvaiheista, kuten torninosturin kasauksen aiheuttamista tien suluista on ilmoitettava hyvissä ajoin. Kulkureitit alueen asukkaille on pidettävä mahdollisuuksien mukaan auki ja on pidettävä huolta, etteivät viereisen taloyhtiön autopaikat täyty työmaa henkilöstön autoista.

## 6.2 Ratkaisut

Kohde on opinnäytetyön tekemisen aikana tuotannonsuunnitteluvaiheessa. Logistiikkasuunnitelma pidetään mukana joka vaiheen suunnittelussa. Suunnitelmat vaihtelevat ajan kanssa hieman, mutta nämä ovat opinnäytetyön kirjoittamisen hetkellä ajankohtaiset ratkaisut.

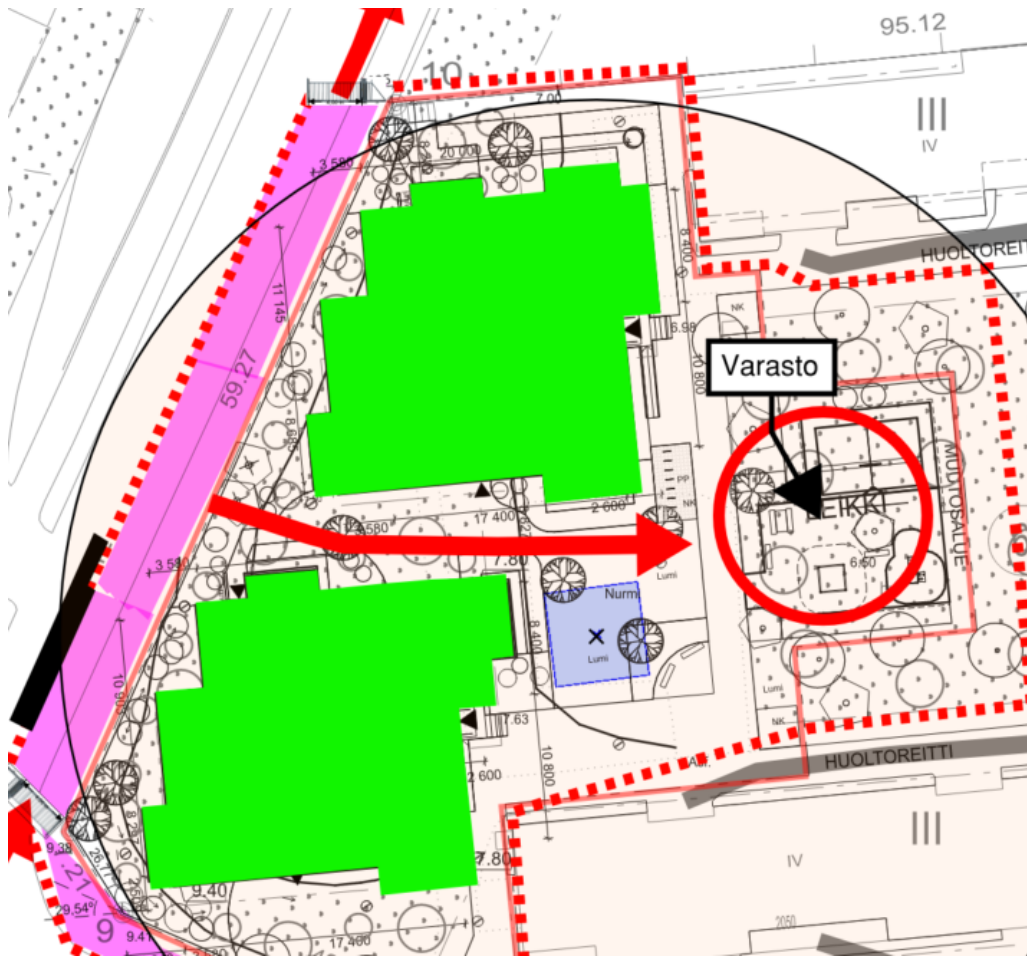
Tämän täydennysrakentamiskohteen tontti on todella rajallinen. Lisää tilaa ei ole mahdollista saada tontin sisältä, vaikka kuinka järjestelemällä. Hyvän purkupaikan järjestäminen tontin sisältä on todella haastavaa, joten sen perustaminen läheiselle tieosuudelle, vaikuttaa olevan paras ratkaisu. Kohteen valmistuksessa on kuitenkin oltava kaikilta osin valmista, joten parkkipaikkojakaan ei voida hyödyntää. Parhaaksi vaihtoehdoksi vaikuttaa jäävän alueiden vuokraaminen Espoon kaupungilta kuvassa merkityiltä alueilta (kuva 9).





Kuva 10. Vuokra-alueen käyttöehdotus.

Rakennusmateriaalit on saatu turvallisesti ja tehokkaasti tontille, työntekijöille on saatu taukotilat ja vaihtolavoille on löydetty paikka. Seuraavaksi täytyy saada materiaali asennuspaikoille. Runkovaiheessa siirrot tapahtuvat torninosturilla aina, kun se on mahdollista. Lisäksi hyödynnetään miesvoimaa ja kuljetusten omaa siirtokalustoa esimerkiksi HIAB-autoja. Rakennushissiä harkittiin, mutta sen todettiin olevan ahtaalla tontilla jatkuvasti tiellä. Rakennushissin sijaan talojen välissä kulkevaa väylää päästään hyödyntämään vaakasiirtoihin heti sen täytön jälkeen runkovaiheen loppupuolella (kuva 11).



Kuva 11. Kulku varastointialueelle ja torninosturin paikka sekä kantama.

Väylää pitkin pystytään siirtämään rakennusmateriaaleja ja jätteitä työmaan sisäpihalle ja sieltä pois. Tässä vaiheessa työmaalle otetaan pieni kurottaja vaakasiirtoja varten, jotta väylästä on mahdollista saada täysi hyöty irti. Lisäksi väylää pitkin on mahdollista tuoda sisäpihalle isompaa kalustoa, kuten iso kurottaja nostamaan esimerkiksi ovia ja parkettia sisälle ja henkilönostin julkisivutöitä varten.

Siirrot sisätiloissa tehdään käsivoimin haarukkavaunuja ja varastokärryjä hyödyntäen. JM Suomi Oy:n tapa rakentaa välipohjat paikallavalettuna tukee tätä valintaa. Paikallavaluholvi mahdollistaa kaikkien pyörillä kulkevien apuvälineiden käyttämisen vaivatta, sillä paikallavaluholvi on huomattavasti ontelolaattarakennetta tasaisempi jo varhaisessa vaiheessa.

Kaikilla yllä mainituilla järjestelyillä pienennetään tarvetta kulkea olemassa olevien kiinteistöjen puolella, ja sitä kautta naapureiden rakennustyömaasta kokemaa häiriötä pienenee. Tähän pyritään, jotta eläminen työmaan vieressä olisi mahdollisimman vaivatonta ja turvallista. Naapureiden jatkuva huomioiminen työmaan toiminnassa suo työmaalle mahdollisuuden rakentaa rauhassa, ilman jatkuvia häiriöitä ja valituksia. Näin sekä rakentajille, että naapureille jää positiivinen kokemus kohteesta.

Näiden kaikkien kohtien onnistumiseksi on työmaaorganisaation sisällä vastuun jakamisen oltava selkeää. Ilman selkeää ohjausta jäävät työmaalogistiikan osat alueet puolitiehen johtaen lisäkustannuksiin ja aikatauluviiveisiin. Tietovirran takaamiseksi työmaalla jaetaan tehtävät selkeästi ja tasaisesti. Näin työmaalta ulospäin liikkuva tieto pystytään suunnittelemaan mahdollisimman tarkasti. Tietovirran toimiessa työmaalle ei saavu tavaroita etuajassa, toimitusten sisältö on oikea, toimitusten kuljettajat on perehdytetty, mistä suunnasta työmaata tulee lähestyä, ja toimituksille on järjestetty kuljetus purkupaikalta oikeaan asuntoon tai tilaan.

Aliurakoitsijoiden toimitusten yhteensovittamisesta työmaan toimintaan sovitaan viimeistään aloituspalaverissa. Aliurakoitsijat ohjeistetaan lisäämään heille tulevat toimitukset logistiikkakalenteriin, kun tieto toimitusten aikataulusta tulee heille. Logistiikkakalenteri luodaan Googlen Google-kalenteri-palveluun. Näin tiedon lisääminen on vaivatonta kaikille.

Tämän kohteen kaikilla tavoin onnistuneen toteutuksen takaamiseksi logistiikka yhdistetään jokaisen vaiheen suunnitteluun. Logistiikassa onnistumista ei jätetä vain logistiikkasuunnitelman varaan. Logistiikkasuunnitelma tehdään kuitenkin varhaisessa vaiheessa, joten sen päivittäminen saattaa muiden kiireiden takia unohtua. Vaikka logistiikkasuunnitelma päivittäminen kohteen aikana unohtuisikin, on sen yhdistäminen kaikkiin suunnittelun vaiheisiin matkan varrella luonut vankan pohjan työmaalogistiikassa onnistumiselle.

## 7 Havaintojen hyödyntäminen

Opinnäytetyön aikana on havaittu, miten moneen asiaan logistiikka vaikuttaa. Tämän valtavan kokonaisuuden hallitsemiseksi on kokeneellekin tekijälle hyötyä ohjeesta, jossa pääkohdat on käyty läpi. Lisäksi on oleellista täyden hyödyn saavuttamiseksi aloittaa logistiikan suunnittelu mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, siitä riippumatta onko kyseessä täydennysrakentamiskohde vai perinteinen rakennuskohde.

Alustavia aluesuunnitelmia tehdessä on syytä aloittaa logistiikkasuunnittelu. Aluesuunnitelma määrittelee pitkälti tontilla käytettävän kaluston ja toimitusten ajoittamisen sekä purkutapa mahdollisuudet. Logistiikkasuunnittelun aloittaminen yhdessä aluesuunnittelun kanssa pienentää ristiriitojen riskiä tulevaisuudessa.

Tiedon kulkeminen sulavasti projektin osapuolten välillä on tärkeä osa kohteen onnistumista. Työmaan käytettävään tietokantaan on tätä varten hyvä lisätä toimittaja- ja alihankkijaluettelo. Kaikkien saatavilla oleva yhteystietoluettelo helpottaa tiedonkulkua yritysten välillä. Tämän luettelon lisäksi vakio toimituksille on suositeltavaa tehdä toimitustapataulukko. Taulukkoon lisätään toimituksille oleellisia tietoja kuten toimitusmuoto, purkutapa ja tarvittavat resurssit toimituksen purkuun sekä siirtoon. Toimitusten eräkoot ja tarkat toimitusajat voidaan sopia urakkasopimuksissa tai viimeistään aloituspalaverissa. Kaikkia työmaalle tulevia toimituksia ja varsinkin aliurakoitsijoiden omia toimituksia varten voidaan työmaalle perustaa logistiikkakalenteri. Edellä esiteltyjen toimien toteuttaminen projektin aikana luo vankan pohjan tietovirran onnistumiselle.

Jatkuvasti vaativampaan suuntaan muuttuvat lajitteluohjeet kannattaa käydä työmaan alussa läpi ja pitää esillä työmaan aikana. Jätehuollon toimittajan kanssa yhteistyössä voidaan suunnitella työmaan jätehuolto vaivattomasti ja ajankohtaisten vaatimusten mukaisesti.

Alue- ja jätehuoltosuunnitelman sekä toimitustapataulukon pohjalta nähdään alustavasti päivittäin tarvittava siirtokalusto. Siirtokaluston suunnittelussa on

hyvä huomioida kaluston yhteensopivuus, kustannukset, tontin rajoitteet ja päivittäinen tarve. Siirtokalusto kuten muukin vuokrakalusto on suositeltavaa ottaa yhdeltä toimijalta, jotta kustannusten seuranta on helpompaa.

Painopisteenä logistiikan hallinnassa rakennustyömaalla on riittävän varhaisessa vaiheessa logistiikkasuunnittelun yhdistäminen muuhun suunnitteluun. Logistiikan miettiminen vasta siinä vaiheessa, kun työmaalle tilataan aidat, on auttamatta myöhäistä. Varhaisessa vaiheessa aloitettu logistiikkasuunnittelu luo yleisaikataulun tapaan rungon, johon merkitään merkittävimmät tapahtumat. Rungon pohjalta pystytään vaivattomasti tekemään tarkemmat viikkosuunnitelmat.

## 8 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää yritykselle menetelmiä täydennysrakennuskohteen logistiikan suunnittelun helpottamiseksi, ja sitä kautta vähentää logistiikan suunniteluun käytettävää aikaa. Opinnäytetyön pohjalta yritykselle tehtyä logistiikkaohjetta ei julkaista osana opinnäytetyötä yrityksen pyynnöstä.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin rakentamisen ja täydennysrakentamisen kannalta tärkeitä logistiikan osa-alueita, kuten tietovirran kulkua ja avattiin olennaisia käsitteitä, kuten esimerkiksi täsmätoimituksia. Lisäksi käytiin läpi yleisesti käytettyä siirtokalustoa ja lisähaasteita luovan jätehuollon peruseräotteita rakennustyömaalla. Tutkimusosuudessa tarkasteltiin esimerkkikohteen haasteita. Kohteen haasteisiin lähdettiin kehittämään ratkaisuja teoriaa, haastatteluita ja kirjoittajan omaa kokemusta hyödyntäen.

Syventyminen valtavaan logistiikan maailmaan osoittautui mielenkiintoiseksi projektiksi. Opinnäytetyön aikana tuli selväksi, miten tärkeä osa rakentamista logistiikka on. Tämän takia olikin hämmentävää huomata, että lähes kolmekymmentä vuotta vanhat lähteet olivat vieläkin ajankohtaisia. Samat ongelmat tulivat jatkuvasti esille. Havaittavissa oleva kehityksen tarve nosti huomattavasti työn mielekkyyttä. Tämä auttoi pitämään motivaation korkealla työn loppuun asti.

## Lähteet

- 1 Tapaninen, Ulla. 2018. Logistiikka ja liikennejärjestelmät. Tallinna: Ota-tieto.
- 2 Logistiikan Maailma. Verkkoaineisto. <<https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/>>. Luettu 26.2.2023.
- 3 Koski, Niko. 2014. Työmaaorganisaation tehtäväkuvaukset ja osaamista-voitteet. Tampereen teknillinen yliopisto.
- 4 Salo, Tapio; Wegelius, Petri. 1996. Projektitason logistiikka. Helsinki: YIT-Yhtymä Oy.
- 5 Sani, Kimmo. 2023. Lehtori. Rakennustekniikka, Ammattikorkeakoulu. Metropolian ammattikorkeakoulu. Luento 8.2.2023.
- 6 Logistiikkaselvitys 2020. 2021. Verkkoaineisto. Turun yliopisto, Turun kauppakorkeakoulu. <<https://www.utupub.fi/handle/10024/15251>>. Luettu 25.2.2023.
- 7 Mäkelä, Tommi; Mäntynen, Jorma; Vanhatalo, Jaana. 2005. Logistiikka ja kuljetusjärjestelmät. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.
- 8 Peltokorpi, Antti; Lavikka, Rita; Tetik, Muge. 2019. Rakentamisen logistiikkaratkaisut. Espoo: Aalto-yliopisto.
- 9 Peltonen, Antti. 2018. Rakennusalan toimitusketjun kehittäminen ekosysteemijärjestelmän avulla. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.
- 10 Kaikkonen, Tero. 2023. Vastaava työnjohtaja. JM Suomi Oy. Espoo. Haastattelu. 7.2.2023.
- 11 Toimintajärjestelmä. 2019. Verkkoaineisto. JM Suomi Oy. Sisäinen toimintajärjestelmä. Luettu 20.2.2023.
- 12 Reklamaatio on ostajan velvollisuus ja myyjän oikeus. 2022. Verkkoaineisto. Herkulex. <<https://herkulex.fi/onko-yhteydenotto-jo-liiankin-helppoa/Luettu>>. Luettu 15.2.2023.
- 13 Vahingonkorvaus. 2021. Verkkoaineisto. <<https://www.osaavayrittaja.fi/yri-tyksen-oikeudelliset-asiat/vahingonkorvaus>>. Luettu 26.2.2023.

- 14 Täydennysrakentaminen. Verkkoaineisto. Espoon kaupunki. <<https://www.espoo.fi/fi/taydennysrakentaminen>>. Luettu 28.2.2023.
- 15 Salomaa, Marja. 2022. Verkkoaineisto. Helsingin sanomat. 21.3.2022. <<https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000008696002.html>>. Luettu 13.2.2023.
- 16 Koskenvesa, Anssi; Sahlstedt, Satu. 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 17 Rakennustyömaan aluesuunnittelu. 2017. Verkkoaineisto. Rakennusteollisuus RT ry. <[https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20C2-0454?external\\_system=Juha&page=1&navref=Search](https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20C2-0454?external_system=Juha&page=1&navref=Search)>. Luettu 15.2.2023.
- 18 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. 1998. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <<https://dev.hel.fi/paatokset/media/att/a1/a167044235ba34e5f28c6a60879e9caa074e26d6.pdf>>. Luettu 9.3.2023.
- 19 Rakennustuotteiden yleiset hankinta- ja toimitusehdot. 2000. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <<https://www.fasmer.fi/media/RYHT-2000-RT-10721.pdf>>. Luettu 9.3.2023.
- 20 Rakennustyömaan toimitusten ohjaus. 2009. Verkkoaineisto. VTT research. <[https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2009/Rakennustyomaan\\_toimitusten\\_ohjaus\\_091116.pdf](https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2009/Rakennustyomaan_toimitusten_ohjaus_091116.pdf)>. Luettu 21.2.2023.
- 21 Materiaalien toimitukset ja varastointi. 2020. Verkkoaineisto. Mittaviiva Oy. <[kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisen-valmistelu/materiaalien-toimitukset-ja-varastointi](http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisen-valmistelu/materiaalien-toimitukset-ja-varastointi)>. Luettu 24.2.2023.
- 22 Elementtitelineen kaatuminen tappoi työmiehen Rovaniemellä, työnjohtajille ja urakoitsijalle sakkoja. 2018. Verkkoaineisto. Rakennuslehti. <<https://www.rakennuslehti.fi/2018/02/elementtitelineen-kaatuminen-tappoi-tyomiehen-rovaniemella-tyonjohtajille-ja-urakoitsijalle-sakkoja/>>. Luettu 1.3.2023.
- 23 Esimerkki vakavan työtapaturman tutkinnasta. 2022. Verkkoaineisto. Työsuojeluhallinto. <<https://www.tyosuojelu.fi/tyoterveys-ja-tapaturmat/tyotaturmat/esimerkki-vakavan-tyotapaturman-tutkinnasta>>. Luettu 27.2.2023.
- 24 Nosto- ja siirtokalusto, Suunnitteluohje. 1990. Verkkoaineisto. Rakennuskirja Oy. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RatuTT%2006-00063?navref=Search>>. Luettu 20.2.2023.

- 25 Nostot ja siirrot. 2004. Verkkoaineisto. Rakennusteollisuus RT ry. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20S-1211?nav-ref=Search&page=1>>. Luettu 3.3.2023.
- 26 Masters for all tasks. 2022. Verkkoaineisto. Liebherr. <<https://www.liebherr.com/external/products/products-assets/2781089b-99fd-43bb-9739-a48c5451749a-3/Product%20Brochure%20T%2035-6%2C%20T%2032-7%2C%20T%2036-7%2C%20T%2041-7%2C%20T%2033-10.pdf>>. Luettu 10.3.2023.
- 27 Työmaan aputyöt ja huolto. 2005. Verkkoaineisto. Rakennusteollisuus RT ry. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20S-1214?nav-ref=Search&page=1>>. Luettu 20.2.2023.
- 28 Levinen, Riitta; Mikkonen, Krista. 2021. Valtioneuvoston asetus jätteistä 978/2021. Verkkoaineisto. <<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210978?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=rakennus%20jäte>>. Luettu 21.2.2023.
- 29 Jätetilasto. 2022. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <[https://pxdata.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_jate/?tablelist=true](https://pxdata.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__jate/?tablelist=true)>. Luettu 14.2.2023.
- 30 Vaulio, Katja. 2021. Materiaalin kierrätys rakennustyömaalla vuonna 2021. Verkkoaineisto. <<https://www.delete.fi/blogi/materiaalin-kierratys-rakennustyomaalla-vuonna-2021/>>. Luettu 24.2.2023.